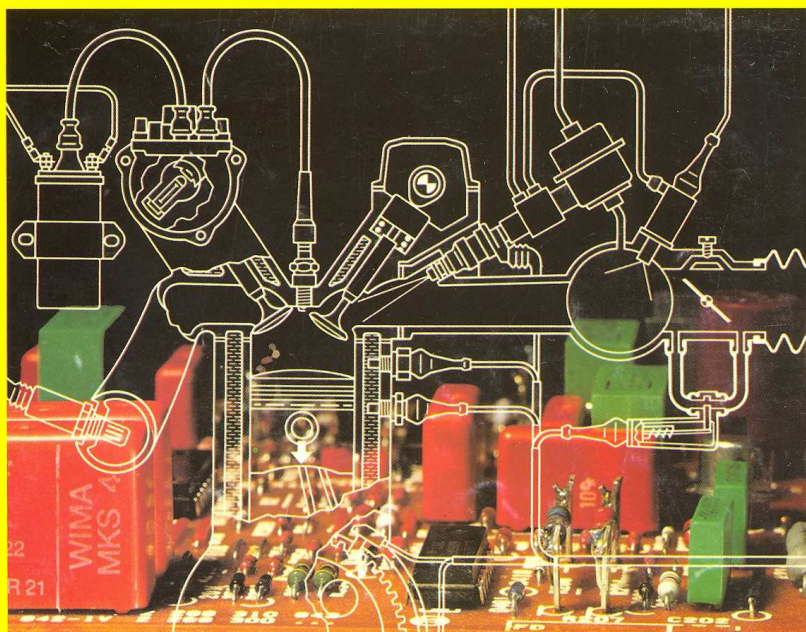


M. Dziubiński, J. Ocioszyński, S. Walusiak

# ELEKTROTECHNIKA I ELEKTRONIKA SAMOCHODOWA



Wydawnictwa Uczelniane Politechniki Lubelskiej  
Lublin 1999

**Mieczysław Dziubiński, Jerzy Ocioszyński, Stanisław Walusiak**

**ELEKTROTECHNIKA  
I ELEKTRONIKA  
SAMOCHODOWA**

**Wydawnictwa Uczelniane Politechniki Lubelskiej**

**Lublin 1998**

## OPINIODAWCY

**Dr hab. inż. Ryszard Nawrowski prof. P.P.**

**Dr hab. inż. Marian Soiński prof. P.Cz.**

Poszczególne rozdziały opracowali:

Dr inż. Mieczysław Dziubiński – rozdziały 3, 4, 5, 6

Prof. dr hab. inż. Jerzy Ocioszyński P. W.– rozdziały 10, 11

Dr inż. Stanisław Walusiak – rozdziały 1, 2, 7, 8, 9 i opracowanie komputerowe całości

**Wydano za zgodą Rektora Politechniki Lubelskiej**

## Spis treści

<b>1. WIADOMOŚCI WSTĘPNE.....</b>	<b>11</b>
1.1. Rozwój wyposażenia elektrycznego i elektronicznego .....	
w pojazdach samochodowych .....	11
1.2. Perspektywy i możliwości zastosowania urządzeń elektrycznych i elektronicznych w wyposażeniu nowoczesnego pojazdu samochodowego..	14
<b>2. OGÓLNE PROBLEMY WYPOSAŻENIA ELEKTRYCZNEGO POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH .....</b>	<b>18</b>
2.1. Podstawowe wymagania techniczne i ogólne zasady badań wyposażenia elektrycznego pojazdów samochodowych.....	18
2.2. Rodzaje instalacji elektrycznych stosowanych w pojazdach samochodowych .....	20
2.3. Rodzaje i wartości napięcia stosowane w instalacji elektrycznej pojazdu samochodowego. ....	22
2.4. Niektóre problemy niezawodności samochodowych urządzeń elektrycznych i elektronicznych .....	24
<b>3. AKUMULATORY.....</b>	<b>28</b>
3.1. Budowa i zasada działania, procesy chemiczne w akumulatorze ołowiowym.....	28
3.1.1. Budowa i zasada działania.....	28
3.1.2. Oznaczenia akumulatorów .....	32
3.2. Charakterystyczne wielkości akumulatorów ołowiowych .....	32
3.2.1. Siła elektromotoryczna akumulatora.....	32
3.2.2. Napięcie akumulatora.....	32
3.2.3. Rezystancja wewnętrzna akumulatora .....	35
3.2.4. Sprawność akumulatora .....	36
3.2.5. Zdolność rozruchowa akumulatora .....	36
3.2.6. Samowyładowanie akumulatora .....	37
3.3. Ładowanie akumulatorów .....	39
3.3.1. Wymagania dotyczące ładowania akumulatorów, przygotowanie elektrolitu, urządzenia do ładowania.....	39
3.3.2. Pierwsze ładowanie akumulatora .....	40
3.3.3. Ładowanie jedno i dwustopniowe.....	41
3.3.4. Doładowanie i ładowanie wyrównawcze .....	42
3.3.5. Ładowanie przyspieszone i regeneracja - odsiarczanie.....	42
3.4. Inne rodzaje akumulatorów samochodowych .....	43
3.4.1. Akumulatory zasadowe.....	43
3.4.2. Niskotemperaturowe układy elektrochemiczne .....	45
3.4.3. Wysokotemperaturowe układy elektrotechniczne .....	45
3.4.4. Ogniwa paliwowe.....	45
3.5. Użytkowanie i konserwacja akumulatorów.....	46
3.5.1. Przechowywanie i konserwacja akumulatorów .....	46

3.5.2. Zasady mocowania akumulatorów w pojazdach samochodowych	46
3.5.3. Metody doboru pojemności akumulatora do mocy odbiorników elektrycznych w pojeździe samochodowym	46
3.6. Ogólne zasady diagnostyki akumulatora	47

#### **4. PRĄDNICE ELEKTRYCZNE POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH ..... 50**

4.1. Prądnice samochodowe prądu stałego	50
4.2. Prądnice elektryczne prądu przemiennego (alternatory)	53
4.2.1. Porównanie alternatorów z prądnicami prądu stałego	53
4.2.2. Budowa i zasada działania alternatorów	54
4.2.3. Charakterystyki eksploatacyjne alternatorów samochodowych	57
4.2.4. Alternator kompaktowy	62
4.2.5. Ogólne zasady obsługi i eksploatacji alternatorów	63
4.3. Regulatory napięcia prądnic prądu stałego i alternatorów	65
4.3.1. Wibracyjne regulatory napięcia	66
4.3.2. Elektroniczne regulatory napięcia	68
4.4. Ogólne zasady diagnostyki alternatorów i ich regulatorów napięcia	73

#### **5. UKŁAD ZAPŁONOWY ..... 76**

5.1. Wiadomości ogólne	76
5.2. Przebieg procesu wyładowania iskrowego	76
5.3. Konwencjonalny układ zapłonowy	78
5.3.1. Budowa konwencjonalnego układu zapłonowego	78
5.3.2. Zasada działania konwencjonalnego układu zapłonowego	78
5.4. Budowa i zasada działania elementów konwencjonalnego układu zapłonowego	85
5.4.1. Aparat zapłonowy	85
5.4.2. Cewka zapłonowa	91
5.4.2. Świece zapłonowe	92
5.5. Elektroniczne układy zapłonowe	96
5.5.1. Elektroniczne układy zapłonowe z gromadzeniem energii w indukcyjności	97
5.5.2. Elektroniczne układy zapłonowe z gromadzeniem energii w pojemności	100
5.5.3. Sterowanie bezstykowe układów zapłonowych	102
5.5.4. Przegląd elektronicznych systemów zapłonowych	106
5.5.5. Tendencje w zakresie rozwoju elektronicznych układów zapłonowych	109
5.6. Ogólne zasady diagnostyki układów zapłonowych	111

#### **6. OBWÓD ROZRUCHU ..... 116**

6.1. Rozruch elektryczny silnika spalinowego	116
--	-----

6.2. Silnik elektryczny prądu stałego jako rozrusznik i jego	.....
charakterystyki elektromechaniczne.....	117
6.3. Rozrusznik i mechanizmy sprzęgające.....	121
6.4. Rozrusznik z reduktorem i przekładnią planetarną .....	124
6.5. Rozruszniki produkcji polskiej.....	126
6.6. Urządzenia ułatwiające rozruch.....	130
6.7. Badanie rozrusznika pod obciążeniem .....	133

## **7. OŚWIETLENIE POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH I**

### **URZĄDZENIA SYGNALIZACYJNE ..... 134**

7.1. Podstawowe zadania oświetlenia pojazdów samochodowych .....	134
7.2. Podstawowe wielkości fizyczne urządzeń oświetleniowych.....	135
samochodów .....	135
7.3. Światła pojazdów samochodowych.....	137
7.4. Konstrukcja samochodowych świateł głównych.....	137
7.4.1. Reflektor samochodowy.....	138
7.4.2. Szyba rozpraszająca .....	144
7.4.3. Budowa i zasada działania żarówki .....	145
7.4.3.1. Lamy wyładowcze .....	148
7.4.4. Światła przeciwmgłowe.....	150
7.4.5. Światła cofania.....	152
7.4.6. Światła sygnałowe.....	152
7.4.7. Światła rozpoznawcze .....	153
7.4.8. Światła odblaskowe.....	153
7.4.9. Światła wewnętrzne .....	153
7.5. Budowa i zasada działania przerywaczy kierunkowskazów .....	154
7.5.1. Przerywacz kierunkowskazów .....	154
7.5.2. Elektroniczny przerywacz kierunkowskazów .....	157
7.6. Budowa i zasada działania sygnalizatorów dźwiękowych .....	159
7.7. Ogólne zasady diagnostyki urządzeń oświetleniowych .....	161
7.8. Niedomagania w obwodzie sygnałów dźwiękowych . . . . .	168

## **8. URZĄDZENIA KONTROLNO-POMIAROWE I**

### **WYPOSAŻENIE DODATKOWE ..... 169**

8.1. Przeznaczenie i podział urządzeń kontrolno-pomiarowych .....	170
8.2. Kontrola pracy prądnicy .....	171
8.3. Kontrola prędkości i długości przebytej drogi .....	175
8.3.1. Prędkościomierze i obrotomierze elektryczne .....	178
8.3.2. Obrotomierz elektroniczny.....	179
8.3.3. Tachografy .....	183
8.3.4. Wskaźniki sygnalizacyjne przekroczenia granicznych prędkości	
obrotowych silnika .....	185
8.3.5. Radarowy pomiar prędkości jazdy samochodu.....	186
8.4. Kontrola pracy układu chłodzenia.....	188

8.4.1. Układ z impulsowym czujnikiem i wskaźnikiem .....	189
8.4.2. Magnetoelektryczny wskaźnik temperatury wody z czujnikiem termistorowym .....	190
8.4.3. Czujnik awaryjny temperatury wody .....	193
8.4.4. Termiczny wyłącznik sprzęgła.....	193
8.5. Kontrola ilości paliwa w zbiorniku .....	195
8.5.1. Sygnalizacja ubytku cieczy .....	199
8.6. Kontrola ciśnienia oleju.....	201
8.6.1. Impulsowy czujnik i wskaźnik ciśnienia oleju.....	201
8.6.2. Magnetoelektryczny wskaźnik z czujnikiem rezystancyjnym .....	202
8.6.3. Awaryjny czujnik ciśnienia oleju.....	204
8.6.4. Kontrola ciśnienia w ogumieniu .....	204
8.6.5. Diagnostyka pokładowa pojazdu .....	206
8.6.6. Zestawy wskaźników .....	207
8.7. Ogólne zasady diagnostyki urządzeń kontrolno-pomiarowych.....	209
8.8. Wycieraczki elektryczne szyb .....	210
8.8.1. Wycieraczka jednobiegowa z silnikiem o wzbudzeniu elektromagnetycznym .....	213
8.8.2. Wycieraczka jednobiegowa z silnikiem wzbudzonym magnesem trwałym .....	214
8.8.3. Wycieraczka dwubiegowa z silnikiem o wzbudzeniu elektromagnetycznym .....	215
8.9. Urządzenia sterujące pracą wycieraczek .....	218
8.10. Silnik elektryczny dmuchawy powietrza i wentylatora chłodnicy .....	224
8.11. Układy zabezpieczające przed kradzieżą .....	230
8.11. Ogólne zasady diagnostyki urządzeń wyposażenia dodatkowego .....	234
<b>9. INSTALACJE ELEKTRYCZNE POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH</b> .....	<b>236</b>
9.1. Schemat ogólny instalacji elektrycznej pojazdu samochodowego .....	236
<b>9.2. Symbole graficzne używane w schematach elektrycznych.....</b>	<b>238</b>
9.2.1. Oznaczenia zacisków w urządzeniach wyposażenia elektrycznego pojazdów samochodowych .....	239
9.3. Przewody instalacji elektrycznej .....	241
9.3.1. Kryteria doboru przewodów .....	245
9.3.2. Barwy izolacji przewodów.....	249
9.3.3. Układanie przewodów instalacji .....	249
9.3.4. Końcówki przewodów elektrycznych .....	249
9.3.5. Elementy gumowe.....	252
9.3.6. Złącza .....	253
9.4. Bezpieczniki, przekaźniki, łączniki .....	253
9.4.1. Skrzynki bezpieczników i bezpieczniki .....	253
9.4.2. Przekaźniki.....	257
9.4.3. Łączniki.....	259
9.4.3.1. Wyłącznik zapłonu.....	260

9.4.3.2	Przełącznik zespolony świateł, kierunkowskazów i wycieraczki	262
9.4.3.3	Wyłączniki oświetlenia	264
9.4.3.4	Styczniki świateł hamowania	266
9.4.3.5	Wyłącznik lampy cofania	267
9.4.3.6	Wyłącznik przyciskowy	267
9.5.	Przeciwdziałanie zakłóceniom radioelektrycznym	268
9.5.1.	Urządzenia przeciwwzakłóceniowe	269
9.5.2.	Dopuszczalne poziomy zakłóceń radioelektrycznych	273
9.6.	Badanie i diagnostyka instalacji elektrycznej pojazdu	274
9.6.1.	Warunki przeprowadzenia badań instalacji elektrycznej na pojeździe	275
9.6.2.	Sprawdzenie wykonania instalacji elektrycznej pojazdu	276
9.6.3.	Sprawdzenie działania instalacji elektrycznej pojazdu	276
9.6.4.	Sprawdzenie gotowości do eksploatacji	277
9.7.	Perspektywy rozwoju instalacji samochodowych	277

## **10. WYBRANE ZAGADNIENIA Z DZIEDZINY SAMOCHODOWYCH SYSTEMÓW KOMPUTEROWYCH ..... 281**

10.1.	Wybrane elementy zespołów elektronicznych	281
10.2.	Sterowany elektronicznie silnik spalinowy	299
10.2.1.	Uwagi wstępne	299
10.2.2.	Czujniki i systemy sygnałowe	303
10.2.3.	Elektroniczny wtrysk paliwa	321
10.2.3.1.	Układ zasilania	322
10.2.3.2.	Układ dolotowy	333
10.2.3.3.	Elektroniczna jednostka sterująca	333
10.2.4.	Elektroniczna regulacja wyprzedzenia zapłonu	337
10.2.4.1.	Uwagi wstępne	337
10.2.4.2.	Regulacja kąta wyprzedzenia zapłonu	341

## **11. EKOLOGICZNY I ENERGOOSZCZĘDNY NAPĘD POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH ..... 344**

11.1.	Uwagi ogólne	344
11.2.	Pojazdy samochodowe o napędzie elektrycznym	347
11.2.1.	Elektryczne silniki napędowe	347
11.2.1.1.	Silniki szeregowo prądu stałego	348
11.2.1.2.	Silnik indukcyjny prądu zmiennego	349
11.2.1.3.	Inne rodzaje silników	350
11.2.2.	Układy sterowania napędem pojazdów	350
11.2.3.	Cykle jazdy pojazdów elektrycznych	352
11.2.4.	Możliwości odzysku energii w pojazdach elektrycznych	353
11.2.5.	Przykłady samochodów o napędzie elektrycznym	355
11.3.	Pojazdy samochodowe o napędzie hybrydowym elektromechanicznym	356



11.3.1. Budowa i działanie hybrydowych elektromechanicznych układów napędowych.....	356
11.3.2. Pierwotne i wtórne źródła energii.....	360
11.3.2.1. Pierwotne źródła energii .....	360
11.3.2.2. Wtórne źródła energii.....	361
11.3.3. Cykle jazdy pojazdów - akumulacja energii.....	362
11.3.3.1. Prosty cykl jazdy .....	362
11.3.3.2. Złożony cykl jazdy .....	363
11.3.4. Przykłady samochodów o napędzie hybrydowym .....	364
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>365</b>

## PRZEDMOWA

Skrypt jest przeznaczony dla studentów kierunku Mechanika Wydziału Mechanicznego specjalności Samochody i ciągniki oraz studentów Wydziału Elektrycznego kierunku Elektrotechnika specjalizacji Elektrotechnika motoryzacyjna. Informacje zawarte w niniejszym skrypcie mogą być bardzo przydatne użytkownikom pojazdów samochodowych.

W skrypcie zawarto materiał zgodny z programem studiów uwzględniający rozwój elektronicznych układów zapłonowych, urządzeń wtryskowych oraz aktualny rozwój wyposażenia elektrycznego pojazdów samochodowych. Opisano również niektóre wybrane badania urządzeń i systemów stanowiących wyposażenie pojazdów samochodowych.

Zrozumienie materiału zawartego w książce wymaga od czytelnika znajomości zagadnień związanych z elektrotechniką i elektroniką.

Autorzy dziękują firmom Robert Bosch GmbH oraz Toyota Motor Poland Co. Ltd. za udostępnienie do publikacji niektórych materiałów szkoleniowych. Pomogą one studentom zapoznać się z nowoczesnymi rozwiązaniami z dziedziny elektrotechniki i elektroniki samochodowej wprowadzane przez wiodące w tej dziedzinie firmy.

Autorzy

## **1. WIADOMOŚCI WSTĘPNE**

W ostatnich latach obserwuje się intensywny rozwój przemysłu motoryzacyjnego, dzięki postępowi w technologii oraz elektrotechnice i elektronice. Rozwój elektroniki i szybkie wprowadzenie jej osiągnięć do przemysłu motoryzacyjnego umożliwiło spełnienie wymagań prawnych dotyczących ochrony środowiska. Przykładem mogą być układy wtrysku paliwa sterowane elektronicznie, regulatory siły hamowania.

Wyposażeniem elektrycznym pojazdów samochodowych nazywa się pełny zestaw urządzeń elektrycznych i instalacji elektrycznej. W skład urządzeń elektrycznych wchodzi maszyny i aparaty elektryczne, a w skład instalacji elektrycznej sieć i sprzęt elektryczny.

Do urządzeń elektrycznych należą najważniejsze części wyposażenia elektrycznego. Z maszyn elektrycznych można tu wymienić: prądnice, rozrusznik, silnik dmuchawy i wycieraczki, a z aparatów elektrycznych: akumulator, rozdzielacz zapłonu, cewkę zapłonową, sygnał dźwiękowy, reflektory, wskaźniki itp. Instalacja elektryczna obejmuje natomiast tylko części pomocnicze służące do łączenia urządzeń elektrycznych w poszczególne obwody.

### **1.1. Rozwój wyposażenia elektrycznego i elektronicznego w pojazdach samochodowych**

Wyposażenie elektryczne pojazdów samochodowych przeszło długą drogę rozwojową, zanim osiągnęło obecny poziom. Decydujące znaczenie w tym rozwoju odegrał postęp w budowie silników spalinowych i ogólny równoczesny rozwój elektrotechniki i elektroniki.

Dalszy rozwój elektrotechniki samochodowej obejmował kolejno:

- 1) rozwój elektrycznych układów zapłonowych - akumulatorowego i iskrownikowego,
- 2) rozwój źródeł energii elektrycznej - akumulatorów i prądnic,
- 3) zastosowanie energii elektrycznej do celów oświetleniowych,
- 4) wprowadzenie rozruchu elektrycznego w silnikach spalinowych.

Ważniejsze daty rozwoju elektrotechniki samochodowej to:

- 1801 r. - Philippe Lebon d'Humbersin zaproponował zastosowanie iskry do zapłonu,
- 1860 r. - Jean Lenoir skonstruował silnik gazowy na gaz świetlny wyposażony w zapłon wysokiego napięcia,
- 1875 r. - Siegfried Markus wynalazł urządzenie zapłonowe magneto-elektryczne, znajdujące do dzisiaj zastosowanie jako elektryczny zapłon iskrownikowy,
- 1886 r. w samochodach Benz i Daimlera układ zapłonowy składał się z ogniwa galwanicznego, induktora iskrowego Rumkorffa i świecy zapłonowej,
- 1907 r. - zastosowanie żarówki 6 V z włóknem wolframowym,
- 1917 r. - wprowadzenie rozruchu elektrycznego,
- 1921 r. - zastosowano sygnał dźwiękowy,
- 1926 r. - wprowadzono wycieraczkę szyby napędzaną silnikiem elektrycznym,
- 1928 r. - zastosowanie kierunkowskazów ramieniowych z napędem elektromagnetycznym i oświetleniem ramienia,
- 1958 r. - rozpoczęcie seryjnej produkcji prądnic prądu przemiennego (alternatorów) wyposażonych w prostownik diodowy,
- 1959 r. - zaczęto stosować powszechnie kierunkowskazy błyskowe,
- 1963 r. - montaż w samochodach firmy Ford tranzystorowych układów zapłonowych sterowanych przerywaczem,
- 1964 r. - montaż bezstykowych układów zapłonowych w samochodach firmy General Motors,
- 1969 r. - firma Bosch rozpoczęła w Europie produkcję tranzystorowych układów zapłonowych,
- 1977 r. - zastosowano po raz pierwszy w świecie w seryjnym samochodzie Oldsmobile Tornado firmy General Motors mikroprocesorowy układ zapłonowy (MISAR),
- 1978 r. - firma Bosch wprowadziła na rynek regulator alternatora i układ zapłonowy wykonany jako pojedyncze układy hybrydowe oraz zbudowane z trzech układów hybrydowych urządzenie sterujące wtryskiem benzyny (L - Jetronic). Również w tym roku rozpoczęto u Boscha seryjną produkcję regulatorów siły hamowania, natomiast firma Ford wprowadziła na rynek zespolony układ sterowania silnikiem EECI wyposażony w 5 czujników i realizujący 5 funkcji.

Od przedstawienia prototypu do osiągnięcia przez urządzenie elektroniczne stopnia dojrzałości produkcyjnej upływało nieraz kilkanaście lat. I tak, w roku 1950 podano pierwsze informacje o opracowaniu przez amerykańską firmę Bendix prototypu elektronicznego układu sterowania wtryskiem paliwa, natomiast na rynku amerykańskim elektroniczne urządzenia wtryskowe zastosowano w roku 1975 w samochodach Cadillac Sevilla i Chevrolet Cosworth Vega. Firma Bosch wykonała w roku 1958 prototyp tranzystorowego układu

sterownia wtryskiem paliwa, a wprowadzenie do seryjnej produkcji nastąpiło w roku 1967 r. w eksportowanych na rynek amerykański samochodach Volkswagen 1600.

Wydanie w roku 1970 w USA ustawy o ochronie środowiska zmusiło producentów samochodów do intensyfikacji prac nad rozwojem układów zapłonowych, podobnie jak późniejsze ustawy o ograniczeniu zużycia paliwa przez samochody wymusiły na producentach skierowanie wysiłku nad zmniejszeniem masy pojazdu, ograniczeniem oporu aerodynamicznego oraz oporów toczenia. W USA elektroniczne układy zapłonowe stosowano dla zmniejszenia toksyczności spalin, natomiast w Europie dla poprawy parametrów dynamicznych samochodów. Wzrost cen paliwa oraz eksportu do USA, zmieniły podejście producentów samochodów do zastosowań elektroniki w wyposażeniu pojazdów.

W rozwoju elektroniki motoryzacyjnej można wyróżnić 3 fazy.

W latach 1965 - 1978 pierwsze powszechne zastosowania elektroniki polegały na zastępowaniu przez urządzenia elektroniczne wymagających częstej obsługi urządzeń elektromechanicznych.

W latach 1979 - 1985 elektronika była jedynym możliwym rozwiązaniem trudności napędzających konstruktorów samochodów.

Faza trzecia po roku 1985 to pełna integracja systemów elektronicznych z mechanicznymi.

Obecnie koszt wyposażenia elektrycznego samochodu średniej klasy wynosi ponad 25% wartości samochodu i ma tendencję wzrastającą w związku z coraz szerszym wchodzeniem elektroniki do różnych zespołów samochodu np. układy zapobiegające blokowaniu kół, aktywne zawieszenie, czy też aktywna skrzynia biegów. Wprowadzane przepisy dotyczące bezpieczeństwa ruchu drogowego wymuszają wprowadzanie coraz bardziej zintegrowanych podzespołów elektronicznych i mikrokomputerów.

W początkowym okresie rozwijano funkcję energetyczną systemu samochodu, pomijając informacyjną rolę na którą zwrócono uwagę ostatnio. Opracowano prototyp centralnego systemu informacyjnego. W tym kierunku idą prace firm Bosch, Lucas, Nissan, Toyota i inne.

Prognozy stawiane przez wielu specjalistów z przemysłu motoryzacyjnego potwierdzają przypuszczenia, że najbliższe lata będą okresem dalszego intensywnego rozwoju techniki samochodowej w czym istotną rolę odgrywać będzie elektrotechnika i elektronika motoryzacyjna. Jako jeden z przykładów czekających zmian można podać, istniejące międzynarodowe porozumienie o nieodzowności zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub> do roku 2005 o 25%. Wymaga to znacznego zmniejszenia średniego zużycia paliwa w nowych samochodach pojawiających się na rynku. Np. obliczenia wykonane dla gospodarki niemieckiej wykazują, że aby mogła się ona wywiązać z zobowiązań międzynarodowych dotyczących zmniejszenia ilości CO<sub>2</sub> do poziomu przewidywanego do roku 2005, producenci samochodów muszą zmniejszyć zużycie paliwa z obec-

nych średnio 8 l/100 km do około 4,1 l/100 km co odpowiada jego zmniejszeniu o 49%, a to wymaga nowych rozwiązań technicznych jak i technologicznych, które nie mogą obejść się bez zastosowania nowoczesnej elektroniki.

Nie ustają wysiłki nad międzynarodowym ujednoczeniem przepisów dotyczących emisji spalin, zużycia paliwa, hałasu i bezpieczeństwa, co wynika z rosnącej świadomości zagrożeń dla środowiska naturalnego. Dotychczasowe rozwiązania powodują zmniejszenie obciążeń środowiska, lecz w aglomeracjach miejskich problemy pozostały. Do nich można zaliczyć ułatwanie się benzyny podczas tankowania, emisja węglowodorów oraz cząstek sadzy w silnikach wysokoprężnych.

## **1.2. Perspektywy i możliwości zastosowania urządzeń elektrycznych i elektronicznych w wyposażeniu nowoczesnego pojazdu samochodowego**

W laboratoriach firm samochodowych na całym świecie prowadzone są prace studyjne i badawcze nad przyszłościowymi rozwiązaniami samochodowych urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Prace te wymagają olbrzymich nakładów finansowych co powoduje, że na rynku samochodowym jest kilka wiodących firm mogących podjąć finansowo tym badaniom.

Do kryteriów, które musi spełniać w przyszłości samochód można zaliczyć:

- zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska naturalnego,
- oszczędność energii w całym okresie eksploatacji pojazdu,
- dalsza poprawa bezpieczeństwa jazdy,
- zwiększenie komfortu, oraz obniżenie kosztów produkcji, eksploatacji i obsługi.

Dzisiaj wiadomo, że zintegrowanie elektroniki w jednym zespole zarządzającym wszystkimi funkcjami samochodu jest technicznie i ekonomicznie nieuzasadnione. Wynika to zarówno z rozważań niezawodnościowych, konieczności zapewnienia możliwości jazdy samochodem w przypadku uszkodzenia układu elektronicznego oraz uwzględnienia poziomu personelu obsługującego i jego zdolności do zaakceptowania nowej techniki w samochodzie.

Rozwiązania układowe samochodowych systemów elektronicznych są zasadniczo znane. Dotyczy to podstawowych elementów składowych systemów mikroprocesorowych: czujników, układów przetwarzania danych i elementów wykonawczych. Przemysł elektroniczny skupia swój wysiłek nad dopasowaniem tych elementów do wymagań przemysłu samochodowego. Wymagania te są następujące:

- niewrażliwość na zakłócenia elektromagnetyczne, wahania temperatury, wstrząsy, wilgoć oraz błędy w obsłudze,
- niezawodność pracy w ciągu 10 lat, przy 500 h eksploatacji rocznie,

- stabilność parametrów w całym okresie eksploatacji pojazdu (10 lat lub 150 000 km),
- łatwość dostosowania urządzenia do zmiennych wymagań technicznych w warunkach wielkoseryjnej produkcji wielu odmian pojazdów,
- wzajemna wymiennność.

Do ważniejszych kierunków prac badawczo-rozwojowych prowadzonych przez światowe firmy samochodowe zaliczamy:

- optymalizacja parametrów układu przeniesienia napędu pojazdu (silnik, skrzynia przekładniowa),
- optymalizacja algorytmów sterowania układem przeniesienia napędu,
- nowe systemy informacyjne,
- udoskonalenie układów hamulcowych,
- uproszczenie obsługi i napraw - diagnostyka pojazdu.

W dalszym ciągu prace koncentrować się będą nad doskonaleniem wszystkich układów wchodzących w skład wyposażenia elektrycznego samochodu, a szczególnie:

- komputeryzacja układów elektronicznego wtrysku paliwa,
- elektroniczne sterowanie skrzynią biegów,
- elektroniczne sterowanie układem zawieszenia samochodu,
- elektroniczne sterowanie układem hamulcowym zapobiegające poślizgom, itp.

Elektronika sama nie rozwiąże wszystkich problemów motoryzacji i jej wpływu na środowisko, dlatego w dalszym ciągu istotny będzie rozwój konstrukcji i technologii samego samochodu, jak i jego poszczególnych podzespołów. Przykładem takiego rozwoju mogą być: alternator kompaktowy, czy zastosowany ostatnio alternator chłodzony cieczą układu chłodzącego samochodu, mający wzbudzenie od magnesów trwałych, jak i zastosowanie przekładni planetarnej w rozruszniku o wzbudzeniu od magnesów trwałych. Duży postęp odnotować można w oświetleniu pojazdów samochodowych, gdzie stosuje się reflektory soczewkowe razem z lampami ksenonowymi. Ostatnio firma Citroën przedstawiła samochód z zamontowanym silnikiem elektrycznym w miejscu koła zamachowego. Silnik ten o mocy około 6 kW spełnia rolę alternatora oraz rozrusznika. Takie rozwiązanie pozwala na znaczne skrócenie czasu rozruchu (około 0,1 s zamiast 3 s przy tradycyjnym rozruszniku) oraz dostarcza dużo energii elektrycznej do instalacji samochodu przy przewidywanym zmniejszeniu zużycia paliwa i zmniejszeniu emisji toksycznych składników spalin.

Na rys. 1.1 przedstawiono zastosowanie elementów elektronicznych w nowoczesnym samochodzie.

Współczesny samochód staje się coraz bardziej złożony i dlatego musi ulec zmianie podejście mechaników warsztatowych do problemów diagnostyki i naprawy samochodu, bowiem bez odpowiedniej aparatury diagnostycznej i znajomości funkcjonowania poszczególnych podzespołów nie jest możliwa właściwa obsługa pojazdu. Bowiem jak wynika z przeprowadzonych badań

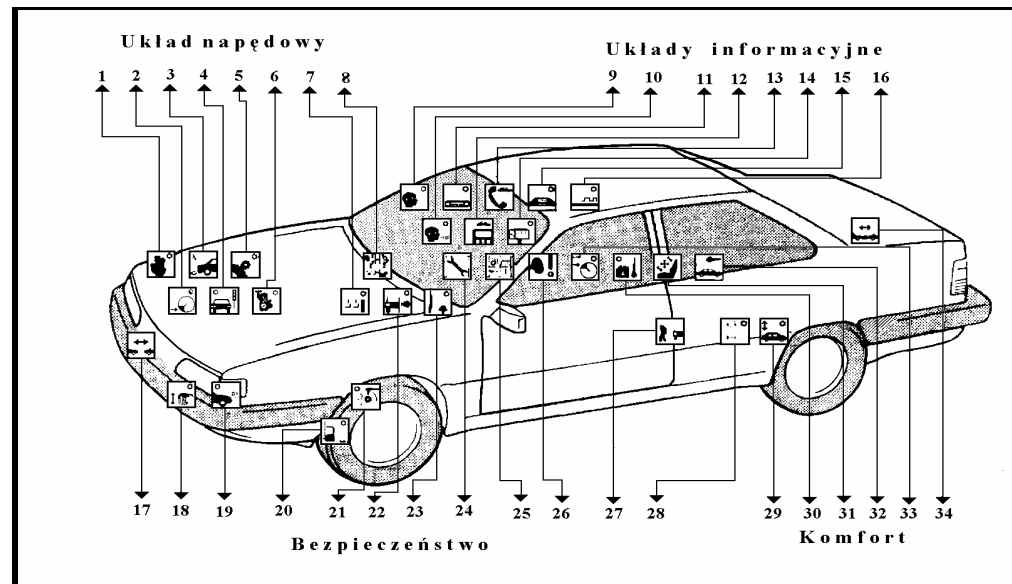
ponad jedną czwartą przyczyną awarii współczesnych samochodów stanowią usterki w instalacji elektrycznej pojazdu. Jednakże usterki tylko w znikomym stopniu powodowane są przez uszkodzenia elementów elektronicznych. Słabym ogniwem są punkty styku systemu elektronicznego z częścią mechaniczną, dlatego nie planuje się obecnie masowego zastosowania mikroprocesorów w układach związanych z manewrowaniem pojazdem. Wyjątkiem jest układ hamulcowy, bowiem uszkodzenie elektronicznego układu regulacji siły hamowania nie usuwa sprawności układu hamulcowego, zmniejszając jedynie jego skuteczność w trudnych warunkach drogowych.

Ponieważ samochód przyszłości będzie już komputerem na kółkach, dlatego takie samochody można sprawdzać i naprawiać tylko za pomocą komputerowo wspomaganých przyrządów warsztatowych i systemów eksperckich zdolnych do natychmiastowej komunikacji z centralnym komputerem producenta samochodów lub oferenta usług warsztatowych. Wszystkie zmiany oprogramowania, instrukcji napraw i schematów elektrycznych lub podzespołów będą mogły być przekazywane przez producentów natychmiast i bezpośrednio do warsztatów. Naprawy mechaniczne będą się w coraz większym stopniu ograniczać do konserwacji, wymiany części zużywających się, prac blacharskich i nadwoziowych, wzrastać będzie udział diagnostyki i wymiany podzespołów elektronicznych. Ulec zmianie musi również postawa warsztatów wobec klientów (terminy i jakość napraw, obsługa na najwyższym poziomie, dostarczanie samochodów zastępczych).

W przyszłości problem integracji sterowania silnika ze sterowaniem skrzyni biegów będzie nabierał znaczenia. Dążyć się będzie do sterowania w czasie rzeczywistym odpowiednio do stanu silnika i pojazdu i przełączania skrzyni biegów odpowiednio do przebiegu momentu obrotowego. Dla uzyskania większej kontroli nad samochodem wprowadzone zostanie wspólne sterowanie silnika, układu kierowniczego i hamulcowego z uwzględnieniem wymagań oraz doświadczenia kierowcy.

Przyszłościowy trend w technologii produkcji idzie w kierunku produkcji elastycznej, będącej w stanie zaspokoić indywidualne potrzeby odbiorców.





Rys. 1.1 . Zastosowanie elementów elektronicznych w samochodzie

1 - elektroniczna regulacja silnika ZS, 2 - regulacja obrotów biegu jałowego, 3 - regulacja sondą  $\lambda$ , 4 - system stop - start, 5 - elektroniczne sterowanie przekładni, 6 - cyfrowa elektronika silnika (Motronic); elektroniczne systemy zapłonu; systemy wtrysku, sterowanie mocy silnika (elektroniczny pedał gazu), 8 - sprzężenie sterownika (CAN - Controleer Area Network), 9 - elektroniczne wyjście foniczne, 10 - sterowanie głosem, 11 - radio, 12 - komputer pokładowy, 13 - autotelefon, 14 - systemy prowadzące i informacyjne, 15 - nowoczesne systemy wskaźników, 16 - wiązki przewodów w systemie multiplex, 17 - radarowa kontrola odległości, 18 - przestawianie i czyszczenie reflektorów, 19 - reflektory halogenowe, 20 - kontrola ciśnienia w oponach, 21 - regulacja siły hamowania (ABS); systemy regulacji siły napędowej (ASR), 22 - system diagnozy, 23 - sterowanie wycieraczek i mycia szyb, 24 - kontrola okresów międzykonserwacyjnych, 25 - systemy nadzorowania materiałów eksploatacyjnych i części podlegających normalnemu zużyciu, 26 - system wyzwalania poduszek powietrznych, napinacz pasa bezpieczeństwa, pałak ochronny, 27 - system antywłamaniowy, 28 - systemy kierowania dla osi przedniej i tylnej, 29 - regulacja podwozia, 30 - regulacja ogrzewania (klimatyzacja), 31 - przestawianie foteli z pamięcią położenia, 32 - centralne blokowanie, 33 - regulacja szybkości jazdy, 34 - nadzorowanie bagażnika

## **2. OGÓLNE PROBLEMY WYPOSAŻENIA ELEKTRYCZNEGO POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH**

### **2.1. Podstawowe wymagania techniczne i ogólne zasady badań wyposażenia elektrycznego pojazdów samochodowych**

Podstawowe wymagania techniczne stawiane wyposażeniu elektrycznemu pojazdów samochodowych są określone w normie PN-85/S-76001 "Wyposażenie elektryczne pojazdów samochodowych. Ogólne wymagania i badania", która dała podstawy do opracowania norm przedmiotowych - szczegółowych (PN, BN, ZN). Niektóre elementy wyposażenia elektrycznego (np. akumulatory, żarówki, świece zapłonowe, przewody elektryczne itp.) muszą odpowiadać wymaganiom oddzielnych norm.

Podstawowe wymagania techniczne w odniesieniu do wyposażenia elektrycznego dotyczą:

- 1) z *punktu widzenia mechanicznego*: zgodności materiału z normami, zgodności wymiarów głównych i montażowych, wytrzymałości mechanicznej szczególnie w elementach wirujących, doboru odpowiednich powłok antykorozyjnych, odporności na drgania, wstrząsy i zawilgocenie, odporności na działanie niskiej i wysokiej temperatury, trwałości, określonego stopnia hałaśliwości pracy;
- 2) z *punktu widzenia elektrycznego*: dostateczny opór izolacji, wytrzymałość elektryczna, minimalny opór przejścia na stykach, dostateczna przeciążalność elektryczna, dopuszczalne przyrosty temperatury poszczególnych elementów konstrukcyjnych (uzwojenia, styki, komutatory itd.);
- 3) z *punktu widzenia eksploatacji*: bezpieczeństwo przeciwpożarowe, przeciwwybuchowe i obsługi, niezawodność działania i szybka gotowość do pracy, prostota montażu i obsługi, trwałość oraz ułatwiony dostęp dla kontroli i konserwacji;
- 4) z *punktu widzenia ekonomicznego*: niskie koszty wytwarzania, zamienność części, możliwie małe wymiary i mała masa.

Spełnienie jednocześnie wszystkich tych jest trudne i dlatego w wykonaniu wielu elementów osiągnięto pewien kompromis, stawiając na pierwszym miejscu niezawodność działania.

Według normy PN-85/S-76001 rozróżnia się następujące rodzaje badań wyrobów:

- a) badania pełne (typu) wykonywane okresowo w celu utrzymania jednorodności i jakości wyrobów na poziomie zgodnym z normą;
- b) badania niepełne (wyrobu) wykonywane w celu sprawdzenia zgodności z wymaganiami normy poszczególnych partii wyrobów wykonywanych w ramach produkcji sprawdzanej przez okresowe badania pełne;
- c) badania kwalifikacyjne wykonywane przy uruchamianiu produkcji dla sprawdzenia przydatności wyrobu do określonego pojazdu samochodowego.

Zakres badań pełnych i niepełnych określają normy przedmiotowe. I tak np. badania instalacji na pojazdach obejmują:

- *badania kwalifikacyjne*, którym poddawane są pojazdy w liczbie określonej przez normy PN-85/S-76001, BN-71/3689-02 i BN-70/3615-01, które określają zarówno zakres badań, jak i liczbę pojazdów wybieranych do badań.
- *badania okresowe kontrolne*, którym poddawane są pojazdy o liczbie określonej przez normy na wyroby finalne przemysłu motoryzacyjnego,
- *badania odbiorcze*, którym poddawane jest 100% pojazdów z partii przedstawionej do odbioru oprócz sprawdzenia poziomu zakłóceń radioelektrycznych, którym poddaje pojazdy w liczbie określonej w normach na wyroby finalne przemysłu motoryzacyjnego.

Badania kwalifikacyjne obejmują: oględziny, sprawdzenie zgodności z dokumentacją techniczną, sprawdzenie montażu, działania, gotowości do eksploatacji oraz sprawdzenie: spadków napięcia, bilansu elektroenergetycznego, obwodu rozruchowego, obwodu zapłonu, działania sygnału dźwiękowego, wpływu temperatury otoczenia na działanie wyrobów, odporności na wstrząsy, świateł zewnętrznych, oświetlenia wewnętrznego, oświetlenia wskaźników i świateł lamp kontrolnych i ostrzegawczych, poziomów zakłóceń radioelektrycznych oraz badanie trwałości.

Badania okresowe kontrolne obejmują te same próby, co badania kwalifikacyjne z wyjątkiem sprawdzenia bilansu elektroenergetycznego, obwodu rozruchowego, temperatury otoczenia elementów wyposażenia, odporności na wstrząsy i oświetlenia wewnętrznego.

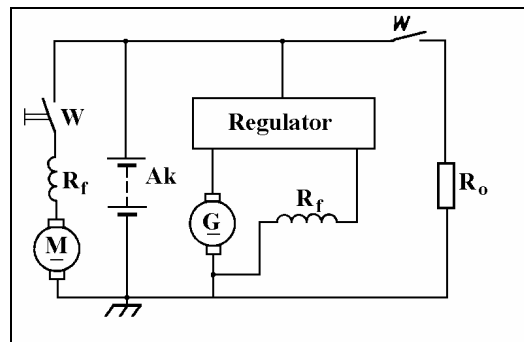
Badania odbioru obejmują: oględziny, sprawdzenie zgodności z dokumentacją techniczną, montażu, działania, gotowości do eksploatacji, sprawdzenie ustawienia świateł głównych, poziomu zakłóceń radioelektrycznych oraz próbę drogową.

Badania diagnostyczne obejmują: sprawdzenie poszczególnych obwodów, sprawdzenie niektórych charakterystycznych elementów wyposażenia, istotnych dla prawidłowej pracy całego pojazdu, ze względów bezpieczeństwa ruchu drogowego, sprawdzenie ustawienia świateł głównych oraz w przypadku uszkodzeń lokalizację i określenie rodzaju tych uszkodzeń instalacji elektrycznej pojazdu.

## 2.2. Rodzaje instalacji elektrycznych stosowanych w pojazdach samochodowych

Ze względu na liczbę przewodów łączących poszczególne elementy wyposażenia elektrycznego pojazdów mechanicznych, wyróżnia się następujące rodzaje instalacji:

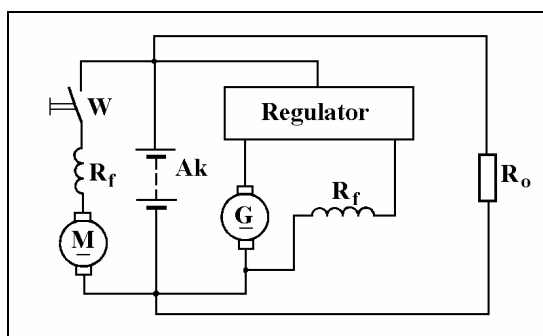
- *układ dwuprzewodowy* z wykorzystaniem metalowych części konstrukcji pojazdu (podwozia, silnika i nadwozia) jako jednego przewodu, rys. 2.1; czyli każdy odbiornik jest połączony jednym zaciskiem poprzez przewody ze źródłem prądu a drugi zacisk połączony jest z masą pojazdu. Instalacja jest w rzeczywistości jedнопrzewodowa. Wszystkie odbiorniki, prądnica i akumulator mają jednakowe napięcie (6; 12 lub 24 V),



Rys. 2.1. Układ jedнопrzewodowy (dwuprzewodowy nie izolowany od masy)

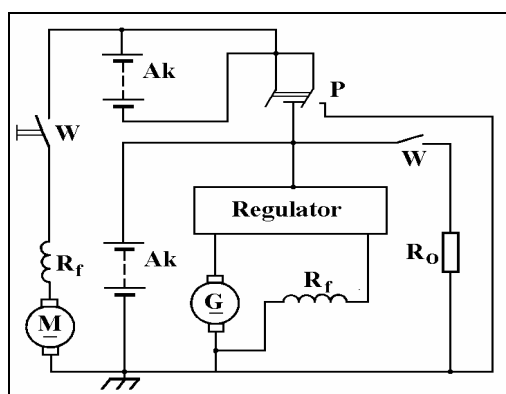
Ak - akumulator, M - silnik szeregowy prądu stałego (rozrusznik), G - alternator, R<sub>f</sub> - uzwojenie wzbudzenia prądnicy, R<sub>o</sub> - obciążenie zastępcze, W - wyłącznik

- *układ dwuprzewodowy izolowany od masy pojazdu* (rys. 2.2), w którym każdy odbiornik elektryczny jest zasilany ze źródła dwoma równoległymi przewodami. Układ taki jest stosowany ze względu na bezpieczeństwo przeciwpożarowe w samochodach specjalnych (np. w samochodach cysternach), przy czym napięcie znamionowe wszystkich odbiorników elektrycznych, prądnicy i akumulatora jest jednakowe napięcie (6; 12 lub 24 V),



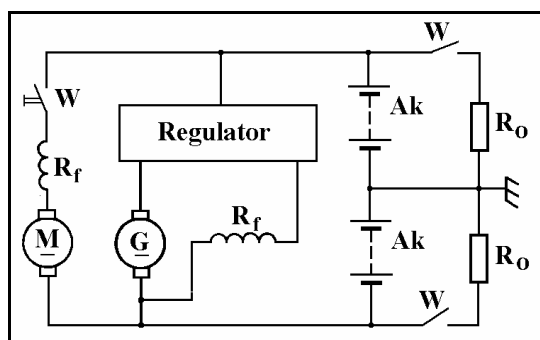
Rys. 2.2. Układ dwuprzewodowy izolowany od masy

- *układ dwuprzewodowy dwunapięciowy* (rys. 2.3), w którym masa pojazdu stanowi przewód zerowy. Wszystkie odbiorniki elektryczne, z wyjątkiem rozrusznika, są zasilane napięciem 12 V, a rozrusznik napięciem 24 V. Przełącznik ( P. - 12/24 V) umożliwia zasilanie rozrusznika w czasie rozruchu pojazdu z dwóch połączonych szeregowo akumulatorów 12 V, które po rozruchu łączy się równoległe, umożliwiając w ten sposób ich współpracę z 12 V prądnicą i odbiornikami 12 V,

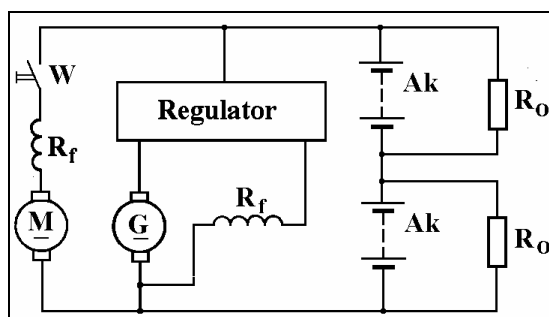


Rys. 2.3. Układ dwunapięciowy dwuprzewodowy

- *układ trójprzewodowy dwunapięciowy* (rys. 2.4), w którym masa pojazdu stanowi przewód środkowy łączący w szereg dwa akumulatory. Prądnica i rozrusznik są przystosowane do napięcia 24 V, natomiast inne odbiorniki do napięcia 12 V. Odbiorniki podzielone na dwie grupy są zasilane oddzielnie, każda z akumulatora 12 V. Układy tego typu stosowane są rzadko ze względu na niesymetryczne obciążenie akumulatorów,



Rys. 2.4. Układ trójprzewodowy dwunapięciowy



Rys. 2.5. Układ trójprzewodowy izolowany od masy

- układ trójprzewodowy dwunapięciowy izolowany (rys. 2.5), różni się od poprzedniego tym, że ze względów bezpieczeństwa nie wykorzystuje się masy pojazdu jako przewodu środkowego, a cała instalacja jest izolowana od masy pojazdu.

### 2.3. Rodzaje i wartości napięcia stosowane w instalacji elektrycznej pojazdu samochodowego

Zastosowanie ogniów galwanicznych do zasilania cewki Ruhmkorffa dla wytworzenia iskry zapłonowej w pierwszych układach zapłonowych przesądziło sprawę rodzaju napięcia w wyposażeniu elektrycznym samochodu.

Początkowo stosowano napięcie 6 V (w akumulatorze 3 ogniwa 2 V połączone szeregowo), jednak wzrastająca liczba odbiorników i wzrost zapotrzebowania mocy spowodowały zwiększenie napięcia instalacji do 12 V. Aktualnie napięcie 6 V stosuje się w motocyklach, napięcie 12 V w samochodach z rozrusznikiem o mocy do 3 kW, natomiast napięcie 24 V w samochodach z rozrusznikami o większej mocy.

Podwojenie napięcia w instalacji pociąga za sobą zmniejszenie prądu pobieranego przez odbiorniki. Zakładając stałą moc odbiorników

$$P = U_6 I_6 = U_{12} I_{12} \quad (2.1)$$

stąd

$$I_{12} = \frac{U_6}{U_{12}} I_6 = 0,5 I_6 \quad (2.2)$$

Jeżeli założymy dla dwóch różnych napięć 6 V i 12 V lub 12 V i 24 V równość względnych spadków napięcia:

$$\delta U = \frac{\Delta U}{U} 100\%, \quad (2.3)$$

to przy stałej mocy zainstalowanych odbiorników  $P_6 = P_{12}$

$$R_{p12} = \left( \frac{U_{12}}{U_6} \right)^2 R_{p6} = 4 R_{p6} \quad (2.4)$$

możemy osiągnąć znaczną 4-krotną oszczędność w materiale przewodowym, których przekrój w instalacji o 2 razy większym napięciu może być 4 razy mniejszy.

Jeżeli natomiast przekroje przewodów nie ulegną zmianie, tzn.  $R_{p6} = R_{p12}$ , to wówczas moc

$$P_{12} = \left( \frac{U_{12}}{U_6} \right)^2 P_6 = 4 P_6, \quad (2.5)$$

co oznacza, że dopiero 4-krotne zwiększenie mocy odbiorników o 2 razy większym napięciu znamionowym pozwoli na osiągnięcie tych samych względnych spadków napięcia co przy napięciu niższym.

W instalacjach samochodowych - masę metalową pojazdu jako jednym z przewodów - łączy się biegun "-" lub biegun "+" źródła prądu. Obecnie praktycznie stosowane jest łączenie bieguna "-" z masą pojazdu, co zostało podyktowane coraz powszechniejszym stosowaniem aparatury elektronicznej w wyposażeniu pojazdów.

Korzyści wynikające z biegunowości "+" na masie takie jak: mniejsza korozja styków, zmniejszenie napięcia przebicia między elektrodami świecy zapłonowej, zmniejszenie ubytków materiału na elektrodzie środkowej itp., straciły na znaczeniu dzięki postępowi w technologii materiałów i wyraźnie ustępują przed wymaganiami jakie narzuca wprowadzanie osiągnięć elektronicznych do układów elektrycznych i mechanicznych samochodu.

Obecnie trwają dyskusje nad wprowadzeniem dodatkowo napięcia 36 V do instalacji samochodowej, bowiem przy obecnym napięciu 12 V instalacja osiąga już granice swoich możliwości. Podniesienie napięcia spowoduje obniżenie wartości pobieranych prądów, a więc i zmniejszenie strat mocy w przewodach oraz obniżenie kosztów podzespołów elektronicznych stosowanych

powszechnie w samochodach. Przy obecnym napięciu instalacja nie będzie mogła sprostać rosnącym wymaganiom na ciągłe zapotrzebowanie mocy ze strony dodatkowych urządzeń, jak np., wstępne podgrzewanie reaktora katalitycznego, co jest związane z wymaganiami ekologicznymi, czy też zastępowanie napędów mechanicznych przez napędy elektryczne.

Obecnie w średniej klasie samochodzie osobowym instalacja elektryczna może dostarczać w sposób ciągły 800 do 1500 W, co odpowiada wartości prądu 60 do 110 A. Szacuje się, że w roku 2005 zapotrzebowanie na moc ciągłą w instalacji samochodowej będzie wynosiło 3000 do 7000 W, przy średnim zapotrzebowaniu około 1700 W. Część odbiorników jak lampy i małe silniczki, które lepiej pracują przy niższym napięciu będą zasilane napięciem 12 V, natomiast odbiory duże napięciem 36 V. Bardzo istotną zaletą takiego zasilania jest obniżenie kosztów instalacji i możliwość stabilizowania napięcia 12 V oraz zmniejszenie oddziaływania uruchamianych odbiorników dużej mocy na instalację 12 V. Obecnie stosowane odbiorniki są przewymiarowane, ponieważ muszą poprawnie pracować przy obniżonym napięciu.

#### **2.4. Niektóre problemy niezawodności samochodowych urządzeń elektrycznych i elektronicznych**

Urządzenia elektryczne i elektroniczne stosowane w samochodach muszą pewnie pracować w ciągu długiego okresu eksploatacji. Osiągnięcie wymaganej niezawodności urządzeń elektronicznych w masowej produkcji samochodów jest bardzo trudne. Zasadnicza różnica pomiędzy systemem elektronicznym a klasycznym polega na tym, że uszkodzenie elementu półprzewodnikowego powoduje w większości przypadków całkowite uszkodzenie systemu, przy czym zwykle brak jest symptomów pozwalających na prognozowanie wystąpienia niesprawności.

Warunki eksploatacji samochodowych urządzeń elektronicznych są bardzo trudne, ponieważ elementy półprzewodnikowe są czułe na zmiany temperatury i wilgotności, na udary mechaniczne i wibracje, na korozyjne oddziaływanie wody, tłuszczów i chemikaliów, a ponadto są bardzo wrażliwe na zakłócenia elektromagnetyczne oraz nadmierny wzrost napięcia.

Urządzenia elektroniczne podlegają zmianom temperatury w bardzo szerokim zakresie w zależności od miejsca zainstalowania w samochodzie. Przyjmuje się dla przedziału pasażerskiego zakres zmian temperatury od -30 ... +85 °C, natomiast dla przedziału silnikowego od -40 ... +125 °C. Podane temperatury są bardzo często przekraczane i np. w przedziale pasażerskim ekstremalne temperatury występują w upalne dni, tablica przyrządów i tylna półka nagrzewają się do 110 °C, przekroczenia występują również w przedziale silnikowym. Przy tak szerokich zmianach temperatury konieczne jest sto-



sowanie półprzewodników przeznaczonych do pracy w wyższej temperaturze oraz wprowadzenie kompensacji temperaturowej.

Podobnie ważną rolę odgrywają drgania mechaniczne generowane przez silnik i połączone z nim zespoły, dlatego opracowano szereg nowatorskich rozwiązań w mocowaniu silników i podzespołów w karoserii samochodu. W czasie jazdy po nierównościach powstają silne udary sięgające kilkudziesięciu g, o częstotliwości do kilkuset Hz. Dlatego zaleca się ograniczenie połączeń lutowanych oraz zabezpieczenie układu za pomocą elastycznej masy zalewowej uniemożliwiającej drgania poszczególnych podzespołów.

Urządzenia elektroniczne zamontowane w przedziale silnikowym lub w podwoziu poddawane są działaniu wilgoci na skutek kondensacji pary wodnej zawartej w powietrzu. W czasie deszczu wystawione są na działanie rozbrzygniwanej wody i błota. Przy spadkach temperatury i dużej wilgotności powietrza na elementach samochodu osadza się rosa lub szron. Ponadto działanie soli, kwasów powoduje uszkodzenia korozyjne w urządzeniach montowanych poza przedziałem pasażerskim. Dla ochrony przed oddziaływaniami chemicznymi stosuje się pokrycia galwaniczne elementów metalowych, odpowiednie masy zalewowe na bazie silikonowej oraz hermetyzację urządzeń.

Urządzenia elektryczne pracujące w samochodach narażone są na zakłócenia elektromagnetyczne. W zależności od skutków rozróżniamy szkodliwe oddziaływania:

- powodujące uszkodzenia elementów półprzewodnikowych,
- zakłócające pracę układów elektronicznych, szczególnie logicznych - mikroprocesorów,
- zakłócające odbiór radiowo-telewizyjny.

Z punktu widzenia charakteru przebiegu zakłócającego rozróżniamy oddziaływania:

- stałonapięciowe,
- impulsowe i quasi impulsowe,
- o stałej lub zmiennej częstotliwości.

Zakłócenia mogą przenosić się: drogą galwaniczną jako spadki napięć na rezystancjach przewodów i elementach metalowych, przez pojemność układu drogą indukcyjną (przez indukcję w ułożonych obok siebie przewodach).

Względna indukcyjność wzajemna  $M'$  dla dwóch równoległe ułożonych przewodów nie ferromagnetycznych wynosi:

$$M' = \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \ln \frac{2l}{a} - 1 + \frac{a}{h} \right) \quad (2.6)$$

gdzie:  $\mu_0$  - przenikalność magnetyczna próżni ( $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  H/m),

$h$  - długość równoległe ułożonych przewodów,

$a$  - odstęp między środkami przewodów.

W równoległym obwodzie elektronicznym pojawi się napięcie proporcjonalne do szybkości zmiany prądu w obwodzie silnoprądowym:

$$u_2 = \frac{-M' \cdot h \cdot \frac{di_{1\max}}{dt}}{1 + \frac{Z_{we}}{Z_{wy}}} \quad (2.7)$$

gdzie:

$Z_{we}$  - impedancja dołączona do wejścia układu elektronicznego,

$Z_{wy}$  - impedancja obciążająca obwód elektroniczny.

Zakres częstotliwości zakłócających przenoszonych przez przewody instalacji sięga około 20 ... 30 MHz, zależnie od konstrukcji pojazdu. Powyżej tej częstotliwości rozprzestrzenianie zakłóceń odbywa się drogą bezprzewodową przez emisję promieniowania elektromagnetycznego, powodując zakłócenia odbioru fal ultrakrótkich.

Nadmierny wzrost napięcia w instalacji elektrycznej samochodu może spowodować pogorszenie parametrów lub uszkodzenie elementu elektronicznego przez impuls napięciowy trwający kilka mikrosekund.

Dla większości układów elektronicznych szczególnie groźne jest omyłkowe podłączenie akumulatora (lub pojedynczego układu) z odwrotną biegunowością, co może zdarzyć się przy wymianie akumulatora lub rozruchu z zewnętrznego źródła napięcia.

Istotnym problemem w instalacji elektrycznej samochodu są przepięcia powstające na elementach indukcyjnych, przy zmianie natężenia przepływającego przez nie prądu. Wartość spadku napięcia na indukcyjności  $L$  jest określona zależnością:

$$u_L = L \frac{di}{dt} \quad (2.8)$$

W samochodzie występuje wielu źródeł przepięć. Problem ten łągodzi akumulator współpracujący z instalacją elektrycznie skutecznie tłumiąc przepięcia powstające w alternatorze, w układzie zapłonowym oraz indukowane we wszystkich dużych indukcyjnościach. Ponieważ podczas pracy silnika może nastąpić przypadkowe odłączenie akumulatora (spowodowane złym stykiem między zaciskiem a końcówką akumulatora, uszkodzeniem akumulatora), dlatego stosuje się coraz częściej dodatkowe zabezpieczenia elektroniczne chroniące cały system lub wybrane urządzenia elektroniczne. Dla ograniczenia przepięć pochodzących od alternatora w nowych konstrukcjach zastosowane zostały diody Zenera w mostkach prostowniczych.

Istotnym zagadnieniem jest problem rezystancji wszystkich połączeń stykowych, która w warunkach eksploatacji ulega zmianie głównie w wyniku utleniania i reakcji chemicznych. Przy wzrastającym udziale mikroprocesorów w sterowaniu pracą silnika i podzespołów samochodu, wzrost rezystancji sty-

ków, połączeń przewodów może być przyczyną błędnej oceny sygnału otrzymanego z czujnika i w efekcie prowadzić do niewłaściwych poleceń wydawanych przez urządzenia sterujące. Znaczny wzrost rezystancji końcówek przewodów zapłonowych może być przyczyną uszkodzenia reaktora katalitycznego. Dlatego zamiast mosiężnych końcówek przewodów stosuje się końcówki ze stali nierdzewnej, a w układach zapłonowych cewki zapłonowe montowane są bezpośrednio na końcówkach świec zapłonowych.

Problemem jest również elektryczność statyczna powstająca na skutek toczenia opon po jezdni. Na oponie i połączonych z nią częściach powstaje wysokie napięcie wynoszące nawet kilkadziesiąt kilowoltów. Ładunki elektryczne gromadzą się również na nadwoziu, ciele ludzkim, na okładzinach hamulcowych itd. Zgromadzone ładunki mogą uszkodzić elementy elektroniczne. Przeskoki iskry pod wpływem nagromadzonego ładunku są źródłem zakłóceń radiowych szczególnie fal długich i średnich, w niektórych przypadkach mogą wywołać pożar oparów paliwa. Dlatego zarówno tapicerka w przedziale pasażerskim jak i używane materiały izolacyjne powinny być antyelektrostatyczne. Ponadto montuje się dodatkowe połączenia elektryczne umożliwiające wyrównywanie potencjałów między elementami samochodu, na których mogą gromadzić się ładunki elektrostatyczne.

Zagwarantowanie wysokiej niezawodności w długim okresie eksploatacji wymaga uwzględnienia wpływu środowiska eksploatacji już na etapie projektowania oraz kontrolowania parametrów niezawodnościowych w całym okresie wdrażania prototypu do produkcji i później w normalnej eksploatacji. Osiągnięcie wymaganej niezawodności samochodowych urządzeń elektronicznych w warunkach masowej produkcji jest bardzo trudne i dlatego bardzo długi okres czasu upływał od opracowania prototypu do chwili wdrożenia do produkcji. Z danych niektórych producentów samochodowych wynika, że około 80% wszystkich reklamacji było spowodowanych uszkodzeniami elementów półprzewodnikowych, z tego około połowy uszkodzeń wystąpiło podczas kilkuset pierwszych kilometrów przebiegu.

W samochodach można wyróżnić następujące rodzaje zabezpieczeń przed oddziaływaniami elektrycznymi: przeciwprzepięciowe, nadnapięciowe, nadprądowe, przeciwzakłóceniowe, przed podłączeniem zasilania z przeciwną biegunowością, itp. W nowych konstrukcjach samochodów już w fazie projektowania stosuje się szereg rozwiązań programowych i układowych zabezpieczających nie zakłóconą pracę samochodu.

### 3. AKUMULATORY

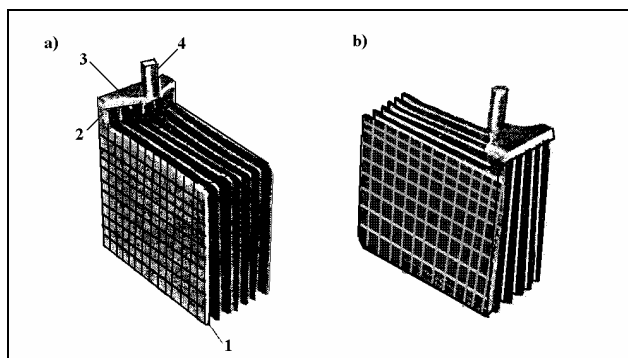
#### 3.1. Budowa i zasada działania, procesy chemiczne w akumulatorze ołowiowym

Jednym z podstawowych elementów instalacji elektrycznej pojazdu samochodowego jest akumulator. Obecnie w pojazdach stosowane są akumulatory ołowiowe. Akumulator ołowiowy w zależności od pojemności znamionowej zbudowany jest z trzech, sześciu ewentualnie dwunastu ogniw. Każde z ogniw składa się z trzech podstawowych elementów: elektrod, elektrolitu, naczynia.

**Elektrody** - Płyty elektrod wykonane są w postaci krat ołowianych z domieszką antymonu, stanowiących szkielet, wypełniony porowatą masą czynną. Porowata struktura masy zapewnia dużą powierzchnię styku z elektrolitem, dodatek antymonu zwiększa odporność na wstrząsy. Płyty dodatnie wypełnia się masą zawierającą dwutlenek ołowiu  $PbO_2$  (kolor ciemnobrązowy), a płyty ujemne ołowiem gąbczastym  $Pb$  (kolor metaliczno - szary). W jednym ogniwie akumulatora znajdują się zestawy płyt dodatnich i ujemnych. Liczba płyt i ich powierzchnia decydują o zdolności akumulowania energii chemicznej przez akumulator, która w procesie wyładowania zostaje wykorzystana w postaci energii elektrycznej.

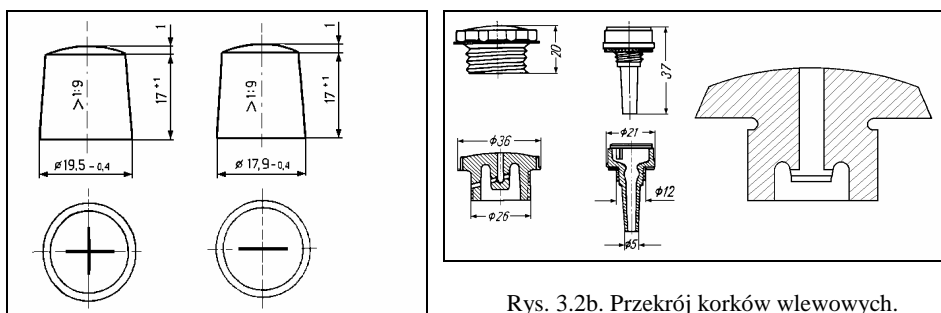
Płyty jednego znaku połączone są między sobą mostkiem, który posiada sworzeń biegunowy - dodatni lub ujemny biegun ogniwa i wyprowadzony jest na zewnątrz naczynia. W przypadku kilku ogniw bieguny te łączy się szeregowo ołowianym łączem międzyogniwowym pozostawiając wolne jedynie skrajne bieguny, ujemny - pierwszego ogniwa i dodatni - ostatniego ogniwa.

Na zestaw płyt składają się dwa zespoły płyt, przy czym płyt ujemnych jest zawsze o jedną więcej niż dodatnich rys. 3.1.



Rys. 3.1. Zespoły płyt akumulatorowych: a - ujemnych; b - dodatnich;  
1 - płyta, 2 - łącznik; 3 - mostek; 4 - końcówka ogniwa (trzcień biegunowy)

Aby jednak przy małych odstępach ustrzec ogniwo przed wewnętrznymi zwarciami, wstawia się między płyty różnych znaków wkładki tzw. separatory z materiału porowatego, odpornego na działanie kwasu, o takiej konsystencji, aby umożliwiały przenikanie jonów. Na separatory używane są mikroporowate tworzywa sztuczne. Bieguny akumulatora, różnią się wielkością; biegun dodatni jest grubszy, biegun ujemny cieńszy rys. 3.2a.



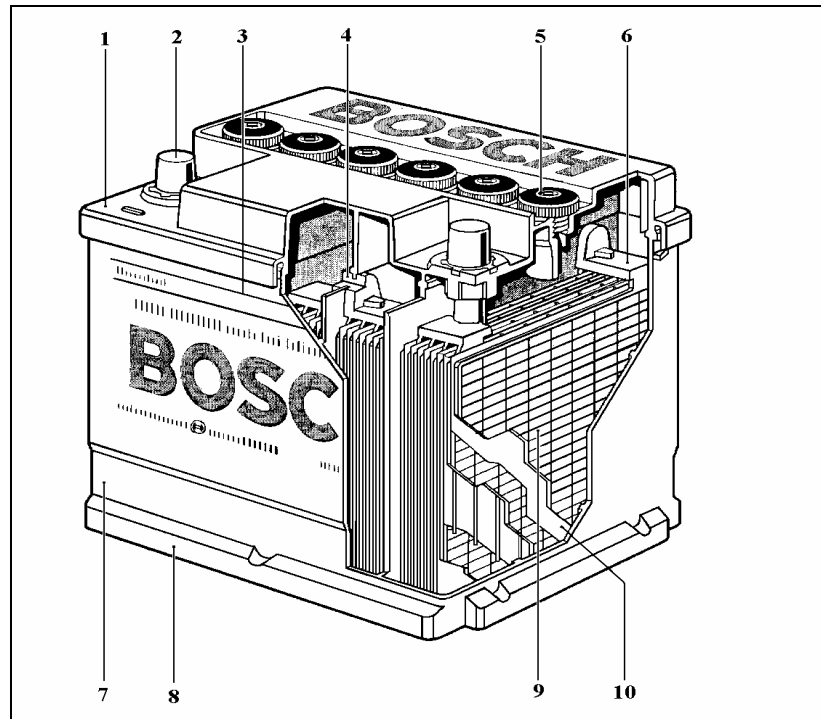
Rys. 3.2b. Przekrój korków wlewowych.

Rys. 3.2a. Końcówki biegunowe akumulatorów.

**Elektrolit** - Elektrolitem akumulatora ołowiowego jest roztwór kwasu siarkowego  $H_2SO_4$  będącego przewodnikiem prądu II klasy. Gęstość elektrolitu akumulatora w pełni naładowanego powinna wynosić  $1,28 \text{ kg/dm}^3$ . W roztworze wodnym kwasu siarkowego  $H_2SO_4$  istnieją jony odznaczające się niedoborem elektronów, a więc wykazujące ładunek dodatni (jony wodoru -  $H_2^{++}$ ) oraz jony odznaczające się nadmiarem elektronów, a więc wykazujące ładunek ujemny (jony reszty kwasowej -  $SO_4^{-}$ ). Jeżeli do naczynia z elektrolitem wstawi się dwie różne elektrody i załączy źródło napięcia do zacisków elektrod, wówczas stwierdza się przepływ prądu elektrycznego. Jony dodatnie przyciągane są przez elektrodę połączoną z ujemnym biegunem źródła, czyli

tw. katodę - noszą więc one nazwę kationów. Jony ujemne przyciągane są przez elektrodę dołączoną z dodatnim biegunem źródła - anodę, a więc nazywa się je anionami. Jony wodoru  $H_2^{++}$  są więc kationami, a jony reszty kwasowej  $SO_4^-$  anionami.

**Naczynia akumulatorowe** - Zestawy płyt dodatnich i ujemnych poszczególnych ogniw zanurzone są w elektrolicie wypełniającym wnęki w szczelnym naczyniu z materiału kwasoodpornego (ebonit i tworzywa sztuczne) z pokrywą, uszczelnioną kwasoodporną masą zalewową. Podniesienie płyt ponad poziom dna zapobiega zwarciom poprzez przewodzące osady. W akumulatorach typu bezobsługowego nie ma podstawki, zaś płyty (tylko dodatnie) znajdują się w separatorach kopertowych. W pokrywie akumulatora znajdują się korki wlewowe rys. 3.2b. W akumulatorach bezobsługowych nie ma korków wlewowych, pokrywa jest zamknięta rys. 3.3.



Rys. 3.3. Budowa akumulatora

1 – monowieczko (pokrywa), 2 – końcówka biegunowa, 3 – znacznik poziomu elektrolitu, 4 – łącznik międzyogniowy, 5 – korek wlewowy, 6 – mostek biegunowy, 7 – blok (obudowa) akumulatora, 8 – próg (obrzeże) do mocowania akumulatora, 9 – płyta z masą czynną, 10 - separator

W wyniku eksploatacji akumulatora zachodzą w nim reakcje chemiczne zarówno w procesie ładowania jak i wyładowania. Podczas ładowania nastę-

puje zamiana energii elektrycznej na chemiczną, a podczas rozładowania energii chemicznej na elektryczną. Reakcje chemiczne przebiegające w akumulatorze kwasowym i zasadowym przedstawia tabela 3.1.

Tabela 3.1

Stan pracy		Typ akumulatora			
		kwasowy (ołowiowy)		zasadowy (żelazo niklowy)	
		Elektroda dodatnia	Elektroda ujemna	Elektroda dodatnia	Elektroda ujemna
L A D O W A N I E	Stan „przed”	<b>PbSO<sub>4</sub></b>	<b>PbSO<sub>4</sub></b>	<b>Ni(OH)<sub>2</sub></b>	<b>Ni(OH)<sub>2</sub></b>
	Jony dochodzące	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	2H <sup>+</sup>	2OH <sup>-</sup>	2K <sup>+</sup>
	Reakcje na elektrodach	<b>PbSO<sub>4</sub>+SO<sub>4</sub><sup>-</sup></b> ⇒Pb(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> +2e Pb(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> +2H <sub>2</sub> ⇒ PbO <sub>2</sub> +4H <sup>+</sup> + 2SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	<b>Pb-SO<sub>4</sub>+2H<sup>+</sup>+2e</b> ⇒ Pb+2H <sup>+</sup> +SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	<b>2Ni(OH)<sub>2</sub>+2OH</b> ⇒ 2Ni(OH) <sub>3</sub> +2e 2Ni(OH) <sub>3</sub> ⇒ NiO <sub>2</sub> +3H <sub>2</sub> O	<b>Fe(OH)<sub>2</sub>+2K<sup>+</sup>+2e</b> ⇒ Fe+2K <sup>+</sup> + 2OH <sup>-</sup>
	Stan „po”	PbO <sub>2</sub>	Pb	NiO <sub>2</sub>	Fe
	Reakcja wypadkowa	<b>PbSO<sub>4</sub>+2H<sub>2</sub>O</b> ⇒ ⇒ Pb+ PbO <sub>2</sub> +4H <sup>+</sup> +2 SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>		<b>Fe(OH)<sub>2</sub>+2 Ni(OH)<sub>2</sub></b> ⇒ ⇒ Fe+ Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +3H <sub>2</sub> O	
W Y Ł A D O W A N I E	Stan „przed”	<b>PbO<sub>2</sub></b>	<b>Pb</b>	<b>Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>Fe</b>
	Jony dochodzące	4H <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	2K <sup>+</sup>	2OH <sup>-</sup>
	Reakcje na elektrodach	<b>PbO<sub>2</sub>+4H<sup>+</sup></b> +SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> +2e ⇒ ⇒ Pb-SO <sub>4</sub> +2H <sub>2</sub> O	<b>Pb+ SO<sub>4</sub><sup>-</sup></b> ⇒ ⇒ PbSO <sub>4</sub> +2e	<b>Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+3H<sub>2</sub>O</b> +2e+2K <sup>+</sup> ⇒ ⇒ 2Ni(OH) <sub>2</sub> +2OH <sup>-</sup> +2K <sup>+</sup>	<b>Fe+2OH<sup>-</sup></b> ⇒ ⇒ Fe(OH) <sub>2</sub> + 2e
	Stan „po”	PbSO <sub>4</sub>	PbSO <sub>4</sub>	Ni(OH) <sub>2</sub>	Fe(OH) <sub>2</sub>
	Reakcja wypadkowa	<b>Pb+ PbO<sub>2</sub>+4H<sup>+</sup>+ 2SO<sub>4</sub><sup>-</sup></b> ⇒ ⇒ 2 PbSO <sub>4</sub> +2H <sub>2</sub> O		<b>Fe+ Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+3H<sub>2</sub>O</b> ⇒ ⇒ Fe(OH) <sub>2</sub> +Ni(OH) <sub>2</sub>	

Uwagi: **substraty - pogrubione**, produkty - *pochylone*, pozostałe - pierwiastki, których ilość nie ulega zmianie w czasie trwania reakcji.

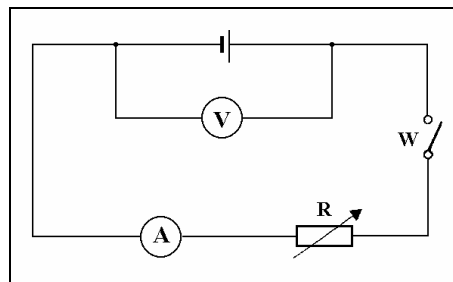
### 3.1.2. Oznaczenia akumulatorów

W celu łatwego odróżnienia akumulatorów poszczególnych typów stosuje się oznaczenia umownymi symbolami składającymi się z liczb i liter. Cyfra na pierwszej pozycji podaje ilość ogniw, litera na drugiej dziedzinę stosowania: S - akumulator samochodowy, M - akumulator motocyklowy. Litera na trzeciej pozycji określa typ zastosowanej płyty C, D lub E. Na czwartej pozycji znajduje się liczba określająca pojemność 20-godzinną znamionową lub liczbę płyt dodatnich w przypadku akumulatorów motocyklowych. Po liczbie znajdują się dodatkowe oznaczenia oznaczające rodzaj separacji, rodzaj obudowy i inne właściwości: litera F - zgodność z WT FIAT, MN - monowieczko nakładane, WM - monowieczko wkładane, MZ - monowieczko zgrzewane, K - kryte łączniki, rodzaj obudowy - E - ebonitowa, rodzaj separacji: D - drewno, M - mikroporowata.

## 3.2. Charakterystyczne wielkości akumulatorów ołowiowych

### 3.2.1. Siła elektromotoryczna akumulatora

Jako siłę elektromotoryczną akumulatora określamy różnicę potencjałów na zaciskach biegunowych przy otwartym obwodzie zewnętrznym. Siła elektromotoryczna jednego ogniwa akumulatora ołowiowo - kwasowego wynosi ok. 2V i waha się w zależności od stanu akumulatora: gęstości elektrolitu i temperatury. Siłę elektromotoryczną (napięcie w stanie jałowym) mierzy się na zaciskach akumulatora nieobciążonego.



Rys. 3.4. Schemat układu do pomiaru siły elektromotorycznej i napięcia akumulatora.

Rysunek 3.4 przedstawia pomiar siły elektromotorycznej. Należy zwrócić uwagę na otwarty wyłącznik W.

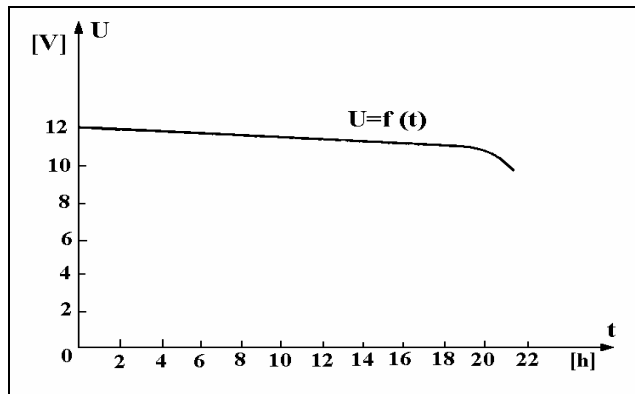
### 3.2.2. Napięcie akumulatora

Za wartość napięcia znamionowego przyjmuje się napięcie ogniwa równe 2,0 V, tzn. takie napięcie średnie, jakie ma akumulator ołowiowo - kwasowy w stanie jałowym. W wyniku zmiennej rezystancji wewnętrznej akumulatora napięcie wyładowania jest mniejsze od siły elektromotorycznej akumulatora:



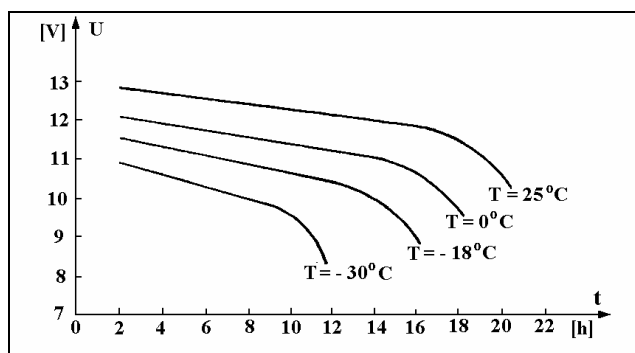
$$U_w = E - R_w I_w \quad (3.1)$$

gdzie:  $E$  - siła elektromotoryczna,  
 $R_w$  - rezystancja wewnętrzna akumulatora,  
 $I_w$  - prąd wyładowania.



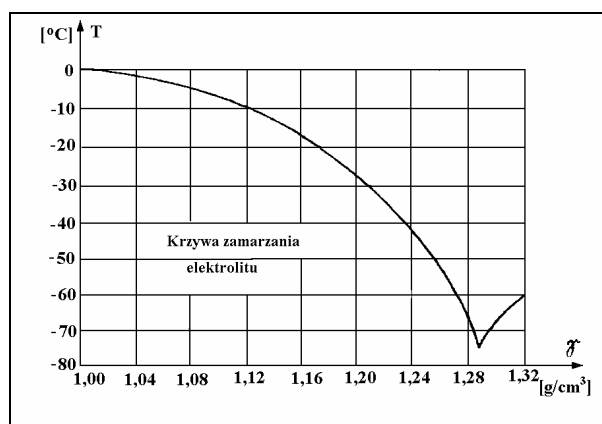
Rys. 3.5. Charakterystyka wyładowania akumulatora prądem  $I_w = 0,05Q_{20}$ , w temperaturze  $T = 25^\circ\text{C}$

Charakterystykę wyładowania w funkcji czasu przedstawia rysunek 3.5. Rysunek 3.6 przedstawia charakterystyki wyładowania akumulatora prądem 20-godzinnym przy temperaturze elektrolitu 298K, 273K, 255K i 243K (odpowiednio:  $25^\circ\text{C}$ ,  $0^\circ\text{C}$ ,  $-18^\circ\text{C}$ ,  $-30^\circ\text{C}$ ). Jak wynika z charakterystyk na rys. 3.6, wartość napięcia końcowego zależy od temperatury elektrolitu. Rozcieńczony kwas siarkowy zamarza w bardzo niskiej temperaturze. Temperatura krzepnięcia elektrolitu zależy od jego gęstości i czystości. Zamarzaniu akumulatora można zapobiegać poprzez utrzymywanie go w stanie naładowanym.



Rys. 3.6. Charakterystyki wyładowania akumulatora prądem 20-godzinnym przy różnych wartościach temperatury.

Rysunek 3.7 przedstawia wykres zależności temperatury krzepnięcia elektrolitu od jego gęstości  $\gamma$  mierzonej w temperaturze 293K (20°C). Podczas wyładowania prądem znamionowym napięcie końcowe nie może być mniejsze od 1,75 V na ogniwo. Po przerwaniu wyładowania napięcie powinno się ustalić na poziomie 1,99 V na ogniwo. Nieprzekraczanie ustalonego napięcia końcowego podczas wyładowania przy zachowaniu warunku, że gęstość elektrolitu nie będzie mniejsza niż 1,5 g/cm<sup>3</sup> (w stanie wyładowania) i akumulator nie będzie przechowywany przez dłuższy czas w stanie wyładowanym, zapobiega zasiarczeniu płyt akumulatora, które trudno usunąć w czasie normalnego ładowania.



Rys. 3.7. Wykres zależności temperatury krzepnięcia elektrolitu w funkcji jego gęstości  $\gamma$  mierzonej w temperaturze 20°C

Korzystając z poprzedniego wzoru napięcie ładowania określone jest zależnością:

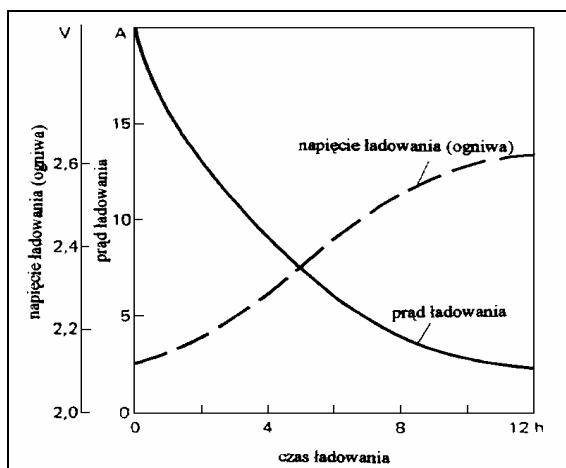
$$U_l = E + R_w I_l \quad (3.2)$$

gdzie:  $I_l$  - prąd ładowania [A].

Wartość maksymalna napięcia ładowania waha się w granicach 2,4 ÷ 2,75 V na ogniwo i zależy od wartości prądu ładowania oraz temperatury elektrolitu. Na rysunku 3.8 przedstawiona jest charakterystyka ładowania akumulatora 12 V.

Podczas ładowania siła elektromotoryczna wzrasta, zaś iloczyn  $R_w I_l$  maleje (maleje rezystancja wewnętrzna  $R_w$ ), więc napięcie akumulatora wzrasta. Podczas ładowania występuje gazowanie (średnio przy napięciu 2,4 V na ogniwo), którego intensywność zależna jest od wartości prądu ładowania. Akumulator naładowany należy odłączyć od urządzenia ładującego i po pewnym czasie napięcie akumulatora powinno wynosić wartość 2,13÷2,15 V na ogniwo. Przy intensywnym gazowaniu lub maksymalnym prądzie ładowania w akumulatorze zachodzą procesy niszczące masę czynną płyt lub przekładki

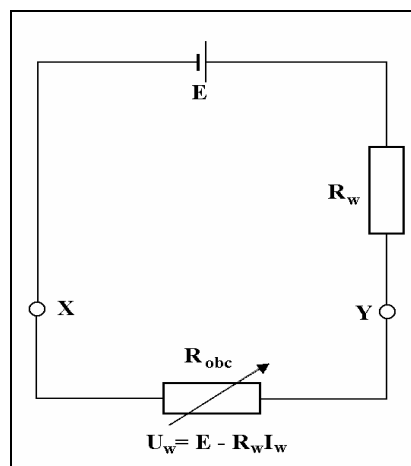
między płytowe. Zbyt intensywne ładowanie jest przyczyną wzrostu temperatury elektrolitu do  $45\div 50^{\circ}\text{C}$  i może być przyczyną uszkodzenia akumulatora.



Rys. 3.8. Charakterystyka ładowania akumulatora

### 3.2.3. Rezystancja wewnętrzna akumulatora

Rezystancja wewnętrzna zależy od stopnia naładowania akumulatora oraz gęstości elektrolitu. Rysunek 3.9 przedstawia schemat elektryczny idealnego źródła napięcia, którego wartość jest równa sile elektromotorycznej akumulatora i jest niezmienna w czasie bez względu na warunki zewnętrzne.  $R_w$  - jest wartością rezystancji wewnętrznej, zaś  $R_{obc}$  - jest rezystancją obciążenia. Punkty X i Y stanowią zaciski rzeczywistego akumulatora. Przepływ prądu w układzie powoduje spadek napięcia na  $R_w$  i  $R_{obc}$ .



Rys. 3.9. Schemat elektryczny obwodu akumulatora

Dlatego też im mniejsza wartość  $R_w$  tym mniejszy spadek napięcia i tym większe napięcie pojawi się na zaciskach akumulatora

### 3.2.4. Sprawność akumulatora

Rozróżniamy dwa rodzaje sprawności akumulatora, sprawność elektryczną i sprawność energetyczną.

**Sprawność elektryczna** - jest to stosunek pojemności elektrycznej akumulatora przy całkowitym wyładowaniu  $Q_w$  (do 1,75 V na ogniwo) do jego pojemności potrzebnej do ponownego całkowitego naładowania  $Q_\mu$ . Sprawność określamy wzorem:

$$\eta_{el} = \frac{Q_w}{Q_\mu} \quad (3.3)$$

Sprawność elektryczna akumulatorów ołowiowo - kwasowych samochodowych wynosi z reguły 0,8÷0,9.

**Sprawność energetyczna** - określana jest jako stosunek energii pobranej z akumulatora przy całkowitym wyładowaniu  $E_w$  do energii zużytej na naładowanie akumulatora  $E_\mu$  i określona jest wzorem:

$$\eta_{en} = \frac{E_w}{E_\mu} = \frac{Q_w}{Q_\mu} \cdot \frac{U_w}{U_\mu} = \eta_{el} \cdot \frac{U_w}{U_\mu} \quad (3.4)$$

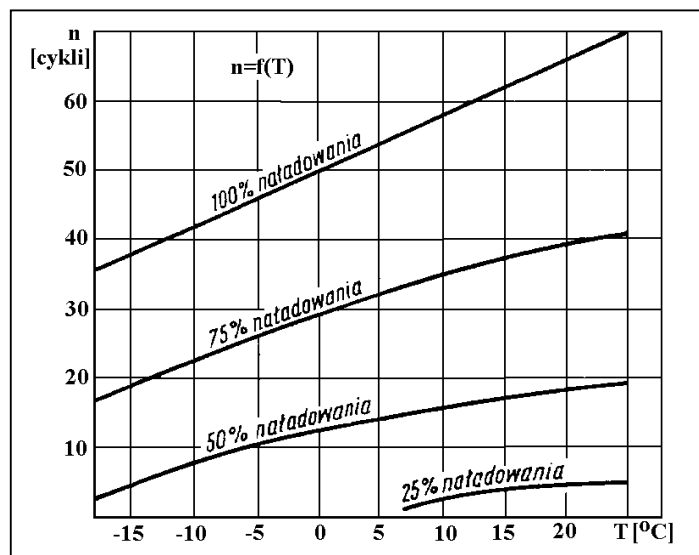
Sprawność energetyczna akumulatorów samochodowych ołowiowo - kwasowych

zawiera się w granicach 0,6÷0,7.

### 3.2.5. Zdolność rozruchowa akumulatora

Jako zdolność rozruchową określa się czas nieprzerwanego wyładowania akumulatora prądem rozruchowym aż do chwili obniżenia się średniego napięcia przypadającego na ogniwo do wartości 1,0 V.

Według normy PN-77/E-83001/01...04 badania zdolności rozruchowej dokonuje się w temperaturze 255K (tj. - 18°C), a dla akumulatorów wypełnianych elektrolitem po raz pierwszy także w temperaturze 298K (tj. 25°C). Dla obu przypadków zdolność rozruchowa nie powinna być mniejsza niż 3 minuty, a średnie napięcie na jedno ogniwo mierzone po czasie 5÷7 s od chwili rozpoczęcia wyładowania, nie powinno być mniejsze od 1,33 V. Uruchamiając silnik zawsze stosuje się rozruch impulsowy. Zalecana długość impulsu wynosi 5 s. Zmiany liczby wyładowań prądem  $3Q_{20}$  w różnych temperaturach i stanie naładowania przedstawia rysunek 3.10.

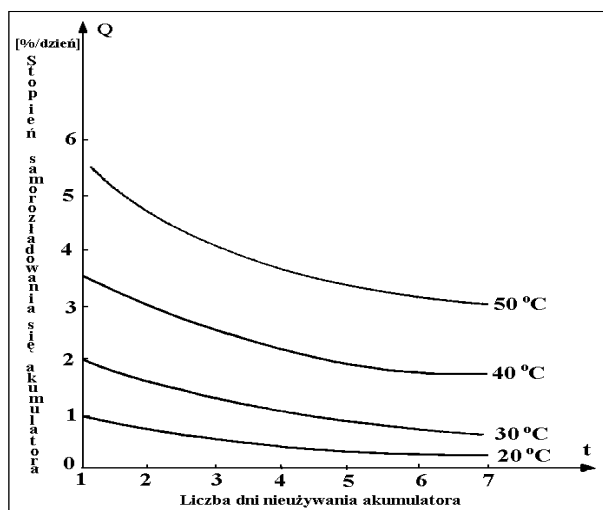


Rys. 3.10. Zdolność rozruchowa w cyklach wyładowań 5-sekundowych prądem  $3Q_{20}$ .

### 3.2.1. Samowyładowanie akumulatora

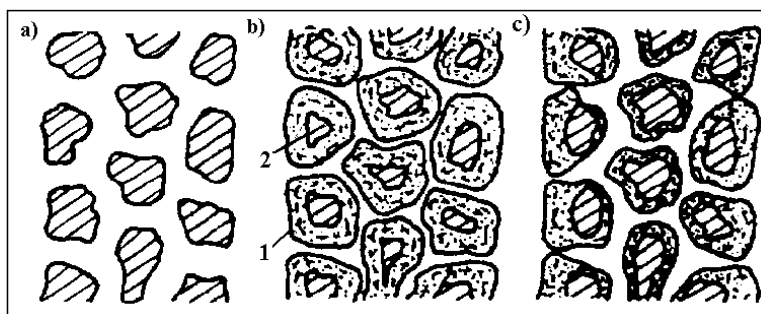
Każdy naładowany akumulator charakteryzuje zjawisko tracenia pojemności elektrycznej w miarę upływu czasu. Proces ten nosi nazwę samowyładowania. Zjawisko to wywołują różne czynniki uboczne, na które składają się m.in. zanieczyszczenia wieczka (pokrywy) akumulatora, zanieczyszczenia elektrolitu lub masy czynnej płyt związkami chloru lub wapnia, uszkodzenia separacji między płytowej (prześwity lub przesunięcia).

Samowyładowanie zwiększa się z upływem czasu eksploatacji akumulatora. Przyczyną takiego stanu są zanieczyszczenia, które w czasie użytkowania dostały się do elektrolitu. Ponadto pogarsza się jakość izolacji przekładek jak i masy zalewowej. Wartość samowyładowania określana jest w procentach pojemności i wynosi około 0,3÷1,5% dziennie, przy temperaturze elektrolitu 293÷303K (20÷30°C). Rysunek 3.11 przedstawia charakterystyki określające stopień samowyładowania się akumulatora przy różnych temperaturach elektrolitu w funkcji czasu nieużywania akumulatora. Jeżeli akumulator jest nieładowany i nieeksploatowany to jego samowyładowanie nastąpi po okresie 1÷3 miesięcy. Stopień samowyładowania zależy także od temperatury elektrolitu i rośnie wraz z jej wzrostem. Maksymalne dopuszczalne samowyładowanie określa się na 14% w czasie 28 dni.



Rys. 3.11. Charakterystyka zależności stopnia samowyladowania w funkcji czasu, przy różnych temperaturach elektrolitu.

Podczas rozładowania akumulatora na powierzchniach płyt zachodzą reakcje chemiczne. Zależnie od prądu wyladowania reakcje przebiegają na powierzchniach (przy dużych prądach) lub wnikają bardziej w głąb płyt w miarę spadku natężenia prądu. Niedogodnością reakcji powierzchniowych jest to, że w reakcji bierze udział mała ilość cząsteczek co przedstawia rysunek 3.12.



Rys. 3.12. Procesy chemiczne w płytach.

a - masa czynna płyt w stanie naładowanym, b - masa czynna płyt podczas wyladowania prądem o stałym natężeniu, c - masa czynna płyt podczas wyladowania prądem o dużym natężeniu:  
1 - warstwa siarczanu ołowiowego, 2 - masa czynna płyt, która nie wzięła udziału w reakcji

W akumulatorach bezobsługowych zastosowano płyty wykonane z ołowiu bez domieszki antymonu. Zamiast antymonu zastosowano nieaktywny wapń, którego dodatek dodatkowo podnosi elastyczność ołowianych siatek i

połączeń. Ponadto zastosowanie separatorów kopertowych, w których umieszczone są płyty dodatnie wyklucza możliwość zwarć wewnątrz ogniw spowodowanych osadzającym się szlamem, eliminując w ten sposób niebezpieczeństwo ubytku wody i samorozładowania akumulatora.

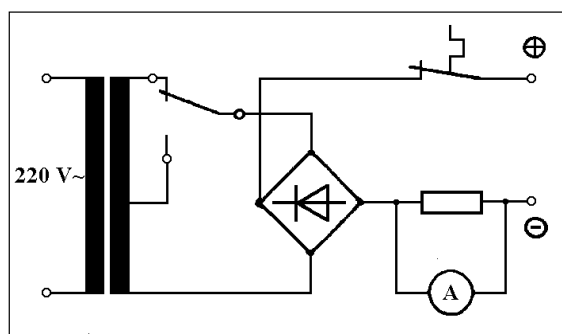
### 3.3. Ładowanie akumulatorów

#### 3.3.1. Wymagania dotyczące ładowania akumulatorów, przygotowanie elektrolitu, urządzenia do ładowania

Podstawowym wymogiem ładowania akumulatora jest ładowanie prądem stałym, dlatego też do ładowania akumulatorów stosuje się prostowniki. Pomiary napięcia i prądu dokonywane powinny być za pomocą przyrządów magnetoelektrycznych. Napięcie ładowania akumulatora wynosi  $2,2\pm 2,7$  V na ogniwo. W czasie ładowania temperatura elektrolitu wzrasta, jednak nie powinna przekroczyć 323K (50°C). Gdyby temperatura elektrolitu osiągnęła tę wartość należy zmniejszyć prąd ładowania, zastosować wymuszone chłodzenie elektrolitu lub przerwać proces ładowania.

Do napełnienia akumulatora używa się elektrolitu będącego wodnym roztworem kwasu siarkowego. Elektrolit powinien mieć gęstość  $1,26\text{g/cm}^3$  i temperaturę z przedziału 283÷303K (10÷30°C). Bezpośrednio po napełnieniu temperatura elektrolitu podnosi się samoistnie do wartości ok. 308K (35°C), nawet do 323K (50°C).

Najprostszym urządzeniem do ładowania jest transformator wraz z prostownikiem z amperomierzem rys. 3.13.

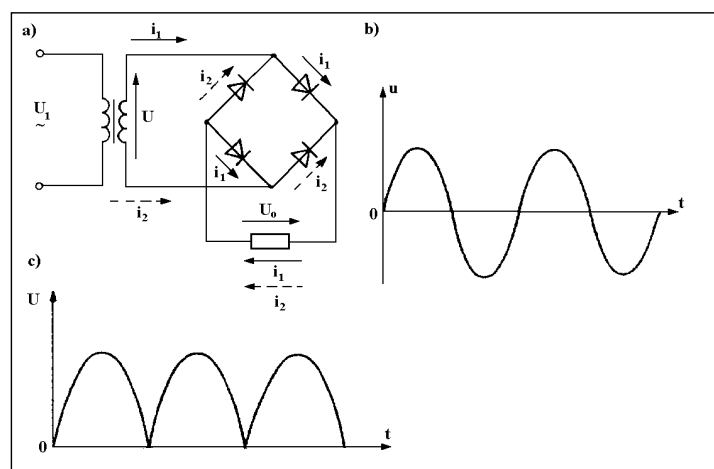


Rys. 3.13. Schemat urządzenia do ładowania akumulatorów.

Prostowaniem nazywamy zjawisko przemiany prądu przemiennego na prąd stały rys. 3.14, do czego powszechnie wykorzystywana jest dioda pół-

przewodnikowa. Zależnie od tego czy źródło prądu jest jedno czy wielofazowe układy prostownikowe klasyfikuje się jako jedno lub wielofazowe.

Ze względu na sposób prostowania wtórnych napięć fazowych pochodzących z transformatora tj. w zależności od tego czy prostowniki są jedno-biegunowe (unipolarne), tzn. prostują tylko półsinusoidy napięć fazowych (dodatnie lub ujemne), czy też dwubiegunowe (bipolarne), tzn. prostują półsinusoidy obu znaków prostownik działa w układzie prostym (unipolarnym) lub mostkowym (bipolarnym). W najnowocześniejszych rozwiązaniach stosuje się złożone układy elektroniczne zapewniające optymalne metody ładowania.



Rys. 3.14. Prostowanie bipolarne a) układ jednofazowy mostkowy z czterema diodami b) napięcie przemienne prostowane c) napięcie wyprostowane na rezystorze obciążenia

### 3.3.2. Pierwsze ładowanie akumulatora

Akumulatory ołowiowe obsługowe będące w stanie suchym nienaładowanym należy poddać pierwszemu ładowaniu tzw. ładowaniu formującemu. W celu naładowania - formowania, takiego akumulatora należy zalać go elektrolitem o podanej przez producenta gęstości (z reguły  $1,26 \text{ kg/dm}^3$ ) i odstawić na okres 2 do 4 godzin, aby umożliwić pełne nasiąknięcie płyt i ostygnięcie akumulatora. Nagrzanie akumulatora zachodzi na skutek przebiegającej po napełnieniu go elektrolitem reakcji egzotermicznej. Po ostygnięciu uzupełnia się poziom elektrolitu tak aby znajdował się 10 do 15 mm ponad górną krawędzią płyt i rozpoczyna się ładowanie prądem o natężeniu równym  $0,05 Q_{20}$  tj.  $1/20$  dwudziestogodzinnej pojemności akumulatora. Procesu ładowania nie należy przerywać przez okres 48 godzin. Formowanie trwa od 50 do 70 godzin

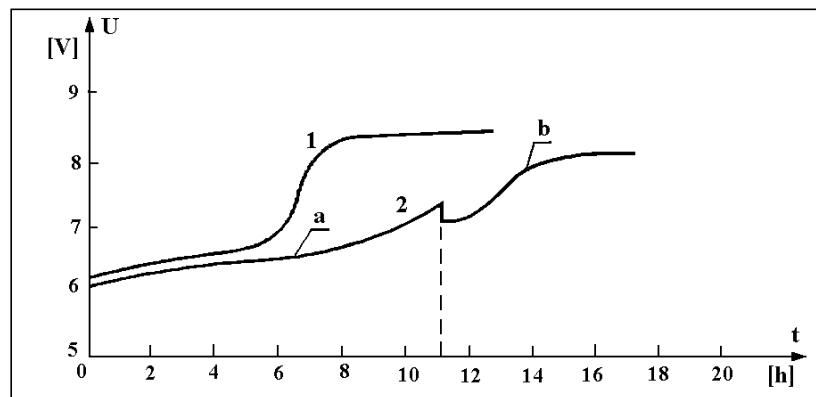


tj. do momentu wystąpienia objawów pełnego naładowania. Po pierwszym ładowaniu akumulator należy poddać wyładowaniu formującemu.

Wyładowanie takie przeprowadza się obciążając akumulator prądem o wartości  $I_w = 0,05Q_{20}$  do napięcia końcowego 1,75 V na ogniwo. Następnie akumulator poddaje się ładowaniu jedno- lub dwustopniowemu. Akumulatory produkcji polskiej suchoładowane napełnia się elektrolitem o gęstości 1,28 g/cm<sup>3</sup> i po odczekaniu 2 godzin ładuje prądem  $I_l = 0,05Q_{20}$  przez okres 4÷10 godzin do wystąpienia oznak pełnego naładowania.

### 3.3.3. Ładowanie jedno i dwustopniowe

Ładowanie jednostopniowe polega na ładowaniu prądem o stałym natężeniu równym co najwyżej wartości 20 - godzinnego prądu wyładowania tj.  $0,1Q_{20}$  aż do wystąpienia oznak całkowitego naładowania. Czas takiego ładowania wynosi 12÷13 godzin. Ładowanie to jest krótsze lecz mniej korzystne od ładowanie metoda dwustopniową. Metoda ładowania dwustopniowego polega na początkowym ładowaniu prądem  $I_{l1} = 0,1Q_{20}$ , tzn. prądem 10-godzinnym, do czasu wystąpienia gazowania. Po wystąpieniu gazowania zmniejsza się prąd ładowania do wartości odpowiadającej  $I_{l2} = 0,05Q_{20}$ , tzn. prądu 20-godzinnego i ładuje się dalej aż do wystąpienia oznak całkowitego naładowania, co trwa 5÷6 godzin rys. 3.15.



Rys. 3.15. Charakterystyki ładowania jedno (1) i dwustopniowego (2)

### 3.3.4. Doładowanie i ładowanie wyrównawcze

Jako doładowanie określamy proces uzupełniania ładunku nagromadzonego w akumulatorze. Doładowanie przeprowadza się prądem o wartości  $I_1 = 0,1Q_{20}$ .

Procesem ładowania wyrównawczego określamy sposób ładowania akumulatora polegający na ładowaniu prądem o wartości  $I_1 = 0,05Q_{20}$  lub mniejszej. Takie ładowanie ma na celu wyrównanie stanu naładowania wszystkich ogniw w akumulatorze.

### 3.3.5. Ładowanie przyspieszone i regeneracja - odsiarczenie

Podczas eksploatacji akumulatora w pojeździe zdarzają się przypadki całkowitego wyładowania np. na skutek uszkodzenia prądnicy lub alternatora. W takiej sytuacji można przeprowadzić tzw., ładowanie przyspieszone, które polega na początkowym ładowaniu akumulatora prądem  $I_1 = 0,8Q_{20}$  do czasu wystąpienia gazowania, a następnie zmniejsza się prąd do wartości  $I_1 = 0,1Q_{20}$ . Taki sposób ładowania nie jest korzystny dla akumulatora i dlatego należy przeprowadzać go tylko w sytuacjach awaryjnych. W czasie takiego ładowania można doprowadzić do akumulatora 60÷70% utraconego ładunku w ciągu 30 minut.

Jako regenerację akumulatora rozumie się ładowanie odsiarczające. Niewłaściwa eksploatacja prowadzi często do zasiarczenia płyt akumulatora, czego oznakami jest mała gęstość elektrolitu po naładowaniu, duża wartość napięcia podczas ładowania i znaczny spadek pojemności elektrycznej. W przypadku, gdy zasiarczenie nie jest zbyt duże można doprowadzić akumulator do stanu pełnej przydatności poprzez ładowanie wyrównawcze. W takim przypadku akumulator ładuje się prądem  $I_1 = 0,02÷0,05Q_{20}$ , przy czym czas ładowania zależy od oznak całkowitego naładowania. Ładownie tego typu należy prowadzić z przerwami tzn. 12 godzin ładowania 1÷2 godziny przerwy.

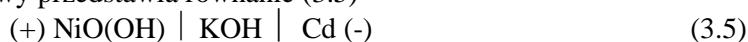
W przypadku dużego zasiarczenia ładowanie odsiarczające przeprowadzić należy łącznie z wymianą elektrolitu. Usuwamy elektrolit z akumulatora, napełniamy go wodą destylowaną i rozpoczynamy ładowanie prądem  $I_1 = 0,02÷0,05Q_{20}$  z przerwami do uzyskania przez elektrolit gęstości  $1,10÷1,15 \text{ g/cm}^3$ . Ponownie usuwa się elektrolit z akumulatora, wlewa wodę destylowaną i kontynuuje ładowanie aż do ustalenia się napięcia na zaciskach akumulatora, ponownie wylewa się elektrolit, napełnia się akumulator świeżym elektrolitem o gęstości  $1,28÷1,30 \text{ g/cm}^3$  i ładuje prądem  $I_1 = 0,05Q_{20}$  w celu określenia pojemności elektrycznej akumulatora. Jeżeli akumulator wykazuje po takich zabiegach, co najmniej 50% pojemności znamionowej to nadaje się on do dalszej eksploatacji.

### 3.4. Inne rodzaje akumulatorów samochodowych

#### 3.4.1. Akumulatory zasadowe

Do akumulatorów zasadowych należą: niklowo - kadmowe (NiCd), żelazowo - niklowe (FeNi), srebrowo - cynkowe (AgZn). Akumulatory zasadowe charakteryzują się z reguły niższymi w porównaniu z akumulatorami ołowioowo - kwasowymi energiami jednostkowymi masowymi [kJ/kg]. Jednakże ich koszt jest znacznie większy, na tyle że ich zastosowanie zamiast akumulatorów kwasowych jest mniej ekonomiczne

**Akumulatory niklowo - kadmowe** - elektrochemiczny akumulator niklowo - kadmowy przedstawia równanie (3.5)



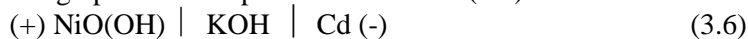
Konstrukcje współczesnych akumulatorów posiadają zasadnicze różnice z akumulatorami kwasowo - ołowioowymi. Różnice te wynikają z odmiennego sposobu umieszczania mas czynnych w elektrodach i na odmiennej konstrukcji naczyń.

Masę czynną w akumulatorach niklowo - kadmowych, znajdującą się w płytach elektrod dodatnich stanowi wodorotlenek lub tlenek niklu w postaci proszku wraz z dodatkami powodującymi wzrost jego przewodności, takimi jak sadza lub grafit. Płyty elektrod ujemnych zbudowane są z tlenku kadmu (CdO) jako masy czynnej lub ze sproszkowanego kadmu metalicznego (Cd). Rolę elektrolitu spełnia wodorotlenek potasu (KOH) o gęstości ok.  $1,20 \text{ g/cm}^3$ , wraz z dodatkiem niewielkiej ilości wodorotlenku litowego. W akumulatorach tego typu możemy wyróżnić następujące rodzaje płyt: kieszonkowe, rurkowe, sfałdowane, spiekane, sproszkowane i mieszane. Każdy rodzaj płyty wykonywany jest inną techniką. Elektrody spiekane są bardzo cienkie mają grubość 0,04 mm, nie pęcznieją podczas wyładowania, co pozwala na stosowanie odstępu pomiędzy nimi na 0,15 mm. Zaletą tych elektrod jest możliwość budowy akumulatorów o dużej mocy jednostkowej.

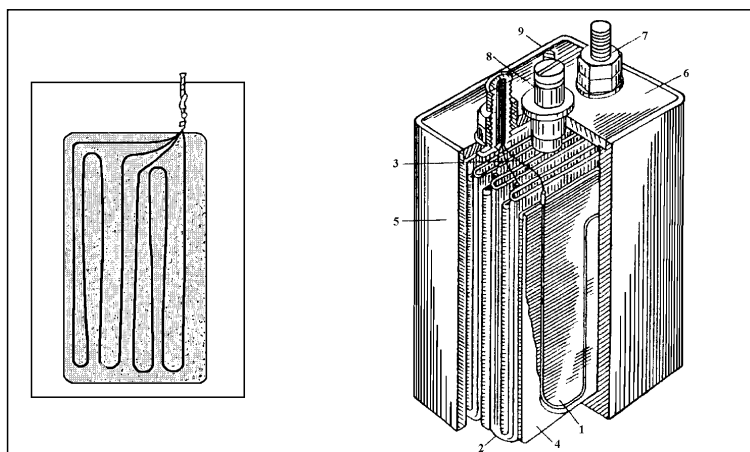
Obudowę tych akumulatorów stanowi naczynie prostokątne z tworzywa sztucznego. Elektrody oddziela się w akumulatorze separatorami wykonanymi z materiałów syntetycznych.

Znamionowe napięcie ogniwa wynosi 1,2 V a siła elektromotoryczna wynosi  $1,3\div 1,5 \text{ V}$  i zależna jest od rodzaju płyt. Akumulatory z płytami spiekanymi mają małą rezystancję wewnętrzną, co daje w efekcie małe zmiany napięcia podczas ładowania i wyładowania. Sprawność elektryczna tych akumulatorów dochodzi do 83%, a energetyczna do 50%. Samowyładowanie wynosi 10% w ciągu 48 godzin, 15% po upływie pierwszego miesiąca i powiększa o 3% z każdym kolejnym miesiącem. W efekcie po roku przechowywania akumulator ma pojemność rzeczywistą 50% pojemności początkowej. Trwałość akumulatorów wynosi  $700\div 1000$  pełnych cykli ładowań i wyładowań.

**Akumulatory srebrowo - cynkowe** - Schemat elektrochemiczny ogniwa srebrowo - cynkowego przedstawia poniższe równanie (3.6).



Wynikiem reakcji zachodzących w czasie wyładowania akumulatora tlenek srebra ulega redukcji do metalicznego srebra, a cynk utleniając się tworzy wodorotlenki lub tlenki cynku, które w połączeniu z zasadą wytwarzają cynkany potasu. Woda, znajdująca się w elektrolicie będącym 40% roztworem wodorotlenku potasu KOH, pochłaniana jest w czasie wyładowania a wydzielana w czasie procesu ładowania. Elektrodami w akumulatorze tego typu są cienkie płytki o grubości 0,5÷3 mm, a elementem przewodzącym prąd cienki drut srebrny umieszczony w materiale elektrody w postaci kilku pętli ze skręconymi ze sobą końcami rys. 3.16.



Rys. 3.16. Elektroda srebrowa z drutem odprowadzającym prąd i schemat budowy akumulatora:  
1 - elektroda dodatnia, 2 - elektroda ujemna, 3 - odprowadzający prąd drut srebrny, 4 - separator,  
5 - naczynie akumulatora, 6 - pokrywa, 7 - zacisk, 8 - zawór, 9 - otwór do wlewania elektrolitu.

Elektrodę dodatnią - srebrową wykonuje się z bardzo drobnego proszku czystego srebra metalicznego przez sprasowanie go pod ciśnieniem i poddanie spiekaniu w temperaturze 723 K (450°C). Elektrode ujemną - cynkową wykonuje się najczęściej z tlenku cynku zmieszanego z pyłem cynkowym, przez sprasowanie. Ważną rolę w procesie produkcji odgrywa wybór materiału na separator, przeważnie wykonane z hydrocelulozy. Elektrody ujemne owijają się kilkoma warstwami separatora w taki sposób, że osłaniają się je całkowicie z boków i z dołu pozostawiając odkryty górny brzeg, jednak w celu zapobieżenia zwarciom separator wystaje ponad górną krawędź 5÷10 mm.

Siła elektromotoryczna wynosi 1,85 V, a napięcie pracy podczas długotrwałego wyładowania wynosi 1,5 V. Charakterystyki ładowania i wyłado-

wania mają przebieg schodkowy. W czasie procesu ładowania lub wyładowania schodki pojawiają się przy napięciu 1,65 V i 1,95 V.

Akumulatory srebrowo - cynkowe są 3÷5 razy lżejsze od akumulatorów innych typów, lecz niestety znacznie droższe, a także posiadające trwałość jedynie 10÷100 cykli pracy uzależnioną głównie od jakości separatorów. Obecnie ocenia się, że akumulator srebrowo - cynkowy można użytkować przez okres 6÷12 miesięcy od chwili napełnienia zasadowym elektrolitem, wytrzymuje on do 150 cykli pracy.

### **3.4.2. Niskotemperaturowe układy elektrochemiczne**

Najbardziej znanym przykładem niskotemperaturowego 313÷363K (40÷90°C) układu elektrochemicznego jest ogniwo cynk - powietrze. Zasada jego działania jest taka sama jak typowego ogniwa pierwotnego z depolaryzacja powietrzną. Elektroda ujemna wykonana jest z porowatego cynku, a dodatnia jest elektrodą tlenową, natomiast elektrolit stanowi roztwór wodorotlenku potasowego. Modele ogniw budowane doświadczalnie mają żywotność rzędu 100 cykli pracy, jednakże obecnie w miarę unowocześniania konstrukcji stanowiących trakcyjne modele ogniw laboratoryjnych cynk - powietrze, charakteryzują się one energią jednostkową masową ok. 360 W/kg i trwałością rzędu 250 cykli.

Innym rodzajem ogniw niskotemperaturowych są akumulatory litowo - chlorowe z elektrolitem zasadowym i ogniwa litowo - niklowo - chlorowe z elektrolitem z węglanu propylenu i fosforo - fluoropotasu.

### **3.4.3. Wysokotemperaturowe układy elektrotechniczne**

Do układów elektrochemicznych wysokotemperaturowych 343 ÷ 773 K (70 ÷ 500°C) zaliczamy m.in. wtórne ogniwo sodowo - siarkowe. Modele eksperymentalne charakteryzują się energią jednostkową masową ok. 1240 kJ/kg. Akumulator pracuje w temperaturze 623K (350°C).

### **3.4.4. Ogniwa paliwowe**

Ogniwa paliwowe zaliczamy do statycznych źródeł energii tzn. takich, które pozwalają otrzymywać energię elektryczną bezpośrednio podczas chemicznych reakcji utleniania substancji takich jak wodór, węgiel, tlenek węgla i alkohole dostarczanych w sposób ciągły. Ogniwa paliwowe są ogniwami

pierwotnymi, wytwarzającymi energię elektryczną dopóki dostarcza się do nich paliwa - substancje chemiczne.

### **3.5. Użytkowanie i konserwacja akumulatorów.**

#### **3.5.1. Przechowywanie i konserwacja akumulatorów**

Akumulatory należy przechowywać najlepiej w stanie nienaładowanym, w suchych, ciemnych i chłodnych pomieszczeniach. Nie należy umieszczać na nich żadnych przedmiotów metalowych. Należy utrzymywać je w czystości i nie poddawać wpływom atmosferycznym. Konserwacja akumulatora eksploatowanego sprowadza się w zasadzie do utrzymywania go w czystości, (co zmniejsza ryzyko rozładowania poprzez zjawisko przepływu prądu przez zanieczyszczenia na obudowie), dbania o dobry kontakt zacisków akumulatora z zaciskami instalacji elektrycznej pojazdu. W przypadku akumulatorów obsługowych należy kontrolować poziom elektrolitu i uzupełniać go w razie potrzeby wyłącznie wodą destylowaną. Należy także okresowo kontrolować napięcie ładowania akumulatora, co pozwoli zapobiec jego przeładowaniu lub niedoładowywaniu. Napięcie ładowania powinno zawierać się w granicach 13,8÷14,2 V.

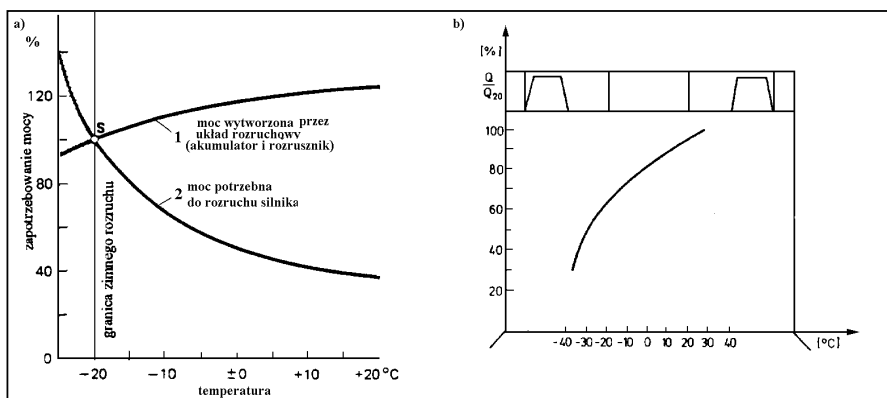
#### **3.5.2. Zasady mocowania akumulatorów w pojazdach samochodowych**

Akumulator umieszczony w pojeździe powinien znajdować się w miejscu dla niego przeznaczonym. Musi być ustawiony w pozycji pionowej i przymocowany zgodnie z wymogami producenta lub jeżeli jest to niemożliwe powinien być zabezpieczony przed zmianą położenia w czasie ruchu pojazdu. W przypadku montażu akumulatora należy podłączyć końcówkę dodatnią akumulatora z zaciskiem dodatnim instalacji elektrycznej pojazdu, a końcówkę ujemną z biegunem ujemnym akumulatora w taki sposób aby zagwarantowany był ich dobry metaliczny styk na całej powierzchni. Utworzone połączenia należy zabezpieczyć wazeliną techniczną.

#### **3.5.3. Metody doboru pojemności akumulatora do mocy odbiorników elektrycznych w pojeździe samochodowym**

Doboru akumulatora do danego pojazdu i mocy odbiorników w nim zainstalowanych należy dokonywać zgodnie z katalogami producentów akumu-

latorów jak i wymogami producenta pojazdu. Należy zwrócić uwagę na rodzaje rozmieszczenia zacisków (np. plus po prawej minus po lewej), a także na maksymalną moc prądnicy (alternatora) tak, aby była ona w stanie ładować akumulator nawet w czasie dużego odbioru mocy przez odbiorniki instalacji w czasie normalnej eksploatacji. Ważnym kryterium doboru jest również moc silnika i jego rodzaj (ZI czy ZS), a przez to pośrednio moc rozrusznika i pobór prądu. Warto zwrócić uwagę na maksymalny prąd obciążenia akumulatora, ma to bowiem znaczenie w okresie zimowym i przy eksploatacji w niskich temperaturach, bowiem w miarę spadku temperatury maleje pojemność akumulatora rys.3.17.

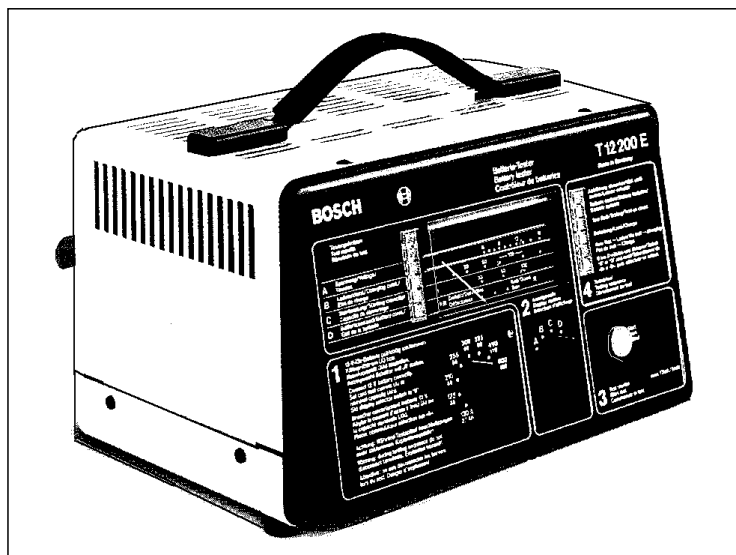


Rys. 3.17. a) Wpływ temperatury na układ rozruchowy silnika spalinowego.  
b) Wpływ temperatury na spadek napięcia dla akumulatora 12 V.

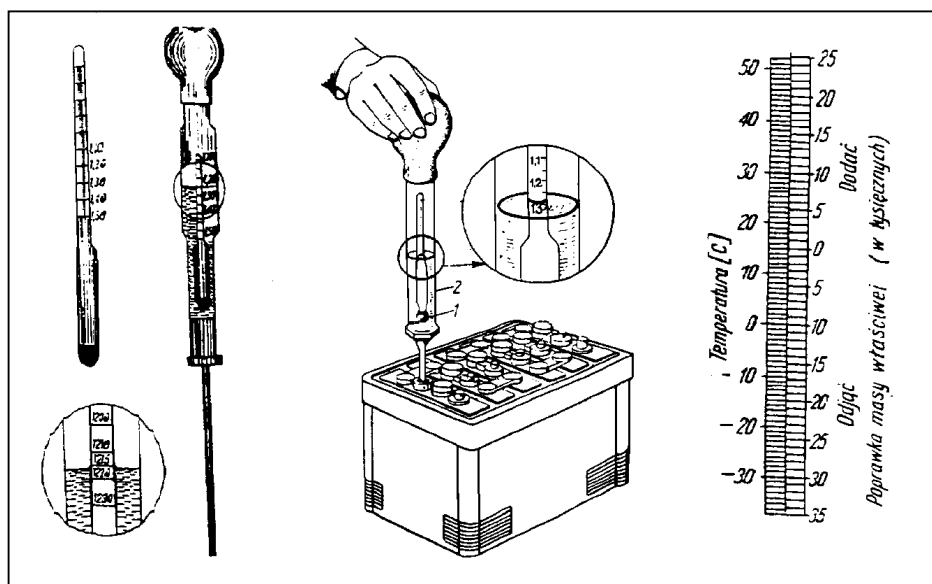
### 3.6. Ogólne zasady diagnostyki akumulatora

Do podstawowej oceny stanu akumulatora służy pomiar stopnia jego naładowania. Do pomiaru stopnia naładowania akumulatorów istnieje szereg urządzeń diagnostycznych. Umożliwiają one dokonanie próby stanu naładowania akumulatora, doładowanie określonym prądem. Urządzenia te umożliwiają także ocenę ogólnej pojemności znamionowej akumulatora. Przykładem takiego urządzenia może być tester akumulatorów firmy BOSCH rys. 3.18.

Innym sposobem oceny stanu akumulatora obsługowego jest pomiar napięcia i gęstości elektrolitu za pomocą areometru. Sposób pomiaru przedstawia rysunek 3.19.



Rys. 3.18. Tester akumulatorów BOSCH



Rys. 3.19. Pomiar gęstości elektrolitu areometrem

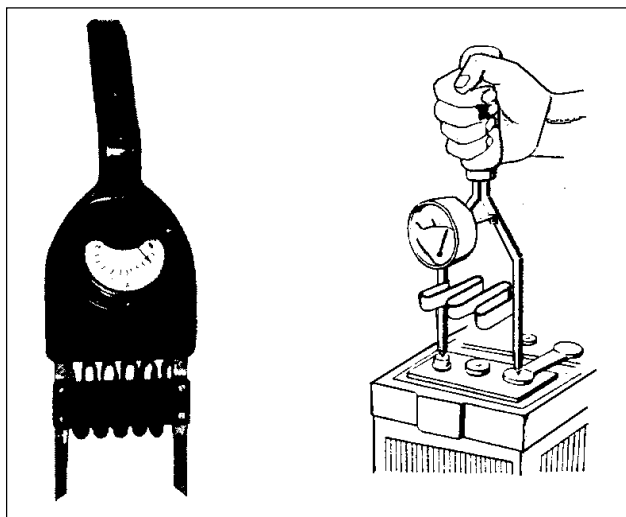
W przypadku stwierdzenia dużego zasyrczenia należy przeprowadzić odsiarczanie wykorzystując do tego celu prostownik. Po odczytaniu wskazań przyrządu porównujemy je z tabelą 3.2 w celu określenia stopnia naładowania akumulatora.



Tabela 3.2

Rodzaj elektrolitu	Gęstość [g/cm <sup>3</sup> ] dla stopnia naładowania [%]				
	100	75	50	25	0
Zwykły	1,28	1,23	1,20	1,15	1,10
Tropikalny	1,23	1,19	1,16	1,12	1,08

Pomiaru napięcia ogniwa w akumulatorach obsługowych dokonujemy za pomocą miernika widelkowego rys. 3.20. Miernik ten umożliwia pomiar napięcia pod obciążeniem zależnym od wartości opornika bocznikującego. Skala miernika nie jest może być wycechowana w voltach lub posiadać trzy obszary na skali o kolorach: zielonym oznaczającym stan naładowania 75 - 100%, żółtym - 50 - 75%, czerwonym - poniżej 50%. Stopień naładowania w zależności od napięcia ogniwa podaje tabela 3.3.



Rys. 3.20. Woltmierz widelkowy i sposób pomiaru napięcia ogniwa.

Tabela 3.3

Obciążenie w czasie pomiaru [A]	Stopień naładowania [%]		
	25-50	50-75	75-100
80 lub 150	Napięcie pod obciążeniem [V]		
	1,55 - 1,70	1,70 - 1,85	1,85 - 2,00

## **4. PRĄDNICE ELEKTRYCZNE POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH**

### **4.1. Prądnice samochodowe prądu stałego**

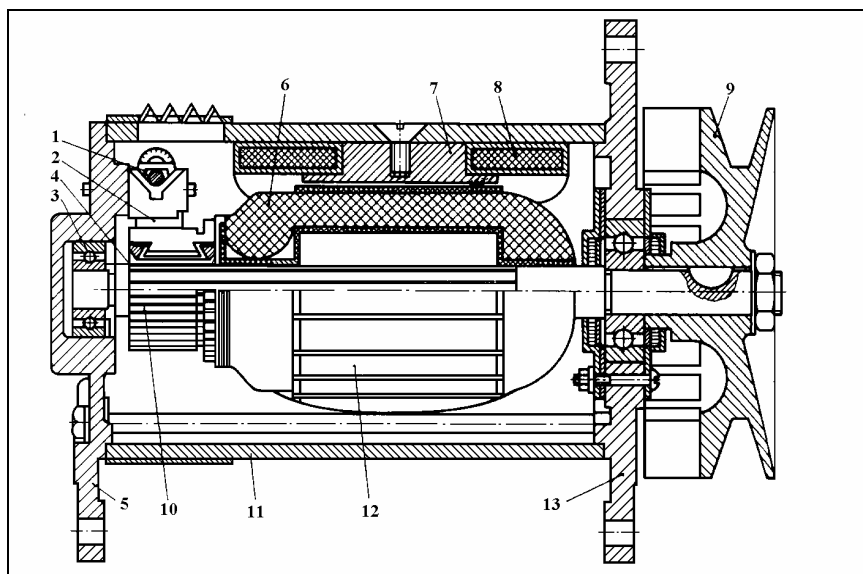
Prądnica jest podstawowym źródłem energii elektrycznej w pojeździe samochodowym. Wytwarzany przez nią prąd może ładować akumulator, może też, przy współpracy z akumulatorem lub bez akumulatora, zasilać odbiorniki instalacji elektrycznej samochodu.

Budowę prądnicy samochodowej przedstawia rys. 4.1.

Podczas pracy silnika twornik prądnicy obraca się w polu magnetycznym wzbudzonym przez elektromagnes stojana. Uzwojenia twornika przecinają w tym czasie linie sił pola magnetycznego, wskutek tego indukuje się w nich siła elektromotoryczna. Jeżeli prądnica jest napędzana w niewłaściwym kierunku, wówczas powstała w pierwszej chwili siła elektromotoryczna spowoduje przepływ prądu w uzwojeniu wzbudzenia i powstanie strumienia magnetycznego skierowanego przeciwnie do magnetyzmu szczątkowego. Prądnica nie wzbudzi się, zostanie rozmagnesowana a następnie - przy napędzaniu jej w prawidłowym kierunku - nie wytworzy siły elektromotorycznej.

Samowzbudzenie się prądnicy bocznikowej jest możliwe wtedy, gdy:

- istnieje magnetyzm szczątkowy
- kierunek wirowania jest prawidłowy, tzn. taki, przy którym prąd wzbudzenia od siły elektromotorycznej wywołanej magnetyzmem szczątkowym powoduje przyrost strumienia magnetycznego.



Rys.4.1. Budowa prądnicy prądu stałego

1 - szczotkotrzymacz, 2 - szczotka, 3 - łożysko, 4 - wałek twornika, 5 - tarcza łożyskowa od strony komutatora, 6 - uzwojenie twornika, 7 - biegun, 8 - uzwojenie wzbudzenia, 9 - koło pasowe z wentylatorem, 10 - komutator, 11 - jarzmo, 12 - rdzeń twornika, 13 - tarcza łożyskowa od strony napędu

W prądnicy bocznikowej samowzbudnej pracującej ze stałą prędkością kątową twornika, w wyniku wzrostu obciążenia (wywołanego zmniejszeniem się rezystancji zewnętrznej  $R_z$ ) maleje napięcie na zaciskach prądnicy wskutek wpływu trzech czynników:

- 1) reakcji twornika - zmniejszającej strumień główny  $\Phi$ ,
- 2) spadku napięcia w obwodzie twornika - wpływa on bezpośrednio na napięcie  $U$ , gdyż:

$$U = E - I_t \cdot \Sigma R_t - 2\Delta U_p \quad (4.1)$$

gdzie:

$E$  - siła elektromotoryczna indukowana w tworniku prądnicy:

$$E = c_E \cdot \Phi \cdot \omega \quad (4.2)$$

$\Phi$  - strumień indukcji magnetycznej w szczelinie powietrznej,

$\omega$  - prędkość kątowna twornika,

$c_E$  - współczynnik proporcjonalności,

$I_t - I_{obc}$  - prąd obciążenia prądnicy,

$\Sigma R_t$  - suma rezystancji obwodu twornika,

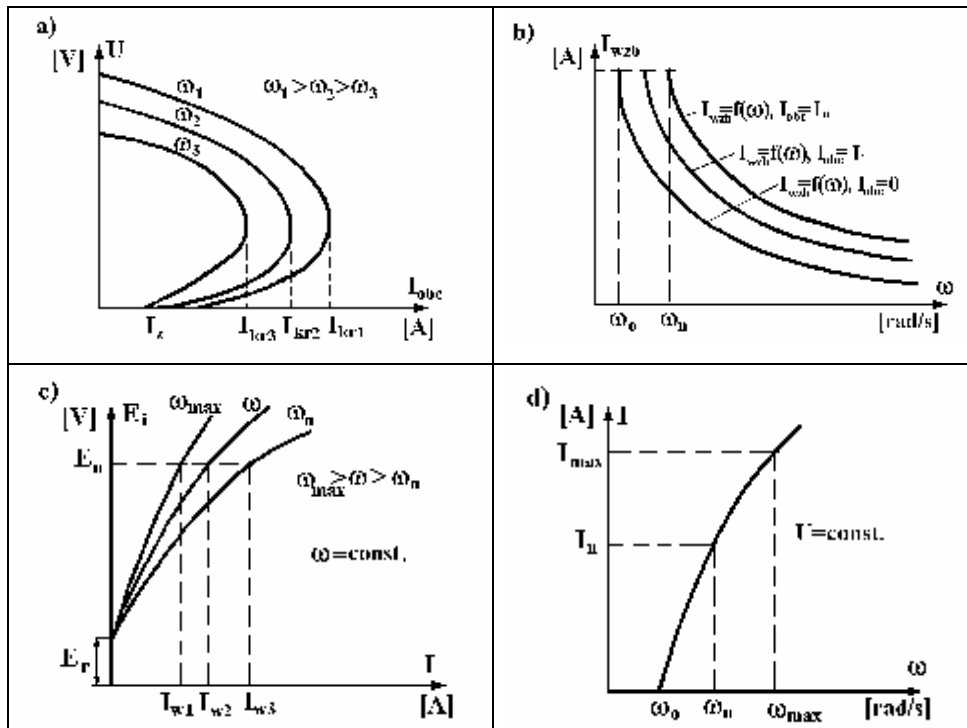
$2\Delta U_p$  - spadek napięcia na rezystancjach przejścia między szczotkami i komutatorem ( $\Delta U_p = I V$ )

- 3) zmniejszania się prądu wzbudzenia

$$I_{wzb} = \frac{U}{R_{wzb}} \quad (4.3)$$

Jeżeli stopniowo zmniejsza się opór obwodu zewnętrznego ( $R_z$ ) to prąd obciążenia prądnicy  $I_{obc}$  wzrasta do pewnej wartości krytycznej  $I_{kr} = (2 \div 3)I_{zn}$ . Wskutek dalszego zmniejszania rezystancji zewnętrznej prąd  $I_{obc} = \frac{U}{R_z}$  powinien

mieć, jak mogło by się wydawać tendencję wzrostu, jednak z podanych wyżej trzech przyczyn (a zwłaszcza zmniejszania się prądu wzbudzenia - wskutek zmniejszania  $U$ , maleje  $I_{wzb}$ , punkt pracy maszyny przenosi się na prostoliniową część charakterystyki magnesowania, gdzie niewielkim zmianom  $I_{wzb}$  towarzyszy zmniejszanie napięcia  $U$ ) napięcie  $U$  spada w większym stopniu niż maleje rezystancja zewnętrzna.



Rys.4.2. Charakterystyki prądnicy prądu stałego:  
a - zewnętrzne charakterystyki obciążenia, b - charakterystyki regulacyjne,  
c - charakterystyka magnesowania, d - charakterystyka obciążenia

W wyniku współdziałania tych zjawisk prąd  $I_{obc}$  zaczyna maleć i przy zwarciu na zaciskach ( $R_z=0$ ;  $U=0$ ;  $I_{wzb}=0$ ) osiąga wartość  $I_z$  (określoną przez magnetyzm szcztkowy) znacznie mniejszą niż znamionowy prąd prądnicy.

Jeżeli twornik danej prądnicy będziemy napędzać z różnymi prędkościami kątowymi, to wówczas można otrzymać zewnętrzne charakterystyki obciążenia dla dowolnie wybranej prędkości kątowej twornika. Charakterystyki prądnicy przedstawia rys.4.2.

## **4.2. Prądnice elektryczne prądu przemiennego (alternatory)**

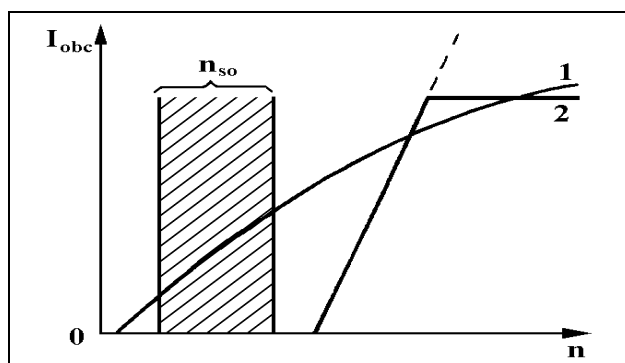
### **4.2.1. Porównanie alternatorów z prądnicami prądu stałego**

Wprowadzenie alternatora jako źródła energii elektrycznej pojazdów samochodowych było spowodowane w głównej mierze faktem, że konwencjonalne rozwiązania prądnic elektrycznych prądu stałego w wielu przypadkach nie odpowiadają potrzebom eksploatacji samochodów. Dotyczy to zarówno mocy i prędkości obrotowej, jak również wskaźników masy zużycia miedzi.

Przewaga alternatora nad prądnicą prądu stałego staje się bardziej wyraźna w związku ze wzrostem zapotrzebowania mocy elektrycznej i zmniejszaniem wymiarów wyposażenia elektrycznego. Wzrost liczby samochodów spowodował zwiększenie intensywności ruchu na drogach i ulicach miast, co z kolei pociągnęło za sobą zmianę warunków pracy silników samochodowych. Czas pracy silnika spalinowego w stanie jałowym, przy ruchu samochodu osobowego w mieście dochodzi do 40% całego czasu pracy, a w przypadku autobusów miejskich do 60% całego czasu pracy. Prądnica prądu stałego nie może zapewnić oddawania dostatecznej ilości energii elektrycznej w stanie jałowym silnika, co jest spowodowane tym, że współczesne silniki samochodowe mają duży zakres zmian prędkości obrotowej. Prądnica, bowiem, która ma oddawać energię w stanie jałowym silnika spalinowego, nie może niezawodnie pracować przy prędkości maksymalnej, gdyż pojawiają się znaczne trudności związane m.in. z komutacją.

Na rysunku 4.3 przedstawiono dla porównania charakterystyki obciążenia (prądowo- prędkościowe) alternatora i prądnicy prądu stałego (z ogranicznikiem prądu) z zaznaczeniem zakresu prędkości obrotowej silnika spalinowego pracującego w stanie jałowym. Z wykresu wynika, że przy pracy silnika w stanie jałowym alternator może zasilać odbiorniki elektryczne, natomiast w przypadku zainstalowania prądnicy prądu stałego odbiorniki są zasilane z akumulatora.

Moc na jednostkę masy, otrzymana z prądnicy prądu stałego, jest niewielka i wynosi 40÷70 W/kg. W przypadku stosowania alternatorów przy takiej samej objętości i masie otrzymuje się maszynę o 2÷3 razy większej mocy. Moc na jednostkę masy uzyskana z alternatora o klasycznej budowie wynosi 100÷200 W/kg. Jeszcze korzystniejsze wskaźniki objętości i mocy na jednostkę masy otrzymuje się w przypadku alternatorów kompaktowych



Rys.4.3. Charakterystyki obciążenia (prądowo - prędkościowe): 1 - alternatora, 2 - prądnicy prądu stałego;  $n_{so}$  - obszar zmian prędkości obrotowej silnika spalinowego w stanie jałowym

Brak komutatora i zjawiska komutacji pozwala powiększyć maksymalną prędkość obrotową do 250 obr/s (15 000 obr/min), a nawet 333 obr/s (20 000 obr/min). Umożliwia to, przy założeniu odpowiedniego przełożenia prędkości obrotowej między silnikiem a alternatorem, uzyskanie około 50% mocy znamionowej przy znamionowej pracy silnika w stanie jałowym.

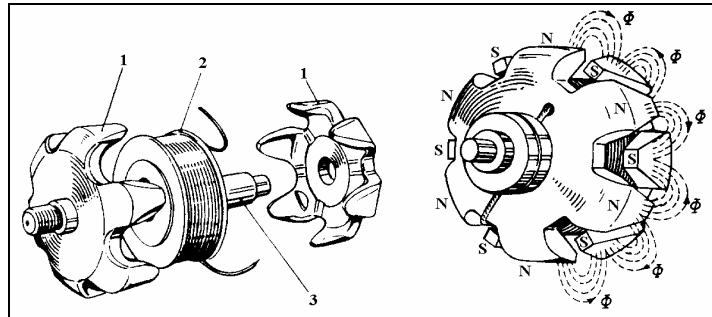
Zadania regulatorów alternatorów sprowadzają się do regulacji napięcia instalacji elektrycznej pojazdu. Diody układu prostownikowego spełniają jednocześnie rolę wyłącznika prądu zwrotnego. Nie stosuje się również w regulatorze ogranicznika prądu, gdyż wartość prądu obciążenia ustala się samoczynnie po osiągnięciu przez alternator odpowiedniej prędkości obrotowej.

#### 4.2.2. Budowa i zasada działania alternatorów

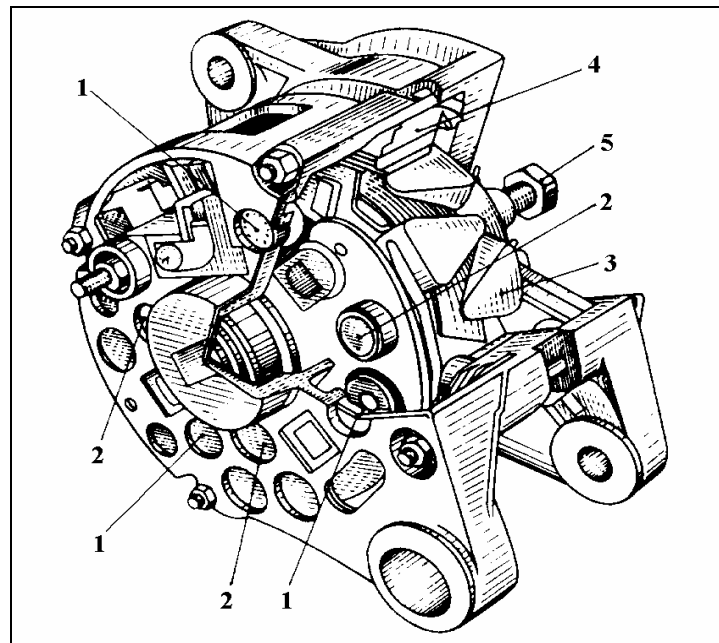
Samochodowa prądnica elektryczna prądu przemiennego (alternator) jest trójfazową prądnicą synchroniczną, w której wirnik jest magnesnicą, a stojan twornikiem. W alternatorach stosuje się wzbudzenie elektromagnetyczne, przy czym uzwojenie magnesujące (wzbudzenia) jest nawinięte na wirniku o biegunach pazurowych. Wirnik ma od kilku do kilkunastu biegunów magnetycznych, wykonanych w układzie pazurowym (rys. 4.4).

Zachodzące na siebie pazury 1 mają biegunowość przemienną. Uzwojenie wzbudzenia jest pojedynczą cewką o kształcie cylindrycznym 2, zajmującą położenie koncentryczne względem wału 3 i umieszczoną pomiędzy systemami biegunowymi. Uzwojenie wirnika jest zasilane prądem stałym poprzez dwa pierścienie, po których ślizgają się szczotki. Twornik alternatora w odróżnieniu od twornika prądnicy prądu stałego nie wiruje, lecz jest częścią korpusu maszyny (rys. 4.5). Składa się on z pakietu blach prądnicowych wzajemnie izolowanych, osadzonych w aluminiowym korpusie, do którego przymocowane są obie tarcze łożyskowe. Prąd fazowy stojana jest prostowany przez diody

krzemowe, umieszczone w tarczy łożyskowej prądnicy. Wirnik ma ponadto łopatki spełniające rolę wentylatora, który jest niezbędny do chłodzenia alternatora oraz diod krzemowych, w których wydziela się znaczna ilość ciepła. Trójfazowe uzwojenie stojana jest zazwyczaj połączone w gwiazdę.



Rys. 4.4. Wirnik alternatora

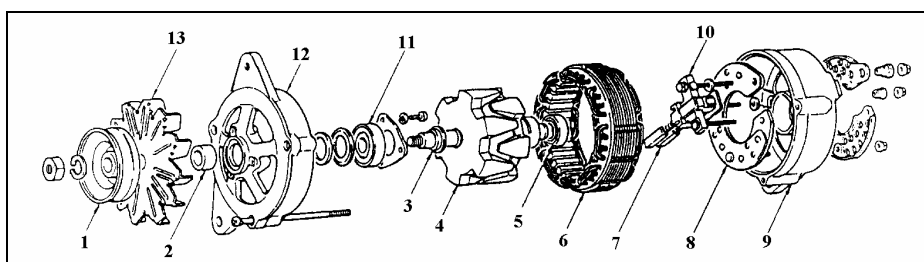


Rys. 4.5. Alternator: 1- diody ujemne, 2 - diody dodatnie, 3 - wirnik pazurowy, 4 - stojan (twornik), 5 - mocowanie koła pasowego

Wprowadzenie prądnic prądu przemiennego do pojazdów samochodowych nie zmieniło jej podstawowej funkcji, tj. dostarczania prądu oraz napięcia stałego. Zasada działania i konstrukcja alternatorów eliminują konieczność stosowania układu komutator - szczotki, (czyli prostownika mechanicznego),

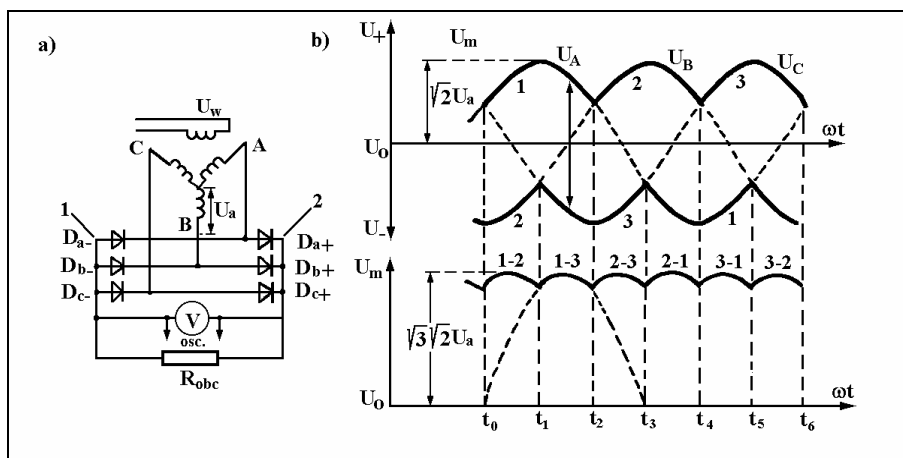
zastępując go elementem elektronicznym - półprzewodnikową diodą prostownicową. Stosowane w alternatorach samochodowych diody półprzewodnikowe są elementami krzemowymi.

Zespół półprzewodnikowych diod prostownicowych w postaci układu trójfazowego mostkowego prostuje trójfazowy prąd przemienny wytwarzany w uzwojeniu stojana. Diodowy układ mostkowy najczęściej wbudowany jest do wnętrza alternatora. Schemat połączeń alternatora wraz z układem prostowniczym przedstawiono na rys.4.6, natomiast przebieg komutacji rys. 4.7.



Rys. 4.6. Schemat alternatora z prostownikiem

1 - koło pasowe, 2, 3 - tuleje dystansowe, 4 - wirnik (magneśnica), 5 - łożysko, 6 - stojan (twarownik), 7 - szczotka, 8 - płytka prostownika, 9 - obudowa tylna, 10 - szczotkotrzymacz, 11 - łożysko, 12 - obudowa przednia, 13 - wentylator



Rys. 4.7. Przebiegi napięć w alternatorze: a - układ połączeń, b - przebieg napięć fazowych oraz napięcia wyprostowanego

W alternatorach samochodów osobowych produkowanych w Polsce stosuje się diody prostownicowe ładowania na trzy różne wartości prądów znamionowych: 25 A, 20 A i 15 A. Natomiast diody wzbudzenia mają jedną wartość prądu znamionowego równą 1 A lub 5 A.



Między połączone anody jednej grupy (diody ujemne) i połączone katody drugiej grupy (diody dodatnie) włączone jest obciążenie. Diody stosowane w alternatorach charakteryzują się niewielkim spadkiem napięcia w kierunku przewodzenia (0,5-1,2 V).

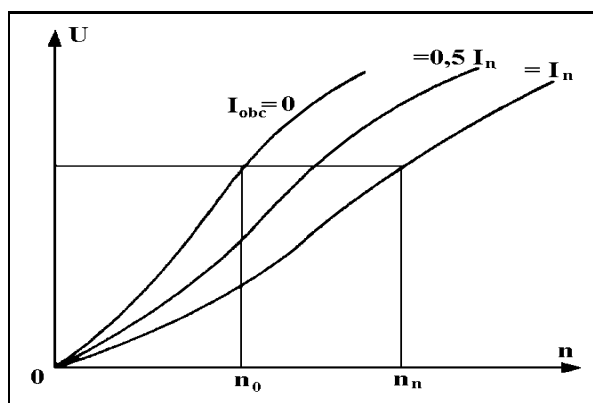
Alternator, w którym uzwojenia twornika są połączone w gwiazdę, ma zazwyczaj wyprowadzony na zewnątrz zacisk ze źródła uzwojenia. Alternatory charakteryzują się specyficznym rozwiązaniem konstrukcyjnym wirnika, w którym powstaje pole magnetyczne.

Wirujące pole magnetyczne indukuje w nie ruchomym tworniku zmienną siłę elektromotoryczną. W celu doprowadzenia prądu do wirującego uzwojenia wirnika stosuje się styki ślizgowe typu szczotka- pierścień. Iskrzenie na nich jest minimalne, nie występuje tu bowiem zjawisko komutacji. Prąd wzbudzenia jest niewielki, ok. 10% znamionowego prądu obciążenia. Dzięki temu prędkość obrotowa alternatora jest znacznie większa od prędkości obrotowej prądnicy prądu stałego. Jest ona ograniczona jedynie wytrzymałością łożysk i pasków napędowych.

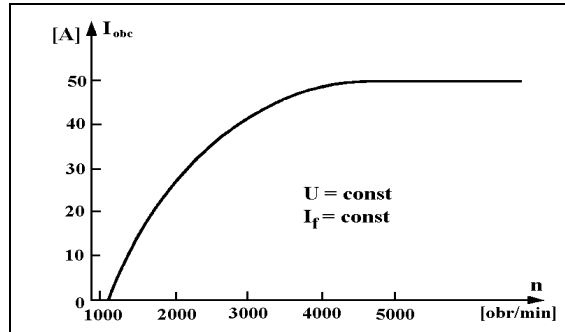
#### 4.2.3. Charakterystyki eksploatacyjne alternatorów samochodowych

Do charakterystyk eksploatacyjnych alternatorów należą:

- *charakterystyka elektromechaniczna* (zwana również charakterystyką samowzbudzenia) przedstawiająca zależność:  $E, U = f(n)$ , przy  $I_{obc} = \text{const}$  i  $R_f = \text{const}$ ;



Rys. 4.8. Charakterystyki elektromechaniczne alternatora przy różnych wartościach obciążeń



Rys. 4.9. Charakterystyka obciążenia (prądowo - prędkościowa) alternatora

- charakterystyka obciążenia (prądowo-prędkościowa) przedstawiająca zależność:  $I_{obc} = f(n)$  dla  $U = \text{const}$  oraz  $I_f = \text{const}$ ;
- charakterystyka regulacyjna przedstawiająca zależność:  $I_f = f(n)$  dla  $U = U_n = \text{const}$  oraz  $I_{obc} = \text{const}$

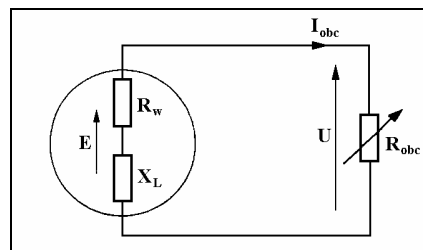
Przebieg charakterystyki elektromechanicznej alternatora jest przedstawiony na rys. 4.8.

Przy analizowaniu charakterystyki obciążenia alternatora rys. 4.9 przyjmuje się za punkt wyjścia zależność opisującą siłę elektromotoryczną, która przy pracy maszyny w stanie jałowym jest równa napięciu maszyny:

$$E = U_0 = c \cdot \Phi \cdot n \quad (4.4)$$

przy czym  $U_0$ - napięcie alternatora przy pracy w stanie jałowym.

Na rysunku 4.10 przedstawiono schemat zastępczy alternatora obciążonego rezystorem. W przeprowadzonych w dalszej części rozważaniach pominięto (dla uproszczenia) wpływ reakcji twornika (od strumienia magnetycznego własnego uzwojeń) na strumień główny.



Rys. 4.10. Schemat zastępczy alternatora

Zgodnie ze schematem zastępczym przedstawionym na rys. 4.10 prąd obciążenia ma wartość

$$I_{obc} = \frac{U_0}{\sqrt{(R_w + R_{obc})^2 + X_L^2}} \quad (4.5)$$

przy czym:

$R_w$  - rezystancja uzwojenia stojana alternatora,

$R_{obc}$  - rezystancja odbiornika,

$X_L$  - reaktancja indukcyjna uzwojenia stojana alternatora.

Reaktancja indukcyjna uzwojenia stojana zależy od częstotliwości

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot p \cdot n \cdot L = c_1 \cdot n \quad (4.6)$$

gdzie:

$f$  - częstotliwość,

$p$  - liczba par biegunów maszyny,

$L$  - indukcyjność uzwojeń o reaktancji indukcyjnej  $X_L$ ,

$n$  - prędkość obrotowa.

Stąd

$$I_{obc} = \frac{c \cdot \Phi \cdot n}{\sqrt{(R_w + R_{obc})^2 + (c_1 \cdot n)^2}} \quad (4.7)$$

Przy małej prędkości obrotowej wirnika alternatora

$$c_1 \cdot n \ll R_w + R_{obc} \quad (4.8)$$

Wówczas wyrażenie (4.7) można uprościć

$$I_{obc} = \frac{c \cdot \Phi \cdot n}{\sqrt{(R_w + R_{obc})^2}} = c_2 \cdot n \quad (4.9)$$

gdyż przyjęto stały strumień magnetyczny. Wynika stąd, że w początkowej części charakterystyki prąd obciążenia jest proporcjonalny do prędkości obrotowej. Ze zwiększeniem prędkości obrotowej wirnika zwiększa się reaktancja indukcyjna  $X_L = c_1 n$  i począwszy od pewnej wartości  $n$  zachodzi nierówność

$$R_w + R_{obc} \ll c_1 \cdot n \quad (4.10)$$

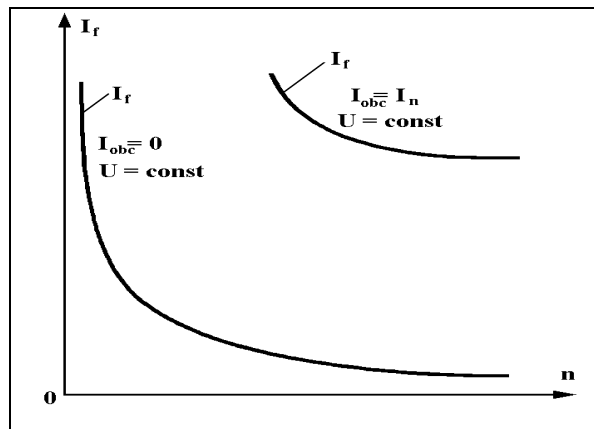
Uwzględniając tę nierówność w zależności (4.7) otrzymuje się

$$I_{obc} = \frac{c \cdot \Phi \cdot n}{\sqrt{(c_1 \cdot n)^2}} = \frac{c}{c_1} \cdot \Phi = const \quad (4.11)$$

Wynika stąd, że przy dużych wartościach prędkości obrotowej wartość prądu obciążenia będzie prawie stała.

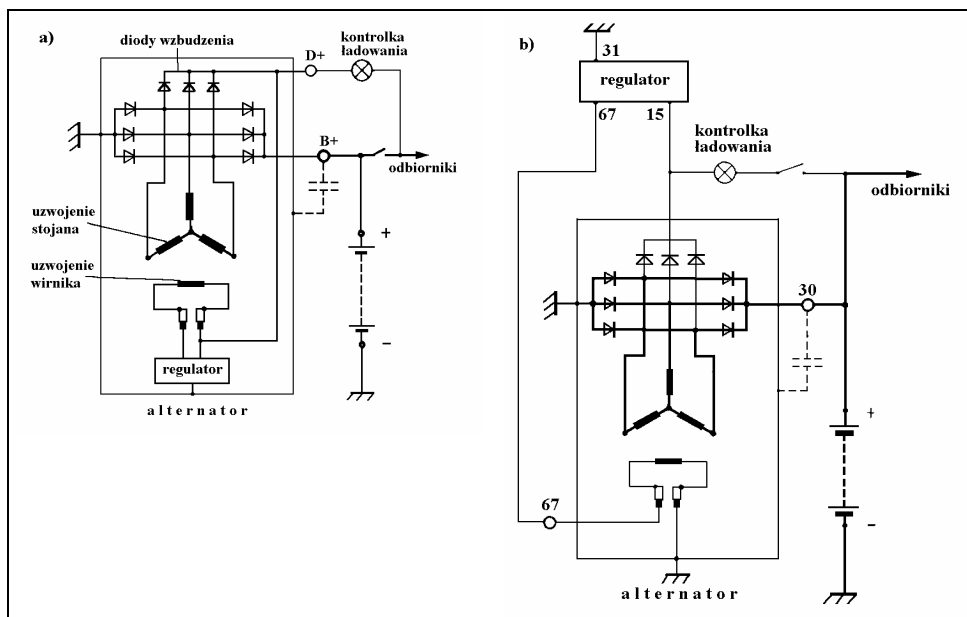
Charakterystyki regulacyjne, przy stałych wartościach napięcia regulowanego i prądu obciążenia alternatora, przedstawiono na rys. 4.11. Charakterystyki te pozwalają na ocenę warunków pracy regulatora napięcia.

Podstawowe dane znamionowe alternatorów produkcji polskiej podano w tabeli 4.1.



Rys. 4.11. Charakterystyki regulacyjne alternatora

Na rysunkach 4.12 i 4.13 przedstawiono (w odniesieniu do alternatora A124, 14 V, 44 A) schemat połączeń elektrycznych i charakterystykę obciążenia alternatora.

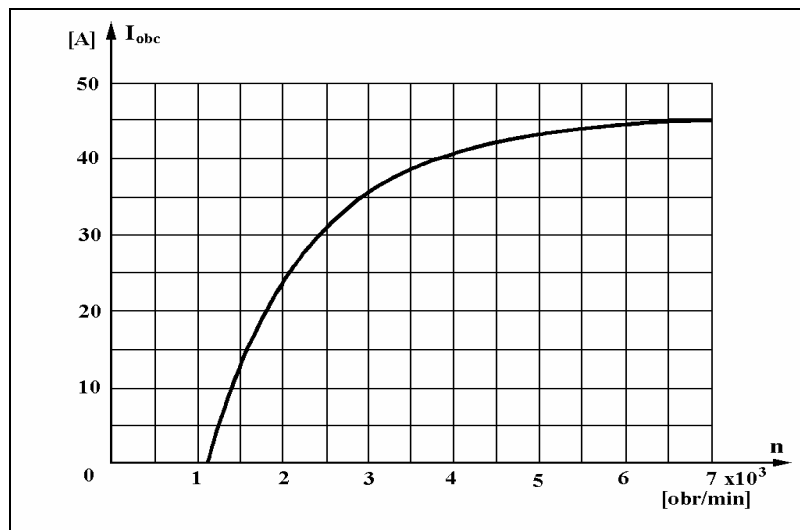


Rys. 4.12. Schemat elektryczny alternatora A124.05, 14V, 44A

Tabela 4.1.

## Wybrane rodzaje alternatorów produkcji polskiej

Typ alternatora	Napięcie [V]	Prąd [A]	Prędkość obrotowa [obr/min]	Rodzaj regulatora	Zastosowanie w samochodzie
A 115.03	14	43	13 000	RNB-12	Fiat Uno
A 115.04	14	32	13 000	RNc-12	Fiat 126
A 115.14	14	45	13 000	RNb-12	Ford Capri, Cortina
A 124.05	14	44	13 000	RC2/12D	Lublin
A 125.01	14	50	14 000	RTT119AC	Fiat Cinquecento
A 125.03	14	55	14 000	RNa-12	Fiat Uno, Tempra
A 125.04	14	65	14 000	RNa-12	Fiat Uno, Ritmo
A 125.06	14	55	14 000	RNa-12	Ford Eskort, Fiesta

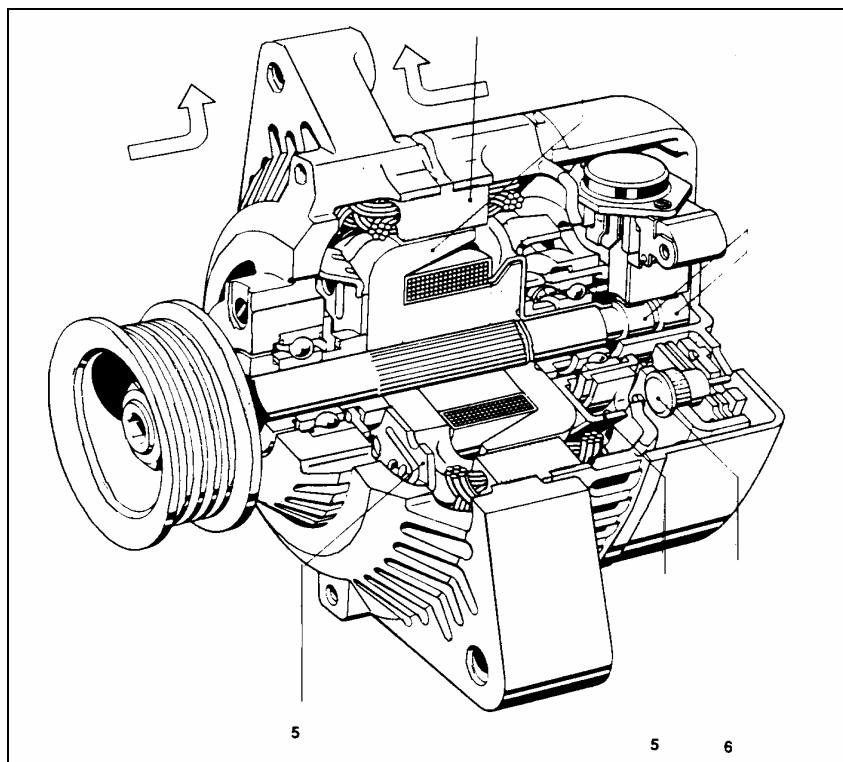


Rys. 4.13. Charakterystyka obciążenia (prądowo - prędkościowa) alternatora A124.05, 14V, 44A

#### 4.2.4. Alternator kompaktowy

Alternator kompaktowy jest mniejszy o 15% i lżejszy o 25% od alternatora konwencjonalnego.

Zmniejszenie masy i wymiarów oraz poprawę właściwości eksploatacyjnych tego rodzaju alternatora osiągnięto dzięki modyfikacji obwodu magnetycznego wzbudzenia, polegającej na zmniejszeniu wielkości szczeliny i kształtu rdzeni biegunowych. Ponadto znacznie zwiększono jego prędkość obrotową, przenosząc wentylator usytuowany na zewnątrz obudowy do wewnątrz, gdzie stanowi on integralną część wirnika. Takie rozwiązanie polepszyło efektywność chłodzenia (rys. 4.14).

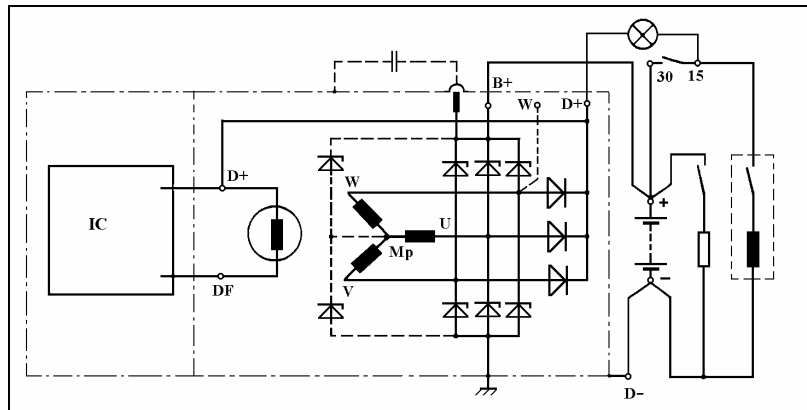


Rys. 4.14. Alternator kompaktowy

1 - wirnik, 2 - pokrywa tylna, 3 - prostownik, 4 - pierścień ślizgowy, 5 - szczotka, 6 - sprężyna,  
7 - regulator napięcia, 8 - złącze, 9 - zacisk, 10 - stojan, 11 - obudowa części tylnej, 12 - obudowa części  
napędowej, 13 - rowkowane koło pasowe, 14 - łożysko

Zespół wirnika składa się z rdzeni magnetycznych, cewek uzwojenia, pierścieni ślizgowych, wału oraz wentylatora. W przeciwieństwie do alternatorów konwencjonalnych, na wałku zamontowane są dwa wentylatory integralne

po obu stronach wirnika. W obudowach znajdują się otwory umożliwiające przepływ powietrza podwyższając w ten sposób efektywność chłodzenia. Stosując koło pasowe rowkowe można zwiększyć przełożenie przekładni pasowej o około 2,5%, poprawiając sprawność przy większych prędkościach obrotowych. Na rys. 4.15 przedstawiono schemat alternatora kompaktowego.

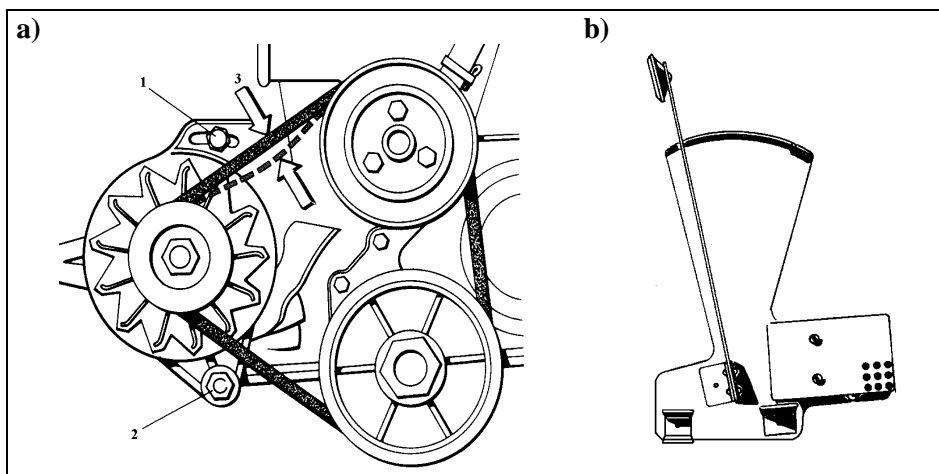


Rys. 4.15. Schemat alternatora kompaktowego

#### 4.2.5. Ogólne zasady obsługi i eksploatacji alternatorów

Alternatory należą do maszyn wymagających stosunkowo niewielkiej obsługi, która obejmuje:

- sprawdzenie zamocowania i w razie potrzeby dokręcenie śrub mocujących alternator;
- sprawdzenie czystości i jakości połączeń przewodów doprowadzających, oczyszczenie ich, ewentualnie wymienienie przewodów uszkodzonych i dokręcenie ich,
- **sprawdzenie naciągu paska klinowego.** Naciąg paska sprawdza się następująco:
  - pasek powinien dać się uginać o 10 mm pod naciskiem palca przyłożonego między kołami pasowymi (rys. 4.16a),
  - dokładniejsza kontrola jest możliwa specjalnym elektrycznym przyrządem do sprawdzania naciągu pasków (rys. 4.16b). Wartość odczytana na przyrządzie powinna się mieścić w zakresie 250-300 N,
  - jeżeli naciąg paska wymaga regulacji, należy poluzować górną i dolną śrubę mocowania alternatora, a następnie odsunąć alternator od silnika,
  - po ustaleniu naciągu dokręcić najpierw górną śrubę, jeszcze raz sprawdzić naciąg, a następnie dokręcić dolną śrubę.



Rys. 4.16. Sposób kontroli napięcia paska klinowego (a) oraz przyrząd do kontroli (b):  
1 - górna śruba mocująca alternator, 2 - dolna śruba, 3 - miejsce nacisku

#### Zasady bezpieczeństwa dotyczące alternatora:

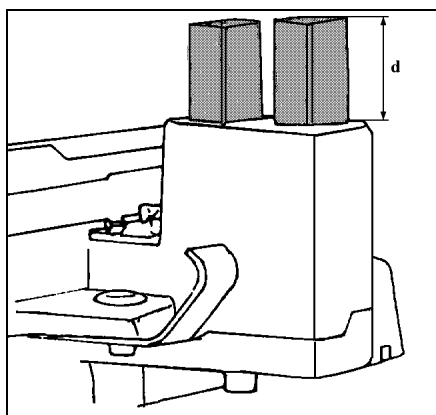
- w czasie prowadzenia prac przy instalacji elektrycznej w komorze silnikowej zawsze odłączać przewód masy akumulatora,
- nie zamieniać przewodów regulatora napięcia i alternatora, przed demontażem oznakować przewody taśmą,
- nie odłączać akumulatora lub regulatora napięcia przy pracującym silniku,
- zawsze odłączać akumulator przed spawaniem elektrycznym.
- w przypadku ładowania przez prostownik akumulatora pozostawionego w samochodzie, należy wcześniej odłączyć akumulator od instalacji elektrycznej pojazdu, ponieważ można spowodować uszkodzenie alternatora.
- przed podłączeniem alternatora do instalacji elektrycznej, należy sprawdzić zgodność biegunowości,

#### Wymiana szczotek

- odkręcić wkręty mocujące regulator napięcia od alternatora lub wkręt mocujący szczotkotrzymacz (zależnie od wykonania alternatora). Nie jest konieczne wyjmowanie alternatora z samochodu.
- wyjąć regulator napięcia i zmierzyć długość szczotek węglowych, licząc od powierzchni ślizgowej (rys. 4.17), powinna wynosić minimum 5 mm.
- szczotki zbyt krótkie należy wymienić, wylutowując dochodzące przewody plecione,
- włożyć nowe szczotki i przylutować przewody
- sprawdzić czy szczotki łatwo się przesuwają w obudowie,
- z powrotem przykręcić regulator napięcia.

Po wyjęciu szczotkotrzymacza należy sprawdzić stopień zużycia pierścieni ślizgowych.





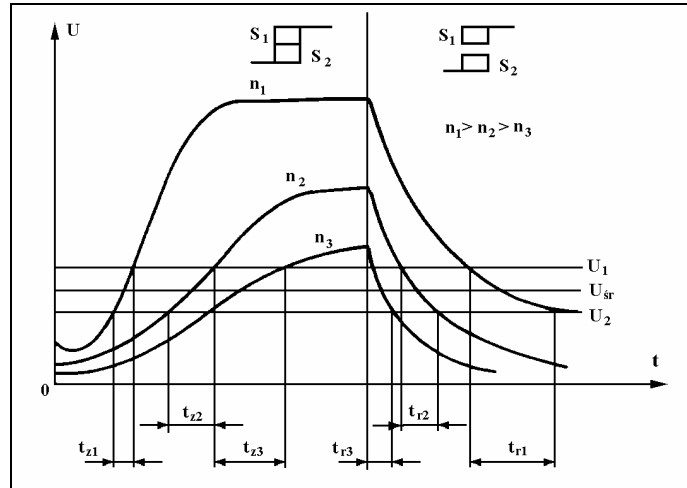
Rys. 4.17. Minimalna długość szczotek węglowych

### 4.3. Regulatory napięcia prądnic prądu stałego i alternatorów

Ciągłe zmiany warunków pracy alternatora podczas ruchu pojazdu samochodowego powodują, że jego napięcie bez zastosowania elementów regulacyjnych zmieniałoby się w zbyt szerokich granicach, co wpływałoby niekorzystnie zarówno na akumulator jak i na inne odbiorniki energii elektrycznej.

Wytworzone napięcie określone zależnością  $U_0 = c\Phi n$  ma wartość stałą wtedy, gdy zmianom prędkości obrotowej odpowiadają zmiany strumienia magnetycznego takie, aby utrzymać  $\Phi n = const$ . Oznacza to, że ze zwiększeniem prędkości obrotowej  $n$  powinien maleć strumień magnetyczny  $\Phi$ , aby napięcie  $U_0$  pozostało stałe. Zmiany strumienia magnetycznego są uzależnione od zmian prądu w obwodzie wzbudzenia alternatora, który można regulować przez włączenie i wyłączenie odpowiednio dobranego rezystora.

Na rys. 4.18 przedstawiono wykresy zmian napięcia alternatora przy różnych prędkościach obrotowych. Ze wzrostem napięcia rośnie strumień magnetyczny w uzwojeniu sterującym (elektromagnesie) stykami regulatora i przy określonej wartości napięcia następuje rozwarcie styków i włączenie dodatkowej rezystancji w obwód wzbudzenia. Powoduje to skokowe zmniejszenie prądu wzbudzenia. Wskutek tego w uzwojeniu indukującej się siła elektromotoryczna samoindukcji przeciwstawiająca się zmniejszaniu prądu. Prąd wzbudzenia maleje wolniej i tym samym z opóźnieniem maleje napięcie na zaciskach alternatora.



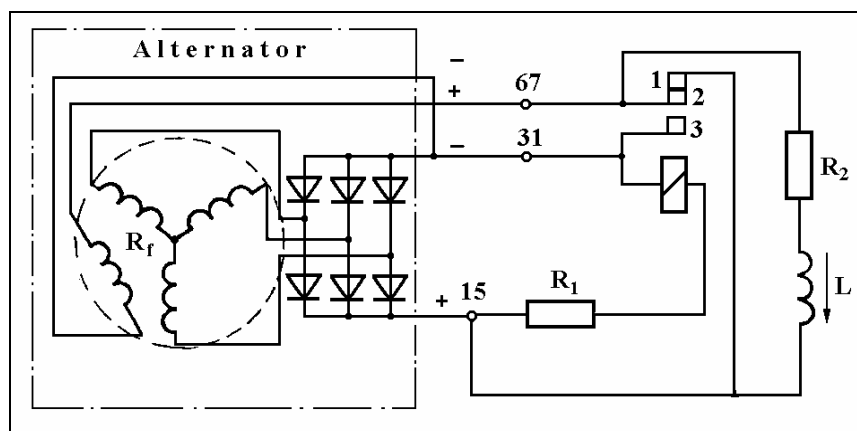
Rys. 4.18. Zmiana napięcia alternatora przy różnych prędkościach obrotowych  
 $t_z, t_r$  - czas zwarcia i rozwarcia styków regulatora,  $S_1, S_2$  - styki

Zadanie regulatorów sprowadza się do regulacji napięcia w instalacji elektrycznej pojazdu. Diody krzemowe wchodzące w skład układu prostownikowego prądu przemiennego spełniają jednocześnie rolę wyłącznika prądu zwrotnego. Diody układu stanowiące część składową obwodu alternator - akumulator warunkują przepływ prądu w obwodzie wówczas, gdy wartość napięcia alternatora wzrasta powyżej napięcia akumulatora. Prąd płynie wówczas w obwodzie od alternatora do akumulatora. Przepływ prądu w przeciwnym kierunku (prąd zwrotny) jest praktycznie uniemożliwiony dzięki zaporemu działaniu diody. Nie stosuje się również w regulatorze ogranicznika prądu, gdyż wartość prądu obciążenia ustala się samoczynnie po osiągnięciu przez alternator odpowiedniej prędkości obrotowej.

### 4.3.1. Wibracyjne regulatory napięcia

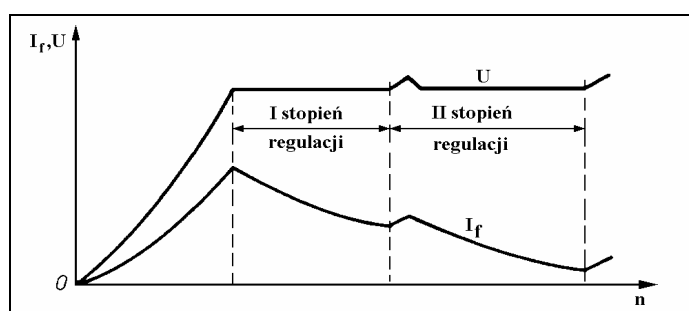
W praktyce stosowane są jednostopniowe i dwustopniowe wibracyjne (elektromechaniczne) regulatory napięcia. Przykładowo opisano regulator dwustopniowy.

Zasada działania dwustopniowego wibracyjnego regulatora napięcia alternatora jest omówiona na przykładzie regulatora napięcia typu RC1/12B, stosowanego w samochodzie FSO 1500.



Rys. 4.19. Schemat dwustopniowego wibracyjnego regulatora napięcia współpracującego z alternatorem

Na rys. 4.19 przedstawiona schemat regulatora napięcia współpracującego z alternatorem. Regulator ten ma trzy styki, z których zewnętrzne 1 i 3 są nieruchome. Dopóki napięcie alternatora nie wymaga regulacji, styki są zwarte. Prąd wzbudzenia płynie w obwodzie, w którym znajduje się tylko rezystancja uzwojenia wzbudzenia. Przy dalszym wzroście napięcia następuje rozwarczenie styków 1 i 2 pierwszego stopnia regulacji. W obwód wzbudzenia zostaje włączony rezystor dodatkowy  $R_2$ . Jeśli prędkość obrotowa nadal wzrasta, wzrasta również napięcie alternatora i rozpoczyna się praca na drugim stopniu regulacji. Styki 2 i 3 tego stopnia zwiernają się i rozwierają. Przy zwarceniu styków następuje dołączenie wyprowadzonego zacisku uzwojenia wzbudzenia 67 do masy. Ponieważ drugi koniec uzwojenia wzbudzenia jest na stałe połączony z masą, następuje gwałtownie zmniejszenie prądu wzbudzenia i dzięki temu napięcie alternatora nie może wzrosnąć ponad określoną wartość.

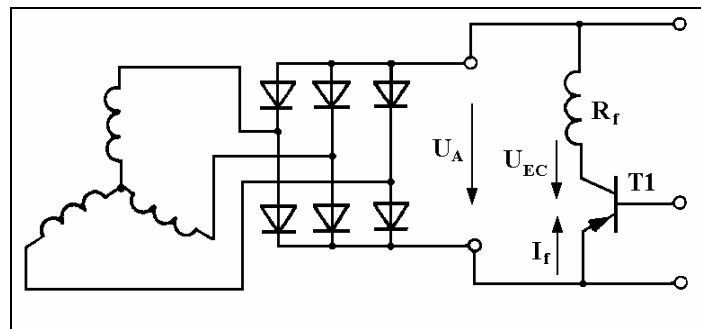


Rys. 4.20. Charakterystyki zmian prądu wzbudzenia i napięcia w funkcji prędkości obrotowej, alternatora współpracującego z dwustopniowym wibracyjnym regulatora napięcia

Przebiegi zmian prądu wzbudzenia i napięcia w funkcji prędkości obrotowej alternatora współpracującego z wibracyjnym regulatorem dwustopniowym przedstawiono na rys. 4.20.

### 4.3.2. Elektroniczne regulatory napięcia

Zakładając znajomość działania elektromechanicznych (wibracyjnych) regulatorów napięcia alternatorów określono jako człon wykonawczy tę część regulatora, której element bądź elementy biorą udział bezpośrednio w regulacji prądu wzbudzenia alternatora. Elementy te włączone w obwód wzbudzenia muszą mieć właściwości umożliwiające zmianę ich rezystancji w bardzo szerokich granicach (teoretycznie od zera do nieskończoności). W regulatorze wibracyjnym elementami tego członu są styki i rezystancja dodatkowa. Można zastąpić je elementem elektronicznym - tranzystorem.



Rys. 4.21. Schemat członu wykonawczego regulatora współpracującego z alternatorem  
 $U_A$  - napięcie alternatora,  $I_f$  - prąd w obwodzie wzbudzenia, T1 - tranzystor członu wykonawczego,  
 $U_{EC}$  - napięcie emiter-kolektor

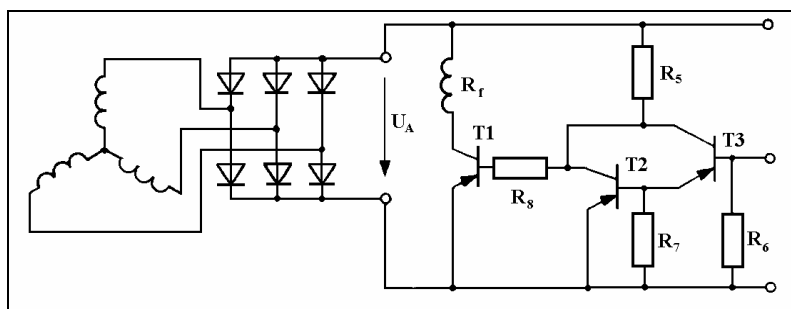
W celu określenia wymaganych parametrów tranzystora członu wykonawczego należy dodatkowo ustalić m.in.:

- wartość napięcia regulowanego alternatora,
- wartość maksymalną prądu wzbudzenia alternatora,
- układ pracy tranzystora,
- rodzaj regulacji napięcia (regulacja ciągła lub impulsowa),
- wartość mocy traconej w tranzystorze w procesie regulacji.

Wybrany tranzystor członu wykonawczego (rys. 4.21) musi być odpowiednio sterowany, aby spełniał rolę styków regulatora wibracyjnego, to znaczy charakteryzował się pracą w stanie nasycenia i odcięcia (przewodzenia i nie przewodzenia).

W regulatorze wibracyjnym procesem zwarcia i rozwarcia styków steruje sprężyna (o stałej wartości siły naciągu) i uzwojenie napięciowe elektroma-

gnesu wytwarzające siłę zależną od wartości napięcia na zaciskach alternatora. Siła naciągu sprężyny w stanie bez napięciowym regulatora powoduje zwarcie styków, a kierunek jej działania jest przeciwny do kierunku działania siły wytworzonej przez uzwojenie napięciowe elektromagnesu.



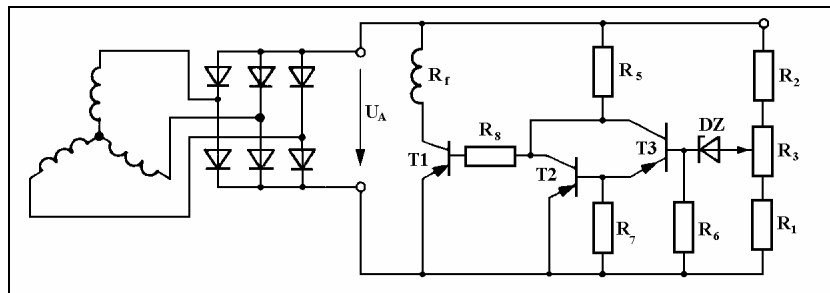
Rys. 4.22. Schemat członu wykonawczego i wzmacniającego regulatora współpracującego z alternatorem  
T1 - tranzystor członu wykonawczego, T2 - tranzystor sterowany, T3 - tranzystor sterujący,  
R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub>, R<sub>7</sub> i R<sub>8</sub> - rezystancje dopasowujące elementy układu

W regulatorze elektronicznym pracą tranzystora członu wykonawczego sterują elementy elektroniczne wchodzące w skład członu wzmacniającego i członu sterującego regulatora. Członem wzmacniającym nazywa się tę część regulatora (rys. 4.22), która powoduje wzmocnienie sygnału sterującego (prądu) otrzymanego z członu pomiarowego do takiej wartości, która jest konieczna do wysterowania członu wykonawczego, to znaczy do spowodowania przepływu odpowiedniego prądu wzbudzenia. Wartość minimalna prądu sterującego, na który reaguje regulator (tzn. wartość uchybu regulacji napięcia) jest różnicą między wartością zadaną i regulowaną (rzeczywistą). Wartością regulowaną (rzeczywistą) jest napięcie na zaciskach uzwojenia sterującego elektromagnesu napięciowego regulatora, a wartością zadaną - żądany poziom tego napięcia określony warunkami wstępnymi. Aby sygnał uchybu regulacji napięcia spowodował wysterowanie tranzystora członu wykonawczego, należy go wzmocnić. W celu spełnienia tego warunku najczęściej stosuje się wzmacniacz w układzie Darlingtona.

Układ Darlingtona polega na tym, że emiter tranzystora sterującego T3 połączony jest bezpośrednio z bazą tranzystora sterowanego T2 (rys. 4.23), a kolektory obu tranzystorów są połączone i pracują na wspólne obciążenie. Baza tranzystora sterującego T3 stanowi wejście układu wzmacniającego.

Członem pomiarowym (rys. 4.23) jest ta część regulatora, która służy do porównania wartości zadanej napięcia z wartością regulowaną (rzeczywistą). Jako wartość zadaną napięcia rozumie się napięcie Zenera, wartością regulowaną (rzeczywistą) jest napięcie na zaciskach alternatora.

Do nastawienia dowolnej wartości napięcia regulowanego (rzeczywistego) zastosowano dzielnik napięcia. Sygnał wyjściowy z członu pomiarowego jest czynnikiem pobudzającym do działania regulator, przy czym proces współdziałania tego członu z pozostałymi jest następujący. W przypadku zwiększenia prędkości obrotowej alternatora od zera do pewnej wartości, na zaciskach wyjściowych pojawia się napięcie zgodnie z procesem wzbudzenia maszyny. Część tego napięcia - określona położeniem suwaka potencjometru  $R_3$  - jest porównywana z napięciem progowym diody Zenera.

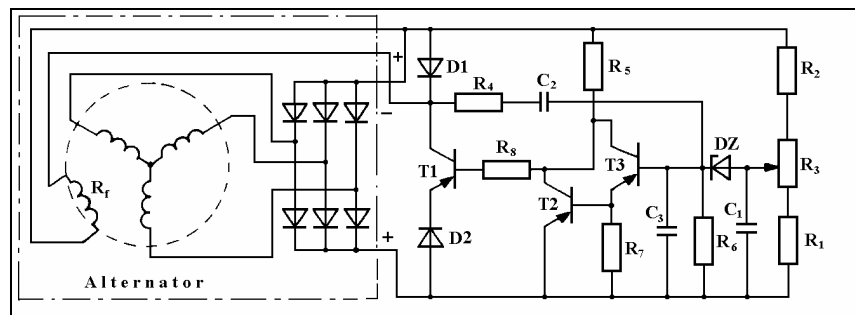


Rys. 4.23. Schemat członu wykonawczego, wzmacniającego i pomiarowego regulatora współpracującego z alternatorem  
DZ - dioda Zenera,  $R_1$ ,  $R_2$  - rezystory dzielnika napięcia,  $R_3$  - potencjometr dzielnika napięcia

Prąd wzbudzenia alternatora płynie w obwodzie, w którym znajduje się tranzystor członu wykonawczego  $T1$ , a wartość tego prądu jest określona wartością napięcia regulowanego (rzeczywistego) i rezystancji obwodu. Tranzystor  $T1$  znajduje się w stanie nasycenia, natomiast tranzystory  $T2$  i  $T3$  członu wzmacniającego są w stanie odcięcia i prąd przez nie płynie. Ten stan pracy regulatora trwa do chwili zrównania się napięcia na potencjometrze  $R_3$  z napięciem Zenera. Dalszy wzrost napięcia na zaciskach alternatora powoduje przepływ prądu przez diodę Zenera, a tym samym przejście tranzystorów  $T2$  i  $T3$  członu wzmacniającego w stan nasycenia, a tranzystora  $T1$  w stan odcięcia. Od tej chwili następuje zanik prądu w obwodzie wzbudzenia, a to z kolei powoduje obniżenie wartości napięcia na zaciskach alternatora. Proces ten będzie trwał do chwili zrównania się napięcia na potencjometrze z napięciem Zenera. Wówczas tranzystory członu wzmacniającego przejdą w stan odcięcia, a tranzystor członu wykonawczego w stan nasycenia. Tak więc, napięcie alternatora oscyluje wokół wartości średniej nastawionej za pomocą potencjometru  $R_3$ .

Na rys. 4.24 przedstawiono schemat połączeń elektronicznego regulatora napięcia współpracującego z alternatorem. Na schemacie tym zaznaczono również elementy dodatkowe:

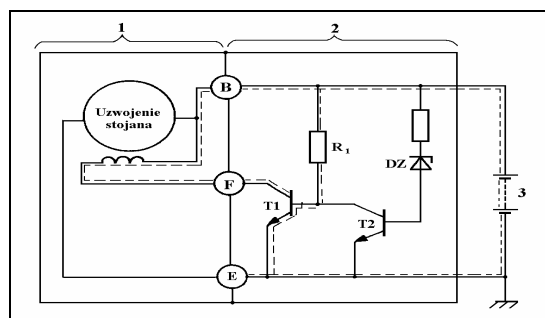
- ochronę członu wykonawczego przed przepięciami komutacyjnymi,
- ujemne sprzężenie zwrotne członu wykonawczego,
- układ przyspieszający pracę regulatora.



Rys. 4.24. Schemat nie wibracyjnego regulatora napięcia współpracującego z alternatorem

Analizując istniejące konstrukcje regulatorów elektronicznych można stwierdzić, że w niemal wszystkich rozwiązaniach - począwszy od pierwszych z lat pięćdziesiątych aż po najnowsze wykonania - zastosowano zasadę impulsowej regulacji prądu wzbudzenia. Elementem członu wykonawczego regulującym prąd w obwodzie wzbudzenia jest tranzystor lub para tranzystorów pracujących w układzie Darlingtona.

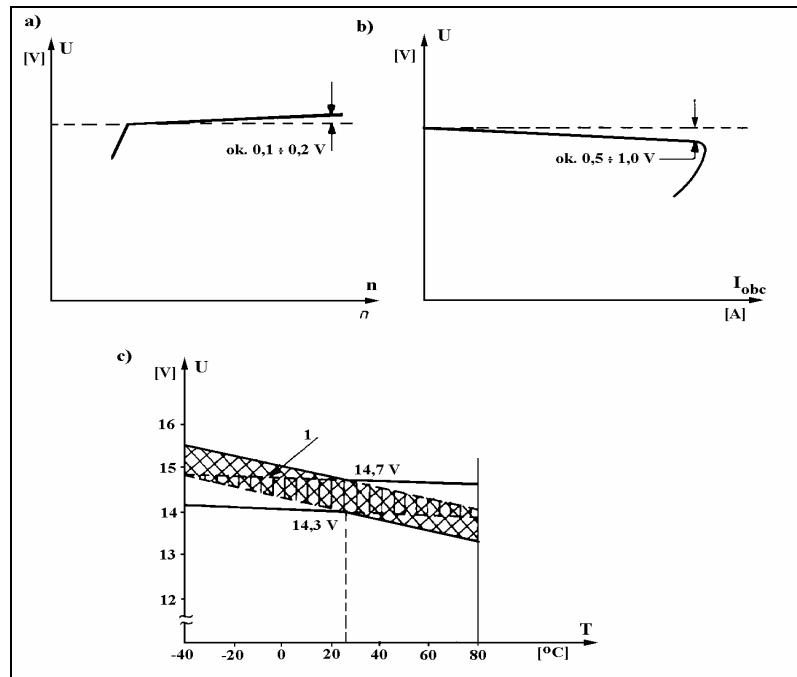
W układzie regulatora wyróżnić można dwa charakterystyczne bloki funkcjonalne: blok wykonawczy oraz blok sterujący (stanowiący opisane w analizowanym regulatorze nie wibracyjnym (elektronicznym) człony - wzmacniający i pomiarowy). Bloki te połączone są dodatkowo ze sobą pętlą sprzężenia zwrotnego z elementami R,C. Zadaniem pętli sprzężenia zwrotnego jest zwiększenie szybkości przełączania, ograniczenie maksymalnej częstotliwości pracy oraz zmniejszenie wrażliwości na zakłócenia.



Rys. 4.25. Schemat elektronicznego regulatora napięcia połączonego z alternatorem;  
1 - alternator, 2 - regulator napięcia, 3 - akumulator, B, F, E - zaciski alternatora

Opisany regulator elektroniczny jest w praktyce stosowany do alternatorów w samochodach firmy Toyota i jest oznaczony symbolem IC. Układ regulatora typu IC stanowiący obwód scalony, jest zminiaturyzowany układem elektronicznym zawierającym elementy półprzewodnikowe (tranzystor, diody,

itp.). Elementy te są montowane na płytce drukowanej i zatopione w masie silikonowej. Regulator ten charakteryzuje się dokładniejszą regulacją napięcia przy krótszych czasach reakcji układu (w porównaniu z regulatorami elektro-mechanicznymi wibracyjnymi). Schemat elektryczny regulatora przedstawiono na rys. 4.25.



Rys. 4.26. Charakterystyki napięcia wyjściowego alternatora współpracującego z regulatorem elektronicznym:

- a) w funkcji prędkości obrotowej alternatora, b) w funkcji prądu obciążenia alternatora,
- c) w funkcji temperatury otoczenia (1 - zakres napięcia standardowego)

Zasada działania regulatora jest następująca: jeżeli wartość rzeczywista napięcia na zaciskach alternatora jest mniejsza od wartości zadanej napięcia, to zgodnie ze schematem połączeń przedstawionych na rys. 4.25 napięcie akumulatora zasilające poprzez rezystor  $R_1$  bazę tranzystora  $T1$  (w odniesieniu do masy) powoduje przepływ prądu w obwodzie bazy tranzystora włączając ten tranzystor (stan nasycenia) do pracy. Prąd płynie w obwodzie: zacisk dodatni akumulatora, rezystor  $R_1$ , złącze baza - emiter tranzystora  $T1$  do masy. Jednocześnie prąd płynie przez uzwojenie wzbudzenia alternatora, złącze kolektor - emiter tranzystora  $T1$  do masy. Wzrasta napięcie na zaciskach alternatora. Jeżeli wartość rzeczywista napięcia wzrośnie powyżej wartości zadanej napięcia, to przez diodę Zenera  $DZ$  popłynie prąd, powodując jednocześnie przepływ prądu w obwodzie bazy tranzystora  $T2$ . Jest to równoznaczne z odcię-



ciem tranzystora  $T1$  i wejściem w stan nasycenia (przewodzenia) tranzystora  $T2$ . Przepływ prądu przez uzwojenie wzbudzenia alternatora zostaje przerwany, napięcie na zaciskach alternatora maleje.

Prąd płynie w obwodzie: zacisk dodatni alternatora, dioda Zenera  $DZ$ , złącze baza - emiter tranzystora  $T2$  do masy i jednocześnie w obwodzie: rezystor  $R_1$ , złącze kolektor - emiter tranzystora  $T2$  do masy.

Jak wynika z zasady działania regulatora, impulsowa regulacja napięcia polega na włączaniu i wyłączaniu tranzystorów  $T1$  i  $T2$ , co w praktyce sprowadza się do włączania i wyłączania prądu płynącego w obwodzie wzbudzenia alternatora. Na rys. 4.26 przedstawiono charakterystyki napięcia wyjściowego alternatora współpracującego z regulatorem elektronicznym typu IC.

#### **4.4. Ogólne zasady diagnostyki alternatorów i ich regulatorów napięcia**

Uszkodzenia prądnic (pomijając uszkodzenia awaryjne) dzielą się w zależności od ich charakteru na dwa rodzaje:

- 1) uszkodzenia mechaniczne uniemożliwiające poprawną pracę prądnicy np. nadmierne zużycie szczotek, zmiany wymiarowe w kształcie i gładkości komutatora, nadmierne luzy w łożyskach, itd.
- 2) uszkodzenia elektryczne uniemożliwiające całkowicie pracę prądnicy jako źródła prądu wynikające z przegrzania uzwojeń i uszkodzeń izolacji.

Uszkodzenia mechaniczne można stwierdzić bez rozbierania prądnicy np. luz w łożyskach jest wyczuwalny ręką, stan szczotek i komutatora można stwierdzić po zdjęciu z prądnicy opaski osłaniającej.

Uszkodzenia elektryczne możemy stwierdzić wstępnie, bez rozbierania prądnicy przez próbę na stanowisku. Prądnica taka nie wzbudza się w ogóle, lub wzbudza do niepełnego napięcia przy wysokich obrotach, występuje silne iskrzenie na komutatorze. Lokalizacja przyczyny uszkodzenia jest możliwa tylko po rozebraniu prądnicy i odpowiednim zbadaniu jej elementów.

Czynnościami naprawczymi, które można wykonać bez rozbierania prądnicy, są: wymiana szczotek i oczyszczenie zanieczyszczonego komutatora. Wygładzenie komutatora z dużymi nierównościami za pomocą papieru ściernego bez rozbierania prądnicy daje zwykle efekt krótkotrwały.

Wystąpienie większości niesprawności w pracy układu zasilania z prądnicą prądu przemiennego jest sygnalizowane za pomocą lampki kontrolnej lub amperomierza z tym, że na ogół trudno jest na tej podstawie dokładnie zlokalizować niesprawny element. Można to osiągnąć za pomocą odpowiednich programów sprawdzeń. Do wykrywania uszkodzeń prądnicy należy korzystać z następujących przyrządów pomiarowych: oscylografu, woltomierza lub specjalnych sond pomiarowych.

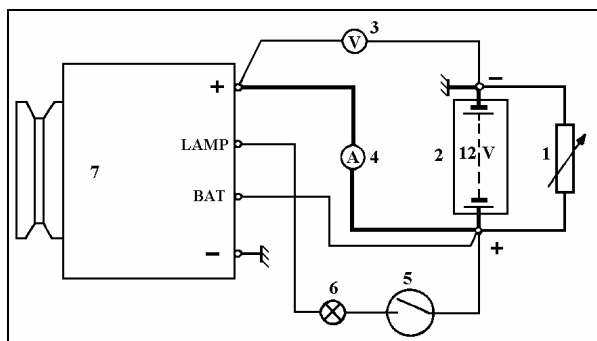
O niesprawności alternatora informuje lampka kontrolna, włączona w obwód wzbudzenia.

W przypadku uszkodzenia diod wzbudzenia lub diod dodatnich następuje przeładowanie lub nie doładowanie akumulatora. Sygnalizowane to jest żarzeniem się lampki kontrolnej. W ten sposób lampka kontrolna informuje o wadze diod ujemnych, która powoduje rozładowanie akumulatora przez alternator. Inną przyczyną żarzenia się lampki kontrolnej jest spadek napięcia w przewodach lub poluzowanie się zacisków w stacyjce lub na akumulatorze.

Świecenie lampki kontrolnej ładowania przy wyłączonym zapłonie świadczy o zwarciu w diodach dodatnich, które przewodzą wtedy w obu kierunkach. Akumulator wyładowuje się po zatrzymaniu silnika.

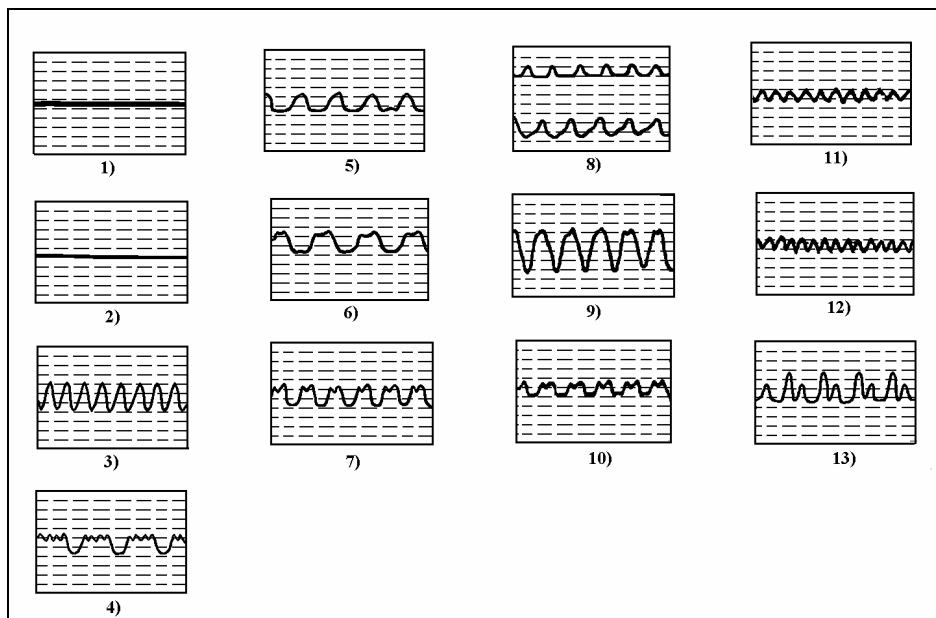
W celu sprawdzenia alternatora trzeba odłączyć wtyk trzybiegunowy przy regulatorze napięcia, uruchomić silnik i przystawić końcówki próbnika do zacisków "D+" i "B+" alternatora. Jeśli żarówka próbnika przygasa razem z lampką kontrolną ładowania, to uszkodzenie istnieje w alternatorze. Natomiast jeśli żarówka próbnika pozostaje ciemna, a żarzy się tylko lampka kontrolna, to uszkodzenia należy szukać w przewodach. Alternator z objawami niesprawności należy wymontować i oddać do sprawdzenia i naprawy w specjalistycznym warsztacie.

Układy połączeń alternatora firmy Bosch dla sprawdzenia jego zdolności do obciążenia oraz do sprawdzenia wartości napięcia regulowanego przedstawiono na rys. 4.27.



Rys. 4.27. Schemat połączeń alternatora firmy Bosch dla sprawdzenia zdolności obciążenia  
1 - rezystor regulowany, 2 - akumulator, 3 - woltomierz, 4 - amperomierz, 5 - wyłącznik zapłonu,  
6 - lampka kontrolna ładowania, 7 - alternator

## Badania diagnostyczne alternatora z wykorzystaniem oscyloskopu



Rys. 4.28. Oscylogramy napięcia  $U_{30}$  prądnicy prądu przemiennego nie wyposażonej w diody wzbudzenia, współpracującej z akumulatorem.

1 - prądnica bez uszkodzeń, 2 - przerwa w obwodzie wzbudzenia, 3 - przerwa w uzwojeniu stojana lub przerwy w dwóch diodach zasilanych z tej samej fazy, 4 - przerwa w jednej diodzie dodatniej lub ujemnej, 5 - przerwa w dwóch diodach dodatnich lub ujemnych, 6 - przerwy w diodzie dodatniej i ujemnej zasilanych z różnych faz, 7 - zwarcie jednej diody dodatniej lub ujemnej, 8 - zwarcie dwóch diod dodatnich lub ujemnych, 9 - zwarcie diody dodatniej i diody ujemnej zasilanych różnymi fazami, 10 - zwarcie uzwojenia stojana z masą, 11 - zwarcie międzyfazowe uzwojeń stojana, 12 - zwarcie środka gwiazdy uzwojeń stojana, 13 - błędne włączenie diody dodatniej lub ujemnej

Wejście oscyloskopu dołączamy do zacisku  $U_{30}$  lub B+ alternatora. Prędkość kątową wirnika ustawiamy tak by napięcie wytwarzane przez prądnicę osiągnęło wartość 13 V. W tym stanie pracy prądnica ładuje akumulator, regulator jeszcze nie pracuje. Pozwala to na wyeliminowanie wpływu regulatora na kształt przebiegów napięć indukowanych w prądnicy. Za pomocą pokręteł synchronizacji, regulacji amplitudy oraz przesunięcia pionowego ustawiamy nieruchomy obraz na środku ekranu oscyloskopu - porównanie rys. 4.28.

## 5. UKŁAD ZAPŁONOWY

### 5.1. Wiadomości ogólne

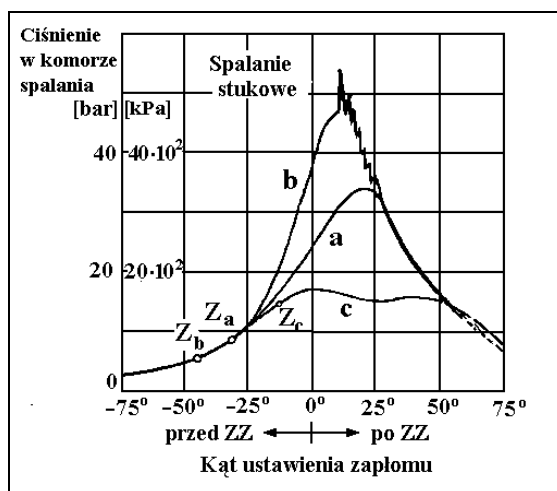
We wszystkich współczesnych silnikach spalinowych z zapłonem iskrowym ZI stosuje się wyłącznie urządzenia zapłonowe elektryczne. Źródłem zasilania tych urządzeń jest akumulator. Ten sposób zapalania mieszanki wypełniającej cylinder polega na wykorzystaniu zjawiska wyładowania iskrowego między elektrodami świecy zapłonowej umieszczonej w komorze spalania cylindra. Przebieg spalania zależy od składu chemicznego paliwa, wyboru momentu powstania zapłonu, kształtu komory spalania i jakości mieszanki paliwowej.

Obecne trendy w konstrukcji silników spalinowych kierują się na zwiększenie ekonomiczności i zmniejszenie masy, przy jednoczesnym zwiększeniu prędkości obrotowej i stopnia sprężania. Wzrasta więc wartość napięcia przebicia, niezbędnego do wytworzenia przeskoku iskry na elektrodach świecy zapłonowej. Zwiększenie prędkości obrotowej silników spalinowych powoduje w efekcie zmniejszenie napięcia wytwarzanego w układach zapłonowych z przerywaczem. Zwiększenie stopnia sprężania jak i prędkości obrotowej nowoczesnych silników spalinowych stwarza dodatkowe trudności techniczne w konstrukcji układów zapłonowych. Konstruktorzy zmuszeni są korzystać z nowych technologii. Szerokie zastosowanie znajdują więc elementy półprzewodnikowe, a więc szeroko pojęta elektronika.

### 5.2. Przebieg procesu wyładowania iskrowego

W przestrzeni między elektrodami świecy zapłonowej znajdują się zawsze w niewielkiej ilości wolne elektrony i jony. Z chwilą pojawienia się między elektrodami rosnącego napięcia, naładowane cząsteczki poruszają się w coraz silniejszym polu elektrycznym z coraz większym przyspieszeniem. Dochodzi do zderzeń między cząsteczkami naładowanymi, poruszającymi się w ściśle określonych kierunkach i cząsteczkami obojętnymi. W wyniku tych gwałtownie rosnących zderzeń rośnie liczba jonów różnego znaku i wolnych elektronów. Liczba jonów w przestrzeni między elektrodami wzrasta coraz gwałtowniej, aż tzw. jonizacja zderzeniowa przerodzi się w lawinową. Wtedy przestrzeń między elektrodami wypełnia się mostkiem poruszających się naprzeciw siebie z dużą prędkością swobodnych elektronów i jonów ujemnych oraz dodatnich. Wytworzona w tej końcowej fazie procesu energia uzewnętr-

nia się w postaci przeskoku iskrowego i łuku, któremu towarzyszy intensywne wydzielanie się ciepła. Kanał iskrowy staje się zaczątkiem zapalania się mieszanki. Im większy jest odstęp między elektrodami i wyższe końcowe ciśnienie sprężania mieszanki, tym większy opór stawia przepływowi jonów przestrzeń międzyelektrodowa wypełniona mieszanką, a więc i tym wyższego napięcia trzeba do wyładowania iskrowego. Ze wzrostem temperatury napięcie to maleje, ponieważ dzięki szybszemu ruchowi jonów polepszają się warunki jonizacji gazu.



Rys. 5.1. Przebieg ciśnienia w komorze spalania przy różnych wartościach kąta wyprzedzenia zapłonu:

a - optymalny punkt zapłonu ( $Z_a$ ), b - zapłon za wczesny ( $Z_b$ ), c - zapłon za późny ( $Z_c$ )

Duże znaczenie ma fakt, że od chwili przeskoku iskrowego do chwili zapalenia się całej mieszanki upływa pewien okres czasu, zależny głównie od właściwej każdej mieszance prędkości spalania się, od kształtu komory spalania i od energii iskry. Iskra zapłonowa powinna pojawiać się w cylindrze dostatecznie wcześniej, aby maksymalne ciśnienie spalania nastąpiło tuż po przejściu tłoka przez ZZ (wyprzedzenie zapłonu) patrz rys. 5.1.

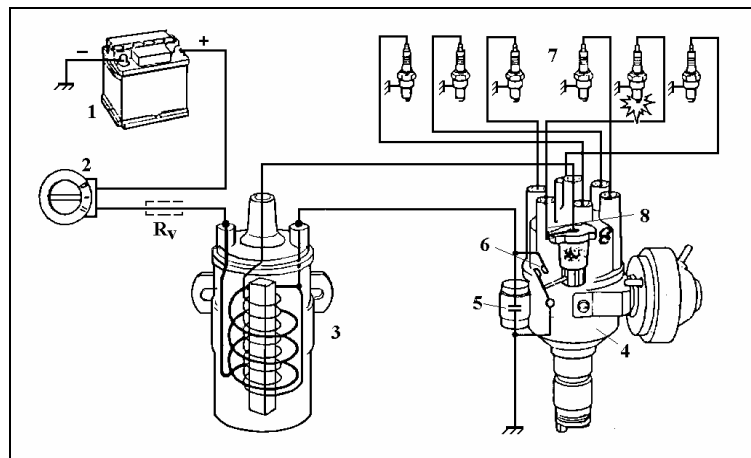
Prędkość rozprzestrzeniania się płomienia w mieszance jest różna: od 2 do 6 m/s dla par benzyny w spoczynku i od 10 do 20 m/s dla mieszanki w ruchu turbulentnym. Z uwagi na zmienną prędkość biegu silnika, a więc i zmienną prędkość liniową tłoka, wyprzedzenie zapłonu mierzone w stopniach położenia wału korbowego powinno wzrastać ze zwiększeniem prędkości obrotowej wału korbowego.

## 5.3. Konwencjonalny układ zapłonowy

### 5.3.1. Budowa konwencjonalnego układu zapłonowego

W skład układu zapłonowego (rys. 5.2) wchodzi:

- źródło energii elektrycznej: akumulator współpracujący z prądnicą;
- aparat zapłonowy zbudowany z: mechanizmu przerywacza w obwodzie niskiego napięcia, rozdzielacza wysokiego napięcia na świece zapłonowe zgodnie z kolejnością pracy poszczególnych cylindrów silnika, regulatorów kąta wyprzedzenia zapłonu: odśrodkowego i podciśnieniowego, selektora oktanowego oraz kondensatora, który włączony równoległe do styków przerywacza zmniejsza iskrzenie między stykami;
- cewka zapłonowa - przetwarzająca niskie napięcie (6 lub 12 V) na napięcie ok. 30 kV, niezbędne do spowodowania przeskoku iskry między elektrodami świcy zapłonowej;
- świece zapłonowe - służące do wywołania wyładowań iskrowych wewnątrz komór spalania cylindrów silnika;
- wyłącznik zapłonu;
- przewody niskiego i wysokiego napięcia.



Rys. 5.2. Budowa konwencjonalnego układu zapłonowego  
1 - akumulator, 2 - stacyjka, 3 - cewka zapłonowa, 4 - aparat zapłonowy, 5 - kondensator,  
6 - przerywacz, 7 - świece zapłonowe, 8 - rozdzielacz wysokiego napięcia

### 5.3.2. Zasada działania konwencjonalnego układu zapłonowego

Ogólnie zasadę działania układu zapłonowego można przedstawić w następujący sposób: kiedy styki wyłącznika zapłonu są zwarte, prąd elektryczny z akumulatora przepływa przez uzwojenie pierwotne cewki zapłonowej, przez zwarte styki przerywacza do masy, z którą połączony jest drugi zacisk akumulatora. Cewka zapłonowa jest w istocie transformatorem, o dużej liczbie zwojów uzwojenia wtórnego i małej uzwojenia pierwotnego. Prąd przepływający przez uzwojenie pierwotne cewki powoduje powstanie strumienia magnetycznego, obejmującego oba uzwojenia. Kiedy krzywka obracająca się na wałku rozdzielacza rozewrze styki przerywacza, prąd w obwodzie pierwotnym cewki przestaje płynąć, a zanikający strumień magnetyczny indukuje w uzwojeniu wtórnym siłę elektromotoryczną. Dzięki odpowiedniemu stosunkowi liczby zwojów uzwojenia pierwotnego i wtórnego, indukowana siła elektromotoryczna osiąga wartość ok. 30 kV powodując przeskok iskry na elektrodach świecy zapłonowej. Przez uzwojenie wtórne cewki zapłonowej, przewód wysokiego napięcia, odpowiednie styki rozdzielacza wysokiego napięcia i świecę zapłonową płynie wtedy prąd do masy.

Proces powstawania wysokiego napięcia i przeskoku iskry na elektrodach świecy przebiega w trzech etapach:

- zwarcie styków przerywacza i narastanie prądu w obwodzie pierwotnym;
  - otwarcie styków przerywacza i proces indukowania się w uzwojeniach cewki siły elektromotorycznej;
- wyładowanie iskrowe na elektrodach świecy.

W pierwszym etapie po zwarceniu styków przerywacza w obwodzie pierwotnym układu zapłonowego płynie prąd  $i_p$ , którego wartość rośnie wg funkcji wykładniczej:

$$i_p = \frac{U}{R_1} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t_z}{T}}\right) \quad (5.1)$$

gdzie stała czasowa obwodu pierwotnego:

$$T = \frac{L_1}{R_1} \quad (5.2)$$

przy czym:

$U$  - napięcie akumulatora,

$R_1$  - rezystancja obwodu pierwotnego,

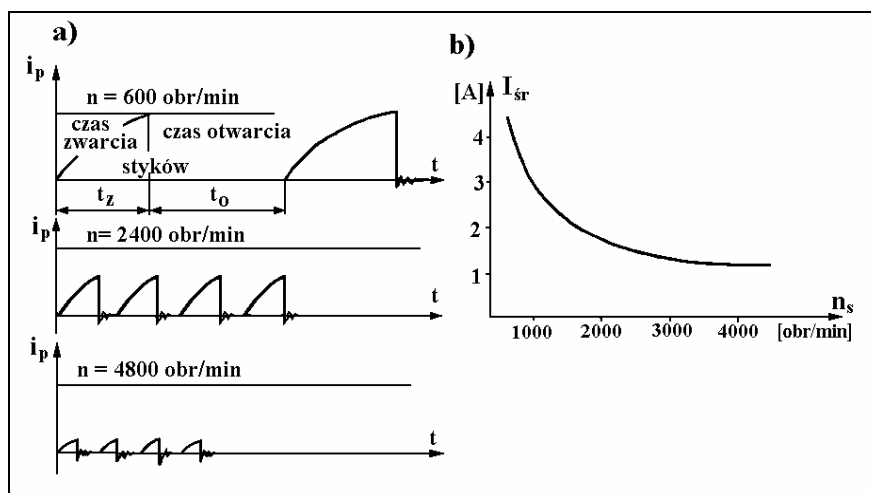
$L_1$  - indukcyjność obwodu pierwotnego,

$t_z$  - czas w którym styki przerywacza są zamknięte,

Prąd w obwodzie pierwotnym osiąga wartość maksymalną (ustaloną) praktycznie po czasie  $t_z = 5T$  :

$$I_{pust} = \frac{U}{R_1} \quad (5.3)$$

W rzeczywistości styki przerywacza są zwarte w czasie  $t_z$  krótszym od  $5T$ , dlatego w chwili rozwarcia styków prąd w obwodzie pierwotnym jest mniejszy od wartości ustalonej. Jest to zjawisko niekorzystne, gdyż mniejsza wartość prądu powoduje powstawanie mniejszego strumienia magnetycznego i w konsekwencji indukowanie się mniejszej siły elektromotorycznej w uzwojeniu wtórnym cewki.



Rys. 5.3. Zależność prądu w uzwojeniu pierwotnym cewki zapłonowej od prędkości obrotowej: a - wartości chwilowe, b - wartości średnie

Czas  $t_z$ , w którym styki są zwarte, zależy od prędkości kątowej silnika  $\omega$  i liczby cylindrów silnika  $Z$ . Dla silnika czterosuwowego liczba iskier  $s$  wytworzonych w ciągu sekundy wynosi:

$$s = \frac{Z}{2} \cdot \frac{\omega}{2\pi} = \frac{Z\omega}{4\pi} \quad (5.4)$$

Okres pracy przerywacza wynosi więc:

$$\tau = \frac{1}{s} = \frac{4\pi}{Z\omega} \quad (5.5)$$

zaś czas zwarcia styków  $t_z$  jest częścią okresu:

$$t_z = k \cdot \tau = k \cdot \frac{4\pi}{Z\omega} \quad (5.6)$$

gdzie:

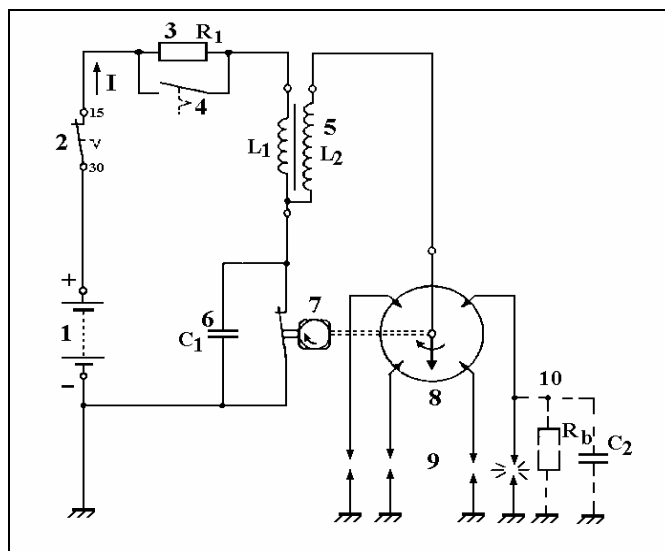
$k$  - współczynnik kształtu przerywacza

Wynika stąd, że wartość prądu w obwodzie pierwotnym, przy wzrastającej prędkości kątowej silnika, będzie coraz mniejsza (rys. 5.3). Prąd  $I_p$  zależy zaś od stałej czasowej  $T$ .



$$I_p = \frac{U}{R_1} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{4\pi k}{T} \frac{Z\omega}{T}} \right) \quad (5.7)$$

Etap drugi rozpoczyna się w chwili, kiedy krzywka umieszczona na wałku rozdzielacza rozewrze styki przerywacza. Następuje wtedy zamknięcie obwodu pierwotnego (rys. 5.4) przez kondensator  $C_1$  do masy. Powstaje szeregowy obwód  $R_1L_1C_1$  wytwarzający drgania elektryczne o charakterze harmonicznym tłumionym, o dużej częstotliwości 1,5÷2 kHz.



Rys. 5.4. Obwód zapłonu akumulatorowego  
 1 - akumulator, 2 - wyłącznik zapłonu, 3 - rezystor  $R_1$ , 4 - styk rozrusznika, 5 - cewka zapłonowa,  
 6 - kondensator  $C_1$ , 7 - styki przerywacza, 8 - rozdzielacz zapłonu, 9 - świece zapłonowe,  
 10 - rezystor  $R_2$  i pojemność  $C_2$

Zachodzi przemiana energii pola magnetycznego w energię pola elektrycznego, przy czym następuje wydzielanie ciepła. Kondensator  $C_1$  przyspiesza zanik prądu w uzwojeniu pierwotnym. Na skutek gwałtownego zaniku strumienia magnetycznego indukuje się w uzwojeniu pierwotnym siła elektromotoryczna samoindukcji  $E_1$  o wartości maksymalnej ok. 200÷300 V. Wartość siły elektromotorycznej  $E_1$  zależy od prędkości zanikania strumienia magnetycznego wytworzonego przez prąd  $I_1$ . Poprzez sprzężenie magnetyczne z obwodem wtórnym siła elektromotoryczna  $E_1$  transformowana jest na stronę wtórną z przełożeniem  $z_2/z_1$ , osiągając wartość ok. 20÷30 kV.

$$E_2 = \left( \frac{z_2}{z_1} \right) \cdot E_1 \quad (5.8)$$

Wartość maksymalna siły elektromotorycznej  $E_2$  wynosi:

$$E_{2\max} = I_p \sqrt{\frac{L_1}{C_1 \cdot \left(\frac{z_1}{z_2}\right)^2 + C_2}} \quad (5.9)$$

gdzie:

$E_1$  – siła elektromotoryczna po stronie pierwotnej,

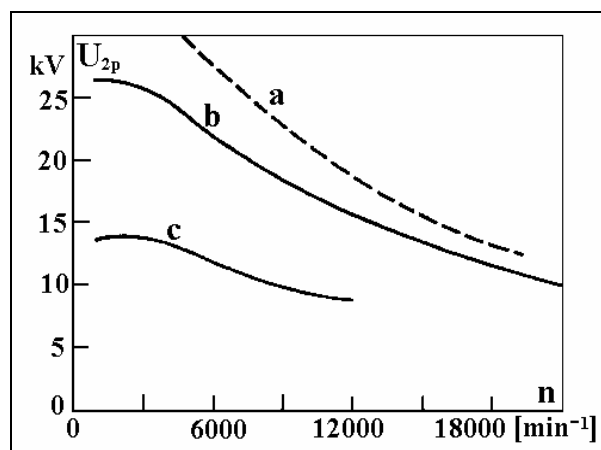
$E_2$  – siła elektromotoryczna po stronie wtórnej,

$I_p$  - wartość prądu płynącego w obwodzie pierwotnym układu zapłonowego,

$L_1$  - indukcyjność obwodu pierwotnego,

$C_1, C_2$  - pojemność pierwotnego i wtórnego obwodu układu zapłonowego,

$z_1, z_2$  - liczba zwojów uzwojenia pierwotnego i wtórnego cewki zapłonowej

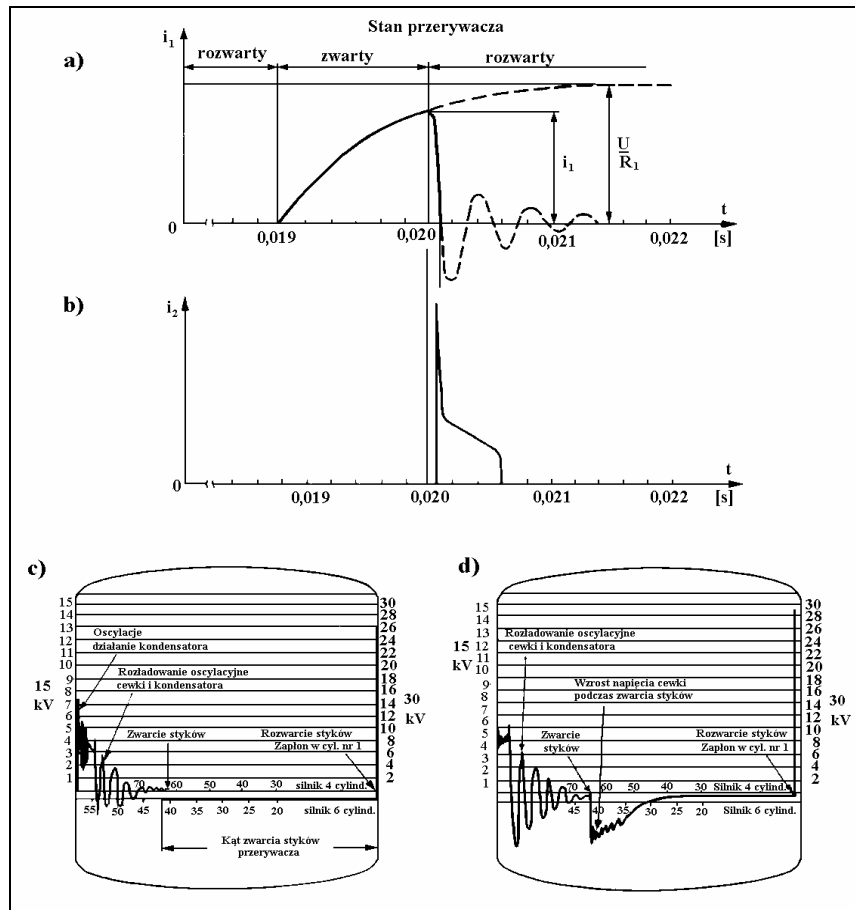


Rys. 5.5. Napięcie w obwodzie wtórnym cewki zapłonowej 12 V w zależności od częstotliwości iskrzenia

a - bez obciążenia obwodu wtórnego świecami, b - przy dołączonych świecach ( $C_2 = 50$  pF,  $R_2 = 5$  M $\Omega$ ),  
c - świeca zanieczyszczona ( $C_2 = 50$  pF,  $R_2 = 0,5$  M $\Omega$ )

Ze wzoru tego wynika, że wartość maksymalna indukowanej w uzwojeniu wtórnym siły elektromotorycznej  $E_2$  jest proporcjonalna do wartości prądu płynącego w obwodzie pierwotnym w momencie otwierania styków i zmniejsza się ze wzrostem pojemności  $C_1$  i  $C_2$ . Pojemność  $C_2$  obwodu wtórnego stanowią pojemności własne przewodów wysokiego napięcia oraz świecy zapłonowej, mierzone względem masy. Pojemność ta powoduje znaczne obniżenie napięcia wytwarzanego w cewce (rys. 5.5), dlatego też wartość  $U_{2\max}$

powinna być zawsze większa o ok. 1,5÷1,7 razy od wartości napięcia  $U_{2p}$  niezbędnego do spowodowania przeskoaku iskry na elektrodach świecy.



Rys. 5.6. Teoretyczne przebiegi prądu i napięcia zapłonu akumulatorowego  
a - przebieg prądu  $i_1$  w cewce po stronie pierwotnej, b - przebieg prądu  $i_2$  w cewce po stronie wtórnej, c - przebieg napięcia  $u_1$ , d - przebieg napięcia  $u_2$

Wzór (5.9) jest wzorem przybliżonym, gdyż nie uwzględnia strat cieplnych w obydwu uzwojeniach, które wynoszą ok. 30% całkowitej energii wydzielonej oraz zakłada idealne sprzężenie magnetyczne uzwojeń. Przebiegi elektryczne prądu i napięcia w obwodach pierwotnym i wtórnym przedstawia rys. 5.6.

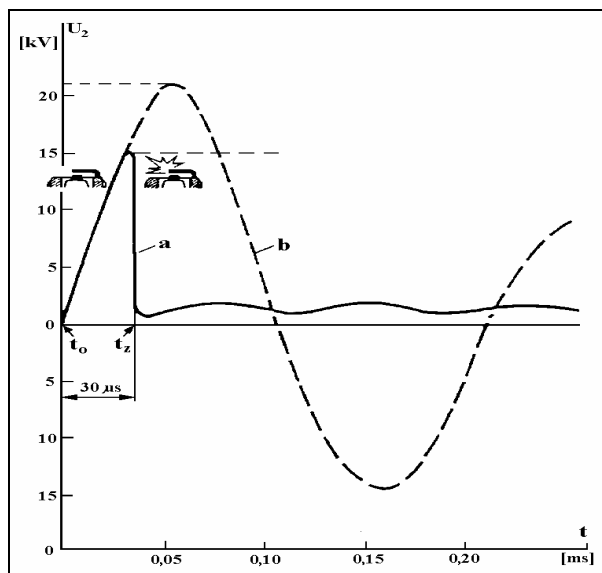
Etap trzeci rozpoczyna się w chwili, kiedy siła elektromotoryczna indukowana w uzwojeniu wtórnym powoduje wyładowanie elektryczne między elektrodami świecy zapłonowej. Gdyby nie doszło do skutku przebicia na elektrodach świecy wystąpiłby przejściowy proces drgań tłumionych w odniesieniu do siły elektromotorycznej  $E_2$ . W rzeczywistości napięcie

sieniu do siły elektromotorycznej  $E_2$ . W rzeczywistości napięcie przebicia  $U_p$  na świecy jest niższe od  $E_{2max}$  i dlatego w przestrzeni między elektrodami powstaje przeskoc iskry, a proces drgań zanika (rys. 5.7).

W wyładowaniu na elektrodach świecy można wyróżnić dwie zasadnicze fazy:

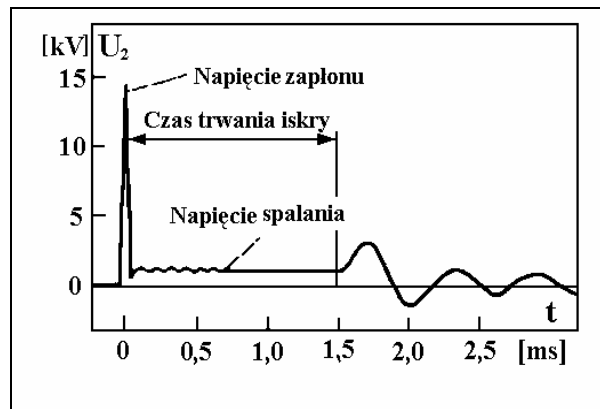
- wyładowanie iskrowe o charakterze pojemnościowym,
- wyładowanie łukowe i jarzeniowe o charakterze indukcyjnym.

W początkowym okresie wyładowania wyzwala się energia nagromadzona w pojemności układu. Cechą charakterystyczną wyładowania pojemnościowego jest krótki czas trwania ok. 1 ms i bardzo duży prąd ok. 100 A, czemu towarzyszy prawie zupełny zanik napięcia. Wyładowanie pojemnościowe jest źródłem fal elektromagnetycznych wielkiej częstotliwości zakłócających odbiór radiowy. Składowa pojemnościowa jest główną przyczyną zapłonu, a iskra ma kolor niebieski.



Rys. 5.7. Przebieg napięcia w obwodzie wtórnym układu zapłonowego (a) (b -linią przerywaną zaznaczono przebieg napięcia bez przeskoku iskry)  
 $t_o$  - moment otwarcia styków przerywacza,  $t_z$  - moment zapłonu

*Wyładowanie indukcyjne*, którego źródłem jest energia skupiona w polu magnetycznym układu zapłonowego, składa się z wyładowania łukowego i następującego po nim wyładowania jarzeniowego. Cechą charakterystyczną wyładowania indukcyjnego jest stosunkowo długi czas trwania (kilka milisekund), napięcie ok. 1,5÷2 kV oraz malejąca wartość prądu ok. 30÷60 mA.



Rys. 5.8. Przebieg napięcia na elektrodach świecy zapłonowej w cylindrze pracującego silnika

Wyładowanie indukcyjne jest w zasadzie zbędne i staje się przydatne jedynie do zapłonu niejednorodnej i przechłodzonej mieszanki. Charakteryzuje się słabym świeceniem barwy czerwono-fioletowej.

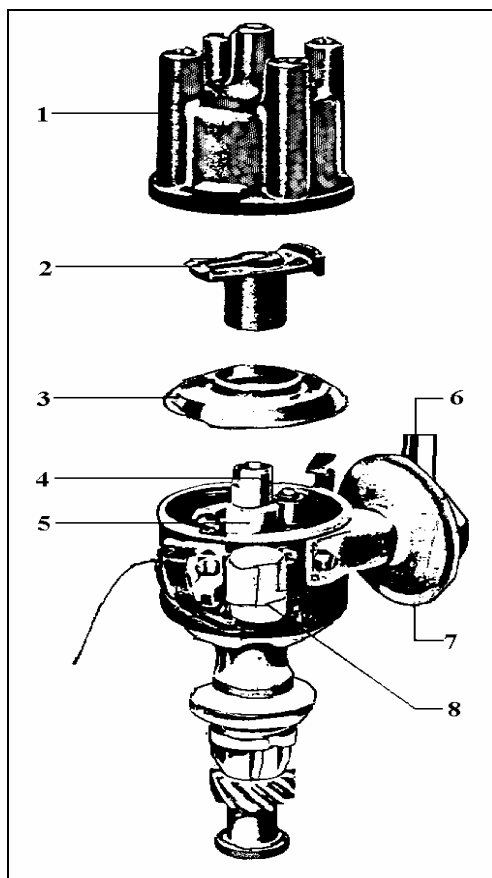
## 5.4. Budowa i zasada działania elementów konwencjonalnego układu zapłonowego

### 5.4.1. Aparat zapłonowy

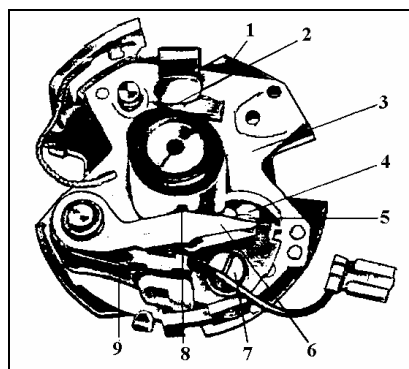
Aparat zapłonowy (rys. 5.9) składa się z następujących elementów:

- rozdzielacza wysokiego napięcia (palec, kopułka),
- przerywacza prądu pierwotnego,
- regulatora odśrodkowego kąta wyprzedzenia zapłonu wewnątrz obudowy, podciśnieniowego regulatora kąta wyprzedzenia zapłonu,
- kondensatora.

Górny człon aparatu zapłonowego stanowi rozdzielacz wysokiego napięcia. Głównymi elementami rozdzielacza są: kopułka z wprasowanymi od wewnątrz bocznymi elektrodami, a od zewnątrz - z gniazdami na końcówki przewodów wysokiego napięcia. Palec umocowany jest na wałku i styka się ze szczotką węglową. Gniazdo centralne kopułki służy do osadzenia końcówki przewodu łączącego palec rozdzielacza z wyjściem uzwojenia wysokiego napięcia cewki zapłonowej. Gniazdo centralne kopułki służy do osadzenia końcówki przewodu łączącego palec rozdzielacza z wyjściem uzwojenia wysokiego napięcia cewki zapłonowej.



Rys. 5.9. Konstrukcja rozdzielacza zapłonu  
 1 - kopułka, 2 - palec z elektrodą (E), 3 - pokrywa, 4 - wałek rozdzielacza, 5 - krzywka przerywacza, 6 - króciec regulatora podciśnieniowego (do przewodu podciśnieniowego), 7 - podciśnieniowy regulator kąta wyprzedzenia zapłonu, 8 - kondensator.

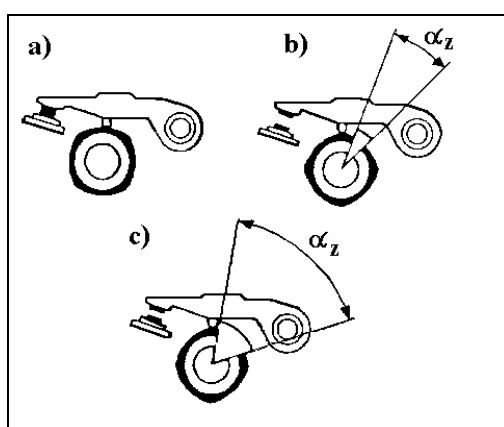


Rys. 5.10. Konstrukcja płytki z przerywaczem  
 1 - płytka, 2 - krzywka przerywacza, 3 - płytka ruchoma, 4 - styk nieruchomy, 5 - styk ruchomy, 6 - ramię przerywacza (młoteczek), 7 - wkręt mocujący, 8 - stopka, 9 - sprężyna przerywacza.

Rozdzielacz doprowadza wytworzone w cewce impulsy wysokiego napięcia do poszczególnych świec zapłonowych w odpowiednich chwilach i kolejności. Obecnie stosuje się powszechnie rozdzielacze z tzw. przerwami iskrowymi. Istniejąca szczelina powietrzna o długości ok.  $0,3 \div 0,5$  mm służy uniknięciu zanieczyszczenia wnętrza rozdzielacza spowodowanego bezpośrednim stykaniem się palca z segmentami, a tym samym uniknięciu zakłóceń i zwarć między nimi. W nowoczesnych aparatach zapłonowych w kopułce i obudowie aparatu są otwory wentylacyjne z uwagi na to, że w wyniku jonizacji podczas wyładowań elektrycznych jest wytwarzany ozon. Kopułka jak i

palec rozdzielacza jest wykonana z formowanej wtryskowo żywicy epoksydowej o dużej oporności cieplnej oraz dobrych właściwościach izolacyjnych.

Poniżej rozdzielacza znajduje się w aparacie zapłonowym płytką z umocowanym na niej przerywaczem (rys. 5.10). Styki przerywacza są zwierane i rozwierane za pomocą krzywki znajdującej się na wałku rozdzielacza, który obraca się z prędkością obrotową równą połowie prędkości obrotowej silnika. W wyniku obrotu wałka rozdzielacza, kolejne garby krzywki odpychają młoteczek, rozwierając w ten sposób styki przerywacza. Młoteczek powraca do poprzedniej pozycji na skutek działania sprężyny, powodując zwarcie styków.



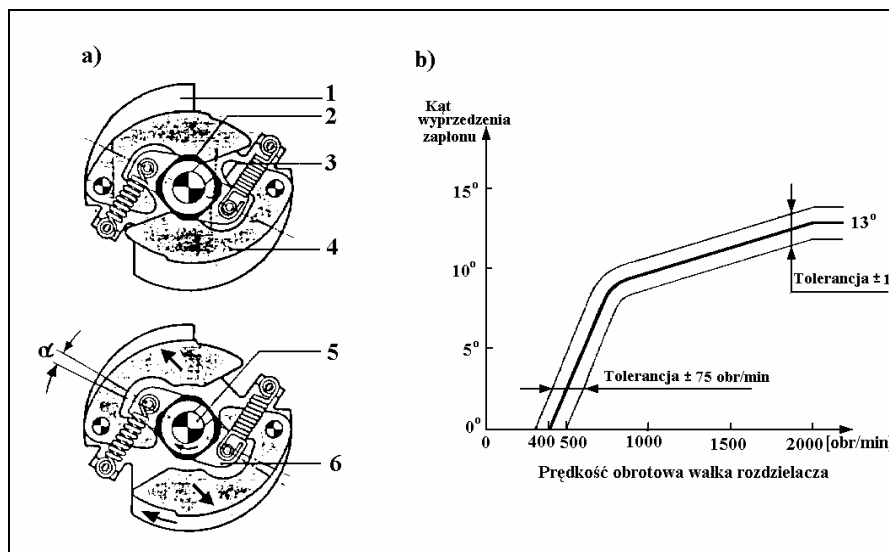
Rys. 5.11. Zależność kąta zwarcia przerywacza od odległości między jego stykami  
 a - styki przerywacza zwarte, b - duża odległość między stykami – mały kąt zwarcia,  
 c - mała odległość między stykami – duży kąt zwarcia

Podczas pełnego obrotu krzywki prąd przepływający w obwodzie pierwotnym obwodu zapłonu jest przerywany tyle razy, ile jest cylindrów silnika, indukując wysokie napięcie w uzwojeniu wtórnym cewki zapłonowej. Wywołane przerwy w obwodzie pierwotnym zapłonu akumulatorowego powodowałyby silne iskrzenie pomiędzy stykami przerywacza, gdyby nie oddziaływanie kondensatora. Kondensator, ładowany po rozwarciu styków, podczas rozładowywania oddaje swą energię do obwodu wtórnego. Przerywacz pracuje cyklicznie zwierając i rozwierając styki. *Kąt zwarcia*, to kąt obrotu wałka rozdzielacza od chwili, gdy styki są zwarte przez sprężynę młoteczka, do chwili rozwarcia styków przez kolejny garb krzywki. Kąt odpowiadający stanowi rozwarcia styków przerywacza nosi nazwę kąta rozwarcia. Kąt zwarcia zmienia się wraz ze zmianą odległości między stykami przerywacza (rys. 5.11), a tym samym zmienia się również kąt rozwarcia.

W nowoczesnych aparatach zapłonowych, w podzespolu przerywacza po przeciwnej stronie styków przerywacza jest montowana sprężyna tłumika drgań. Zapobiega ona nierównomiernemu obracaniu się wałka i hałaśliwej

pracy ciężarków odśrodkowego regulatora kąta wyprzedzenia zapłonu przy niewielkiej prędkości obrotowej silnika.

Poniżej płytki z przerywaczem znajdują się w aparacie zapłonowym regulatory do samoczynnej regulacji kąta wyprzedzenia zapłonu: odśrodkowy (rys. 5.12) - działający w zależności od prędkości obrotowej silnika i podciśnieniowy (rys. 5.13) - regulujący zapłon na zasadzie zmieniającego się podciśnienia w kolektorze dolotowym przy zmianie obciążenia silnika.



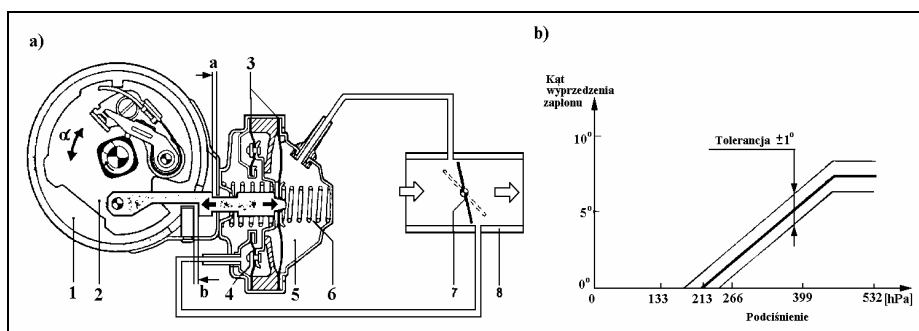
Rys. 5.12. Odśrodkowy regulator kąta wyprzedzenia zapłonu

a) budowa: 1 - płytki, 2 - krzywka, 3 - sprężyna, 4 - ciężarek regulatora, 5 - wałek rozdzielacza zapłonu,  
b) charakterystyka regulatora

Zadaniem regulatorów kąta wyprzedzenia jest wytworzenie zapłonu w najbardziej korzystnym dla silnika momencie w zależności od mocy silnika, w celu uzyskania oszczędności paliwa i minimalnej toksyczności spalin.

Zasadę działania regulatora odśrodkowego przedstawia się następująco: na wałku aparatu zapłonowego za pośrednictwem sworzni zamocowane są ciężarki. Krzywka i płytki podstawy przykręcone są do górnej części wałka aparatu zapłonowego tak, że ich położenie może być zmieniane w kierunku obrotu wałka. Krzywka obraca się względem wałka aparatu zapłonowego dzięki wykorzystaniu zwiększenia siły odśrodkowej działającej na ciężarki obracające się wraz z wałkiem, przyspieszając w ten sposób rozwieranie się styków przerywacza.



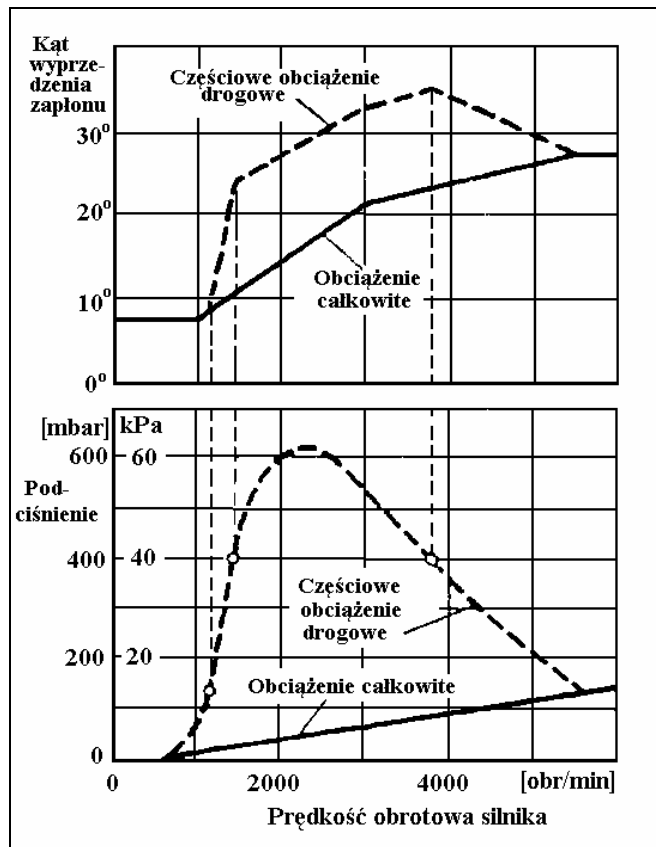


Rys. 5.13. Podciśnieniowy regulator kąta wyprzedzenia zapłonu  
 a: budowa: 1 - rozdzielacz zapłonu, 2 - płytkę przerywacza, 3 - membrana, 4 - komora podciśnieniowa opóźnienia zapłonu, 5 - komora podciśnieniowa wyprzedzenia zapłonu, 6 - komora podciśnieniowa, 7 - przesłona przepustnicy, 8 - kolektor dolotowy, b: charakterystyka zapłonu

Na rys. 5.13 przedstawiono schemat podciśnieniowego regulatora kąta wyprzedzenia zapłonu. Jest on przedzielony membraną na komorę podciśnieniową połączoną z kolektorem dolotowym i komorę powietrzną (ciśnienie atmosferyczne). Przy zwiększaniu obciążenia silnika, zwiększa się podciśnienie w kolektorze dolotowym, powoduje to przesunięcie membrany które jest przenoszone za pomocą cięgna na płytkę przerywacza. Obrót następuje w kierunku odwrotnym do kierunku obrotu wałka rozdzielacza, zmieniając kąt wyprzedzenia zapłonu (przyspieszenie zapłonu). Ponieważ sprężyna wywiera pewien nacisk na membranę już w czasie jej spoczynku, stąd regulacja wyprzedzenia zaczyna się dopiero wtedy, gdy podciśnienie osiągnie określoną wartość.

Regulator podciśnieniowy pracuje niezależnie od regulatora odśrodkowego. Wyprzedzenie zapłonu wywołane przez oba regulatory sumuje się.

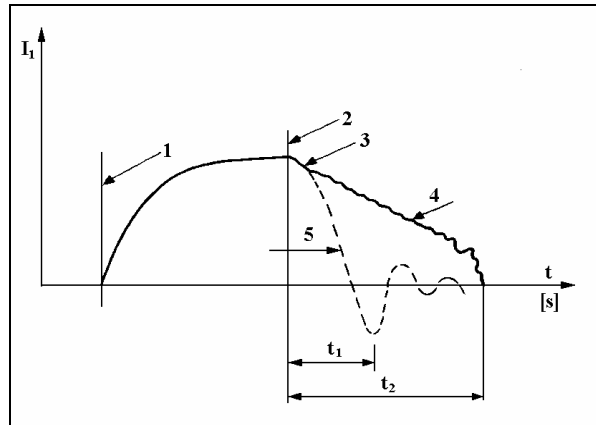
Szybkość spalania mieszanki paliwowo-powietrznej jest zależna od rodzaju paliwa - od jego liczby oktanowej. Dlatego też kąt wyprzedzenia zapłonu powinien być wyregulowany w zależności od liczby oktanowej paliwa, co zapewnia optymalne wykorzystanie mocy silnika. Przy używaniu benzyny o małej liczbie oktanowej punkt zapłonu paliwa jest mniejszy niż w przypadku benzyny normalnej, silnik ma tendencje do pracy detonacyjnej (spalanie stukowe), zapłon powinien być opóźniony. Przy używaniu benzyny o dużej liczbie oktanowej, punkt zapłonu jest większy niż w przypadku normalnego paliwa. Dlatego zapłon powinien być przyspieszony. Regulację kąta wyprzedzenia zapłonu można uzyskać przez zmianę ustawienia płytki przerywacza. Zmiana kąta płytki przerywacza jest regulowana obrotem pierścienia umieszczonego między korpusem aparatu zapłonowego a regulatorem podciśnieniowym.



Rys. 5.14. Przykład oddziaływania regulatorów odśrodkowego i podciśnieniowego na kąt wyprzedzenia zapłonu  
 a - wypadkowa zmiana kąta wyprzedzenia zapłonu w funkcji obrotów i obciążenia silnika,  
 b - zmiana podciśnienia w kanale dolotowym w funkcji obrotów i obciążenia silnika

Kondensator, połączony równolegle ze stykami przerywacza, jest instalowany wewnątrz lub na zewnątrz obudowy aparatu zapłonowego. Jako jeden z elementów obwodu drgającego  $R_1L_1C_1$  ma zasadniczy wpływ na amplitudę i częstotliwość wytwarzanych w obwodzie pierwotnym drgań, a tym samym na wartość napięcia indukowanego w obwodzie wtórnym układu. Wartość siły elektromotorycznej  $E_2$  jest tym większa, im szybciej przerywany jest przepływ prądu w obwodzie pierwotnym. Powstaje wtedy w uzwojeniu pierwotnym cewki zapłonowej napięcie ok. 500 V, związane ze zjawiskiem samoindukcji. W szczelinie między stykami przerywacza powstaje iskra elektryczna. Włączony równolegle do styków przerywacza kondensator zapobiega iskrzeniu na powierzchni styków (zwiększenie ich trwałości), ponieważ podczas rozwierania styków siła elektromotoryczna samoindukcji w uzwojeniu pierwotnym jest magazynowana w kondensatorze. Powoduje on więc szybkie przerwanie prądu

płynącego przez uzwojenie pierwotne. Wykres zmian wartości prądu w uzwojeniu pierwotnym związanych z zastosowaniem kondensatora przedstawia rys. 5.15.



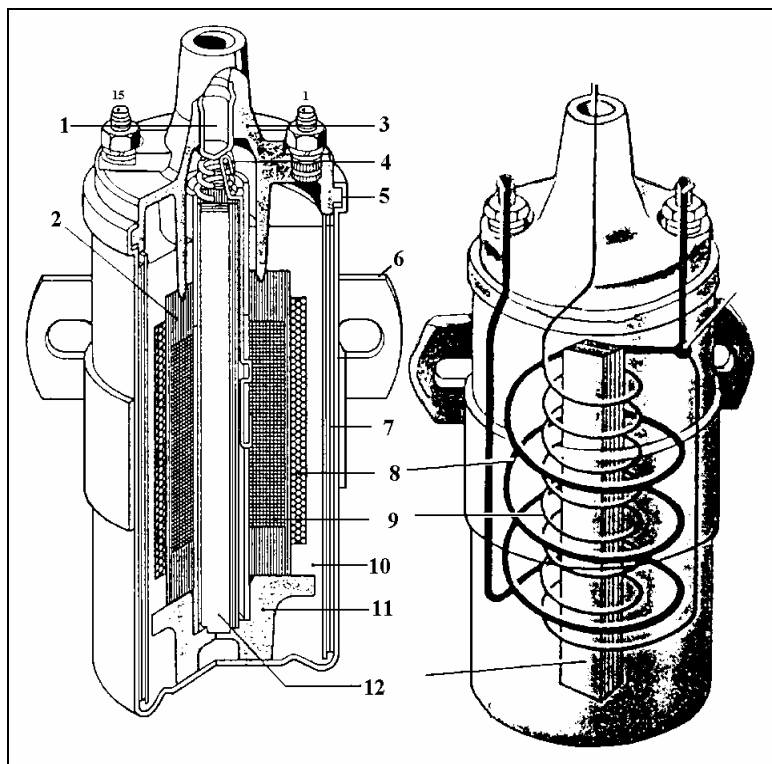
Rys. 5.15. Charakterystyka zmian prądu w obwodzie pierwotnym układu zapłonowego w funkcji czasu przy włączonym kondensatorze bocznikującym styki przerywacza i bez kondensatora  
 1 - styki zwarte, 2 - styki rozwarne, 3 - łuk elektryczny na stykach, 4 - przebieg bez kondensatora,  
 5 - przebieg z kondensatorem;  $t_1$  - czas zaniku prądu przy włączonym kondensatorze;  $t_2$  - czas zaniku prądu w układzie bez kondensatora

### 5.4.2. Cewka zapłonowa

Cewka zapłonowa stanowi jeden z najważniejszych elementów w obwodzie zapłonu akumulatorowego. Umożliwia przetwarzanie niskiego napięcia dostarczonego przez akumulator lub alternator na impulsy wysokiego napięcia ok. 20÷30 kV niezbędnego do wytworzenia przeskoku iskry na elektrodach świecy zapłonowej. Cewka pracuje, więc jako transformator wysokiego napięcia. Składa się ona z dwóch uzwojeń osadzonych na wspólnym rdzeniu (rys. 5.16), wykonanym z blachy transformatorowej.

Uzwojenie pierwotne nawinięte zawsze na zewnątrz uzwojenia wtórnego ma 250÷400 zwojów wykonanych z drutu miedzianego w izolacji z emalii o średnicy 0,2÷0,8 mm. Uzwojenie wtórne nawinięte na rdzeniu ma 19000÷26000 zwojów wykonanych z drutu miedzianego w emalii o średnicy 0,1÷0,2 mm, dodatkowo odizolowanych między warstwami przekładkami izolującymi, które zapobiegają przebiciom międzywarstwowym. Jeden koniec uzwojenia wtórnego wprowadza się do gniazda wysokiego napięcia w pokrywie cewki, drugi koniec łączy się z początkiem uzwojenia pierwotnego. W ten sposób obydwa uzwojenia połączone są autotransformatorowo, co upraszcza konstrukcję cewki i zmniejsza liczbę wyprowadzeń. Obydwa końce uzwojenia pierwotnego wyprowadza się do zacisków umieszczonych w pokrywie. Wolny

koniec doprowadzony jest do zacisku oznaczonego numerem 15, drugi zaś, połączony z uzwojeniem wtórnym do zacisku oznaczonego numerem 1. Całość umieszcza się w obudowie metalowej o dnie z materiału izolacyjnego, wypełnia masą zalewową lub olejem transformatorowym i zamyka szczelnie pokrywą bakelitową.



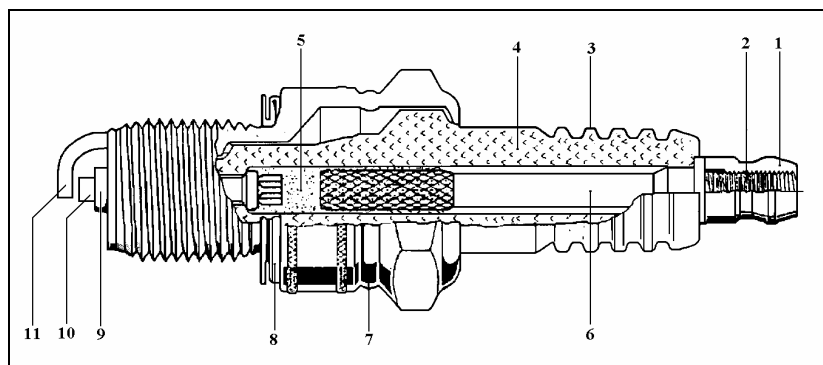
Rys. 5.16. Budowa cewki zapłonowej

1 - gniazdo wysokiego napięcia, 2 - karkas, 3 - pokrywa izolacyjna, 4 - połączenie uzwojenia wtórnego z gniazdem wysokiego napięcia (sprężyna), 5 - obudowa, 6 - obejmę mocującą, 7 - płaszcz metalowy, 8 - uzwojenie pierwotne, 9 - uzwojenie wtórne, 10 - masa zalewowa, 11 - izolator, 12 - rdzeń magnetyczny,

### 5.4.2. Świece zapłonowe

Zadanie świecy zapłonowej polega na umożliwieniu powstania we wnętrzu komory spalania wyładowań elektrycznych o wymaganym charakterze, powodujących prawidłowe zapłony sprężanej mieszanki. Przekrój świecy zapłonowej przedstawia rys. 5.17.

Poza koniecznym minimalnym napięciem zasilania świecy zapłonowej jej poprawne działanie ograniczają dwie wartości graniczne temperatury: temperatura samooczyszczenia i temperatura zapłonu żarzenia. Temperatura samooczyszczenia, jaką powinna osiągać część izolatora świecy umieszczona w komorze spalania powoduje spalenie materiałów pochodzenia olejowego (sadza, węgiel) osadzających się na izolatorze, zapobiegając tworzeniu się bocznika przewodzącego, który osłabia a potem uniemożliwia powstawanie iskry. Wartość minimalna tej temperatury wynosi ok. 723÷803 K (450÷530°C). Temperatura zapłonu żarzenia, jakiej nie powinna uzyskać dolna część świecy umieszczona w komorze spalania, aby nie wystąpiły niekontrolowane zapłony pogarszające właściwą pracę silnika. Wartość minimalna temperatury zapłonu żarzeniowego świecy jest zawarta w granicach 1123÷1223 K (850÷950°C). Jednym z warunków prawidłowej pracy silnika jest więc utrzymanie się temperatury wystających wewnątrz komór spalania części świec zapłonowych (tj. głównie stóp izolatorów i końcówek elektrod środkowych) w granicach 500÷800°C. Dlatego też należy dobrać odpowiednią świecę zapłonową do każdego silnika (rys. 5.18).

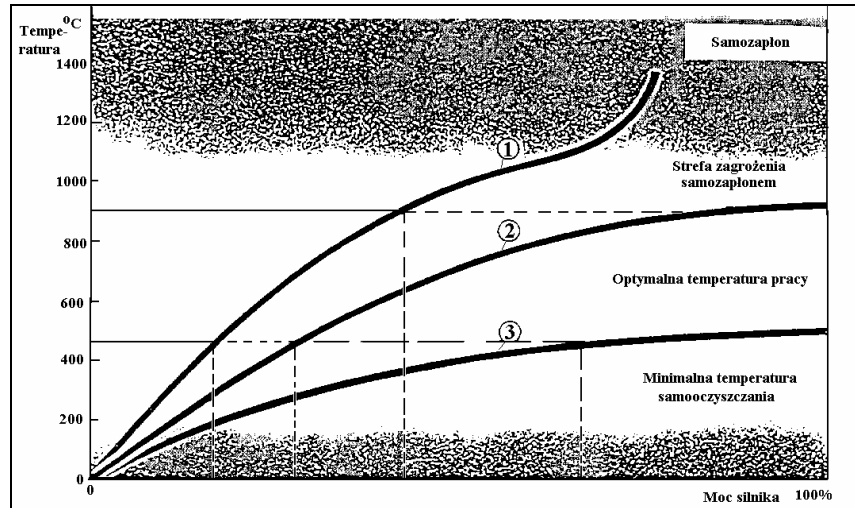


Rys. 5.17. Budowa świecy zapłonowej

- 1 - końcówka profilowana, 2 - końcówka gwintowana, 3 - pierścień izolatora, 4 - izolator ( $Al_2O_3$ ), 5 - przewodzący stop szklany, 6 - rdzeń świecy, 7 - strefa przewężenia, 8 - podkładka, 9 - stożek izolatora, 10 - elektroda środkowa, 11 - elektroda boczna

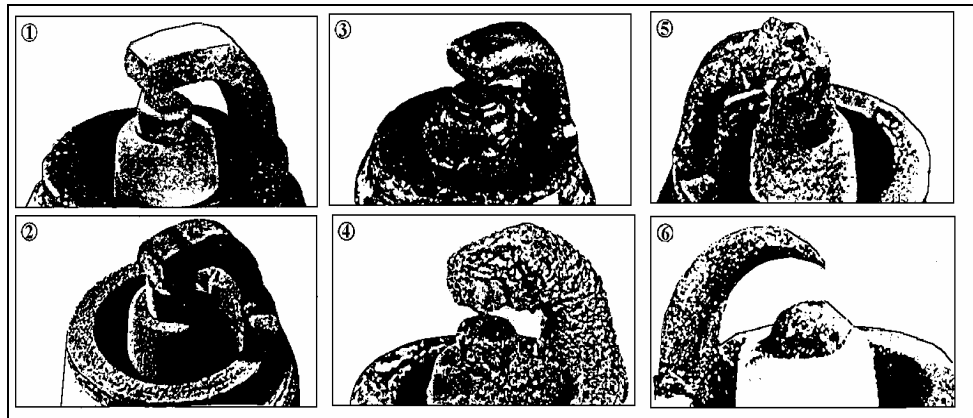
W celu ułatwienia tego doboru zostało wprowadzone pojęcie wartości cieplnej świecy zapłonowej. Określenie wartości cieplnej następuje przez pomiar czasu upływającego od chwili uruchomienia silnika (w sekundach) do wystąpienia pierwszych niekontrolowanych zapłonów, spowodowanych przegrzaniem się badanej świecy zapłonowej. Ze względu na wartość cieplną dzieli się świece pod względem skłonności do przegrzewania się oraz zdolności odprowadzania ciepła. Im większa jest wartość cieplna świecy, tym znaczniejsze mogą być jej obciążenia cieplne, jeszcze bez powodowania zapłonów żarowych, ale i tym łatwiej ulega ona zanieczyszczeniu produktami spalania (świe-

ca zimna). Im mniejsza jest wartość cieplna świecy, tym bardziej jest narażona na przegrzanie, lecz i tym większą wykazuje skłonność do samooczyszczenia się (świeca gorąca).



Rys. 5.18. Zależność rozkładu temperatur od mocy silnika i rodzaju użytej świecy zapłonowej:  
1 - świeca gorąca, 2 - świeca optymalna, 3 - świeca zimna

Przykłady eksploatacyjnego zużycia świec przedstawia rys. 5. 19. Oznaczenia świec zapłonowych stosowane przez firmę Bosch, przedstawia rys. 5. 20 i tabela 5.1.



Rys. 5.19. Przykłady eksploatacyjnego zużycia świecy zapłonowej  
1 - praca prawidłowa, 2 - świeca zakopcona, 3 - świeca zaolejona, 4 - świeca pokryta nagarem,  
5 - świeca o nadtopionych elektrodach, 6 - świeca o nadmiernie zużytych elektrodach

Kształt obudowy i gwint	Wykonanie	Wartość ciepła	Gwint i położenie elektrody środkowej	Wykonanie elektrod	Materiał elektrod	Sposób wykonania
<b>W</b>	<b>B R</b>	<b>7</b>	<b>D</b>	<b>T</b>	<b>C</b>	<b>X</b>
<b>D</b> Sw 21 M18x1,5		<b>A</b> → 12,7 → 11,1		<b>A</b> Trójkątna elektroda masowa		<b>R</b> Odporna na erozję
<b>F</b> Sw 14 M14x1,25		<b>B</b> → 12,7 → 11,1		<b>D</b> Dwie elektrody masowe		<b>V</b> 1,3
<b>H</b> Sw 14 M14x1,25		<b>C</b> → 19 → 17,5		<b>T</b> Trzy elektrody masowe		<b>W</b> 0,9
<b>M</b> Sw 14 M14x1,25		<b>D</b> → 19 → 17,5				<b>X</b> 1,1
<b>W</b> Sw 21 M18x1,5		<b>E</b> → 9,5				<b>Y</b> 1,5
<b>X</b> Sw 17,5 M17,5x1,25		<b>F</b> → 9,5		<b>C</b> BOSCH SUPER		<b>Z</b> 2,c
<b>U</b> Sw 10 M10x1		<b>H</b> → 19		<b>P</b> BOSCH PLATIN		
<b>Y</b> Sw 14 M14x1,25		<b>L</b> → 19 → 17,5		<b>S</b> BOSCH SILBER		
		<b>Znakowanie specjalne</b>				
		01				
		02				
		03				
		04				
		05				
<b>B</b> Z obudową wodoszczelną, do oporowego przewodu zapłonowego $\phi$ 7 mm	<b>C</b> Z obudową wodoszczelną do oporowego przewodu zapłonowego $\phi$ 5 mm	<b>E</b> Świeca z poślizgowym przejściem iskry między elektrodami	<b>S</b> Świeca zapłonowa do małych motorów	<b>R</b> Świeca zapłonowa z oporem	<b>0</b> Z odchyleniem od podstawowego wykonania	<b>1</b> Typ wykonania "0". Platynowa elektroda środkowa i niklowe elektrody masowe
					<b>2</b> Elektroda masowa z dwóch materiałów	

Rys. 5.20. Oznaczenia świec wg firmy Bosch

Tabela 5.1  
Oznaczenia świec zapłonowych firmy Bosch

<b>W</b>	<b>R</b>	<b>7</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>X</b>
<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>

**I Gwint / Rozwartość klucza / Rodzaj uszczelnienia**  
**D** - M18x1,5 / rozstaw klucza 20,8 / stożkowe

- F - M14x1,25 / rozstaw klucza 16 / płaskie
- H - M18x1,25 / rozstaw klucza 16 / stożkowe
- M - M18x1,5 / rozstaw klucza 26 / płaskie
- U - M10x1 / rozstaw klucza 16 / płaskie
- W - M14x1,25 / rozstaw klucza 20,8 / płaskie
- WS - M14x1,25 / rozstaw klucza 19 / płaskie
- X - M12x1,25 / rozstaw klucza 17,5 / płaskie
- Y - M12x1,25 / rozstaw klucza 16 / płaskie

## II Rodzaj wykonania

bez oznaczenia - wykonanie standardowe

B - ekranowana dla przewodu zapłonowego  $\phi$  7 mm, wodoszczelna,

C - ekranowana dla przewodu zapłonowego  $\phi$  5 mm, z opornikiem,

E - świeca zapłonowa z iskrą pełzającą

R - świeca zapłonowa z rezystorem przeciwwakłóceniovym,

S - świeca zapłonowa typu compact, dla małych silników

## III Wartość cieplna

6 ÷ 13 świece „gorące”

06 ÷ 6 świece „zimne”

## IV Wysunięcie stożka / Długość gwintu / Rodzaj uszczelnienia

A - normalne (11,2 mm) / stożkowe lub normalne (12,7 mm) / płaskie

B - zwiększone (11,2 mm) / stożkowe lub zwiększone (12,7 mm) / płaskie

C - zwiększone (17,5 mm) / stożkowe lub normalne (19 mm) / płaskie

## V Materiał elektrod

C - rdzeń miedziany w płaszczu stopu Cr-Ni (typ Super)

P - elektroda środkowa platynowa (typ Platin)

S - elektroda środkowa srebrna (typu Silber)

## VI Odstęp między elektrodami

X - 1,1 mm

Y - 1,5 mm

Z - 2,0 mm

O - odstępstwa od wykonania standardowego

## 5.5. Elektroniczne układy zapłonowe

Akumulatorowy układ zapłonowy od chwili wynalezienia nie zmienił w sposób zasadniczy swojej konstrukcji, natomiast budowa silników spalinywych uległa zasadniczym zmianom. Najważniejsze z nich to wzrost prędkości obrotowej, wzrost stopnia sprężania i rosnąca liczba cylindrów. Tam gdzie konwencjonalne układy zapłonowe nie były w stanie sprostać wymaganiom stawianym przez nowe konstrukcje silników (przede wszystkim dokładność wystąpienia punktu zapłonu) zastosowano układy elektroniczne. Nowoczesne



układy zapłonowe sterujące momentem zapłonu w funkcji prędkości obrotowej i podciśnienia w kolektorze dolotowym przy regulacji kąta wyprzedzenia zapłonu uwzględniają również skład spalin, temperaturę silnika, parametry powietrza atmosferycznego czy spalanie stukowe. Elektroniczne układy zapłonowe wnoszą szereg korzystnych zmian:

- zwiększenie stabilności napięcia zapłonu i energii iskry w funkcji prędkości obrotowej,
- zwiększenie wartości napięcia zapłonu,
- poprawę parametrów pracy przerywacza lub zastąpienie go czujnikiem,
- zmniejszenie zużycia paliwa i ograniczenie toksyczności spalin,
- ograniczenie elementów regulacyjnych,
- zwiększenie niezawodności działania.

Przebieg spalania mieszanki paliwowo-powietrznej zależy od parametrów wyładowania iskrowego, określonych między innymi przez sposób jego wytworzenia. Można więc dokonać podziału układów zapłonowych ze względu na sposób gromadzenia energii:

- układy zapłonowe z gromadzeniem energii w indukcyjności (cewce zapłonowej),
- układy zapłonowe z gromadzeniem energii w pojemności (kondensatorze),

Układy należące do pierwszej grupy nazywane są układami zapłonowymi tranzystorowymi, natomiast układy z gromadzeniem energii w pojemności - układami zapłonowymi tyrystorowymi.

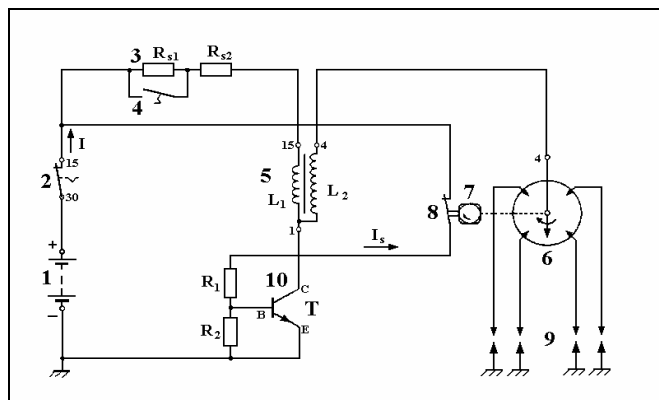
Ze względu na sposób określania prędkości obrotowej i kąta położenia wału korbowego układy zapłonowe dzielimy na: stykowe i bezstykowe.

W pierwszej grupie do synchronizowania pracy elektronicznego układu zapłonowego z silnikiem używa się tradycyjnego przerywacza mechanicznego, druga grupa charakteryzuje się wykorzystaniem w tym celu bezstykowego czujnika impulsów, najczęściej magnetoelektrycznego lub hallotronowego.

### **5.5.1. Elektroniczne układy zapłonowe z gromadzeniem energii w indukcyjności**

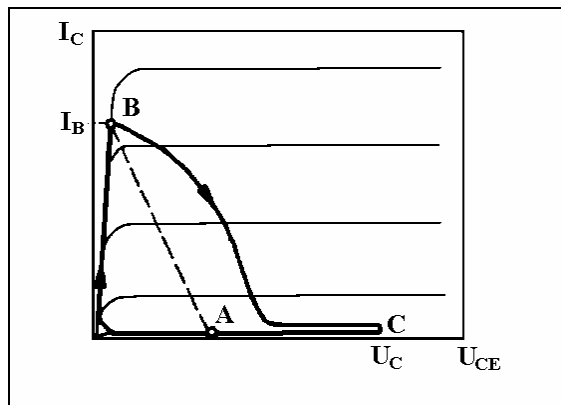
Tego rodzaju elektroniczne układy zapłonowe nazywane są również tranzystorowymi, ponieważ elementem sterującym przepływem prądu w uzwojeniu pierwotnym cewki zapłonowej jest tranzystor. Rola przerywacza w wykonaniu klasycznym sprowadza się tylko do synchronizacji układu z pracą silnika spalinowego. Zasadę działania tranzystorowego układu zapłonowego można przedstawić następująco: gdy przez bazę tranzystora (rys. 5.21) nie płynie prąd - nie płynie również prąd przez cewkę zapłonową, a napięcie na tranzystorze jest równe napięciu akumulatora. Przy wysterowaniu bazy tranzystora prądem, przez dzielnik napięcia  $R_1$ ,  $R_2$  spada gwałtownie napięcie na uzwojeniu pierwotnym cewki i zaczyna narastać płynący przez cewkę prąd

kolektora (A-B) - (rys. 5.22). W momencie rozwarcia styków przerywacza zanika prąd bazy, a wraz z nim prąd cewki. Jednocześnie pojawia się napięcie samoindukcji (B-C). Po rozładowaniu energii zmagazynowanej w polu magnetycznym cewki układ powraca do stanu początkowego (C-A). Przedstawiony układ charakteryzuje się wyższym niż w układzie klasycznym napięciem wtórnym w zakresie małych i dużych prędkości obrotowych silnika. Jest to spowodowane dużo szybszym zanikiem prądu bazy i mniejszej wartości niż prądu cewki w obwodzie klasycznym. Tranzystory mocy stosowane w układach zapłonowych są przystosowane do pracy przy dużym obciążeniu, dochodzącym do 10 A.



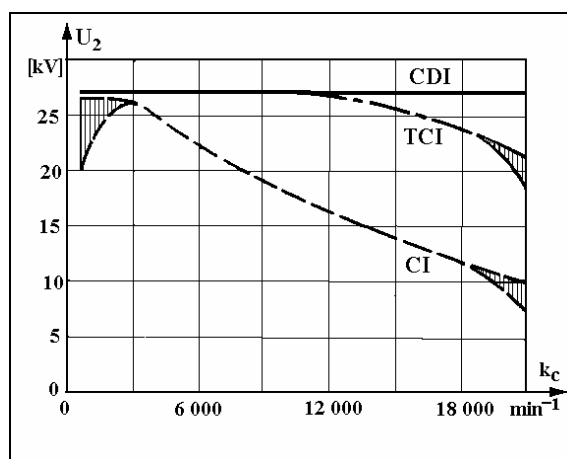
Rys. 5.21. Obwód zapłonu tranzystorowego

1 – akumulator, 2 – stacyjka, 3 – rezystor, 4 – styki rozrusznika, 5 – cewka zapłonowa, 6 – rozdzielacz, 7 – krzywka, 8 – przerywacz, 9 – świece zapłonowe, 10 – moduł elektroniczny



Rys. 5.22. Zmiany napięcia i prądu tranzystora podczas pracy tranzystorowego układu zapłonowego:  $I_B$  - prąd znamionowy cewki zapłonowej,  $U_C$  - napięcie samoindukcji

Zwiększenie energii iskry w zakresie niskich i średnich prędkości obrotowych można uzyskać przez zwiększenie prądu płynącego w uzwojeniu pierwotnym cewki zapłonowej. Wzrost napięcia w zakresie dużych prędkości obrotowych można uzyskać przez zmniejszenie stałej czasowej obwodu pierwotnego, a więc przez zmniejszenie indukcyjności  $L_1$ , zmniejszając liczbę zwojów uzwojenia pierwotnego cewki zapłonowej. W klasycznym układzie zapłonowym napięcie mierzone na zaciskach przerywacza może osiągać wartość kilkuset woltów, natomiast w zapłonie tranzystorowym jest kilkakrotnie mniejsze. Wskutek tego nawet przy małych prędkościach przy rozwieraniu styków nie pojawia się iskrzenie zmniejszające prędkość zaniku prądu w cewce. Dlatego w tranzystorowym układzie zapłonowym nie występuje spadek wysokiego napięcia w zakresie małych prędkości obrotowych. Nierównomierna praca w zakresie najwyższych prędkości obrotowych jest spowodowana - podobnie jak w zapłonie klasycznym - odbijaniem styków przerywacza. Zjawisko to powoduje zwiększenie strat w tranzystorze, a więc zmniejszenie energii wyładowania iskrowego rys 5.23.

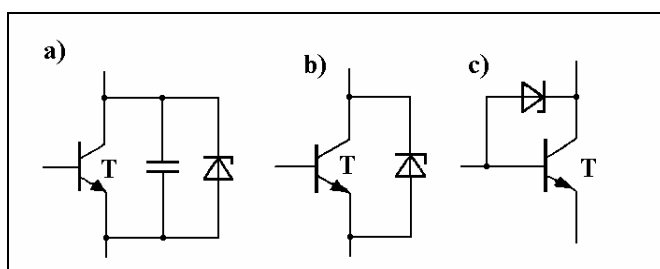


Rys. 5.23. Zależność napięcia wtórnego od częstotliwości iskrzenia  
 CI - zapłon klasyczny, TCI - zapłon tranzystorowy, CDI - zapłon tyrystorowy,  $k_c$  – liczba isker na minutę

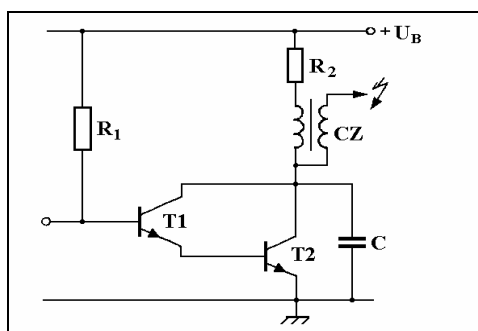
Warunki pracy tranzystora w układzie elektronicznym są bardzo trudne. Przez tranzystor płynie prąd równy prądowi znamionowemu cewki zapłonowej, a napięcie na kolektorze jest równe napięciu samoindukcji uzwojenia pierwotnego. Tak więc przy włączaniu i wyłączaniu dużych mocy o charakterze indukcyjnym element ten narażony jest na przepięcia oraz znaczne zwiększenie temperatury.

Istnieje kilka sposobów zabezpieczania tranzystora mocy przed przepięciami (rys. 5.24):

- dołączenie kondensatora równolegle do kolektora i emitera tranzystora mocy powoduje ograniczenie napięcia  $U_{CE}$  i jednocześnie skrócenie czasu przełączania tranzystora. Kondensator stosuje się jednocześnie z diodą Zenera, jako zabezpieczenie.
- dioda Zenera włączona równolegle do zacisków kolektor - emiter tranzystora mocy wchodzi w obszar przewodzenia z chwilą przekroczenia napięcia Zenera  $U_Z$  i ogranicza napięcie kolektor - emiter tranzystora,
- włączenie diody Zenera równolegle do zacisków kolektora i bazy tranzystora mocy.



Rys. 5.24. Sposoby zabezpieczenia tranzystora mocy przed przepięciem  
 a - włączenie kondensatora równolegle do zacisków kolektora i emitera, b - włączenie diody Zenera równolegle do zacisków kolektora i emitera, c - włączenie diody Zenera równolegle do zacisków kolektora i bazy



Rys. 5.25. Układ sterowania tranzystorem mocy

Polepszenie parametrów tranzystorowego układu zapłonowego uzyskuje się przez zastosowanie dodatkowego tranzystora sterującego, przy czym w większości rozwiązań oba tranzystory, sterujący i mocy, pracują w układzie Darlingtona. W układzie z rysunku 5.25 prąd tranzystora końcowego płynie przez pierwotne uzwojenie cewki zapłonowej.

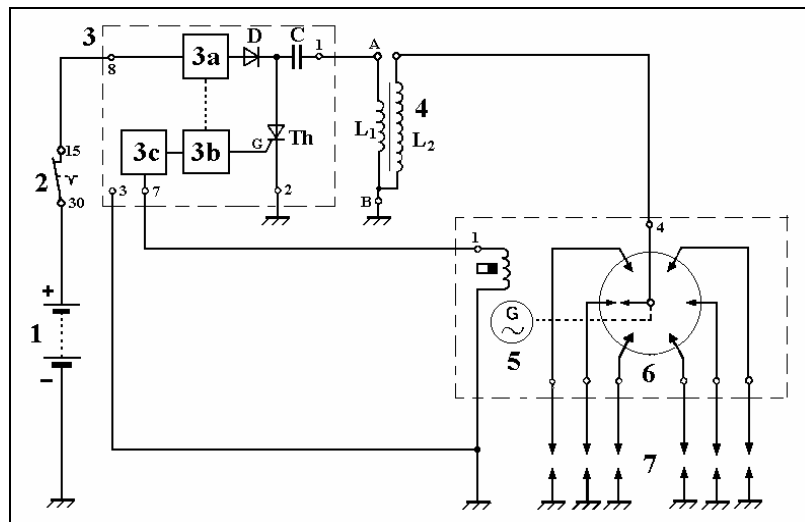
Układ ten charakteryzuje się stosunkowo dużym napięciem nasycenia  $U_{CE}$ , dlatego też niezbędna jest cewka o małej rezystancji uzwojenia pierwotnego.

### 5.5.2. Elektroniczne układy zapłonowe z gromadzeniem energii w pojemności

Często spotykane w praktyce są układy z gromadzeniem energii w kondensatorze, zwane kondensatorowymi układami zapłonowymi (rys 5.26).

Elementem przełączającym w tego rodzaju układach jest tyrystor, od którego również nazwa się je układami tyrystorowymi. Najważniejsze zalety tych układów to: zwiększenie energii wyładowania iskrowego, stałość wysokiego napięcia w całym zakresie obrotów silnika, odporność na bocznikowanie świecy oraz korzystna charakterystyka poboru mocy. Jednakże czas trwania wyładowania iskrowego jest w zapłonie kondensatorowym o rząd wielkości krótszy niż w przypadku układów z indukcyjnością. Większa część energii wyładowania iskrowego jest skupiona w fazie pojemnościowej, a faza indukcyjna jest bardzo krótka.

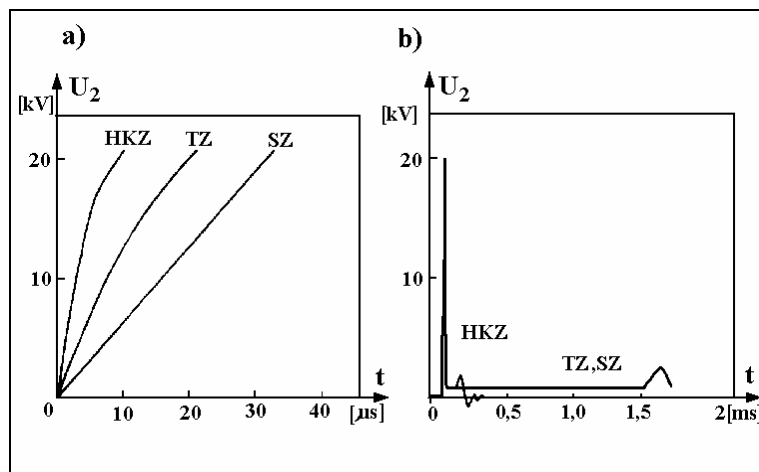
Ogólnie zasada działania kondensatorowego układu zapłonowego przedstawia się następująco: znajdujący się w układzie kondensator (rys. 5.26) jest ładowany napięciem z akumulatora przez przetwornicę do wartości ok. kilkuset woltów. Nagromadzona w ten sposób energia może być rozładowana, albo w chwili rozwarcia styków przerywacza (lub pojawienia się impulsu z bezstykowego układu wyzwalającego 5), który powoduje włączenie znajdującego się w układzie tyrystora. Rozładowanie kondensatora w obwodzie, w którym znajduje się uzwojenie pierwotne cewki zapłonowej, powoduje indukcowanie się impulsu wysokiego napięcia w uzwojeniu wtórnym cewki zapłonowej i przeskok iskry na elektrodach świecy zapłonowej. Z punktu widzenia sposobu ładowania kondensatora obwodu głównego wyróżnia się przetwornice wieloimpulsowe - ładujące kondensator w ciągu pewnej liczby cykli pracy przetwornicy i jednoimpulsowe - dostarczające cały ładunek w jednym cyklu.



Rys. 5.26. Obwód zapłonu tyrystorowego

1 – akumulator, 2 – stacyjka, 3 – moduł zapłonowy, 4 – cewka zapłonowa, 5 – czujnik indukcyjny, 6 – kopolka rozdzielacza, 7 – świece zapłonowe

Ponieważ układ kondensatorowy jest szczególnie wrażliwy na spadki napięcia zasilania, które wpływają na energię wyładowania iskry na elektrodach świec, stosuje się stabilizację energii gromadzonej w kondensatorze. Zadaniem stabilizatora napięcia jest zapewnienie dopływu do kondensatora obwodu głównego stałej ilości energii, w całym zakresie zmian napięcia akumulatora. Ponadto w skład kondensatorowego układu zapłonowego wchodzi obwód sterowania. Jego zadaniem jest wytworzenie impulsu zdolnego do włączenia tyrystora w odpowiednim momencie położenia wału korbowego. Wartość napięcia wtórnego oraz energia iskry są praktycznie niezależne od prędkości obrotowej, ponieważ kondensator jest zawsze ładowany do stałej wartości (rys. 5.23). Stromość narastania impulsu zapłonowego jest znacznie większa niż w układzie klasycznym i tranzystorowym (rys. 5.27).



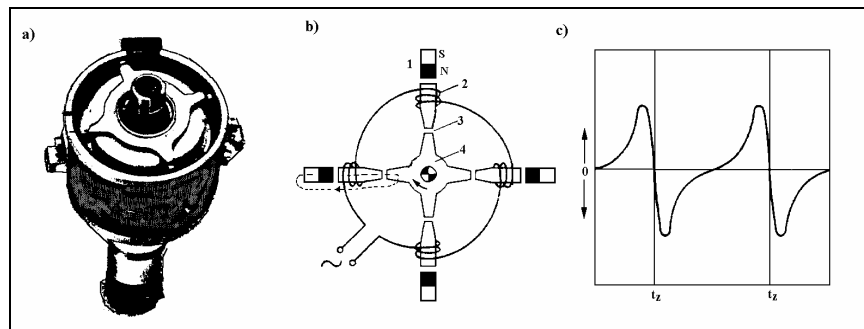
Rys. 5.27. Porównanie czasów narastania napięcia wtórnego (a) i czasów wyładowania iskrowego (b), układów klasycznego, tranzystorowego i tyrystorowego  
SZ - układ konwencjonalny, TZ - układ tranzystorowy, HKZ - układ tyrystorowy

### 5.5.3. Sterowanie bezstykowe układów zapłonowych

W skład układu sterowania bezstykowego wchodzi czujnik, wytwarzający sygnał elektryczny w punkcie zapłonu i układ formujący, przekształcający sygnał z czujnika na impuls zdolny do wysterowania tranzystora mocy lub tyrystora. Czujnik przeznaczony do pracy w obwodzie sterowania układu zapłonowego powinien wytwarzać użyteczny sygnał wyjściowy już od najmniejszej prędkości obrotowej. Parametry sygnału wyjściowego nie powinny zależeć od prędkości obrotowej, napięcia zasilania i temperatury otoczenia.

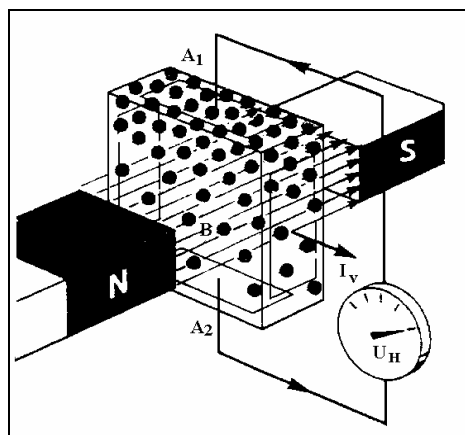
W układach zapłonowych znalazły zastosowanie następujące rodzaje czujników:

- **czujnik reluktancyjny** ze zmienną odległością szczeliny powietrznej (w aparacie zapłonowym). Magnes trwały wytwarza strumień magnetyczny, który obejmując cewkę zamyka się przez bieguny stojana, szczelinę powietrzną, bieguny wirnika. Podczas wirowania wirnika następuje zmiana oporu magnetycznego obwodu - od minimalnego, (gdy bieguny wirnika są usytuowane naprzeciw biegunów stojana) do maksymalnego (gdy bieguny te są oddalone od biegunów stojana). W wyniku zmian strumienia w cewce czujnika indukuje się siła elektromotoryczna, której przebieg przedstawiono na rysunku 5.28c. Impulsy te, doprowadzone do układu sterowania modułu elektronicznego, wywołują naprzemian stan przewodzenia i blokowania tranzystora układu. Konstrukcje czujników magnetoindukcyjnych mogą się różnić, ale zasada ich działania jest taka sama. Początek i koniec cewki czujnika są wyprowadzone na zewnątrz rozdzielacza. Wirnik z biegunami jest ułożyskowany na wałku rozdzielacza podobnie jak krzywka w rozdzielaczu z przerywaczem stykowym. Działanie regulatora odśrodkowego jest takie same jak w rozdzielaczu stykowym, to znaczy przy zmianie prędkości obrotowej regulator powoduje zmianę położenia kąowego wirnika z nabiegunnikami. Czujnik z (uzwojeniem) znajduje się na płytce, dzięki czemu może zmieniać swoje kątowe położenie. Działanie regulatora podciśnieniowego jest również takie jak w rozdzielaczu z przerywaczem stykowym; przy zmianie podciśnienia regulator zmienia położenie kątowe czujnika.



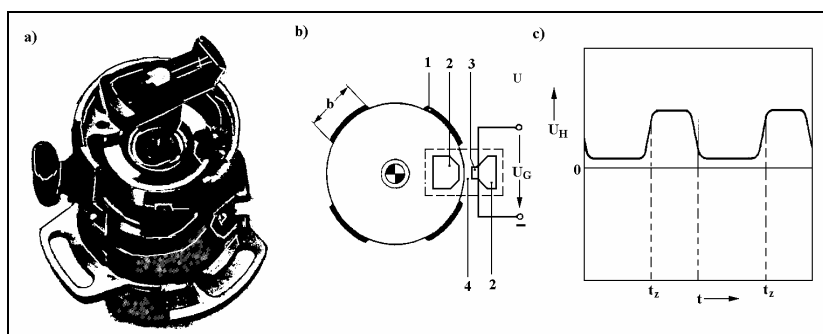
Rys. 5. 28. Czujnik reluktancyjny  
a - aparat zapłonowy z czujnikiem indukcyjnym, b - schemat czujnika,  
c - sygnał napięciowy generowany przez czujnik  
1 - magnes trwały, 2 - uzwojenie, 3 - szczelina, 4 - element wirujący

- **czujnik hallotronowy** w aparacie zapłonowym. W czujniku tym wykorzystano zjawisko Halla: jeżeli przez płytkę półprzewodnikową o grubości  $d$  (rys. 5.29) przepływa prąd zasilający i prostopadle działa na nią pole magnetyczne o indukcji  $B$ , to na elektrodach  $A_1$  i  $A_2$  indukuje się napięcie  $U_H$  (w miliwoltach), zwane napięciem Halla.



Rys. 5.29. Efekt Halla

Budowę czujnika przedstawia na rysunek 5.30a,b. Część nieruchomą czujnika stanowi obwód magnetyczny 2 oraz element Halla 3 i szczelina powietrzna 4. Część ruchomą stanowi wirnik z przesłonami 1 wykonanymi z materiału przewodzącego strumień magnetyczny, które w czasie wirowania przemieszczają się w szczelinie powietrznej. Gdy przesłona nie znajduje się w szczelinie, wówczas pole magnetyczne działa na element Halla i na jego wyjściu pojawia się napięcie  $U_H$ . Kiedy przesłona znajduje się w szczelinie, wtedy pole magnetyczne nie działa na element Halla i napięcie  $U_H$  zanika (rys. 5.30c). Powstają więc impulsy o przebiegu prostokątnym, które są doprowadzane do modułu zapłonowego.



Rys. 5.30. Czujnik Halla

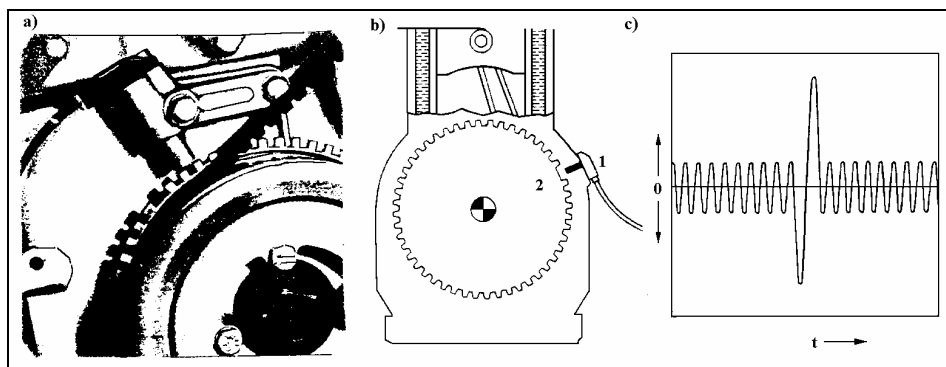
a - aparat zapłonowy z czujnikiem Halla, b - schemat obwodu czujnika, c - przebieg napięcia Halla

Z czujnika wyprowadzone są 3 przewody: zasilający (+), masowy (-), sygnałowy (O) - oznaczenia te podane są na wtyczce. Wiązka przewodów jest połączona z modułem, do którego jest przekazywany sygnał oraz z którego



jest doprowadzane napięcie zasilające czujnik. Podstawa czujnika jest umocowana na płycie połączonej z ciągnem regulatora podciśnieniowego. Wirnik z przesłonami jest osadzony na tulei łożyskowej na wałku rozdzielacza. Zasada działania regulatorów odśrodkowego i podciśnieniowego jest taka sama jak w rozdzielaczu konwencjonalnym.

- **czujnik magnetoindukcyjny** (reluktancyjny ze zmienną odległością szczeliny powietrznej) współpracujący z kołem zamachowym. Czujnik ten służy do określania położenia i prędkości obrotowej wału korbowego w układach zapłonowych nowej generacji, współpracuje on z zębami wieńca koła zamachowego lub specjalnymi występami na kole pasowym (rys. 5.31). Magnes trwały czujnika wytwarza strumień magnetyczny, zmieniający się przy wirowaniu koła. Gdy występ koła znajduje się naprzeciw rdzenia, wówczas strumień obejmujący cewkę jest największy; kiedy zaś rdzeń znajduje się między występami, strumień jest najmniejszy. W wyniku tych zmian w cewce indukują się impulsy napięciowe o przebiegu przedstawionym na rysunku 5.31c.

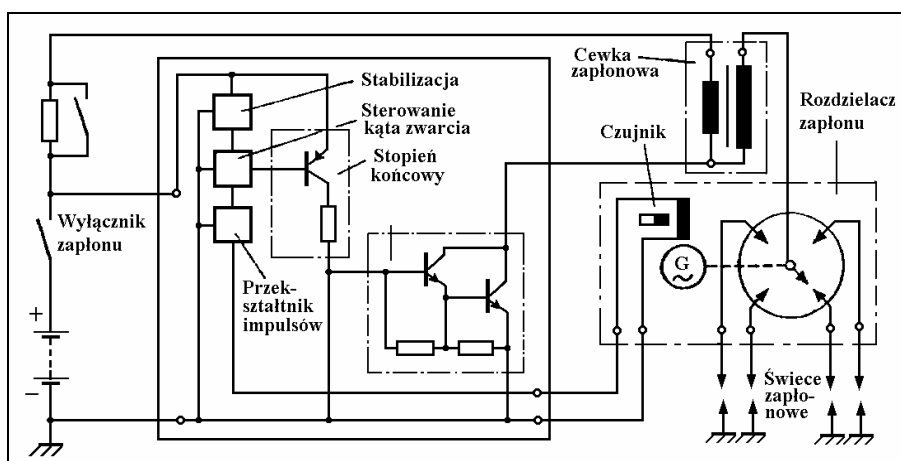


Rys. 5.31. Czujnik magnetoindukcyjny  
a - koło zamachowe z czujnikiem indukcyjnym, b - schemat czujnika, c - przebieg napięcia generowanego przez czujnik

Na kole pasowym znajdują się w jednakowej odległości występy przeznaczone do określenia prędkości kątowej oraz jeden występ do określenia położenia wału korbowego. W przypadku pracy czujnika z kołem zamachowym są wykorzystane zęby, znajdujące się na jego obwodzie oraz specjalny występ do określenia położenia wału. W praktyce mogą być stosowane dwa czujniki, z których jeden określa położenie wału, a drugi jego prędkość obrotową, lub jeden czujnik pełniący obie funkcje.

### 5.5.4. Przegląd elektronicznych systemów zapłonowych

**TSZ-I** - tranzystorowy klasyczny system zapłonu z czujnikiem indukcyjnym. System ten charakteryzuje urządzenie przełączające wykonane w konwencjonalnej technologii, mechaniczny przerywacz stykowy zastąpiono indukcyjnym czujnikiem bezstykowym, a do regulacji kąta wyprzedzenia zapłonu w zależności od prędkości obrotowej i obciążenia służą regulatory mechaniczne, jak w konwencjonalnym układzie zapłonowym. Do rozdzielania iskry na poszczególne cylindry silnika stosuje się rozdzielacz zapłonu. Układy tego typu spełniają relatywnie mało funkcji.



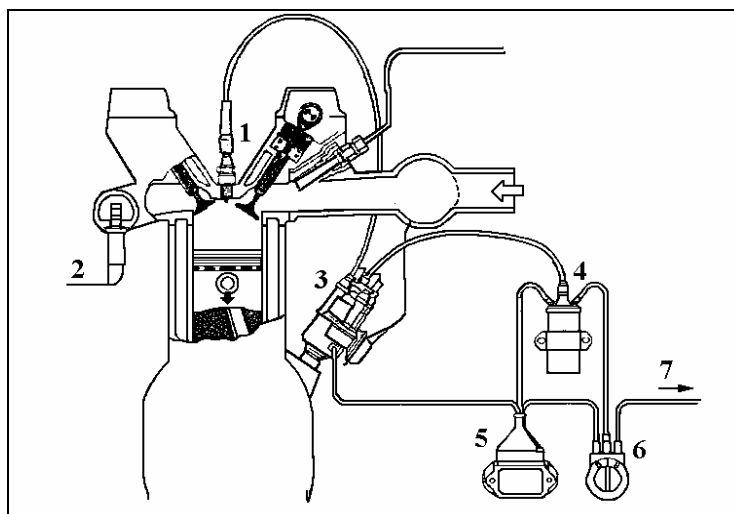
Rys. 5.32. Tranzystorowy układ zapłonowy z czujnikiem indukcyjnym (TSZ-I)

**TSZ-H** - tranzystorowy klasyczny system zapłonu z czujnikiem Halla.

System ten jest drugą wersją systemu TSZ-I w którym bezstykowy czujnik indukcyjny zastąpiono czujnikiem Halla.

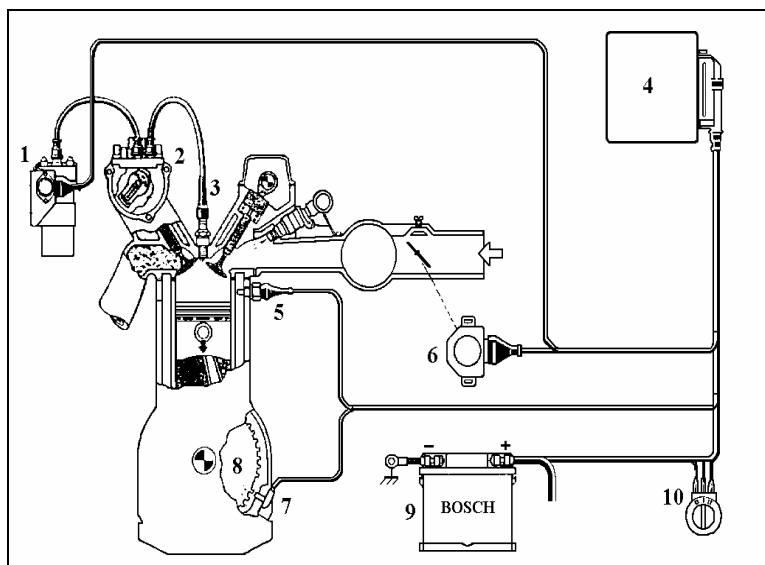
**TZ-I** - tranzystorowy system zapłonu z czujnikiem indukcyjnym. W systemie tym zastosowano urządzenie przełączające wykonane w technice hybrydowej. Tak jak w systemach przedstawionych powyżej zastosowano bezstykowy czujnik do określania prędkości i położenia wału korbowego. Regulacja kąta wyprzedzenia zapłonu odbywa się w sposób tradycyjny, przy pomocy regulatorów mechanicznych.

**TZ-H** - tranzystorowy system zapłonu z czujnikiem Halla, jest to wersja systemu TZ z czujnikiem Halla i urządzeniem przełączającym wykonanym w technice hybrydowej



Rys. 5.33. Schemat tranzystorowego układu zapłonu TZ

1 - świeca zapłonowa, 2 - sonda lambda, 3 - rozdzielacz zapłonu z regulatorem odśrodkowym i podciśnieniowym kąta wyprzedzenia zapłonu oraz czujnikiem indukcyjnym lub hallotronowym, 4 - cewka zapłonowa, 5 - układ sterujący, 6 - włącznik zapłonu, 7 - do zasilania z akumulatora

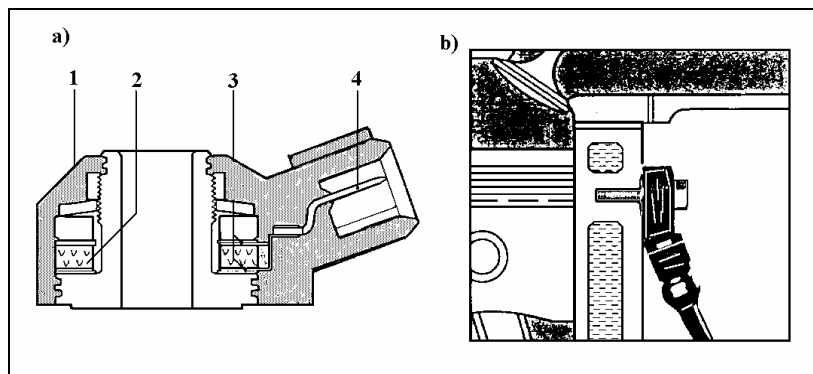


Rys. 5.34. Schemat elektronicznego układu zapłonowego EZ

1 - cewka zapłonowa, 2 - rozdzielacz wysokiego napięcia, 3 - świeca zapłonowa, 4 - układ sterujący zawierający moduł zapłonowy, 5 - czujnik temperatur silnika, 6 - czujnik położenia przepustnicy, 7 - czujnik prędkości obrotowej i położenia wału korbowego, 8 - koło zamachowe, 9 - akumulator, 10 - włącznik zapłonu

**EZ** - elektroniczny system zapłonu z czujnikiem Halla lub indukcyjnym. Urządzenie przełączające zastosowane w tym systemie wykonane jest w technice hybrydowej lub dyskretnej. Do układu dołączono zespół sterujący z mikroprocesorem. Do pamięci zespołu wprowadzono charakterystyki wyprzedzenia zapłonu w zależności od parametrów: prędkości obrotowej, obciążenia, temperatury. Sygnały z poszczególnych czujników doprowadzone są do zespołu sterującego i na ich podstawie określany jest optymalny kąt wyprzedzenia zapłonu dla wybranych warunków pracy silnika. Rozdział wysokiego napięcia na poszczególne świece odbywa się w sposób tradycyjny za pomocą rozdzielacza mechanicznego.

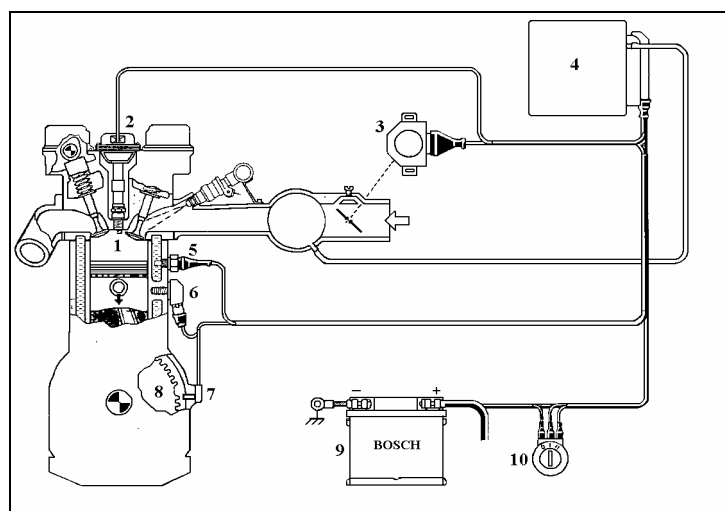
Optymalny kąt wyprzedzenia zapłonu może być również określany przy uwzględnieniu sygnału z czujnika spalania stukowego (rys. 5.35). Układy wykorzystujące informacje z czujnika stukowego są określane symbolem **EZ-K** (elektroniczne układy zapłonowe z regulacją spalania stukowego).



Rys. 5.35. Czujnik spalania stukowego

- a) budowa: 1 - osłona z tworzywa sztucznego, 2 - wkładka piezoceramiczna, 3 - styki, 4 - złącze elektryczne, b) mocowanie czujnika

**VZ** - elektroniczny system zapłonu (bez rozdzielacza). Jest to wersja systemu EZ w której mechaniczny rozdzielacz wysokiego napięcia zastąpiono rozdzielaczem elektronicznym (cewka dwubiegunowa). Zaletą takiego rozwiązania jest wyeliminowanie iskrzenia zewnętrznego, dzięki czemu obniża się poziom zakłóceń elektromagnetycznych. Ponadto w układzie tym zmniejszono liczbę połączeń w obwodzie wysokiego napięcia. W bezrozdzielaczowych elektronicznych układach zapłonowych na każde dwa cylindry silnika przypada jedna cewka dwubiegunowa. Sterowanie pracy cewki dwubiegunowej wywołuje jednoczesne powstanie dwóch iskier zapłonowych (jedna iskra jałowa).

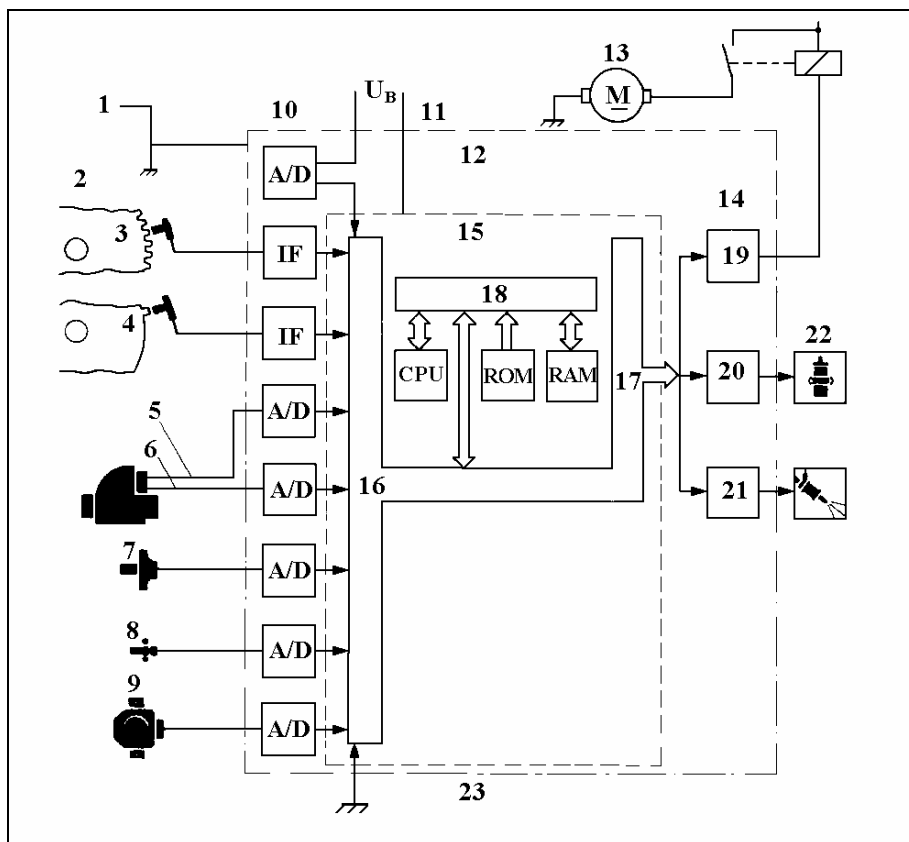


Rys. 5.36. Schemat elektronicznego systemu zapłonowego VZ-K  
 1 - świeca zapłonowa, 2 - cewka zapłonowa, 3 - czujnik położenia przepustnicy, 4 - układ sterujący zawierający moduł zapłonowy, 5 - czujnik temperatury silnika, 6 - czujnik spalania stukowego, 7 - czujnik prędkości i położenia wału korbowego, 8 - koło zamachowe, 9 - akumulator, 10 - włącznik zapłonu.

### 5.5.5. Tendencje w zakresie rozwoju elektronicznych układów zapłonowych

Tendencje w zakresie rozwoju i budowy elektronicznych układów zapłonowych można przedstawić na podstawie systemu sterowania Bosch Motronic (rys. 5.37).

System sterowania silnika Motronic zawiera układ zapłonowy zintegrowany z układem wtrysku. Elektroniczne urządzenie sterujące systemu Motronic zbudowane w technice cyfrowej (hybrydowej), wyposażone jest w mikrokomputer. Sterowanie obydwu układów odbywa się przy pomocy jednego mikrokomputera i przy wykorzystaniu tych samych czujników. Układ zapłonowy do regulacji kąta wyprzedzenia zapłonu wykorzystuje zapisaną w pamięci charakterystykę, której przebieg zależy: od kąta otwarcia przepustnicy, temperatury zasysanego powietrza, temperatury oraz prędkości obrotowej silnika. Wykorzystanie techniki cyfrowej umożliwia zaprogramowanie wartości kąta wyprzedzenia zapłonu dla fazy rozruchu silnika zarówno zimnego jak i nagrzanego. Szybkość obliczeniowa mikrokomputera pozwala, również na zmianę wartości tego kąta pomiędzy sąsiednimi cyklami pracy w cylindrze. W ten sposób następuje szybka adaptacja zapłonu do każdego stanu obciążenia silnika, zapewniając jego optymalną moc, minimalne zużycie paliwa i korzystny skład spalin.



Rys. 5.37. Schemat blokowy systemu Motronic i przepływu danych

1 - wejściowe urządzenia peryferyjne, 2 - czujniki, 3 - czujnik prędkości obrotowej, 4 - czujnik położenia wału korbowego, 5 - wydatek powietrza, 6 - temperatura powietrza dolotowego, 7 - temperatura powietrza dolotowego (tylko w przypadku turbodoładowania), 8 - temperatura silnika, 9 - zakres obciążenia silnika, 10 - człony wejściowe, 11 - zacisk „50” rozrusznika, 12 - urządzenie sterujące, 13 - pompa paliwa, 14 - człony wyjściowe, 15 - mikrokomputer, 16 - wejście, 17 - wyjście, 18 - magistrala danych, 19 - pompa, 20 - zapłon, 21 - wtrysk paliwa, 22 - peryferyjne urządzenie wyjściowe, 23 - przełączenie charakterystyki kąta wyprzedzenia

Nowoczesny system zapłonowy ma również funkcję dostosowania kąta wyprzedzenia zapłonu do liczby oktanowej paliwa. Układ steruje również wartością kąta zwarcia w zależności od prędkości obrotowej i aktualnego napięcia akumulatora. Pozwala to na utrzymanie na jednakowym poziomie wartości natężenia prądu w obwodzie pierwotnym.

W starszych rozwiązaniach systemu Motronic do rozdziału wysokiego napięcia na poszczególne cylindry silnika wykorzystywano rozdzielacz mechaniczny, w najnowszych rozwiązaniach został on wyeliminowany. Zastosowanie dla każdego cylindra cewek wysokiego napięcia, eliminuje przewody

wysokiego napięcia, przez co zmniejsza się poziom zakłóceń elektromagnetycznych.

Podsumowując, działanie układu polega na porównywaniu podczas jazdy rzeczywistych danych eksploatacyjnych z wymaganymi i jednoczesnym obliczaniu optymalnych wartości między innymi dawki wtrysku i kąta wyprzedzenia zapłonu. System Motronic jest wyposażony również w pamięć do gromadzenia danych diagnostycznych.

## 5.6. Ogólne zasady diagnostyki układów zapłonowych

Prawidłowa praca sprawnego silnika samochodowego zależy w głównej mierze od układu zasilania silnika w paliwo oraz od obwodu zapłonu. Spośród nieprawidłowości układu zapłonu daje się wyróżnić szereg uszkodzeń, które przy założeniu, że układ rozruchowy i zasilania wraz z akumulatorem działają poprawnie, można usystematyzować następująco:

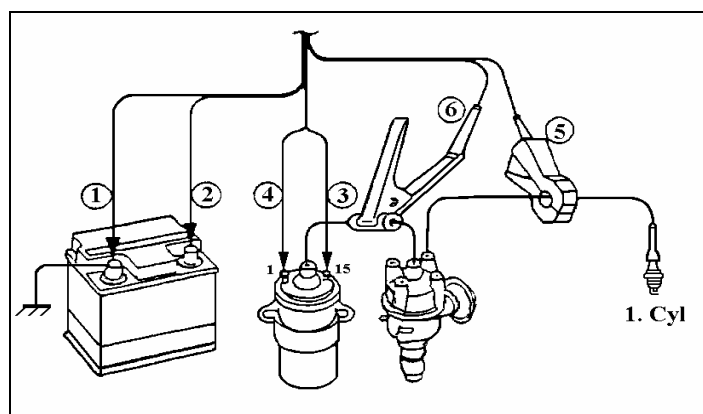
- układ zapłonowy nie działa w ogóle;
- zimny silnik nie daje się uruchomić lub uruchamia się z trudem;
- silnik daje się łatwo uruchomić, lecz po nagrzeniu pracuje nieregularnie lub się zatrzymuje;
- silnik pracuje prawidłowo przy prędkości biegu jałowego, lecz przy jej zwiększeniu zaczyna pracować nieregularnie lub gaśnie;
- silnik nie rozwija pełnej mocy i przegrzewa się.

Uszkodzenia układu zapłonowego mogą być spowodowane następującymi przyczynami:

- 1) brak zasilania obwodu pierwotnego, co może być wywołane przez:
  - nadmierne opory przejścia na złączach w obwodzie pierwotnym, wynikające ze złych połączeń w punktach łączeniowych obwodu, zużyte styki przerywacza lub przerwy w obwodzie pierwotnym cewki;
  - niewłaściwie wyregulowana szczelina przerywacza;
  - wyładowany akumulator;
  - zwarcie lub przerwa w uzwojeniu pierwotnym cewki, w przewodach doprowadzających lub w rozdzielaczu;
- 2) straty energetyczne w uzwojeniu wtórnym, źródłem czego mogą być:
  - uszkodzone lub zużyte świece zapłonowe, niewłaściwa szczelina między elektrodami;
  - uszkodzenie izolacji przewodów wysokiego napięcia powodujące upływność wysokiego napięcia;
  - przepływ prądu wysokiego napięcia po głowicy cewki zapłonowej, pokrywy aparatu zapłonowego lub w palcu rozdzielacza;
  - uszkodzone przewody w obwodzie wysokiego napięcia;
- 3) niesprawne układy regulacji wyprzedzenia zapłonu, co może mieć swe źródło:

- w niewłaściwie ustawionym zapłonie;
- zużyciu wałka rozdzielacza;
  - w uszkodzeniu regulatora podciśnieniowego;
  - w uszkodzeniu regulatora odśrodkowego;
- 4) przedwczesne zapłony spowodowane niewłaściwą wartością cieplną świecy zapłonowej, zanieczyszczeniem świecy itp.

Najczęściej wykrywanie uszkodzeń lub niedomagań układu zapłonowego dokonuje się za pomocą diagnostyków. Badanie uszkodzeń za pomocą testerów odbywa się w oparciu o analizę wszystkich faz przebiegu zapłonu w sposób graficzny. Dokonuje się porównania przebiegu badanego na ekranie oscyloskopu z przebiegiem wzorcowym. Obserwuje się przebiegi po stronie pierwotnej i po stronie wtórnej instalacji zapłonowej. Przebieg po stronie pierwotnej obserwowany jest dla określenia napięcia pierwotnego wytwarzanego przez cewkę oraz do kontroli stanu i funkcjonowania styków przerywacza. Przebieg po stronie wtórnej układu zapłonowego daje najdokładniejszą informację o sprawności i stanie zapłonu.



Rys. 5.38. Uniwersalny sposób podłączeń układu zapłonowego jednoobwodowego z wirującym elementem rozdzielu wysokiego napięcia (z rozdzielaczem zapłonu)  
 1 - zacisk koloru czarnego: na masie pojazdu, 2 - zacisk koloru czerwonego: na końcówce napięcia zasilającego instalację elektryczną pojazdu, 3 - końcówka zaciskowa koloru żółtego: na zacisku 15 (+) cewki zapłonowej, 4 - zielona końcówka zaciskowa: na zacisku 1 (-) cewki zapłonowej, 5 - czujnik szczękowy indukcyjny impulsów wyzwalania: na przewodzie zapłonowym 1-go cylindra, 6 - czujnik szczękowy pojemnościowy przy oscyloskopowym badaniu przebiegów w obwodzie wtórnym założony na przewodzie zapłonowym pomiędzy cewką zapłonową a rozdzielaczem zapłonu.

Do diagnostyki układu zapłonowego mogą być wykorzystane urządzenia różnych producentów. W szczególności w silnikach spalinowych z zapłonem iskrowym za pomocą diagnostyków np. firmy BOSCH można sprawdzić następujące wielkości:

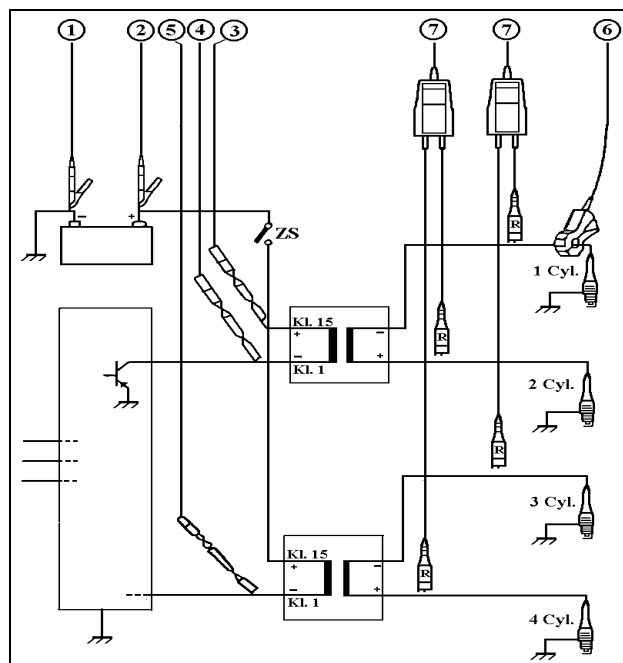
- prędkość obrotową;
- kąt zwarcia styków przerywacza;



- kąt wyprzedzenia zapłonu;
- napięcie;
- natężenie prądu;
- rezystancję;

Przebiegi rejestrowane po stronie pierwotnej i wtórnej układu zapłonowego mogą być obserwowane na ekranie oscyloskopu, mogą być wywoływane na ekran z pamięci i mogą być drukowane. Obserwacja przebiegów pozwala na ocenę stanu i prawidłowości działania układu zapłonowego.

Wykorzystując funkcję „multioscyloskopu” można jednocześnie obserwować przebiegi napięć i prądów przekazywane przez sondy, czujniki i elementy wykonawcze sterowanych elektronicznie urządzeń pojazdu.



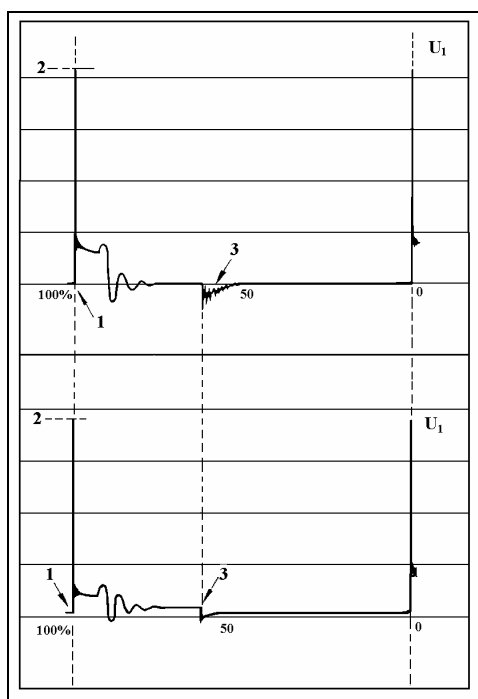
Rys. 5.39. Uniwersalny sposób podłączeń układu zapłonowego z cewkami dwubiegunowymi  
 1 - zacisk koloru czarnego: na masie pojazdu, 2 - zacisk koloru czerwonego: na końcówce napięcia zasilającego instalację elektryczną pojazdu, 3 - końcówka zaciskowa koloru żółtego: na zacisku 15 (+) cewki zapłonowej, 4 - zielona końcówka zaciskowa oznaczona symbolem „Cyl 1/ A” na zacisku 1 (-) cewki zapłonowej połączonej z pierwszym cylindrem, 5 - zielona końcówka zaciskowa oznaczona symbolem „B” i ewentualnie „C” oraz „D” na zaciskach 1 (-) cewek zapłonowych nie połączonych z pierwszym cylindrem, 6 - szczegółowy czujnik indukcyjny impulsów wyzwalania: na przewodzie zapłonowym 1 - go cylindra, 7 - szczegółowe czujniki pojemnościowe do oscyloskopowej obserwacji przebiegów w obwodzie wtórnym założone na przewody zapłonowe prowadzące od cewek do świec zapłonowych

Diagnostyki firmy BOSCH np. MOT-240, 251, FSA-560 skonstruowane są w taki sposób, że możliwe jest ich podłączenie do wszystkich aktualnie stosowanych systemów zapłonowych:

- zapłon klasyczny z cewką zapłonową i przerywaczem (rys. 5.38);
- zapłon elektroniczny z przerywaczem ew. bez przerywacza;
- całkowicie elektroniczne instalacje zapłonowe bez rozdzielacza zapłonu z cewkami zapłonowymi jedno- i dwubiegunowymi z maksymalnie 8 obwodami zapłonowymi (rys. 5.39).

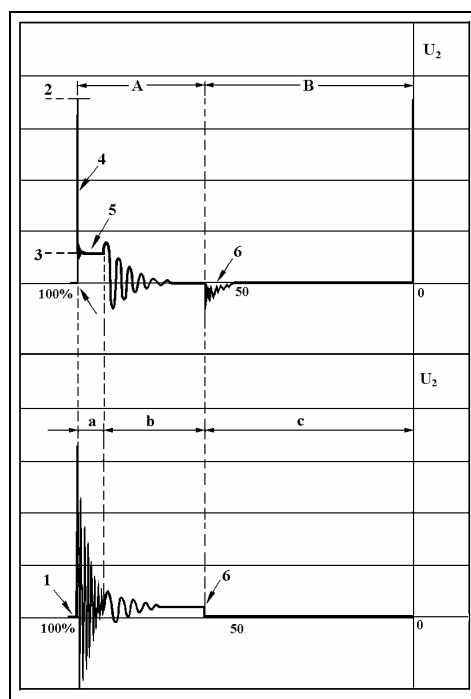
Oscylogramy przebiegów napięcia w obwodzie wtórnym i pierwotnym tranzystorowego układu zapłonowego przedstawia rys. 5.40, natomiast dla układu konwencjonalnego rys. 5.41.

Oscylogramy napięć w obwodzie wtórnym na poszczególnych cylindrach (rys. 5.42) oraz dla wybranych uszkodzeń przedstawiają rysunki 5.43 i 5.44.



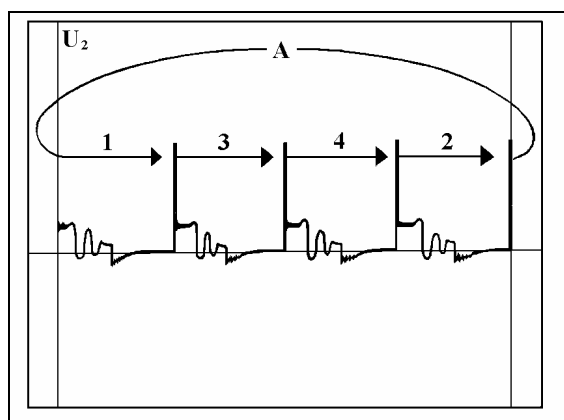
Rys. 5.40. Oscylogramy przebiegów napięcia w obwodzie wtórnym i pierwotnym tranzystorowego układu zapłonowego

- 1 - moment zatkania tranzystora (nie przewodzi);
- 2 - napięcie Zenera (obw. pierwotny), napięcie przebiecia (obw. wtórny), 3 - moment odblokowania tranzystora (przewodzi)

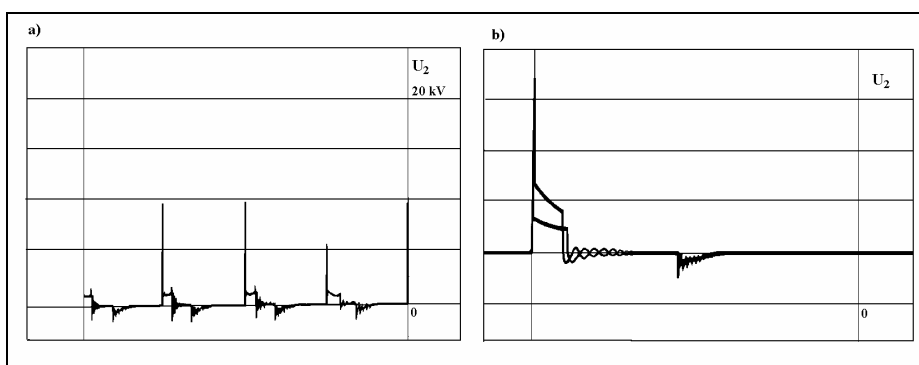


Rys. 5.41. Oscylogramy przebiegów napięcia w obwodzie wtórnym i pierwotnym konwencjonalnego układu zapłonowego

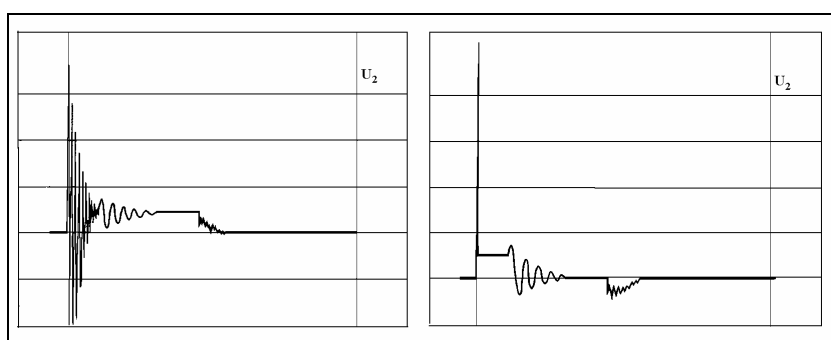
- 1 - moment rozwarcia styków przerywacza; 2 - napięcie przebiecia; 3 - napięcie iskrzenia na elektrodach świecy; 4 - linia napięcia zapłonu; 5 - linia iskry; 6 - moment zwarcia styków przerywacza; A - obszar rozwarcia styków przerywacza; B - obszar zwarcia styków przerywacza; a - obszar wyładowania iskrowego na stykach przerywacza; b - obszar gaśnięcia łuku i ustalania napięcia; c - obszar zwarcia styków



Rys. 5.42. Oscylogramy napięć w obwodzie wtórnym na poszczególnych cylindrach  
A – kolejność zapłonów



Rys. 5.43. Oscylogram napięcia w obwodzie wtórnym:  
a- przy zwartym do masy jednym kablu zapłonowym  
b- przy zakopconej lub zaolejonej świecy zapłonowej



Rys. 5.44. Oscylogram napięcia w obwodzie pierwotnym i wtórnym w przypadku złego stanu styków przerywacza

## 6. OBWÓD ROZRUCHU

### 6.1. Rozruch elektryczny silnika spalinowego

Do rozruchu silników spalinowych stosuje się rozruszniki elektryczne wytwarzające duży moment obrotowy. Rozrusznik składa się z silnika prądu stałego szeregowego lub szeregowo-bocznikowego, mechanizmu sprzęgającego, który sprzęga się na czas rozruchu z wieńcem koła zamachowego silnika spalinowego.

Po zazębieniu z wieńcem koła zamachowego silnika moment napędowy jest przenoszony przez zębnik (koło zębate) na wał korbowy silnika. Energia potrzebna do rozruchu jest pobierana z akumulatora. Rozrusznik wprawia w ruch koło zamachowe silnika. Wywołany w ten sposób ruch obrotowy wału korbowego jest zamieniany na ruch posuwisto-zwrotny tłoków w cylindrach. Moment oporowy silnika występujący w czasie rozruchu - wywołany sprężaniem mieszanki paliwowej, tarciami tłoków, łożysk korbowych i wału korbowego, lepkością oleju i innymi czynnikami - jest największy na początku rozruchu, a następnie znacznie maleje. Sumaryczny moment oporowy tarcia zwiększa się przy rozruchu silnika po długotrwałym postoju w niskiej temperaturze, gdyż wtedy znacznie zwiększa się lepkość oleju. Ponadto podczas rozruchu należy pokonać moment oporowy bezwładności mas wirujących, głównie koła zamachowego, wału korbowego, korbowodu oraz napędzanych urządzeń pomocniczych: pomp, alternatora itp.

W fazie początkowej rozruchu następuje przejścia silnika ze stanu spoczynku i nadanie wałowi korbowemu ruchu obrotowego. Faza zasadnicza polega na doprowadzeniu do najmniejszej prędkości obrotowej, przy której dokonuje się zapłon paliwa w cylindrach. Prędkość ta jest nazwana prędkością obrotową rozruchu i wynosi: dla silników z zapłonem iskrowym (ZI) ok.  $0,66 \div 1,16$  obr/s ( $40 \div 70$  obr/min), a dla silników z zapłonem samoczynnym (ZS), w zależności od ich budowy (wtrysk bezpośredni lub z komorą wstępną, z podgrzewaniem wstępnym lub bez podgrzewania), ok.  $1,66 \div 3,33$  obr/s ( $100 \div 200$  obr/min).

Bardzo ważnym elementem obwodu rozruchu jest akumulator. W warunkach polskich przyjmuje się, że w temperaturze  $-15^{\circ}\text{C}$  obwód rozruchu powinien zapewnić silnikowi z zapłonem iskrowym (ZI) 10 rozruchów w cyklach: włączenie - 10 s, przerwa - 60 s, a silnikowi z zapłonem samoczynnym (ZS) 3 rozruchy w cyklach: włączenie - 15 s, przerwa - 60 s. Ponadto od roz-

rusznika wymaga się nienaganej pracy w temperaturze otoczenia  $233 \div 333$  K ( $-40^{\circ}\text{C} \div +60^{\circ}\text{C}$ ).

Przy wyborze wielkości rozrusznika uwzględnia się: moment oporów i prędkość obrotową rozruchu silnika spalinowego. Gdyby rozrusznik był umieszczony bezpośrednio na wale silnika, wymiary jego i masa musiałyby być duże. Aby utrzymać wymiary rozrusznika i zasilającego go akumulatora w ekonomicznie uzasadnionych granicach, przy możliwie dużym momencie, wyposaża się go w małe koło zębate (zębniak), które sprzęga się na czas rozruchu z uzębionym wieńcem koła zamachowego. Moment przenosi się z wałka rozrusznika na wał silnika spalinowego. Przy przełożeniach  $1:8 \div 1:20$  moment rozwijany w rozruszniku jest niewielki, małe są jego wymiary i masa, co jest w sumie korzystne. Zębniak nie musi być stale sprzęgnięty z kołem zamachowym, ponieważ nie jest to konieczne ze względu na dorywczy sposób pracy rozrusznika. Po uruchomieniu silnika spalinowego rozrusznik obracałby się bowiem z nadmierną prędkością obrotową i uległby zniszczeniu wskutek działania sił odśrodkowych.

W chwili, gdy silnik spalinowy zacznie pracować, zębniak powinien być jak najszybciej samoczynnie wyzębiony z wieńca koła zamachowego lub odłączony od wałka rozrusznika w sposób uniemożliwiający przekazywanie napędu z silnika do rozrusznika. Rozruszniki dzieli się wg budowy mechanizmu sprzęgającego, napięcia znamionowego, mocy znamionowej, średnicy zewnętrznej, liczby zębów zębniaka, modułu zębniaka i kierunku wirowania.

Ze względu na budowę mechanizmu sprzęgającego rozróżnia się wśród rozruszników trzy podstawowe rozwiązania:

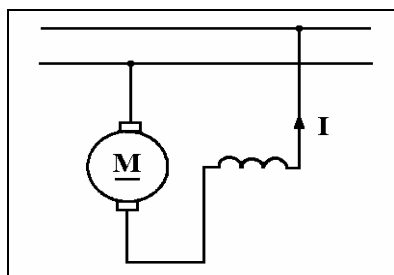
- rozrusznik z przesuwным zębniakiem o włączeniu jednostopniowym,
- rozrusznik ze śrubowo-przesuwным zębniakiem o włączeniu jednostopniowym,
- rozrusznik z przesuwным zębniakiem o włączeniu dwustopniowym.

## **6.2. Silnik elektryczny prądu stałego jako rozrusznik i jego charakterystyki elektromechaniczne**

Silnik szeregowy prądu stałego charakteryzuje się tym, że uzwojenie wzbudzenia i uzwojenie twornika są ze sobą połączone w szereg, skąd wynika równość

$$I_{tw} = I_{wzb} = I \quad (6.1)$$

Schemat silnika szeregowego jest przedstawiony na rys. 6.1.



Rys. 6.1. Schemat silnika szeregowego

Przy zmianie obciążenia zmienia się prąd płynący przez twornik i przez wzbudzenie, a jednocześnie zmienia się strumień indukcji magnetycznej wytworzony przez prąd wzbudzenia. Aby przy przepływie prądu przez uzwojenie wzbudzenia nie było nadmiernego spadku napięcia, wykonuje się je tak, aby miało małą liczbę zwojów o dużym przekroju.

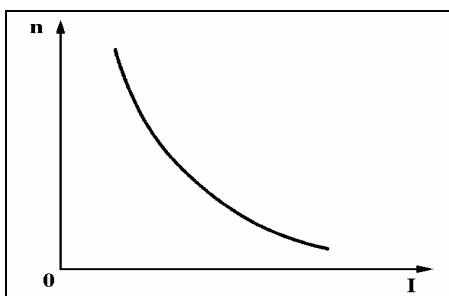
Przepływ potrzebny do wytworzenia strumienia jest iloczynem prądu  $I$  płynącego przez uzwojenie wzbudzające i liczby zwojów  $z$  tego uzwojenia.

$$\theta = z \cdot I \quad (6.2)$$

W silniku szeregowym, przy obciążeniu, prędkość obrotowa znacznie się zmniejsza, gdyż prąd wzbudzenia nie jest w nim stały co do wartości, tak jak np. w silniku bocznikowym, lecz zmienia się wraz z obciążeniem. Zależność prędkości obrotowej od prądu twornika otrzymuje się zgodnie ze wzorem

$$n = \frac{U - (R_{tw} + R_w) \cdot I}{c \cdot \Phi} \quad (6.3)$$

Ponieważ strumień magnetyczny  $\Phi$  jest związany z prądem, więc ze zwiększeniem prądu strumień zwiększa się początkowo szybciej według części prostoliniowej krzywej magnesowania, potem wolniej - już poza zakrzywieniem krzywej magnesowania. Z tego powodu przy małych obciążeniach odjemnik w liczniku (wzór 6.3) jest niewielki, ale strumień  $\Phi$  również jest niewielki, podczas gdy napięcie  $U$  pozostaje stałe, zatem prędkość obrotowa jest znaczna.



Rys. 6.2. Zależność prędkości obrotowej od prądu wzbudzenia silnika szeregowego

Krzywa zależności prędkości obrotowej  $n$  od prądu  $I$  przedstawiono na rys. 6.2. Z krzywej wynika, że dla małych obciążeń prędkość obrotowa silnika wzrasta nadmiernie, w stanie jałowym silnik ma tendencję do rozbiegania się. Z tego powodu silniki szeregowo mogą być uruchamiane tylko przy obciążeniu.

Z teorii maszyn prądu stałego wynika, że moment silnika określa wzór

$$M = c \cdot \Phi \cdot I \quad (6.4)$$

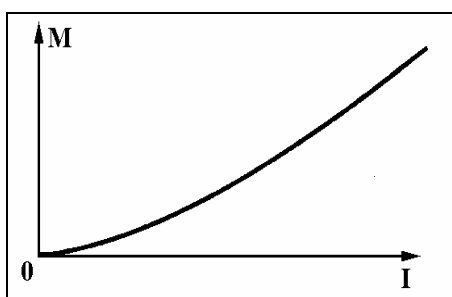
Przy małych nasyceniach (część prostoliniowa) istnieje ścisła proporcjonalność między strumieniem  $\Phi$  oraz prądem  $I$

$$\Phi = c_1 \cdot I \quad (6.5)$$

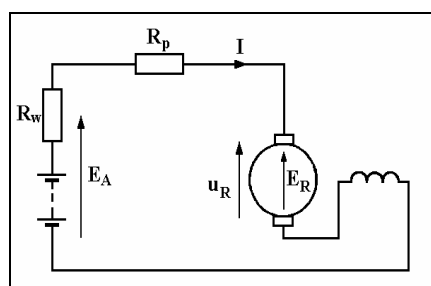
Podstawiając tę zależność do wzoru (6.4) otrzymuje się

$$M = c \cdot c_1 \cdot I \cdot I = c_2 \cdot I^2 \quad (6.6)$$

Na rys. 6.3 przedstawiono krzywą momentu silnika szeregowego  $M=f(I)$ . Ponieważ moment jest proporcjonalny do kwadratu prądu, silnik szeregowy szczególnie nadaje się do rozruchu urządzeń wymagających dużego momentu.



Rys. 6.3. Charakterystyka momentu obrotowego silnika szeregowego prądu stałego



Rys. 6.4. Schemat połączeń obwodu rozruchu z zaznaczeniem charakterystycznych składowych.

Rozruszniki samochodowe charakteryzują się:

- zasilaniem z akumulatora, a więc ze źródła o ograniczonej mocy i pojemności elektrycznej, co powoduje, że napięcie na zaciskach rozrusznika podczas pracy nie jest stałe i maleje dość znacznie ze wzrostem obciążenia;
- pracą dorywczą, podczas której temperatura uzwojeń zazwyczaj nie przekracza wartości dopuszczalnej, a więc nie jest czynnikiem ograniczającym moc rozrusznika;
- możliwością pełnego zahamowania i pracy bez obciążeń, co odpowiada w pierwszym przypadku zerowej prędkości obrotowej i maksymalnemu momentowi w pierwszej fazie procesu rozruchu, w drugim - pracy w stanie jałowym.

Na rysunku 6.4 przedstawiono schemat połączeń obwodu rozruchu z zaznaczeniem charakterystycznych składowych. Z rysunku wynika, że napięcie  $U_R$  na zaciskach rozrusznika w stanie ustalonym można obliczyć analizując sumę spadków napięć:

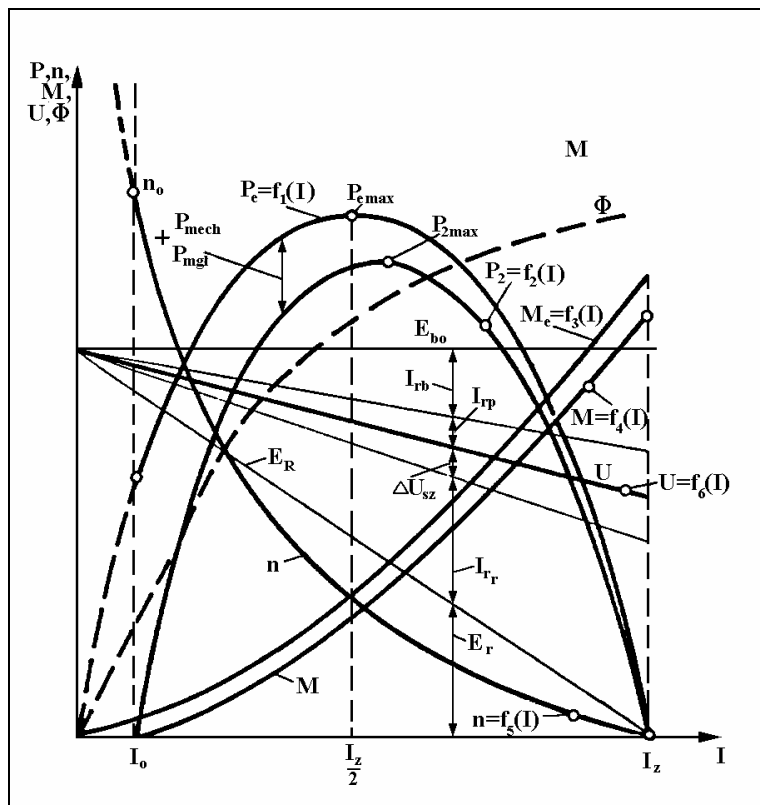
$$U_R = E_A - (R_w + R_p) I \quad (6.7)$$

gdzie:  $E_A$  - siła elektromotoryczna akumulatora,  $R_w$  - rezystancja wewnętrzna akumulatora,  $R_p$  - rezystancja przewodów łączących rozrusznik z akumulatorem,  $I$  - prąd pobierany przez rozrusznik.

Siła przeciwelektromotoryczna wyraża się wzorem

$$E_R = U_R - \Delta U_{SZ} - R_R \cdot I \quad (6.8)$$

gdzie:  $\Delta U_{SZ}$  - spadek napięcia na szczotkach rozrusznika,  $R_R$  - rezystancja uzwojeń twornika i wzbudzenia rozrusznika.



Rys. 6.5. Charakterystyki rozrusznika samochodowego  
 P - moc, n - prędkość obrotowa, M - moment rozrusznika, U - napięcie,  $\Phi$  - strumień magnetyczny,  $E_R$  - siła przeciwelektromotoryczna rozrusznika,  $I_z$  - prąd zwarciaowy

Rozpatrując stan pełnego zahamowania ( $n = 0$ ,  $E_R = 0$ ) można określić wartość prądu pobieranego z akumulatora przy rozruchu (prądu zwarciaowego)

$$I = \frac{E_A - \Delta U_{SZ}}{R_w + R_p + R_R} = I_z \quad (6.9)$$

Moc rozrusznika  $P_e$  wyraża się wzorem

$$P_e = E_R I = (E_A - \Delta U_{SZ}) I - (R_w + R_p + R_R) I^2 \quad (6.10)$$

Jej wartość równa się zero w dwóch punktach: w punkcie początkowym (przy  $E_R = 0$  i  $n = 0$ ) oraz w punkcie pracy odpowiadającym teoretycznemu stanowi jałowemu ( $I = 0$ ).

Prąd, przy którym moc elektromagnetyczna osiąga maksymalną wartość, wyznacza się z zależności



$$I_{p \max} = \frac{E_A - \Delta U_{SZ}}{2(R_w + R_p + R_R)} = \frac{I_z}{2} \quad (6.11)$$

Jak wynika z zależności (6.11), moc maksymalną rozrusznik osiąga przy prądzie równym połowie prądu stanu początkowego rozruchu.

Moc maksymalną rozrusznika wyznacza się, podstawiając do zależności (6.10) prąd ze wzoru (6.11)

$$P_{e \max} = \frac{(E_A - \Delta U_{SZ})^2}{4(R_w + R_p + R_R)} \quad (6.12)$$

Moc na wale rozrusznika  $P_R$  jest mniejsza od jego mocy elektromagnetycznej o straty mechaniczne i straty w żelazie, przy czym  $\eta_e$  oznacza sprawność elektromagnetyczną silnika elektrycznego (rozrusznika) (0,9 ÷ 0,95).

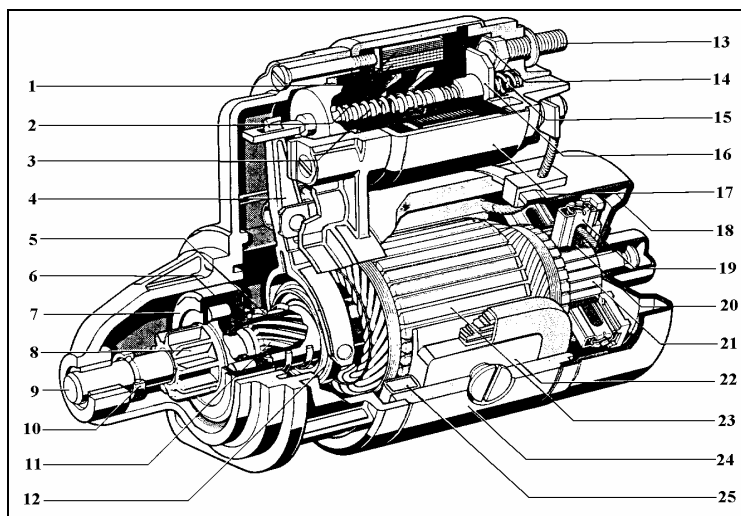
$$P_R = P_e \eta_e \quad (6.13)$$

Na rysunku (6.5) przedstawiono charakterystyki rozrusznika samochodowego.

### 6.3. Rozrusznik i mechanizmy sprzęgające

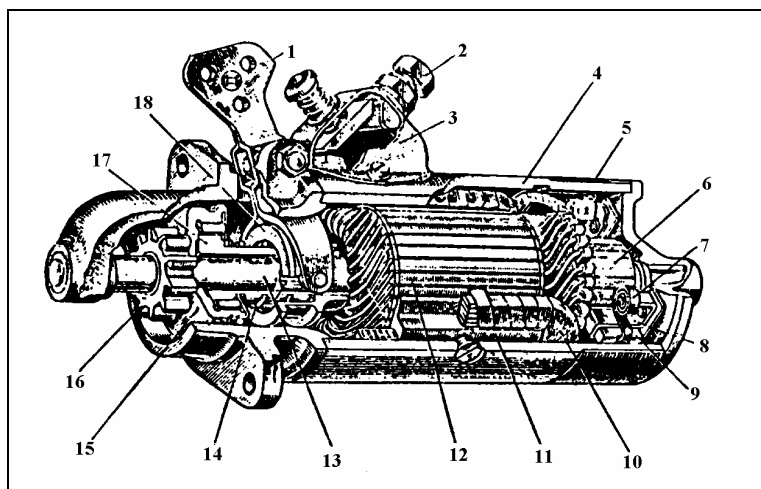
Budowę typowego rozrusznika przedstawia rys. 6.6. Rozrusznik składa się z silnika elektrycznego prądu stałego szeregowego lub szeregowo-bocznikowego, mechanizmu sprzęgającego i zębniaka, który sprzęga się na czas rozruchu z uzębionym wieńcem koła zamachowego silnika spalinowego. Po zazębieniu z wieńcem koła zamachowego silnika moment napędowy jest przenoszony przez zębniak osadzony na wałku rozrusznika na wał korbowy silnika. Energia potrzebna do rozruchu jest pobierana z akumulatora. Rozrusznik wprawia, więc w ruch koło zamachowe silnika. Wywołany w ten sposób ruch obrotowy wału korbowego jest zamieniany na ruch posuwisto-zwrotny tłoków w cylindrach. Rozruszniki elektryczne o budowie konwencjonalnej różnych rodzajów mają podobną zasadę działania, różnią się tylko rozwiązaniem włączania i wyłączania przekładni rozrusznik-silnik (zębniak rozrusznika-wieniec koła zamachowego). Pod względem rodzaju budowy mechanizmu sprzęgającego rozróżnia się:

- rozrusznik z przesuwным zębniakiem o włączeniu jednostopniowym (rys. 6.7);
- rozrusznik ze śrubowo-przesuwным zębniakiem (rys. 6.8);
- rozrusznik o przesuwным wirniku (rys. 6.9).



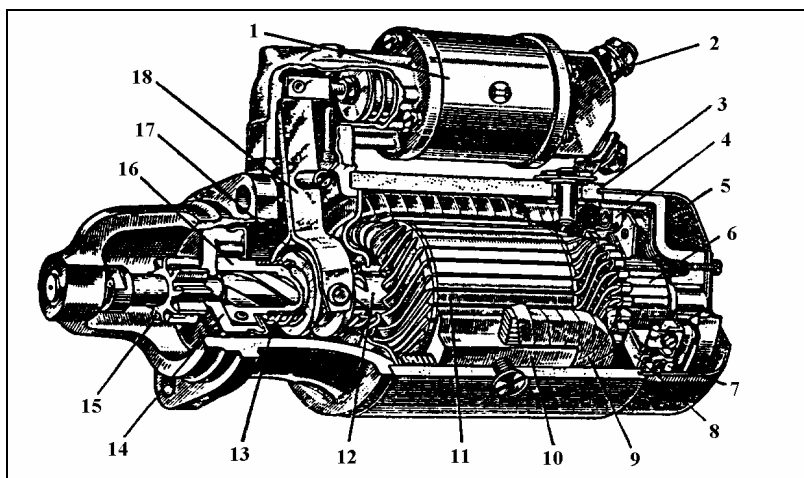
Rys. 6.6. Budowa rozrusznika

1 - uzwojenie trzymające, 2 - uzwojenie wciągające, 3 - rdzeń elektromagnetyczny, 4 - dźwignia, 5 - sprężyna śrubowa, 6 - bieźnia, 7 - osłona, 8 - zębnik, 9 - wałek, 10 - zabezpieczenie, 11 - tuleja z gwintem trapezowym, 12 - pierścień prowadnicy, 13 - zacisk prądowy, 14 - styk nieruchomy, 15 - sprężyna, 16 - zwora (styk ruchomy), 17 - obudowa elektrowyłącznika, 18 - pokrywa, 19 - szczotkotrzymacz, 20 - szczotka, 21 - komutator, 22 - nabiegunniki, 23 - twornik, 24 - obudowa, 25 - uzwojenie wzbudzenia



Rys. 6.7. Przekrój rozrusznika z przesuwym zębnikiem o włączeniu jednostopniowym (BOSCH) z mechanicznym włączeniem

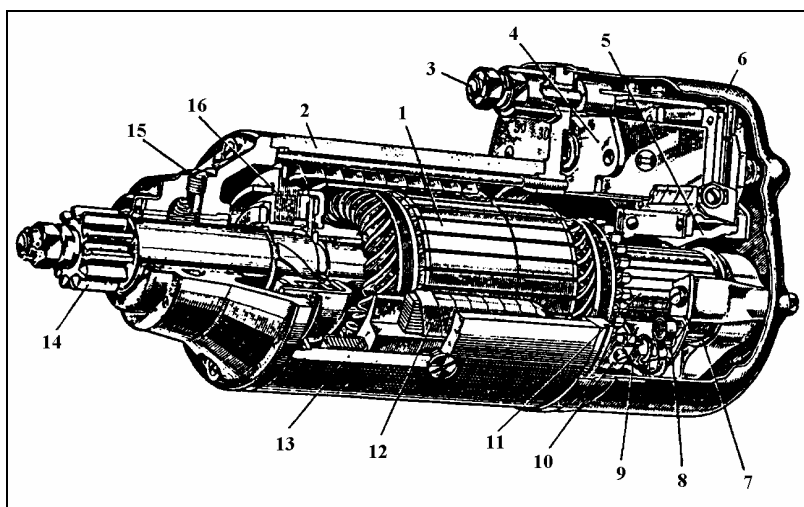
1 - dźwignia włączania mechanicznego, 2 - zacisk prądowy, 3 - wyłącznik rozruchowy, 4 - obudowa rozrusznika (jarzmo obwodu magnetycznego), 5 - opaska ochronna, 6 - komutator, 7 - sprężyna dociskowa szczotki, 8 - szczotkotrzymacz, 9 - szczotka miedziografitowa, 10 - uzwojenie wzbudzenia, 11 - nabiegunniki, 12 - twornik, 13 - wałek twornika, 14 - sprężyna śrubowa, 15 - sprzęgło jednokierunkowe, 16 - zębnik, 17 - zabierak, 18 - tuleja prowadnicy



Rys. 6.8. Rozrusznik o śrubowo-przesuwym zębniku

1 - wyłącznik elektromagnetyczny, 2 - zacisk prądowy, 3 - obudowa rozrusznika (jarzmo obwodu

magnetycznego), 4 - sprężyna dociskowa szczotki, 5 - opaska ochronna, 6 - komutator, 7 - szczotka miedziografitowa, 8 - szczotkotrzymacz, 9 - uzwojenie wzbudzenia, 10 - nabiegunnik, 11 - twornik, 12 - wałek twornika, 13 - sprężyna śrubowa, 14 - sprzęgło jednokierunkowe, 15 - zębник, 16 - zabierak, 17 - pierścień przewodnicy, 18 - dźwignia



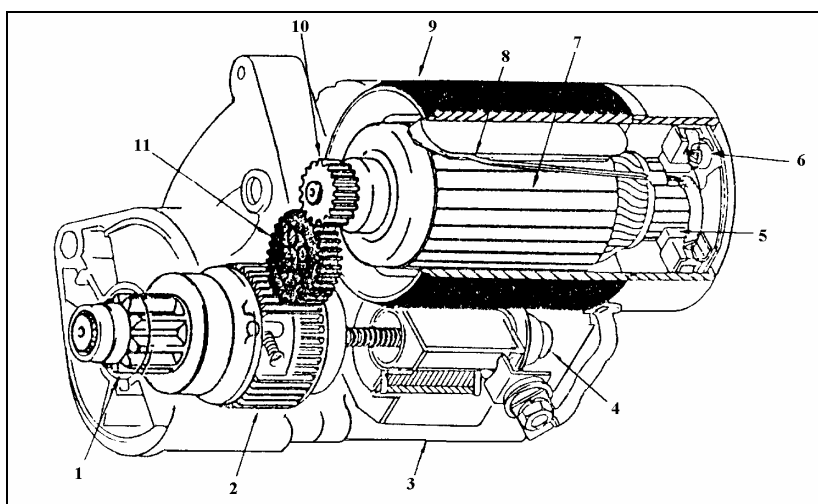
Rys. 6.9. Rozrusznik o przesuwym wirniku (BOSCH BNG)

1 - twornik, 2 - obudowa(jarzmo obwodu magnetycznego), 3 - zacisk prądowy, 4 - wyłącznik elektromagnetyczny, 5 - dźwignia zapadkowa, 6 - pokrywa, 7 - tarcza zwalnająca dźwignię 5, 8 - sprężyna dociskowa szczotki, 9 - szczotka miedziografitowa, 10 - szczotkotrzymacz, 11 - komutator, 12 - uzwojenie wzbudzenia, 13 - nabiegunnik, 14 - zębник, 15 - otwór smarowniczy, 16 - sprzęgło wielotarczowe

#### 6.4. Rozrusznik z reduktorem i przekładnią planetarną

Rozrusznik z reduktorem stosowany jest w samochodach firmy Toyota, zbudowany jest z typowych elementów wchodzących w skład rozrusznika o konwencjonalnej budowie i zasadzie działania: silnika prądu stałego, wyłącznika elektromagnetycznego, wałka z zębikiem, sprzęgła jednokierunkowego (rys. 6.10).

Ponadto w tego rodzaju rozruszniku zamontowane zostało dodatkowe pośrednie koło zębate, usytuowane między kołem zębatym napędowym silnika prądu stałego a wieńcem koła zamachowego.



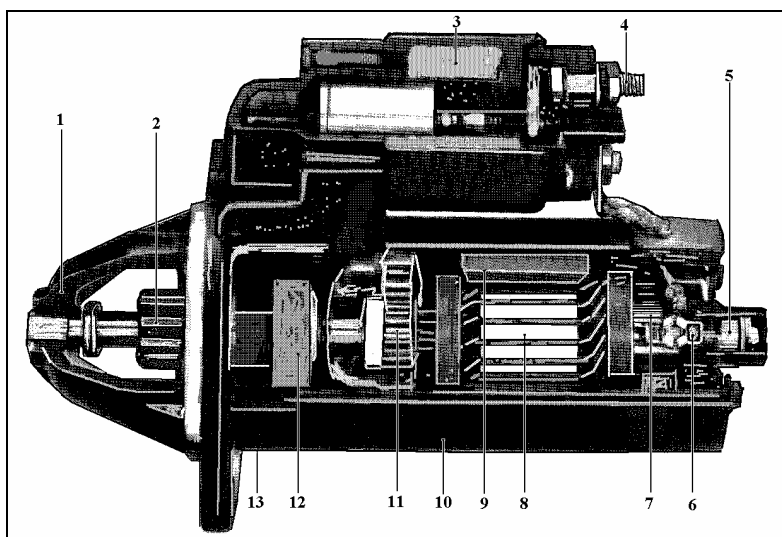
Rys. 6. 10. Schemat budowy rozrusznika z reduktorem  
1 - zębik, 2 - sprzęgło jednokierunkowe, 3 - wyłącznik elektromagnetyczny, 4 - rdzeń wyłącznika elektromagnetycznego, 5 - szczotka, 6 - sprężyna szczotki, 7 - twornik silnika, 8 - cewka magnetyczna, 9 - jarzmo magnetyczna, 10 - koło zębate napędowe, 11 - pośrednie koło zębate

Dodatkowe koło zębate redukuje prędkość obrotową silnika elektrycznego prądu stałego (przełożenie 1:3 lub 1:4) i przenosi napęd na zębik. Na uwagę zasługuje fakt, że wyłącznik elektromagnetyczny jest położony na tej samej osi co zębik. Rdzeń wyłącznika przesuwany, zatem zębik bez dodatkowej dźwigni prowadzący, bezpośrednio sprzęgając go z wieńcem koła zamachowego. Ten rodzaj rozrusznika wytwarza znacznie większy moment obrotowy niż rozrusznik konwencjonalny o podobnej masie i wymiarach.

Proces ząbkowania zębika rozrusznika z wieńcem koła zamachowego przebiega podobnie, jak w przypadku rozrusznika konwencjonalnego ze śrubowo-przesuwany zębikiem o wyłączeniu jednostopniowym. Należy

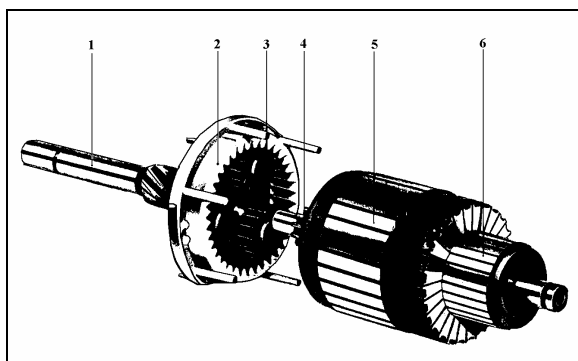
uwzględnić fakt, że konstrukcja urządzenia sprzęgającego jest taka, że wyłącznik elektromagnetyczny jest położony na tej samej osi co zębnik.

W innych rozrusznikach do redukcji prędkości obrotowej silnika elektrycznego prądu stałego stosowana jest przekładnia planetarna rys. 6.11.



Rys. 6.11. Rozrusznik z przekładnią planetarną

1 - główka rozrusznika, 2 - zębnik, 3 - uzwojenie elektromagnesu, 4 - zacisk prądowy, 5 - zabezpieczenie, 6 - szczotkotrzymacz, 7 - komutator, 8 - twornik, 9 - nabiegownik, 10 - obudowa, 11 - przekładnia planetarna, 12 - dźwignia, 13 - sprężyna śrubowa



Rys. 6.12. Połączenie wirnika z przekładnią planetarną

1 - wałek przekładni planetarnej, 2 - bieżnia przekładni, 3 - satelity przekładni, 4 - wałek twornika, 5 - twornik, 6 - komutator

Redukcję prędkości obrotowej silnika elektrycznego prądu stałego dokonują trzy satelity i koło wieńcowe o uzębieniu wewnętrznym stanowiące przekładnię planetarną rys 6.12. Satelity za pośrednictwem kosza obracają

wałkiem wyjściowym przekładni. Przełożenia wynoszą na przekładni odpowiednio 11:15:43 (koło centralne: satelity: koło wieńcowe). Całkowite przełożenie wynosi 5. Oznacza to, że prędkość obrotowa wału wyjściowego jest pięciokrotnie mniejsza od prędkości obrotowej wałka twornika.

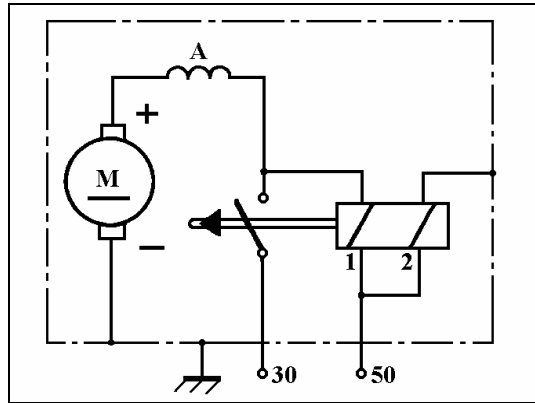
## 6.5. Rozruszniki produkcji polskiej

Polski przemysł produkuje rozruszniki samochodowe na napięcie znamionowe 12 i 24 V. Dla napięcia 12 V są to rozruszniki w zakresie mocy 0,6-3,0 kW, dla napięcia równego 24 V- rozruszniki w zakresie mocy 4,8-9,0 kW. Poniżej przedstawiono dane techniczne, schematy i charakterystyki trzech rozruszników produkowanych w Polsce.

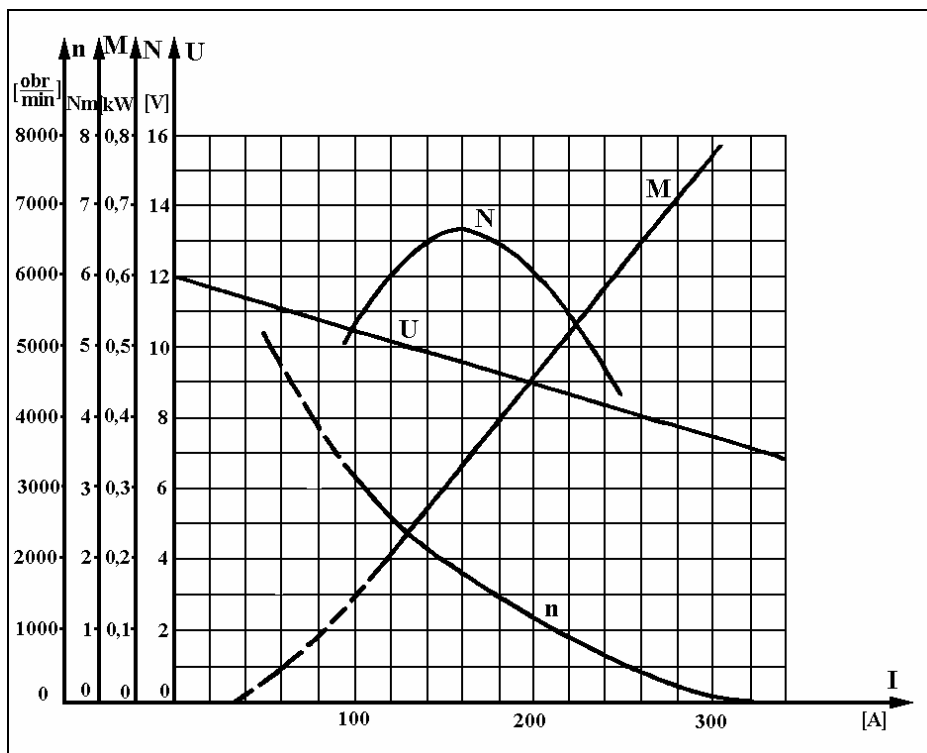
Tabela 6.1.

Rozrusznik R76 12V 0,6 KW zastosowany w samochodzie Fiat 126p.

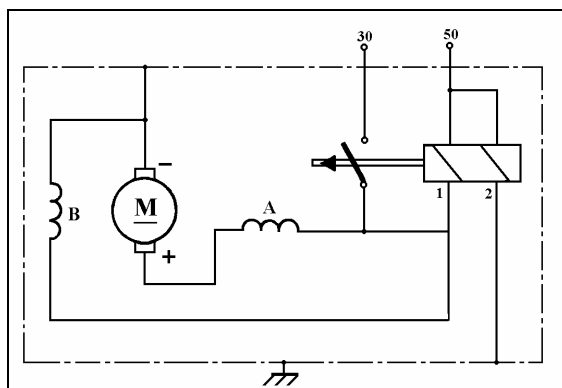
Lp.	Parametry	Jednostka	Wartość
1	Napięcie znamionowe	V	12
2	Moc znamionowa	kW	0,6
3	Pojemność baterii akumulatorów dla mocy znamionowej	Ah	36
4	Kierunek obrotów	-	lewy
5	Moment pełnego zahamowania przy poborze prądu $I = 330 \pm 10A$	Nm	> 8
6	Obroty biegu jałowego przy $I < 35A$	obr./min	> 7800
7	Liczba zębów zębniaka	-	9
8	Moduł	mm	2,116
9	Kąt przyporu	-	12°
10	Masa	kg	~4,0



Rys. 6.13. Schemat elektryczny rozrusznika R 76  
 A - uzwojenie szeregowe rozrusznika, 1 - uzwojenie wciągające wyłącznika,  
 2 - uzwojenie podtrzymujące wyłącznika



Rys. 6.14. Charakterystyki elektryczne rozrusznika R 76

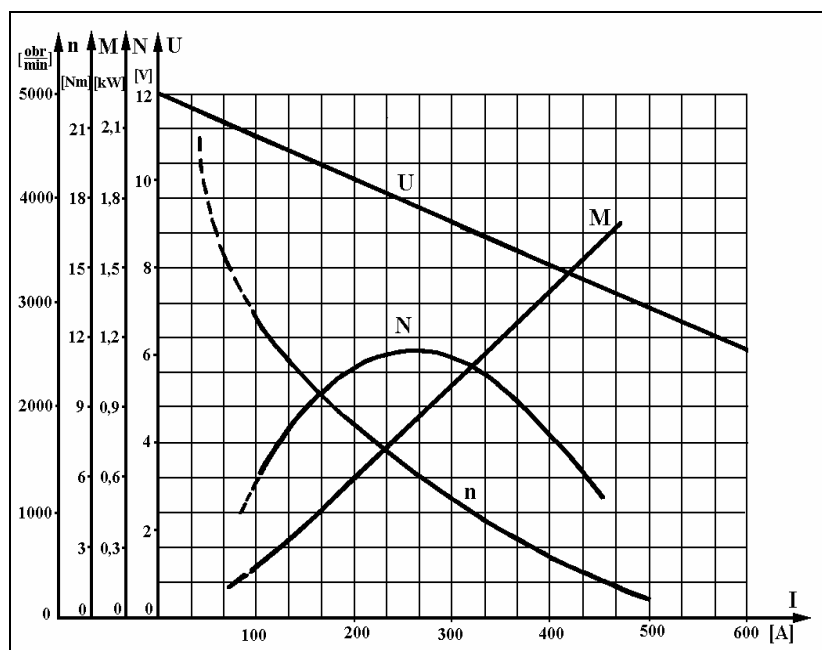


Rys. 6.15. Schemat elektryczny rozrusznika E100N  
 A - uzwojenie szeregowe rozrusznika, B - uzwojenie bocznikowe rozrusznika, 1 - uzwojenie wciągające wyłącznika, 2 - uzwojenie podtrzymujące wyłącznika

Tabela 6.2.  
 Rozrusznik E100, E100N 12V 1,5 kW, zastosowany w samochodach:  
 Polski Fiat 125p, Polonez

Lp.	Parametry	Jednostka	Wartość
1	Napięcie znamionowe	V	12
2	Moc znamionowa	kW	1,5
3	Pojemność baterii akumulatorów dla mocy znamionowej	Ah	60
4	Kierunek obrotów	-	prawy
5	Moment pełnego zahamowania przy poborze prądu $I = 540 \pm 20$ A	Nm	>19,6
6	Pobór prądu przy biegu jałowym (5000-6000 obr/min)	A	<65
7	Liczba zębów zębniaka	-	9
8	Moduł	mm	2,5
9	Kąt przyporu	-	20°
10	Masa	kg	ok. 8,7



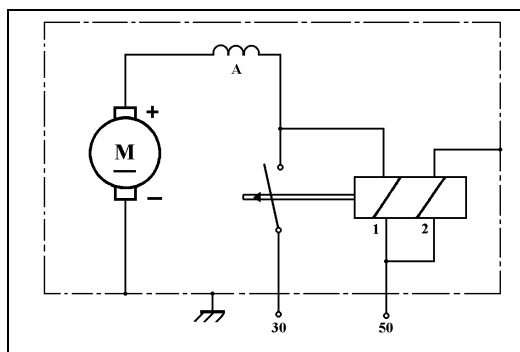


Rys. 6.16. Charakterystyki elektryczne rozrusznika E100N

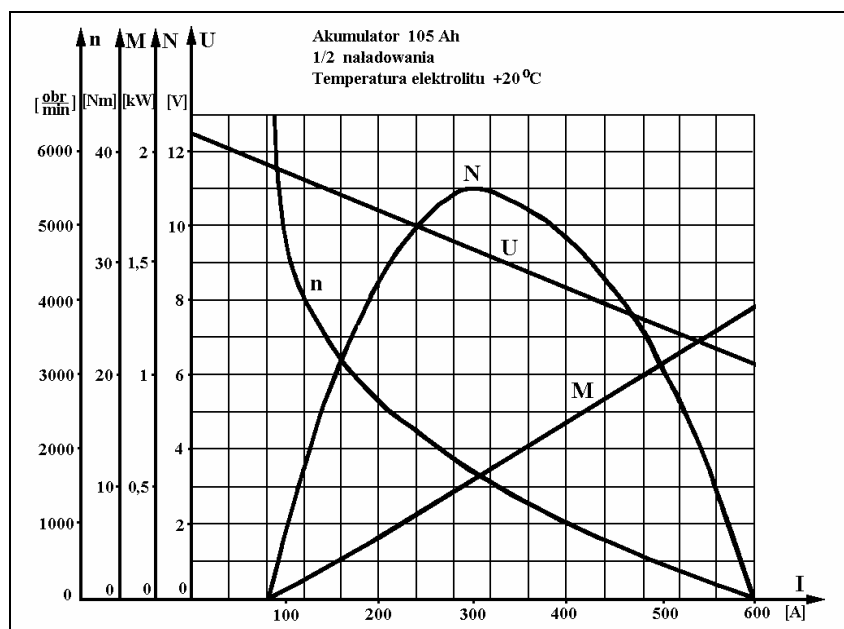
Tabela 6.3.

Rozrusznik R5b 12V 1,5 kW zastosowanie w samochodzie ciężarowym Żuk

Lp.	Parametry	Jednostka	Wartość
1	Napięcie znamionowe	V	12
2	Moc znamionowa	kW	1,5
3	Pojemność baterii akumulatorów dla mocy znamionowej	Ah	105
4	Kierunek obrotów	-	prawy
5	Moment pełnego zahamowania przy poborze prądu <600 A	Nm	> 19,6
6	Pobór prądu przy biegu jałowym (5000-7000 obr/min)	A	< 85
7	Liczba zębów zębniaka	-	9
8	Moduł	mm	3
9	Kąt przyporu	-	15°
10	Masa	kg	10,8



Rys. 6.17. Schemat elektryczny rozrusznika R 5  
 A - uzwojenie szeregowe rozrusznika, 1 - uzwojenie wciągające wyłącznika,  
 2 - uzwojenie podtrzymujące wyłącznika



Rys. 6.18. Charakterystyki elektryczne rozrusznika R 5

## 6.6. Urządzenia ułatwiające rozruch

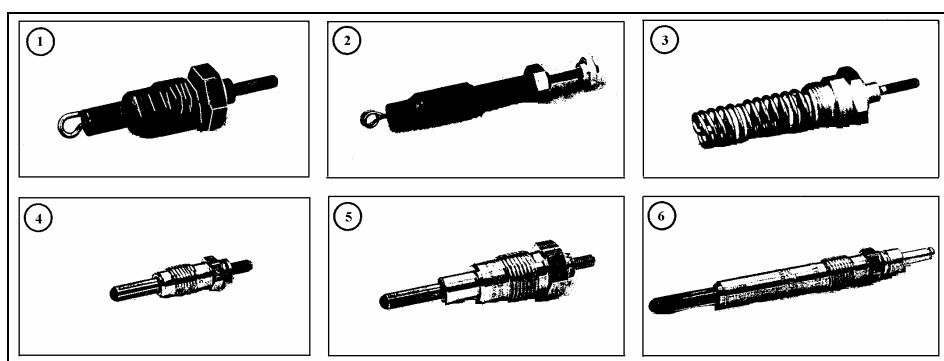
Trudne warunki szczególnie w zimie, narzucają konieczność zastosowania urządzeń ułatwiających rozruch. Można je podzielić w zależności od rodzaju silnika spalinowego, w którym są stosowane, na urządzenia ułatwiające rozruch w silnikach ZI i ZS. Do pierwszego rodzaju silników spalinowych

stosowano cewki zapłonowe z rezystorem zwieranym podczas rozruchu lub cewki z dodatkowym uzwojeniem pierwotnym.

W silnikach ZS podczas rozruch zimnego silnika sprężone powietrze może nie osiągnąć temperatury niezbędnej do wywołania samozapłonu wtryskiwanego paliwa w końcu suwu. Aby ułatwić rozruch silnika w tych warunkach stosuje się:

- świece żarowe;
- urządzenie rozruchowe ze świecą płomieniową;
- dwa akumulatory połączone szeregowo.

Na rys. 6.19 przedstawiono 6 rozwiązań świec żarowych:



Rys. 6.19. Rozwiązania świec żarowych

Tabela 6.4.

Dane charakterystyczne świec żarowych z rys. 6.19

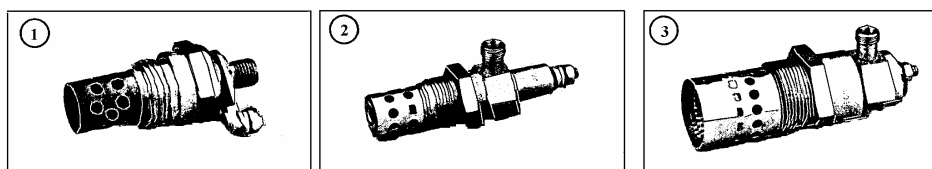
Nr obrazka	Napięcie [V]	Czas grzania świecy [s]	Wymiary gwintu świecy
1	0,9	< 20	M18 x 1,5
2	1,7	< 20	M18 x 1,5
3	5,5	< 50	M22 x 1,5
4	11,0	< 6	M12 x 1,25
5	9,0	< 8	M18 x 1,5
6	11,5	< 7,5	M12 x 1,25

Świece żarowe wkręca się do wnętrza komory spalania i łączy się je z zewnątrz szeregowo lub równolegle. Włączając świece przed rozruchem na okres 6 ÷ 50 sekund pod napięcie powodujemy podgrzanie się ich spirali do temperatury około 1000<sup>0</sup>C. Nie wyłączając żarzenia włączamy rozrusznik, a po uruchomieniu silnika wyłącza się żarzenie i rozrusznik. Ilość ciepła odda-

wanego przez spiralę grzejną do sprężonego powietrza zależy od mocy wydzielonej na spirali (ok. 60 W na świecę).

Wprowadzone przez firmę Bosch urządzenie pomocnicze rozruchu ze świecą płomieniową jest układem ułatwiającym rozruch zimnego wysoko-  
prężnego silnika przy mniejszym wydatku energii elektrycznej niż w urządzeniach ze świecami żarowymi przy równoczesnym zwiększeniu pewności rozruchu.

Przez podgrzanie zassanego powietrza od świecy żarowej ułatwiony jest rozruch zimnego silnika, a przez wtrysk odpowiedniej dawki paliwa przed świecą żarową zostaje ono odpowiednio rozpylone i zapalone od rozgrzanej powyżej temperatury zapłonu powierzchni elementu grzejnego świecy. Czas rozruchu jest znacznie krótszy i odbywa się w większym stopniu kosztem energii paliwa niż kosztem energii akumulatora. Przykłady takich rozwiązań świec płomieniowych przedstawia rysunek nr 6.20.



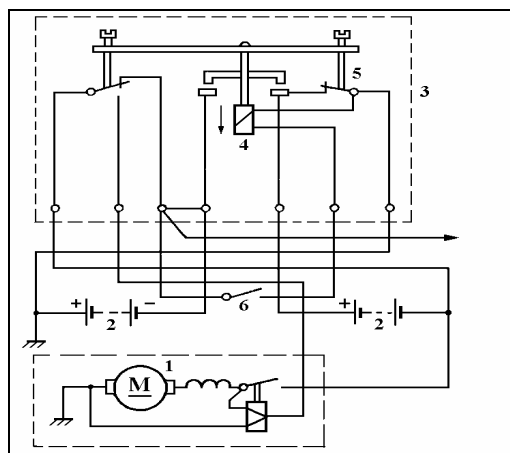
Rys. 6.20. Świece płomieniowe

Tabela 6.5.

Parametry świec płomieniowych

Nr rys. 6.20	Napięcie [V]	Wymiary gwintu świecy
1	13	M20 x 1,5
2	9,5	M20 x 1,5
3	19	M32 x 1,5

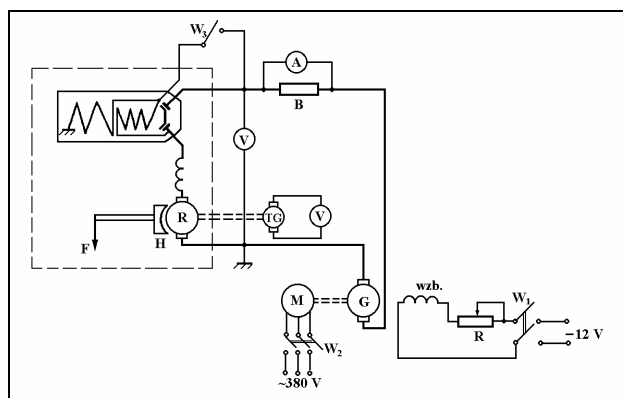
Z silnikami ZS są często stosowane rozruszniki o znacznym momencie obrotowym, pobierające duży prąd w czasie rozruchu. Dlatego są one budowane na napięcie 24 V. W takich pojazdach są instalowane dwa akumulatory 12 V, które w czasie rozruchu są łączone szeregowo i służą do zasilania rozrusznika, a po uruchomieniu silnika są łączone równolegle. To łączenie wykonuje samoczynnie przełącznik akumulatorów 12/24 V (rys 6. 21).



Rys. 6. 21. Schemat przełącznika 12/24 V:  
 1 - rozrusznik, 2 - akumulator, 3 - elektromagnetyczny przełącznik akumulatorów, 4 - uzwojenie elektromagnesu, 5 - wyłącznik równoległego połączenia akumulatorów, 6 - przycisk rozruchowy

## 6.7. Badanie rozrusznika pod obciążeniem

Dla wyznaczenia charakterystyk momentu obrotowego rozwijanego przez rozrusznik stosujemy układ połączeń jak na rys. 6.22.



Rys. 6.22. Układ pomiarowy do badania rozrusznika  
 W1, W2, W3 - wyłączniki, M. - silnik, G - prądnica, R - rozrusznik, F - dynamometr, TG - wskaźnik prędkości kątowej, V - woltomierz, A - amperomierz, B - bocznik, R<sub>w</sub> - rezystor, H - hamulec cierny

Pomiary wykonujemy dla biegu jałowego, następnie dokonujemy zmiany obciążenia przez stopniowe hamowanie pokręcając korbkę hamulca aż do zatrzymania rozrusznika. Wyznaczone charakterystyki mocy i momentu należy porównać z podawanymi przez producenta.

## **7. OŚWIETLENIE POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH I URZĄDZENIA SYGNALIZACYJNE**

Światłami pojazdów samochodowych nazywamy światła, których źródłem są urządzenia danego pojazdu lub światła odbite w odbłyśnikach tego pojazdu pochodzące z innych źródeł. Oświetlenie samochodu ma spełniać dwa podstawowe zadania: oświetlać drogę przed pojazdem i zapewnić widoczność pojazdu. Światła pojazdów samochodowych dzielą się na zewnętrzne i wewnętrzne.

### **7.1. Podstawowe zadania oświetlenia pojazdów samochodowych**

Źródła światła w pojazdach samochodowych służą do oświetlenia drogi, oświetlenia wnętrza pojazdu i do sygnalizacji świetlnej. Wymagania dotyczące barwy świateł zawarte są w normie PN-72/S-73011. Główne zadania oświetlenia w pojeździe to:

- umożliwienie jazdy pojazdu w nocy z prędkością odpowiednią do zasięgu widzialności;
- zapewnienie jak największego bezpieczeństwa na drogach publicznych zarówno dla pojazdów oświetlających, jak i innych użytkowników drogi, bez względu na rodzaj pojazdu i wzajemny kierunek ruchu;
- ułatwienie prowadzenia pojazdu przez zmniejszenie zmęczenia psychicznego i zmęczenie wzroku przy długich jazdach w porze nocnej.

Zadania te są realizowane przy użyciu świateł głównych pojazdów samochodowych złożonych ze świateł drogowych oraz świateł mijania.

Światła główne (drogowe i mijania) pojazdów powinny zapewnić:

- możliwie duży zasięg światła reflektorów,
- dobre i równomierne oświetlenie drogi, bez ostrych kontrastów i znacznych różnic w oświetleniu przedmiotów bliższych i dalszych, aby uniknąć zmęczenia wzroku kierowcy,
- dostateczne rozproszenie światła na boki w celu dobrego oświetlenia pobocza drogi, szczególnie prawego, przy jeździe na wprost i na łukach,
- osiągnięcie dostatecznego rozproszenia światła do góry dla zwiększenia bezpieczeństwa jazdy po nierównych drogach,

- spełnienie wymagań odpowiednich przepisów ze względu na niebezpieczeństwo oślniewania kierowców pojazdów nadjeżdżających z przeciwka.

## 7.2. Podstawowe wielkości fizyczne urządzeń oświetleniowych samochodów

Podstawowymi wielkościami z dziedziny fotometrii urządzeń oświetleniowych samochodu są:

- strumień świetlny,
- światłość, czyli natężenie promieniowania źródła światła,
- natężenie oświetlenia (dawniej jasność),
- luminancja, czyli jaskrawość (blask),
- skuteczność świetlna źródła światła.

**Strumieniem świetlnym  $\Phi$**  określamy moc promieniowania świetlnego określonej wiązki promieni świetlnych (w zakresie widzialnym dla człowieka) w danym miejscu przestrzeni. Promieniowanie widzialne (światło) obejmuje zakres fal o długości od 380 nm (nadfiolet) do 760 nm (podczerwień). Jednostką strumienia świetlnego jest 1 lumen (lm).

Wielkości fotometryczne określane są za pomocą wielkości energetycznych. Strumień świetlny można opisać zależnością:

$$\Phi = k_m \sum_{i=1}^n F_{e\lambda} V_\lambda (\lambda_i - \lambda_{i-1}) \quad (7.1)$$

w której:  $k_m$  - fotometryczny równoważnik promieniowania (jego wartość wynosi 680 lm/W);  $F_{e\lambda}$  - wartość mocy promieniowania odpowiadająca promieniowaniu w zakresie długości fal  $\lambda_{i-1} \dots \lambda_i$ , wyrażona w W;  $V_\lambda$  - względna skuteczność świetlna odpowiadająca wrażeniu wzrokowemu przeciętnego człowieka wywołanemu daną długością fali świetlnej.

**Światłością  $I$**  nazywamy kątową gęstość strumienia świetlnego. Fizycznie ta wielkość charakteryzuje energię świetlną wypromieniowaną do danego kąta bryłowego. W przypadku reflektora samochodowego część strumienia zostanie wypromieniowana bezpośrednio a pozostała część po odbiciu od odbłyśnika, dzięki czemu wzrasta kątowa wartość energii świetlnej. Analitycznie światłość wyraża się zależnością:

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (7.2)$$

gdzie  $\omega$  - kąt bryłowy, wyrażony w steradianach (sr).

Jednostką światłości jest 1 kandela (1 cd).

**Natężeniem oświetlenia  $E$**  nazywamy powierzchniową gęstość strumienia świetlnego. Fizycznie wielkość ta odpowiada jasności widzenia na powierzchni  $S$  oświetlonej strumieniem świetlnym  $\Phi$  o danej światłości  $I$ , czyli

$$E = \frac{\Phi}{S \cos \alpha} \quad (7.3)$$

gdzie:  $S$  - pole powierzchni,  $\alpha$  - kąt nachylenia powierzchni  $S$  do kierunku strumienia świetlnego  $\Phi$ .

Jednostką natężenia oświetlenia jest 1 luks (1 lx).

Od pewnej odległości począwszy, źródła światła nawet o stosunkowo dużych wymiarach można traktować jako punktowe. Wysyłany przez nie strumień świetlny zamknięty w kącie bryłowym  $\omega$  nie ulega zmianie, zwiększa się jednak z kwadratem odległości powierzchni, na którą ten strumień pada; natężenie oświetlenia maleje więc z kwadratem odległości. W fotometrii samochodowej natężenie oświetlenia odnosi się do powierzchni prostopadłej, czyli  $\alpha = 0$ . Wówczas wzór na natężenie pola przyjmie postać:

$$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{I\omega}{S} \quad (7.4)$$

a kąt bryłowy jest określany zależnością:

$$\omega = \frac{S}{r^2} \quad (7.5)$$

więc natężenie oświetlenia

$$E = \frac{I}{r^2} \quad (7.6)$$

Wzór (7.6) określa wartość natężenia oświetlenia w punkcie odległym o  $r$  od źródła światła. Z wzoru tego można wyznaczyć maksymalny zasięg reflektora samochodowego, jeżeli rozsył strumienia świetlnego wzdłuż osi przechodzącej przez środek reflektora (wzdłuż osi optycznej) jest równoległy do powierzchni drogi. Jako graniczną wartość natężenia oświetlenia, przy której oko ludzkie rozróżnia jeszcze kształty przedmiotów przyjmuje się 1 lx. Zatem zasięg widzialności, odpowiadający  $E = 1 \text{ lx}$  przy światłości maksymalnej reflektora samochodowego, określa wzór:

$$r = \sqrt{I_{\max}} \quad (7.7)$$

**Luminancją  $L$**  powierzchni w określonym kierunku nazywamy stosunek światłości tej powierzchni w danym kierunku do pola powierzchni prostopadłej do tego kierunku:

$$L = \frac{I}{S \cos \alpha} \quad (7.8)$$

Jednostką luminancji jest kandela na metr kwadratowy (1 cd/m<sup>2</sup>).

Luminancja powierzchni decyduje o efekcie olśniewania, np. luminancja żarnika żarówki typu Bilux wynosi 12·10<sup>6</sup> cd/m<sup>2</sup>, natomiast słońca w zenicie 1000·10<sup>6</sup> cd/m<sup>2</sup>.

**Skutecznością świetlną źródła  $\eta$**  światła nazywany jest stosunek mocy promieniowania  $\Phi$  świetlnego do mocy  $P$  dostarczonej do źródła:



$$\eta = \frac{\Phi}{P} \quad (7.9)$$

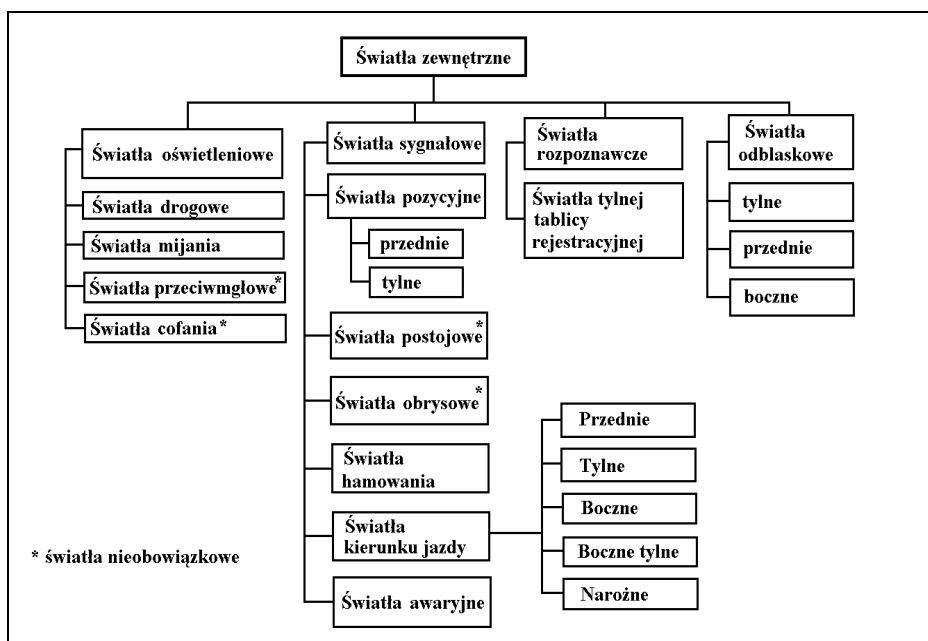
Jednostką skuteczności świetlnej jest lumen na wat (lm/W). Zdolność reagowania oka ludzkiego na bodźce świetlne zależy od natężenia oświetlenia. Jeżeli w ciągu dnia, kiedy natężenie oświetlenia jest duże, oko ludzkie wykazuje największą czułość w zakresie fal o długości 555 nm (barwa żółta), przy zmniejszaniu się padającego na tę samą powierzchnię strumienia świetlnego (o zmroku i nocą) przesuwa się punkt maksymalnej czułości w kierunku fal krótszych (około 508 nm).

### **7.3. Światła pojazdów samochodowych**

Światła zewnętrzne oświetleniowe przeznaczone są do oświetlenia drogi przed pojazdem i za pojazdem przy cofaniu i niezbędne są podczas jazdy po drogach publicznych. Podział świateł zewnętrznych pojazdów przedstawiono na rys.7.1.

### **7.4. Konstrukcja samochodowych świateł głównych**

Światła drogowe i światła mijania stanowią element optyczny, w skład którego wchodzi: odbłyśnik (lustro) o kształcie paraboloidalnym, źródło światła i szyba rozpraszająca o odpowiednio ukształtowanej powierzchni (ryflowana). Na rys. 7.2 przedstawiono kilka wybranych kształtów samochodowych świateł głównych. Postęp w technologii wytwarzania i wykorzystanie komputerowych metod projektowania spowodował, iż spotyka się dowolne kształty reflektorów podyktowane modą i stylistyką samochodu. Odbłyśnik ma ukształtowane wycinki paraboloid o różnych ogniskowych, których ogniska znajdują się w tym samym punkcie.



Rys. 7.1. Podział świateł zewnętrznych pojazdów

#### 7.4.1. Reflektor samochodowy

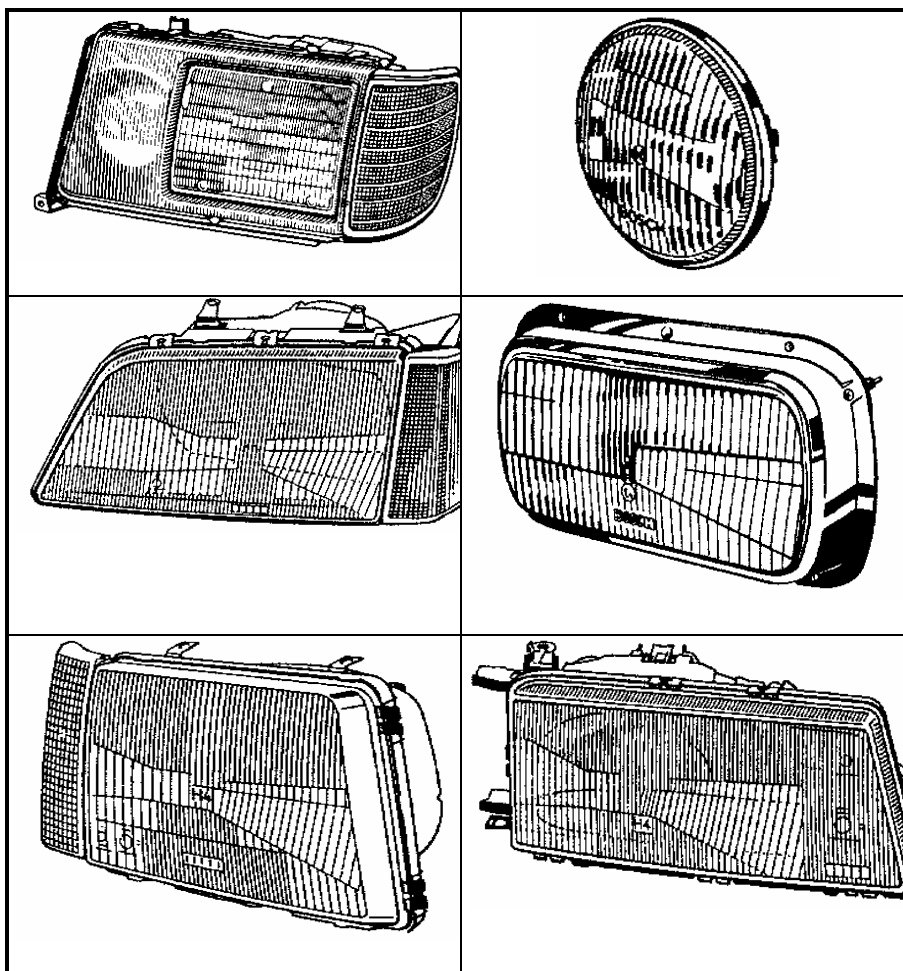
Reflektory główne przeznaczone są do oświetlania drogi w warunkach ograniczonej widoczności. Reflektory główne wytwarzają:

- *światło mijania* - do oświetlenia drogi w sposób ograniczający możliwość oślniewania kierowców pojazdów jadących z przeciwka. Światło mijania powinno oświetlać drogę, co najmniej na 40 m przed pojazdem w warunkach dobrej przejrzystości powietrza.
- *światło drogowe* - do oświetlania drogi na dużą odległość, co najmniej 100 m. Przyjmuje się, że dobre oświetlenie występuje wówczas, gdy natężenie oświetlenia pionowej przeszkody wynosi, co najmniej 1 lx.

Spotyka się następujące systemy reflektorów głównych:

- reflektor duży okrągły - wytwarzający światło mijania i drogowe,
- podwójny system reflektorów okrągłych, osobnych dla świateł mijania i światła drogowego; reflektor świateł mijania może wytwarzać dodatkowo światło drogowe,
- podwójny system reflektorów prostokątnych, osobnych dla świateł mijania i drogowych,
- reflektor prostokątny - wytwarzający światło mijania i światło drogowe,

- mieszany system reflektorów - prostokątny dla światła drogowego i eliptyczne lub okrągły dla światła mijania.



Rys. 7.2. Spotykane kształty reflektorów samochodowych

Głównymi elementami reflektora są: odbłyśnik, żarówka, szyba rozpraszająca, obudowa, urządzenie do regulacji, przyłącze napięcia. Budowę reflektora samochodowego przedstawiono na rys. 7.3.

Reflektor europejski światła głównego zaopatrzony jest w żarówkę dwuświatłową (bilux). Żarnik światła drogowego żarówki powinien znajdować się w ognisku paraboloidalnego lustra projektora. Lustro reflektora jest ukształtowane w postaci wycinka paraboloidy obrotowej, co powoduje odbicie promieni w postaci równoległej wiązki ze źródła światła znajdującego się w

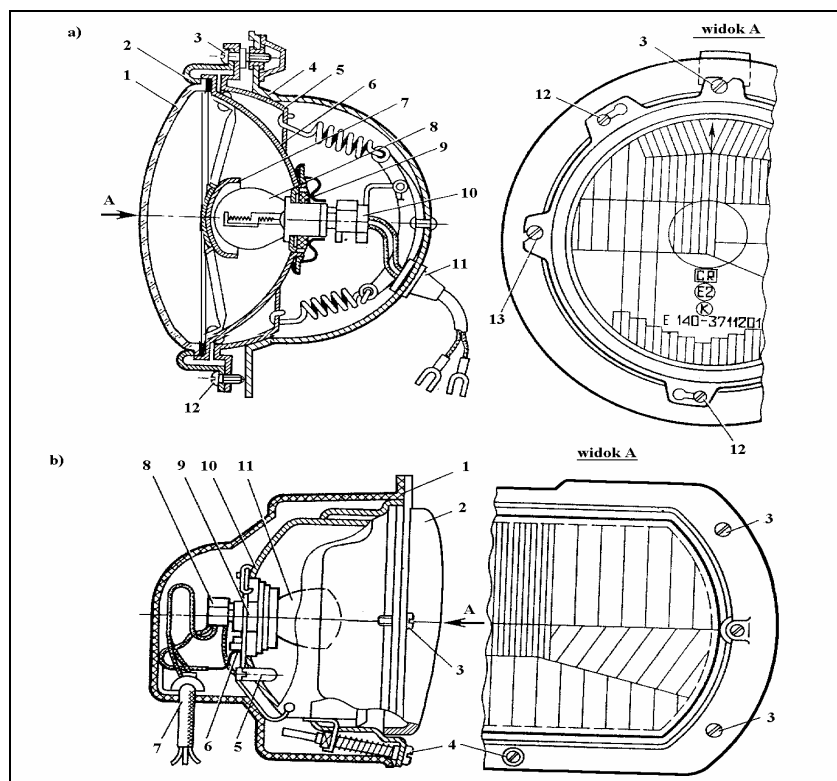
ognisku (rys. 7.4), co zapewnia znaczny zasięg reflektora. Żarnik światła mijania umieszczony jest przed żarnikiem światła drogowego w odległości mniejszej od podwójnej ogniskowej i przesłonięty od spodu półwalcowym ekranem zapobiegającym odbiciu promieni od dolnej połowy czaszy lustra.

Ogniskową  $f$  oblicza się ze wzoru:

$$f = \frac{\sqrt{Dd}}{4} \quad (7.10)$$

gdzie:  $D$  - średnica otworu wylotowego reflektora,

$d$  - średnica otworu oprawy u wierzchołka paraboloidy obrotowej.



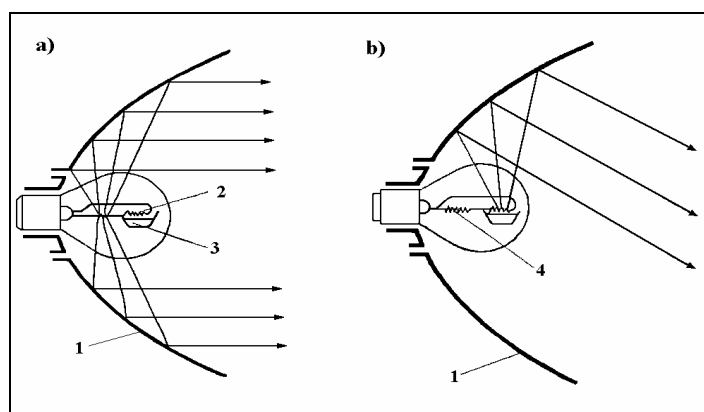
Rys. 7.3. Budowa reflektora samochodowego:

a - okrągłego: 1 - szyba rozpraszająca, 2 - pierścień, 3, 13 - wkręty regulacyjne, 4 - obudowa, 5 - uchwyt elementu optycznego, 6 - odbłyśnik, 7 - osłona żarówki, 8 - żarówka, 9 - węzeł mocujący, 10 - kostka łączeniowa, 11 - przewody, 12 - śruba mocująca; b - prostokątnego: 1 - obudowa, 2 - szyba rozpraszająca, 3 - śruba mocująca, 4 - wkręt regulujący, 5 - żarówka pozycyjna, 6, 7 - przewody, 8 - kostka łączeniowa, 9 - węzeł mocujący, 10 - odbłyśnik, 11 - żarówka reflektora

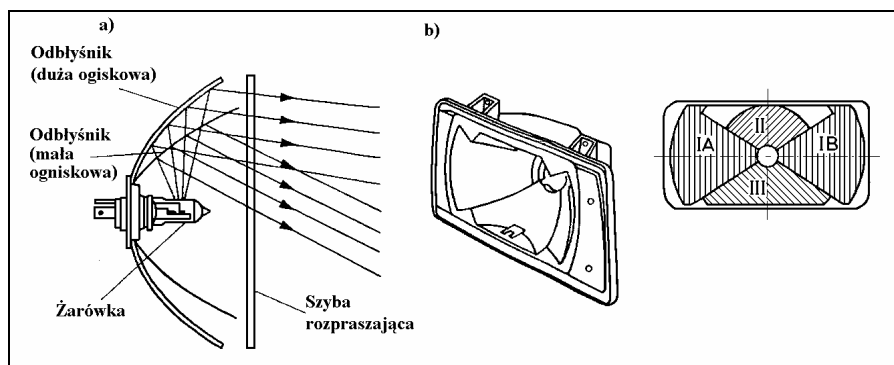
W praktyce teoretycznie obliczona ogniskowa jest rzadko spotykana, z uwagi na zbyt dużą głębokość lustra i występujące z tym trudności technologiczne.

Zdolność skupiająca i odbijająca promieni świetlnych zależy od powierzchni lustra, jej gładkości i odporności na wpływy atmosferyczne. Najczęściej lustra reflektorów powleka się aluminium.

Promienie świetlne emitowane przez żarnik światła mijania padają na górną część czaszy pod kątem mniejszym niż promienie od światła drogowego, nie są one równoległe do osi optycznej lecz skłaniają się ku dołowi (rys. 7.4) i powodują mniejsze olśnienie kierowcy nadjeżdżającego z przeciwnej strony.



Rys. 7.4. Bieg promieni świetlnych wysyłanych przez źródło umieszczone:  
 a - w ognisku paraboloidy, b - dalej od lustra niż jego ogniskowa: 1 - odbłyśnik,  
 2 - żarnik światła mijania, 3 osłona żarnika, 4 - żarnik światła drogowego



Rys. 7.5. Układ optyczny reflektora z odbłyśnikiem wieloparaboloidalnym współogniskowym:  
 a - bieg promieni świetlnych wysyłanych przez światła mijania, b - widok odbłyśnika  
 wieloparaboloidalnego (I, II, III - różne paraboloidy)

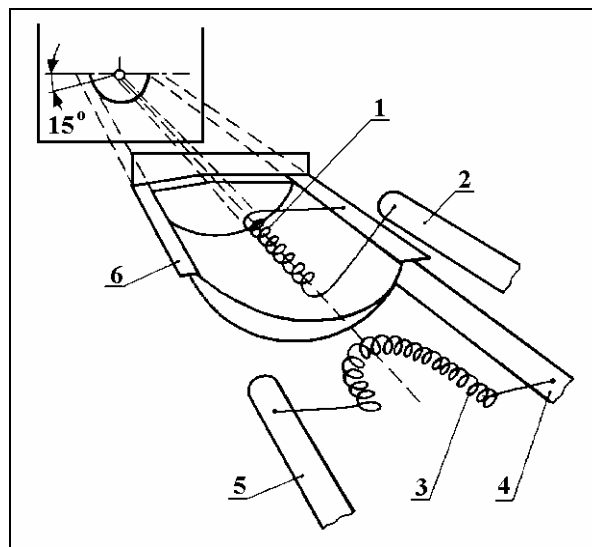
W przypadku reflektora prostokątnego paraboloidalny odbłyśnik ma ścięty dolny i górny wycinek paraboloidy. Płaskie powierzchnie reflektora są

nieczynne optycznie. Układ optyczny takiego reflektora jest podobny jak na rys. 7.4.

Współczesne samochody charakteryzują się małym współczynnikiem opływu powietrza  $C_x$ , dlatego wysokość reflektora powinna być niewielka. Warunek ten spełnia odbłyśnik wieloparaboloidalny (rys. 7.5.). Uzyskanie takich odbłyśników nie przedstawia obecnie żadnych kłopotów, dzięki nowym technologiom oraz komputerowym wspomaganiami projektowania. Odbłyśnik jest ukształtowany z wielu współosiowych paraboloid o różnych ogniskowych. Paraboloide IA i IB zapewniają zasięg reflektora, natomiast paraboloida II zapewnia oświetlenie pobocza i przedpoła, a paraboloida III wykorzystywana jest przy świetle drogowym.

Głównymi wadami europejskiego reflektora symetrycznego są:

- 1) niepełna eliminacja efektu olśnienia,
- 2) znaczne zmniejszenie zasięgu światła mijania.
- 3) konieczność dokładnego ustawienia osi optycznych obydwóch reflektorów,
- 4) możliwość olśnienia współużytkowników drogi nawet przy dobrze ustawionych światłach podczas jazdy po nierównych drogach.



Rys. 7.6. Rozmieszczenie żarników i przesłony w europejskim reflektorze z asymetrycznym światłem mijania:

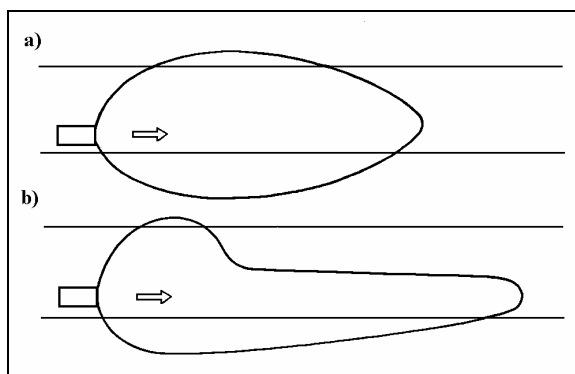
- 1 - żarnik światła mijania, 2 - elektroda światła mijania, 3 - żarnik światła drogowego,  
4 - elektroda wspólna dla obu żarników, 5 - elektroda światła drogowego, 6 - przesłona światła mijania

Położenie żarnika światła mijania zależy od konstrukcji reflektora. Pociąga to za sobą wartość kąta  $\alpha$  - kąta nachylenia krańcowego promienia odbitego do osi optycznej reflektora (do powierzchni drogi). Im kąt  $\alpha$  jest większy, tym

blżej samochodu nastąpi zetknięcie promieni świetlnych z powierzchnią drogi - tym samym zmniejszy się zasięg widzenia. Im kąt  $\alpha$  mniejszy, tym większy zasięg widzenia przy światłach mijania.

W światłach mijania istotne jest uniknięcie efektu olśnienia kierowcy pojazdu nadjeżdżającego z przeciwnika. Olśnienie jest zjawiskiem fizjologicznym i występuje wskutek pojawienia się w polu widzenia człowieka źródła światła o silnej luminancji, przy nierównomiernym rozkładzie luminancji innych przedmiotów pozostających w polu widzenia. W czasie jazdy nocą samochodem w polu widzenia kierowcy - przy mijaniu - pojawia się silnie oświetlona w stosunku do tła, powierzchnia reflektora świateł głównych. Wywołuje to olśnienie, powodujące nieprzyjemne wrażenie, zaburzenie adaptacyjne wzroku, a przy dużej częstotliwości mijania - znaczne zmęczenie psychiczne kierowcy, stanowiące potencjalne zagrożenie przy długotrwałej jeździe nocą.

Po II wojnie światowej rozpowszechnił się w Europie reflektor samochodowy z asymetrycznym światłem mijania. Zasada jego polega na tym, że przesłona 6 żarnika światła mijania 1 (rys. 7.6) w żarówce dwuświatłowej jest ścięta z lewej strony przy ruchu prawostronnym pod kątem  $15^\circ$ , dzięki czemu część promieni świetlnych odbija się od dodatkowego wycinka dolnej półkuli paraboloidy lustra. Powoduje to lepsze oświetlenie prawego pobocza drogi i dalszy zasięg świateł mijania. Zmniejsza się wzajemny efekt olśnienia u kierowców nadjeżdżających z przeciwnych stron, bowiem im lepsze jest oświetlenie drogi, tym większe natężenie światła reflektorów samochodu jadącego z przeciwnika potrzebne jest do wywołania efektu olśnienia.



Rys. 7.7. Rozkład wiązki świetlnej w płaszczyźnie poziomej świateł:  
a - symetrycznych, b - asymetrycznych

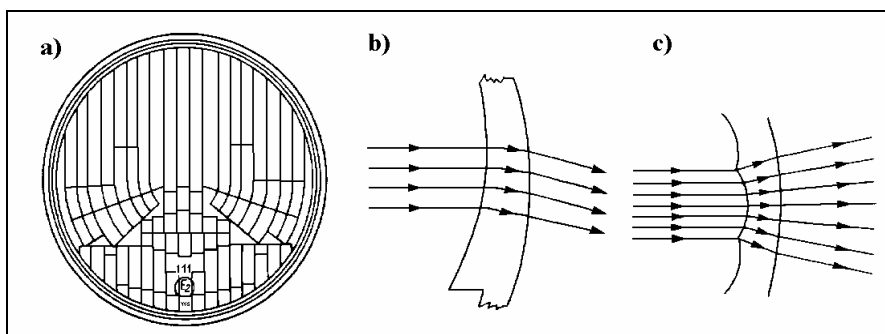
Na rys. 7.7. przedstawiono rozkład światła mijania na powierzchni drogi. Wskutek zastosowania ekranu osłaniającego promieniowanie żarnika świateł

mijania o kącie  $165^\circ$  uzyskuje się asymetryczne światło mijania. Szyba reflektora asymetrycznego jest specjalnie ukształtowana

Każdy reflektor ma możliwość regulacji kąta nachylenia do powierzchni drogi w czasie eksploatacji, z tym, że w nowych konstrukcjach samochodów kierowca może to robić bezpośrednio z kabiny samochodu, jak również spotyka się rozwiązania automatyczne sterowane układem czujników. W reflektorach o tradycyjnej konstrukcji razem z odbłyśnikiem przemieszcza się szyba reflektora trwale z nim złączona. Obecnie spotyka się rozwiązania z nieruchomą szybą i wówczas odbłyśnik przemieszcza się w stosunku do nadwozia.

#### 7.4.2. Szyba rozpraszająca

Dodatkowe ukształtowanie strumienia świetlnego, a więc i rozproszenie go w płaszczyźnie drogi, umożliwiła szyba rozpraszająca wykonana ze szkła w postaci zbioru soczewek lub pryzmatów rozłożonych odpowiednio do wymaganego efektu olśnienia (rys. 7.8). Obecnie w nowych samochodach spotyka się gładkie szyby reflektorów, natomiast odpowiedni rozkład strumienia światła uzyskuje się przez ukształtowanie dolnej części odbłyśnika w postaci wielu paraboloid oraz osłonę żarówki oraz stosowanie soczewek płaskich. W ostatnim okresie rozpoczęto instalowanie w samochodach reflektorów o odbłyśnikach wykonanych dzięki wspomaganemu komputerowemu w postaci kilkunastu tysięcy płaskich lusterek ustawionych pod odpowiednimi kątami, zapewniającymi bardzo dobry rozkład wiązki strumienia świetlnego, gwarantujący dobre oświetlenie drogi przed pojazdem, szczególnie prawego pobocza.



Rys. 7.8. Szyba rozpraszająca reflektora samochodowego

a - widok z przodu, b - przekrój w płaszczyźnie pionowej (pryzmat kieruje wiązkę promieni w dół),

c - przekrój w płaszczyźnie poziomej ( soczewki rozpraszają wiązkę promieni na boki)

Opracowano również szyby rozpraszające reflektorów z tworzywa sztucznego, które nie ograniczają inwencji stylistom samochodowym. Zaletą tych szyb jest mniejsza waga (około 1 kg/reflektor) oraz mniejsza kruchość.



Szyba taka pod wpływem uderzenia kamieniem poddaje się elastycznie i nie odpryskuje lub pęka jak szyba szklana. Szyby te wykonuje się z poliwęglanu oraz powleka twardymi warstwami, które są utwardzane promieniami. Szyb takich nie należy czyścić na sucho oraz nie należy stosować agresywnych środków czyszczących.

Na szybach reflektorów umieszczone są oznaczenia informujące o cechach reflektorów:

**C** - światło mijania,

**HC** - światło mijania z żarówką halogenową,

**R** - światło drogowe,

**HR** - światło drogowe z żarówką halogenową,

**HCR** - światło mijania i drogowe z żarówką halogenową,

**SC** - światło mijania reflektora nierozbieralnego,

**SCR** - światło mijania i drogowe reflektora nierozbieralnego,

**HSCR** - światło mijania i drogowe reflektora nierozbieralnego z żarówką halogenową,

**A** - światła pozycyjne,

**B** - światło przeciwmgłowe przednie,

**E...** - homologacja międzynarodowa.

### 7.4.3. Budowa i zasada działania żarówki

Wśród żarówek samochodowych rozróżnia się żarówki:

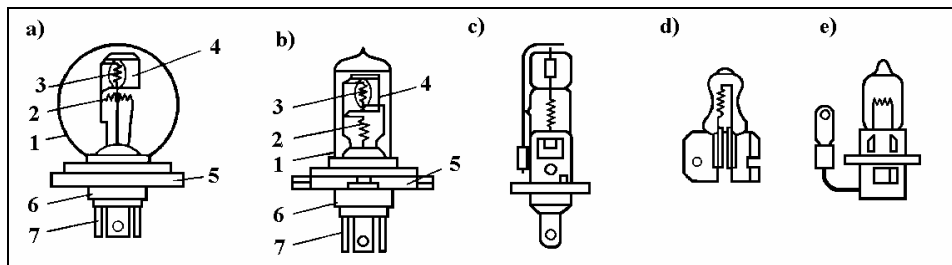
- kontrolne z trzonkami *BA 9s* (bagnetowymi),
- pomocnicze kuliste z trzonkami *BA 15s* lub *BA 15d* do oświetlania wnętrza nadwozi i do świateł pozycyjnych,
- pomocnicze rurkowe, obustronnie trzonkowane, z trzonkami *S7* lub *S8* do oświetlania wnętrza nadwozi i do kierunkowskazów,
- kuliste z trzonkami *BA 15d*, używane do świateł **STOP**, oraz kierunkowskazów,
- dwuświatłowe z trzonkami *BA 15d*, używane do świateł **STOP** lub do kierunkowskazów błyskowych sprzężonych ze światłami tylnymi lub pozycyjnymi,
- reflektorowe jednoświatłowe z trzonkami *BA 15s*, *BA 15d* i *BA 20d* do reflektorów dodatkowych,
- reflektorowe dwuświatłowe z trzonkami *BA 15d/1*, *BA 20d* do reflektorów głównych,
- miniaturowe beztrzonkowe przeznaczone do lampek kontrolnych w zestawie wskaźników.

Oznaczenia trzonków bagnetowych (Swana) składa się z liter i cyfr. Pierwsza litera *B* wraz z drugą literą *A* oznaczają trzonek bagnetowy klasy samochodowej. Pierwsza liczba za literami *BA* oznacza średnicę zewnętrzną

trzonka w mm. Mała litera po tej liczbie oznacza: *s* (*simple*) - trzonek o jednej płytce stykowej, *d* (*double*) - trzonek o dwóch płytkach stykowych. Liczba po jednej z tych liter, za kreską ukośną, oznacza przybliżoną długość całkowitą trzonka w mm.

Oznaczenie *S* przyjęto dla trzoneków żarówek rurkowych z doprowadzeniem napięcia z dwóch stron. Liczba po symbolu oznacza średnicę trzonka w mm.

Reflektor europejski światła głównego zaopatrzony jest w żarówkę dwuświatłową (bilux). Źródłem światła drogowego i mijania mogą być tradycyjne żarówki dwuwłóknowe, żarówki halogenowe jednowłóknowe typu H1, H3 o mocy 55 W lub halogenowe dwuwłóknowe H4 o mocy 60/55 W przy napięciu 12 V i mocy 70/60 W przy napięciu 24 V, oraz ostatnio wchodzące na wyposażenie żarówki ksenonowe.



Rys. 7.9. Żarówki stosowane w reflektorach

a - żarówka dwuwłóknowa zwykła, b - żarówka halogenowa H4, c - żarówka halogenowa H1, d - żarówka halogenowa H2, e - żarówka halogenowa H3: 1 - bańka szklana, 2 - włókno światła drogowego, 3 - włókno światła mijania, 4 - przesłona, 5 - kołnierz, 6 - cokół, 7 - końcówki

Konstrukcja każdego reflektora jest dostosowana do określonego rodzaju żarówki. Żarówki te zaopatrzone są w trzonek bagnetowy (Swana) zapewniający pewniejsze ich zamocowanie w oprawce niż trzonek z gwintem. Niedopuszczalna jest zamiana żarówki na inny rodzaj, ponieważ taki reflektor nie będzie prawidłowo oświetlał jezdni i olśniewał innych kierowców.

Reflektory samochodów europejskich powszechnie wyposaża się w żarówki dwuwłóknowe. Jedno włókno - światła drogowego najczęściej o mocy 45 W, drugie - światła mijania najczęściej o mocy 40 W. W tabeli 7.1 (zgodnie z normami PN-78/E-85100÷85102) podano dane znamionowe żarówek samochodowych.

Wykorzystanie wolframu na materiał żarnika wynika z jego wysokiej temperatury topnienia (około 3665 K), małej prędkości parowania oraz korzystnego rozkładu widmowego promieniowania. Widmo promieniowania żarówki jest widmem ciągłym. Wolfram ma dodatni współczynnik temperatury rezystancji, powodujący, że rezystancja żarnika w stanie zimnym jest kilkakrotnie mniejsza niż w stanie nagrzanym. Dzięki małej bezwładności cieplnej żarnika prąd płynący w momencie włączenia żarówki zmniejsza się

do wartości ustalonej w czasie od kilkudziesięciu do kilkuset milisekund. Głównym problemem technicznym związanym z pracą żarówek jest parowanie wolframu powodujące w konsekwencji przepalenie się żarnika i w żarówkach próżniowych zacinienie bańki szklanej. W żarówkach gazowanych znacznie ograniczono intensywność parowania wolframu i przez stosowanie wyższej temperatury roboczej żarników (2600÷3000 K) uzyskuje się większą skuteczność świetlną i barwę światła bardziej zbliżoną do białej. Ujemną stroną gazowania żarówek jest powstawanie dodatkowych strat ciepła przez przewodzenie i konwekcję. W toku prac nad doskonaleniem żarówek otrzymano dwuskryptkę z drutu wolframowego domieszkowanego związkami potasu i glinu, oraz zmieniono skład mieszaniny gazowej wypełniającej bańkę ze stosowanego początkowo azotu na argon o mniejszym współczynniku przewodzenia ciepła. Zastosowanie kryptonu i ksenonu daje poprawę skuteczności świetlnej i trwałości żarówek.

Tabela 7.1

Podstawowe dane żarówek samochodowych

Oznaczenie typu		Rodzaj żarówki	Moc	Strumień świetlny	Napięcie znamionowe
			W	lm	V
Żarówki konwencjonalne	R2	12V45/40W P4St-41	45 ± 10%	700 ± 10%	12
		- żarnik światła drogowego - żarnik światła mijania	40 ± 5%	450 ± 10%	12
	P25-2	12V21/5W BAY15d/19	25 ± 6%	400 ± 15%	13
		- żarnik główny - żarnik pomocniczy	6 ± 10%	35 ± 20%	13
	F2	12V35W BA20s	35 ± 10%	685 ± 20%	13
	P25-1	12V21W BA15s/19	25 ± 6%	400 ± 15%	13
Żarówki halogenowe	R19/5	12V5W BA15s/19	5 ± 10%	50 ± 20%	13
	T8/4	12V4W BA9s	4 ± 10%	35 ± 20%	13
	H1	12V55W P14,5S	55 ± 7,5%	1150 ± 10%	12
		12V55W X511	55 ± 7,5%	1300 ± 10%	12
		12V55W PK22S	55 ± 7,5%	1100 ± 10%	12
	H4	12V60/55W P43t-38	60 ± 7,5%	1250 ± 10%	12
		- żarnik światła drogowego - żarnik światła mijania	55 ± 7,5%	750 ± 10%	12

W żarówkach halogenowych zastosowano regeneracyjny cykl halogenowy umożliwiający podniesienie temperatury roboczej żarników do około 3200 K. Cykl halogenowy polega na tworzeniu się w określonych temperaturach związków chemicznych halogenów (fluoru, chloru, bromu czy jodu) z metalami ( w tym przypadku z wolframem), które następnie rozpadają się w

temperaturach wyższych. Ta reakcja chemiczna, łącznie z zachodzącą w gazie dyfuzją składników, jest przyczyną przenoszenia drobin metalu z miejsc o temperaturze niższej do miejsc o temperaturze wyższej. Jod dodawany do wypełnienia gazowego żarówek łączy się z odparowanym wolframem w jodek wolframu, przy czym intensywność tej reakcji zwiększa się wraz z odległością od żarnika. Natomiast w miarę zbliżania się do żarnika wzrasta intensywność rozpadu związku na jod i wolfram, który osadza się z powrotem na żarniku. Warunkiem wystąpienia regeneracyjnego cyklu jodowego jest utrzymanie w każdym miejscu bańki żarówki temperatury wyższej niż 510 K, dlatego bańka żarówki halogenowej wykonana jest ze szkła kwarcowego w postaci rurki o małej średnicy, w osi której jest umieszczony żarnik. Żarówki halogenowe przy tej samej trwałości, co żarówki konwencjonalne mają skuteczność świetlną o około 50% większą. Innymi walorami użytkowymi żarówek halogenowych są małe wymiary, dobre oddawanie barw, stabilny strumień świetlny oraz stała temperatura barwowa w czasie całego okresu eksploatacji. Żarówki halogenowe muszą pracować w specjalnych oprawkach wytrzymujących wysokie temperatury ich pracy; nie wolno dotykać ręką baniek żarówek, gdyż pot pozostający na szkle wchodzi w reakcję z kwarcem, powodując jego rekrystalizację. W nowych rozwiązaniach żarówek halogenowych stosuje się ich metalizację przy jednoczesnym stosowaniu specjalnej skrętki podporowej żarnika co powoduje wzrost skuteczności świetlnej i jednocześnie wielokrotne podwyższenie trwałości.

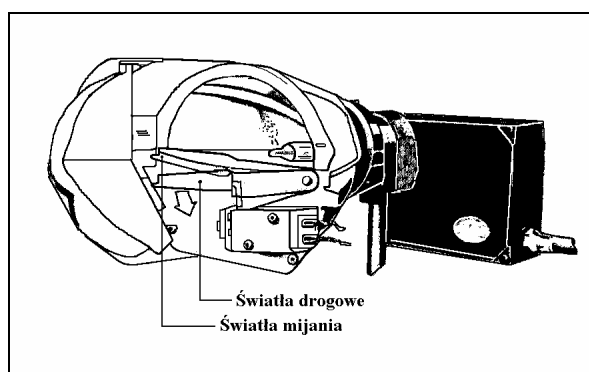
W tabeli 7.1 podano charakterystyczne parametry żarówek halogenowych.

W reflektorach z szybami z tworzywa sztucznego muszą być stosowane specjalne żarówki (tzw. UV-Cut), gdyż zwykle powodują mętnienie wewnętrznej powierzchni szyby rozpraszającej. Bańka takiej żarówki jest wykonana ze szkła kwarcowego z dodatkiem ceru i dzięki temu prawie całkowicie absorbuje promieniowanie ultrafioletowe. Żarówki UV-Cut mają cokol normalnej żarówki H1. Na obudowie reflektora podawana jest informacja o rodzaju żarówek, które mogą być w nim stosowane. Obecnie prowadzone są prace nad regulacjami prawnymi zakazującymi stosowania innych żarówek niż z ograniczoną emisją UV.

#### **7.4.3.1. Lampy wyładowcze**

W ostatnich latach w oświetleniu samochodów wysokiej klasy pojawiły się lampy gazowo-wyładowcze stosowane jedynie w światłach mijania oferowane między innymi przez firmę Bosch. Bańka ze szkła kwarcowego objętości 0,03 cm<sup>3</sup> jest wypełniona gazem ksenonem oraz związkami metali z chlorowcami. Wewnątrz bańki umieszczone są dwie elektrody oddalone od siebie o 4,2 mm. Po doprowadzeniu do elektrod wysokiego napięcia o wartości 6÷12

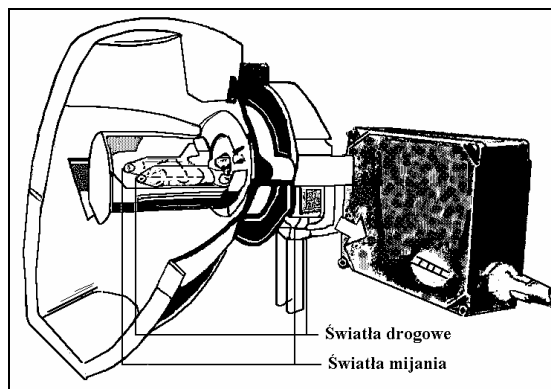
kV powstaje między nimi łuk elektryczny, który po zapłonie wytwarza wysoką temperaturę. Związki metali z chlorowcami parują i lampa osiąga optymalny stan pracy. Dla podtrzymania łuku potrzebne jest znacznie niższe napięcie (poniżej 100 V). Strumień świetlny lampy wyładowczej D1 o mocy 35 W wynosi 3000 lm. Barwa światła jest zbliżona do dziennego (słonecznego). Promieniowanie lamp jest emitowane głównie w przedziale 550÷640 nm leżącym w pobliżu maksymalnej czułości oka. Skuteczność świetlna jest duża i wynosi 80÷130 lm/W. Niski poziom promieniowania podczerwonego i ultrafioletowego powoduje możliwość użycia nowych materiałów do produkcji reflektorów, co ma wpływ na aerodynamikę, styl samochodu oraz zużycie paliwa.



Rys. 7.10. Ksenonowy reflektor samochodowy z przesłonami  
 1 - lampa wyładowcza, 2 - ruchoma przesłona, 3 - przetwornica wysokiego napięcia,  
 4 - układ sterujący ruchem przesłony

Trwałość lampy jest 3 razy większa niż lamp halogenowych. Konieczność stosowania dodatkowych urządzeń do wytwarzania impulsów wysokiego napięcia dla wywołania łuku oraz stabilizacji prądu łuku powoduje duży koszt takiego rozwiązania. Ten sposób oświetlenia spotyka się w samochodach luksusowych. Obecnie regulamin 98 Unii Europejskiej dopuszcza stosowanie w światłach drogowych żarówek ksenonowych.

Ostatnio firma Hella zaproponowała dwuksenonowe reflektory przednie z jednym elementem świetlnym, spełniającym funkcję zarówno światła drogowych jak i mijania. Przedstawione zostały dwa rozwiązania oświetlenia: z modułem projekcyjnym i z systemem odbicia światła. System z modułem projekcyjnym polega na emisji strumienia świetlnego z umocowanej na stałe ksenonowej żarówki D2S poprzez szklane soczewki o średnicy 70 mm. Sterowane przez przekaźnik modułu projekcyjnego przesłony zapewniają uzyskanie światła drogowych lub mijania (rys. 7.10). Zmiana ustawienia przesłon trwa krócej niż 1 s, co w praktyce nie wywołuje zaniku strumienia świetlnego.

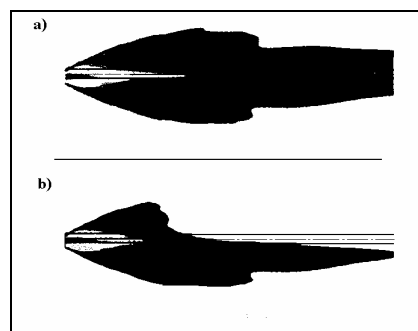


Rys. 7.11. Reflektor samochodowy z przesuwaną lampą ksenonową  
1 - lampa wyładowcza, 2 - układ zmiany położenia lampy, 3 - przetwornica wysokiego napięcia

W drugim systemie żarówka ksenonowa D2R jest ruchoma (rys. 7.11) i jej kilku milimetrowy skok wystarcza na zmianę światel drogowych na mijania i odwrotnie.

Reflektory te zapewniają dobre oświetlenie drogi (rys. 7.12).

Podstawowe parametry żarówki ksenonowej MPXL firmy Philips to: napięcie 85 V, moc 35 W, strumień świetlny 3000 lm, temperatura barwowa 4000 K, żywotność ok. 3000÷7000 h zależnie od wersji.



Rys. 7.12. Rozkład oświetlenia drogi uzyskany z reflektorów ksenonowych  
a - światła drogowego, b - światła mijania

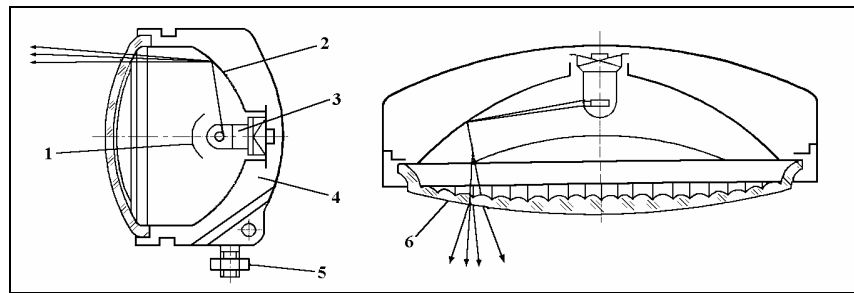
#### 7.4.4. Światła przeciwmgłowe

Światła przeciwmgłowe są to światła pomocnicze przeznaczone do zwiększenia widoczności podczas jazdy we mgle, opadach śniegu i innych trudnych warunkach meteorologicznych. Konieczność stosowania specjalnych światel przeciwmgłowych podczas jazdy w trudnych warunkach atmosferycznych, uwarunkowane jest rozproszeniem światła reflektorów głównych (światła drogowego i mijania) na cząstkach deszczu i mgły, związanego ze stosunkowo małym gradientem zmiany linii światła w wiązce w płaszczyźnie pionowej, co przy zwiększonym rozproszeniu na cząstkach wody zmniejsza kontrast oświetlenia zmniejszając widoczność.

Od reflektorów przeciwmgłowych wymaga się:

- oświetlenia niewielkiego odcinka drogi, ok. 30 m.,
- oświetlenie nie może być zbyt intensywne ze względu na ośnięcia kierowców promieniami światła odbitymi i rozproszonymi przez mgłę,
  - umieszczania reflektorów jak najdalej od oczu kierowcy, w odległości od dolnej krawędzi od jezdni równej co najmniej 250 mm,
- stosowanie źródeł światła o długościach fal najmniej rozpraszających się (około 580 nm),
- kąt nachylenia drogi strumienia do poziomu powinien wynosić  $7^\circ$ .

Umieszczanie reflektorów przeciwmgłowych poniżej osi poziomej reflektorów głównych umożliwia znacznie większy zasięg widzenia, niż miałyby miejsce przy świetle drogowym w tej sytuacji. Barwa światła może być biała lub żółta selektywna. Badania przeprowadzone w Anglii, gdzie częstość występowania mgły jest duże, wykazały, że barwa światła przeciwmgłowego nie ma dominującego znaczenia.



Rys. 7.13. Reflektor przeciwmgłowy

1 - osłona żarówki, 2 - odbłyśnik, 3 - żarówka, 4 - obudowa reflektora, 5 - śruba mocująca, 6 - szyba rozpraszająca

Kształt reflektorów przeciwmgłowych jest zwykle prostokątny lub okrągły. Przy kształcie prostokątnym łatwiej uzyskać wąską wiązkę światła w płaszczyźnie pionowej, lecz natężenie oświetlenia jest nieco mniejsze. W niektórych samochodach reflektory przeciwmgłowe mają kształty ukośne, co jest spowodowane głównie stylistyką pojazdu. Światła przeciwmgłowe powinny umożliwić w gęstej mgłę lub śnieżyicy, co najmniej taką samą widoczność jak światła mijania.

Budowę reflektora przeciwmgłowego pokazano na rys. 7.13. Odbłyśnik takiej lampy wykonuje się jako paraboloidalny. Jako źródła światła w lampach przeciwmgłowych stosuje się żarówki halogenowe H1, H2, H3. Rozpraszanie lamp przeciwmgłowych wynika z regularnej struktury załamujących elementów, wykonanych w postaci ściętych cylindrycznych soczewek umieszczonych w szybie reflektora wykonanej ze szkła ze względu na duże obciążenie

nia termiczne. Również z tego względu korpusy lamp wykonuje się z metalu. Na korpusie umocowany jest węzeł mocujący, umożliwiający regulację reflektora w dwóch, a niekiedy w trzech płaszczyznach.

#### **7.4.5. Światła cofania**

Światła cofania przeznaczone są do oświetlenia drogi za pojazdem podczas jego cofania, jak i sygnalizacji manewru cofania. Włączenie ich jest możliwe tylko przy włączonym biegu wstecznym. Reflektor światła cofania powinien rzucać szeroką smugę światła. Moc źródła światła nie przekracza 21 W, barwa światła biała, dopuszczona jest żółta selektywna. Światła cofania nie powinny powodować olśnienia u innych użytkowników drogi.

#### **7.4.6. Światła sygnałowe**

Światła sygnałowe przeznaczone są do sygnalizowania obecności pojazdu i zamierzonej zmiany kierunku ruchu lub hamowania pojazdu. Światła te nie oświetlają drogi, a jedynie są widoczne dla innych użytkowników dróg. Źródła światła stosowane w lampach sygnałowych mają moc od 4 do 21 W. Lampy mają niewielkie odbłyśniki, w których ogniskach umieszcza się żarnik oraz klosz odpowiednio ryflowany zapewniający dobrą widoczność światła w przypadku znacznego zabrudzenia z zewnątrz klosza podczas jazdy pojazdu. Rozróżniamy:

- *światła pozycyjne*: przednie barwy białej, tylne barwy czerwonej. Przeznaczone są do uwidaczniania pojazdu w czasie ruchu lub postoju oraz jego przybliżonej szerokości. Światła pozycyjne przednie otrzymuje się z osobnej lampy światła pozycyjnych lub wykorzystując reflektor światła drogowego i mijania.
- *światła hamowania* barwy czerwonej - przeznaczone do sygnalizowania hamowania pojazdu hamulcem zasadniczym. Włączane za pomocą wyłącznika mechanicznego, hydraulicznego lub pneumatycznego. Przeważnie światła hamowania, pozycyjne tylne oraz kierunku jazdy są umieszczone w jednej lampie zespolonej tylnej o odpowiednio dzielonej konstrukcji dla poszczególnych rodzajów światła.
- *światła kierunku jazdy* barwy żółtej - przeznaczone do sygnalizacji zamiaru zmiany kierunku jazdy.
- *światła obrysowe* - służą do uwidaczniania poprzecznego obrysu samochodu, stosowane są jako światła górne zarówno z przodu (białe) jak i z tyłu (czerwone) w dużych pojazdach o szerokości większej od 2,5 m.



#### **7.4.7. Światła rozpoznawcze**

Światła rozpoznawcze służą do rozpoznania przeznaczenia pojazdu. Należą do nich światła tablicy rejestracyjnej, światła uprzywilejowania w ruchu, światła przeznaczenia pojazdu i światło trasy.

*Światło tablicy rejestracyjnej* powinno być tak umieszczone, aby było niewidoczne dla użytkowników drogi, natomiast odczytanie znaków na tablicy było możliwe w warunkach dobrej przejrzystości powietrza na nieoświetlonej drodze z odległości co najmniej 20 m.

*Światła uprzywilejowania w ruchu* są światłami błyskowymi barwy niebieskiej w które wyposaża się pojazdy specjalne (policji, pogotowia ratunkowego i górniczego, straży pożarnej i granicznej). Sygnały świetlne powinny być widoczne z odległości, co najmniej 250 m w warunkach dobrej przejrzystości powietrza. Źródła tych światel umieszcza się na dachu pojazdu.

*Światła przeznaczenia pojazdu* są to światła rozpoznawcze wskazujące na przeznaczenie pojazdu (taksówka, autobus międzymiastowy lub pojazd z ładunkiem niebezpiecznym).

#### **7.4.8. Światła odblaskowe**

Światła odblaskowe świecą światłem odbitym, padającym od obcego źródła, służą do rozpoznawania pojazdu. Wykonywane są jako płytki barwy czerwonej o specjalnie ukształtowanej powierzchni, zapewniającej dobrą widoczność po odbiciu światła (w warunkach dobrej przejrzystości powietrza powinny być widoczne z odległości, co najmniej 100 m po oświetleniu ich światłami drogowymi). Wielkości oraz barwy światel odblaskowych stosowanych w różnych pojazdach określa Kodeks Drogowy.

#### **7.4.9. Światła wewnętrzne**

Do oświetlenia wewnętrznego zalicza się:

- a) oświetlenie wnętrza nadwozia lub kabiny kierowcy,
- b) oświetlenie tablicy rozdzielczej, oświetlenie wskaźników i przyrządów,
- c) oświetlenie bagażnika,
- d) oświetlenie silnika,
- e) oświetlenie za pomocą lampy przenośnej.

W przypadku stosowania do oświetlania wnętrza autobusów świetlówek zamiast żarówek, co jest podyktowane większą: skutecznością świetlną, trwałością oraz nieznaczną zależnością strumienia świetlnego od napięcia, niezbędne jest stosowanie przetwornic zamieniających prąd stały na zmienny, lub można korzystać bezpośrednio z prądu zmiennego wytwarzanego w alter-

natorach. Wówczas niezbędne jest zastosowanie transformatora podwyższającego napięcie ze względu na wymagania świetlówek.

## **7.5. Budowa i zasada działania przerywaczy kierunkowskazów**

Światła kierunku jazdy (kierunkowskazy) służą do sygnalizacji zamiaru zmiany kierunku jazdy. Początkowo używano kierunkowskazów ramieniowych (semaforowych). Obecnie są stosowane prawie wyłącznie kierunkowskazy błyskowe (migające). Nadajnikiem błysków jest przerywacz powodujący zapalenie i gaśnięcie lamp sygnałowych z częstotliwością  $90 \div 30$  cykli na minutę, przy czym czas świecenia powinien stanowić  $40 \div 60\%$  pełnego okresu. Instalację kierunkowskazów błyskowych tworzą następujące elementy:

- przerywacz kierunkowskazów,
- parzysta liczba lamp kierunkowskazów,
- przełącznik kierunkowskazów,
- lampka kontrolna kierunkowskazów,
- źródło energii (akumulator).

### **7.5.1. Przerywacz kierunkowskazów**

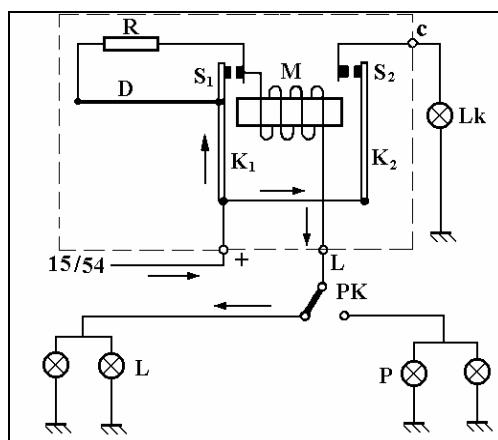
Przerywacze kierunkowskazów błyskowych są wykonywane jako termobimetalowe, elektromagnetyczne, rezystorowe, bimetalowe, kondensatorowe, mechaniczne oraz elektroniczne.

Przerywacze powinny spełniać następujące wymagania:

- działanie przerywacza nie powinno zależeć od temperatury otoczenia,
- powinny być odporne na wstrząsy,
- po włączeniu powinny działać natychmiast,
  - powinny reagować na zmniejszenie obciążenia wynikające z przepalenia się żarówek,
- częstotliwość błysków powinna być niezmienna.

Lampka kontrolna miga w takt pracy kierunkowskazów. Gdy jedna z żarówek ulegnie uszkodzeniu, to pozostałe muszą jeszcze wyraźnie migać, jednocześnie kierowca powinien być poinformowany o niesprawności kierunkowskazów. Stosowane są następujące rodzaje sygnalizacji:

- zgaśnięcie lampki kontrolnej,
- ciągłe świecenie lampki kontrolnej,
- podwyższona częstotliwość błysków.



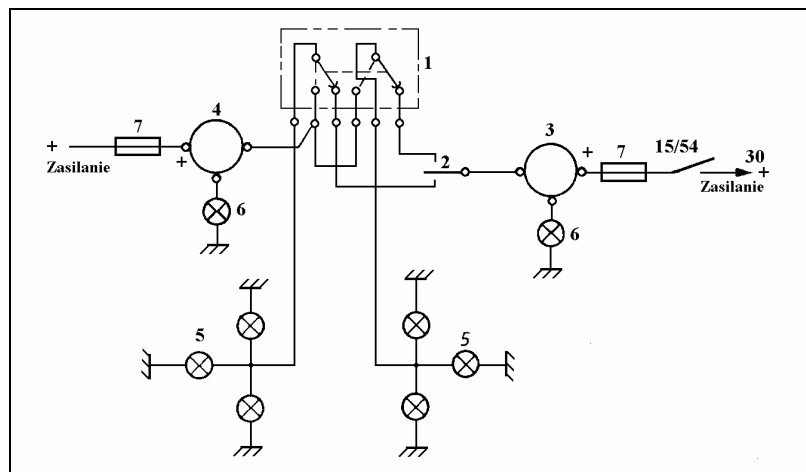
Rys. 7.14. Schemat elektryczny przerywacza kierunkowskazów  
 $K_1$  - zwora ze stykami  $S_1$ ,  $K_2$  - zwora ze stykami  $S_2$ , D - drut dylatacyjny, PK - przełącznik kierunkowskazów, R - rezystor, M - elektromagnes, L - lampy kierunkowskazów lewe, P - lampy kierunkowskazów prawe, Lk - lampka kontrolna

W większości samochodów stosowane są elektromagnetyczne przerywacze z drutem dylatacyjnym (rys.7.14). Przerywacz wykorzystuje wydłużenie drutu  $D$  podgrzewanego prądem płynącym po przełączeniu przełącznika kierunkowskazów  $PK$  w obwodzie: z zacisku 15/54 (+), drut dylatacyjny  $D$ , rezystor  $R$ , uzwojenie elektromagnesu  $M$  i żarówki lamp kierunkowskazów  $L$ . Ponieważ rezystancja drutu dylatacyjnego  $D$  oraz rezystora  $R$  jest dość duża w stosunku do rezystancji równolegle włączonych żarówek kierunkowskazów, napięcie na żarówkach jest zbyt niskie, aby spowodować ich zaświecenie. Prąd płynący przez drut dylatacyjny  $D$  powoduje jego nagrzewanie i wydłużenie, w wyniku czego zmniejsza się siła odciągająca zworę  $K_1$  i nie pozwalająca na zetknięcie się styków  $S_1$ . Po wydłużeniu się drutu dylatacyjnego sprężyna powoduje jednak zwarcie styków  $S_1$ , wskutek czego zbocznikowany zostaje zarówno drut dylatacyjny oraz rezystor  $R$ , zmniejsza się całkowity opór obwodu i całe napięcie zostaje załączone na lampy kierunkowskazów. Wzrasta prąd i lampy rozbłyskają pełnym światłem. Wzrost prądu w uzwojeniu elektromagnesu  $M$  powoduje z jednej strony przyciągnięcie zwory  $K_1$ , tak, że styki  $S_1$  zwierają się bez odskoków, z drugiej strony następuje przyciągnięcie zwory  $K_2$  przez elektromagnes  $M$  i zamknięte zostają styki  $S_2$  lampki kontrolnej  $Lk$ . Z chwilą zwarcia styków  $S_1$  prąd przez drut dylatacyjny nie płynie, drut zaczyna stygnąć, kurczy się i przez wzrastający naciąg powoduje rozwarcie styków  $S_1$ . Układ wraca do stanu wyjściowego, lampy kierunkowskazów przestają świecić. Zmniejsza się siła przyciągania przez elektromagnes zwory  $K_2$ , styki  $S_2$  się otwierają, lampka kontrolna gaśnie.

Następnie opisany proces powtarza się rytmicznie. W przypadku przepalenia się np. jednej lampy kierunkowskazów, prąd pobierany przez układ lamp ma-

leje dwukrotnie. Zwora  $K_1$  zostaje przyciągnięta do rdzenia i zewrze styki  $S_1$ , lecz siła oddziaływania magnetycznego na zworę  $K_2$  będzie zbyt mała i obwód lampki kontrolnej nie zostanie zamknięty przez styki  $S_2$ ; lampka kontrolna nie będzie się świecić. Zmieni się jednocześnie częstotliwość błysków. Kontrola pracy układu jest zagwarantowana.

Przerzywacze z drutem dylatacyjnym mają szereg wad: wrażliwość na drgania i wstrząsy, duży spadek napięcia na uzwojeniu elektromagnesu i stykach roboczych wzrastający w miarę zużywania się styków, zależność częstotliwości błysków od liczby włączonych lamp co stwarza kłopoty przy dołączeniu przyczepy, brak możliwości sygnalizacji przepalenia żarówki przy więcej niż 3 lampach przypadających na jedną stronę pojazdu, ograniczona trwałość, wytwarzanie zakłóceń radioelektrycznych.



Rys. 7.15. Schemat elektryczny układu zasilania świateł kierunku jazdy i świateł awaryjnych:  
 1 - wyłącznik świateł awaryjnych, 2 - przełącznik kierunkowskazów, 3 - przerywacz kierunkowskazów,  
 4 - przerywacz świateł awaryjnych, 5 - lampy kierunkowskazów przednia i boczna, 6 - lampki kontrolne,  
 7 - bezpieczniki

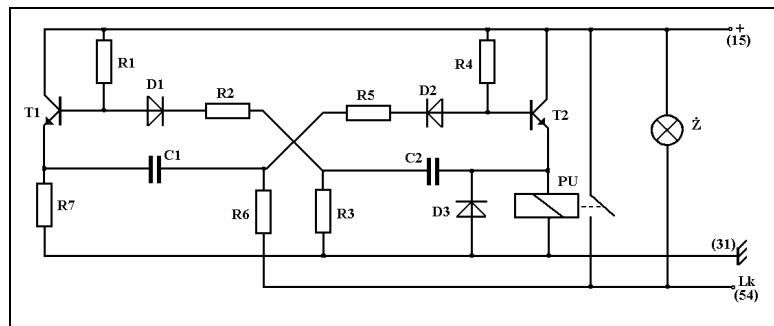
Przepisy (PN-72/S-73010) narzucają obowiązek wyposażania samochodów w sygnalizację awaryjną, pozwalającą w przypadku konieczności awaryjnego zatrzymania samochodu na jednoczesne włączenie kierunkowskazów z obu stron. Układ świateł awaryjnych powinien być przystosowany do pracy ciągłej. Lampy po obu stronach samochodu powinny zapalać się i gasnąć jednocześnie z częstotliwością  $90 \div 30$  cykli na minutę. Układ powinien być włączany oddzielnym wyłącznikiem niezależnie od włączenia stacyjki samochodu i przełącznika kierunkowskazów. Włączenie świateł awaryjnych powinno być sygnalizowane w kabinie kierowcy migotaniem czerwonej lampki kontrolnej. Na rys. 7.15 przedstawiono schemat elektryczny układu zasilania świateł kierunku jazdy i świateł awaryjnych. Zasilanie świateł kierunku jazdy odbywa się

poprzez wyłącznik zapłonu. Przez połączenie styku 30 ze stykiem 15/54 napięcie jest doprowadzone do zacisku "+" przerywacza. Przełącznik kierunkowskazów włącza lampy z lewej lub prawej strony oraz lampkę kontrolną. Obwód zabezpieczony jest bezpiecznikiem. Układ świateł awaryjnych jest zasilany bezpośrednio z zacisku "+" akumulatora. Po włączeniu wyłącznika świateł awaryjnych obwód przerywacza kierunkowskazów zostaje odłączony, a obwód świateł awaryjnych załączony. Obwód zabezpieczony jest bezpiecznikiem. Włączenie świateł awaryjnych sygnalizowane jest lampką kontrolną.

### 7.5.2. Elektroniczny przerywacz kierunkowskazów

Termoelektryczne przerywacze mają wady, dlatego przeprowadza się ich modernizację poprzez:

- zastąpienie termoelektrycznego bloku sterującego elektronicznym generatorem impulsów z pozostawieniem przekaźnika. Układ taki nazywa się elektronicznym przekaźnikowym przerywaczem kierunkowskazów;
- dodanie półprzewodnikowego stopnia mocy. Układ taki nazywa się elektronicznym bezstykowym przerywaczem kierunkowskazów.



Rys. 7.16. Układ elektronicznego przerywacza kierunkowskazów z wyjściem przekaźnikowym

Na rys. 7.16 przedstawiono przerywacz elektroniczny z wyjściem przekaźnikowym, w którym funkcję generatora spełnia multiwibrator astabilny. Układ działa następująco: w obwód kolektora tranzystora  $T2$  włączony jest przekaźnik, który steruje impulsami żarówek kierunkowskazów (zacisk  $LK$ ). Włączenie lewych lub prawych lamp powoduje zamknięcie obwodu bazy tranzystora  $T2$ , co spowoduje jego przewodzenie i włączenie przekaźnika  $PU$  i w momencie zwarcia styku  $S$  zaświecenie żarówek. Przewodzenie tranzystora  $T2$  spowoduje jednocześnie odcięcie tranzystora  $T1$  napięciem powstałym w wyniku rozładowania kondensatora  $C2$  przez rezystor  $R3$ . Żarówki świecą do momentu rozładowania kondensatora  $C2$ . Następuje wówczas przejście układu do stanu pierwotnego i tranzystor  $T2$  zostanie zatkany napięciem kondensatora

$C1$ . Zaczyna przewodzić tranzystor  $T1$ . Gdy kondensator  $C1$  rozładuje się przez rezystor  $R6$  nastąpi kolejne włączenie przełącznika i zaświecenie żarówek. Czas świecenia żarówek określony jest stałą czasową  $R3C2$ , a czas przerwy stałą czasową  $R6C1$ . Wartości elementów dobiera się tak, aby uzyskać częstotliwość około 90 błysków na minutę. Lampka  $Z$  sygnalizuje na tablicy rozdzielczej pracę kierunkowskazów.

Zaletą układów elektronicznych przerywaczy z wyjściem przełącznikowym jest ich duża odporność na zwarcia w zewnętrznych obwodach wykonawczych, uwarunkowana tylko wytrzymałością prądową styków przerywacza.

Każdy z tych układów można rozbudować o układ sygnalizacji alarmowej.

Dla tranzystora wyjściowego w stopniu mocy, sterującego bezpośrednio pracą żarówek kierunkowskazów występują bardzo trudne warunki pracy ze względu na:

- dużą zmianę rezystancji żarówek oraz pobieranego prądu (prąd włączenia przekracza kilkunastokrotnie wartość prądu znamionowego) w funkcji temperatury,
- wpływ czasu przełączania generatora impulsów na moc traconą w stopniu mocy,
- wpływ obciążenia stopnia mocy na częstotliwość impulsów świetlnych,
- możliwość uszkodzenia stopnia mocy w przypadku zwarcia.

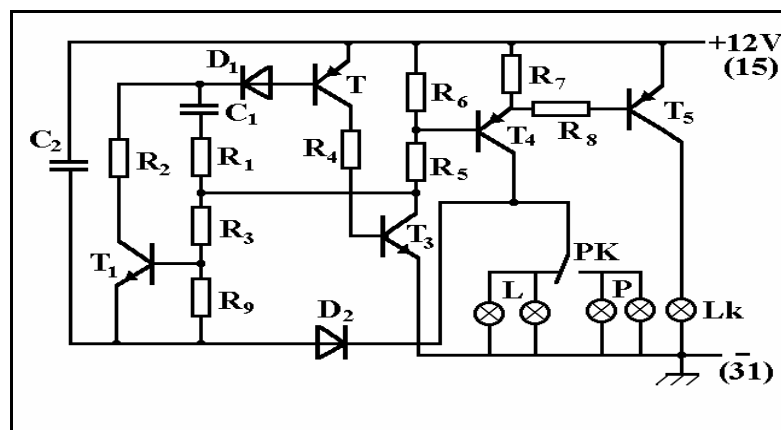
W praktyce stosuje się różne sposoby ograniczenia prądu włączenia, między innymi:

- podgrzewanie żarnika niewielkim prądem powoduje wzrost jego rezystancji prawie do wartości ustalonej; zmniejsza się wówczas żywotność żarówek, zmniejsza się kontrast między fazą jasną a ciemną;
- odpowiedni dobór stosunku czasu trwania impulsu świetlnego do przerwy między impulsami.

Przykład układu elektronicznego przerywacza kierunkowskazów przedstawiono na rys. 7.17.

Przerzutnik astabilny zbudowany jest na tranzystorach  $T_2$  i  $T_3$ , natomiast tranzystor  $T_1$  określa czas trwania fazy ciemnej. Prąd ładowania kondensatora  $C_1$  wysterowuje tranzystor  $T_2$ , którego prąd kolektora wysterowuje tranzystor  $T_3$ . Niskie napięcie kolektor-emiter tranzystora  $T_3$  powoduje, że baza tranzystora  $T_1$  jest spolaryzowana zaporowo i tranzystor  $T_1$  nie przewodzi. W chwili, gdy prąd ładowania kondensatora  $C_2$  staje się zbyt mały, aby utrzymać tranzystor  $T_2$  w stanie przewodzenia, następuje przerzut układu. Wówczas tranzystory  $T_2$  i  $T_3$  równocześnie przechodzą w stan nieprzewodzenia. Wzrost napięcia kolektor-emiter tranzystora  $T_2$  powoduje wysterowanie tranzystora  $T_1$ , a więc dodatnia okładzina kondensatora  $C_1$ , przez rezystor i przewodzący tranzystor  $T_1$  dołączona zostaje do stopnia mocy. Kondensator  $C_1$  rozładowuje się ze stałą czasową równą  $C_1R_2$ . Czas przerwy między błyskami zależy więc od wartości rezystora  $R_2$ , a czas błysku od rezystancji rezystora  $R_1$ . Impulsy wy-

stępujące w obciążeniu tranzystora  $T_3$  ( $R_5/R_6$ ) wysterowują tranzystor  $T_4$ . Spadek napięcia na rezystorze  $R_7$  wystarcza do wysterowania tranzystora  $T_5$  zapewniającego kontrolę pracy układu. Lampka kontrolna  $Lk$  miga w takt pracy przerywacza, jeżeli obciążeniem tranzystora  $T_4$  są obie żarówki kierunkowskazów. Przepalenie jednej z żarówek powoduje zmniejszenie spadku napięcia na rezystorze  $R_7$  i zablokowanie tranzystora  $T_5$ , a więc wyłączenie lampki kontrolnej.



Rys. 7.17. Elektroniczny przerywacz kierunkowskazów

Spotyka się elektroniczne przerywacze kierunkowskazów z tyrystorem w stopniu mocy. Ponieważ zwykłego tyrystora nie można wyłączyć prądem bramki, należy stosować dodatkowy element wyłączający - np. dodatkowy tyrystor.

## 7.6. Budowa i zasada działania sygnalizatorów dźwiękowych

Pojazdy samochodowe powinny być wyposażone w sygnały dźwiękowe, których dźwięk w sposób nieprzeźliwy ma ostrzegać użytkowników drogi o zbliżaniu się pojazdu.

Dźwięk sygnału powinien spełniać następujące wymagania:

- niezmiennosc wysokości tonu,
- natężenie nie powinno przekraczać wartości dopuszczalnej dla ucha z punktu czułości słuchu zdrowego człowieka,
- barwa dźwięku powinna być przyjemna dla ucha.

O wyborze częstotliwości sygnału decyduje:

- słyszalność sygnału w przeciętnych warunkach hałasu drogowego,
- największa czułość ucha ludzkiego w zakresie częstotliwości od 2000 do 6000 Hz.

O zasięgu słyszalności dźwięku decyduje natężenie dźwięku, a więc moc źródła dźwięku. Poziom natężenia dźwięku  $L$  mierzy się w decybelach (dB).

$$L = 10 \log \frac{J}{J_0}, \quad (7.11)$$

gdzie:  $J$  - natężenie dźwięku,

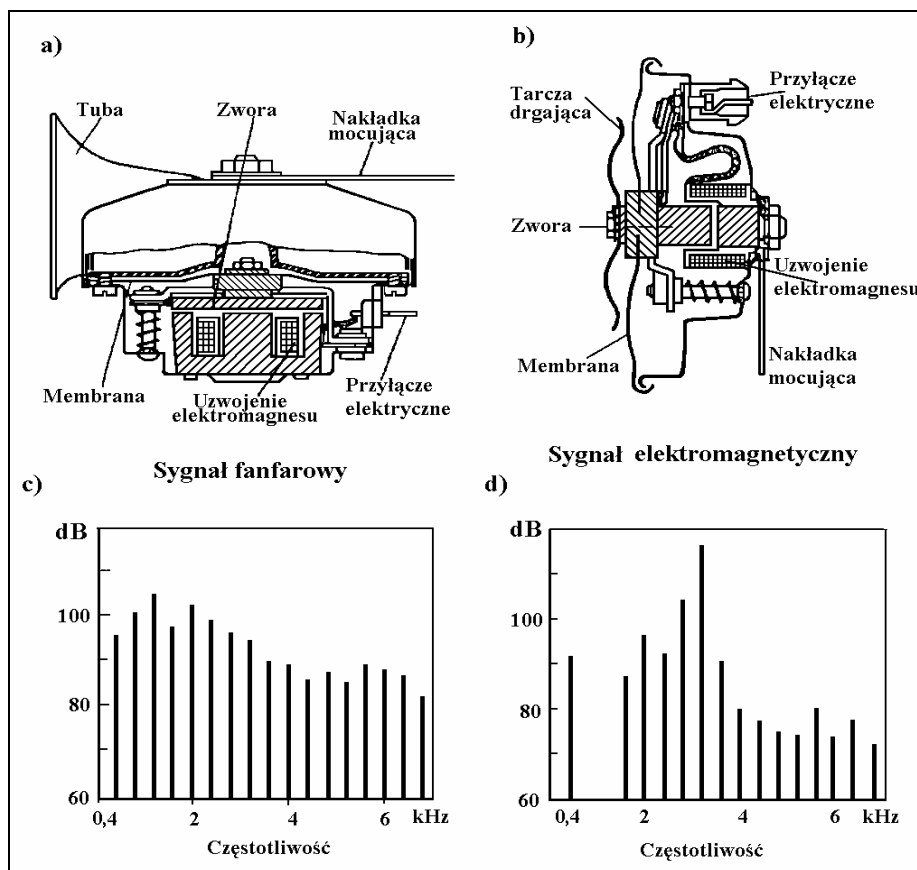
$J_0$  - natężenie dźwięku odniesienia (wartość minimalna wywołująca wrażenie słuchowe w uchu ludzkim  $10^{-12} \text{ W/m}^2$ ).

W sygnałach polskiej produkcji poziom natężenia dźwięku wynosi około 100 dB, zależnie od częstotliwości harmonicznnych. Dźwięk sygnału powinien mieć szerokie widmo akustyczne, co ułatwia odróżnienie kierunku ruchu i oddalanie się źródła dźwięku, wskutek zmienności widma, częstotliwości w funkcji odległości i prędkości przesuwania się źródła dźwięku (zjawisko Dopplera). Podczas zbliżania się źródła dźwięku zawierającego tony wyższych harmonicznnych zwiększa się ich natężenie, a w okresie oddalania - natężenie ich maleje i ton o częstotliwości niskiej - podstawowej, staje się dominujący.

Budowę sygnału dźwiękowego pokazano na rys. 7.18. W obudowie są umocowane dwa elektromagnesy oraz przerywacz ze stykami. Pomiedzy kołnierzem obudowy a kołnierzem rezonatora jest umocowana membrana. Do membrany przymocowana jest zwora i popychacz. Rezonator jest wykonany z bakelitu, jego kanał akustyczny w formie ślimaka jest zakończony tubą. Zacisk doprowadzający prąd przystosowany jest do końcówki konektorowej. W chwili doprowadzenia napięcia obwód prądowy zamyka się przez uzwojenie elektromagnesów, zwarte styki przerywacza i masę. Prąd płynący przez uzwojenie elektromagnesów wywołuje w ich rdzeniach pole magnetyczne, wywołujące siłę przyciągającą zworę i popychacz. Po naciśnięciu na dolną płytkę przerywacza (odizolowaną od popychacza), popychacz powoduje rozwarcie styków, zanik prądu w uzwojeniach i pola magnetycznego w elektromagnesach. Membrana pod wpływem własnej sprężystości, unosi się do góry, ponieważ zwora nie jest przyciągana do rdzeni. Wraz z membraną unosi się popychacz, a dolna płytkę przerywacza pod wpływem własnej sprężystości, powraca do położenia wyjściowego, powodując zwarcie styków. Cykl pracy rozpoczyna się od nowa. Drgająca w rytmie pracy przerywacza membrana, wymusza w ślimaku rezonatora drgania słupa powietrza i powoduje powstanie dźwięku. Równolegle do styków przerywacza włączony jest kondensator w celu ograniczenia iskrzenia podczas przerywania płynącego w obwodzie prądu. Niżej prądowej jest zbudowany tzw. sygnał talerzowy. Nie ma on rezonatora tubowego. Sztywno z membraną jest połączona odpowiednio uformowana okrągła płytkę (talerz), która drgając razem z membraną wywołuje drgania powietrza i powstanie dźwięku. Membrana z płytką jest osłonięta pokrywą z odpowiednimi wycięciami. Na kołnierzu pokrywy są otwory do połączenia jej z kołnierzem obudowy za pomocą śrub. Między obu



z kołnierzem obudowy za pomocą śrub. Między obu kołnierzami jest umocowana membrana.



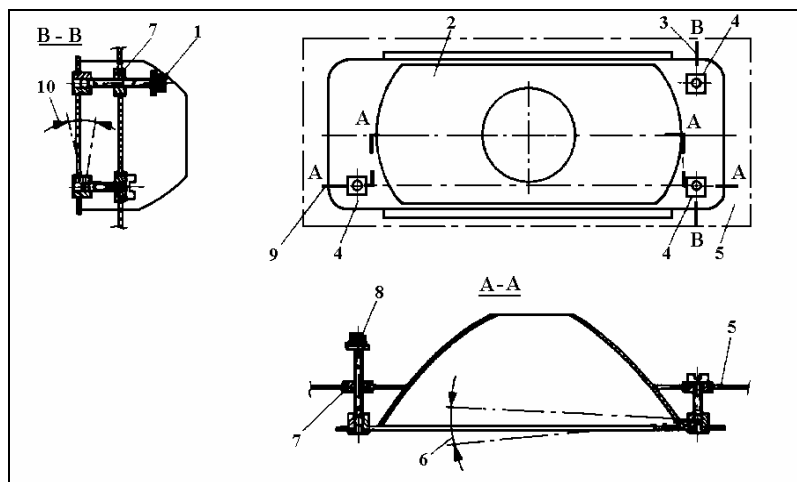
Rys. 7.18. Budowa sygnału dźwiękowego: z rezonatorem tubowym (a) i talerzowego (b) oraz rozkład widma częstotliwości obu typów sygnału

W pojazdach uprzywilejowanych w ruchu stosuje się sygnały dwudźwiękowe na przemian brzące, których właściwości akustyczne określone są normą PN-71/S-76006.

### 7.7. Ogólne zasady diagnostyki urządzeń oświetleniowych

Do głównych wad stosowanego oświetlenia można zaliczyć efekt olśnienia kierowcy pojazdu nadjeżdżającego z przeciwka oraz zbyt mały zasięg świateł mijania. Obecny system świateł mijania zapewnia zasięg widzialności obiektów nie oświetlonych w granicach od 50 do 70 m. Zasięg świateł

drogowych jest większy, lecz ze względu na wzrost natężenia ruchu nocą coraz częściej w sposób ciągły używane są światła mijania. Dlatego prace konstruktorskie idą w kierunku opracowania reflektora zapewniającego optymalne warunki dobrego oświetlenia drogi. Optymalne charakterystyki reflektorów samochodowych określone są w normie PN-78/S-73030. Skuteczność działania urządzeń oświetleniowych zależy od ich prawidłowego zamontowania, właściwego użytkowania i obsługi. Właściwości świetlne reflektorów i lamp pogarszają się z wielu przyczyn.



Rys. 7.19. Regulacja ustawienia reflektora

1 - śruba regulacji pionowej, 2 - odbłyśnik, 3 - oś obrotu odbłyśnika w czasie regulacji poziomej, 4 - gniazda kuliste, 5 - blacha nadwozia do której jest mocowany reflektor, 6 - kąt regulacji poziomej, 7 - plastikowa kostka wciśnięta w blachę nadwozia, 8 - śruba regulacji poziomej, 9 - oś obrotu odbłyśnika w czasie regulacji pionowej, 10 - kąt regulacji pionowej

Przyczynami wzrostu zagrożenia w ruchu nocnym są:

- niewłaściwe ustawienie reflektorów, zbyt późne przełączanie światła drogowych na światła mijania, rozwiązaniem może być instalowanie w samochodach automatycznych zmieniaczy światła,
- zmiany zasięgu światła mijania przy zmieniającym się obciążeniu samochodu,
- niedostateczne oświetlenie jezdni światłami mijania.

Instalowanie powszechnie w nowych samochodach żarówek halogenowych zwiększa natężenie oświetlenia, lecz jednocześnie stwarza duże niebezpieczeństwo dla innych użytkowników drogi w przypadku wadliwego ustawienia światła samochodu. Dlatego kontrola ustawienia reflektorów i natężenie ich światła ma szczególne znaczenie dla bezpieczeństwa jazdy.

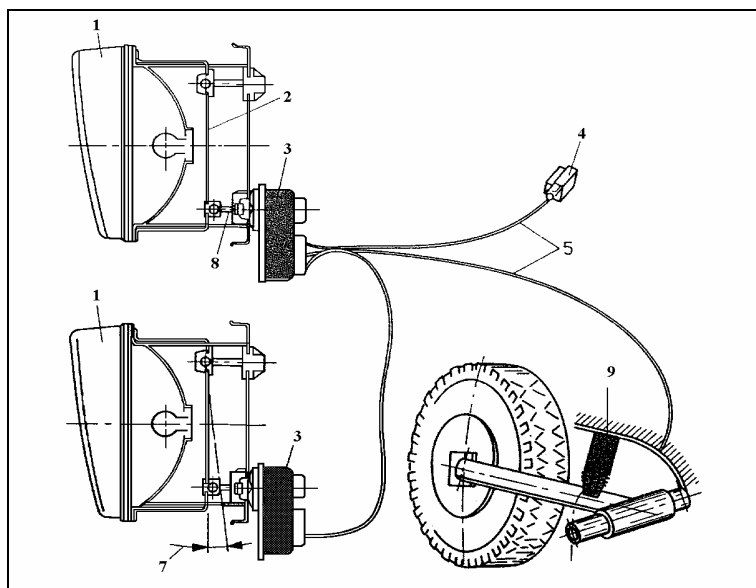
Diagnostyka urządzeń oświetleniowych obejmuje sprawdzenie działania tych urządzeń bez demontażu ich z pojazdu. W odniesieniu do światła

głównych bardzo ważne jest sprawdzenie ich ustawienia i właściwa ich regulacja. Do prawidłowego ustawienia świateł służą specjalne wkręty regulacyjne o wymaganym zakresie regulacji  $\pm 4^\circ$  w płaszczyźnie poziomej i pionowej, licząc od osi optycznej reflektora (rys. 7.19).

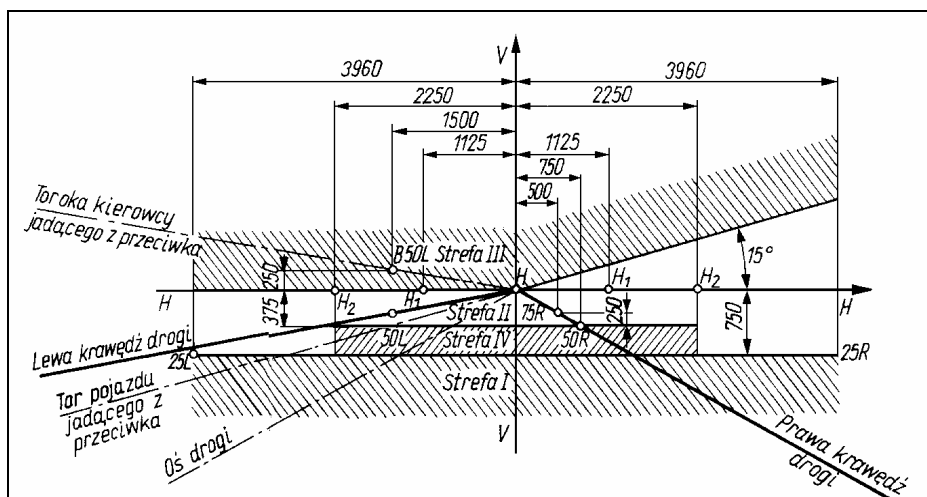
Odbłyśnik zamocowany jest do nadwozia (lub korpusu reflektora) w trzech punktach za pomocą trzech śrub. Do regulacji w płaszczyźnie pionowej służy śruba 1, a w płaszczyźnie poziomej śruba 8. Podczas wkręcania śruby 8 w kostkę 7 nadwozia lub jej wykręcania następuje zmiana położenia kąтового odbłyśnika w płaszczyźnie poziomej. Przy wkręcaniu śruby 1 w kostkę 7 lub jej wykręcania następuje zmiana położenia kąтового odbłyśnika w stosunku do nadwozia w płaszczyźnie pionowej.

Przy obciążaniu samochodu zmniejsza się kąt pochylenia wiązki światła mijania. Reflektor świeci zbyt "wysoko", nieprawidłowo oświetla jezdnię i oślniewa kierowców jadących z przeciwka. Do ustawienia światła w zależności od obciążenia służy regulacja dodatkowa. Stosowane są różne rozwiązania. Przy reflektorach usytuowany jest mechanizm regulacyjny pozwalający na zmianę położenia reflektora skokowo, co jest niewygodne dla kierowcy, ponieważ wymaga opuszczenia kabiny, podniesienia maski i dokonania regulacji przez zmianę położenia dźwigni regulacyjnej. Dlatego coraz częściej spotyka się regulację z kabiny kierowcy. Stosowana jest regulacja hydrauliczna lub elektryczna. Układ zapewnia płynną regulację z kabiny kierowcy dla różnych obciążeń samochodu, z reguły stosuje się regulację 3 lub 4 położeniową.

Rozwój elektroniki i czujników pomiarowych pozwala na zastosowanie regulacji automatycznej, które eliminuje subiektywną ocenę kierowcy zmiany kąta pochylenia reflektorów, odpowiadającego danemu obciążeniu. Na rys. 7.20. przedstawiono zasadę działania takiego systemu. Funkcję oceny stanu obciążenia samochodu przejmują czujniki 9 zamocowane w przedniej i tylnej części samochodu. Nastawniki elektryczne są sprzężone przegubowo z reflektorem 1 (lub odbłyśnikiem) podobnie jak przy ręcznym systemie regulacji. W pamięci mikroprocesora są zaprogramowane kąty pochylenia reflektora dla różnych położenia samochodu. Układ elektroniczny porównuje dane otrzymywane z czujników z danymi zaprogramowanymi. Po przekroczeniu określonego progu zostaje włączony nastawnik, który reguluje pochylenie reflektora (lub odbłyśnika). System ten reguluje położenie reflektorów także podczas ruszania, hamowania, czy przyśpieszania, natomiast nierówności jezdni nie wywołują zmiany położenia reflektorów.



Rys. 7.20. Zasada działania regulacji automatycznej  
 1- reflektor, 2 - element konstrukcyjny, 3 - nastawnik elektryczny, 4 - złącze elektryczne,  
 5 - przewody elektryczne, 6 - potencjometr z podziałką, 7 - kąt regulacji, 8 - trzpień  
 nastawnika, 9 - czujnik obciążenia



Rys. 7.21. Ekran pomiarowy reflektorów asymetrycznych

Kierunek strumieni świetlnych światła głównych pojazdu sprawdza się przez określenie plamy świetlnej każdego światła na ekranie kontrolnym, ustawionym w odległości 25 m od reflektorów badanego pojazdu. Ponieważ w

praktyce są znaczne trudności z realizacją tego rozwiązania, skonstruowano urządzenie działające na zasadzie skupienia wiązki światła reflektora przez soczewkę skupiającą. W ognisku soczewki umieszczono ekran pomiarowy o wymiarach proporcjonalnych do stopnia skupienia soczewki. Na ekranie umieszczony jest fotoelement, który można przemieszczać w ustalonym zakresie tak, że w każdym położeniu fotoelementu można odczytać jego położenie odniesione do ekranu w odległości 25 m. Miernik mierzący prąd fotoelementu jest wyskalowany w jednostkach natężenia oświetlenia (luksach), najczęściej w dwóch zakresach pomiarowych - dla światła mijania i światła drogowych. Na podobnej zasadzie działają przyrządy diagnostyczne np. typu KS-20. Żądane optymalne charakterystyki reflektorów samochodowych światła mijania i drogowych są odniesione do natężenia oświetlenia w punktach zaznaczonych na ekranie umieszczonym w odległości 25 m od pojedynczego reflektora, przy czym te punkty stanowią perspektywiczny rzut prostego odcinka drogi o szerokości

6 m. Ekran pomiarowy przedstawiono na rys. 7.21.

Tabela 7.2 Wartości natężenia oświetlenia światła mijania i drogowych w punktach ekranu pomiarowego

Rodzaj oświetlenia	Punkt lub sfera ekranu pomiarowego	Natężenie oświetlenia w punkcie lub strefie
		Lx
<b>światła mijania</b>	B50L	$\leq 0,3$
	75R	$\geq 6,0$
	50R	$\geq 6,0$
	25R, 25L	$\geq 1,5$
	strefa IV	$\geq 2,0$
	strefa I	$\leq 20,0$
	strefa III	$\leq 0,7$
<b>światła drogowe</b>	H	$\geq 0,9 E_{\max}$
	H <sub>1</sub>	$\geq 16$
	H <sub>2</sub>	$\geq 4$
	punkt o maksymalnym natężeniu oświetlenia E <sub>max</sub>	$\geq 32$

Wartości natężenia oświetlenia mierzone w określonych punktach ekranu dla świateł głównych podano w tabeli 7.2. Od świateł drogowych wymaga się, by natężenie oświetlenia w punkcie H (punkt H leży na osi optycznej reflektora) ekranu pomiarowego wynosiło  $E_H \geq 0,9 E_{max}$ , co gwarantuje odpowiednio szybką adaptację wzroku kierowcy przy przełączaniu świateł drogowych na światła mijania (zmiana kontrastu). Od świateł mijania wymaga się wyraźnie zaznaczonej na ekranie pomiarowym granicy światła i cienia między nieoświetloną a oświetloną częścią ekranu.

Na prawidłowość ustawienia świateł za pomocą ekranu mają wpływ:

- obciążenie pojazdu, wpływ obciążenia pojazdu jest znaczny i może powodować różnicę w usytuowaniu plam świetlnych na ekranie, dlatego kontrolę świateł należy przeprowadzać na samochodzie obciążonym zgodnie z instrukcją fabryczną;
- wielkość ciśnienia w ogumieniu, szczególnie istotna jest wartość dla kół przednich;
- wypoziomowanie i równość nawierzchni stanowiska, dopuszczalna nierówność nawierzchni stanowiska nie powinna przekraczać  $\pm 1$  mm, a odchylenie od poziomu nie może być większe od 1 mm/1 mb;
- prostopadłość ustawienia badanego pojazdu względem ekranu, pojazd należy tak ustawić, aby podłużna oś symetrii pojazdu wyznaczała z płaszczyzną ekranu kąt prosty.

Przy badaniu reflektorów o asymetrycznym świetle mijania przecięcie płaszczyzny granicznej obszaru oświetlonego i nieoświetlonego z ekranem pomiarowym, z osiami współrzędnych według rys. 7.21 powinno stanowić poziomą linię prostą na lewej połowie ekranu i prostą nachyloną pod kątem  $15^\circ$  do osi poziomej  $H$  na prawej stronie ekranu. W strefach *I*, *II*, *III* i *IV* ekranu pomiarowego natężenie oświetlenia w kierunkach bocznych do osi  $V$  powinny być równomierne, bez dostrzegalnych zmian pogarszających widoczność.

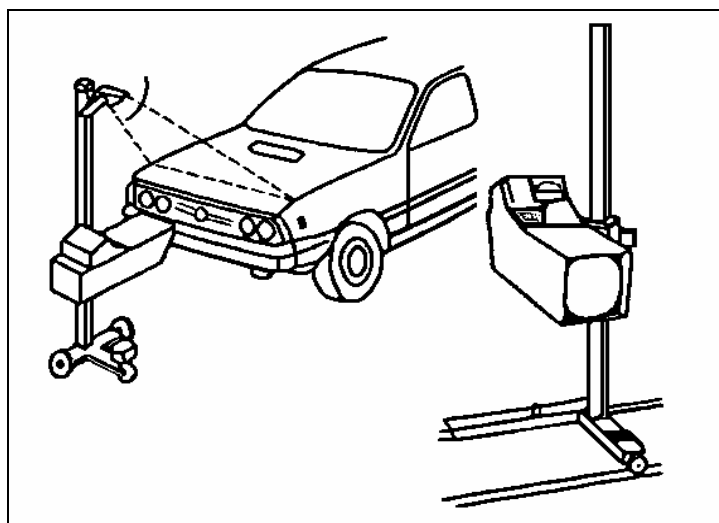
Z upływem czasu eksploatacji samochodu – wskutek drgań, wstrząsów i zmian charakterystyk zawieszenia – reflektory zmieniają swoje położenie. Dlatego powinny być okresowo kontrolowane. Podczas kontroli istotne jest:

- dokonanie korekcji ogniska reflektora,
- sprawdzenie ustawienia świateł drogowych i mijania,
- pomiar natężenia świecenia świateł.

Stosowane do kontroli świateł urządzenia fotoelektryczne umożliwiają pomiar wszystkich parametrów diagnostycznych reflektorów. Na rys. 7.22 pokazano sposób kontroli reflektorów samochodu za pomocą przyrządu typu KS.

Obecnie brak jest przyrządów do sprawdzania pozostałych (poza reflektorami) świateł zewnętrznych pojazdu, które by kontrolowały:

- częstotliwość migania kierunkowskazów i pomiar natężenia świecenia,
- natężenie świecenia świateł pozycyjnych i hamowania.



Rys. 7.22. Sposób kontroli ustawienia świateł za pomocą przyrządu KS

Kontrola kierunkowskazów obejmuje:

- ocenę natężenia światła, ocenia się to wzrokowo: światło kierunkowskazów powinno być widoczne, co najmniej z odległości 30 m przy oświetleniu słonecznym,
- pomiar czasu zadziałania od włączenia do pierwszego błysku, czas zadziałania nie powinien przekraczać 3 s,
- pomiar częstotliwości przerw światła; pomiar wykonuje się przez pomiar czasu 10 kolejnych błysków, który powinien zawierać się w granicach  $5 \pm 10$  s.

Do kontroli działania kierunkowskazów stosuje się lampkę kontrolną o barwie zielonej, która powinna sygnalizować działanie kierunkowskazów przez przerywane świecenie z częstotliwością  $90 \pm 30$  przerw na minutę.

Jeżeli częstotliwość przerw świecenia lampki kontrolnej jest bardzo duża, to może być spowodowane przepaleniem jednej żarówki kierunkowskazów, zwiększeniem rezystancji obwodu wskutek niepewnego połączenia z masą lub braku tego połączenia w jednej lampie kierunkowskazów. Jeżeli kierunkowskazy w ogóle nie działają to przyczyn należy szukać w:

- braku napięcia na przerywaczu kierunkowskazów wskutek przepalenia bezpiecznika, ewentualnie z powodu przerwy w obwodzie,
- uszkodzeniu przerywacza kierunkowskazów,
- przepaleniu żarówki w lampce kontrolnej.

Przy każdej nieprawidłowej sygnalizacji lampki kontrolnej należy sprawdzić układ kierunkowskazów, ponieważ ich działanie decyduje o bezpieczeństwie ruchu drogowego.

## 7.8. Niedomagania w obwodzie sygnałów dźwiękowych

1. *Sygnal nie działa. Pobór prądu przez sygnał równa się zeru.*
  - a) przepalony bezpiecznik w obwodzie sygnału na skutek zwarcia - znaleźć przyczynę zwarcia i po usunięciu założyć nowy bezpiecznik,
  - b) przerwa w obwodzie sygnału na drodze od sygnału do przycisku sygnału.- sprawdzić obwód zwłaszcza połączenia przewodów,
  - c) przerwa w odgałęzieniu od zacisku sygnału do zacisku zasilania - znaleźć przerwę i naprawić uszkodzenie,
  - d) przerwa wewnątrz sygnału (styki nie zamykają obwodu lub styki sygnału silnie nadpalone) - należy wymontować sygnał i naprawić uszkodzenie,
  - e) uszkodzenie w przekaźniku sygnału - usunąć usterkę lub wymienić przekaźnik.
2. *Sygnal nie działa, pobiera jednak znaczny prąd. Zwarcie wewnątrz sygnału, przy czym w rachubę wchodzi następujące usterki:*
  - a) styki nie rozwierają się,
  - b) zwarcie między płytkami przerywacza,
  - c) przebiecie kondensatora,
  - d) pęknięta płytka izolacyjna ruchomego styku przerywacza,
  - e) zwarcie międzyzwojowe w cewce elektromagnesu sygnału. Po zdemonstrowaniu sygnału usunąć usterkę.
3. *Nieprawidłowy dźwięk sygnału:*
  - a) rozregulowanie sygnału - wymontować sygnał z samochodu i po zamocowaniu (odpowiadającemu umocowaniu w samochodzie) regulować wkrętem regulacyjnym. Po regulacji zmierzyć pobór prądu pobieranego przez sygnał (powinien odpowiadać danym fabrycznym),
  - b) uszkodzenie wewnątrz sygnału (np. nadpalone styki lub pęknięcie membrany) - po zdemonstrowaniu sygnału usunąć usterkę.



## **8. URZĄDZENIA KONTROLNO-POMIAROWE I WYPOSAŻENIE DODATKOWE**

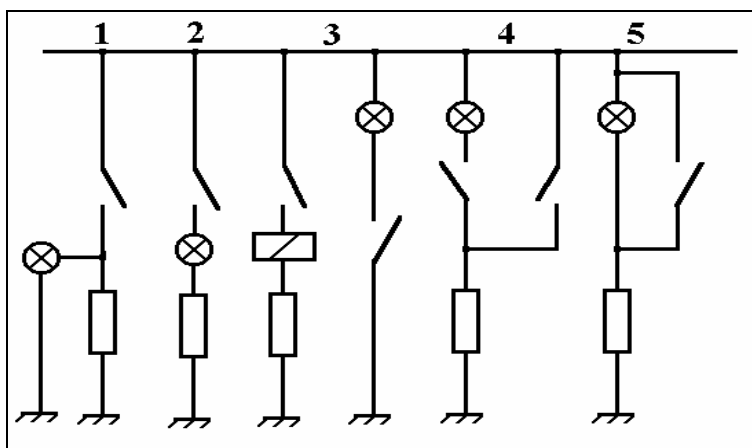
W czasie prowadzenia samochodu kierowca musi otrzymywać niezbędne informacje o parametrach ruchu, o pracy silnika i pomocniczych urządzeniach oraz informacje o uszkodzeniach układów wpływających na bezpieczeństwo jazdy. Dla realizacji tego, wyposaża się samochody w przyrządy, które wskazują wielkości podlegające kontroli lub sygnalizują świetlnie (przez lampki kontrolne) lub akustycznie (np. przez brzęczyki) nieprawidłowości w działaniu kontrolowanych układów. Powszechne zastosowanie elektrycznych układów pomiarowo-kontrolnych przypisać należy niespotykanej w układach typu mechanicznego, pneumatycznego, hydraulicznego i innych zalecie układów elektrycznych - łatwości i wierności przekazywania sygnałów elektrycznych, przetworzonych w czujnikach z mierzonych wielkości nieelektrycznych do wskaźników. Elektryczny sposób przekazywania sygnałów jest pozbawiony bezwładności cechującej inne układy i odznacza się małym poborem mocy ze źródła. Posiada cenną zaletę a mianowicie możliwość umieszczania wskaźników w tablicy rozdzielczej (pulpicie) jako oddzielnych elementów lub w zespołach co umożliwi kierowcy ich łatwą obserwację. Typowy układ pomiarowo-kontrolny składa się w zasadzie z czujnika reagującego na kontrolowany parametr i wskaźnika skalowanego lub lampki kontrolnej.

W ostatnich latach wzrosła tendencja stosowania w urządzeniach pomiarowo-kontrolnych elementów elektronicznych takich jak: diody, tranzystory, układy scalone, elementy optoelektroniczne, obwody drukowane itd. aż do pokładowego komputera włącznie. Wyposażanie samochodów w coraz większą liczbę urządzeń elektronicznych powoduje, że tradycyjna tablica rozdzielcza nie jest w stanie zobrazować wszystkich danych. Elektronicznie kontrolowane parametry pracy podzespołów samochodu, przetwarzane są do postaci cyfrowej, analogowej lub graficznej i dla ich przekazywania potrzebny jest wielofunkcyjny wskaźnik lub odpowiedni ekran. Najważniejsze wskaźniki powinny być zgrupowane w polu widzenia kierowcy, powinna je cechować łatwość odbioru informacji przez kierowcę w każdych warunkach i jak najmniej odwracać uwagę kierowcy od sytuacji drogowej.

## 8.1. Przeznaczenie i podział urządzeń kontrolno-pomiarowych

Urządzenia kontrolno-sygnalizacyjne można podzielić z punktu widzenia ich przeznaczenia na następujące grupy:

- 1) *przyrządy kontroli pracy obwodów wyposażenia elektrycznego*: amperomierz lub lampka kontrolna w głównym układzie elektrycznym - obwodzie zasilania, lampki kontrolne w obwodzie kierunkowskazów, lampka kontrolna włączenia świateł drogowych, itp.;
- 2) *przyrządy kontroli pracy silnika*, takie jak wskaźnik ciśnienia oleju z czujnikiem w układzie smarowania silnika, wskaźnik temperatury wody z czujnikiem w układzie chłodzenia silnika oraz termiczny włącznik sprzęgła wentylatora chłodnicy, wskaźnik poziomu paliwa z czujnikiem w zbiorniku oraz lampki kontrolne stanów awaryjnych z odpowiednimi czujnikami;



Rys. 8.1. Rodzaje włączenia lampek kontrolnych i ich znaczenie sygnalizacyjne:

1 - sygnalizacja stanu napięcia na odbiorniku, 2, 3 - sygnalizacja rozpoczęcia działania odbiornika przez zaświecenie lampki, 4, 5 - sygnalizacja działania odbiornika przez wyłączenie lampki

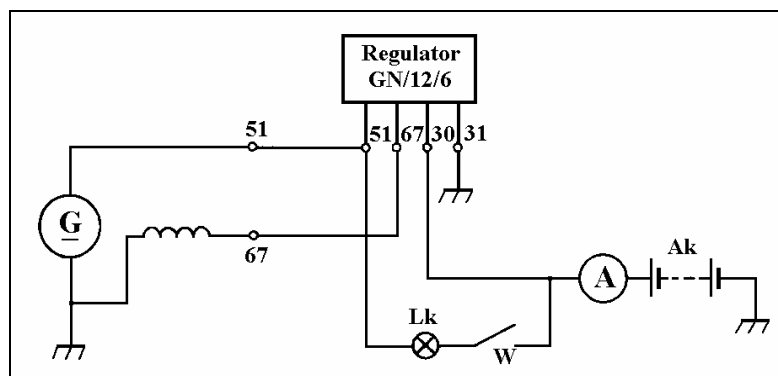
- 3) *przyrządy do pomiaru prędkości ruchu pojazdu i długości drogi przebytej przez pojazd* (prędkościomierze) lub do rejestracji charakteru eksploatacji pojazdu, czasu pracy silnika, sposobu osiągnięcia maksymalnych prędkości (tachografy), do pomiaru prędkości obrotowej silnika (tachometry, obrotomierze), przyrządy tej grupy służą do kontroli pracy pojazdu i rejestracji przebiegu jazdy;
- 4) *wszystkie inne urządzenia kontrolno-sygnalizacyjne*, jak np. wskaźniki i czujniki ciśnienia powietrza w oponach, zapięcia pasów bezpieczeństwa i zamknięcia drzwi - oraz sygnały dźwiękowe zewnętrzne i wewnętrzne.

Lampki kontrolnych w samochodzie używa się do kontroli działania różnych mechanizmów samochodu. Zależnie od sposobu przyłączenia lampki

do obwodu jej wskazania mogą świadczyć o rozpoczęciu działania kontrolowanego mechanizmu lub tylko o tym, że dany obwód znalazł się pod napięciem (rys. 8.1)

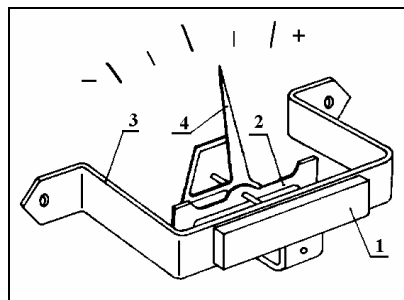
## 8.2. Kontrola pracy prądnicy

Do kontroli pracy prądnicy służy amperomierz lub lampka kontrolna, jednak zadania każdego z tych wskaźników są nieco inne. Amperomierz włącza się w obwodzie zasilania samochodu (rys. 8.2) i kierunek wychylenia jego wskazówki informuje o wartości prądu wyładowania lub ładowania akumulatora. Amperomierz został włączony między akumulator i zacisk akumulatora. Kiedy prądnica nie pracuje (włączony wyłącznik zapłonu) lub jej prędkość obrotowa jest mniejsza od prędkości załączenia wyłącznika samoczynnego, wówczas odbiorniki zasilane są z akumulatora i wskazówka amperomierza odchyła się w kierunku wyładowanie („-” na podziałce amperomierza, rys. 8.3). Jeśli prądnica zasila odbiorniki w tym akumulator, to wskazówka amperomierza odchyła się w stronę ładowanie akumulatora („+” na podziałce amperomierza). Amperomierz może wskazywać również wartość prądu zwrotnego regulatora. Ze względu na specyficzne warunki pracy (wstrząsy), zamiast amperomierzy magnetoelektrycznych o zbyt delikatnej i kosztownej konstrukcji, w samochodach stosuje się spolaryzowane amperomierze elektromagnetyczne (rys. 8.3). Dokładność wskazań tego rodzaju amperomierzy jest mała - rzędu 5% - jednak wystarczająca do celów kontroli. Obecnie w nowych samochodach osobowych nie stosuje się amperomierzy tylko lampki kontrolne pracy prądnicy.



Rys. 8.2. Schemat obwodu zasilania samochodu PF 126p z włączonym amperomierzem

Lampka kontrolna pracy prądnicy prądu stałego jest przyłączona swoimi doprowadzeniami do zacisków wyłącznika samoczynnego. Lampka może świecić się tylko wtedy, gdy styki wyłącznika samoczynnego są otwarte. Zgaśnięcie lub świecenie lampki kontrolnej świadczy tylko o prawidłowej pracy zespołu prądnica-regulator, o rozpoczęciu oddawania przez prądnicę energii do instalacji samochodu, nie informuje o wartości prądu ładowania akumulatora.



Rys. 8.3. Samochodowy amperomierz elektromagnetyczny  
 1 - magnes trwały, 2 - blaszka ferromagnetyczna,  
 3 - szyna przewodowa, 4 - wskazówka

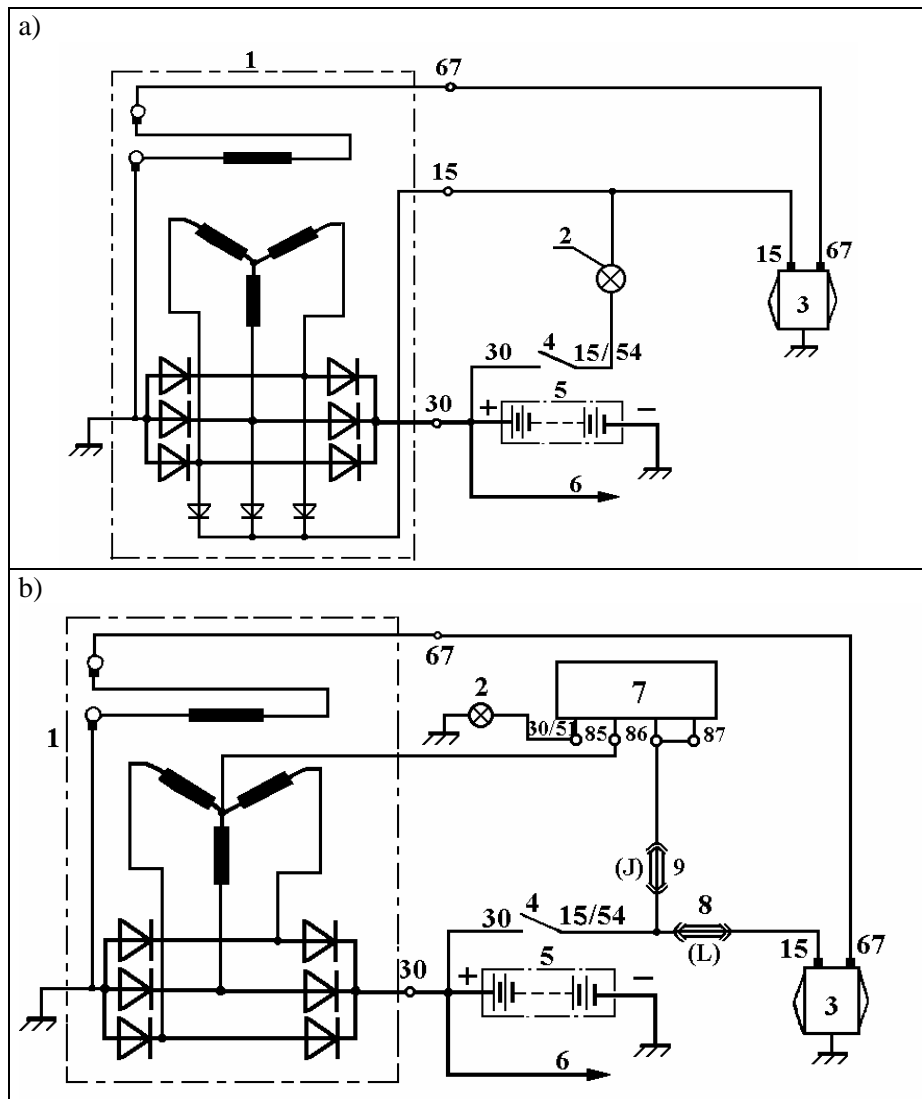
Zdarzyć się może, że przy wzroście prędkości, (co powoduje wzrost napięcia a więc i prądu przepływającego przez wyłącznik samoczynny) lampka kontrolna zaczyna się żarzyć, to świadczy o zwiększaniu się spadku napięcia na stykach wyłącznika wywołanego zanieczyszczeniem styków. Przy wystąpieniu takich objawów należy styki wyłącznika samoczynnego dokładnie oczyścić.

W obwodach zasilania z prądnicami prądu zmiennego lampkę kontrolną łączy się w zależności od typu prądnicy. W alternatorach samowzbudnych (z dodatkowymi diodami wzbudzenia) lampkę kontrolną włącza się bezpośrednio (rys. 8.4a), natomiast w alternatorach obcowzbudnych włącza się przez przełącznik (rys. 8.4b).

Zamknięcie styków 30 oraz 15/54 wyłącznika zapłonu powoduje włączenie napięcia akumulatora do uzwojenia wzbudzenia alternatora i przepływ prądu w następującym obwodzie: zacisk dodatni akumulatora - zwarte styki 30 oraz 15/54 wyłącznika zapłonu - lampka kontrolna obwodu ładowania - zacisk D+ alternatora - uzwojenie wzbudzenia alternatora - elektroniczny regulator napięcia - masa pojazdu - zacisk ujemny akumulatora. Lampka kontrolna ładowania świeci się. Po rozruchu silnika alternator wzbudza się. Lampka kontrolna ładowania gaśnie, co jest spowodowane brakiem napięcia między zaciskiem dodatnim diod wzbudzenia (zacisk D+ alternatora) a zaciskiem dodatnim akumulatora. Podczas pracy alternatora uzwojenie wzbudzenia jest zasilane z diod wzbudzenia, a więc prąd wzbudzenia nie jest ograniczony przez lampkę kontrolną ładowania i alternator może oddawać prąd również przy małej prędkości obrotowej. Przy zwiększaniu prędkości obrotowej zwiększa się napięcie na zaciskach alternatora, które zaczyna być regulowane na stałym poziomie przez regulator napięcia

Działanie obwodu zasilania w którym zastosowano przełącznik lampki kontrolnej ładowania (rys.8.4b) jest następujące: połączenie styków 30/1 oraz 15 w wyłączniku zapłonu powoduje włączenie napięcia akumulatora do uzwojenia wzbudzenia alternatora i przepływ prądu w następującym obwodzie:

biegun dodatni akumulatora - zacisk 30 alternatora - zwarte styki 30/1 oraz 15 wyłącznika zapłonu - bezpiecznik 8 (L) - zacisk 15 regulatora napięcia - górne styki (pierwszy stopień regulacji) regulatora napięcia - zacisk 67 regulatora napięcia, zacisk 67 alternatora - uzwojenie wzbudzenia - zamknięcie obwodu przez masę do ujemnego bieguna akumulatora.

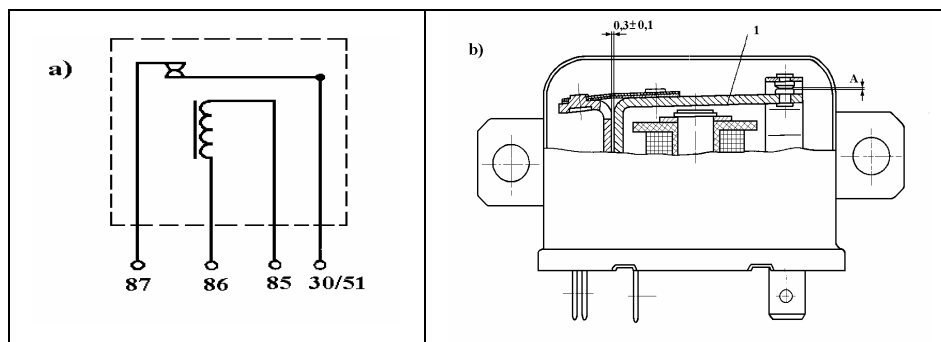


Rys. 8.4. Schemat włączenia lampki kontrolnej w obwodzie z alternatorem:  
a - samowzbudnym, np. alternator A124N, b - obcowzbudnym, np. alternator A12M;  
1 - alternator, 2 - lampka kontrolna 12 V, 3 ÷ 5 W, 3 - regulator, 4 - wyłącznik, 5 - akumulator,  
6 - do odbiorników, 7 - przekaźnik, 8, 9 - bezpiecznik

Prąd płynący przez uzwojenie wzbudzenia alternatora wytwarza pole magnetyczne. Połączenie styków 30/1 oraz 15 wyłącznika zapłonu powoduje ponadto zapalenie lampki kontrolnej ładowania wskutek zamknięcia następującego obwodu, zasilanego napięciem akumulatora: biegun dodatni akumulatora - zacisk 30 alternatora - zaciski 30/1 oraz 15 wyłącznika zapłonu - bezpiecznik 9 (J) - lampka kontrolna ładowania - zacisk 30/51 przekaźnika - zwarte styki przekaźnika - zacisk 87 przekaźnika - zamknięcie obwodu przez masę z biegunem ujemnym akumulatora.

Po uruchomieniu silnika w alternatorze zostaje wytworzona siła elektromotoryczna i przy prędkości obrotowej alternatora około 1000 obr/min pojawia się na jego zaciskach napięcie 12 V, wówczas alternator może rozpocząć oddawanie energii elektrycznej. Napięcie między środkiem gwiazdy uzwojenia alternatora a masą jest wykorzystane do zasilania uzwojenia sterującego stykami przekaźnika lampki kontrolnej ładowania. Napięcie to jest około dwukrotnie mniejsze od napięcia alternatora. Obwód zasilający uzwojenie przekaźnika jest następujący: zacisk nieoznaczony alternatora - zacisk 85 przekaźnika - uzwojenie przekaźnika - zacisk 86 przekaźnika - zamknięcie obwodu przez masę z biegunem zespołu prostownikowego - fazy uzwojenia.

Po osiągnięciu napięcia  $5,5 \pm 0,2$  V zwora przekaźnika zostaje przyciągnięta, a styki przekaźnika - rozwarne; obwód lampki kontrolnej ładowania zostaje przerwany i lampka przestaje świecić. Zgaśnięcie lampki świadczy, że alternator osiągnął napięcie, przy którym może oddawać energię instalacji pojazdu.



Rys. 8.5. Schemat połączeń (a) oraz budowa (b) przekaźnika lampki kontrolnej

Na rys.8.5a pokazano schemat połączeń przekaźnika lampki kontrolnej, a jego budowę na rys. 8.5b.

Po doprowadzeniu napięcia o wartości  $5,5 \pm 0,2$  V do zacisków 85 oraz 86 przekaźnika, jego zwora jest przyciągana do rdzenia powodując rozwarcie styków. Zwarcie styków następuje przy napięciu poniżej 3,5 V. Rezy-

stancja uzwojenia przekąźnika wynosi  $29 \pm 2 \Omega$ . Odległość między stykami powinna wynosić minimum 0,3 mm.

### 8.3. Kontrola prędkości i długości przebytej drogi

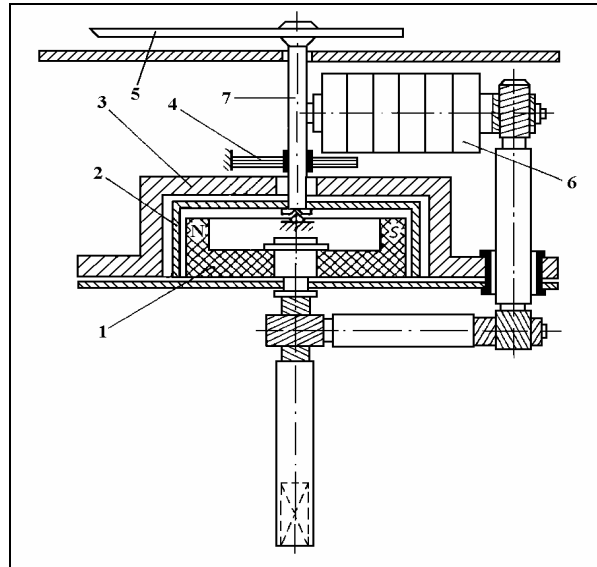
Kontrolę prędkości poruszania się pojazdu i przebytej przez niego drogi przeprowadza się za pomocą prędkościomierza i licznika przebytej drogi. Prędkościomierzem samochodowym nazywa się przyrząd pomiarowy zainstalowany w pojeździe i napędzany od kół pojazdu, przeznaczony do pomiaru jego prędkości. Drogomierz jest to przyrząd mierzący przebytą przez pojazd drogę. Może być jeden drogomierz niekasowalny, lub dwa kasowalny i niekasowalny. Wszystkie prędkościomierze i obrotomierze stosowane w pojazdach samochodowych są miernikami prędkości obrotowej silnika (obrotomierze) lub wałka wyjściowego skrzynki przekładniowej (prędkościomierze). Prędkościomierze związane z rejestratorem wskazań noszą nazwę tachografów.

Ze względu na sposób przekazywania informacji o mierzonej prędkości obrotowej można rozróżnić przyrządy z napędem mechanicznym (najczęściej wałek giętki) oraz elektrycznym, impulsowym (obrotomierze elektroniczne) lub ciągłym (sygnały z prądnic tachometrycznych).

Każdy przyrząd do pomiaru prędkości obrotowej (prędkościomierz, obrotomierz lub tachograf) zawiera zespoły takie same funkcjonalnie lecz różniące się zasadą działania i rozwiązaniem konstrukcyjnym. Te zespoły to: nadajnik sygnału (np. przekładnia napędowa), linia przesyłowa, miernik prędkości oraz dodatkowo drogomierz i rejestrator.

Prędkościomierze mogą pracować według rozmaitych zasad działania, między innymi: wykorzystując działanie sił odśrodkowych, tarcia powietrza, sił magnetycznych, impulsów elektrycznych lub zastosowanie prądnicy elektrycznej (tachometrycznej) albo układu selsynowego. Najczęściej wykorzystuje się zjawisko indukcji magnetycznej (prądów wirowych indukowanych w materiale paramagnetycznym - aluminium przez wirujący magnes). Indukowane w aluminium prądy wirowe powodują powstanie momentu siły proporcjonalnego do prędkości kątowej wirującego magnesu. Budowa prędkościomierza wiropądowego została przedstawiona na rys.8.6. Na wałku napędowym prędkościomierza, który jest napędzany wałkiem giętkim ze skrzyni biegów, osadzony jest magnes trwały 1, który wiruje wewnątrz czaszy aluminiowej 2, znajdującej się wewnątrz obudowy ferromagnetycznej 3. Czasza aluminiowa jest połączona osią 7 ze wskazówką 5. Gdy magnes trwały wiruje, strumień jego zamyka się przez obudowę ferromagnetyczną i przecina znajdującą się w szczelinie między nimi czaszę aluminiową indukując w niej prądy wirowe, które oddziaływując ze strumieniem magnesu dają moment napędowy starający się nadać czaszy ruch obrotowy, któremu przeciwdziałą sprężyna zwracająca ograniczając odchylenie czaszy. Kąt odchylenia czaszy jest pro-

porcjonalny do prędkości obrotowej magnesu, a tym samym do prędkości pojazdu. Tarcza prędkościomierza wyskalowana jest w jednostkach prędkości.



Rys. 8.6. Budowa wirprądowego prędkościomierza i licznika przebytej drogi  
1 - wirujący magnes trwały, 2 - czasza aluminiowa, 3 - obudowa ferromagnetyczna, 4 - spiralna sprężyna zwrotna, 5 - wskazówka, 6 - liczydło przebytej drogi, 7 - oś napędzająca wskazówkę

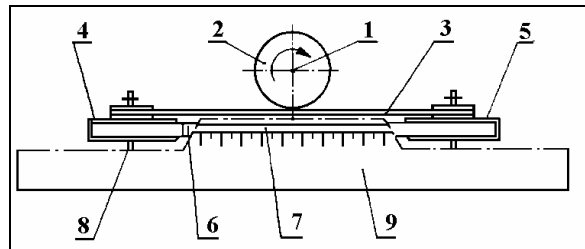
Przekładnia napędu wałka giętkiego prędkościomierza znajduje się w skrzyni biegów (rys. 8.8) i jest napędzana kołem zębatym śrubowym od wałka głównego skrzyni biegów. Prędkość obrotowa wałka prędkościomierza jest zależna od przełożenia przekładni głównej samochodu, oraz przekładni napędu wałka giętkiego. Dla danego samochodu oba te przełożenia są stałe, więc prędkość wałka prędkościomierza jest wprost proporcjonalna do prędkości jazdy.

W niektórych samochodach np. Polski Fiat 125p prędkościomierz zbudowany jest odmiennie (rys.8.7). W tym wypadku czasza aluminiowa prędkościomierza napędza koło 2, na którym jest owinięta linka 3. Końce linki są umocowane do rolek 4, 5 połączonych taśmą 6 zabarwioną na pewnym odcinku. Ruch rolek powoduje przewijanie się taśmy i przesuwanie linii oddzielającej obszar czarny i zabarwiony na tle nieruchomej liniowej podziałki. Wadą takiego rozwiązania jest istnienie dość znacznych oporów ruchu całego mechanizmu, obniżających dokładność wskazań.

Napęd prędkościomierzy odbywa się za pomocą wałków giętkich ze względu na występujące podczas ruchu pojazdu odkształcenia. Wałek giętki wykonany jest z linki stalowej osadzonej wewnątrz metalowego elastycznego pancerza. Niekiedy między pancerzem a linką jest umieszczona przekładka z tworzywa sztucznego, sam zaś pancerz jest osłonięty szczelną obudową z two-



rzywa sztucznego. Zastosowanie przekładki zmniejszającej opory ruchu wałka przyczynia się do zmniejszenia intensywności zużycia linki i przekładni napędowej oraz poprawy stabilności wskazań miernika. Połączenie wałka giętkiego z miernikiem prędkości oraz przekładnią napędową jest realizowane za pomocą odpowiednio ukształtowanych końcówek.



Rys. 8.7. Układ prędkościomierza ze wskaźnikiem liniowym  
 1 - ośka prędkościomierza, 2 - kółko, 3 - linka, 4, 5 - rolka, 6 - taśma, 7 - szczelina w tarczy,  
 8 - odcinek taśmy w kolorze czerwonym, 9 - tarcza zakrywająca mechanizm prędkościomierza

Prędkościomierze samochodowe mają zazwyczaj jeden lub dwa drogomicze służące do wskazywania przebytej drogi, jeden drogomicz niekasowalny oraz drugi drogomicz kasowalny.

Z rysunku 8.8 wynika, że prędkość ruchu pojazdu wynosi:

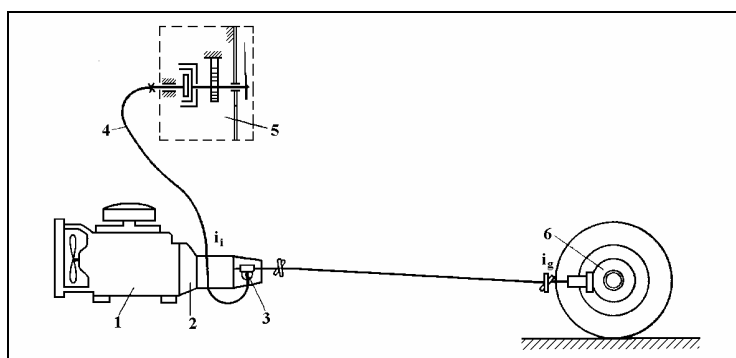
$$V = \frac{2\pi R_d n_s}{60 i_g i_i} \cdot 3,6 \quad (8.1)$$

gdzie:

- $V$  - prędkość ruchu pojazdu w  $km/h$ ,
- $R_d$  - promień dynamiczny koła jezdnego w  $m$ ,
- $i_i$  - przełożenie skrzyni biegów na biegu  $i$  ( $1, 2 \dots$ ),
- $i_g$  - przełożenie tylnego mostu,
- $n_s$  - prędkość obrotowa silnika w  $obr/min$ .

Wałek napędowy prędkościomierza poprzez wielostopniową przekładnię ślimakową napędza koło zębate licznika. Całkowite przełożenie między wałkiem a kołem wynosi 1: 1000 lub 1: 624 (w polskich prędkościomierzach) w zależności od rodzaju prędkościomierza, czyli 624 obr/1 km drogi. Pierwszy bęben obracając się ruchem ciągłym wskazuje przebyte setki metrów. W niektórych rozwiązaniach drogomiczy bęben ten nie ma na obwodzie oznaczeń cyfrowych i jest zasłonięty przez tarczę prędkościomierza. Każdy następny bębenek związany jest z poprzednim mechanizmem o przełożeniu 1 : 10, to znaczy że 10 obrotom bębena prawego odpowiada jeden pełny obrót najbliższego sąsiedniego lewego i przesunięcie o 1/10 obrotu (o jedną cyfrę) drugiego kolejnego bębena z lewej strony itd. Drogomicze stosowane w prędkości-

mierzach współczesnych pojazdów mechanicznych, są na ogół wyposażone w mechanizm dziesiątkujący o uzębieniu wewnętrznym lub zewnętrznym (te są prostsze w budowie lecz ze względu na mało estetyczny wygląd znajdują zastosowanie w samochodach ciężarowych i motocyklach).



Rys. 8.8. Napęd i przeloenia od silnika i mostu tylnego do prędkościomierza:  
1 - silnik, 2 - skrzynia biegów z przeloeniami, 3 - przeloenie między wałem skrzyni biegów i giętkim wałem prędkościomierza, 4 - wałek giętki, 5 - prędkościomierz, 6 - tylny most z przeloeniami

Najbardziej kłopotliwym i zawodnym elementem prędkościomierza elektromechanicznego jest linka napędowa, której główną wadą jest konieczność zachowania pewnego minimalnego promienia łuku przy układaniu w pojeździe oraz przyspieszone zużycie i niestabilna praca, występujące zwłaszcza przy długich linkach (gdy silnik jest umieszczony z tyłu pojazdu).

W celu wyeliminowania tych wad w niektórych typach samochodów, linkę zastąpiono prądniczką tachometryczną - nadajnikiem i woltomierzem wyskalowanym w km/h jako odbiornikiem. Stosuje się również urządzenia składające się z nadajnika prędkości kątowej, przymocowanego do odpowiedniego wyjścia skrzyni przekładniowej, który wytwarza odpowiednie impulsy sterujące przekazywane do układu sterującego. Układ sterujący przetwarza impulsy na napięcie stałe, którym jest zasilany silnik prądu stałego napędzający elektromechaniczny prędkościomierz.

### 8.3.1. Prędkościomierze i obrotomierze elektryczne

- Prędkościomierze i obrotomierze elektryczne dzieli się na dwie grupy:
- *urządzenia o działaniu ciągłym*, do których zalicza się urządzenia wyposażone w prądnice tachometryczne lub łącza selsynowe,
  - *urządzenia impulsowe* z elektronicznymi przetwornikami pomiarowymi, których sygnał elektryczny ma postać impulsów o przebiegu czasowym uzależnionym od mierzonej prędkości obrotowej.

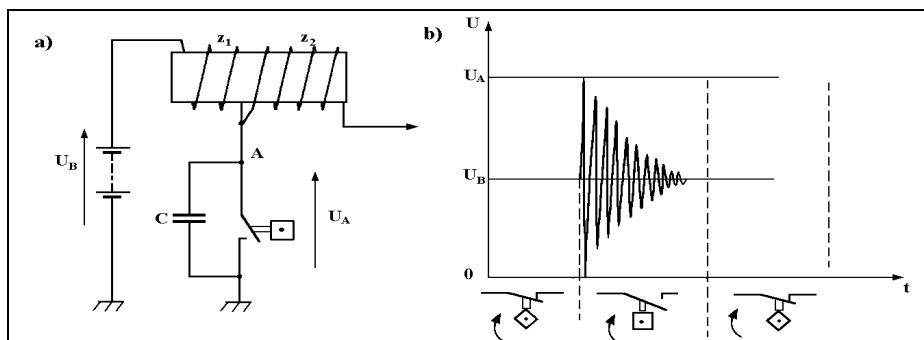
W obrotomierzach i prędkościomierzach z prądnicami tachometrycznymi wykorzystuje się zależność między prędkością kątową wirnika prądnicy prądu stałego lub przemiennego, a wartością napięcia wytwarzanego przez prądnicę. W zależności od tego jak prądnica tachometryczna jest związana mechanicznie z wałem korbowym silnika, czy też wałkiem wyjściowym skrzynki przekładniowej, miernik jest obrotomierzem lub prędkościomierzem. Prędkościomierze tego typu stosowane są rzadko ze względu na brak możliwości zainstalowania w nich drogomiery.

Prędkościomierze i obrotomierze z łączem selsynowym stanowią rozwiązanie pośrednie między układami mechanicznymi a elektrycznymi. Stosowane są w pojazdach, w których odległość silnika od miejsca zainstalowania wskaźników jest zbyt duża, aby można było zastosować wałek giętki (np. autobusy z silnikiem umieszczonym z tyłu pojazdu). Łącze selsynowe jest elementem przenoszącym napęd od silnika do miernika.

### **8.3.2. Obrotomierz elektroniczny**

We współczesnych pojazdach mechanicznych najliczniej reprezentowaną grupą prędkościomierzy i obrotomierzy elektrycznych są urządzenia o sterowaniu impulsowym i elektronicznym przetwarzaniu informacji. Prędkościomierze impulsowe charakteryzują się złożoną budową i dlatego ich zastosowanie jest ograniczone. W systemie impulsowym układ reaguje wyłącznie na częstotliwość impulsów elektrycznych, a nie na wartość napięcia ich amplitudy. Ważnym elementem obrotomierzy impulsowych jest przetwornik impulsowy, którego zadaniem jest zamiana ruchu obrotowego silnika lub wałka przekładni napędowej na ciąg impulsów, których częstotliwość jest proporcjonalna do mierzonej prędkości obrotowej. W przypadku obrotomierzy współpracujących z silnikami o zapłonie iskrowym, wykorzystuje się do tego celu najczęściej instalację zapłonową silnika (rys. 8.9), łącząc ją bezpośrednio z obrotomierzem lub bezstykowo (indukcyjnie) przez nawinięcie przewodu obrotomierza wokół przewodów wysokiego napięcia. To rozwiązanie jest rzadziej stosowane z powodu większej podatności na zakłócenia oraz niebezpieczeństwo "przebicia" izolacji przewodu wysokiego napięcia, co może być przyczyną zniszczenia układu elektronicznego regulatora.

Liczba impulsów przypadających na jeden obrót wału korbowego zależy od liczby cylindrów, liczby suwów silnika oraz liczby cewek zapłonowych. W czterosuwowym, czterocylindrowym silniku na jeden obrót wału korbowego przypadają dwa impulsy (dwie iskry).



Rys. 8.9. Zasada wykorzystania impulsów w obwodzie pierwotnym układu zapłonowego do pomiaru prędkości obrotowej silnika  
a - schemat układu zapłonowego, b - przebieg napięcia

W silnikach z zapłonem iskrowym wykorzystuje się impulsy wytworzone w obwodzie pierwotnym układu zapłonowego jako wielkość wyjściową silnika. Liczba impulsów przypadających na jeden obrót wału korbowego zależy od liczby cylindrów, liczby suwów silnika oraz liczby cewek zapłonowych. W silniku czterocylindrowym, czterosuwowym na jeden obrót wału korbowego przypadają dwie iskry (dwa impulsy). Dla wszystkich typów silników częstotliwość

$$f = \frac{pn}{30sL} \quad (8.2)$$

gdzie:

- $n$  - prędkość obrotowa wału korbowego w obr/min,
- $p$  - liczba cylindrów,
- $s$  - liczba suwów,
- $L$  - liczba cewek zapłonowych.

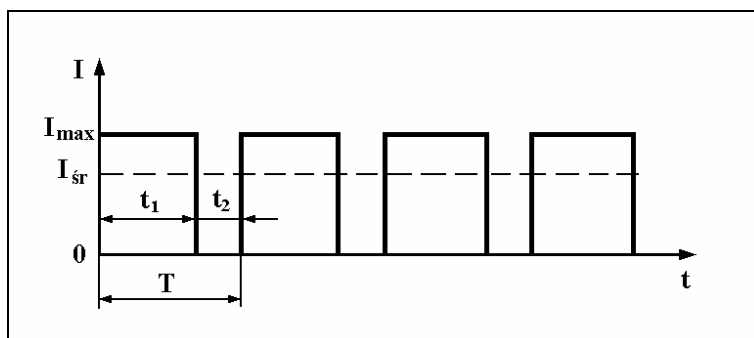
Średnia wartość prądu płynącego przez miernik jest proporcjonalna do częstotliwości impulsów zapłonowych. Czas trwania i kształt impulsów wytwarzanych przez przerywacz zależy między innymi od prędkości obrotowej silnika oraz stanu i sposobu regulacji przerywacza. Poszczególne impulsy mogą się różnić znacznie kształtem i energią i z tego powodu zachodzi konieczność standaryzacji impulsów (rys.8.10). Zgodnie z oznaczeniami przedstawionymi na rysunku otrzymuje się następujące wyrażenie na wartość średnią ciągu impulsów prądowych o stałej amplitudzie  $I_{\max}$  i stałym czasie trwania  $t_1$

$$I_{\text{sr}} = I_{\max} \frac{t_1}{t_1 + t_2} = I_{\max} \frac{t}{T} = I_{\max} t_1 f \quad (8.3)$$

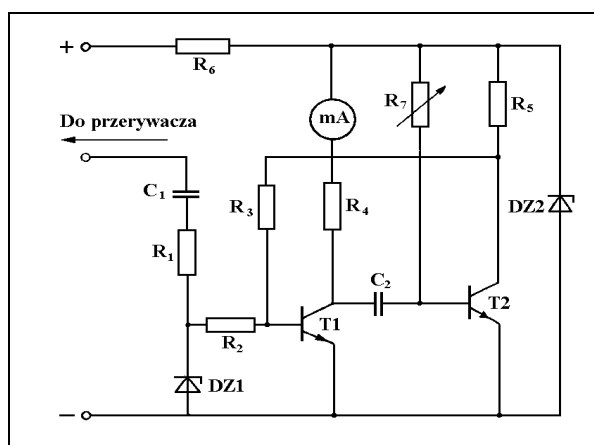
gdzie:

- $t_1$  - czas trwania standaryzowanego impulsu w s,
- $t_2$  - czas przerwy między impulsami w s,

$T$  - zmienny okres ciągu impulsów sterujących w  $s$ ,  
 $f$  - częstotliwość impulsów sterujących w  $Hz$ .



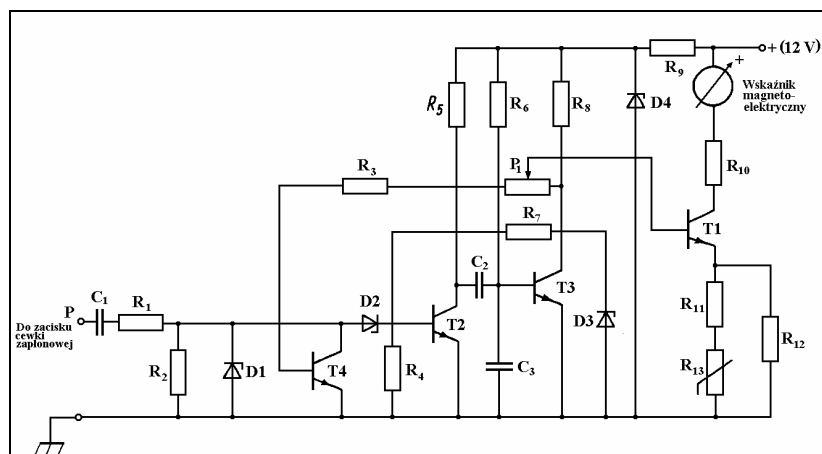
Rys. 8.10. Uśrednianie ciągu impulsów zapłonowych



Rys. 8.11. Schemat obrotomierza elektronicznego

Zakładając, że amplituda i czas trwania impulsów są stałe, wartość średnia jest wprost proporcjonalna do częstotliwości impulsów w układzie zapłonowym. Schemat obrotomierza zbudowanego na tej zasadzie przedstawiono na rys.8.11. Impulsy elektryczne pochodzące z przerywacza doprowadzone do zacisku "P" są wstępnie kształtowane w układzie złożonym z rezystorów  $R_1$  i kondensatora  $C_1$ . Amplituda impulsów jest ograniczona za pomocą diody Zenera  $DZ1$ . Przy braku sygnału wejściowego tranzystor  $T2$  przewodzi, przez rezystor regulowany  $R_7$  płynie prąd jego bazy, a napięcie na kolektorze jest równe napięciu diody Zenera  $DZ2$ . Kondensator  $C_2$  jest naładowany. Gdy na wejściu pojawi się impuls dodatni i spowoduje przewodzenie tranzystora  $T1$ , napięcie na jego kolektorze spadnie, co z kolei spowoduje zablokowanie przez kondensator  $C_2$  tranzystora  $T2$ . Przejście tranzystora  $T2$  w stan odcięcia spo-

woduje wzrost napięcia na jego kolektorze i dalszy wzrost prądu przewodzenia tranzystora  $T1$ , dzięki zasilaniu jego bazy prądem płynącym przez rezystor  $R_3$ .



Rys. 8.12. Schemat obrotomierza elektronicznego typu MS

Baza tranzystora  $T2$  otrzymuje napięcie ujemne z rozładowującego się kondensatora  $C_2$  i tranzystor ten pozostaje w stanie odcięcia aż do czasu, gdy kondensator naładuje się przez rezystor  $R_7$  oraz przewodzący tranzystor  $T1$ . Czas rozładowania jest określony przez stałą czasową obwodu rozładowania (iloczyn wartości rezystancji  $R_7$  i pojemności kondensatora  $C_2$ ). Czas ten ustala długość impulsu generowanego przez uniwibrator złożony z tranzystorów  $T1$  i  $T2$  zasilanych stabilizowanym napięciem przez układ składający się z rezystora  $R_6$  i diody Zenera  $DZ2$ . Gdy kondensator  $C_2$  rozładowuje się, tranzystor  $T2$  zaczyna przewodzić, co powoduje szybki powrót układu do stanu pierwotnego, dzięki sprzężeniu tranzystorów przez rezystor  $R_3$ . Następny impuls na wejściu spowoduje taki sam cykl. Miernik magnetoelektryczny jest zasilany impulsami prądu o ustalonym czasie trwania płynącymi przez tranzystor  $T1$ . Im większa będzie częstotliwość powtarzania impulsów, tym większa będzie średnia wartość prądu płynącego przez miernik.

Bardziej rozbudowany układ przetwornika pomiarowego obrotomierza przedstawiono na rys. 8.12. Układ ten jest stosowany w elektronicznych obrotomierzach typu MS produkowanych przez Lubuskie Zakłady Aparatów Elektronicznych "MERA-LUMEL" w Zielonej Górze. Sygnałem wejściowym obrotomierza są impulsy napięciowe wytwarzane w uzwojeniu pierwotnym cewki zapłonowej przy rozwieraniu styków przerywacza. Impulsy te są kształtowane w układzie wejściowym miernika, a następnie wprowadzane do przerzutnika monostabilnego, który generuje impulsy o stałej szerokości i amplitudzie. Po wzmacnieniu impulsy są całkowane w obwodzie miernika magnetoelektrycznego, powodując wychylenie jego organu ruchomego wraz ze wskazówką,

proporcjonalnie do prędkości obrotowej wału korbowego. Wskaźnikiem obrotomierza jest prostokątny miernik wielokątowy  $240^{\circ}$  o prądzie znamionowym  $10 \text{ mA} \pm 10\%$ . Obrotomierze typu MS produkowane są w kilku odmianach.

W pojazdach z silnikami o zapłonie samoczynnym uzyskanie impulsów elektrycznych dla obrotomierzy jest problemem złożonym. Stosuje się specjalne przetworniki stykowe lub bezstykowe, których zadaniem jest wytworzenie impulsów elektrycznych w wyniku ruchu np. głowicy magnetycznej, czy zmiany reluktancji obwodu.

### 8.3.3. Tachografy

Tachografy są to przyrządy służące do rejestracji prędkości w funkcji czasu (tachografy eksploatacyjne) lub w funkcji przebytej drogi (tachografy wypadkowe). Stosowane są głównie w samochodach ciężarowych i autobusach dla sporządzania dokumentacji sposobu jazdy. Niektóre tachografy mogą również rejestrować jeszcze inne parametry eksploatacyjne jak: naciśnięcie pedału hamulca, tankowanie paliwa, zmiana kierowców, przekroczenie prędkości maksymalnej, zmiany przełożeń skrzynki przekładniowej itp.

Do głównych zespołów tachografu należą:

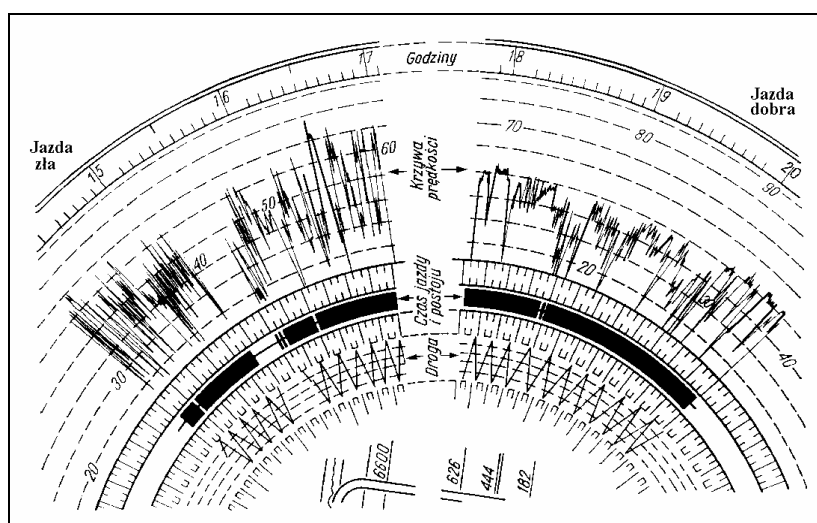
- układy pomiarowe,
- wskaźniki i mechanizmy zapisujące,
- mechanizm czasowy napędzający tarczę pomiarową,
- układy pomocnicze.

Tachografy wypadkowe służą do zapisu prędkości w funkcji przebytej drogi. Cechą charakterystyczną rejestratora tachografów wypadkowych jest możliwość dokonania wielokrotnej rejestracji na tej samej tarczy po uprzednim samoczynnym zatarciu istniejącego tam zapisu. Takie rozwiązanie pozwala na otrzymanie w każdej chwili zapisu prędkości w funkcji przebytej drogi obejmującej odcinek ostatnich kilkuset metrów. Tachografy wypadkowe mają większą prędkość obrotową tarczy rejestratora niż tachografy eksploatacyjne, co zapewnia dokładną analizę ruchu pojazdu, ma to istotne znaczenie przy ustalaniu przyczyn wypadku.

Tachograf eksploatacyjny różni się od tachografu wypadkowego odmiennym sposobem rejestracji prędkości. W tachografie eksploatacyjnym ostrze pisaka pozostawia trwałe ślad na pokrytej łatwo zeskrobującą się farbą powierzchni tarczy papierowej obracanej przez mechanizm zegarowy np. 1 obrót na 24 godziny. Rejestratory tarczowe stosowane często w tachografach eksploatacyjnych charakteryzują się zwartą budową i łatwym do przechowywania zapisem w postaci tarczy papierowej. Wadą tego zapisu jest ograniczona pojemność, co skłania do stosowania rejestratorów taśmowych.

Tachograf ma następujące zasadnicze podzespoły:

- *miernik prędkości* służący do pomiaru i wskazywania chwilowej prędkości pojazdu. Działa on na zasadzie współdziałania pola magnetycznego wirującego magnesu trwałego z polem magnetycznym wytworzonym przez prądy wirowe indukowane przez pole tego samego magnesu w czaszy aluminiowej. Wychylenie wskazówki połączonej z czaszą aluminiową jest proporcjonalne do prędkości kątowej wałka magnesu, a więc i do prędkości pojazdu,
- *drogomierz niekasowalny*, mierzy drogę przebytą przez pojazd od początku eksploatacji. Napędzany jest on od wałka napędowego magnesu, przez przekładnię zębatą,
- *zegar* służy do wskazywania czasu i napędzania tarcz rejestracyjnych. Mechanizm zegara napędzany jest za pomocą sprężyny,
- *mechanizmy rejestrujące* służą do zapisywania prędkości pojazdu, długości drogi przebywanej przez pojazd, zmiany kierowców, zamykania i otwierania tachografu. Na podstawie zapisu prędkości chwilowej oraz drogi odczytuje się chwilę rozpoczęcia i zakończenia jazdy oraz czas jazdy i postoju. Zapisy są wykonywane za pomocą pisaków zakończonych rysikami na tarczach rejestracyjnych wykonanych z papieru indykatorowego.
- *urządzenie sygnalizujące* przekroczenie prędkości, służy do sygnalizowania za pomocą światła sygnalizacyjnego przekroczenia prędkości dozwolonej dla danego pojazdu, której wartość można ustalić w zakresie od 30 do 120 km/h.



Rys. 8.13. Widok tarczy tachografu z zapisem

Na tarczy rejestracyjnej tachografu (rys. 7.13) są wykonane następujące podziałki:



- podziałka czasu, którą tworzą kreski rozmieszczone na dwóch okręgach. Zakres pomiarowy podziałki czasu wynosi 24 godziny. Wartość działki elementarnej wynosi 5 minut,
- podziałka drogi przebywanej przez pojazd. Wartość elementarnej podziałki drogi wynosi 1 km,
- podziałka prędkości. Wartość elementarnej podziałki prędkości wynosi 20 km/h,

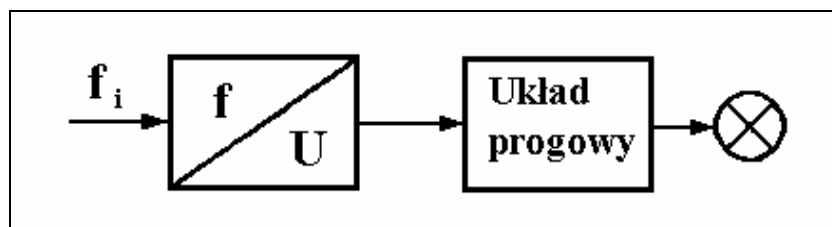
Do odczytywania zapisów wykonanych na tarczy rejestracyjnej należy posługiwać się czytnikiem, który wchodzi w skład wyposażenia tachografu.

### 8.3.4. Wskaźniki sygnalizacyjne przekroczenia granicznych prędkości obrotowych silnika

Dla przeciętnego kierowcy znajomość dokładnej wartości prędkości obrotowej ma znaczenie drugorzędne, natomiast istotna jest informacja o pracy w zakresie zbyt dużych prędkości obrotowych (wskazówka na czerwonym polu tarczy obrotomierza). Wskazane jest, aby silnik pracował w zalecanym zakresie prędkości obrotowych (zielone pole na tarczy prędkościomierza). Aby mniej absorbować uwagę kierowcy instaluje się wskaźniki optyczne lub akustyczne przekroczenia granicznej prędkości obrotowej.

We wskaźnikach przekroczenia granicznej prędkości obrotowej silnika stosuje się metody wytwarzania impulsu włączającego sygnał:

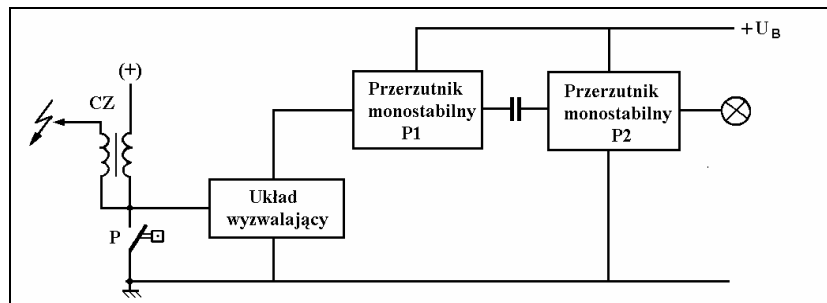
- metodę porównania napięć,
- metodę porównania czasów.



Rys. 8.14. Schemat blokowy wskaźnika przekroczenia granicznych obrotów metodą porównywania napięć

W metodzie porównania napięć najlepiej jest zastosować przetwornik częstotliwości na napięcie z układem całkującym na wyjściu. Napięcie stałe otrzymywane na wyjściu jest doprowadzone do układu progowego (rys. 8.14), gdzie jest porównywane z napięciem nastawionego proggu. Spowoduje to zapalenie się żarówki sygnalizującej przekroczenie granicznej prędkości obrotowej.

Metoda porównania czasów polega na porównaniu odstępu czasu pomiędzy sąsiednimi impulsami zapłonowymi z czasem trwania impulsu przez przerzutnik monostabilny. Schemat blokowy wskaźnika przedstawiono na rys. 8.15.



Rys. 8.15. Schemat blokowy wskaźnika przekroczenia granicznej prędkości obrotowej silnika metodą porównania czasów

Stosowane przerzutniki monostabilne umożliwiają ponowne wyzwolenie impulsu wyjściowego przed zakończeniem poprzedniego impulsu. Każdy impuls wyzwalający, niezależnie od momentu wystąpienia, spowoduje pojawienie się na wyjściu przerzutnika impulsu o czasie trwania określonym przez parametry układu elektronicznego. W metodzie porównania czasów występuje mniejszy wpływ temperatury na próg zadziałania wskaźnika.

### 8.3.5. Radarowy pomiar prędkości jazdy samochodu

Prędkościomierz radarowy samochodu umożliwia pomiar bezpośredni prędkości pojazdu względem jezdni. Na rys. 8.16. przedstawiono zasadę działania prędkościomierza radarowego. Polega ona na wykorzystaniu efektu Dopplera. Nadajnik mikrofalowy małej mocy umocowano w taki sposób, że sygnał wysyłany odbija się od powierzchni pod kątem (najczęściej  $45^\circ$ ). Gdy pojazd jedzie z prędkością  $v$  częstotliwość sygnału odbitego ulega przesunięciu na skutek efektu Dopplera. Różnica między częstotliwością wysyłaną a odbieraną wynosi:

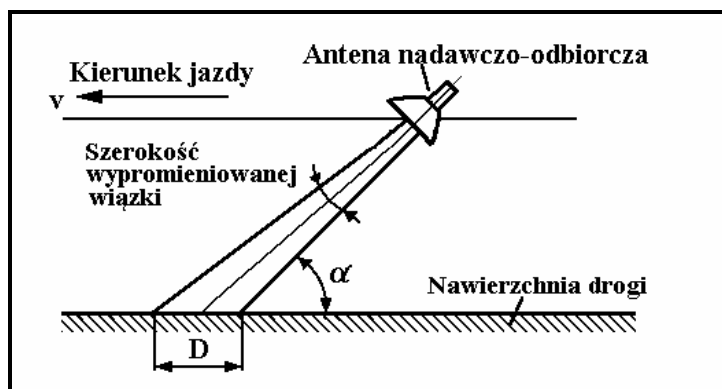
$$f_D = \frac{2v \cos \alpha}{\lambda} \quad (8.4)$$

gdzie:  $v$  - prędkość pojazdu względem nawierzchni w  $m/s$ ,

$\alpha$  - kąt wypromieniowania wiązki względem nawierzchni,

$\lambda$  - długość fali ( $\lambda = \frac{0,3}{f_0}$ ) w  $m$ ,

$f_o$  - częstotliwość nadajnika mikrofalowego emitującego sygnał, w GHz.

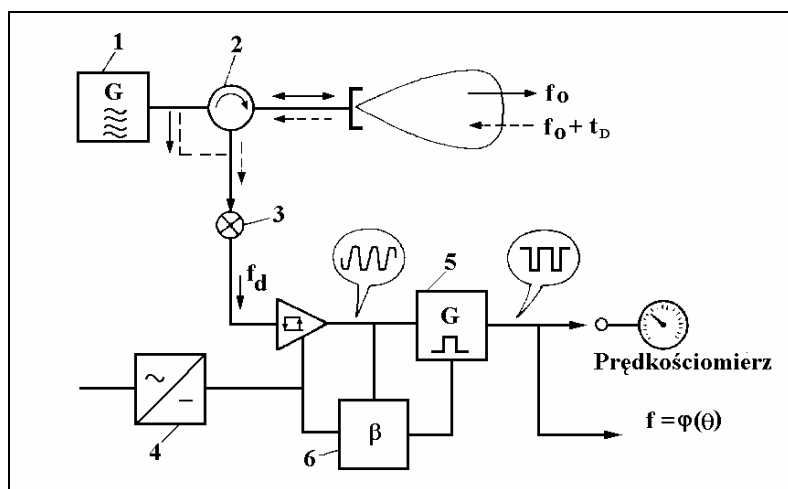


Rys. 8.16. Zasada działania prędkościomierza radarowego

Stałą prędkościomierza można obliczyć z zależności:

$$k_D = \frac{f_D}{v} = \frac{2 \cos \alpha}{\lambda} \quad (8.5)$$

Schemat blokowy prędkościomierza radarowego przedstawiono na rys. 8.17.



Rys. 8.17. Schemat blokowy prędkościomierza radarowego

1 - oscylator, 2 - cyrkulator, 3 - mieszacz, 4 - zasilacz stabilizowany, 5 - generator impulsów, 6 - układ blokujący

Częstotliwość wyjściowa jest porównywana z częstotliwością generowaną przez nadajniki prędkościomierzy elektronicznych. Jako źródło częstotliwości

stosuje się oscylator z diodą lawinową lub diodą Gunna. W mieszaczu 3 powstaje częstotliwość różnicowa  $f_D$ , która na wyjściu wzmacniacza przełączającego występuje już w postaci ciągu impulsów o stałej szerokości. Częstotliwość powtarzania tych impulsów jest proporcjonalna do prędkości. Układ blokujący 6 uniemożliwia generację impulsów, gdy prędkość jest równa zero. Po zliczeniu impulsów otrzymuje się długość przebytej drogi, a po uśrednieniu - sygnał analogowy proporcjonalny do prędkości.

Zmniejszenie elementów świetlnych w najnowszych konstrukcjach reflektorów samochodowych pozwala na wykorzystanie ich do innych funkcji takich jak np. umieszczenie czujnika urządzenia adaptacyjnej kontroli prędkości jazdy ACC (*Adaptive Cruise Control*). Wiązka wysyłana przez urządzenie radaru optycznego Lidar (*Light Detection And Ranging*) umożliwia systemowi sterującemu dostosowanie prędkości pojazdu do innych jadących z przodu samochodów i utrzymywanie bezpiecznej odległości. W najprostszej postaci urządzenie ACC działa na ustawienie pedału przyśpieszenia i dobór przełożenia w automatycznej skrzyni biegów, o ile samochód jest w taką wyposażony. W bardziej skomplikowanych urządzeniach uruchamia też układ hamulcowy, przy czym opóźnienie tego samoczynnego hamowania jest ograniczone do  $2 \text{ m/s}^2$ . Jeżeli trzeba hamować energiczniej musi tego dokonać kierowca. W luksusowych samochodach stosowane są czujniki cofania, które włączają się w odległości kilku metrów od przeszkody znajdującej się z tyłu samochodu i na wyświetlaczu pokazują odległość z dokładnością do około 30 cm.

#### **8.4. Kontrola pracy układu chłodzenia**

Silnik samochodu powinien mieć stałą temperaturę pracy, niezależnie od pory roku i warunków eksploatacji. Kontrola stopnia nagrzania silnika polega zwykle na pomiarze temperatury cieczy chłodzącej oraz niekiedy temperatury oleju. Układ pomiarowy składa się z czujnika temperatury wody i połączonego z nim wskaźnika temperatury wody. Stosuje się dwa rozwiązania:

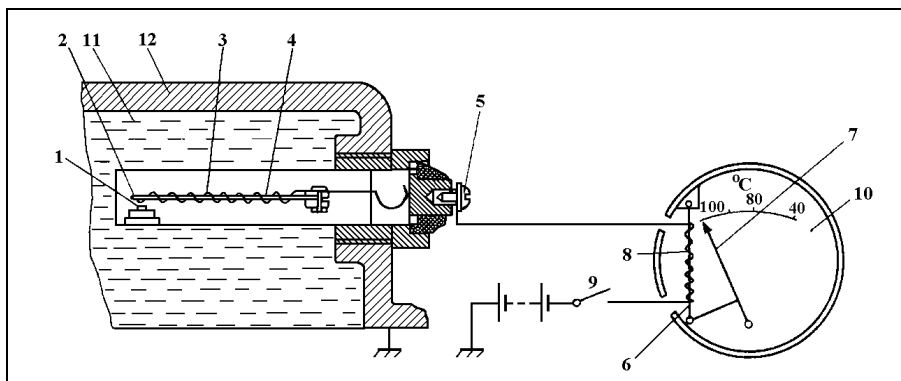
- układ z impulsowym czujnikiem i wskaźnikiem,
- układ z czujnikiem termistorowym i wskaźnikiem magnetoelektrycznym.

W samochodowych układach elektronicznych stosuje się następujące czujniki temperatury:

- rezystancyjne (drutowe, foliowe i krzemowe),
- termistory,
- półprzewodnikowe aktywne i pasywne,
- termoelementy.

### 8.4.1. Układ z impulsowym czujnikiem i wskaźnikiem

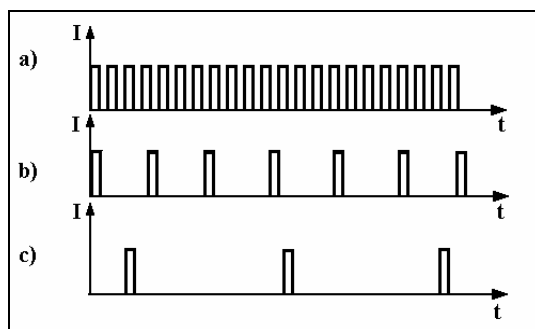
Schemat układu pomiarowego temperatury cieczy chłodzącej z czujnikiem i wskaźnikiem impulsowym przedstawiono na rys. 8.18. Zasada działania układu polega na odkształcaniu się bimetalowej płytki czujnika pod wpływem temperatury jak również odkształcaniu podobnej płytki wskaźnika z nim współpracującego. Jeżeli silnik nie pracuje i zapłon jest wyłączony, styki 1 i 2 czujnika są zwarte i prąd w obwodzie nie płynie. Wskazówka 7 wskaźnika nie odchyła się, gdyż przez uzwojenie grzejne jej termobimetalu również nie płynie prąd. Znajduje się ona w skrajnym położeniu poza działką 100. Po włączeniu napięcia wyłącznikiem 9 w obwodzie popłynie prąd z akumulatora przez uzwojenie grzejne wskaźnika i czujnika. Przepływający prąd przez uzwojenia grzejne nagrzewa płytki termobimetalowe, powodując ich odkształcenie i jednocześnie odchylenie wskazówki 7 w skrajne prawe położenie odpowiadające temperaturze około 40°. Kiedy styki 1 i 2 rozewrą się, prąd w obwodzie przestaje płynąć. Płytki termobimetalu stygnie i wraca do pierwotnego kształtu, zwierając ponownie styki 1 i 2. Omówione przebiegi powtarzają się cyklami, wskutek czego w obwodzie płynie prąd pulsujący. W przypadku zimnego silnika, styki 1 i 2 są silnie dociskane, a warunki chłodzenia płytki termobimetalowej najlepsze i dlatego wartość skuteczna prądu pulsującego jest największa (rys. 8.19), wskazówka wskaźnika odchyła się maksymalnie.



Rys. 8.18. Schemat układu do pomiaru temperatury wody  
1, 2 - styki czujnika, 3 - uzwojenie grzejne czujnika, 4 - płytki bimetalowe czujnika, 5 - zacisk czujnika, 6 - płytki bimetalowe wskaźnika, 7 - wskazówka, 8 - uzwojenie grzejne wskaźnika, 9 - wyłącznik zapłonu, 10 - wskaźnik, 11 - płyn chłodzący, 12 - korpus silnika

Wskutek podwyższania się temperatury silnika, zmniejsza się docisk styków 1 i 2 oraz jednocześnie pogarszają się warunki chłodzenia płytki termobimetalowej. Powoduje to zmniejszenie wartości skutecznej prądu pulsującego i odpowiednio zmniejszenie odchylenia wskazówki 7 wskaźnika, która ustali się

na podziałce odpowiadającej wyższej temperaturze. Częstotliwość pulsacji prądu dla zimnego silnika waha się w granicach 100 - 130 okresów/min, a w przypadku czujnika nagrzanego do temperatury 100<sup>o</sup> wynosi ona od 5 - 20 okresów/min.



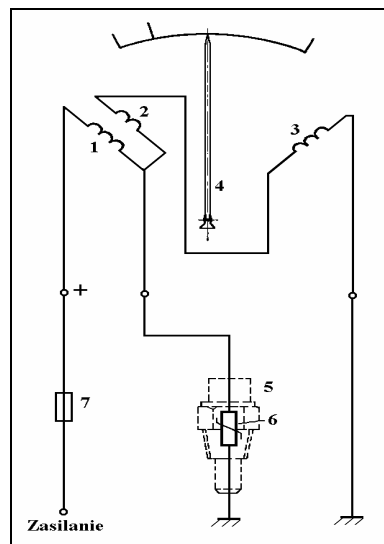
Rys. 8.19. Wpływ nagrzewania się silnika na zmniejszenie częstotliwości impulsów prądu w obwodzie kontroli temperatury wody chłodzącej  
a - silnik zimny, b - silnik częściowo nagrany, c - silnik nagrany

Rozwieranie się styków czujnika następuje zawsze przy tej samej temperaturze nagrzania płytki termobimetalowej, nazywanej temperaturą krytyczną, która jest stała (dla danego typu termobimetalu) i niezależna od temperatury środowiska otaczającego czujnik. Temperatura krytyczna czujnika powinna być wyższa od górnego zakresu mierzonej temperatury, gdyż termobimetal pracuje pewnie przy temperaturze znacznie różniącej się od jego granicznej temperatury sprężystości .

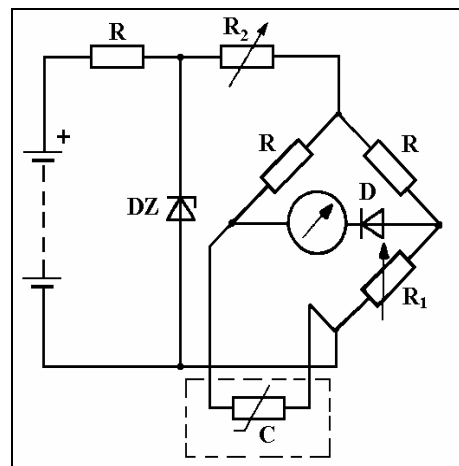
#### 8.4.2. Magnetoelektryczny wskaźnik temperatury wody z czujnikiem termistorowym

Układ do pomiaru temperatury wody składa się z czujnika termistorowego, który zmienia swoją rezystancję wraz ze zmianą temperatury otoczenia, w jakim się znajduje, oraz wskaźnika wykorzystującego zasadę logometru magnetoelektrycznego ze skrzyżowanymi cewkami i ruchomym magnesem. Zasada działania układu wyjaśniona jest na rys.8.20. Całość uzwojenia wskaźnika jest podzielona na trzy sekcje. Dwie z nich bocznikowane są zmienną rezystancją współdziałającego ze wskaźnikiem czujnika termistorowego. Zmiana wartości prądu w tych sekcjach powoduje obrót magnesu osadzonego sztywno na osi ze wskazówką. Końce poszczególnych części uzwojenia dołączone są do trzech gwintowanych bolców spełniających jednocześnie rolę zacisków prądowych oraz elementów mocujących wskaźnik do obudowy. Tarcza wskaźnika ma naniesione działki odpowiadające odpowiednim warto-

ściom temperatury mierzonej, zaznaczona jest również strefa maksymalnej dopuszczalnej temperatury. Przy zmianach rezystancji termistora zmienia się rozptyw prądów w cewkach wskaźnika i wypadkowe pole magnetyczne. Jeżeli temperatura cieczy chłodzącej jest niska, to rezystancja termistora jest duża: prąd w cewce 1 osiąga wartość najmniejszą, natomiast w cewkach 2 oraz 3 największą. W wyniku oddziaływania wypadkowego pola magnetycznego następuje przechylenie organu ruchomego ze wskazówką w lewą stronę. W miarę wzrostu temperatury cieczy chłodzącej zmniejsza się rezystancja czujnika, co powoduje wzrost prądu w cewce 1 i malenie prądu w cewkach 2 i 3, w wyniku, czego wypadkowe pole magnetyczne powoduje przechylenie organu ruchomego ze wskazówką w prawą stronę.



Rys. 8.20 Magnetoelektryczny wskaźnik temperatury wody z czujnikiem termistorowym  
1, 2, 3 - cewki wskaźnika, 4 - organ ruchomy ze wskazówką, 5 - czujnik termistorowy, 6 - termistor, 7 - bezpiecznik



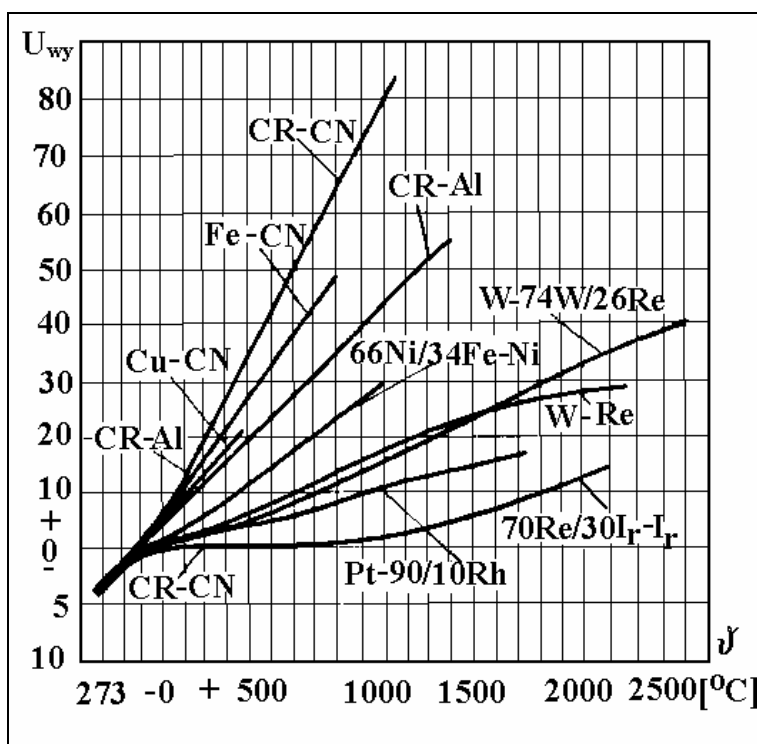
Rys. 8.21. Schemat układu mostkowego do pomiaru temperatury

Przyczyną niewłaściwych wskazań wskaźnika może być uszkodzenie układu. Jeżeli w obwodzie, w którym włączony jest czujnik, powstanie przerwa, to wskazówka nie będzie się wychylać, natomiast przy zwarciu do masy tego obwodu wskazówka będzie wychylona poza końcową działkę.

Stosowany w samochodach wskaźnik temperatury umieszczony jest w zestawie wskaźników. Na jego skali naniesiono czerwoną strefę oznaczającą maksymalną dopuszczalną temperaturę, której nie wolno przekroczyć. Wskazówka powinna być wychylona, co najmniej do położenia pionowego lub przechylona w prawą stronę, co odpowiada prawidłowej temperaturze pracy

silnika. Wskaźnik w samochodzie Polonez ma oznaczone temperatury 50, 90 i 130°. Czujnik jest wkręcony w obudowę termostatu. Układ pomiarowy jest zasilony przez wyłącznik zapłonu i zabezpieczony bezpiecznikiem.

Na rys. 8.21 przedstawiono schemat układu mostkowego do pomiaru temperatury oleju silnikowego. Jako czujnik zastosowano termistor. Układ jest zrównoważony w temperaturze 70°C (właściwa temperatura oleju) za pomocą rezystora  $R_1$ . Rezystorem  $R_2$  ustawia się wskazówkę wskaźnika na koniec podziałki przy temperaturze +150°C. Z uwagi na nieliniowość charakterystyk termistora  $C$  oraz diody  $D$  mierniki należy dokładnie wzorcować. Dioda  $D$  uniemożliwia wychylenie wskazówki miernika w przeciwnym kierunku, gdy temperatura opadnie poniżej 70°C. Dioda  $DZ$  eliminuje wpływ zmian napięcia zasilania na wskazania. W zależności od wielkości użytego termistora, może być on umocowany np. w pręcie miarki do pomiaru poziomu oleju, lub w korku spustowym. Jako czujniki temperatury stosować można również diody lub tranzystory. Charakterystyka temperaturowa czujnika tranzystorowego jest liniowa. Czułość czujnika tranzystorowego sięga 10 mV/°C.



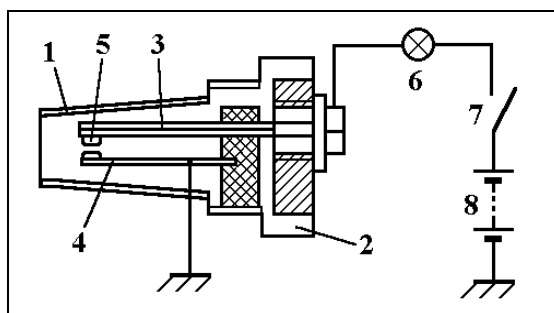
Rys. 8.22. Charakterystyki temperaturowe termoelementów



Do pomiaru temperatury gazów wylotowych silnika w układach z reaktorami katalitycznymi stosuje się przeważnie termoelementy. Czułość stosowanych termoelementów jest rzędu 0,01-0,04 mV/°C. Na rys. 8.22 przedstawiono charakterystyki temperaturowe termoelementów mających zastosowanie w układach pomiaru temperatury w samochodach.

### 8.4.3. Czujnik awaryjny temperatury wody

Czujnik awaryjny temperatury wody umieszczony jest w układzie chłodzenia silnika i służy do zwierania obwodu sygnalizacji przy przekroczeniu temperatury wody powyżej temperatury dopuszczalnej ( $95 \pm 3^\circ\text{C}$ ). Wewnątrz czujnika jest umieszczony pasek bimetalu 3. Na jednym z końców paska bimetalu jest umocowany styk 5 zamykający się ze stykiem stałym 4 umieszczonym na podstawie. Drugi koniec paska jest zamocowany na stałe do podstawy i jest od niej odizolowany. Podstawa ze stykiem jest połączona metalicznie z osłoną czujnika, która stanowi jego masę. W temperaturze otoczenia  $20^\circ\text{C}$  styki czujnika są rozwarte. W miarę wzrostu temperatury, pasek bimetalowy wygina się i zwiera oba styki zamykając obwód sygnalizacji świetlnej lub akustycznej (zasada działania podana na rys.8.23). Jeżeli temperatura wody jest niska, styki czujnika są rozwarte, prąd w obwodzie nie przepływa, lampka sygnalizacyjna nie świeci się.



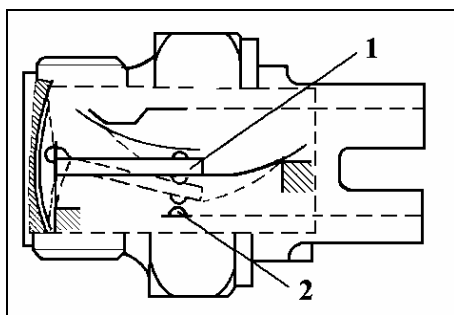
Rys.8.23. Awaryjny czujnik temperatury wody chłodzącej

1 - obudowa czujnika, 2 - gniazdo z gwintem, 3 - płytkę termobimetalową, 4 - nieruchomy styk czujnika, 5 - ruchomy styk czujnika, 6 - lampka kontrolna, 7 - wyłącznik zapłonu, 8 - akumulator

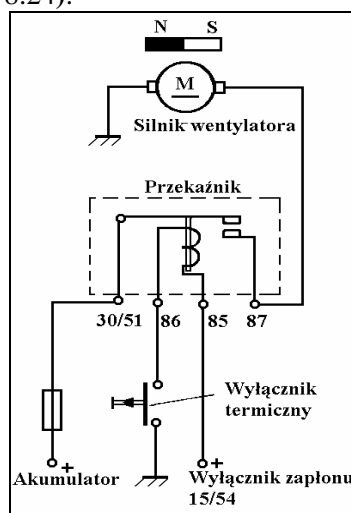
### 8.4.4. Termiczny wyłącznik sprzęgła

Termiczny wyłącznik sprzęgła wentylatora służy do samoczynnego włączania i wyłączania wentylatora chłodzącego silnik w samochodzie Fiat 125p, oraz do włączania silników wentylatorów chłodnicy w innych samocho-

dach np. Polonez. Załączenie wentylatora następuje przy wzroście temperatury powyżej określonej wartości, a wyłączenie przy obniżeniu się temperatury. Włączanie wentylatora następuje poprzez sprzęgło elektromagnetyczne, w którego obwodzie elektrycznym pracuje wyłącznik termiczny lub włączany jest bezpośrednio sam silnik wentylatora (rys. 8.24).



Rys. 8.24. Wyłącznik termiczny  
1 - płytka bimetalowa ze stykami ruchomymi,  
2 - styk nieruchomy



Rys. 8.25. Schemat układu połączeń silnika wentylatora chłodnicy

Wyłącznik ma mosiężny korpus z nagwintowaną końcówką. Wewnątrz korpusu umieszczona jest płytka bimetalowa z układem sprężyn i styków. Pod wpływem nagrzania płytka przegina się i odchyła oparty w jej środku wspornik, na którym jest styk ruchomy. Dwie płaskie sprężyny przeciwstawiają się przechyleniu wspornika. Po pokonaniu oporu sprężyn następuje zwarcie styku ruchomego z nieruchomym. Przy obniżaniu się temperatury, wskutek mniejszego wówczas odkształcenia płytki bimetalowej, sprężyny odciągają wspornik i następuje rozwarcie styków. Działanie wyłącznika jest błyskowe, zapewniające trwałe i pewny styk elektryczny przy włączeniu oraz wyraźną przerwę przy wyłączeniu.

Zakres regulacji temperatury:

załączania wentylatora  $90 \pm 2^{\circ}\text{C}$

wyłączania wentylatora  $80 \pm 2^{\circ}\text{C}$

Na rys. 8.25 przedstawiono schemat układu połączeń silnika wentylatora chłodnicy włączanego wyłącznikiem termicznym. Przy niskiej temperaturze cieczy chłodzącej silnik pojazdu wentylator jest wyłączony. Po nagrzaniu się cieczy do temperatury powodującej zadziałanie wyłącznika termicznego następuje zamknięcie jego styków, co powoduje przepływ prądu przez uzwojenie sterujące przekaźnik, który włącza napięcie do silnika wentylatora. Następuje intensywne chłodzenie chłodnicy i w efekcie obniżenie temperatury cieczy

chłodzącej. W wyniku obniżenia temperatury rozwierają się styki wyłącznika termicznego powodując przerwę w dopływie prądu uzwojenia sterującego przekaźnik i następuje wyłączenie silnika wentylatora.

W większości samochodów obwód sterowania silnikiem wentylatora chłodnicy zasilany jest z pominięciem wyłącznika zapłonu, co umożliwia obniżanie temperatury cieczy chłodzącej nawet po wyłączeniu zapłonu.

## 8.5. Kontrola ilości paliwa w zbiorniku

Bardzo ważnymi elementami oprzyrządowania samochodu są układy do pomiaru poziomu paliwa, które powinny określać kierowcy ilość paliwa w zbiorniku i pozwalać na przybliżoną ocenę odległości, jaką może przebyć samochód bez konieczności jego uzupełniania. Niekiedy układy paliwowskazów są wyposażone w świetlne wskaźniki rezerwy paliwa sygnalizujące pozostanie w zbiorniku pewnej niewielkiej ilości paliwa wystarczającej na przebycie odległości około 50 km. Zwykle wskaźniki tych układów wyskalowane są w częściach pełnego zbiornika, których najmniejsza podziałka jest  $1/4$  a zdarza się, że i  $1/2$ .

Układy do pomiaru poziomu paliwa, spotykane w pojazdach samochodowych, można podzielić ogólnie na dwie grupy:

- 1) układy z bezpośrednim odczytem wskazań - możliwe do zrealizowania jedynie w przypadku, gdy zbiornik paliwa znajduje się bezpośrednio przed kierowcą (ze względów bezpieczeństwa praktycznie nie stosowane),
- 2) układy ze zdalnym odczytem wskazań - stosowane powszechnie, gdyż zbiornik paliwa umieszcza się z dala od stanowiska kierowcy.

Zasada działania układów opiera się na pomiarach wielkości nieelektrycznych metodami elektrycznymi. Ze względu na zasadę działania, układy służące do pomiaru poziomu paliwa w pojazdach samochodowych można podzielić na:

- 1) układy elektromagnetycznego wskaźnika z czujnikiem rezystancyjnym,
- 2) układy magnetoelektryczne wskaźnika z czujnikiem rezystancyjnym,
- 3) układy termobimetalowe (impulsowe) wskaźnika z czujnikiem termobimetalowym,
- 4) układy sygnalizujące wyczerpywanie się zapasu paliwa,
- 5) układy z czujnikami pojemnościowymi.

W starszych modelach pojazdów samochodowych spotyka się impulsowe czujniki i wskaźniki poziomu paliwa, w których zasadniczym elementem jest płytka termobimetalowa z uzwojeniem grzejnym. W czujniku płytka bimetalowa opiera się o membranę, z którą związana jest dźwignia pływakowa, zmieniająca nacisk na membranę w zależności od poziomu paliwa w zbiorniku. Zmiana nacisku powoduje zmianę częstotliwości cykli (średniej wartości) prądu grzejnego płynącego przez uzwojenia nawinięte na płytce bimetalowej.

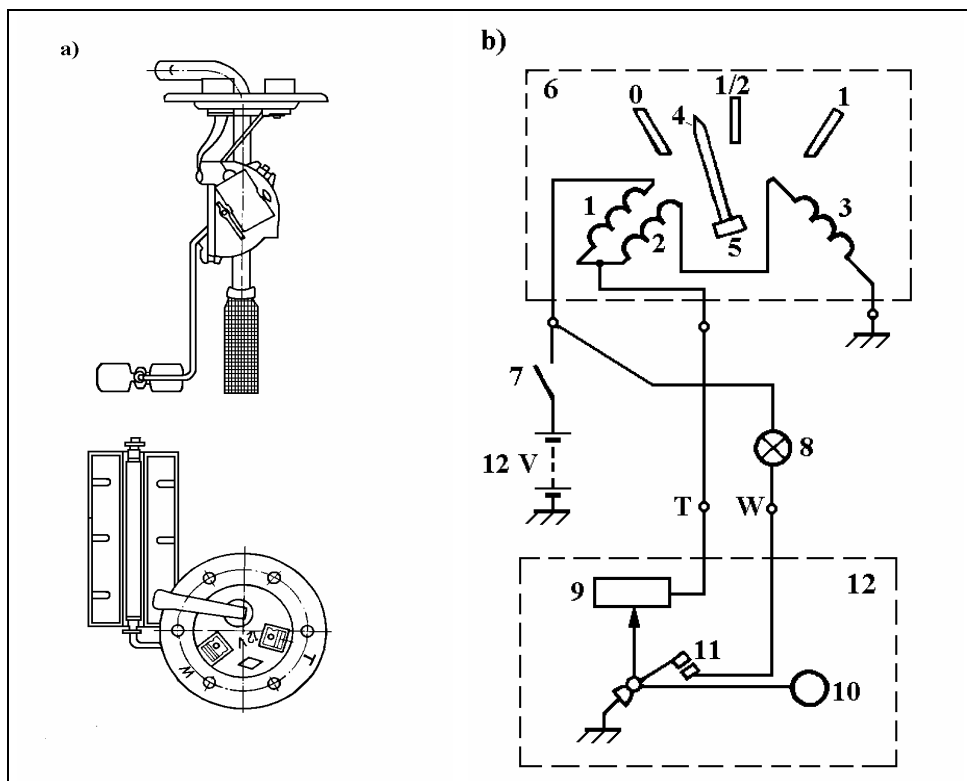
W zależności od średniej wartości prądu zmienia się również odchylenie płytki bimetalowej wskaźnika (podobnie jak we wskaźniku temperatury). Ze względu między innymi na zakłócenia radioelektryczne obecnie spotyka się te układy bardzo rzadko.

We współczesnych pojazdach samochodowych stosuje się najczęściej czujniki (nadajniki) rezystancyjne, których ramię pływaka związane jest z suwakiem drutowego rezystora nawiniętego na płytce izolacyjnej. Stosowane są różne odmiany czujników rezystancyjnych różniące się między sobą sposobem usytuowania rezystora (wewnątrz lub na zewnątrz zbiornika paliwa). Wskaźnikami współpracującymi z czujnikami rezystancyjnymi są najczęściej magnetoelektryczne mierniki ilorazowe (logometry) z ruchomym magnesem. Mierniki takie stosowane są również w układach pomiaru temperatury silnika i ciśnienia oleju.

Czujniki poziomu paliwa typu CP oraz FCPP są nadajnikami służącymi do zdalnego pomiaru poziomu paliwa w zbiorniku pojazdu współpracując z odpowiednim wskaźnikiem włączonym w jednoprzewodową instalację elektryczną pojazdu. Czujnik składa się z aluminiowego korpusu, wewnątrz którego jest umieszczony stały rezystor nawinięty na płytce izolacyjnej oraz ruchomego ramienia, na którego jednym końcu jest umocowany pływak, a na drugim oś wraz ze sprężynkami ślizgowymi. Jeden koniec uzwojenia rezystora jest połączony z korpusem, a drugi koniec jest przyłączony do zacisku wyjściowego czujnika. Po bokach odizolowanego rezystora ślizgają się dwie sprężynki stykowe połączone na stałe z osią ramienia pływaka. Ruch pływaka w górę lub w dół powoduje obrót osi ramienia i przesunięcie sprężynek stykowych wzdłuż rezystora drutowego w lewą lub w prawą stronę, wywołując zmianę rezystancji, która rośnie przy ruchu pływaka w górę i maleje przy ruchu pływaka w dół. Podczas montażu czujnika do zbiornika paliwa należy zwrócić uwagę na właściwe połączenie korpusu czujnika z masą, oraz na nieodkształcanie ramienia pływaka. Wygląd czujnika oraz schemat połączeń elektrycznych układu pomiaru poziomu paliwa przedstawiono na rys.8.26.

Wskaźnik poziomu paliwa typ FWPP przeznaczony jest do zabudowania w zestawie wskaźników samochodu. Zbudowany jest na zasadzie logometru magnetoelektrycznego ze skrzyżowanymi cewkami i ruchomym magnesem. Uzwojenia podzielone na trzy sekcje nawinięte są na wspólnym korpusie z tworzywa sztucznego. Dwie sekcje uzwojenia bocznikowane są zmienną rezystancją współpracującą ze wskaźnikiem czujnika. Końce sekcji uzwojenia są dołączone do trzech gwintowanych trzpieni spełniających jednocześnie rolę zacisków prądowych oraz elementów mocujących wskaźnik do obudowy. Zmiana wartości prądu w sekcjach uzwojenia spowodowana zmianą rezystancji czujnika powoduje zmianę wychylenia wskazówki 4 związanej sztywno z rdzeniem ruchomym (magnesem). Przy pełnym zbiorniku paliwa pływak jest maksymalnie uniesiony, rezystancja rezystora 9 jest największa, wypadkowe pole magnetyczne od prądów istniejących w cewkach 1, 2 i 3 oddziałuje na

organ ruchomy, skręcając go razem ze wskazówką w prawą stronę. W miarę obniżania się poziomu paliwa pływak opada, a rezystancja czujnika zmniejsza się, zmieniając rozptyw prądu w cewkach, co wywołuje odchylenie się organu ruchomego ze wskazówką w lewą stronę. Przy położeniu pływaka odpowiadającym rezerwowej ilości paliwa, zwierają się styki 11 czujnika włączając lampkę sygnalizacyjną 8.



Rys.8.26. Schemat układu do pomiaru ilości paliwa ze wskaźnikiem elektromagnetycznym współpracującym z czujnikiem rezystancyjnym

a - widok czujnika rezystancyjnego poziomu , b - schemat połączeń układu pomiaru poziomu paliwa

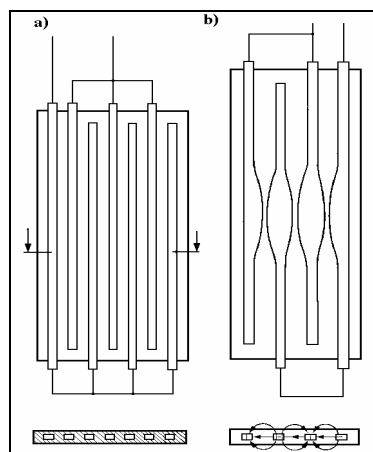
- 1, 2, 3 - cewki wskaźnika, 4 - wskazówka, 5 - organ ruchomy (magnes), 6 - wskaźnik poziomu paliwa,  
7 - wyłącznik zapłonu, 8 - lampka sygnalizacji rezerwy, 9 - czujnik rezystancyjny, 10 - pływak,  
11 - styki czujnika, 12 - zbiornik paliwa

Wskazania wskaźnika mogą być nieprawidłowe wskutek uszkodzeń układu. Jeżeli wskazówka gwałtownie przechyliła się poza podziałkę, oznaczającą pełny zbiornik (po włączeniu zapłonu), oznacza to przerwę w obwodzie, w którym jest włączony rezystor czujnika. Jeżeli wskazówka ustawia się zawsze na podziałce zerowej, świadczy to o zwarceniu do masy tego samego obwodu lub uszkodzeniu samego wskaźnika. Brak sygnalizacji lampką kontrolną

może być spowodowany przepaleniem żarówki lub przerwą w obwodzie zasilającym wskutek zanieczyszczenia styków czujnika. Dla oczyszczenia styków należy czujnik wymontować ze zbiornika.

Czujniki typu pływakowego można stosować tylko w zbiornikach o prostych formach geometrycznych. We współczesnych samochodach zbiorniki paliwa montowane są w strefie najmniejszych odkształceń, dlatego wówczas stosuje się czujniki pojemnościowe w wykonaniu elastycznym (rys. 8.27). Wielkością sterującą jest wówczas zmiana pojemności czujnika spowodowana zmianą poziomu paliwa. Kondensator całkowicie zanurzony w benzynie ma około dwukrotnie większą pojemność, co wynika z wartości przenikalności dielektrycznej benzyny i powietrza. Kondensator przedstawiony na rys. 8.27a ma charakterystykę liniową, dostosowaną do zbiorników o kształtach prostopadłościennych. W celu otrzymania liniowej podziałki układu mierzącego poziom paliwa w zbiorniku o nieliniowej zależności między poziomem a objętością paliwa stosuje się czujniki nieliniowe (rys. 8.27b). Dla zmniejszenia częstotliwości oscylatora zasilającego układ mostka pomiarowego stosuje się czujniki pojemnościowe wieloelektrodowe, które mają stosunkowo dużą pojemność. Umożliwia to stosowanie częstotliwości oscylatora rzędu kilku kHz, ułatwiając konstrukcję układu pomiarowego.

Można stosować również czujnik elektrotermiczny. Zasada działania polega na zmianie rezystancji czujnika oporowego zanurzonego w benzynie. Rezystancja czujnika zasilanego prądem stałym zmienia się z warunkami chłodzenia czujnika. Rezystancja jego jest tym mniejsza im bardziej napełniony jest zbiornik. Stosuje się cienkowarstwowe czujniki foliowe, których odpowiednie wartości rezystancji ułatwiają linearyzację wskazań nawet dla bardzo skomplikowanych kształtów zbiorników paliwa. Zapewniają one większą dokładność wskazań w zakresie małych ilości paliwa.



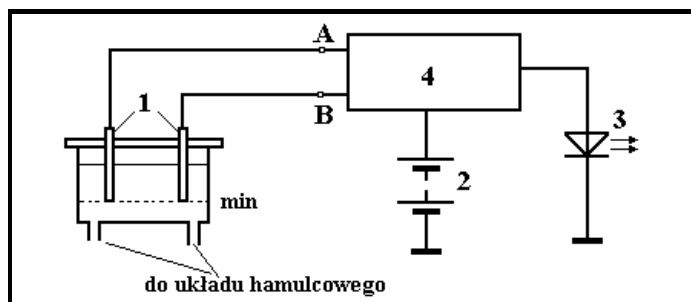
Rys. 8.27. Elastyczne czujniki pojemnościowe:  
a - czujnik prosty, b - czujnik z korekcją liniowości

Jest to ważne w przypadku stosowania komputerów pokładowych do oceny przewidywanego zasięgu jazdy do wyczerpania paliwa. Czujniki elektrotermiczne można stosować również do pomiaru poziomu innych cieczy eksploatacyjnych.

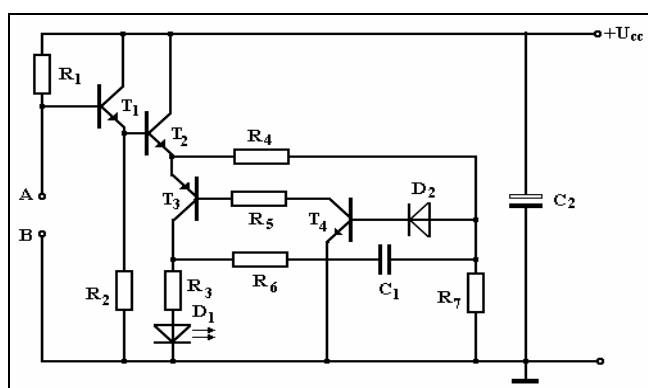
### 8.5.1. Sygnalizacja ubytku cieczy

W pojazdach samochodowych stosuje się również sygnalizację poziomu: cieczy chłodzącej, płynu hamulcowego, oleju w silniku. Poziom niektórych cieczy kontroluje się wizualnie, lecz taka kontrola jest kłopotliwa ze względu na zły dostęp, brak oświetlenia, dlatego kierowcy wykonują ją niechętnie. Wszystkie te pomiary można wykonać metodami elektrycznymi, przy czym stopień skomplikowania układu zależy od typu czujnika oraz rodzaju cieczy (przewodzące lub nieprzewodzące).

Bardzo ważnym ze względu na bezpieczeństwo jazdy jest zachowanie odpowiedniego poziomu płynu hamulcowego w układzie hamulców, i dlatego ważne jest zasygnalizowanie kierowcy o wystąpieniu sytuacji awaryjnej. Na rys. 8.28 przedstawiono zasadę działania elektrodowego sygnalizatora ubytku płynu hamulcowego.



Rys. 8.28. Zasada działania sygnalizatora ubytku płynu hamulcowego:  
1 - elektrody, 2 - akumulator, 3 - lampka sygnalizacyjna, 4 - układ elektroniczny

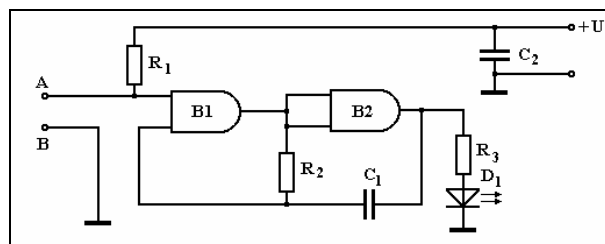


Rys. 8.29. Schemat ideowy sygnalizatora

W zbiorniku płynu hamulcowego są umieszczone dwie mosiężne elektrody tak, aby sięgały do poziomu minimalnego. Dopóki obie elektrody są

zanurzone w płynie hamulcowym tranzystor  $T_1$  (rys. 8.29) nie przewodzi. Rezystancja płynu hamulcowego między elektrodami oraz rezystor  $R_1$  tworzą dzielnik napięcia powodujący polaryzację zaporową tranzystora. Jeżeli poziom płynu obniży się przerywając obwód między elektrodami, włącza się przerywany sygnał świetlny emitowany przez diodę elektroluminescencyjną  $D_1$ . Wzrost rezystancji między elektrodami odblokowuje tranzystor  $T_1$ , który zaczyna przewodzić i powoduje przewodzenie tranzystora  $T_2$ . Jego zadaniem jest podanie zasilania na układ multiwibratora składający się z tranzystorów  $T_3$  i  $T_4$ . W obwód kolektora tranzystora  $T_3$  włączona jest dioda elektroluminescencyjna  $D_1$ , która rozbłyskuje z częstotliwością drgań multiwibratora. Próg działania sygnalizacji odpowiada rezystancji płynu hamulcowego między elektrodami zanurzonymi na głębokość około 1 mm, która dla płynu hamulcowego  $R_3$  wynosi około  $2,6 \text{ M}\Omega$ .

Na rys. 8.30 przedstawiono schemat ideowy sygnalizatora cieczy przewodzących, który może sygnalizować poziom płynu hamulcowego, oraz płynu chłodzącego, ewentualnie poziom innych płynów będących cieczami przewodzącymi. Układ sygnalizatora oparto na układzie scalonym typu MCY 7401BN.



Rys. 8.30. Schemat ideowy sygnalizatora poziomu płynu zbudowanego na układzie scalonym: A, B - elektrody sygnalizatora, B1, B2 - bramki logiczne

Układ scalony MCY 7401BN ma 14 końcówek, z których końcówka nr 7 połączona z masą układu ("-" zasilania), natomiast końcówka 14 z biegunem "+" źródła zasilającego. Pozostałe końcówki tworzą wejścia i wyjścia czterech bramek NAND.

Do budowy sygnalizatora wykorzystano dwie bramki. Zasada działania tak zbudowanego sygnalizatora jest następująca: elektrody A i B zanurzone w płynie, tworzą wraz z rezystorem  $R_1$  dzielnik oporowy. W tej sytuacji na wejściu bramki B1 występuje napięcie odpowiadające poziomowi sygnału zera logicznego. Obniżenie się poziomu cieczy poniżej wyznaczonego przez końce elektrod, spowoduje przerwę między nimi i zanik jednego z rezystorów dzielnika oporowego. Na wejściu bramki B1 pojawi się sygnał jedynki logicznej. Bramki B1 i B2 tworzą multiwibrator, który wysterowaniem bramki B1 zostanie uruchomiony, co wywoła emisję sygnałów świetlnych diody elektroluminescencyjnej LED przyłączonej do wyjścia bramki B2. Jasność świecenia di-



dy można zmieniać przez zmianę wartości rezystora  $R_2$ . Należy pamiętać, że przewodność płynu hamulcowego jest bardzo mała i zmniejsza się jeszcze w niskich temperaturach, więc prąd w czujnikach wynosi  $1 \pm 1,5 \mu\text{A}$ .

Oprócz wskaźników ubytku cieczy można również stosować wskaźniki poziomu cieczy, które informują o poziomie: zbyt niskim, normalnym i zbyt wysokim.

Zamiast sygnalizatora optycznego w postaci lampki lub diody luminescencyjnej można również stosować sygnalizator akustyczny, np. głośnik odbiornika radiowego w samochodzie.

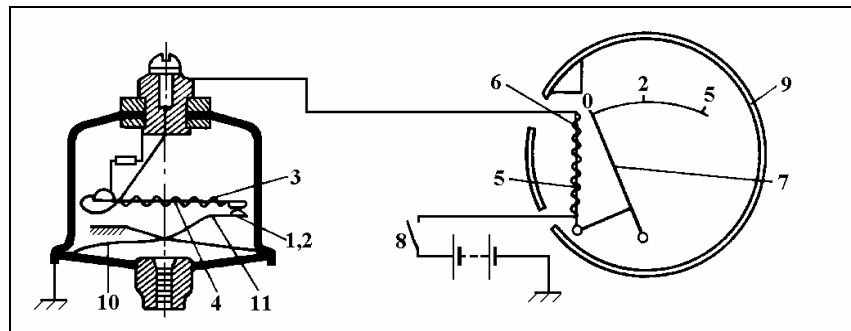
## 8.6. Kontrola ciśnienia oleju

Układy do pomiaru ciśnienia oleju stosuje się wówczas, kiedy olej w układzie smarowania silnika powinien krążyć pod odpowiednim ciśnieniem, niezbędnym do zapewnienia prawidłowego smarowania poruszających się części. Pomiar ciśnienia oleju w układzie smarowania silnika polega z reguły na wyznaczaniu różnicy ciśnienia tłoczenia wytwarzanego w głównym kanale przez pompę oleju oraz ciśnienia otoczenia. Ze względu na szczególną ważność układu smarowania dla prawidłowej pracy silnika, wymaga się od układów kontroli ciśnienia oleju niezawodności pracy i dokładności wskazań w zakresie roboczych ciśnień oleju. Układy te powinny mieć zdolność przekazywania wskazań na odległość. Wśród ciśnieniomierzy oleju stosowanych w pojazdach samochodowych rozróżnia się manometry mechaniczne i elektryczne.

### 8.6.1. Impulsowy czujnik i wskaźnik ciśnienia oleju

Schemat układu impulsowego pomiaru ciśnienia oleju w silniku przedstawiony został na rys. 8.31. Budowa wskaźnika jest taka sama jak i wskaźnika termometru podobnego typu. Zasadniczym elementem wskaźnika jest płytka termobimetalowa, wycięta w kształcie litery *II*. Jedno z jej ramion jest ramieniem roboczym, drugie kompensacyjnym. Na ramieniu roboczym nawinięte jest uzwojenie grzejne (z konstantanu), końce, którego wyprowadzone są na zewnątrz wskaźnika. Wskazówka 7 połączona jest z końcem swobodnym ramienia roboczego termobimetalu. Ramię kompensacyjne eliminuje odchyłki wskazań, które mogłyby powstać na skutek zmian temperatury otoczenia. Główną częścią czujnika ciśnieniowego jest płytka termobimetalowa 4 z uzwojeniem grzejnym 3, membrana 10 i styki 1, 2. Po włączeniu wyłącznika zapłonu 8 prąd płynie przez uzwojenia grzejne czujnika oraz wskaźnika. Płytki termobimetalowe czujnika 4 i wskaźnika 6 nagrzewają się, przy czym wygięcie płytki 4 powoduje rozwarcie styków czujnika - obwód prądowy zostaje

przerwany. Płytki stygną i styki czujnika zostają zwarte i cykl pracy powtarza się od nowa. Ciepłe działanie prądu na płytki termobimetalowe zależy od stosunku czasu zwarcia styków do czasu rozwarcia styków, który z kolei zależy od docisku styków zmieniającego się w zależności od ciśnienia wytwarzanego przez olej na membranę 10. Przy wzroście ciśnienia oleju membrana odkształca się, zwiększając docisk styków i im większy jest docisk styków, tym dłuższy jest czas ich zwarcia, zatem większa jest wartość skuteczna prądu w obwodzie, co powoduje wzrost odkształcenia płytki termobimetalowej wskaźnika i większe odchylenie wskazówki. I na odwrót przy obniżaniu się ciśnienia oleju maleje docisk styków, maleje czas zwarcia styków, maleje wartość skuteczna prądu w obwodzie, płytki termobimetalowe mniej się nagrzewają i odchylenie wskazówki staje się mniejsze. Zmiany prądu w obwodzie są analogiczne do zmian pokazanych na rys.8.19. Częstotliwość pulsacji wzrasta ze wzrostem ciśnienia wywieranego na membranę czujnika.

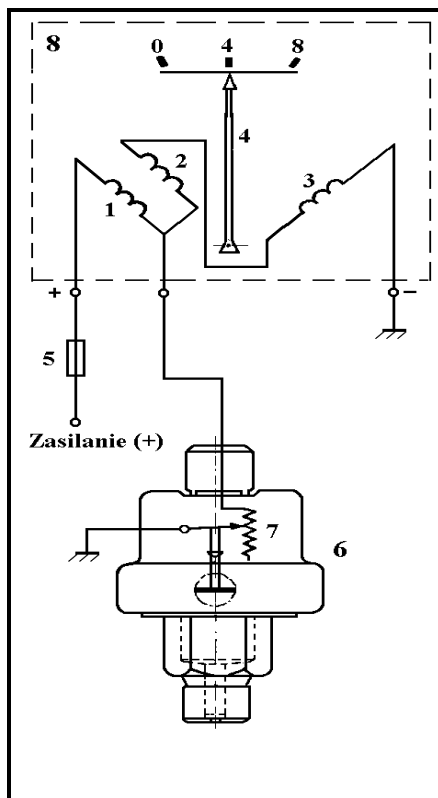


Rys.8.31. Schemat układu impulsowego pomiaru ciśnienia oleju  
1, 2 - styki czujnika, 3 - uzwojenie grzejne czujnika, 4 - płytki bimetalewa czujnika, 5 - uzwojenie grzejne wskaźnika, 6 - płytki bimetalewa wskaźnika, 7 - wskazówka, 8 - wyłącznik zapłonu, 9 - wskaźnik, 10 - membrana, 11 - sprężyna ze stykiem

### 8.6.2. Magnetoelektryczny wskaźnik z czujnikiem rezystancyjnym

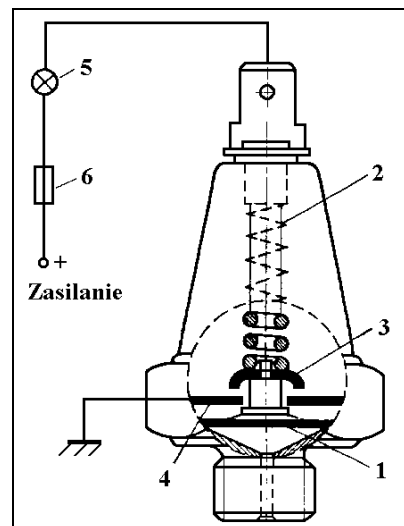
W układzie tym zastosowano wskaźnik, w którym wykorzystano zasadę logometru magnetoelektrycznego ze skrzyżowanymi cewkami i ruchomym magnesem. Schemat połączenia elektrycznego przedstawiono na rys.8.32. Na wspólnym korpusie z tworzywa sztucznego nawinięto trzy cewki uzwojenia wskaźnika 1,2,3. Dwie z nich złączony są zmienną rezystancją współpracującą ze wskaźnikiem czujnika. Czujnikiem w tym układzie jest czujnik rezystancyjny o rezystancji zmiennej zależnej od ciśnienia wywieranego na jego membranę. Wewnątrz obudowy czujnika umieszczony jest na izolowanej płytce rezystor drutowy 7, po którym przesuwają się styki ślizgacza, którego ruch wymuszony jest przez membranę za pomocą układu dźwigni. Przy braku ci-

śnienia sprężyna powrotna ślizgacza przesuwa go w skrajne położenie, przy którym rezystancja jest największa. W miarę wzrostu ciśnienia oleju membrana odkształcając się przesuwa ślizgacz w kierunku zmniejszenia rezystancji. Przy małym ciśnieniu oleju rezystancja czujnika jest duża, co powoduje, że w wyniku oddziaływania pól magnetycznych od cewek 1, 2 i 3 następuje skręcenie organu ruchomego wskaźnika wraz ze wskazówką w lewą stronę. W miarę wzrostu ciśnienia maleje rezystancja czujnika i zmienia się rozptyw prądów w cewkach wskaźnika powodując, że wypadkowe pole magnetyczne od tych prądów skręca organ ruchomy ze wskazówką w prawą stronę. Wielkość skręcenia zależna jest od wartości rezystancji czujnika, czyli od wartości ciśnienia oleju.



Rys. 8.32. Układ pomiaru ciśnienia oleju w samochodzie:

- 1, 2, 3 - cewki wskaźnika, 4 - organ ruchomy wskaźnika ze wskazówką, 5 - bezpiecznik, 6 - czujnik,  
7 - rezystor drutowy, 8 - wskaźnik ciśnienia



Rys. 8.33. Czujnik awaryjny ciśnienia oleju  
1 - membrana czujnika, 2 - sprężyna czujnika, 3 - styk ruchomy czujnika, 4 - styk nieruchomy czujnika,  
5 - lampka kontrolna, 6 - bezpiecznik

### 8.6.3. Awaryjny czujnik ciśnienia oleju

W większości samochodów stosuje się układ kontroli ciśnienia oleju składający się z czujnika awaryjnego i lampki kontrolnej. Czujnik (rys.8.33) pracuje na zasadzie sprężystego odkształcenia membrany pod wpływem ciśnienia oleju. Odkształcenie membrany 1 powoduje rozwarcie styków i przerwanie przepływu prądu przez lampkę kontrolną. Jeżeli ciśnienie oleju obniży się poniżej dopuszczalnej wartości, to sprężyna pokonując opór membrany, dociśnie styk ruchomy do styku nieruchomego. Styk 3 jest wyprowadzony na zewnątrz w postaci płaskiej końcówki konektorowej, a styk nieruchomy 4 jest połączony z masą. Czujnik jest umieszczony w obudowie metalowej o kształcie korka z nagwintowaną końcówką do wkręcania w kadłub silnika w układzie smarowania. Czujnik połączony jest z lampką kontrolną 5. Układ zasilany jest poprzez bezpiecznik 6 z instalacji pojazdu. Przy prawidłowym ciśnieniu oleju w układzie smarowania silnika odkształcona membrana utrzymuje styki w stanie rozwartym i lampka kontrolna nie świeci się. Przy niepracującym silniku, kiedy pompa olejowa napędzana od silnika nie wytwarza ciśnienia, to przy włączonej stacyjce lampka kontrolna będzie się świecić. Lampka kontrolna może również czasami świecić się przy nagrzanym silniku pracującym na biegu jałowym, lecz po nieznacznym zwiększeniu prędkości obrotowej silnika, lampka powinna zgasnąć. Świecenie się lampki kontrolnej w innych przypadkach świadczy o nieprawidłowej pracy układu smarowania (np. za mała ilość oleju lub o uszkodzeniu czujnika ciśnienia).

### 8.6.4. Kontrola ciśnienia w ogumieniu

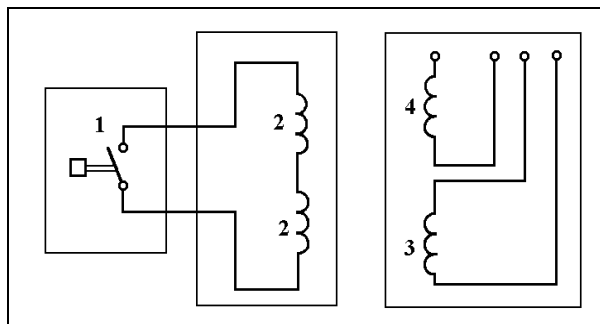
Urządzenie sygnalizujące spadek ciśnienia w oponie jest szczególnie przydatne w samochodach ciężarowych ciągnących naczepę o kołach bliźniaczych. Bardzo łatwo jest przeoczyć spadek ciśnienia w kole wewnętrznym, co prowadzi do przeciążenia drugiej opony powodującego jej szybsze zużycie lub uszkodzenie mogące prowadzić w przypadku przegrzania do pożaru.

Wiele firm opracowało bezstykowe systemy informujące kierowcę o spadku ciśnienia w oponie. Niektóre systemy informują kierowcę o spadku ciśnienia tylko w czasie jazdy, inne również w czasie postoju, co zależy od sposobu umieszczenia cewek nadawczych i odbiorczych.

Pierwsze systemy miały dwa bloki:

- *nadajnik* sprzężony z manometrem i zamocowany na piaście koła; z chwilą spadku ciśnienia manometr włącza nadajnik wysyłający sygnał o określonej częstotliwości, który odbiera antena umieszczona w odległości około 25 mm od części metalowych,

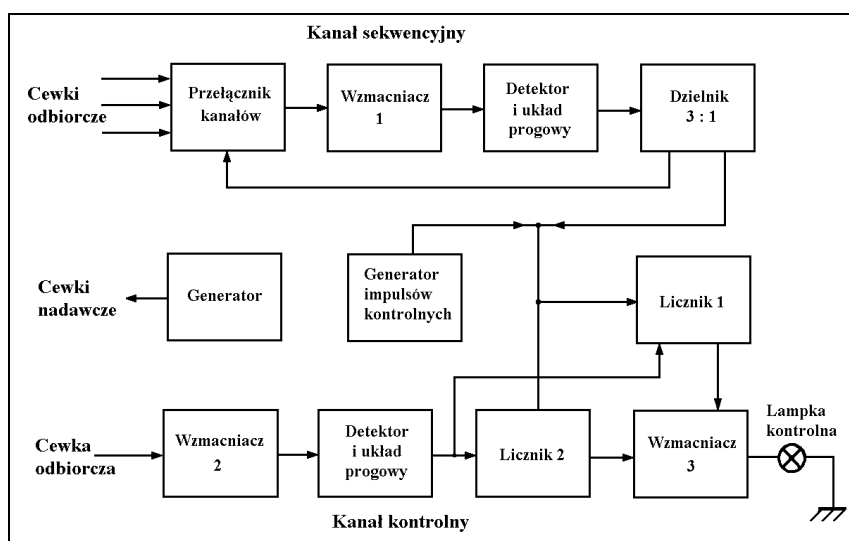
- odbiornik umieszczony w kabinie kierowcy informuje błyskaniem czerwonej lampki kontrolnej o spadku ciśnienia w oponie.



Rys. 8.34. Zespół cewek sygnalizatora spadku ciśnienia w oponie  
1 - wyłączniki ciśnieniowe, 2 - czujniki sprężające, 3 - cewka nadawcza, 4 - cewka odbiorcza

Wadą ich była konieczność montowania nadajnika w miejscu łatwo dostępnym na zewnątrz opony, co zwiększa możliwość uszkodzenia lub kradzieży.

Nowsze rozwiązanie opracowała firma VDO. W urządzeniu występują kanał nadawczy oraz dwa kanały odbiorcze: sekwencyjny i kontrolny.



Rys. 8.35. Schemat blokowy elektronicznego układu sygnalizatora spadku ciśnienia powietrza w oponach firmy VDO

W urządzeniu zastosowano dwa zespoły cewek - jeden nadawczo-odbiorczy przymocowany do zawieszenia pojazdu i drugi sprężający połączony z obrę-

czą koła (rys. 8.34). Płaszczyzny czołowe zespołów cewek są oddalone od siebie o 6 do 10 mm. Cewka nadawcza jest zasilana sygnałem o częstotliwości 7 kHz, który indukuje się w cewce odbiorczej tylko wtedy, gdy zespoły cewek są dokładnie naprzeciw siebie oraz zestyk wyłącznika ciśnieniowego nakręcony na zaworek jest zwarty ( przy ciśnieniu w oponie większym od minimalnego).

Kanał sekwencyjny kontroluje trzy koła. W cewce odbiorczej pojawi się sygnał o częstotliwości 7 kHz, który po wzmocnieniu i przekształceniu w impuls prostokątny zostaje doprowadzony do dzielnika 3:1 (rys. 8.35). Dzielnik ten przełącza przełącznik kanałów pomiarowych na następną cewkę odbiorczą i jednocześnie wysyła sygnał do liczników 1 i 2. W celu uniknięcia wpływów poślizgów koła w kanale kontrolnym może pracować tylko koło nienapędzane.

Impulsy wyjściowe każdego z kanałów są doprowadzane równocześnie do obu liczników. Jeżeli ciśnienia we wszystkich kołach są prawidłowe, to każdy z liczników przełączany jest w przód przez impulsy własnego kanału i zerowany przez impulsy przeciwnego kanału. Włączenie jednego z wyłączników ciśnieniowych powoduje zapełnienie licznika kanału przeciwnego. Po przekroczeniu pojemności licznika na jego wyjściu pojawia się sygnał, który po wzmocnieniu włącza lampkę kontrolną lub sygnał dźwiękowy. Włączenie alarmu następuje dopiero po kilku obrotach kół, aby wykluczyć pomyłki spowodowane chwilowym poślizgiem jednego lub kilku kół.

W pojazdach wyposażonych w elektroniczne regulatory siły hamowania stosuje się inne rozwiązanie określania zmian promienia toczenia koła, wykorzystując zmiany prędkości kątowych kół.

Nowe rozwiązania układów sygnalizacji wykorzystują najnowsze rozwiązania elektroniki pozwalające na miniaturyzację rozwiązań konstrukcji z zapewnieniem jednoczesnej kompensacji temperaturowej zmian ciśnienia w oponach.

### **8.6.5. Diagnostyka pokładowa pojazdu**

Niektórzy producenci samochodowych przyrządów kontrolno-pomiarowych produkują wskaźniki konieczności obsługiwanego pojazdu. Urządzenia sygnalizują kierowcy konieczność wymiany oleju uwzględniając przebieg pojazdu oraz warunki pracy silnika (praca w niskich oraz wysokich temperaturach, jazda z prędkościami obrotowymi większymi od zalecanych, częste rozruchy w niskich temperaturach itd.).

Obecnie rozwój techniki mikroprocesorowej umożliwia zastosowanie automatycznego systemu mierzącego parametry techniczno-ruchowe pojazdu, przetwarzające zebrane dane i przekazujące je kierowcy. System taki nosi nazwę centralnego systemu informacji (CSI). Rozróżnia się pasywne oraz aktywne systemy kontroli parametrów technicznych pojazdu. W systemach

pasywnych kierowca otrzymuje informacje na żądanie, natomiast w systemach aktywnych procesor decyduje o czasie i formie przekazania informacji kierowcy. Aktywne systemy cechuje: kompleksowość, optymalizacja formy przekazu informacji, samodiagnostyka, możliwość współpracy z zewnętrznym systemem diagnostycznym.

System informacyjno-pomiarowy kontroluje kilkadziesiąt parametrów lub układów pojazdu. Elementy sygnalizacji zgrupowane są w kilku strefach (grupach) umożliwiających kierowcy przejrzystość informacji i pozwalającą na zorientowanie się w ważności sygnału. Na przykład w grupie pierwszej obejmującej informacje o prędkości obrotowej silnika oraz ciśnieniu oleju, skasowanie alarmu może nastąpić dopiero po usunięciu przyczyny wywołującej alarm. W grupie drugiej obejmującej informacje o: poziomie oleju, stanie okładzin hamulcowych, poziomie płynu hamulcowego - wskaźniki lampki świecą światłem ciągłym. Po skasowaniu alarmu lampka wskaźnika centralnego gaśnie a lampka indywidualna zaczyna migać. Dla wykluczenia błędnych alarmów wywołanych np. wahaniami pojazdu, stosuje się układy opóźniające. Niektóre sygnały alarmowe istotne dla pojazdu oraz bezpieczeństwa ruchu są zapamiętywane i po ponownym uruchomieniu pojazdu sygnał alarmu jest w dalszym ciągu wyświetlany.

W rozwiązaniu CSI firmy Bosch istnieje możliwość sygnalizacji 25 stanów alarmowych. W polu widzenia kierowcy są umieszczone tylko trzy barwne pola. Zastosowano następującą klasyfikację alarmów:

- *grupa I* - uszkodzenia bezpośrednio zagrażające bezpieczeństwu jazdy, np. niski poziom płynu hamulcowego (świeci pole czerwone - **Stop**);
- *grupa II* - bezpośrednie zagrożenie poważnym uszkodzeniem silnika lub pojazdu, np. za niski poziom oleju, za niska lub za wysoka temperatura silnika (świeci pole żółte - **Naprawa**);
- *grupa III* - usterki niepowodujące bezpośredniego zagrożenia, np. poziom wody w spryskiwaczu (świeci pole niebieskie - **Informacja**).

Procesor steruje wyświetlaniem alarmów zależnie od ich ważności. Możliwa jest zmiana rodzaju i hierarchii alarmów odpowiednio do wymagań odbiorcy wraz z wprowadzeniem syntetyzatora mowy informującego głosem kierowcę o niesprawnościach pojazdu.

Wprowadzane coraz szerszym frontem do wyposażenia pojazdów komputery pokładowe umożliwiają oprócz diagnostyki pokładowej uzyskanie szeregu dodatkowych informacji jak, np. chwilowe oraz średnie zużycie paliwa, obliczanie średniej prędkości jazdy, czy prognozowanego zapasu przebiegu (przy założeniu takiego samego stylu jazdy jak podczas ostatnich np. 25 km).

### 8.6.6. Zestawy wskaźników

W czasie prowadzenia pojazdu samochodowego kierowca musi otrzymywać informacje o parametrach ruchu, o pracy silnika i pomocniczych urządzeniach oraz informacje o uszkodzeniach układów wpływających na bezpieczeństwo jazdy.

Do przekazywania informacji o wynikach pomiarów oraz sygnalizacji przekroczenia dozwolonych parametrów eksploatacyjnych służą wskaźniki, lub lampki sygnalizacyjne. Ze względu na dużą liczbę mierzonych parametrów zachodzi konieczność podziału przekazywanych informacji na grupy. Najważniejsze wskaźniki powinny być zgrupowane w polu widzenia kierowcy. Wskaźniki mniej ważne są umieszczane poza bezpośrednim polem widzenia kierowcy. Zespół wskaźników pomiarowo - sygnalizacyjnych powinna cechować łatwość odbioru informacji przez kierowcę w każdych warunkach i jak najkrótsze odwrócenie uwagi kierowcy od sytuacji drogowej.

W celu zaoszczędzenia miejsca na tablicy rozdzielczej, wskaźniki zestawia się na niewielkiej powierzchni w sposób zwarty i czytelny. Najwygodniejsze do odczytu są wskaźniki analogowe, chociaż coraz częściej czynione są próby instalowania wskaźników cyfrowych.

Zestaw wskaźników jest przeznaczony do:

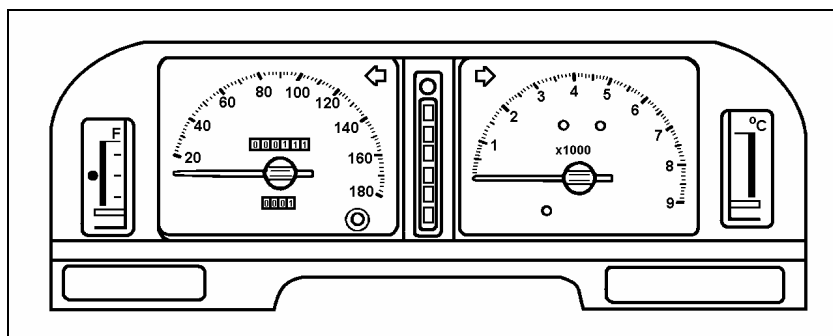
- stałej kontroli temperatury wody w układzie chłodzenia silnika pojazdu,
- stałej kontroli poziomu paliwa w zbiorniku pojazdu,
- stałej kontroli prędkości jazdy wraz z ciągłą rejestracją przebytej drogi w kilometrach,
- kontroli świateł pozycyjnych,
- sygnalizacji spadku ciśnienia oleju,
- sygnalizacji zaciągnięcia hamulca ręcznego,
- sygnalizacji ładowania akumulatora,
- kontroli włączonego ssania,
- kontroli włączenia świateł drogowych,
- sygnalizacji rezerwy paliwa,
- kontroli kierunkowskazów.

Po okresie instalowania dużej liczby wskaźników obecnie ze względu na wzrost natężenia ruchu oraz postępującą komputeryzacją samochodu ich liczba zmalała ograniczając się tylko do niezbędnych. Przykład obecnie najczęściej spotykanego zestawu przedstawiono na rys. 8.36. W zestawie znajdują się prędkościomierz, obrotomierz, wskaźnik poziomu paliwa, wskaźnik temperatury cieczy chłodzącej oraz szereg lampek kontrolnych. W wielu samochodach w miejsce obrotomierza instalowany jest zegar kwarcowy, wskazujący aktualny czas.

Zestaw ma własne oświetlenie z możliwością regulacji natężenia od maksimum do całkowitego wyłączenia. W nowych konstrukcjach stosowane są światłowodowy.



Połączenia elektryczne znajdujące się z tyłu zestawu są wykonane na obwodzie drukowanym, do którego są zamocowane oprawki do żarówek lampek kontrolnych oraz złącza konektorowe. Zamiast żarówek coraz powszechniej stosowane diody elektroluminescencyjne (LED).



Rys. 8.36. Zestaw wskaźników

Niektóre zestawy wskaźników w samochodach wyższej klasy wyposażone są w funkcję "night panel". W nocy system wygasa podświetlenie tablicy przyrządów, utrzymuje tylko oświetlenie prędkościomierza, licznika przebytych kilometrów i kontrolki używanych świateł. Inne wskaźniki są podświetlane wtedy, gdy ich informacje mają istotne znaczenie dla bezpieczeństwa jazdy i funkcjonowania pojazdu. W zestawie wskaźników może znajdować się cyfrowy wyświetlacz komputera pokładowego.

## 8.7. Ogólne zasady diagnostyki urządzeń kontrolno-pomiarowych

Niedomagania w obwodzie wskaźników elektrycznych:

- 1) Wszystkie wskaźniki nie działają:
  - a) zwarcie lub przerwa w obwodzie zasilającym - sprawdzić bezpiecznik i końcówki przewodów oraz zaciski,
- 2) wskazówka wskaźnika temperatury wody nie odchyła się po włączeniu zapłonu: przerwa wewnątrz wskaźnika lub czujnika albo w przewodzie między wskaźnikiem a czujnikiem - po zlokalizowaniu przyczyny wymienić uszkodzony element,
- 3) wskazówka wskaźnika poziomu paliwa gwałtownie odchyła się za działkę odpowiadającą całkowitemu napełnieniu zbiornika, niezależnie od stanu faktycznego;
  - a) przerwa w oporniku czujnika lub w przewodzie między czujnikiem a wskaźnikiem - sprawdzić i poprawić połączenie,

- b) uszkodzony wskaźnik poziomu paliwa - sprawdzić uszkodzenie i wymienić wskaźnik,
- 4) wskazówka wskaźnika ustawia się na zerowej działce wskaźnika po włączeniu zapłonu:
  - a) zwarcie przewodu do masy między czujnikiem a wskaźnikiem - sprawdzić obwód i usunąć zwarcie,
  - b) uszkodzony wskaźnik poziomu paliwa - wymienić na nowy.
- 5) lampka kontrolna ciśnienia oleju nie gaśnie po uruchomieniu silnika, uszkodzenie czujnika oleju - wymienić czujnik.

## 8.8. Wycieraczki elektryczne szyb

Zgodnie z przepisami o ruchu drogowym każdy pojazd samochodowy powinien być wyposażony, co najmniej w jedną wycieraczkę z napędem własnym, zapewniającą dokładne wycieranie szyby przedniej, a tym samym dobrą widoczność drogi w warunkach opadu deszczu lub śniegu. Względy bezpieczeństwa powodują, iż wycieraczki dzisiejszych samochodowych szyb przednich o dużych wymiarach powinny oczyszczać, co najmniej 70% ich powierzchni. Ramię wycieraczki ma tak dobrany kształt, by zapewnić wymagany docisk gumki piórka na całej długości i przy każdym położeniu na oczyszczonej powierzchni szyby. Docisk wynosi zwykle ok. 15 g/cm długości i powinien być rozłożony równomiernie na całej długości piórka. O prawidłowej pracy gumki piórka decyduje trwałość elastyczności oraz precyzyjne wykonanie "wargi" o grubości  $0,015 \pm 0,02$  mm. Otrzymanie gumy o odpowiedniej trwałości w pracy wycieraczek stwarzało szereg kłopotów. Firma Bosch w roku 1994 wprowadziła wycieraczkę Twin, której gumka wycierająca składa się z dwóch materiałów kauczukowych. Warga z gumy naturalnej ma dużą twardość, natomiast część górna z płetwą łączącą wykonana z kauczuku syntetycznego o dużej elastyczności zapewnia prawidłowy kąt przylegania krawędzi przy ruchu wycieraczki w obie strony i spokojną pracę zarówno przy podwyższonych jak i niskich temperaturach.

W zależności od zastosowanego układu dźwigni, długości wycieraków, kąta wahania, osadzenia osi wycieraków oraz wzajemnego ich ruchu uzyskuje się rozmaite pola widzenia. Chodzi o uzyskanie możliwie dużego pola widzenia oraz o to, aby części niewycierane szyby nie stanowiły dla kierowcy przeszkody w obserwacji drogi. Skuteczność wycierania szyby zależy od jakości gumy wycieraka, nacisku jednostkowego wycieraka na szybę (około 0,012 N/mm), długości styku gumy z szybą oraz momentu obrotowego rozwijanego przez silnik napędzający.

Do podstawowych danych silników wycieraczek należą: liczba wahaniec wycieraka na minutę, prąd znamionowy i moment rozruchowy. Prąd znamionowy jest to prąd średni pobierany przez silnik wycieraczki podczas pracy.

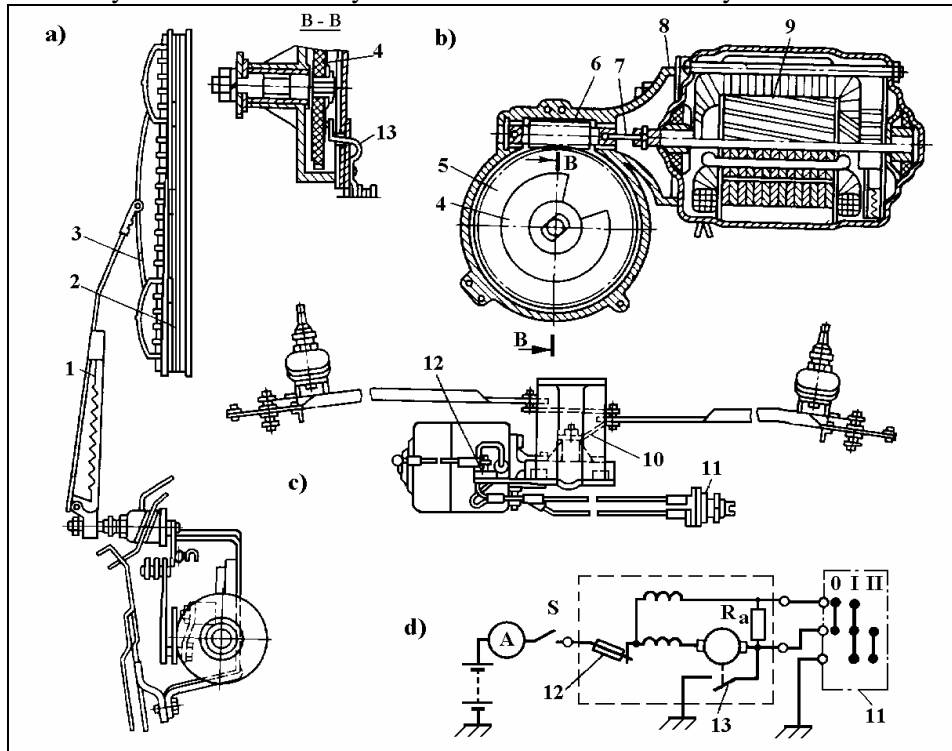
Przez moment znamionowy rozumie się średni moment napędowy wycieraczki odpowiadający momentowi, przy którym przyrosty temperatury poszczególnych części nie przekraczają wartości dopuszczalnych określonych klasą użytej izolacji. Norma branżowa (BN-83/3687-06) moment rozruchowy definiuje jako moment rozwijany przez wycieraczkę zasilaną napięciem pracy, tj. 14 V lub 28 V, mierzony przy pięciu pełnych wahnięciach wałka wycieraka na minutę.

Wycieraczka elektryczna składa się z trzech podstawowych zespołów silnika napędowego, przekładni i układu dźwigni oraz ramion z wycierakami. Silniki napędowe wycieraczek buduje się jako silniki bocznikowe lub szeregowo-bocznikowe. Ostatnio coraz częściej stosuje się silniki o wzbudzeniu od magnesów trwałych. Używane na magnesy trwałe ferryty charakteryzują się dużymi wartościami siły koercyjnej, dzięki czemu są odporne na rozmagnesowanie. Budowę wycieraczki samochodowej pokazano na rys.8.37. Przekładnia redukuje prędkość obrotową silnika do 50...70 obr/min. Silnik elektryczny 9 wycieraczki montuje się na korpusie reduktora (rys. 8.37b), gdzie zainstalowano wyłącznik termobimetalowy 12 i styk ze sprężyną wyłącznika krańcowego, który służy do ustawiania wycieraczek po ich wyłączeniu w dolnym położeniu oczyszczanej szyby. Wyłącznik krańcowy (rys. 8.37d) włączony jest równolegle do przełącznika 11. W wycieraczkach dwubiegowych na korpusie reduktora zmontowany jest dodatkowy rezystor  $R_d$ , który włącza się szeregowo z cewką bocznikową wzbudzenia przy powrocie przełącznika 11 w położenie II.

Działanie wycieraczek jest następujące: Obrót wału silnika poprzez wałek napędowy 7 (rys. 8.37b) przekazywany jest ślimakowi 6, który obraca ślimacznicę reduktora 5. Na wale ślimacznicy zamocowana jest korba 10. Ruch obrotowy korby 10 za pośrednictwem mechanizmu dźwigniowego (rys. 8.37c) przekształca się w ruchy ramion wycieraczek 1, na których osadzone są uchwyty mocujące pióra wycieraczek. Podczas obrotu ślimacznicy 5 styk na sprężynie wyłącznika krańcowego 13 ślizga się po dysku stykowym 4. Przy obrocie dysk otwiera lub zamyka styk na korpusie. Przy zamkniętych stykach S wyłącznika zapłonu (rys. 8.37d) i położeniu I przełącznika 11 prąd bocznikowego uzwojenia wzbudzenia przepływa omijając rezystor  $R_d$ . Wał silnika elektrycznego obraca się z określoną prędkością. Przy przełączeniu przełącznika 11 w położenie II w obwód bocznikowego uzwojenia wzbudzenia włączony zostaje rezystor  $R_d$ . Powoduje to zmniejszenie prądu wzbudzenia, wywołującego zmniejszenie strumienia magnetycznego a w efekcie zwiększenie prędkości wirowania wału silnika.

Aby wyłączyć wycieraczki, przełącznik 11 należy ustawić w położenie 0. Wówczas silnik pracuje do chwili, dopóki wirujący dysk 4 zamknie styk wyłącznika krańcowego. W chwili, gdy styk wyłącznika krańcowego wpadnie w wycięcie dysku stykowego, obwód zasilania silnika zostaje przerwany i mechanizm wycieraczek zostaje zatrzymany. Wycieraczki przy zatrzymaniu

powinny parkować w skrajnych położeniach, co można osiągnąć przez regulację dźwigni 1 wycieraczek. Bezpiecznik termobimetalowy 12 służy do odłączania zasilania silnika przy pojawieniu się niedopuszczalnych obciążeń mechanicznych w elementach wycieraczek lub zablokowaniu wycieraków.



Rys. 8.37. Budowa wycieraczki elektrycznej

a - widok wycieraczek, b - sposób połączenia silnika z reduktorem, c - układ dźwigni, d - schemat połączeń wycieraczki

1 - ramie wycieraczki, 2 - pióra wycieraczek, 3 - uchwyty mocujące, 4 - dysk stykowy, 5 - ślimacznica, 6 - ślimak, 7 - wałek napędowy silnika, 8 - korpus reduktora, 9 - silnik prądu stałego, 10 - korba, 11 - wyłącznik wycieraczek (przełącznik przy dwubiegowych wycieraczkach), 12 - bezpiecznik termobimetalowy, 13 - wyłącznik krańcowy

Ramiona wycieraków osadzone na osiach za pomocą radełkowych głowic, można odchylić od szyby o kąt  $90^\circ$ . Wycieraki są dociskane do szyby sprężynami, działającymi za pośrednictwem ramion.

Przekładnie, których zadaniem jest zredukowanie obrotów silnika do prędkości wymaganej dla ruchów wahadłowych wycieraków są umieszczane wewnątrz silnika lub na zewnątrz.

W zależności od wartości momentu i typu przekładni rozróżnia się trzy rodzaje mechanizmów napędowych: z przekładnią ślimakową, z przekładnią czołową (wycofany z produkcji), z przekładnią czołową i ruchem wałka obrotowo-zwrotnym.

Jako reduktory stosuje się przekładnie zębate lub ślimakowe. Przeniesienie napędu z wałka zdawczego reduktora odbywa się za pomocą mimośrodów i układu dźwigni sztywnych lub linkami napędowymi. Układ przeniesienia napędu zależy od przyjętego rodzaju współpracy wycieraków. Za pomocą układu przeniesienia uzyskuje się zamianę ruchu obrotowego wałka zdawczego reduktora na ruch wahadłowy trzpienia z osadzonymi ramionami wycieraków. Wałek napędowy wycieraków musi być odpowiednio zakończony, aby zapewnić niezawodny ruch wycieraków. Rozróżnia się następujące rodzaje wałków napędowych: wałki cylindryczne, wałki stożkowe, wałki z nasadką ząbkowaną, wałki stożkowe radełkowe.

Wycieraki stanowią integralną część wycieraczek szyb. Rozróżnia się wycieraki do szyb samochodowych płaskich oraz do szyb panoramicznych. Powierzchnia wycieranej szyby zależy od długości skutecznej ramienia wycieraka oraz od wielkości pióra wycieraka. Moc i wielkość silnika wycieraczki zależą: od siły docisku pióra do szyby, wielkości powierzchni wycierania, prędkości wycierania, liczby i długości piór napędzanych oraz od sprawności mechanizmu przeniesienia napędu. Od wycieraczek wymaga się również prawidłowego działania w każdych warunkach (zmienny współczynnik tarcia) a od jej silnika - cichobieżności.

Stosuje się dwa sposoby hamowania elektrycznego silników wycieraczek:

- *hamowanie prądem wzbudzenia*, polegające na zwiększeniu strumienia magnetycznego przez włączenie dodatkowego uzwojenia bocznikowego lub zwarcie rezystora włączonego szeregowo z uzwojeniem bocznikowym. Wzrost strumienia magnetycznego powoduje zmniejszenie prędkości obrotowej;
- *hamowanie prądem wirnika*. Wirnik zostaje zwarty stykiem biernym wyłącznika krańcowego (zamkniętym w stanie spoczynku). Jest to tzw. hamowanie prądnicowe silnika.

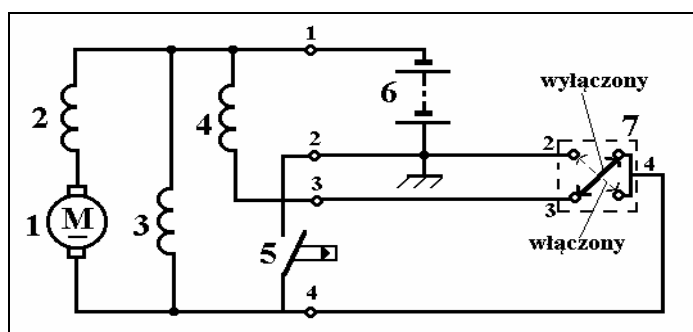
Stosowano również hamulce mechaniczne zwalniane elektromagnetycznie z chwilą włączenia zasilania (np. silniki wycieraczek samochodu Skoda).

### **8.8.1. Wycieraczka jednobiegowa z silnikiem o wzbudzeniu elektromagnetycznym**

Na rys.8.38 przedstawiono schemat połączeń silnika szeregowo-bocznikowego wycieraczki jednobiegowej. W silniku na jednym nabiegunkniku umieszczone jest uzwojenie szeregowe wzbudzenia i uzwojenie hamujące, na drugim - uzwojenie bocznikowe.

Gdy wyłącznik wycieraczki zostanie ustawiony w położenie "włączony", zasilone zostają zarówno uzwojenie szeregowe jak i bocznikowe. Stoso-

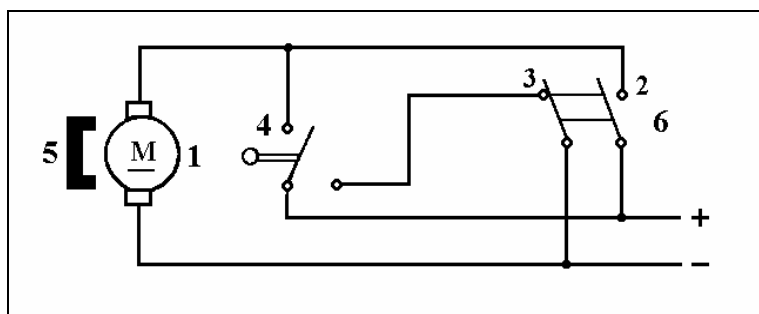
wanie dwóch uzwojeń wzbudzących (szeregowego i bocznikowego) pozwala na uzyskanie praktycznie niezmienną prędkości obrotowej silnika w funkcji obciążenia. W położeniu "wyłączony" wyłącznika wycieraczki zostaje włączone uzwojenie hamujące, które pobierając duży prąd wytwarza silny strumień magnetyczny, co powoduje zmniejszenie prędkości obrotowej silnika i zwiększenie jego momentu obrotowego. W obwodzie uzwojenia hamującego znajduje się wyłącznik krańcowy. Gdy wyłącznik krańcowy zostanie otwarty - w dolnym położeniu wycieraków na szybie - silnik natychmiast się zatrzyma.



Rys. 8.38. Schemat połączeń silnika wycieraczki jednobiegowej  
1 - twornik silnika, 2 - uzwojenie szeregowe, 3 - uzwojenie bocznikowe, 4 - uzwojenie hamujące,  
5 - wyłącznik krańcowy, 6 - akumulator, 7 - wyłącznik

### 8.8.2. Wycieraczka jednobiegowa z silnikiem wzbudzonym magnesem trwałym

Oprócz silników o wzbudzeniu elektromagnetycznym stosowane są również silniki o wzbudzeniu pochodzącym od magnesów trwałych. Schemat połączeń elektrycznych wycieraczki jednobiegowej takiego silnika przedstawiono na rys. 8.39.



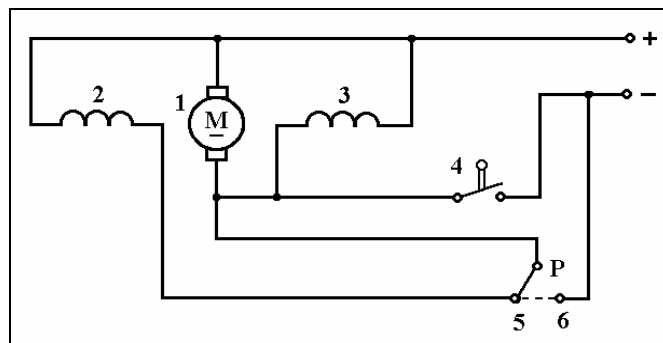
Rys. 8.39. Schemat silnika wycieraczki jednobiegowej z magnesami trwałymi  
1 - wirnik, 2, 3 - styki przełącznika, 4 - wyłącznik krańcowy, 5 - magnes trwały, 6 - przełącznik

Zwarcie styku 2 przełącznika 6 powoduje uruchomienie silnika wycieraczki. Wyłącznik krańcowy jest włączany krzywką przekładni. Gdy ramiona wycieraczek znajdują się w dowolnym położeniu, nie wpływa to na pracę silnika, ponieważ styk 3 przełącznika jest rozarty. Wyłącznik krańcowy spełnia swoje zadanie w chwili zwarcia styku 3 przełącznika 6, co następuje przy wyłączeniu wycieraczek. Silnik zasilany jest, aż do chwili wyłączenia go przez krzywkę powodującą otwarcie wyłącznika krańcowego 4. Następuje wówczas przełączenie obwodu twornika, intensywne przyhamowanie i zatrzymanie silnika wycieraczek. Wycieraki zatrzymują się w położeniu tzw. parkowania.

W silnikach wzbudzonych od magnesów trwałych zmianę prędkości obrotowej można uzyskać przez włączenie w obwód twornika dodatkowej rezystancji. Hamowanie realizowane jest prądem wirnika, który jest zwierany stykiem wyłącznika krańcowego, który wykonuje się jako przełączany.

### 8.8.3. Wycieraczka dwubiegowa z silnikiem o wzbudzeniu elektromagnetycznym

Oprócz wycieraczek jednobiegowych występuje druga podstawowa odmiana wycieraczek napędzanych silnikiem bocznikowym dwubiegowym. W silnikach o wzbudzeniu elektromagnetycznym dwie prędkości obrotowe uzyskuje się przez zmianę liczby zwojów uzwojenia wzbudzającego. Schemat połączeń silnika wycieraczki dwubiegowej przedstawiono na rys. 8.40.

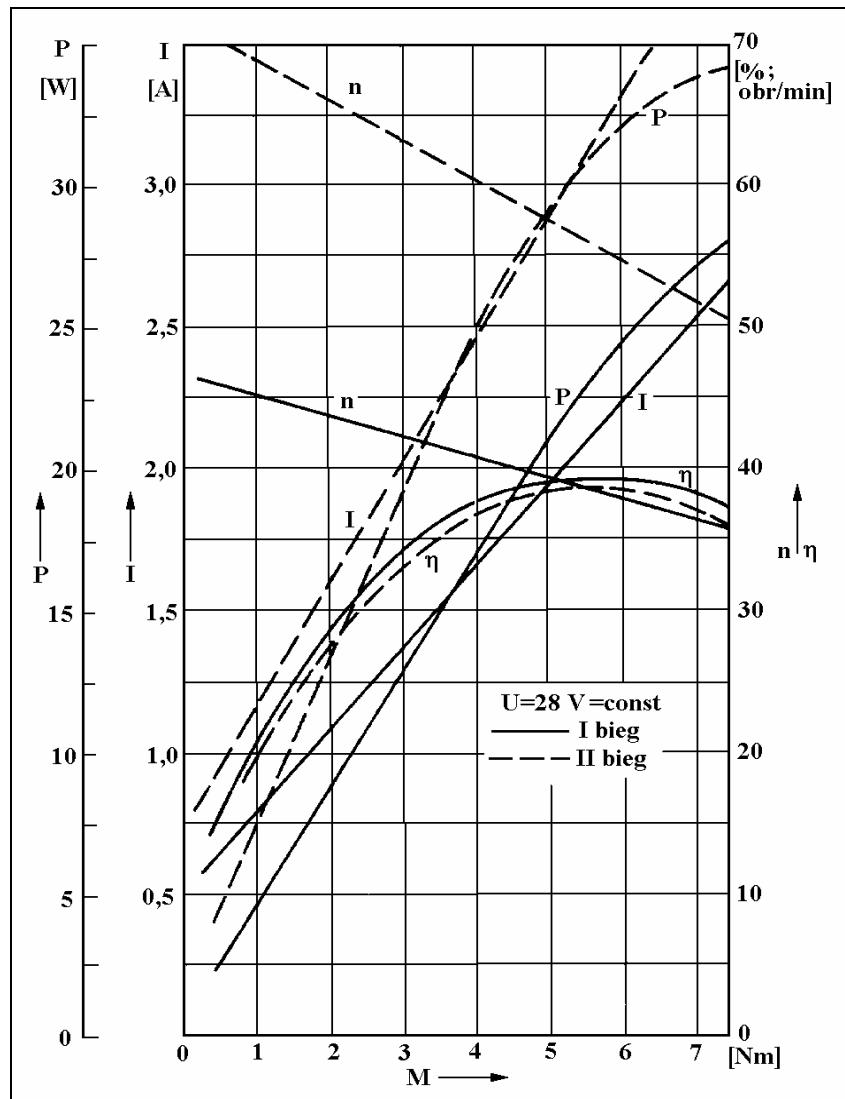


Rys. 8.40. Schemat silnika wycieraczki dwubiegowej  
1 - twornik silnika, 2 - uzwojenie wzbudzenia bocznikowe, 3 - uzwojenie wzbudzenia bocznikowe,  
4 - wyłącznik krańcowy, 5, 6 - styki przełącznika, P - przełącznik prędkości obrotowej

Dwie prędkości pracy otrzymuje się przez odpowiednie zasilanie uzwojeń wzbudzenia. Jeżeli przełącznik *P* zostaje ustawiony w pozycji 6, to oba uzwojenia wzbudzenia połączone są równolegle i zasilane wraz z uzwojeniem twornika napięciem zasilającym. W obwodzie magnetycznym silnika występuje największy strumień, prędkość obrotowa silnika jest mniejsza a liczba wah-

nię wynosi od 20 do 30 na minutę. Jeżeli przełącznik  $P$  zostanie ustawiony w pozycji 5, wówczas zasilane jest tylko jedno uzwojenie wzbudzenia 3 i prędkość obrotowa silnika jest maksymalna a liczba wahnięć wycieraka wynosi od 40 do 50 na minutę. Po ustawieniu przełącznika w pozycję "wyl" styki wyłącznika krańcowego rozłączają się i silnik zatrzymuje się natychmiast.

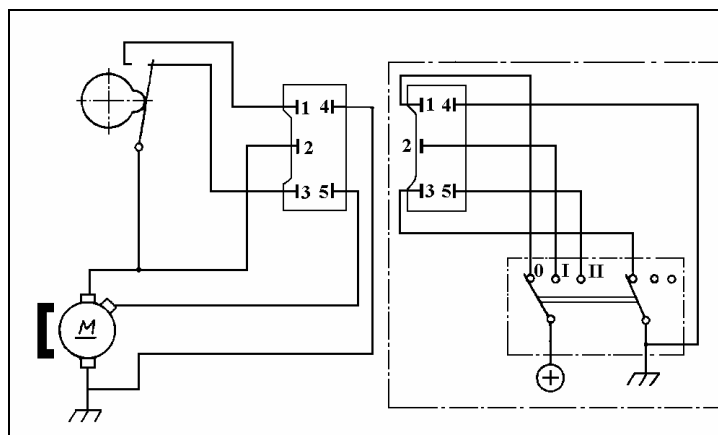
Na rys. 8.41 przedstawiono charakterystyki dwubiegowego silnika wycieraczek z dodatkową szczotką stosowanego w mechanizmie napędowym samochodu ciężarowego.



Rys. 8.41. Charakterystyki dwubiegowego silnika wycieraczki



Rezystancyjna metoda regulacji prędkości obrotowej przy pracy ciągłej jest nieekonomiczna, dlatego niekiedy w silnikach wycieraczek, w których wymagane są dwie prędkości obrotowe stosuje się jedną lub dwie dodatkowe szczotki, umieszczone poza strefą neutralną. Na rys. 8.42 przedstawiono schemat układu połączeń wycieraczki szyby przedniej w samochodzie Polonez, która napędzana jest silnikiem prądu stałego o trzech szczotkach.



Rys. 8.42. Schemat połączeń silnika wycieraczki ze szczotką dodatkową

Układ ten umożliwia uzyskanie dwóch różnych prędkości ruchu wycieraków włączanych wyłącznikiem trójpołożeniowym umieszczonym z prawej strony kierownicy. Doprowadzając napięcie do szczotki dodatkowej uzyskuje się większą prędkość obrotową, gdyż następuje wtedy częściowa kompensacja napięcia indukowanego w gałęziach uzwojenia twornika. Powoduje to zmianę liczby prętów czynnych, wytwarzających wypadkowe napięcie indukowane. Jednocześnie powstają strefy kompensacji przepływu, co powoduje zmianę momentu elektromagnetycznego silnika. Zwiększenie kąta przesunięcia szczotki dodatkowej wywołuje wzrost prędkości obrotowej przy jednoczesnym zmniejszeniu momentu elektromagnetycznego, ponieważ jest to regulacja prędkości obrotowej przy stałej mocy.

Niektóre dane techniczne:

Napięcie znamionowe		12 V
Prąd znamionowy	I bieg	2,5 A
	II bieg	4 A
Moment rozruchowy	I biegu	20 Ncm
Moment rozruchowy	II biegu	17 Ncm
Liczba wahnięć wycieraków		
	na I biegu	50. .. 54 /min
	na II biegu	72...80 1/min
Nacisk wycieraków na szybę		7...8 N

Silnik z jedną szczotką dodatkową jest ekonomiczny i tani w produkcji. Gorsza jest komutacja w zezwoju zwartym przez szczotkę. Poprawną komutację można uzyskać przez odpowiedni dobór szerokości trzeciej szczotki. Szczotka ta powinna być przesunięta w kierunku przeciwnym do kierunku wirowania silnika

Aktualnie coraz więcej firm produkujących wycieraczki przeprowadza próby zastosowania silników unipolarnych z twornikami drukowanymi, których najważniejszymi zaletami w stosunku do dotychczas stosowanych są: znacznie mniejsza masa przy tej samej mocy, większa sprawność, minimalna bezwładność twornika (tarcza drukowana) oraz kształt umożliwiający wmontowanie ich tam, gdzie silnik konwencjonalny wymaga zbyt dużo miejsca oraz fakt, że silniki te są łatwe w konstruowaniu przy niskich napięciach, jakie mamy w samochodzie.

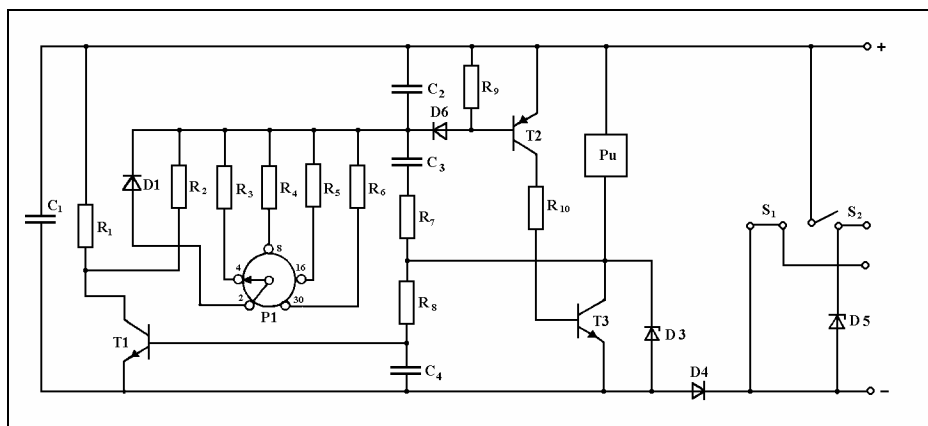
### **8.9. Urządzenia sterujące pracą wycieraczek**

Stosowanie urządzeń sterujących pracą wycieraczek podyktowane jest koniecznością dostosowania częstotliwości pracy wycieraków do aktualnych warunków jazdy. Maksymalna częstotliwość pracy wymagana jest przy bardzo intensywnych opadach, natomiast przy drobnym deszczu intensywnie pracujące wycieraczki bardzo szybko usunęłyby całkowicie wodę z powierzchni szyby. Wówczas pomiędzy piórkami wycieraczek występuje zwiększone tarcie pociągające za sobą zwiększony pobór mocy przez silnik wycieraczek i w efekcie jego przegrzanie. Oprócz tego występuje zarysowanie powierzchni szyb a przez to ich matowienie, co powoduje utrudnioną obserwację drogi szczególnie w czasie jazdy nocą. Dlatego należałoby włączać wycieraczki na czas potrzebny dla wykonania kilku ruchów, co jednak odwracałoby uwagę kierowcy od sytuacji na drodze. W celu wyeliminowania tych niedogodności opracowuje się urządzenia okresowo włączające wycieraczki na czas potrzebny do wykonania jednego lub kilku ruchów i umożliwiające kierowcy nastawienie czasu pomiędzy wahnieniami w zależności od warunków atmosferycznych, prędkości jazdy itp.

Przed programatorami pracy wycieraczek stawia się następujące wymagania (BN-80/3687-20):

- czas zadziałania od chwili włączenia nie może być dłuższy niż 0,5 s,
- trwałość programatora powinna wynosić przynajmniej 500 godzin ciągłej pracy,
- urządzenie musi wytrzymać zablokowanie pióra wycieraczki przez 120 s.
- zastosowane elementy wykonawcze muszą wytrzymać prąd zahamowanego silnika wycieraczek,

- elementy elektroniczne muszą być zabezpieczone przed przepięciami.



Rys. 8.43. Schemat regulatora paazy wycieraczek typu PW1 polskiej produkcji

Elektroniczne programatory pracy wycieraczek można podzielić na dwie grupy:

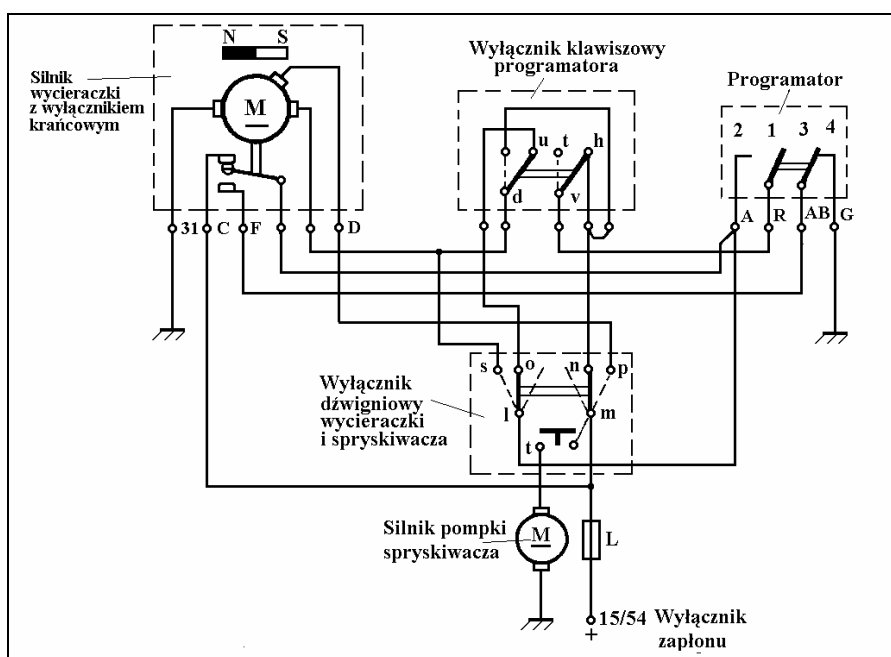
- programatory z wyjściem przekaźnikowym,
- programatory bezstykowe.

Istnieje wiele rozwiązań regulatorów programujących pracę wycieraczek.

Jednym z rozwiązań programatorów jest stosowany w samochodach programator typu PW-1 produkowany w zakładach Warel w Warszawie. Schemat ideowy programatora PW-1 przedstawiono na rys. 8.43. W programatorze zastosowano pięciopozycyjny przełącznik, wykonany techniką obwodów drukowanych, który umożliwia nastawienie pięciu różnych czasów trwania paazy: 2, 4, 8, 15, 30 s  $\pm 10\%$ . Regulator pracuje niezawodnie w zakresie zmian zasilania 10,6...15 V i w temperaturze  $-25^{\circ}\text{C}$ . . .  $+75^{\circ}\text{C}$ . Układ elektroniczny programatora zbudowany jest na trzech tranzystorach *T1* i *T2* pracujących w układzie przerzutnika astabilnego oraz *T3* pracującego jako wzmacniacz mocy przekaźnika *Pu*. Po włączeniu zasilania programatora wycieraczki wykonują pierwszy ruch. Elementem wykonawczym jest przekaźnik typu *RM-2* z dwoma parami styków: zwiernymi *S<sub>2</sub>* i rozwiernymi *S<sub>1</sub>*. Włączenie przekaźnika następuje w momencie, gdy kondensator *C<sub>3</sub>* rozładuje się do napięcia, przy którym tranzystor *T2* przejdzie ze stanu odcięcia w stan nasycenia, co powoduje wejście w stan nasycenia tranzystora *T3* i odcięcie tranzystora *T1*. Rozpoczyna się wówczas ładowanie kondensatora *C<sub>3</sub>* przez przewodzący tranzystor *T3*, rezystor *R7* i równolegle przez diody *D1*, *D2* i złącze emiter baza tranzystora *T2*, który trwa do momentu wzrostu napięcia na kondensatorze do wartości powodującej przejście w stan odcięcia tranzystora *T2*. Powoduje to odcięcie tranzystora *T3* i wejście w stan nasycenia tranzystora *T1*. Długość paazy

określana jest przez czas rozładowania kondensatora  $C_3$  w obwodzie: +akumulatora, przekaźnik  $Pu$ , rezystor  $R_7$  - równoległe połączenie rezystora  $R_2$  z jednym z rezystorów  $R_3...R_6$  - nasycony tranzystor  $T1$ , masa. Dioda Zenera  $D_3$  służy jako zabezpieczenie przeciwprzepięciowe, natomiast dioda  $D_4$  zapobiega uszkodzeniom programatora w przypadku zmiany biegunowości zasilania. Zadaniem diody Zenera  $D_5$  jest zapobieganie przypadkowym wzwolnieniom programatora w chwilach włączenia silnika wycieraczek.

Schemat połączeń programatora elektronicznego z silnikiem wycieraczek i przełącznikiem zespolonym samochodu Polonez przedstawiono na rys. 8.44.



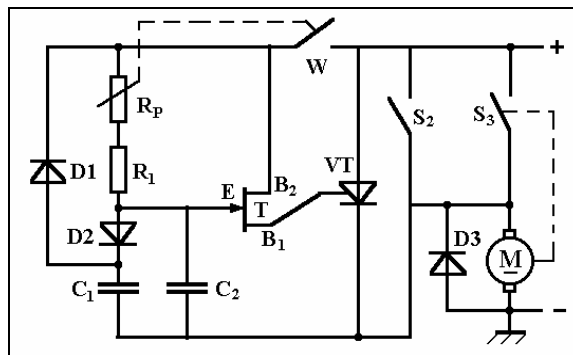
Rys. 8.44. Układ połączeń wycieraczki szyby przedniej z elektronicznym programatorem w samochodzie Polonez

Układ ten umożliwia uzyskanie dwóch różnych prędkości ruchu wycieraków włączanych wyłącznikiem trójpołożeniowym umieszczonym z prawej strony kierownicy. W środkowym położeniu dźwigni wyłącznika przez zwarte styki  $m$  oraz  $n$  napięcie jest doprowadzane do silnika, powodując jego uruchomienie i pracę ze stałą prędkością. W dolnym położeniu przełącznika zwarte są styki  $m$  oraz  $p$ . Napięcie jest wówczas doprowadzone do dodatkowej szczotki silnika, który uzyskuje większą prędkość obrotową w wyniku zmniejszenia wypadkowego strumienia magnetycznego wzbudzenia. Wyłączenie wycieraczki następuje w górnym położeniu dźwigni wyłącznika. Zwarte zostają wówczas zaciski  $l$  oraz  $s$ . Napięcie jest doprowadzone do silnika przez górne styki wy-

łącznika krańcowego, aż do momentu, gdy wycieraczki znajdują się w położeniu parkowania

Praca programowana odbywa się po włączeniu wyłącznika klawiszowego (zwarte styki  $v, h$  oraz  $d, u$ ), przy dźwigni wyłącznika w położeniu środkowym (zwarte styki  $m, n$  oraz  $l, o$ ). Napięcie jest doprowadzone do zacisku  $R$  programatora, który zaczyna generować impulsy sterujące pod wpływem których, następuje chwilowe połączenie zacisków  $R$  i  $A$  przy jednoczesnym rozwarciu zacisków  $AB$  oraz  $G$ . Powoduje to doprowadzenie do silnika napięcia przez zwarte styki  $l, o$  oraz  $u, d$ . Z chwilą zaniku sygnału sterującego następuje rozwarcie zacisków  $R$  oraz  $A$  przy jednoczesnym połączeniu zacisków  $AB$  oraz  $G$ . Silnik jest w dalszym ciągu zasilany przez górne styki wyłącznika krańcowego, które są zwarte. Wyłączenie i zahamowanie silnika nastąpi po zwarceniu dolnych styków wyłącznika krańcowego. Cykl powtarza się z chwilą pojawienia się następnego sygnału sterującego. Programator umożliwia wybranie pięciu różnych częstotliwości pracy wycieraczek.

Po wyłączeniu wyłącznika klawiszowego programatora (zwarte styki  $v, t$  oraz  $d$  połączony z  $h$ ) będzie on pracował w sposób ciągły ze stałą prędkością. Jeżeli dźwignię przełącznika ustawimy w dolnym położeniu, to zwarte zostają styki  $m, p$ , przez które doprowadza się napięcie do dodatkowej szczotki, co powoduje zmniejszenie wypadkowego strumienia magnetycznego wzbudzenia i w efekcie wzrost prędkości obrotowej, z którą pracuje silnik. Wyłączenie wycieraczki następuje w dolnym położeniu dźwigni wyłącznika. Przez zwarte styki  $l, s$  oraz górne styki wyłącznika krańcowego silnik jest zasilany do chwili rozłączenia górnych a połączenia dolnych styków wyłącznika krańcowego. Wówczas nastąpi, połączenie szczotki z masą. Silnik zostanie wyhamowany i zatrzymany.



Rys.8.45. Regulator pracy wycieraczek z tyrystorem w stopniu mocy

Zamiast przekaźnika w układzie regulacji paazy można stosować tranzystor mocy do sterowania silnika wycieraczek. Jest to kłopotliwe ze względu na pobór dużego prądu przez silnik w chwili włączenia (prąd rozruchu silni-

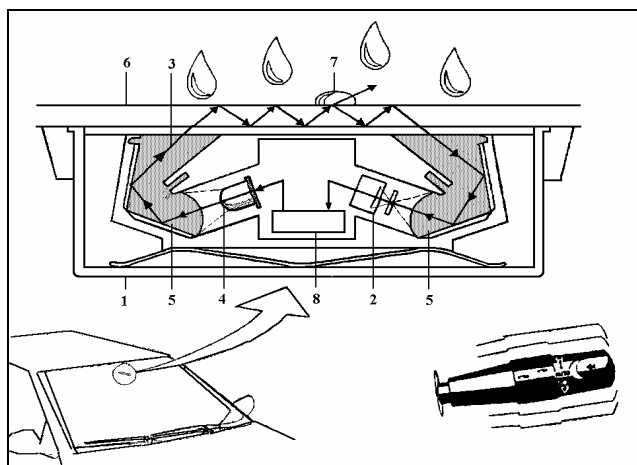
ka). Po ustaleniu prędkości obrotowej wartość pobieranego prądu zależy od obciążenia. Szczególnie trudne warunki pracy występują dla tranzystora w silnikach o wzbudzeniu od magnesów trwałych. Z tego powodu zastosowanie znalazły układy z tyrystorem jako elementem przełączającym. Przykład takiego typowego układu przedstawiono na rys. 8.45. W chwili, gdy kondensator  $C_1$  naładuje się do napięcia wystarczającego do zadziałania tranzystora jednokształtowego, na wyprowadzeniu  $B_1$  pojawi się impuls, który włączy tyrystor  $VT$ . Silnik ruszy i po pewnym czasie zamkną się zestyki wyłącznika krańcowego  $S_3$ , co spowoduje zwarcie zacisków regulatora, a więc wyłączenie tyrystora. Cykl pracy regulatora rozpoczyna się od ładowania kondensatora. Stała czasowa ładowania określa czas pauzy. W przypadku silników z uzwojeniem hamującym konieczne jest rozbudowanie układu o drugi układ wyłączający obwód hamowania na czas rozruchu. Do tego celu potrzebny jest drugi tyrystor.

W bezstykowych układach regulacji pauzy jako układ sterujący stosuje się również układy na układach scalonych. Ułatwieniem dla kierowcy są układy regulacji pauzy wycieraczek z automatycznym sterowaniem spryskiwacza szyby. W układach takich można wyróżnić dwa bloki:

- regulatora pauzy wycieraczek z wyjściem przekaźnikowym lub tyrystorowym,
- układu sterowania wyłączeniem spryskiwacza szyby i wycieraczek.

Spotykane są również układy z czujnikiem wilgoci, który steruje pracą wycieraczek i spryskiwacza, włączając wycieraczki z chwilą rozpoczęcia deszczu, odpowiednim spłukaniu szyby i zatrzymaniu wycieraczek po osuszeniu szyby. W nowszych rozwiązaniach stosuje się również czujniki przejrzystości szyby określające stopień jej zabrudzenia i w zależności od tego uruchamiające jej zmywanie.

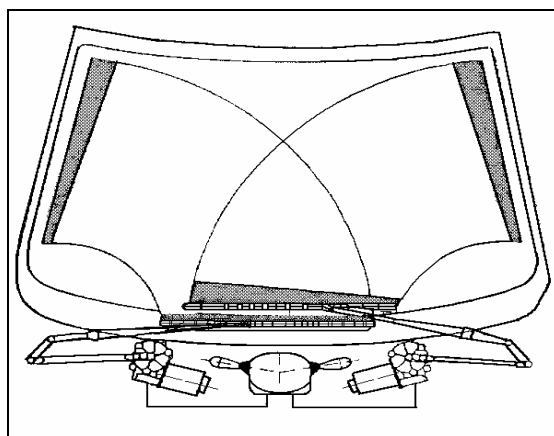
Firma Bosch zastosowała w konwencjonalnych wycieraczkach czujnik intensywności opadów zainstalowany w samochodach Mercedes E i Peugeot 406. Również podobny czujnik oferuje firma ITT Automotive. Korygowaniem pracy wycieraczek zajmuje się moduł elektroniczny z czujnikiem deszczu, dostosowujący pracę konwencjonalnych wycieraczek do intensywności opadów. Moduł umieszczony jest w górnej części przedniej szyby za lusterkiem wstecznym (rys. 8.46) i podejmuje pracę w chwili włączenia przez kierowcę wycieraczek. Moduł elektroniczny ma małe „okienko” pomiaru intensywności opadów deszczu. Jego dioda wysyła wiązkę świetlną (podczerwieni), która odbija się wewnątrz szyby przedniej i dociera do odbiornika. Krople deszczu uderzające w szybę zakłócają układ refleksyjny i powodują pewne odchylenie wiązki światła. Jej osłabienie jest analizowane przez układ elektroniczny w ciągu 0,1 s, a impulsy programujące pracę wycieraczki kierowane są do silnika. System elektroniczny działa z jednakową skutecznością w dzień i w nocy. Kierowca może w każdej chwili wyłączyć układ i ustawiać ręcznie prace wycieraczek decydując o częstotliwości wahnięć.



Rys. 8.46. Układ optyczny pomiaru intensywności opadu:

1 - obudowa za lusterkiem wstecznym, 2 - dioda wysyłająca sygnał świetlny, 3 - droga wiązki świetlnej, 4 - dioda odbiorcza, 5 - układ odbijający wiązkę świetlną, 6 - szyba przednia, 7 - krople wody, 8 - układ elektroniczny

W testach jest zaproponowany przez firmę ITT Automative system wycieraczek przeciwbieżnych sterowanych elektronicznie. Umieszczony centralnie mikroprocesor steruje pracą dwóch silników elektrycznych, z których każdy napędza jedną wycieraczkę (rys. 8.47). Sterowanie elektroniczne przyspiesza lub opóźnia ruch wycieraczek zapobiegając ich kolizjom. Umożliwia ono płynną regulację wychYLENIA ich ramion. Takie rozwiązanie powoduje zmniejszenie liczby dźwigni przenoszących napęd wycieraczek i pozwala na wygospodarowanie dodatkowej wolnej przestrzeni do zabudowy innymi urządzeniami.

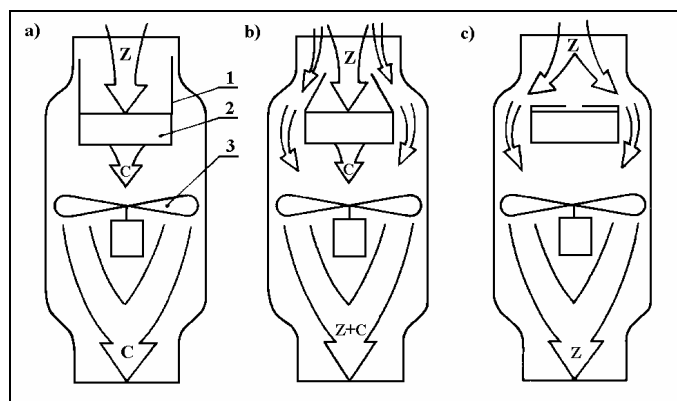


Rys. 8.47. System wycieraczek przeciwbieżnych

Firma Bosch przygotowuje nowy system elektronicznego sterowania napędu wycieraczek, polegający na zmianie kierunku obrotu przez silnik elektryczny wycieraczek. Ze względu na to, że pracujący rewersyjnie silnik wycieraczki obraca wykorbienie wałka tylko o  $180^\circ$ , jego ramię jest krótsze o połowę od ramienia wycieraczki konwencjonalnej, co powoduje zmniejszenie wymiarów całego urządzenia. Układ elektroniczny umożliwi regulację maksymalnego kąta wychylenia ramienia wycieraczki, oraz reguluje w każdych warunkach prędkość dochodzenia piórka wycieraczki do punktu zwrotnego, zapewniając ograniczenie hałaśliwości jego pracy.

### 8.10. Silnik elektryczny dmuchawy powietrza i wentylatora chłodnicy

Dla poprawy komfortu jazdy w pojeździe samochodowym instaluje się urządzenia grzewczo - klimatyzacyjne. Urządzenie takie składa się z wentylatora oraz zespołu grzejnego, którym jest zwykle radiator (chłodnica) płynu chłodzącego silnik spalinowy. Urządzenie to może służyć do ogrzewania wnętrza pojazdu podczas jazdy w niskiej temperaturze otoczenia lub do klimatyzacji wnętrza pojazdu. Zasada działania układu ogrzewczo-wentylacyjnego dla samochodów osobowych z cieczowym chłodzeniem silnika przedstawiano na rys. 8.48.

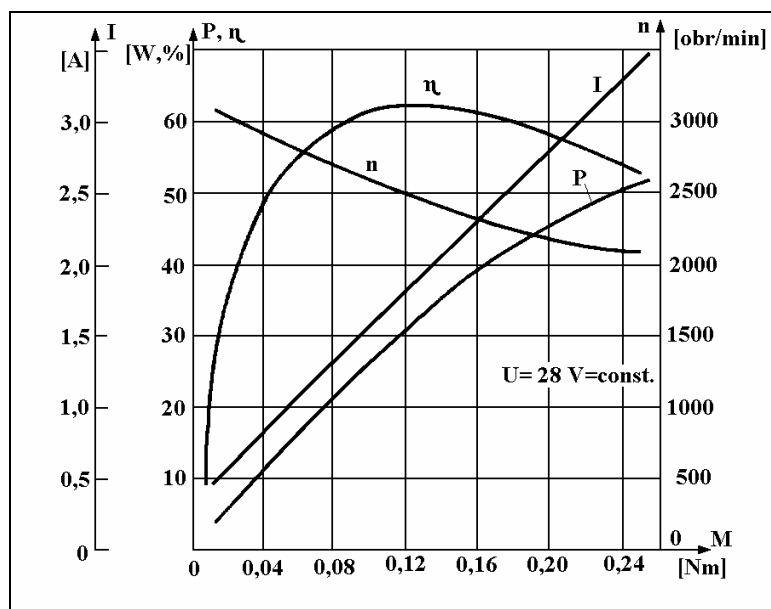


Rys.8.48. Schemat obrazujący zasadę działania układu ogrzewczo-wentylacyjnego  
1 - przesłona, 2 - grzejnik, 3 - wentylator, Z - strumień zimnego powietrza, C - strumień ciepłego powietrza

Ruchome przesłony 1 sterowane są dźwignią z wnętrza samochodu. W położeniu przesłony jak na rys. 8.48a cały strumień zimnego powietrza Z przechodzi przez grzejnik 2 i po ogrzaniu się jest kierowany w postaci ciepłego powietrza do wnętrza pojazdu. W skrajnym położeniu przesłony (rys. 8.48c) grzejnik jest zasłonięty i strumień powietrza nieograny kierowany jest do wnętrza pojazdu.



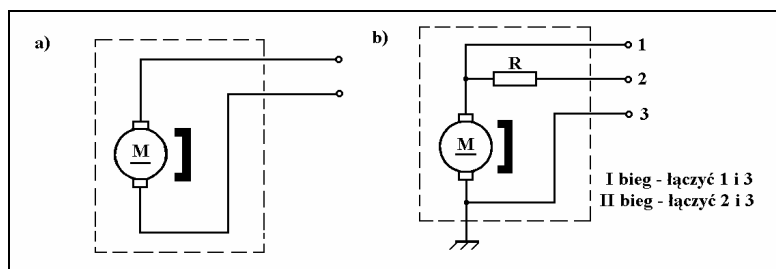
Przez zmianę położenia przesłon można regulować temperaturę powietrza tłoczonego do wnętrza pojazdu. Zadaniem dmuchawy 3 jest zwiększenie strumienia powietrza tłoczonego do wnętrza pojazdu w celu intensywniejszej wentylacji przy powolnej jeździe pojazdu. Do napędu dmuchawy służy zwykle silnik elektryczny. Również w nowych konstrukcjach samochodów coraz częściej stosowany jest napęd elektryczny wentylatora chłodnicy, który jest włączany lub wyłączany w zależności od temperatury płynu chłodzącego, co następuje za pomocą odpowiedniego czujnika. Takie rozwiązanie w sposób istotny wpływa na parametry silnika, zmniejszając znacznie straty wentylacyjne, oraz straty mocy wynikające z niskiej sprawności przekładni przy napędzie wentylatora z silnika spalinowego za pośrednictwem paska klinowego. Odpada również dodatkowa czynność związana ze sprawdzaniem i regulacją paska klinowego. Do napędu dmuchaw jak i wentylatorów stosuje się silniki elektryczne prądu stałego. Są to silniki małej mocy o wzbudzeniu elektromagnetycznym lub ostatnio coraz częściej silniki o wzbudzeniu od magnesów trwałych (ferrytowych). Silniki takie mają wiele zalet, między innymi: mniejsze wymiary i masę, większą sprawność, mniejszy koszt wytwarzania, a także korzystniejszy przebieg charakterystyk ruchowych (rys. 8.49). Są to typowe charakterystyki silnika bocznikowego. Coraz lepsze parametry magnesów trwałych oraz ich niska cena zachęcają producentów do stosowania ich w wielkoseryjnej produkcji silników wyposażenia dodatkowego. Również polski przemysł motoryzacyjny produkuje takie silniki.



Rys.8.49. Charakterystyki jednobiegowego silnika nagrzewnicy

Silniki wyposażenia dodatkowego charakteryzują się odmiennością konstrukcyjną od maszyn stacjonarnych prądu stałego. Jarzmo stojana wykonane jest z blachy głęboko tłoczonej wraz z tarczą łożyskową od strony napędu, która zawiera łożysko ślizgowe. Segmenty magnesów ferrytowych przyklejone są do jarzma żywicą epoksydową lub mocowane za pomocą rozpórek sprężystych. Rdzeń twornika wykonany jest z wykrojów blach elektrotechnicznych o grubości 0,8 lub 1 mm i ma parzystą liczbę żłobków. Komutator ma budowę przystosowaną do małych wymiarów silnika i do seryjnej produkcji. Jest wykonywany z blachy miedzianej zaprasowanej w tworzywie sztucznym. Z komutatorem współpracują szczotki elektrografitowe. W zależności od wymagań buduje się silniki dmuchaw o jednej lub dwóch prędkościach obrotowych.

Na rys. 8.50 przedstawiono schemat elektryczny silnika dmuchawy jednobiegowej oraz schemat silnika dwubiegowego o wzbudzeniu od magnesów trwałych. Większą prędkość obrotową silnik uzyskuje przy bezpośrednim włączeniu napięcia na zaciski twornika, a mniejszą przy włączeniu napięcia poprzez umieszczoną w obudowie silnika cewkę o rezystancji  $R$ . Silniki ze wzbudzeniem od magnesów trwałych mają charakterystyki podobne do charakterystyk silników bocznikowych.

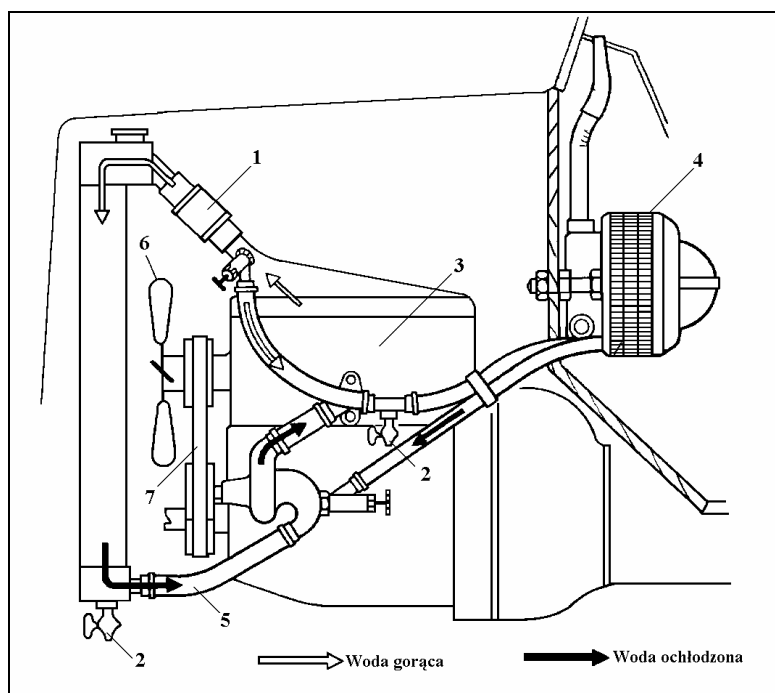


Rys. 8.50. Układ połączeń dmuchawy: a - jednobiegowej, b - dwubiegowej

W pojazdach samochodowych odprowadzanie ciepła z chłodnicy następuje w wyniku przepływu powietrza przy jego ruchu lub jest dodatkowo wymuszane wentylatorem napędzanym za pomocą paska klinowego z wału korbowego silnika (rys. 8.51), lub za pomocą silnika elektrycznego. Silnik elektryczny sterowany jest wyłącznikiem termicznym (rys. 8.52) zamontowanym w chłodnicy, który styka się bezpośrednio z płynem chłodzącym. Przy nadmiernym wzroście temperatury cieczy chłodzącej wyłącznik termiczny włącza silnik wentylatora, który kieruje strumień chłodnego powietrza na chłodnicę powodując intensywne odprowadzanie od niej ciepła.

Jako silniki napędowe wentylatora stosuje się silniki prądu stałego o wzbudzeniu od magnesów ferrytowych. Silnik zasilany jest za pośrednictwem przekładnika, natomiast obwód sterujący zasilany jest przez wyłącznik zapłonu. Pod wpływem ciepła pochodzącego od cieczy chłodzącej płytka termobimeta-

lowa czujnika nagrzewa się i wyginając powoduje zwarcie styków, co powoduje zamknięcie obwodu sterującego przekaźnik, którego zadziałanie powoduje włączenie silnika. Po obniżeniu się temperatury cieczy chłodzącej maleje odkształcenie płytki, co powoduje rozwarcie styków i wyłączenie silnika.

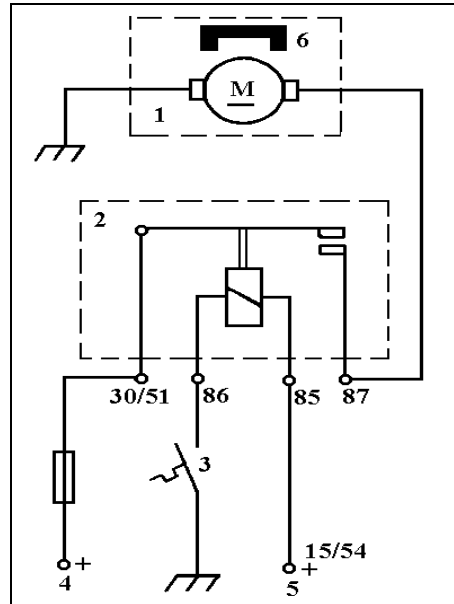


Rys. 8.51. Schemat instalacji nagrzewania wnętrza samochodu  
 1 - termostat, 2 - zawory spustowe, 3 - silnik samochodu, 4 - nagrzewnica, 5 - przewody doprowadzające, 6 - wentylator, 7 - pasek klinowy

Wyłącznik termiczny umieszczony jest w dolnym zbiorniku chłodnicy i włącza silnik przy temperaturze przekraczającej 90°C i wyłącza silnik przy temperaturze około 80°C. W samochodzie Polonez obwód sterowania silnikiem wentylatora zasilany jest z pominięciem wyłącznika zapłonu.

Dane techniczne silnika wentylatora samochodu Polonez

Napięcie znamionowe	12 V
Prędkość przy napięciu 12 V i 25°C na wolnym powietrzu z wirnikiem	2300 ±100 obr/min
Moc pobierana przy 12 V i 25°C	80 W
Pobór prądu przy nieruchomym wirniku	max. 38 A
Pobór prądu na gorąco	max 12 A
Kierunek obrotów od strony odbiornika	prawy.



Rys. 8.52. Schemat połączeń silnika wentylatora chłodnicy  
 1 - silnik wentylatora, 2 - przekaźnik, 3 - wyłącznik termiczny, 4 - przewód do akumulatora, 5 - przewód do wyłącznika zapłonu, 6 - magnes trwały

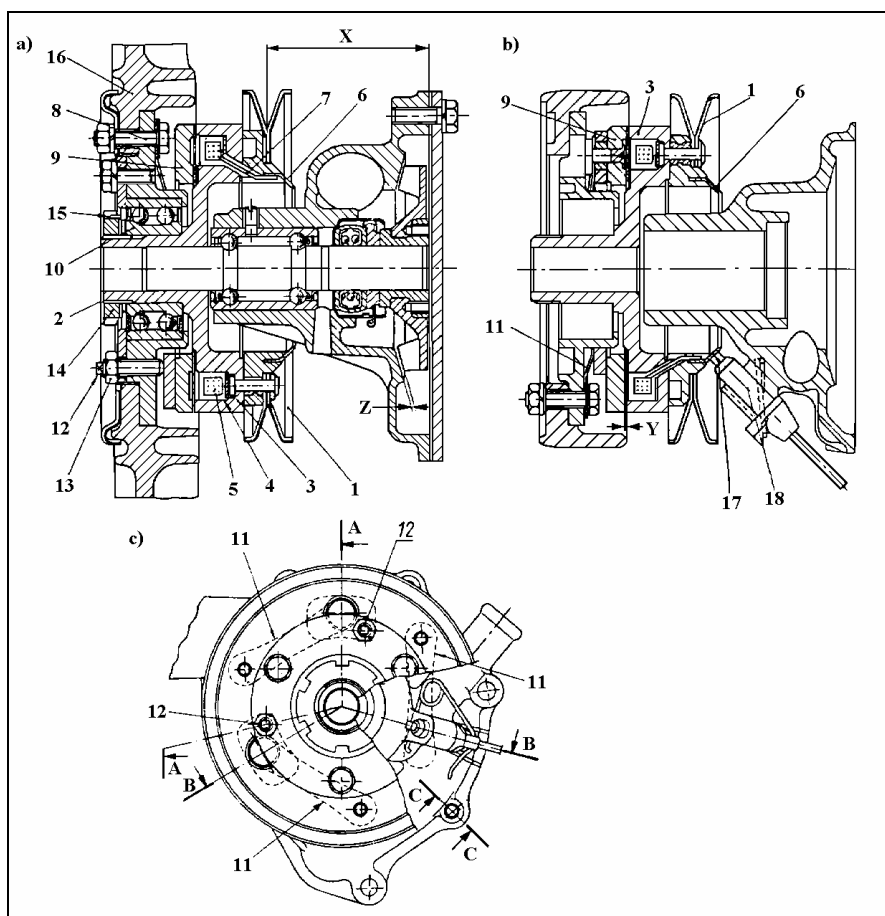
W niektórych samochodach (np. Fiat 126 BIS) stosuje się dwubiegowy silnik wentylatora chłodnicy. Stosowany do napędu wentylatora silnik o wzbudzeniu od magnesów ferrytowych, ma moc około 130 W. Rezystancja rezystora  $R$  wynosi około 0,3 Ohma.

Wentylator chłodnicy często połączony jest z kołem pasowym za pomocą sprzęgła elektromagnetycznego, którego zadaniem jest zmniejszenie strat mocy na napęd wentylatora, a jednocześnie poprawienie warunków cieplnych pracy silnika spalinowego. Moc pobierana przez wentylator wynosi, bowiem  $0,03 \div 0,06$  mocy silnika napędzającego, zaś intensywność chłodzenia silnika powinna być znaczna tylko wtedy, gdy silnik tego wymaga, (gdy temperatura płynu chłodzącego wzrasta nadmiernie powyżej dopuszczalnej wartości).

Sprzęgło elektromagnetyczne wentylatora składa się (rys. 8.53) z dwóch zespołów:

- koła pasowego 1 połączonego z piastą kompletną 2, która służy do połączenia koła z wałkiem pompy wodnej oraz jako gniazdo uzwojenia elektromagnesu 5 i pierścienia ślizgowego 6. Korpus elektromagnesu 3 ma wyżłobienie pierścieniowe, 4 w którym znajduje się uzwojenie elektromagnesu 5. Pierścień ślizgowy 6 jest połączony galwanicznie z uzwojeniem 5 za pomocą przewodu 7 przeprowadzonego przez otwór w pierścieniu izolacyjnym i kor-

- pusie elektromagnesu. W czasie pracy silnika koło pasowe kompletne obraca się zawsze napędzane przez pasek klinowy od wału korbowego;
- piasty wentylatora kompletnej, składającej się z piasty właściwej, do której mocowany jest wentylator 16 i tarcza (zwora) elektromagnesu 9. Piasta elektromagnesu może obracać się niezależnie od koła pasowego na łożysku kulowym 10.



Rys. 8.53. Budowa sprzęgła elektromagnetycznego wentylatora chłodnicy (FSO 1500)  
a - przekrój A - A; b - przekrój B - B (bez łożysk i wałka); c - widok od strony czołowej; 1 - koło pasowe,

2 - piasty koła pasowego, 3 - korpus elektromagnesu, 4 - gniazdo uzwojenia elektromagnesu, 5 - uzwojenie elektromagnesu, 6 - pierścień ślizgowy 7 - przewód pierścień - elektromagnes, 8 - śruba mocująca wentylator do piasty, 9 - tarcza (zwora) elektromagnesu, 10 - łożysko wentylatora, 11 - sprężyny płaskie odciągające tarcze elektromagnesu, 12 - śruby regulujące szczelinę elektromagnesu, 13 - nakrętka kontrolująca śrub regulacyjnych, 14 - nakrętka mocująca łożysko, 15 - podkładka zabezpieczająca nakrętki, 16 - wentylator, 17 - szczotka, 18 - uchwyty szczotki

Kiedy silnik pracuje, a elektromagnes nie jest włączony, koło pasowe napędzane przez pasek klinowy obraca się, natomiast piasta z wentylatorem pozostaje jedynie pod działaniem bardzo małego momentu obrotowego wywołanego przez tarcie w łożysku oraz przez ciąg powietrza na łopatach wentylatora. Z chwilą włączenia elektromagnesu, zwora zostaje przyciągnięta do korpusu elektromagnesu i zaczyna się on obracać razem z kołem pasowym. Tarcza elektromagnesu połączona jest sprężyscie z piastą za pomocą trzech sprężyn płaskich *11*, które po wyłączeniu elektromagnesu odciągają tarczę od korpusu elektromagnesu.

Włączenie elektromagnesu następuje w temperaturze  $90\pm 2^{\circ}\text{C}$  po zamknięciu obwodu przez bimetalowy wyłącznik termiczny wmontowany w dolną część chłodnicy i zanurzony w płynie chłodzącym, a wyłączenie przy temperaturze

$80\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Regulację szczeliny powietrznej między zworą *9* a korpusem *3* przeprowadza się za pomocą śrub *12*, którymi można doraźnie docisnąć tarczę (zworę) do korpusu na stałe w razie awarii sprzęgła elektromagnetycznego.

Obecnie w nowych samochodach stosuje się do napędu wentylatora chłodnicy zamiast sprzęgła silnik elektryczny ze wzbudzeniem od magnesów trwałych, sterowany również przez wyłącznik termiczny.

### **8.11. Układy zabezpieczające przed kradzieżą**

Zwiększająca się liczba kradzieży samochodów spowodowała rozwój urządzeń chroniących przed tym procederem. Początkowo kluczyk w stacyjce, jak i klucze w drzwiach pojazdu z nadwoziem zamkniętym, były najlepszym sposobem zabezpieczenia przed złodziejem. W dalszym etapie rozwoju motoryzacji stosowano fabrycznie blokady kierownicy, lecz i to nie zdawało praktycznego egzaminu. Zaczęto stosować różne dodatkowe rozwiązania. Najprostsze były zabezpieczenia mechaniczne, jak wszelkiego rodzaju laski łączące kierownicę z pedałem sprzęgła i inne rozwiązania, które również okazały się mało skuteczne. Zaczęto, więc stosować układy elektroniczne, konstruując coraz bardziej skomplikowane.

Najnowsze układy zabezpieczające pojazdy pozwalają na ochronę nie tylko wnętrza samochodu, ale i bezpośredniego otoczenia samochodu. Do takich układów zaliczamy między innymi układy z czujnikami działającymi na podczerveniu.

Działanie prewencyjne elektronicznych układów zabezpieczających polega na:

- oddziaływaniu na psychikę złodzieja przez niespodziewane włączenie sygnału akustycznego,
- blokadzie układu zapłonowego, układu rozruchowego lub mechanizmu kierowniczego,
- powiadomieniu właściciela pojazdu o próbie kradzieży.

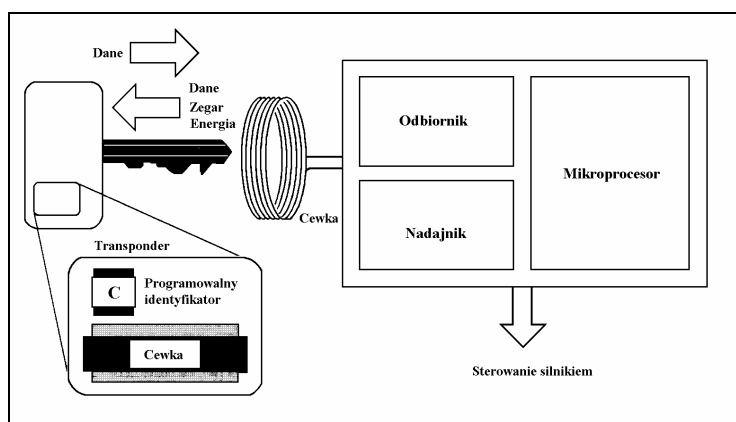
Niektóre kraje wprowadziły przepisy określające stosowanie układów alarmowo-sygnalizacyjnych (np. czas trwania przerywanego sygnału akustycznego powinien być ograniczony do 30 s).

Obecnie w układach elektronicznych stosuje się dwa rozwiązania: immobilizery oraz układy ze zmiennym kodem radiowym. Zmienny kod oznacza, że każde użycie pilota (wysłanie kodu) daje w efekcie inny szereg bitów. W najlepszych rozwiązaniach stosuje się kod losowy.

*Immobilizery* (łac. immobilis - nieruchomy) stają się coraz powszechniej stosowanym układem w samochodzie. Celem ich jest unieruchomienie samochodu przez przerwanie kilku podstawowych obwodów elektrycznych lub odcięcie paliwa. Połączenia można przywrócić za pomocą specjalnego klucza, którym może być specjalna wtyczka lub w nowych rozwiązaniach karta magnetyczna albo układ cyfrowy. Immobilizer wzmacnia ochronę pojazdu i może współpracować z autoalarmem.

Z obecnych konstrukcji układów zabezpieczających największe zainteresowanie budzą:

- urządzenia z transmisją elektromagnetyczną z zakresu podczerwieni do zdalnego zabezpieczania samochodów,
- urządzenia radiowe VHF do zdalnego zabezpieczania,
- pasywne transpondery umieszczane w kluczykach (od drzwi lub stacyjki),
- kombinacja urządzenia do zdalnego zabezpieczania z transponderem.

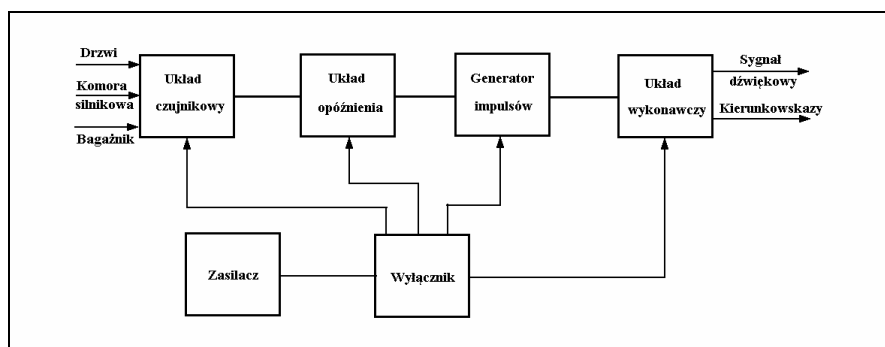


Rys. 8.54. Przykład programowalnego transpondera identyfikacyjnego firmy Philips

Na rys. 8.54 przedstawiono programowalny transponder identyfikacyjny (urządzenie elektryczne w formie radaru czynnego odbierające sygnały radiowe z jednego układu nadawczego, przetwarzające i wzmacniające te sygnały i przekazujące je do innego układu) firmy Philips współpracujący z układem blokującym pracę silnika pojazdu. W skład urządzenia wchodzi pasywny transponder zatopiony w masie plastycznej główki kluczyka oraz urządzenie

nadawczo-odbiorcze w stacji bazowej, umieszczonej w obudowie stacyjki samochodu. Programowany transponder identyfikacyjny (PIT) umożliwia bezdotkowy zapis i odczyt informacji zakodowanej w trwałej pamięci typu EEPROM (electrically erasable programmable read-only memory). Transponder jest zasilany energią pola magnetycznego generowanego przez cewkę znajdującą się w stacji bazowej. Energia pobierana jest tylko w momencie zbliżenia kluczyka do stacji bazowej. Urządzenie gwarantuje ciągłą pracę bez baterii zasilających. Przy każdorazowym uruchomieniu pojazdu zmienia 7 bajtowy kod.

Na rys. 8.55 przedstawiono schemat blokowy urządzenia alarmowego. Zaletą tego urządzenia jest możliwość przechodzenia ze stanu alarmowego w stan czuwania i gotowość do dalszego działania. W tego typu urządzeniach alarm trwa określony okres czasu (np. 1 min), po czym układ samoczynnie wraca do stanu czuwania, gotowy do dalszego działania, co jest istotne w przypadku wyposażenia systemu alarmowego w czujniki bezwładnościowe, bowiem zapobiega to całkowitemu wylądowaniu akumulatora.

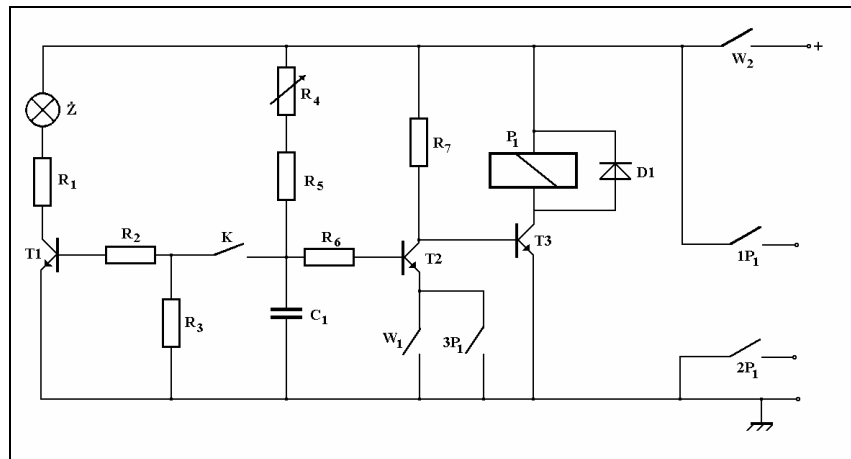


Rys. 8.55. Schemat blokowy autoalarmu

Na rys. 8.56 przedstawiony został schemat ideowy układu autoalarmu nie pobierający prądu w czasie czuwania. Kierowca wychodząc z samochodu zamyka włącznik  $W_2$ . Układ opóźnienia czasowego działania (rezystory  $R_4$  i  $R_5$  oraz kondensator  $C_1$ ) pozwala na swobodne opuszczenie samochodu. Tranzystor  $T_2$  nie może przewodzić prądu ze względu na przerwę w obwodzie emitera spowodowaną wyłącznikiem  $W_1$ , który stanowi połączenie równoległe wyłączników drzwiowych samochodu. Dodatni potencjał kolektora tranzystora  $T_2$  polaryzuje zaporowo bazę tranzystora  $T_3$  (tranzystor typu pnp). Otwarcie drzwi samochodu powoduje zamknięcie styku wyłącznika  $W_1$ . Kondensator  $C_1$  rozładowuje się przez rezystor  $R_6$  i bazę tranzystora  $T_2$  wprowadzając go w stan nasycenia. Spadek potencjału kolektora tranzystora  $T_2$  wprowadza tranzystor  $T_3$  w stan przewodzenia i powoduje tym samym zadziałanie przekaźnika  $P_1$ . Przekaznik  $P_1$  przez swoje styki  $1P_1$  i  $2P_1$  włącza światła samochodu i



sygnał dźwiękowy. Styki  $3P_1$  są włączone równoległe do wyłączników drzwiowych  $W_1$ , podtrzymują one działanie autoalarmu po zamknięciu drzwi. Czas alarmu ustala stała czasowa  $R_6C_1$ . Prąd płynący w obwodzie "+" zasilania, rezystory  $R_4$ ,  $R_5$ ,  $R_6$ , baza tranzystora  $T_2$  ma za małą wartość, aby podtrzymać działanie autoalarmu po rozładowaniu się kondensatora  $C_1$  (czas rozładowania wynosi  $30 \div 40$  s). Prąd tranzystora  $T_3$  maleje powodując rozwarcie styków przekaźnika  $P_1$ , który wyłączając się kończy alarm. Po upływie około 10 s układ jest gotowy do ponownego zadziałania. Użytkownik samochodu przed otwarciem drzwi blokuje urządzenie alarmowe wyłącznikiem  $K$ . Wyłącznikiem tym może być np. kontaktron umieszczony w uszczelce szyby przedniej. Zbliżając magnes do ukrytego kontaktronu spowodujemy zwarcie jego styków, które zamkną obwód rozładowania kondensatora  $C_1$ . Sygnalizowane to jest krótkim impulsem świetlnym żarówki  $\dot{Z}$ .



Rys. 8.56. Schemat układu autoalarmu nie pobierającego prądu podczas czuwania

Blokada układu umożliwi swobodne wejście do samochodu, bowiem kondensator  $C_1$  zostaje dodatkowo rozładowywany przez rezystor  $R_3$ , i zamknięcie drzwi nie spowoduje zadziałania autoalarmu, bowiem potencjał kondensatora  $C_1$  jest bliski zero i nie spowoduje wysterowania tranzystora  $T_2$ . Całkowite wyłączenie układu wyłącznikiem  $W_2$  musi nastąpić w czasie  $20 \div 30$  s od chwili zbliżenia magnesu do kontaktronu.

## 8.12. Ogólne zasady diagnostyki urządzeń wyposażenia dodatkowego

Najprostszym i najczęściej stosowanym sposobem sprawdzenia działania wycieraczki jest włączenie jej do pracy. Jeżeli wycieraczka pracuje pra-

widłowo, to nie muszą być wykonywane dalsze badania diagnostyczne. Wskazane jest ewentualnie w tym przypadku sprawdzenie wartości spadków napięć w całym obwodzie silnika wycieraczki. Zmierzone napięcie na zaciskach silnika wycieraczki nie powinno być mniejsze od napięcia akumulatora więcej niż 0,5 V. Jeżeli różnica jest większa, to przyczyn nieprawidłowej pracy należy szukać w obwodzie zasilającym silnik wycieraczki, mierząc kolejno spadki napięć na: przewodach łączeniowych wyłącznika wycieraczki i połączeniach stałych (złączach konektorowych, śrubowych).

Wadliwe działanie wycieraczki może być spowodowane źle wykonanym montażem lub usterkami w zespole silnik-reduktor. W pierwszym przypadku należy sprawdzić czy niedomagania są wynikiem odkształcenia wspornika dźwigniowego lub sworzni przegubów. Jeżeli powodem jest usterka w zespole silnik - reduktor należy wymontować silnik i po jego demontażu sprawdzić przede wszystkim stan komutatora i szczotek. Szczotki powinny przesuwają się w gniazdach bez oporów a sprężynki powinny zapewniać dostateczny ich docisk do komutatora. Komutator nie powinien mieć miejsc nadpalonych. W takim przypadku należy go oczyścić drobnym papierem ściernym, następnie sukniem i przetrzeć półpłynną wazeliną, w celu usunięcia pozostałości pyłu ściernego, grafitowego i innych zanieczyszczeń. Po naprawie silnik należy zmontować i sprawdzić na stanowisku badawczym. W przypadku silników z magnesami trwałymi przyczyną niewłaściwej pracy wycieraczek może być uszkodzenie magnesu (pęknięcie, rozmagnesowanie), co można stwierdzić po wymontowaniu silnika z samochodu. Wówczas silnik wycieraczki musi być wymieniony na nowy.

Przy sprawdzeniu obwodu zasilania wycieraczki sprawdza się wszystkie połączenia przewodów z zaciskami poszczególnych elementów obwodu. Wszystkie połączenia (konektorowe lub śrubowe) nie powinny być poluzowane ani zanieczyszczone bądź skorodowane. Przewody łączeniowe nie mogą być uszkodzone, również wyłącznik wycieraczki powinien działać pewnie. Jeżeli mimo oględzin całego obwodu nie udało się zlokalizować przyczyny niedomagań wycieraczki, wówczas należy sprawdzić spadki napięcia na poszczególnych elementach lub sprawdzić obwód za pomocą lampki kontrolnej wskazane jest używanie żarówki o mocy zbliżonej do mocy wycieraczki (30...40 W), w celu wywołania przepływu prądu w obwodzie o wartości zbliżonej do prądu rzeczywistego. Przy sprawdzeniu obwodu za pomocą żarówki kontrolnej trzeba odłączyć od silnika wycieraczki przewód zasilający i dołączyć go do lampki kontrolnej, której drugi koniec połączony jest z masą. Jeżeli żarówka nie będzie się świecić jasno lub wystąpi pulsowanie światła, a także gdy żarówka się nie zaświeci, to oznacza, że przyczyny złej pracy wycieraczki należy szukać w tym obwodzie. W przeciwnym wypadku należy dokładnie sprawdzić silnik wycieraczki wraz z mechanicznym układem przeniesienia napędu.

Wymagania i badania dotyczące elektrycznych urządzeń wycieraczek przeznaczonych do oczyszczania szyb samochodowych są określone normą BN-83/3687-06.

Niedomagania w obwodzie wycieraczki i nawiewu szyby przedniej:

- 1) wirnik silniczka wycieraczki nie obraca się:
  - a) przerwa w przewodzie między bezpiecznikiem a silnikiem - sprawdzić połączenia i końcówki przewodów,
  - b) uszkodzony wyłącznik wycieraczki lub silnik - po stwierdzeniu przyczyny wymienić na nowy,
- 2) silnik wentylatora szyby odwietrznej nie pracuje:
  - a) przerwa w obwodzie między bezpiecznikiem a silnikiem - sprawdzić połączenia i końcówki,
  - b) uszkodzenie w przełączniku lub silniku wentylatora - po zlokalizowaniu uszkodzenia wymienić uszkodzony element,
- 3) wirnik silnika wentylatora obraca się ze zmniejszoną prędkością, przyczyna zwarcie między wycinkami komutatora - usunąć przyczynę zwarcia lub wymienić wirnik silnika.

## 9. INSTALACJE ELEKTRYCZNE POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

### 9.1. Schemat ogólny instalacji elektrycznej pojazdu samochodowego

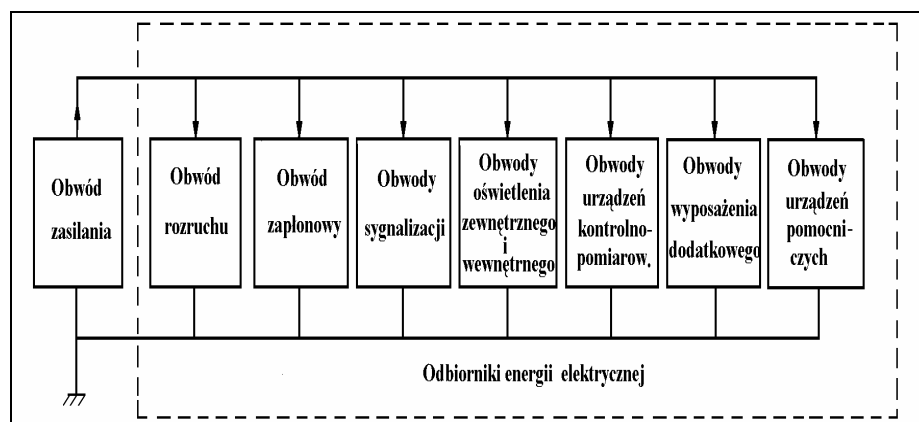
Każdy schemat instalacji elektrycznej pojazdu samochodowego może być przedstawiony jako:

- schemat ideowy w postaci rysunku zawierającego symbole graficzne elementów wyposażenia, połączone przewodami w sposób możliwie prosty, nieuwzględniający faktycznego rozmieszczenia poszczególnych urządzeń w pojeździe,
- schemat montażowy (płaski lub przestrzenny) uwzględniający topograficzne rozmieszczenie poszczególnych podzespołów wyposażenia, wiązki przewodów, ich przebieg uwzględniający w ogólnym zarysie stan faktyczny.

Schemat funkcjonalny instalacji elektrycznej samochodu przedstawiono na rys. 9.1.

W schemacie instalacji elektrycznej samochodu można wyróżnić następujące obwody:

- 1) *obwód zasilania*, w skład którego wchodzi: akumulator, prądnica, regulator prądnicy, stacyjka, bezpieczniki, przewody łączeniowe,
- 2) *obwód zapłonu*, w skład którego wchodzi: akumulator, wyłącznik zapłonu, cewka zapłonowa, aparat zapłonowy, świece zapłonowe, przewody niskiego i wysokiego napięcia, końcówki świec zapłonowych,
- 3) *obwód rozruchu* zawierający następujące elementy: akumulator, wyłącznik rozrusznika, rozrusznik, przewody łączeniowe,
- 4) *obwody oświetleniowe*, zawierające: akumulator, bezpieczniki, aparaturę łączeniową, lampy oświetleniowe, bezpieczniki, przewody łączeniowe,



Rys. 9.1. Schemat funkcjonalny instalacji elektrycznej samochodu

5) *obwody sygnalizacji*, w skład których wchodzi:

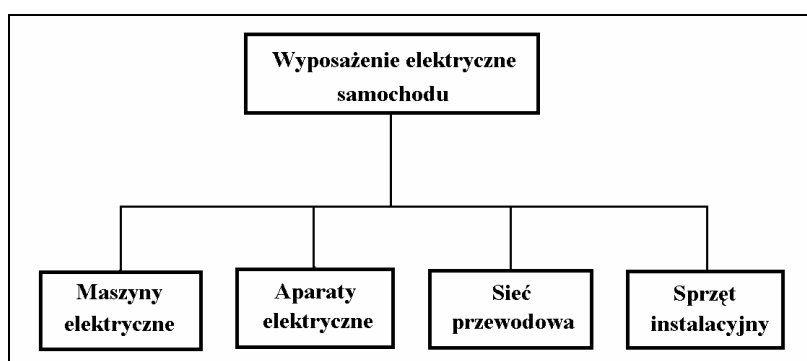
- obwód kierunkowskazów, składający się z: przerywacza kierunkowskazów, przełącznika kierunkowskazów, lamp kierunkowskazów przednich, bocznych, tylnych, przewodów łączeniowych, bezpieczników,
- obwód świateł hamowania, składający się z: wyłącznika świateł hamowania, lamp świateł hamowania, przewodów łączeniowych,
- obwód sygnałów dźwiękowych, składający się z: wyłącznika sygnałów dźwiękowych, przełącznika, sygnałów dźwiękowych, bezpieczników, przewodów łączeniowych,
- obwód sygnałów świetlnych, składający się z: wyłącznika sygnałów świetlnych, reflektorów świateł, przewodów łączeniowych,

6) *obwody wskaźników*, w skład zespołu wskaźników wchodzi następujące wskaźniki i lampki kontrolne:

- a) wskaźnik temperatury wody z czujnikiem termistorowym, rezystancja termistora maleje przy wzroście temperatury,
- b) wskaźnik ciśnienia oleju oraz lampka kontrolna (czerwona) połączone z czujnikami,
- c) prędkościomierz,
- d) drogomierz i dzienny licznik przebytej drogi,
- e) lampka kontrolna sygnalizująca rezerwę paliwa (żółta) - zapala się gdy ilość paliwa jest mniejsza od określonej (4 ÷ 7 litrów),
- f) wskaźnik poziomu paliwa współpracujący z czujnikiem,
- g) lampka sygnalizująca włączenie świateł pozycyjnych (zielona),
- h) lampka sygnalizująca zaciągnięty hamulec ręczny (czerwona) - świeci światłem przerywanym,
- i) lampka sygnalizująca brak ładowania akumulatora (czerwona),
- j) lampka sygnalizująca włączenie świateł drogowych (niebieska),

- k) lampka sygnalizująca włączone urządzenie rozruchowe (żółte) - pali się gdy zamknięty zostanie odpowiedni wyłącznik,
  - l) lampka sygnalizująca działanie kierunkowskazów (zielona),
- 7) *obwody wyposażenia dodatkowego*, zawierają:
- wycieraczki z wyłącznikiem,
  - dmuchawę z wyłącznikiem,
  - zapalniczkę,
  - sprzęgło elektromagnetyczne wentylatora chłodnicy z czujnikiem termicznym.

Blokowy podział wyposażenia elektrycznego przedstawia rys. 9.2.



Rys. 9.2. Podział wyposażenia elektrycznego samochodu

## 9.2. Symbole graficzne używane w schematach elektrycznych

Wyposażenie elektryczne samochodów przedstawiane jest na schematach w uproszczonej postaci symbolicznej ujętej w normie BN-71/3680-03. Rozróżnia się symbole ogólne i szczegółowe. Symbole ogólne stosowane są w schematach uproszczonych, umożliwiają prześledzenie układu połączeń instalacji elektrycznej samochodu. W tabeli 9.1 przedstawiono niektóre z symboli stosowanych w schematach elektrycznych instalacji samochodu.

Symbole szczegółowe stosowane są w schematach układu połączeń i umożliwiają zrozumienie budowy wewnętrznej urządzenia. Zgodnie z normą BN-89/3687-34 wprowadzone zostały uproszczenia i symbole graficzne stosowane na rysunkach montażowych wiązek z przewodów jednożyłowych instalacji niskiego napięcia. Na rysunku wiązki przewodów należy podać wymiary niezbędne do wykonania wiązki, a mianowicie:

- uproszczony kształt wiązki wraz z jej odgałęzieniami przy wykorzystaniu odpowiednich symboli graficznych,
- wykaz części,
- źródło wymagań technicznych,

- oznaczenie kolejnymi numerami wszystkich zakończeń wiązki wraz z wy-  
prowadzeniami,
- widoki połączeń przewodów do obudów (w sposób uproszczony od strony  
wejścia przewodów).

Tabela 9.1

Niektóre symbole stosowane w schematach elektrycznych

Grupa	Nazwa	Symbol	Grupa	Nazwa	Symbol
P o d s t a w o w a	Cewka, uzwojenie		Z a s i l a n i e	Akumulator (12 V, 45 Ah)	
	Elektromagnes			Prądnicą prądu stałego	
	Bezpiecznik			Prądnicą prądu zmiennego	
	Ogniwo akumulatorowe			Rozrusznik	
	Opornik			Prądnicą-iskrownik	
	Element, zespół, urządzenie	□ lub ○ lub D		Prądnicą-rozrusznik	
	Połączenie z masą, ziemią	⊥ lub		Regulator prądnicy z wyłącznikiem samoczynnym	
	Tranzystor			Wyłącznik samoczynny	
	Prostownik			Cewka zapłonowa	
	Zarówka jedno- włóknowa			Cewka zapłonowa z rezystorem	
	Przewód	—			
	Przewód w ekranie połączonym z masą				

### 9.2.1. Oznaczenia zacisków w urządzeniach wyposażenia elektrycznego pojazdów samochodowych

Dla zapewnienia identyfikacji przewodów i urządzeń w instalacjach elektrycznych pojazdów samochodowych wprowadzono zgodnie z normą BN-81/3680-01 oznaczenia zacisków. Wymagania nie dotyczą:

- zacisków w urządzeniach produkowanych wg licencji zagranicznej,
- zacisków w urządzeniach wyposażonych w zaciski różnorodnej, wykluczającej możliwość błędnego montażu przewodów,

- złączy: wielokrotnych, składających się z gniazda i wtyczki, w skrzynce bezpiecznikowej.

Najpowszechniej stosowany jest w Europie system oznaczeń firmy BOSCH. Niektóre ze spotykanych oznaczeń przedstawiono w tabeli 9.2.

W polskich oznaczeniach przyjęto następujące zasady:

1. Wyposażenie elektryczne pojazdu samochodowego podzielone jest na grupy według poniższego klucza oznaczeniowego:

- 1 zasilanie,
- 2 zapłon,
- 3 rozruch,
- 4 sygnalizacja,
- 5 i 6 oświetlenie zewnętrzne i wewnętrzne,
- 7 przyrządy kontrolne,
- 8 i 9 wyposażenie dodatkowe.

Tablela 9.2

Oznaczenia zacisków w wybranych samochodowych urządzeniach elektrycznych

Przewód od do	Oznaczenie zacisku według				
	<b>Bo- sch</b>	<b>F iat</b>	<b>L ucas</b>	<b>Du- cellier</b>	<b>Delco- Remy</b>
akumulatora (+)	B+	30	A, B	BAT, B	BAT, B
regulatora zespolonego do zacisku wzbudzenia prądnicy	DF	67	F	EXC, E	F
wyłącznika zapłonu do cewki zapłonowej	D+	15	D	DYN, D	GEN
stacyjki do akumulatora (-)	D-, B-, 31	31	E, -	M	GDN

- 2. Każde oznaczenie składa się z dwóch cyfr arabskich, z których pierwsza odnosi się do grupy (wg punktu 1), w skład której wchodzi dane urządzenie, a druga do danego urządzenia.
- 3. Końcówki akumulatora są oznaczone "+" lub "-", zależnie od biegunowości, te same oznaczenia mają końcówki przewodów przyłączanych do tych zacisków.
- 4. Zaciski wszystkich wyrobów przeznaczone do połączenia z masą należy oznaczać liczbą 10.
- 5. Nie numeruje się złącz stałych i ruchomych skrzynek bezpiecznikowych i bezpieczników, żarówek, świec zapłonowych i żarowych.
- 6. Przewody powinny być oznaczone numerami zacisków, do których są mocowane.



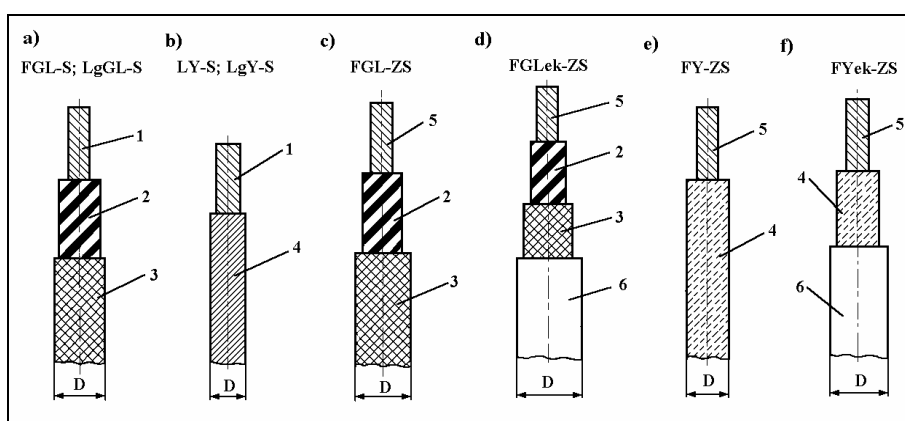
7. Zaciski stacyjek i głównych przełączników świateł numerowane są identycznie jak zaciski połączonych z nimi urządzeń.

8. Zaciski boczne w kopułkach rozdzielaczy zapłonu numerowane są kolejnymi cyframi arabskimi. Tymi samymi numerami oznacza się końcówki przewodów wysokiego napięcia od rozdzielacza do świec według kolejności zapłonu.

### 9.3. Przewody instalacji elektrycznej

W instalacjach elektrycznych pojazdów samochodowych stosuje się następujące typy przewodów (rys. 9.3):

- przewody samochodowe niskiego napięcia o izolacji gumowej i oplocie włóknistym lakierowanym, spotykane w starszych typach pojazdów,
- przewody samochodowe niskiego napięcia o izolacji polwinitowej,
- przewody samochodowe zapłonowe o izolacji gumowej, stosowane bardzo rzadko,
- przewody samochodowe zapłonowe o izolacji polwinitowej.



Rys. 9.3. Samochodowe przewody elektryczne

1 - żyła: linka z drutów miedzianych, 2 - powłoka gumowa, 3 - opłot bawełniany lakierowany, 4 - polwinit, 5 - żyła: linka z drutów stalowych pocynowanych, 6 - opłot z drutów stalowych pocynowanych

Jako przewody masowe stosowane są przewody taśmowe gołe. Materiały używane na izolację przewodów samochodowych, powinny odznaczać się odpornością na działanie par benzyny, oleju i wilgoci oraz niskiej i wysokiej temperatury, zapewniając jednocześnie przewodnikom wymaganą giętkość i odporność na drgania i wstrząsy.

W celu zabezpieczenia przewodu przed uszkodzeniami mechanicznymi stosuje się uzbrojenie w postaci opłotu z drutów stalowych o średnicy

0,3 mm lub miękkich, ocynkowanych drutów stalowych płaskich lub półokrągłych.

Dla ograniczenia zakłóceń radiowych stosuje się na przewodach ekran z ocynkowanych drutów stalowych o średnicy 0,3 mm lub z miękkich drutów miedzianych o średnicy 0,15 ... 0,30 mm.

Przewody elektryczne produkowane są zgodnie z obowiązującymi normami. Przewody niskiego napięcia podlegają wymaganiom norm PN-74/E-90181 i PN-74/E-90184. Najczęściej stosuje się przewody typu *LY-S*, to znaczy przewody samochodowe (*S*) z żyłą miedzianą wielodrutową (*L*) w izolacji z polwinitu (*Y*). Stosuje się również przewody giętkie (*g*) typu *LYg-s*. Dane przewodów samochodowych niskiego napięcia podane zostały w tabeli 9.3.

Bardzo istotnym elementem instalacji elektrycznej samochodu z ZI są przewody zapłonowe wysokiego napięcia. Przewody te muszą spełniać warunki:

- mieć wysoką odporność na przebicia i upływność energii elektrycznej,
- charakteryzować się możliwie dużym tłumieniem zakłóceń radioelektrycznych,
- niezmiennością parametrów w czasie,
- odpornością na warunki panujące w komorze silnikowej.

Obecnie stosowane materiały izolacyjne takie jak PCV, Hypalon lub Silakon nie gwarantują dłuższych okresów eksploatacyjnych. W wyniku przyspieszonych procesów starzenia materiały te twardnieją, a mikropęknięcia są przyczyną dużej upływności powierzchniowej. Obecnie wchodzi do produkcji przewody z izolacją na bazie silikonów. Charakteryzują się one dużą elastycznością już w temperaturach od  $-50^{\circ}\text{C}$ , bardzo dobrymi właściwościami dielektrycznymi, bardzo małą upływnością, odpornością na działanie olejów paliwa i wody.

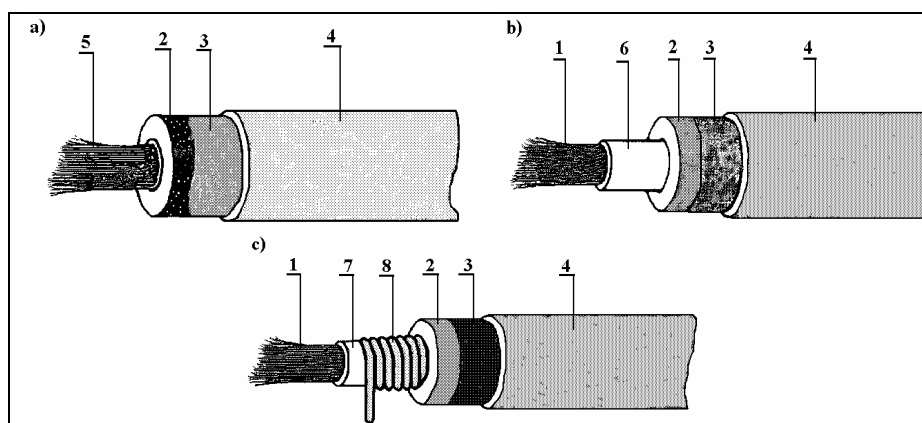
Budowę przewodów przedstawiono na rys. 9.4. Zewnętrzna warstwa silikonowa stanowi ochronę warstwy izolacyjnej przed działaniem wysokich różnic temperatur, oraz otaczającej atmosfery. Plecionka lub folia rozdzielająca warstwę zewnętrzną od izolacyjnej ma na celu zachowanie giętkości przewodu. Warstwa izolacyjna jest głównym elementem zapewniającym minimalną upływność prądu. Z uwagi na zastosowany materiał na przewodnik prądu przewody WN można podzielić na trzy rodzaje:

- z przewodnikiem metalowym (beziporowe i bezindukcyjne),
- z przewodnikiem rezystorowym (oporowym),
- z przewodnikiem indukcyjnym (magnetyczne) typu Bougicord.

Każdy z tych przewodów charakteryzuje się odmiennymi właściwościami ograniczania fazy indukcyjnej wyładowania iskrowego oraz sposobem ograniczenia zakłóceń radioelektrycznych.

W przewodach z przewodnikiem metalowym (rys. 9.4a) przewodem jest wielodrutowa linka miedziana lub stalowa, najczęściej cynowana 5. Izolatorem jest warstwa silikonowa 2. Warstwa rozdzielająca w postaci splotu z włó-

kien sztucznych lub folii 3 spełnia rolę separatora międzywarstwowego dla uzyskania elastyczności przewodu. Warstwa zewnętrzna 4 wykonana jest z silikonu. Ponieważ rezystancja i indukcyjność przewodów miedzianych jest minimalna, nie tłumią one zakłóceń radioelektrycznych i mogą być używane w układach zapłonowych przy stosowaniu rezystorów w końcówkach przewodów (tzw. "fajkach") oraz do zasilania świec zapłonowych z rezystorem. W celu ograniczenia zakłóceń radioelektrycznych były stosowane rezystory przeciwzakłóceniami 10 kOhm wbudowane w nasadki świec zapłonowych.



Rys.9.4 Przewód zapłonowy:

a - z przewodnikiem metalowym, b - z przewodnikiem rezystorowym,

c - z przewodnikiem indukcyjnym

1 - rdzeń z włókien szklanych i aramidowych, 2 - warstwa izolacyjna, 3 - warstwa rozdzielająca,  
4 - zewnętrzna warstwa ochronna, 5 - przewód metalowy, 6 - przewód z gumy wysokowęglowej  
lub kauczuku grafitowego, 7 - rdzeń ferromagnetyczny, 8 - przewód spiralny

Przewód z przewodnikiem rezystorowym (rys. 9.4b) wykonany w postaci warstwy z kauczuku grafitowego charakteryzuje się stosunkowo dużą rezystancją wynoszącą około  $8 \div 20 \text{ k}\Omega/\text{m}$  bieżący przewodu. Dla zapewnienia wytrzymałości na rozciąganie przewód wykonuje się z rdzeniem z włókien szklanych lub aramidowych. Duża rezystancja przewodu ogranicza zakłócenia radioelektryczne. Wadą przewodów jest ich niejednakowa rezystancja poszczególnych przewodów, co nie jest korzystne dla zapłonu mieszanki. Zaletą jest brak dodatkowych rezystorów oraz prostota końcówek oraz uniwersalizacja przewodów zapłonowych.

Przewodem o małej rezystancji przewodnika oraz o dobrych właściwościach tłumienia zakłóceń radioelektrycznych jest przewód z przewodnikiem indukcyjnym "magnetycznym". Przewodnikiem prądu jest tutaj przewód wykonany z cienkiego drutu ze stali nierdzewnej nawinięty spiralnie w liczbie  $30 \div 50$  zwojów na cm bieżący przewodu. Dla zwiększenia indukcyjności takiej cewki przewód jest nawinięty na rdzeniu ferromagnetycznym, wykonanym ze

sproszkowanych tlenków metali przesyconych materiałem elastycznym. Bywa również wykonywany na rdzeniach z włókna szklanego lub aramidowego, nasyconego tego rodzaju proszkami o właściwościach ferromagnetycznych. Rezystancja przewodu wynosi  $0,9 \div 1,8 \text{ k}\Omega/\text{m}$ , powoduje małe straty energii iskry zapłonowej. Duża indukcyjność ogranicza szybkość narastania impulsu prądowego w momencie przeskoku iskrowego, a tym samym ogranicza emisję zakłóceń.

Tabela 9.3

Podstawowe dane samochodowych przewodów niskiego napięcia						
Przekrój znamionowy żyły	Przewody zwykłe			Przewody giętkie		
	liczba drutów	największa dopuszczalna średnica zewnętrzna przewodu		liczba drutów	największa dopuszczalna średnica zewnętrzna przewodu	
	średnica znamionowa	LGI-S	LY-S	średnica znamionowa	LgGI-S	LgY-S
mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	14×0,30	3,5	2,7	32×0,20	3,5	2,7
1,5	14×0,37	3,8	3,0	30×0,25	3,7	3,0
2,5	19×0,41	4,2	3,4	50×0,25	4,3	3,5
4	19×0,52	4,8	4,0	56×0,30	4,8	4,0
6	19×0,64	5,4	4,6	84×0,30	5,9	5,1
10	19×0,82	6,7	5,9	80×0,40	7,6	6,8
16	19×0,64	8,4	7,6	127×0,40	8,6	7,8
25	98×0,58	10,7	9,9	200×0,40	11,1	10,2
35	133×0,58	12,2	11,4	280×0,40	12,7	11,9
50	133×0,68	14,1	13,3	399×0,40	14,5	13,7

Przewody zapłonowe wykonywane są jako *FY-ZS*, to znaczy przewody samochodowe (*S*) zapłonowe (*Z*) w izolacji z polwinitu (*Y*) z żyłą stalową. Stosuje się również przewody zapłonowe ekranowane */ek/* typu *FYek - ZS*. Przewody zapłonowe wykonuje się jako jednodrutowe o przekroju znamionowym 1,5 mm<sup>2</sup> z 14 lub 19 drutami o średnicy 0,37 mm lub 0,30 mm. Ekran wykonywany jest z cienkich ocynkowanych drutów stalowych. Przewody zapłonowe podlegają wymaganiom normy PN-74/E-90182.

Przewody akumulatorowe wykonywane są zgodnie z normą BN-82/3687-29 jako *LgY-S* lub *LgYd-S* o przekrojach znamionowych 16, 25, 35, 50, 70 mm<sup>2</sup> lub większej uzgodnionej bezpośrednio między producentem a odbiorcą. Długości przewodów są znormalizowane i wynoszą od 280 do 4340 mm. Przewody masowe są to przewody z taśmy miedzianej plecionej służące do wykonywania giętkich połączeń z masą pojazdu w instalacji elek-

trycznej pojazdu samochodowego. Wymagania dotyczące przewodów masowych określa norma BN-87/3687-30. Ze względu na przekrój znamionowy wyróżnia się 4 wielkości przekrojów znamionowych: 16, 25, 35 i 50 mm<sup>2</sup>. Przewody dostarczone są jako kompletne, razem z końcówkami służącymi do łączenia z zaciskiem biegunowym akumulatora, oraz z masą. Stosuje się długości przewodów od 100 ... 1000 mm.

### 9.3.1. Kryteria doboru przewodów

Kryteria doboru przewodów polegają na określeniu dopuszczalnego spadku napięcia i dopuszczalnego nagrzewania się przewodów w odpowiednich obwodach instalacji elektrycznej. Wybór przekroju przewodów zależy od wartości dopuszczalnego spadku napięcia. Przewody ułożone w samochodzie pracują w różnych warunkach otoczenia i dopuszczalne wartości natężenia prądu dla różnych temperatur otoczenia oblicza się przy uwzględnieniu trzech różnych temperatur otoczenia: 20°C, 50°C i 60°C. Temperatury te przyjęto wychodząc z następujących przesłanek:

- średnia wartość temperatury otoczenia dla przewodów w obwodach, pracujących w porze nocnej (zewnętrzne i wewnętrzne oświetlenie) nie przewyższa 20°C;
- maksymalna wartość temperatury otoczenia dla przewodów pracujących w różnych porach doby może dochodzić do 50°C;
- dla przewodów zainstalowanych pod maską w komorze silnika temperatura otoczenia może dochodzić do 60°C.

W tabeli 9.4 podano wartości obciążenia prądowego dla przewodów instalowanych pojedynczo oraz w wiązkach przy różnych temperaturach otoczenia. Dopuszczalna gęstość prądu przy pracy dorywczej (krótkotrwałej) jest odpowiednio większa niż przy pracy ciągłej:

$$j_d = j_c k_p \quad (9.1)$$

gdzie:

$j_d$  - gęstość prądu w A/mm<sup>2</sup> przy pracy dorywczej,

$k_p$  - współczynnik przeciążenia prądowego,

$j_c$  - gęstość prądu w A/mm<sup>2</sup> przy pracy ciągłej.

Współczynnik przeciążenia prądowego  $k_p$  można wyliczyć ze wzoru:

$$k_p = \sqrt{\frac{1}{1 - e^{-\frac{t}{T}}}} \quad (9.2)$$

gdzie:

$t$  - czas pracy przewodu,

$T$  - stała czasowa nagrzewania przewodu.

Współczynnik ten przedstawia stosunek wartości prądu obciążenia dorywczego do takiej wartości prądu pracy ciągłej, która wywoła takie samo nagrzanie przewodu.

Tabela 9.4  
Wartości obciążenia prądowego przewodów instalacyjnych

Przewody	Dopuszczalne natężenie prądu w A dla przewodu o przekroju w mm <sup>2</sup>							
	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0	10,0
Temp. Otoczenia	<i>Ułożenie pojedyncze</i>							
20°C	13	17	21	27	37	50	66	92
50°C	8	10	13	16	22	29	37	54
60°C	5,5	7	8,5	11	16	20	27	38
Temp. otoczenia	<i>Ułożenie w wiązках</i>							
20°C	11	14	17	21	29	38	50	69
50°C	7	9	11	14	18	24	31	44
60°C	5	6,5	7,5	10	13	17	22	31

Stała czasowa nagrzewania przewodów samochodowych wyraża się wzorem:

$$T = \frac{Cm}{\alpha S} \quad (9.3)$$

gdzie:

$C$  - ciepło właściwe metalu przewodu,

$m$  - masa przewodu,

$\alpha$  - współczynnik oddawania ciepła,

$S$  - powierzchnia oddawania ciepła z przewodu.

Dla większości obwodów z odbiornikami o pracy dorywczej (kierunkowskazy, światła STOP i inne) czas pracy tych odbiorników jest znacznie krótszy od stałej czasowej  $T$  nagrzewania. Wobec tego rozwijając funkcję pod pierwiastkiem w szereg potęgowy, można uprościć wzór (9.2):

$$k_p = \sqrt{\frac{T}{t}} \quad (9.4)$$

Po obliczeniu przekroju przewody należy sprawdzić na dopuszczalny spadek napięcia. Na spadek napięcia w obwodzie składa się:

- spadek napięcia w przewodzie (przewodach),

- spadek napięcia na łącznikach.

Można przyjąć, że w 12 V instalacji pojazdu spadki napięcia nie powinny przekraczać następujących wartości:

- 0,05 V na przewodach,
- 0,3 V na zestykach wyłączników i przełączników,
- 0,1 V na rezystancji wewnętrznej akumulatora obciążonego odbiornikiem małej mocy,
- 0,4 V na rezystancji wewnętrznej akumulatora obciążonego odbiornikiem średniej mocy, np. światłami drogowymi,
- 1 V na rezystancji wewnętrznej akumulatora obciążonego odbiornikiem dużej mocy, np. rozrusznikiem.

Całkowity spadek napięcia na linii zasilającej odbiorniki mieści się zwykle w granicach 5 % napięcia znamionowego, chociaż normy podają wartość  $10\% U_n$ . Spadki napięć na przewodach zależą ściśle od ich długości i podane wartości szczególnie w samochodach ciężarowych i autobusach mogą być 2 lub 3 krotnie większe niż w osobowych.

W sprawnym układzie zasilania rzeczywiste napięcie wytwarzane przez źródła jest większe od znamionowego (6, 12 lub 24 V), dlatego powstała nadwyżka może być zużyta na pokrycie spadków napięcia od źródła do odbiorników. Dzięki temu napięcie na odbiornikach jest nieco wyższe od napięcia znamionowego. Dlatego w odbiornikach (szczególnie w żarówkach) oprócz napięcia znamionowego rozróżnia się tzw. napięcie obliczeniowe, zawsze większe od znamionowego. Przekrój przewodów oblicza się ze wzoru:

$$s = \frac{LI}{\Delta U \gamma} \quad (9.5)$$

gdzie:

$L$  - długość przewodu, w  $m$ ;

$I$  - prąd płynący przez przewód, w  $A$ ;

$\gamma$  - konduktywność materiału przewodu, w  $S/m$

$\Delta U$  - dopuszczalny spadek napięcia, w  $V$ .

W instalacji dwuprzewodowej wykorzystującej masę pojazdu jako jeden przewód przyjmuje się, że cały spadek napięcia występuje na przewodzie izolowanym, ponieważ masa pojazdu ze względu na znaczny przekrój stanowi minimalną rezystancję dla przepływającego prądu.

W tabeli 9.5 podano najczęściej stosowane przekroje przewodów w instalacjach elektrycznych pojazdów samochodowych. Ze względu na wytrzymałość na uszkodzenia mechaniczne w instalacjach nie stosuje się przewodów mniejszych od  $0,75 \text{ mm}^2$ . W niektórych aparatach np. zestawach wskaźników, programatorach wycieraczek, modułach układów zapłonowych itd. stosuje się połączenia wykonywane metodą obwodów drukowanych, na-

tomiast doprowadzenia za pomocą wiązek przewodów o wymaganym przekroju.

Tabela 9.5  
Przekroje przewodów stosowanych w instalacjach elektrycznych pojazdów samochodowych

O b w ó d	Przekroje
	mm <sup>2</sup>
Akumulator - zacisk rozrusznika (samochody osobowe)	16 – 25 - 35
Akumulator - zacisk rozrusznika (samochody ciężarowe)	35 – 50 – 70 – 95 - 120
Zacisk rozrusznika - świece żarowe lub zapalniczka	4 – 6 – 10 - 16
Zacisk rozrusznika - bezpieczniki lub stacyjka	2,5 - 4
Zacisk prądowy prądnicy-regulator zespolony, bezpieczniki albo stacyjka	2,5 - 4
Obwód sygnału dźwiękowego	1,5 - 2,5
Obwód reflektorów	1 - 1,5 - 2,5
Obwód zapłonowy niskiego napięcia	1 - 1,5
Obwód kierunkowskazów, wycieraczki, szyby grzejnej albo radiodbiornika	1 - 1,5
Obwody lamp pozycyjnych, świateł STOP albo oświetlenia wnętrza	1
Wyłącznik samoczynny-lampka kontrolna prądnicy	1
Obwody wskaźników, lampek ostrzegawczych, kontrolnych i czujników	0,75 - 1

### 9.3.2. Barwy izolacji przewodów

W instalacjach elektrycznych pojazdów samochodowych stosuje się izolację barwną przewodów (PN-74/E-90180). Stosowane są następujące barwy podstawowe: pomarańczowa (*p.*), jasnobłękitna (*l*), biała (*b*), niebieska (*n*), żółta (*z*), szara (*s*), szarozielona (*sz*), kasztanowa (*ks*), brązowa (*o*), czarna (*c*), orzechowa (*w*), różowa (*r*), czerwona (*k*), zielona (*t*), fioletowa (*f*), oraz wzajemne kombinacje w postaci pasków, np. pomarańczowa z białym paskiem (*p/b*).



### 9.3.3. Układanie przewodów instalacji

Przewody instalacji biegnące jednym torem umieszcza się we wspólnej wiązce. Dla rozróżnienia poszczególnych obwodów stosuje się różnobarwną izolację przewodów oraz oznaczenia końcówek przewodów według określonego systemu. Przewody instalacji grupuje się w wiązki w zależności od przeznaczenia lub położenia odbiorników, np.:

- wiązki przewodów tablicy rozdzielczej i skrzynki bezpieczników,
- wiązki przewodów lamp przednich i kierunkowskazów,
- wiązki przewodów lamp tylnych i kierunkowskazów, itd.

Oprócz wiązek występują pojedyncze przewody, np. przewód masowy od akumulatora, przewód od akumulatora do rozrusznika, od akumulatora do alternatora itd. Przewody doprowadzane są do złącz stałych lub ruchomych (konektory), dzięki czemu ułatwione jest łączenie poszczególnych obwodów. Czasami dla ochrony przed uszkodzeniami mechanicznymi umieszcza się przewody w rurce stalowej, giętkiej lub sztywnej. Przez elementy konstrukcji pojazdu przewody przeprowadza się w gumowych ochraniaczach, tzw. przetłokach, a do konstrukcji przymocowuje za pomocą specjalnych zatrzasków ograniczających drgania i przesuwanie się przewodów, zapobiegających uszkodzeniu izolacji przewodów i pękaniu ich żył.

### 9.3.4. Końcówki przewodów elektrycznych

Końcówki przewodów służą do łączenia łatwo rozłączalnych i zapewniających dobrą przewodność elektryczną przewodów z zaciskami. Do przewodów elektrycznych niskiego napięcia stosuje się końcówki wykonywane zgodnie z odpowiednimi normami.

Spotyka się następujące rodzaje końcówek:

1. Końcówki typu rurkowego (BN-85/3687-07) są zakończeniami przewodów śrubowych w instalacji elektrycznej pojazdów samochodowych, np. przewodów akumulatorów. Końcówki wykonywane są z masy miedzianej M2R (wg PN-77/H-74581-01).
2. Końcówki przewodów wzdłużne z obchwytem podwójnym (BN-74/3687-08) są przeznaczone do przewodów instalacji elektrycznej niskiego napięcia. Rozróżnia się końcówki dwóch rodzajów: O - oczkowe, W - widełkowe; wykonane są z mosiądzu półtwardego o zawartości miedzi 60...70%.
3. Końcówki przewodów poprzeczne z obchwytem podwójnym (BN-69/3687-09) stosowane są do przewodów instalacji elektrycznej pojazdów samochodowych. W zależności od kształtu części obchwytyjącej przewód i oplot przewodu rozróżnia się następujące typy końcówek:
  - *typ A* - z częścią obchwytyjącą przewód i oplot, krępowaną dwustronnie;

- *typ B* - z częścią obchwytną przewód i oplot, krępowaną jednostronnie; tych końcówek nie zaleca się stosować w nowych konstrukcjach.

Rozróżnia się dwa rodzaje końcówek: *O* - oczkowe i *W* - widełkowe, oraz w zależności od wykonania: *L* - końcówki lewe, *P* - końcówki prawe. Kończówki wykonywane są z mosiądzu półtwardego.

4. Kończówki przewodów oczkowe wzdłużne z obchwytem pojedynczym (BN-69/3687-10) przeznaczone do przewodów instalacji elektrycznej pojazdów samochodowych. W zależności od kształtu rozróżnia się następujące typy końcówek:

- *typ A* - o prostokątnym kształcie części końcówki mocowanej pod zaciskiem,
- *typ B* - o kołowym kształcie części końcówki mocowanej pod zaciskiem, typ nie zalecany w nowych konstrukcjach.

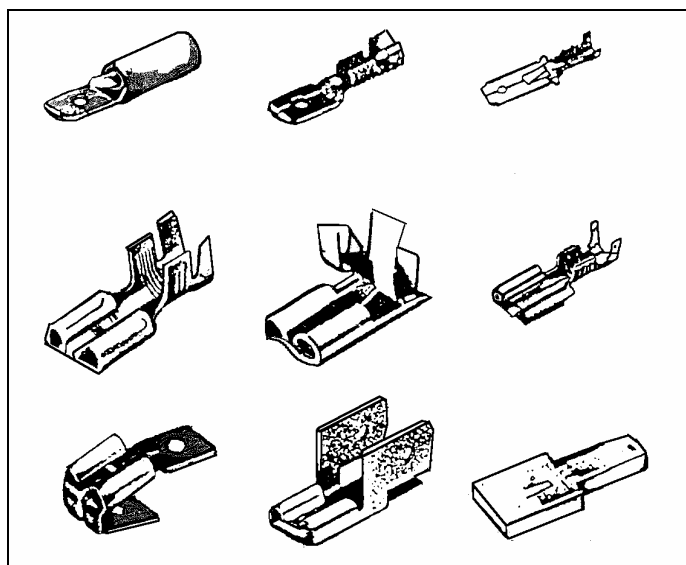
Kończówki wykonane są z mosiądzu półtwardego.

5. Kończówki do przewodów masy (BN-87/3687-31) przeznaczone są do taśmowych przewodów masy stosowanych w pojazdach silnikowych. W zależności od przekroju znamionowego przewodu masy i miejsca zamocowania końcówki rozróżnia się 5 rodzajów końcówek. Kończówki są cynowane.
6. Kończówki przewodów do akumulatorów samochodowych (BN-77/3687-01) są to odlewane końcówki przeznaczone do zaciskania na końcówkach biegunowych ogniów akumulatorów samochodowych.
7. Kończówki sprężyste przewodów wysokiego napięcia do gniazd stykowych (PN-74/S-76054) oraz świec zapłonowych (PN-77/S-76035).

Stosowane są następujące rodzaje końcówek:

- *typ ZKV* - do zaciskania na przewodach z rozłożoną rezystancją oraz na przewodach LYdZ-S 1 mm<sup>2</sup> wg PN-74/S-90/82, nasadzona na cewkę, rozdzielacz i świecę,
- *typ ZK7* - do zaciskania na przewodach z rozłożoną rezystancją oraz na przewodach LYdZ - 1 mm<sup>2</sup> wg PN-77/E-90182, nasadzane na cewkę lub rozdzielacz,
- *typ ZK5* - do zaciskania na przewodzie LYZ-S 1 mm<sup>2</sup> wg PN-74/E-90182 o średnicy 5 mm, nasadzane na cewkę lub rozdzielacz,
- *typ ZKS* - do zaciskania na przewodach zapłonowych z rozłożoną rezystancją oraz na przewodach LYdZ-S 1 mm<sup>2</sup> wg PN-74/E-90182, nasadzana na końcówkę profilową.

Kończówki wykonane są z mosiądzu o zawartości miedzi nie mniejszej niż 67% i twardości 135...180 HV wg PN-77/H-87025.



Rys. 9.5. Przykładowe końcówki przewodów samochodowych

8. Końcówki izolowane przewodów wysokiego napięcia nasadzone na końcówkę gwintowaną świecy z gniazdem typu D do nakręcania na przewód zapłonowy o średnicy 5 lub 7 mm (PN-87/S-76032). Rozróżnia się następujące typy końcówek:

- kątowna wykonywana bez opornika lub z opornikiem  $R$  oraz z opornikiem i ekranem ( $E$ ),
- prosta w wykonaniu: bez opornika ( $P$ ) i opornikiem ( $PR$ ), oraz z opornikiem i ekranem ( $EP$ ).

Główne wymiary końcówek:  $L_{max} = 30$  mm - dla końcówki bez opornika; 55 mm - dla końcówki kątownej z opornikiem; 62 mm - dla końcówki prostej z opornikiem,  $D=23$  mm - dla świec z gwintem M14; 29 mm dla świec z gwintem M18. Korpus końcówki powinien być wykonany z tworzywa termoutwardzalnego o wytrzymałości, co najmniej 18 kV, a części przewodzące z mosiądzu.

Na rys. 9.5 przedstawiono niektóre typy końcówek przewodów elektrycznych.

### 9.3.5. Elementy gumowe

Do zabezpieczania połączeń przewodów elektrycznych przed uszkodzeniami i zanieczyszczeniami oraz do mocowania przewodów i wiązek służą osłony, przelotki i zapinki gumowe. Norma PN-67/S-76009 określa osłony

służące do zabezpieczania przewodów przed zanieczyszczeniami i przypadkowymi zwarciami. W zależności od kształtu rozróżnia się 3 rodzaje osłon:

- rodzaj A - osłony proste przelotowe,
- rodzaj B - osłony proste zwężone,
- rodzaj C - osłony kątowe.

Osłony muszą być wykonane z gumy jednorodnej bez zanieczyszczeń i obcych wtrąceń. Osłony stosowane do przewodów instalacji niskiego napięcia, przed i po próbie starzenia w powietrzu w temperaturze 120°C przez 70 godzin powinny wytrzymywać przez 60 s napięcie 550 V o częstotliwości 50 Hz. Końcówki stosowane do przewodów instalacji zapłonowej, przed i po próbie starzenia w powietrzu w temperaturze 120°C przez 70 godzin powinny wytrzymywać przez 60 s działanie napięcia układu zapłonowego pracującego na obwód otwarty zbocznikowany iskiernikiem o rozstawie elektrod 10 mm. Niektóre typy osłon powinny być odporne na działanie łuku elektrycznego.

Norma BN-89/3688-01 określa przelotki gumowe służące do ochrony przewodów elektrycznych niskiego napięcia w miejscach przejść przez otwory w częściach konstrukcyjnych pojazdów samochodowych. Zależnie od konstrukcji rozróżnia się następujące rodzaje przelotek:

- z przeponą bez wyróżnienia w oznaczeniu,
- otwarta A (niezalecana w nowych konstrukcjach),
- kryta B (niezalecana w nowych konstrukcjach).

Do mocowania wiązek przewodów elektrycznych do konstrukcji lub przewodów albo pojedynczych wiązek w jedną wiązkę, służą zapinki mocujące. Zapinka składa się z taśmy z tworzywa sztucznego oraz grzybka metalowego lub z tworzywa sztucznego. Aktualnie coraz częściej stosowane są zapinki z tworzywa sztucznego zmienionej konstrukcji (bez oddzielnego grzybka).

Do mocowania wiązek przewodów elektrycznych do konstrukcji pojazdów stosuje się oprócz zapinek również skobelki wykonywane z taśmy stalowej ocynkowanej

### **9.3.6. Złącza**

W instalacjach elektrycznych pojazdów stosowane są różne złącza typu wtyczkowego lub śrubowego. Służą do łączenia ze sobą elementów instalacji elektrycznej rozmieszczonych w różnych częściach pojazdów, do łączenia instalacji przyczepy z instalacją pojazdu ciągnącego itd. Złącza śrubowe są stosowane w tych obwodach, w których musi być zachowana duża niezawodność połączenia, występują duże obciążenia prądowe, np. zacisk wyjściowy prądnicy, połączenia obwodu rozruchowego itd. Złącza ruchome mogą być pojedyncze lub wielokrotne.

Złącze wtyczkowe płaskie (BN-85/3687-02) tzw. złącze konektorowe składa się z końcówki płaskiej wciskanej na końcówkę przewodu lub mocowanej do urządzenia elektrycznego oraz nasadki końcówki płaskiej mocowanej do przewodu elektrycznego. Końcówki płaskie oraz nasadki wykonywane są z mosiądzu półtwardego.

Dla uniknięcia zwarć końcówki płaskie i nasadki złącza wtyczkowego umieszcza się w obudowach izolowanych pojedynczych lub wielokrotnych. Złącze konektorowe wielokrotne składa się z dwóch obudów izolowanych: w jednej zamocowane są końcówki płaskie, w drugiej końcówki nasadowe. Z przeciwnych stron obudów wyprowadzone są wiązki przewodów. Połączenie złącza następuje przez wciśnięcie obudowy z końcówkami płaskimi w obudowę z końcówkami nasadowymi. Ułożenie końcówek w złączu wielokrotnym może być równoległe lub pod kątem, np. złącze wciskane na końcówki płaskie żarówek reflektora. Obudowy złączy wtyczkowych płaskich określone są normą BN-81/3687-25. .

## **9.4. Bezpieczniki, przekaźniki, łączniki**

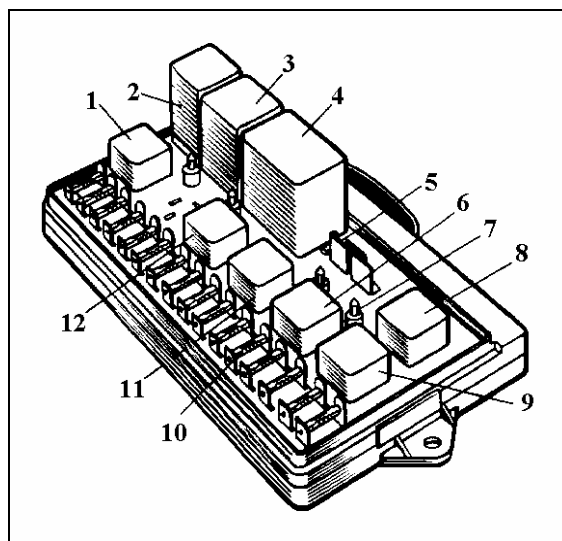
### **9.4.1. Skrzynki bezpieczników i bezpieczniki**

Skrzynki bezpiecznikowe stanowią zestaw gniazd służących do osadzania bezpieczników topikowych. Skrzynki te powinny być zgodne z normą PN-79/S-76081. Skrzynki bezpiecznikowe dzielą się w zależności: od sposobu mocowania przewodów elektrycznych w gnieździe bezpiecznikowym oraz od liczby gniazd bezpiecznikowych znajdujących się w skrzynce.

Niektóre wymagania stawiane skrzynkom bezpiecznikowym:

- zakładanie i wyjmowanie bezpieczników powinno wymagać użycia siły  $20 \pm 10$  N,
- spadek napięcia pomiędzy zaciskami doprowadzającymi i odprowadzającymi poszczególnych gniazd przy obciążeniu prądem 25 A, nie powinien przekraczać 100 mV,
- przyrost temperatury na zaciskach nie powinien przekroczyć  $70^{\circ}$  przy prądzie 31 A,
- rezystancja izolacji nie powinna być mniejsza niż 10 MOhm.

W nowych konstrukcjach samochodów skrzynka bezpieczników ma odmienną konstrukcję dostosowaną do osadzania w jej gniazdach bezpieczników płytkowych, oraz przekaźników, przerywacza kierunkowskazów, programatora pracy wycieraczek itd.(rys. 9.6)

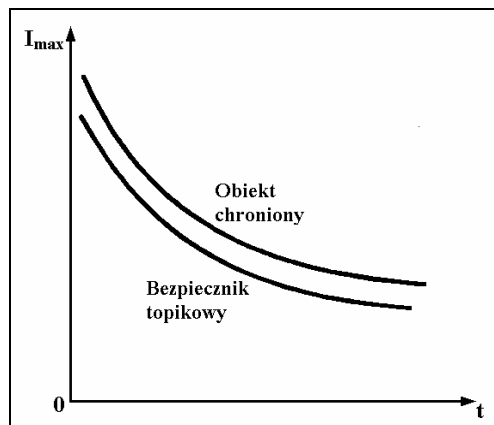


Rys. 9.6. Blok zasilania

1 - przełącznik włączenia wycieraczek reflektorowych, 2 - przełącznik pompki spryskiwacza tylnej szyby, 3 - przerywacz kierunkowskazów i świateł awaryjnych, 4 - przełącznik wycieraczek, 5 - zwory na miejscu przełącznika kontroli lamp, 6 - przełącznik włączania ogrzewania szyby tylnej, 7 - zapasowy bezpiecznik, 8 - przełącznik świateł drogowych, 9 - przełącznik świateł mijania, 10 - bezpiecznik, 11 - przełącznik wentylatora chłodnicy, 12 - przełącznik sygnałów dźwiękowych

Bezpieczniki służą do ochrony przewodów i odbiorników instalacji elektrycznej pojazdu przed skutkami zwarć i przeciążeń. Stosuje się zabezpieczenia selektywne. Odbiornik lub grupa odbiorników jest zabezpieczona oddzielnym bezpiecznikiem, aby w przypadku jego przepalenia nie spowodować sytuacji niebezpiecznej dla kierowcy, np. reflektory samochodu zabezpieczane są oddzielnymi bezpiecznikami. Rozróżnia się bezpieczniki topikowe (stosowane w większości samochodów) oraz zabezpieczające automaty termobimetalowe.

Stopienie się elementu topikowego w bezpieczniku powoduje przerwę w obwodzie, kiedy prąd w obwodzie przekroczy dopuszczalną wartość w ciągu określonego czasu. Najkorzystniejszą ochronę odbiorników energii elektrycznej za pomocą bezpieczników topikowych uzyskuje się wówczas, gdy charakterystyka prądowo-czasowa leży w pobliżu (nieco niżej) charakterystyki cieplnej chronionego obiektu (rys. 9.7). Takie usytuowanie charakterystyk zapewnia przepalenie się bezpiecznika przed uszkodzeniem chronionego obiektu. Umożliwia to wykorzystanie w pełni możliwości przeciążeniowych odbiorników, ponieważ bezpiecznik przepali się wcześniej niż może to być niebezpieczne dla danego obiektu. Jednak uzyskanie takiej wzajemnej zależności między bezpiecznikiem i obiektem chronionym jest praktycznie nieosiągalne za pomocą bezpieczników topikowych.



Rys. 9.7. Charakterystyka prądowo-czasowa bezpiecznika topikowego

Prąd znamionowy bezpiecznika jest to prąd, na jaki został zbudowany bezpiecznik. Prąd ten przepływając trwale przez bezpiecznik nie powoduje jego uszkodzenia. Element topikowy bezpiecznika powinien ulec stopieniu po czasie nie dłuższym niż 10 s pod działaniem prądu trzykrotnie większego od znamionowego. Niedopuszczalne jest stosowanie bezpieczników o prądzie znamionowym różniącym się od zaleceń fabrycznych, ponieważ obwód nie będzie chroniony od przeciążeń lub wyłączenie obwodu będzie następowało przy dopuszczalnym jeszcze obciążeniu. Istnienie w jednym chronionym obwodzie odbiorników znacznie różniących się mocą powoduje, że zabezpieczenie przed przeciążeniem odbiorników małej mocy będzie nieskuteczne. Przy dodatkowym instalowaniu odbiorników większej mocy wskazane jest zamontowanie dodatkowego bezpiecznika.

Samochodowe bezpieczniki cylindryczne (BN-90/3687-03) dzielą się na dwa rodzaje w zależności od długości: długość 25 mm - bez oznaczenia, oraz długości 17 mm - oznaczenie K, bezpieczniki niezalecane do stosowania w nowych konstrukcjach.

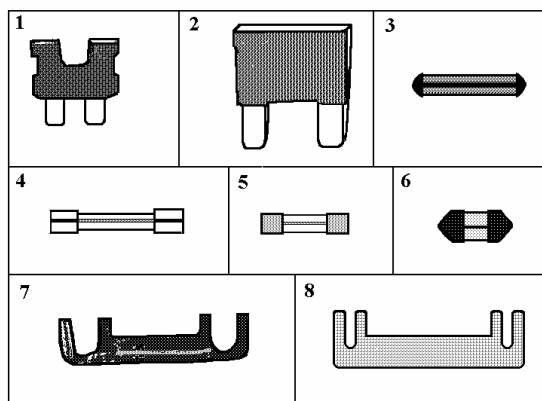
W zależności od prądu znamionowego rozróżnia się następujące wielkości bezpieczników topikowych:

- 3 - prąd znamionowy 3 A, barwa trzonka czerwona,
- 5 - prąd znamionowy 5 A, barwa trzonka żółta,
- 8 - prąd znamionowy 8 A, barwa trzonka czarna,
- 10 - prąd znamionowy 10 A, barwa trzonka biała lub khaki,
- 16 - prąd znamionowy 16 A, barwa trzonka zielona,
- 25 - prąd znamionowy 25 A, barwa trzonka brązowa.

*Niektóre wymagania stawiane bezpiecznikom samochodowym:*

- element topikowy pod działaniem prądu  $1,5 I_n$ , powinien się stopić, co najmniej przez 30 minut,

- przy prądzie znamionowym po osiągnięciu temperatury ustalonej spadek napięcia nie może być większy niż 80 mV,
- chwilowe działanie termiczne prądu o natężeniu 100 A nie powinno powodować widocznych śladów zwęglenia trzonka.



Rys. 9.8. Przykłady wykonania bezpieczników  
 1, 2 –bezpieczniki o prądach  $3 \div 30$  A, 3 - bezpiecznik  $5 \div 25$  A, 4 - bezpieczniki szklane  $5 \div 25$  A, 5 - bezpiecznik radiowy  $2 \div 3,15$  A, 6 - bezpiecznik miniaturowy  $2 \div 25$  A, 7 - bezpiecznik na prąd  $25 \div 250$  A, 8 - bezpiecznik na prąd  $36 \div 100$  A

Obecnie stosowane w nowych konstrukcjach bezpieczniki płytkowe, mają kształt zbliżony do litery H. Elementem topikowym jest pozioma poprzeczka o przekroju odpowiadającym prądowi znamionowemu bezpiecznika. Płytkę jest obudowana przezroczystym materiałem izolacyjnym. Prądy znamionowe bezpieczników topikowych wynoszą:

- 7,5 A - barwa materiału izolacyjnego - brązowa,
- 10 A - barwa materiału izolacyjnego - czerwona,
- 15 A - barwa materiału izolacyjnego - niebieska,
- 20 A - barwa materiału izolacyjnego - żółta,
- 25 A - barwa materiału izolacyjnego - zielona.

Nie są zabezpieczane obwody: rozruchu, zapłonu, ładowania akumulatora oraz niektóre inne urządzenia, np. uzwojenia przekładników.

Na rys. 9.8 podano przykłady bezpieczników stosowanych przez firmę Bosch w pojazdach samochodowych.

Spotykane są również automaty zabezpieczające (bezpieczniki termobimetalowe) wykorzystujące zjawisko odkształcenia się termobimetalu pod wpływem ciepła wydzielanego przez przepływający prąd. Odkształcenie to wykorzystuje się do otwierania i zamykania styków umieszczonych w zabezpieczonym obwodzie. Do zalet tych bezpieczników można zaliczyć:

- stałą gotowość do pracy,



- uniknięcie konieczności wymiany wkładek topikowych,
- mniejszy spadek napięcia niż w bezpiecznikach topikowych.

#### **9.4.2. Przekazniki**

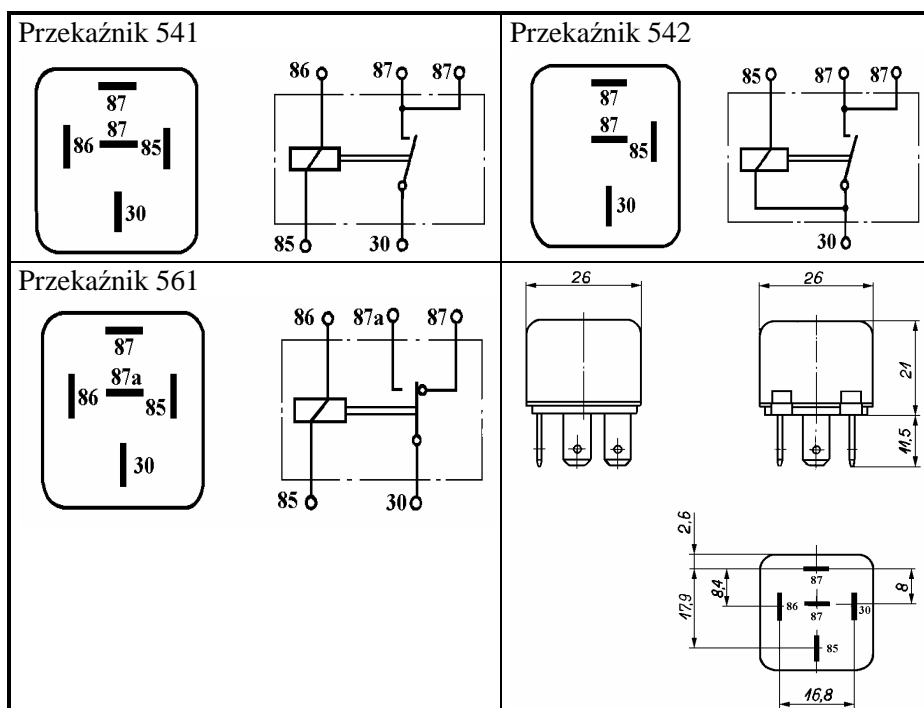
W instalacji elektrycznej pojazdu przekazniki stosuje się w celu umożliwienia włączania odbiorników o dużej mocy, przy oddzieleniu obwodu zasilającego ten odbiornik od obwodu sterującego. Stosowanie przekazników powoduje zmniejszenie prądu w układzie sterowania włączania odbiornika, co powoduje wzrost niezawodności i trwałości wyłączników oraz skrócenie przewodów zasilających odbiorniki i zmniejszenie spadków napięcia w instalacji. Przekazniki stosuje się w następujących obwodach:

- świateł drogowych,
- reflektorów przeciwmgłowych przednich,
- świateł przeciwmgłowych tylnych,
- szyby ogrzewanej,
- sygnałów dźwiękowych,
- wentylatora chłodnicy.

Przekazniki mają dwa obwody: obwód sterowania składający się z cewki z rdzeniem oraz obwód główny, w skład którego wchodzi styk stały i zwora ze stykiem ruchomym.

We współczesnych samochodach dąży się do maksymalnej miniaturyzacji wielu urządzeń przy zachowaniu ich funkcji i parametrów. W Zakładach Elektrotechniki Motoryzacyjnej ELMOT w Świdnicy zostały wdrożone do produkcji na podstawie licencji firmy Bosch następujące typy (rys. 9.9) przekazników małogabarytowych:

- 541 - stosowane w samochodach Polonez do włączania reflektorów, lamp halogenowych, ogrzewania tylnej szyby,
- 542 - stosowane w samochodzie Polonez do włączania sygnałów dźwiękowych,
- 551 - stosowane do włączaniu odbiorników w samochodach dużej ładowności,
- 561 - stosowane w samochodach Polonez do włączania tylnych lamp przeciwmgłowych,
- 571 - stosowane do włączania odbiorników w autobusach Jelcz-Berliet.



Rys. 9.9. Schematy elektryczne oraz rozmieszczenie zacisków przełącznika małogabarytowego

Przełączniki 541, 542, 551 mają elektromagnetyczny układ zwierający styki, natomiast przełączniki 561 i 571 mają układ rozwierająco-zwierający. Przełączniki są dostosowane do mocowania w podstawkach 5 zestykowych. Dane techniczne przełączników przedstawiono w tabeli 9.6.

Jeżeli za pomocą przełącznika sterowanego przez kierowcę dopłynie prąd do zacisku 85 przełącznika, to cewka przełącznika zostaje zasilona prądem, bowiem jej drugi koniec połączony jest z masą pojazdu poprzez zacisk 86. Pole magnetyczne wytworzone przez prąd płynący w cewce wywołuje siłę przyciągającą zworę ze stykami, powodując ich zwarcie i przepływ prądu z zacisku 30 do zacisku 87 połączonego z odbiornikiem

Stosowane są również inne przełączniki elektroniczne np. układ elektroniczny GL-154 wraz z przełącznikiem wykonawczym służy do sterowania czasem grzania świec żarowych w samochodach z silnikiem Diesla. Łączny czas zasilania prądem świec żarowych zależy od temperatury w komorze silnika oraz od czasu niezależnego temperaturowo. Charakterystyki czasu grzania zapewniają odpowiednie warunki rozruchu w zakresie temperatur od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+85^{\circ}\text{C}$ .

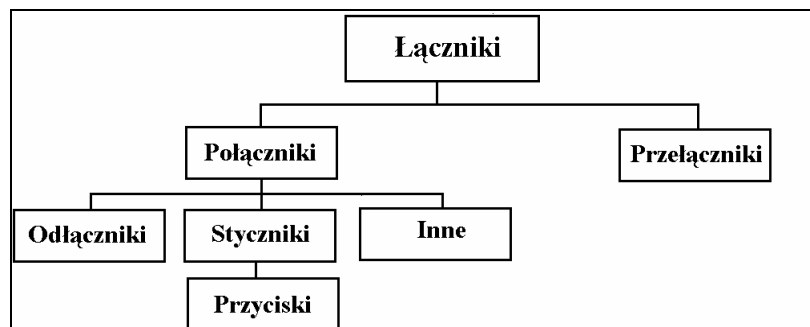
Tabela 9.6

Dane techniczne przekaźników małogabarytowych

Lp.	Parametry	jedn.	Typ przekaźnika				
			541	542	551	561	571
1	Napięcie znamionowe	V	12	12	24	12	24
2	Prąd znamionowy	A	30	30	20	20/30	10/20
3	Napięcie włączenia w temp. 20 °C	V	< 8	< 8	< 16	< 8	< 16
4	Napięcie wyłączenia w temp. 20 °C	V	1,5÷5,5	1,5÷5,5	3,7÷13	1,5÷5,5	3,7÷13
5	Rodzaj pracy	-	ciągły	ciągły	ciągły	ciągły	ciągły
6	Rezystancja uzwojenia	Ω	85	85	305	85	305
7	Masa	g	35	35	35	35	35

### 9.4.3. Łączniki

Do aparatury rozdzielczej stosowanej w pojazdach samochodowych należą wszelkiego rodzaju łączniki (rys. 9.10), złącza stałe i ruchome, służące do łączenia ze sobą elementów wyposażenia elektrycznego w obwody.



Rys. 9.10. Podział łączników

Ze względu na rodzaj elementu załączającego łączniki dzielimy na: dźwigniowe, klawiszowe, przesuwne (styk ruchomy przesuwany za pomocą elementu wymuszającego ruch posuwisty), obrotowe (styk ruchomy obracany za pomocą elementu wymuszającego ruch obrotowy), łączniki przyciskowe, załączane pośrednio (elektromagnetyczne, ciśnieniowe, cieplne).

Wszystkie zestyki stosowane w łącznikach można podzielić na zwierne (normalnie otwarte), które zamykają się i rozwierne (normalnie zamknięte), które otwierają się po wymuszeniu ruchu roboczego styku ruchomego.

Styki łączników wykonuje się z jednolitego materiału, np. miedzi, mosiądzu bądź z dwóch różnych materiałów. Na część zestyku przeznaczoną do uzyskiwania bezpośredniego styku z drugim zestykiem stosuje się takie materiały jak srebro lub wolfram.

W instalacji elektrycznej pojazdów samochodowych stosuje się następujące rodzaje łączników:

a) *łączniki sterowane ręcznie:*

- wyłącznik zapłonu z blokadą lub bez blokady kierownicy,
- zblokowany przełącznik świateł reflektorów, kierunku jazdy i wycieraczki z urządzeniem do włączania pompki spryskiwacza lub bez tego urządzenia,
- wyłączniki oświetlenia,
- wyłącznik dmuchawy,
- wyłącznik lamp oświetlenia wnętrza,
- przycisk sygnału,
- wyłącznik ogrzewania szyby tylnej,
- wyłącznik wycieraczki i spryskiwacza szyby tylnej,
- wyłącznik programatora wycieraczki.

b) *łączniki sterowane mechanicznie:*

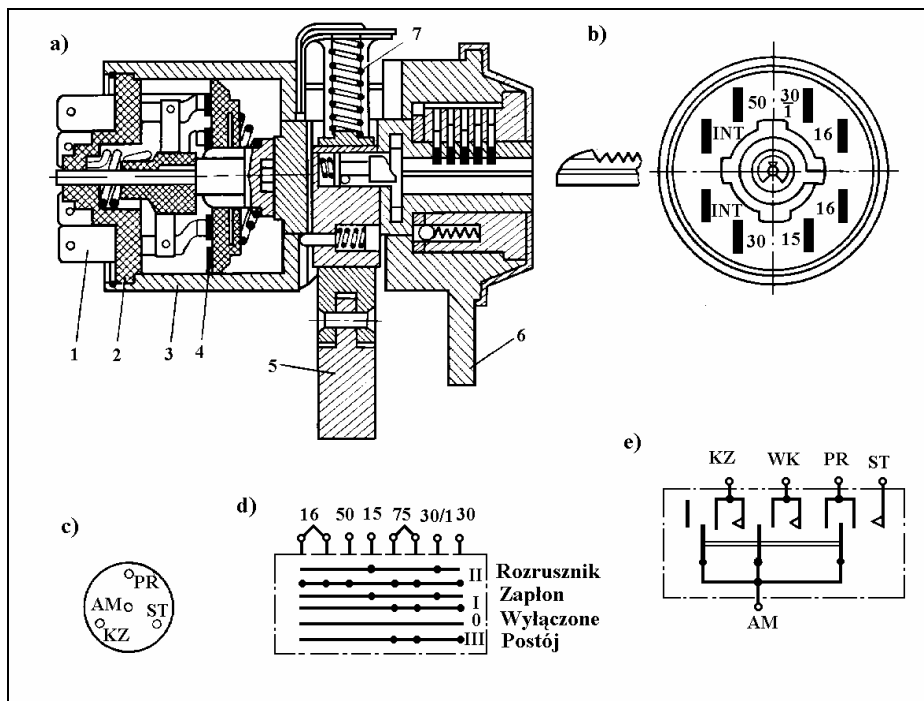
- stycznik świateł hamowania,
- wyłącznik lampy cofania,
- wyłącznik lampki kontrolnej hamulca ręcznego,
- wyłącznik lampki kontrolnej włączonego urządzenia rozruchowego,
- wyłącznik oświetlenia wnętrza,
- wyłącznik oświetlenia silnika,
- wyłącznik oświetlenia schowka,
- wyłączniki termiczne sprzęgła elektromagnetycznego wentylatora chłodnicy oraz silnika wentylatora chłodnicy.

#### **9.4.3.1. Wyłącznik zapłonu**

Wyłącznik zapłonu włącza napięcie do obwodu zapłonowego, oświetlenia zewnętrznego, cewki wyłącznika elektromagnetycznego rozrusznika oraz niektórych innych odbiorników. Wyłącznik zapłonu może mieć urządzenie do mechanicznego zablokowania kierownicy. Wyłącznik zapłonu składa się zazwyczaj z zespołu mechanicznego, przełącznika elektrycznego z wyprowadzoną wiązką przewodów zakończoną złączem wtykowym (jest elementem wymiennym) oraz jarzma do mocowania do kolumny kierownicy.

Budowę wyłącznika zapłonu z blokadą kierownicy przedstawia rys. 9.11. Panel 2 wraz z końcówkami 1 umocowany jest w korpusie 3 rygłem pierścieniowym. Łączenie wyprowadzeń realizuje się za pomocą mechanizmu stykowego ze stykami 4. Mechanizm blokady działa w określonym położeniu mechanizmu przy wyjętym z zamka kluczyku. Wówczas sworzeń rygla 5 pod działaniem sprężyny 7 wchodzi w rowek wałka sterującego mechanizmem, zabezpieczając jego zamykanie. Wypust 6 zabezpiecza prawidłowe ustawienia wyłącznika podczas montażu.

Wyprowadzenia omawianego wyłącznika zapłonu z blokadą kierownicy mają zwykle cyfrowe oznaczenia. I tak do zacisków "30" i "30/1" dołącza się zasilanie, do zacisku "15" zasilanie zapłonu, do zacisku "50" obwód włączania rozrusznika, do zacisku "75" przyrządy i wyposażenie dodatkowe. Zacisk "16" jest wolny, napięcie na nim pojawia się tylko w okresie rozruchu.



Rys. 9.11. Wyłącznik zapłonu z blokadą

a - widok ogólny, b - widok od strony zacisków, c,d e - graficzne przedstawienie struktury wyłącznika zapłonu

1 - końcówka konektorowa, 2 - panel, 3 - korpus, 4 - zespół mechaniczny ze stykami, 5 - rygiel, 6 - wypust ustawiający położenie zamka podczas montażu, 7 - sprężyna

Na schematach wyłączniki z blokadą przedstawia się bez informacji o wewnętrznym układzie łączy (rys. 9.11c). Natomiast na schematach zasadniczych w sposób graficzny przedstawia się strukturę działania, z której można

określić połączenia dla różnych położenia mechanizmu - kluczyka (rys. 9.11d, e). W podobny sposób przedstawia się różne skomplikowane wyłączniki zapłonu.

Wyłącznik zapłonu ma cztery położenia kluczyka:

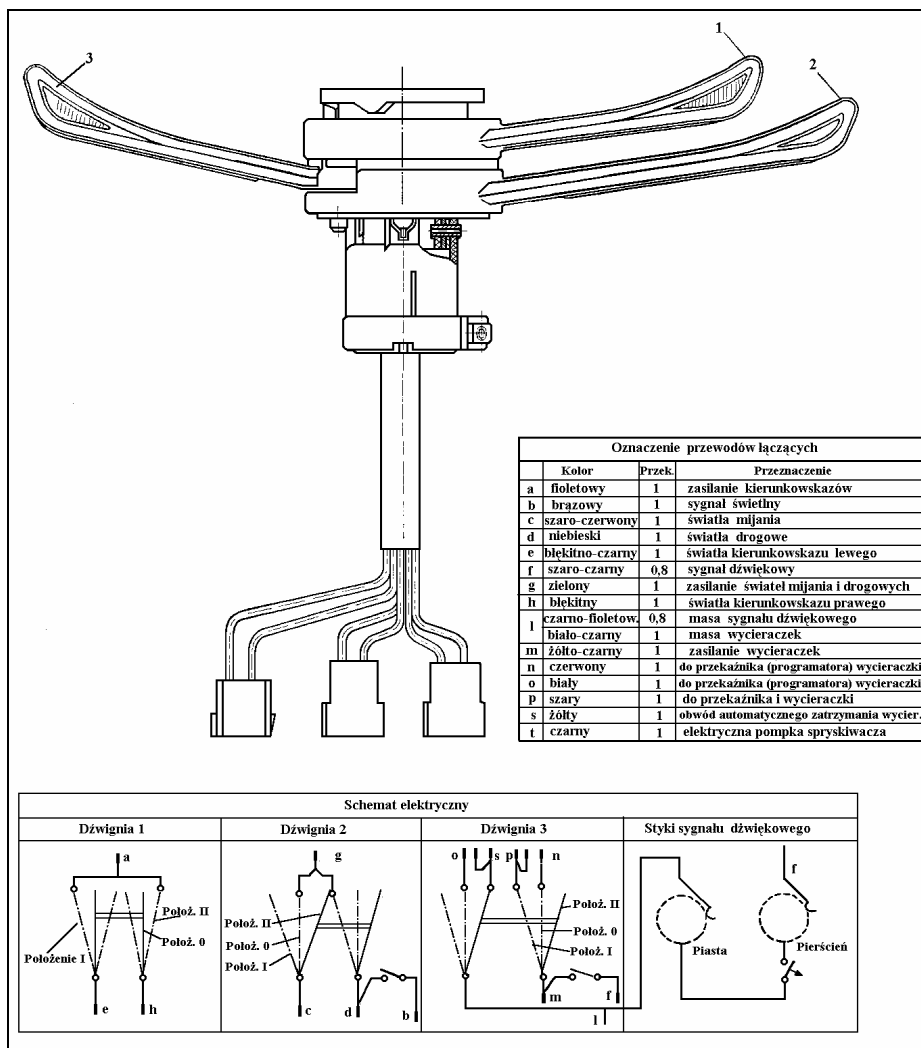
- *Położenie "0"* - wyłączone wszystkie odbiorniki (kluczyk można wyjąć). W tym położeniu następuje rozwarcie wszystkich styków wewnętrznych, a więc wyłączenie zasilanych obwodów.
- *Położenie "1"* - pod napięciem (włączone) następujące obwody: 30-INT - światła kierunkowskazów, światła zewnętrzne, wyposażenie, 30/1-15 - zapłon, obwód ładowania, sygnalizacja, w tym położeniu styki wewnętrzne obwodów 30-INT, 30/1-15 są zwarte,
- *Położenie "2"* - pod napięciem (włączone) następujące obwody 30-50 - wyłącznik elektromagnetyczny rozrusznika, 30-INT, 30/1-15 - pod napięciem obwody jak w położeniu "1". W tym położeniu następuje zwarcie styków wszystkich obwodów wyłącznika.
- *Położenie „3"* - wyłączone wszystkie odbiorniki, styki rozwarte, wysunięty rygiel blokujący górny wał kierownicy. Aby przekręcić kluczyk w położenie "3" należy ustawić koła do jazdy na wprost (środkowe położenie przekładni), w tym położeniu lub w pobliżu tego położenia rygiel powinien wejść w rowek tulejki przyspawanej do górnego wału kierownicy. Przekręcenie kluczyka w położenie "3" należy wykonać obrót o 90° od położenia "0" w przeciwnym kierunku jak dla położenia "1" i "2".

Uwaga w samochodach z blokadą kierownicy nie wolno wyjmować podczas ruchu samochodu kluczyka ze stacyjki ze względu na zablokowanie koła kierownicy.

Wymagania stawiane wyłącznikom zapłonu określa norma BN-79/3687-24.

#### **9.4.3.2. Przełącznik zespolony świateł, kierunkowskazów i wycieraczki**

W związku ze wzrastającym natężeniem ruchu drogowego zachodzi konieczność jak najmniejszego absorbowania kierowcy czynnościami związanymi z włączaniem niektórych urządzeń wyposażenia elektrycznego samochodu. Dlatego stosuje się zespolone przełączniki przeznaczone do zmiany świateł z drogowych na mijania i odwrotnie, chwilowego włączania świateł reflektorów w celu sygnalizacji świetlnej, włączania lub wyłączania kierunkowskazów, włączania lub wyłączania silnika wycieraczki, włączania silnika pompki spryskiwacza szyby, włączania sygnału dźwiękowego. Na rys. 9.12 pokazany został przełącznik zespolony.



Rys. 9.12. Zespolony przełącznik świateł, kierunkowskazów i wycieraczek samochodu Polonez  
 a- widok przełącznika zespolonego, b - tabela oznaczeń i przekrojów przewodów łączących, c - schematy elektryczne przełączników  
 1 - dźwignia przełącznika kierunkowskazów, 2 - dźwignia przełącznika świateł reflektorów,  
 3 - dźwignia wyłącznika wycieraczek

*Dźwignia 1*, przeznaczona jest do włączania kierunkowskazów, ma trzy położenia: *dolne* - włączone kierunkowskazy z lewej strony, *środkowe* - wyłączone kierunkowskazy, *górne* - włączone kierunkowskazy z prawej strony. *Dźwignią 2* włączane są światła reflektorów; w położeniu górnym są włączone światła pozycyjne, w środkowym - światła mijania, w dolnym - światła drogowe. Pociągnięcie dźwigni w kierunku koła kierownicy powoduje zapalenie świateł

mijania w celu sygnalizacji świetlnej. *Dźwignia 3* przeznaczona jest do sterowania silnikiem wycieraczki szyby przedniej. W położeniu górnym dźwigni silnik wycieraczki jest wyłączony. W położeniu środkowym - silnik wycieraczki włączony jest na pracę programowaną; w położeniu dolnym - silnik jest włączony na pracę ciągłą. Pociągnięcie dźwigni w kierunku koła kierownicy powoduje włączenie elektrycznej pompki spryskiwacza szyby. Ponadto w przełączniku zespolonym znajduje się styk przycisku sygnału.

W wyłączniku zespolonym łączenie styków jest realizowane następującymi sposobami:

- styk umieszczony na jednym końcu płaskownika (drugi koniec płaskownika jest nieruchomo zamocowany) jest dociskany do styku nieruchomego płaską stalową sprężyną naciskającą na płaskownik: rozwarcie styków następuje po wprowadzeniu pod płaskownik specjalnego ślizgacza z materiału izolacyjnego, który unosząc go do góry odsuwa styk ruchomy od nieruchomego;
- po nieruchomych stykach, umieszczonych obwodowo na izolacyjnej tarczy, ślizgają się zwieracze dociskane sprężynami, powodując zwarcie lub rozwarcie właściwych styków.

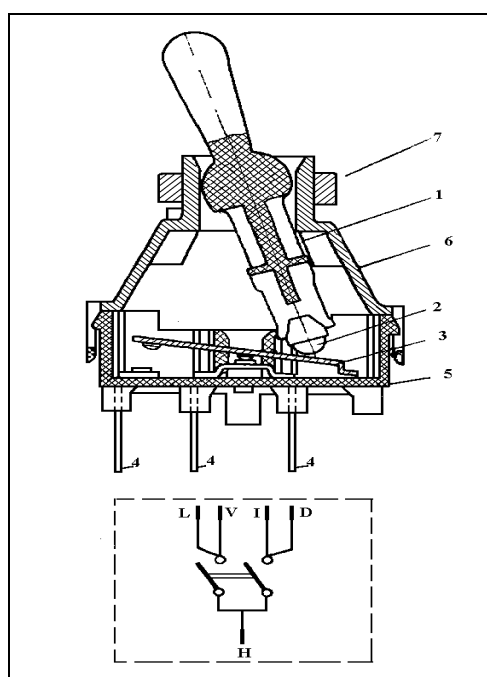
Przełącznik kierunkowskazów wyposażony jest w mechaniczne urządzenie, współpracujące z piastą koła kierownicy, przeznaczone do automatycznego powrotu dźwigni przełącznika do położenia zerowego z chwilą powrotu koła kierownicy do położenia jazdy na wprost. W samochodach Fiat 125p, Fiat 126p FL, Fiat 126 BIS i Polonez dźwignia świateł ma dwa stałe położenia: położenie górne - włączone światła mijania, położenie dolne - włączone światła drogowe. Samochody Polski Fiat 126p, 126 BIS, 125p i Polonez są wyposażone w programator lub przerywacz pracy wycieraczek. Dźwignia wycieraczek w tych samochodach ma trzy stałe położenia: położenie górne - wycieraczki wyłączone, położenie środkowe - wycieraczki włączone według cyklu programowanego, położenie dolne - wycieraczki włączone do pracy ciągłej. W tych samochodach, w których stosowana jest elektryczna pompka spryskiwacza szyby, włączenie jej do pracy następuje przez przyciągnięcie dźwigni w kierunku koła kierownicy.

#### **9.4.3.3. Wyłączniki oświetlenia**

Wyłączniki oświetlenia przeznaczone są do włączania świateł zewnętrznych oraz innych odbiorników świetlnych i oświetlenia wskaźników. Wykonywane są jako wyłączniki kołyskowe jedno lub dwutorowe. Stosowane są dwa typy tych wyłączników: dźwigniowe lub klawiszowe. Budowane są jako dwu lub trójpołożeniowe. Na rys. 9.13 pokazano budowę wyłącznika dźwigniowego jednotorowego, dwupołożeniowego. Wewnątrz dźwigni 1 swobodnie może przesuwac się trzpień 2, dociskany niewidoczną na rysunku sprężyną. W położeniu dźwigni jak na rysunku trzpień naciska na zwieracz 3 po-



wodując rozwarcie styków skrajnych (z lewej strony). W drugim położeniu dźwigni trzpień naciska na zwieracz z przeciwnego końca, powodując rozwarcie styków. Styki środkowe są zawsze zwarte. Srebrny styk napawany jest bezpośrednio na miedziany łącznik, którego wyprowadzenie stanowi końcówka płaska (konektorowa) 4. Łączniki są zamocowane w podstawie 5. Pokrywa 6 jest mocowana do podstawy zatrzaskami. W górnej, zwężonej części pokrywy jest usytuowany przegub kulowy dźwigni. Nakrętka 7 przeznaczona jest do zamocowania wyłącznika w otworze deski rozdzielczej. Dopuszczalne obciążenie styków wynosi 12 A.

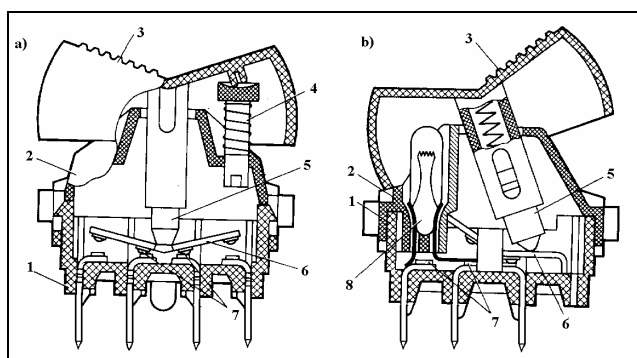


Rys. 9.13. Wyłącznik dźwigniowy

1 – dźwignia, 2 - trzpień, 3 - zwieracz, 4 - końcówka płaska, 5 - podstawa, 6- pokrywa, 7 – nakrętka

Obecnie stosuje się powszechnie działające na podobnej zasadzie wyłączniki klawiszowe (rys. 9.14) i przykładowo w samochodzie Polonez zastosowano następujące wyłączniki klawiszowe:

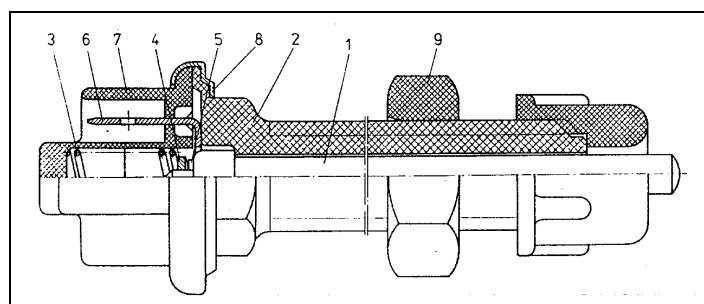
- wyłącznik trójpołożeniowy, dwutorowy oświetlenia zewnętrznego i wskaźników,
- wyłącznik dwupołożeniowy, jednutorowy reflektorów przeciwmgłowych,
- wyłącznik dwupołożeniowy, jednutorowy lamp przeciwmgłowych,
- wyłącznik dwupołożeniowy, dwutorowy świateł awaryjnych.



Rys. 9.14. Wyłączniki klawiszowe  
 a) samopowrotny, b) z wymuszonym powrotem  
 1 - podstawa, 2 - korpus, 3 - ruchomy klawisz, 4 - sprężyna powrotna, 5 - dźwignia,  
 6 - styk ruchomy, 7 - styki nieruchome, 8 - żarówka podświetlająca

#### 9.4.3.4. Styczniki świateł hamowania

Każdy pojazd powinien mieć dwa tylne światła sygnalizujące do tyłu zmniejszenie prędkości lub zatrzymanie pojazdu, świecące w okresie działania hamulca głównego. Światła STOP są włączane za pośrednictwem wyłącznika mechanicznego, hydraulicznego lub pneumatycznego, sterowanego przez układ uruchamiający mechanizmy hamulcowe kół jezdnych. Na rysunku 9.15 pokazano budowę stycznika świateł hamowania.



Rys. 9.15. Wyłącznik świateł hamowania  
 1 - trzpień, 2 - prowadnica, 3 - sprężyna, 4 - zwieracz, 5 - styk, 6 - końcówka płaska,  
 7 - korpus, 8 - pierścień łączący korpus z prowadnicą, 9 - nakrętka

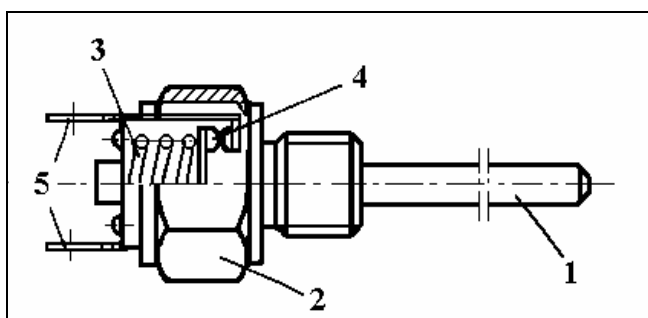
Trzpień 1 może przesuwаться w prowadnicy 2. Sprężyna 3 dociska zwieracz 4 do styków 5. Stycznik jest w stanie załączenia. Przy naciśnięciu trzpienia przesuwają się on osiowo, pokonując opór sprężyny i odpycha zwieracz od styków, wówczas stycznik jest w stanie wyłączenia. Wyłącznik jest nierozbieralny, zamontowany jest na wsporniku pedałów. Po naciśnięciu pedału hamulca

dźwignia zwalnia trzpień wyłącznika, powodując włączenie świateł hamowania. Dopuszczalne obciążenie stycznika wynosi 6 A przy napięciu 12 V.

Wymagania i badania styczników światła hamowania określa norma BN-80/3684-03. Rozróżnia się następujące rodzaje styczników światła hamowania: mechaniczne, hydrauliczne, pneumatyczne.

#### 9.4.3.5. Wyłącznik lampy cofania

Na rys. 9.16 pokazano wyłącznik lampy cofania stosowany w samochodach Fiat 125p i Polonez. Wyłącznik jest w stanie załączenia przy braku nacisku na popychacz. Po wciśnięciu popychacza następuje rozwarcie styków, jednocześnie zostaje napięta sprężyna powrotna. Wyłącznik jest wkręcony w tylnej pokrywie skrzynki biegów. Popychacz jest sterowany ramieniem dźwigni włączającej bieg wsteczny.



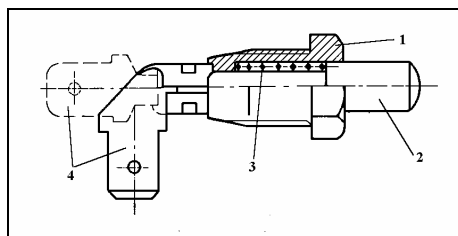
Rys. 9.16. Stycznik świateł cofania

1 - przycisk, 2 - korpus, 3 - sprężyna powrotna, 4 - styki, 5 - końcówka płaska

#### 9.4.3.6. Wyłącznik przyciskowy

Wyłączniki przyciskowe stosuje się do włączania oświetlenia po zwolnieniu nacisku na przycisk wywołany np. drzwiami, dźwignią hamulca ręcznego, pokrywą bagażnika itd. Budowa wyłącznika została przedstawiona na rysunku 9.17. Składa się on z metalowego korpusu 1 wkręconego w element konstrukcyjny samochodu i połączonego z masą pojazdu. Wewnątrz korpusu może się osiowo przesunąć przycisk 2 wykonany z materiału izolacyjnego. Na przycisku zaciśnięta jest końcówka płaska (konektorowa) 4. Sprężyna 3 dociska obejmę końcówki płaskiej do czoła korpusu. Wówczas wyłącznik jest w stanie załączenia. Po naciśnięciu trzpienia przesuną się on osiowo pokonując opór sprężyny; następuje odsunięcie obejmę końcówki od

czoła korpusu. W tym stanie wyłącznik jest w stanie rozłączenia. Dopuszczalne obciążenie wynosi 1 A. Wyłącznik jest elementem nierozbieralnym.



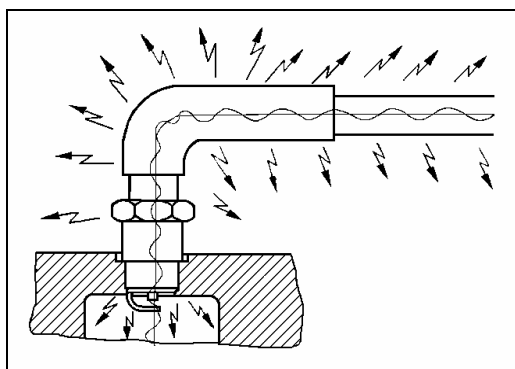
Rys. 9.17. Wyłącznik przyciskowy  
1 - korpus, 2 - przycisk, 3 - sprężyna, 4 - końcówka płaska

W autobusach i samochodach ciężarowych stosowane są odłączniki elektromagnetyczne lub ręczne przeznaczone do odłączania akumulatorów od sieci elektrycznej samochodów ciężarowych i autobusów. Wymagania stawiane odłącznikom podaje norma BN-82/3688-06.

## 9.5. Przeciwdziałanie zakłóceniom radioelektrycznym

Każde przerwanie prądu w obwodzie i każde wyładowanie iskrowe stają się źródłem fal elektromagnetycznych, które odbierane są przez odbiorniki radiowe i telewizyjne, jak również zakłócają funkcjonowanie innych urządzeń elektronicznych. Źródłem zakłóceń jest również nieodpowiednio zabezpieczona instalacja samochodowa zawierająca szereg urządzeń, których normalna praca (wyładowania iskrowe świec (rys. 9.18), komutator prądnicy lub silniczków, wyłącznik samoczynny i regulator napięcia, przerywacz kierunkowskazów, przerywacz prądu w obwodzie zapłonowym) jest związana z wytwarzaniem zakłóceń radioelektrycznych.

Głównym źródłem zakłóceń jest instalacja zapłonowa, ze względu na wyładowania iskrowe w świecach zapłonowych. Wszystkie przewody wysokiego napięcia stają się antenami nadawczymi wysyłającymi fale elektromagnetyczne. Powoduje to zakłócenia radiowe, ale tylko w stosunkowo niewielkiej odległości, w promieniu kilkudziesięciu a nawet kilkuset metrów. Gorzej jest z zakłóceniami odbioru telewizyjnego, co wynika ze zbliżonego zakresu częstotliwości fal ultradźwiękowych emitowanych przez instalację zapłonową. Będą one odbierane przez odbiorniki telewizyjne (tak samo i radiowe przy odbiorze programu na falach ultrakrótkich) w znacznej nawet odległości.



Rys. 9.18. Świeca zapłonowa wraz z przewodem jako źródło zakłóceń radioelektrycznych

Obecnie urządzenia zapobiegające zakłóceniom radiowym i telewizyjnym muszą być stosowane w samochodach i motocyklach.

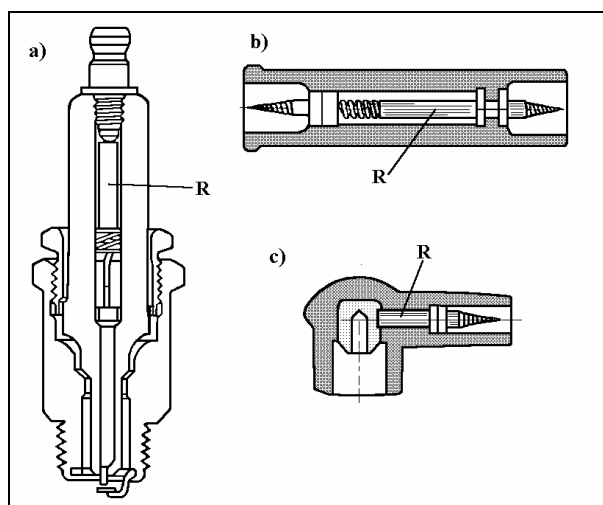
### 9.5.1. Urządzenia przeciwzakłóceniami

Są dwa zasadnicze sposoby przeciwdziałania zakłóceniom radiowym i telewizyjnym:

- zapobieganie powstawaniu fal elektromagnetycznych - tłumienie,
- zabezpieczenie przed rozchodzeniem się (wypromieniowywaniem) tych fal - ekranowanie.

Oba te sposoby stosuje się łącznie. Przerwy i zmiany kierunku prądu oraz wyładowania elektryczne zachodzące w instalacji elektrycznej stają się źródłem fal elektromagnetycznych, które rozchodzą się wzdłuż przewodów i są przez te przewody wypromieniowywane w przestrzeń powodując zakłócenia w odbiorze radiowym i telewizyjnym. Ponieważ największe zakłócenia powodują wyładowania iskrowe na świecach zapłonowych, to urządzenia zabezpieczają przede wszystkim (a w praktyce często i wyłącznie) instalację wysokiego napięcia.

Wyładowanie iskrowe między elektrodami świecy zapłonowej nie jest wyładowaniem pojedynczym, a składa się z wielu następujących po sobie coraz słabszych i stopniowo zanikających wyładowań. Te wtórne wyładowania są właśnie głównym źródłem zakłóceń. Wprowadzenie w obwód prądu wysokiego napięcia wysokoomowego rezystora (rzędu 10 kOhm) tłumie te wtórne wyładowania.



Rys. 9.19. Sposoby umieszczania rezystorów przeciwzakłóceńowych  
 a - świeca zapłonowa z wbudowanym rezystorem przeciwzakłóceńowym, b - końcówka przelotowa,  
 c - końcówka fajkowa nasadzana na świecę; R - rezystor przeciwzakłóceńowy

Stosuje się:

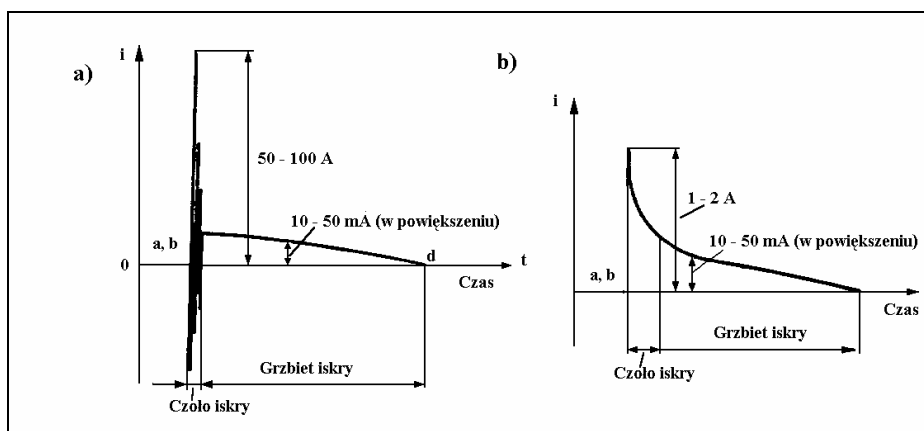
- 1) rezystory przeciwzakłóceńowe (oporniki) wbudowane w:
  - świece zapłonowe (rezystory o wartości 5 . . .10 kOhm), rys. 9.19a
  - końcówki przewodów wysokiego napięcia nasadzane na świecę zapłonowe, (rys. 9.19c, b);
  - gniazda kopułki rozdzielacza,
  - palce rozdzielacza,
- 2) przeciwzakłóceńowe przewody zapłonowe (z reguły wszystkie przewody zapłonowe wysokiego napięcia) z równomiernie rozłożoną rezystancją na całej długości przewodu (około 15 kOhm/m).

Efekt tłumienia obrazuje rys. 9.20.

Przy zapłonie bateryjnym wyładowania iskrowe występują nie tylko między elektrodami świec zapłonowych, ale i również między palcem rozdzielacza a stykami od których idą przewody do świec zapłonowych (odstęp 0,3 . . .0,5 mm). Rezystory przeciwzakłóceńowe powinny znajdować się jak najbliżej źródeł zakłóceń.

Lepsze efekty w tłumieniu zakłóceń niż rezystory dają przewody przeciwzakłóceńowe. Budowa ich została przedstawiona na rys. 9.4.

Jeżeli zastosowanie rezystorów przeciwzakłóceńowych pogarsza regularność biegu jałowego silnika, zaleca się zwiększyć odstęp elektrod świec zapłonowych o 0,1 mm.

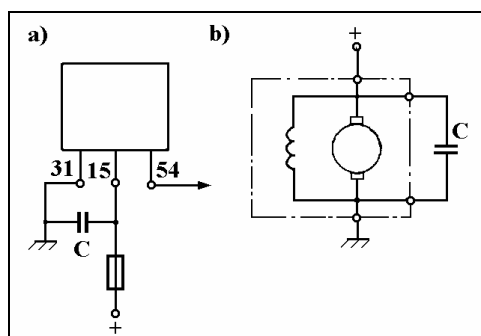


Rys. 9.20. Efekt tłumienia oporowego w obwodzie zapłonowym, wykres przebiegu prądu wtórnego  
 a - przed włączeniem oporników tłumiących, b - po włączeniu oporników tłumiących

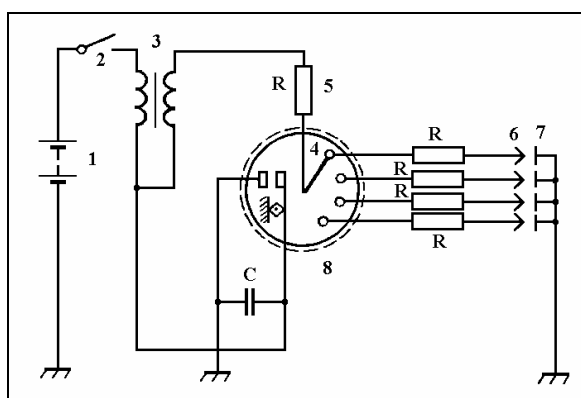
Przed zakłóceniami zabezpiecza też ekranowanie instalacji wysokiego napięcia. Stosuje się w tym celu metalowe osłony na końcówkach świec (obejmujące nasadkę wraz ze świecą) oraz przewody wysokiego napięcia w metalowym oplocie, czasem nawet metalowe osłony zamykające rozdzielacz i cewkę zapłonową. Warunkiem ich skuteczności jest dobre połączenie wszystkich elementów ekranujących ze sobą i masą samochodu. Stosuje się to przy zabezpieczaniu obostrzonym w pojeździe wyposażonym w aparaturę radiofoniczną wysokiej czułości. Metalowy oplot przewodu wysokiego napięcia nie połączony z masą pojazdu, nie tylko nie spełniałby zadania ekranowania, ale ze względu na indukowane w nim szybkozmienne prądy (które powinny być odprowadzone do masy) sam stałby się źródłem tzw. wtórnego promieniowania i powodowałby zakłócenia.

Zadanie ekranowania całej instalacji elektrycznej spełnia w znacznym stopniu metalowe nadwozie samochodu. Czasem jednak nadwozie może stać się źródłem zakłóceń. Wskutek tarcia o powietrze blach nadwozia, tarcia opon o jezdnię, tarcia paska klinowego napędzającego wentylator i prądnicę, itp. tworzą się ładunki elektryczności statycznej. Jeżeli elementy nadwozia, np. drzwi, maska, pokrywa bagażnika, nie są doskonale połączone ze sobą elektrycznie, to nie tylko nie będą ekranować, ale w wyniku różnych potencjałów wytworzonych na nich ładunków elektryczności statycznej - mogą występować między nimi wyładowania iskrowe, które staną się źródłem zakłóceń. Przy bardzo dokładnych zabezpieczeniach przeciwzakłóceń stosuje się łączenie ze sobą wszystkich metalowych elementów samochodu (silnika, ramy, części nadwozia, zawieszania kół, itp.) dodatkowymi przewodami lub klamrami metalowymi. W pojazdach specjalnych (cysterny) zapobiega się wyładowaniom elektrostatycznym przy użyciu luźno zwisającego przewodu,

wlczonego po nawierzchni jezdni i stale stykającego się z nią. W tym celu stosuje się linkę stalową lub łańcuch, bądź taśmy z gumy specjalnej ("antistatic").



Rys. 9.21. Zabezpieczenie kondensatorem przeciwzakłóceniovym  
a - przerywacza kierunkowskazów, b - silnika wycieraczki



Rys. 9.22. Tradycyjne zabezpieczenie przeciwzakłóceniovie instalacji zapłonowej  
1 - akumulator, 2 - wyłącznik zapłonu, 3 - cewka zapłonowa, 4 - rozdzielacz zapłonu, 5 - oporniki przeciwzakłóceniovie (10 k $\Omega$ ), 6 - końcówka przewodu zapłonowego z wbudowanym opornikiem przeciwzakłóceniovym (10 k $\Omega$ ), 7 - świece zapłonowe

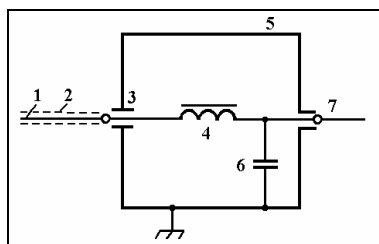
Oprócz elementów przeciwzakłóceniovych stosowanych w obwodach wysokiego napięcia układów zapłonowych, istnieje często potrzeba stosowania elementów przeciwzakłóceniovych w obwodach niskiego napięcia, aby zmniejszyć poziom zakłóceń wewnątrz pojazdu i w bezpośredniej jego bliskości. Potrzeba taka pojawia się zazwyczaj w przypadku instalowania w pojeździe radiodbiornika lub radiotelefonu. Elementami tymi są kondensatory i filtry przeciwzakłóceniovie (typu LC). Są one instalowane możliwie blisko urządzenia, które wytwarza zakłócenia. Ewentualnymi miejscami przyłączenia ich (w miarę potrzeby) są zaciski: rozdzielacza zapłonu (przerywacz), cewki



zapłonowej, prądnicy, regulatora napięcia, silników wycieraczek, dmuchawy, spryskiwacza.

Kondensatory włączane są równolegle do źródeł zakłóceń (rys.9.21). Stosowanie takich kondensatorów ma jeszcze dodatkową zaletę: zapobiegając iskrzeniu, jednocześnie przeciwdziałają one wypalaniu komutatorów, szczotek oraz styków przerywaczy, przedłużając więc ich trwałość. Stosuje się kondensatory o pojemnościach 0,1. . 0,3  $\mu\text{F}$ . Przykładowy schemat filtra przeciwzakłóceniewego przedstawiono na rys. 9.23.

Dławik 4, włączony szeregowo ma dużą reaktancję indukcyjną, proporcjonalną do częstotliwości ( $X_L = 2\pi fL$ ). Dławik taki tłumi wahania prądu wielkiej częstotliwości, który płynąłby ze źródła zakłóceń, kondensatory: przepustowy 3 i zwykły 6, służą do odprowadzania przebiegów wielkiej częstotliwości do masy. Reaktancja pojemnościowa kondensatora maleje ze zwiększaniem częstotliwości,  $X_C = 1/2\pi fC$



Rys.9.23. Filtr przeciwzakłóceniewy  
1 - przewód przenoszący zakłócenia, 2 - ekran,  
3 - kondensator przepustowy, 4 - dławik, 5 - obudowa, 6 - kondensator, 7 - przewód wyjściowy (bez zakłóceń)

Z samodzielnymi próbami stosowania wspomnianych urządzeń przeciwzakłóceniewych należy być ostrożnym, zwłaszcza, gdy chodzi o wyłączniki samoczynne i regulatory napięcia. Nie do wszystkich typów można stosować kondensatory, bowiem może to odbić się ujemnie na sposobie działania urządzeń które chcemy zabezpieczyć.

### 9.5.2. Dopuszczalne poziomy zakłóceń radioelektrycznych

Według normy PN-69/E-02031 "Przemysłowe zakłócenia radioelektryczne. Dopuszczalne poziomy", rozróżnia się osiem grup urządzeń powodujących zakłócenia. Elementy wyposażenia elektrycznego samochodu należą do różnych grup i zawierają źródła wytwarzające zakłócenia o widmie ciągłym lub quasi-ciągłym wytwarzane przez komutatorowe maszyny elektryczne, urządzenia przełączające i inne z ruchomymi stykami oraz urządzenia zapłonowe. Ustalono następujące dopuszczalne poziomy zakłóceń: W - wysoki, N - normalny, O - obniżony, S<sub>1</sub> i S<sub>2</sub> - specjalne.

Napięciem zakłóceń nazywa się największą z wartości napięcia zmierzonych na zaciskach źródła zakłóceń przy określonej częstotliwości, wyrażone jest w mV lub  $\mu\text{V}$ , albo w dB w stosunku do 1 mV lub 1  $\mu\text{V}$  (PN-68/T-04502).

*Dopuszczalnym natężeniem pola zakłóceń radioelektrycznych nazywa się największe z wartości natężenia pola elektromagnetycznego zmierzonych przy danej częstotliwości.*

Do pomiarów o charakterze orientacyjnym, dla wykrywania wadliwej pracy instalacji, służą wskaźniki i szukacze zakłóceń. Szukacze zakłóceń są to przenośne odbiorniki o małych wymiarach oraz niewielkiej masie i o konstrukcji znacznie uproszczonej w porównaniu z miernikami zakłóceń. Przykładem takiego urządzenia może być szukacz typu ZSS-1.

Elementy przeciwwzakłóceniewe, w jakie samochód jest wyposażony fabrycznie, zapewniają jedynie wymagane normami dopuszczalne natężenie pola zakłóceń w odległości 10 m od pojazdu.

Pierwszą czynnością po stwierdzeniu zakłóceń jest sprawdzenie stanu technicznego instalacji elektrycznej, a w szczególności:

- sprawdzenie (omomierzem) rezystancji przejścia wzdłuż przewodów i końcówek przeciwwzakłóceniewych w obwodzie wysokiego napięcia;
- sprawdzenie prawidłowości (według instrukcji fabrycznej) przerw: między elektrodami świec zapłonowych, oraz między stykami przerywacza, a także ich stanu;
- sprawdzenie stanu styków regulatora napięcia;
- sprawdzenie stanu ekranowania i połączenia z masą pojazdu przewodu antenowego oraz korpusu radioodbiornika.

W przypadku posiadania specjalistycznych urządzeń diagnostycznych możliwa jest lokalizacja źródeł zakłóceń i dróg ich rozchodzenia na podstawie wskazań przyrządów. W przypadku braku takich przyrządów pozostaje metoda (subiektywna) nasłuchu radiowego.

Przeciwdziałanie zakłóceniom radioelektrycznym jest bardzo ważnym zagadnieniem w nowych konstrukcjach pojazdów samochodowych wyposażanych fabrycznie w mikroprocesory sterujące pracą silnika oraz pracą szeregu urządzeń samochodu.

## **9.6. Badanie i diagnostyka instalacji elektrycznej pojazdu**

Badania instalacji na pojazdach obejmują:

- *badania kwalifikacyjne*, którym poddawane są pojazdy w liczbie określonej przez normy PN-85/S-76001, BN-71/3689-02 i BN-70/3615-01, które określają zarówno zakres badań, jak i liczbę pojazdów wybieranych do badań.
- *badania okresowe kontrolne*, którym poddawane są pojazdy o liczbie określonej przez normy na wyroby finalne przemysłu motoryzacyjnego,
- *badania odbiorcze*, którym poddawane jest 100% pojazdów z partii przedstawionej do odbioru oprócz sprawdzenia poziomu zakłóceń radioelek-

trycznych, którym poddaje się pojazdy w liczbie określonej w normach na wyroby finalne przemysłu motoryzacyjnego.

*Badania kwalifikacyjne* obejmują: oględziny, sprawdzenie zgodności z dokumentacją techniczną, sprawdzenie montażu, działania, gotowości do eksploatacji oraz sprawdzenie: spadków napięcia, bilansu elektroenergetycznego, obwodu rozruchowego, obwodu zapłonu, działania sygnału dźwiękowego, wpływu temperatury otoczenia na działanie wyrobów, odporności na wstrząsy, świateł zewnętrznych, oświetlenia wewnętrznego, oświetlenia wskaźników i świateł lamp kontrolnych i ostrzegawczych, poziomów zakłóceń radioelektrycznych oraz badanie trwałości.

*Badania okresowe* kontrolne obejmują te same próby, co badania kwalifikacyjne z wyjątkiem sprawdzenia bilansu elektroenergetycznego, obwodu rozruchowego, temperatury otoczenia elementów wyposażenia, odporności na wstrząsy i oświetlenia wewnętrznego.

*Badania odbioru* obejmują: oględziny, sprawdzenie zgodności z dokumentacją techniczną, montażu, działania, gotowości do eksploatacji, sprawdzenie ustawienia świateł głównych, poziomu zakłóceń radioelektrycznych oraz próbę drogową.

*Badania diagnostyczne* obejmują: sprawdzenie poszczególnych obwodów, sprawdzenie niektórych charakterystycznych elementów wyposażenia, istotnych dla prawidłowej pracy całego pojazdu, ze względów bezpieczeństwa ruchu drogowego, sprawdzenie ustawienia świateł głównych oraz w przypadku uszkodzeń lokalizację i określenie rodzaju tych uszkodzeń instalacji elektrycznej pojazdu.

### **9.6.1. Warunki przeprowadzenia badań instalacji elektrycznej na pojeździe**

Badania należy prowadzić zgodnie z normą BN-71/3689-02. Elementy wchodzące w skład wyposażenia elektrycznego powinny być do badań kwalifikacyjnych i okresowych przygotowane następująco:

- 1) akumulator musi być po przebiegu eksploatacyjnym w ciągu 50÷100 h naładowany do 75% pojemności znamionowej, a temperatura elektrolitu akumulatora przed rozpoczęciem badań powinna wynosić  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ , jeśli w określonym badaniu nie określono inaczej,
- 2) regulator prądniccy powinien być nastawiony w granicach tolerancji regulacji napięcia, podanych w instrukcji fabrycznej (lub w normie), jeśli w określonym badaniu nie ustalono inaczej,
- 3) zaciski urządzeń i połączenia wtyczkowe powinny być czyste oraz prawidłowo zamontowane,

- 4) w pojazdach samochodowych z hakiem pociągowym, badanych bez przyczep, odbiorniki elektryczne przyczepy należy zastąpić równoważnym obciążeniem,
- 5) odbiorniki elektryczne przyczepy muszą być zasilone z tego samego akumulatora, co pojazd przewidziany do eksploatacji z przyczepą.

### **9.6.2. Sprawdzenie wykonania instalacji elektrycznej pojazdu**

W ramach sprawdzenia instalacji elektrycznej pojazdu wykonuje się następujące badania:

- sprawdzenie kompletności zespołów i części wyposażenia elektrycznego, właściwe oznaczenie poziomów zakłóceń radioelektrycznych, sprawdzenie rodzaju instalacji - jedno lub dwunapięciowa (12 V lub 24 V), właściwe połączenie jednego z biegunów akumulatora z masą pojazdu,
- sprawdzenie rozmieszczenia i sposobu montażu oraz wymiarów elementów wyposażenia elektrycznego przez porównanie z dokumentacją techniczną instalacji elektrycznej pojazdu oraz jego zespołów. Sprawdzenie montażu przeprowadza się przez:
  - oględziny zabezpieczeń elementów mocujących urządzenia przed samoczynnym odkręceniem,
  - oględziny zabezpieczeń przewodów elektrycznych przed uszkodzeniem w miejscach ich mocowania, w miejscach przejścia przez otwory oraz na krawędziach elementów stalowych, w miejscach narażonych na wysoką temperaturę oraz przed ocieraniem przez części ruchome pojazdu, itd.

### **9.6.3. Sprawdzenie działania instalacji elektrycznej pojazdu**

Sprawdzenie działania polega na zbadaniu pracy poszczególnych obwodów i urządzeń elektrycznych będących w tych obwodach. Zwykle producent pojazdów określa zakres i sposób przeprowadzania tych badań, przy czym sprawdza się działanie co najmniej: obwodów i urządzeń oświetlenia i sygnalizacji świetlnej oraz dźwiękowej, rozruchu, prądnicy, urządzeń kontrolno - pomiarowych, itd.

Sprawdzenie działania instalacji elektrycznej pojazdu należy przeprowadzić przez następujące próby:

- 1) pięciokrotne włączenie i wyłączenie świateł drogowych, mijania i pozycyjnych stosując właściwą kolejność przełączania,
- 2) pięciokrotne włączenie świateł kierunku jazdy (kierunkowskazów) oraz awaryjnych (zgodnie z PN-68/S-73032)
- 3) pięciokrotne włączenie pedałem światła hamowania sprawdzając jego widoczność, intensywność świecenia,

- 4) trzykrotne uruchomienie wycieraczki i spryskiwacza szyby, kolejno na każdej prędkości, sprawdzenie równomierności pracy wycieraków,
- 5) pięciokrotne włączenie sygnału dźwiękowego na 5 s z przerwą 10 s, sprawdzając donośność i czystość dźwięku,
- 6) trzykrotne uruchomienie silnika rozrusznikiem wg instrukcji obsługi,
- 7) sprawdzenie prawidłowości działania i wskazań wskaźników,
- 8) sprawdzenie pracy pozostałych odbiorników.

#### **9.6.4. Sprawdzenie gotowości do eksploatacji**

Sprawdzenie gotowości do eksploatacji instalacji elektrycznej pojazdu należy przeprowadzić przez: pomiar poziomu i gęstości elektrolitu, sprawdzenie naciągu paska klinowego prądnicy, sprawdzenie kompletności wyposażenia dodatkowego. Podczas próby drogowej kompletnego pojazdu należy sprawdzić działanie wyposażenia elektrycznego samochodu.

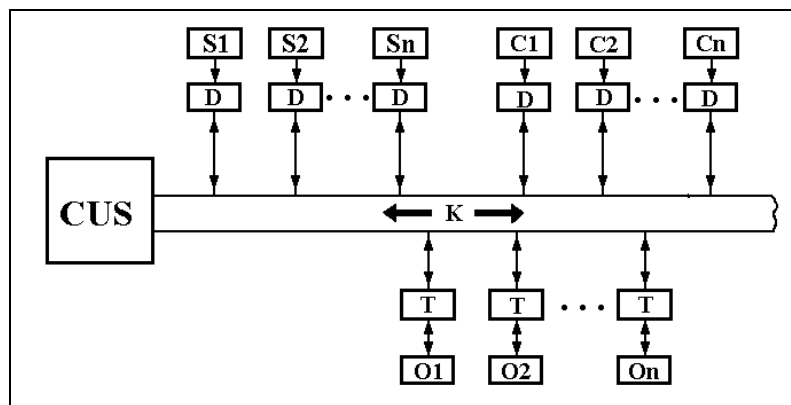
Okresowe przeglądy wyposażenia elektrycznego zapobiegają niesprawnościom pojazdu i umożliwiają usunięcie usterek w chwili, gdy nie są one groźne. Przeglądy należy wykonywać co około 5000 km przebiegu pojazdu i należy je łączyć z zabiegami regulacyjnymi i konserwacją. Pojazd nieeksploatowany przez dłuższy czas wymaga przed uruchomieniem dodatkowego przeglądu, natomiast pojazd eksploatowany na drogach o złej nawierzchni wymaga dodatkowego sprawdzenia zamocowania wyrobów i zacisków przewodów oraz stanu akumulatora. Przyczyny niedomagań wyposażenia elektrycznego pojazdu w wielu przypadkach nie są jednoznaczne pomimo występowania tych samych objawów. W takim przypadku konieczne jest zbadanie całego obwodu, w którym wystąpiło niedomaganie. W przypadku zakłóceń w zasilaniu instalacji bada się obwód: prądnica, regulator, akumulator i włączone w szereg łączniki, a szczególnie przewody i ich zaciski.

W pojeździe podlegającym regularnym przeglądom wykrycie i naprawa niedomagania jest znacznie łatwiejsze niż w pojeździe zaniedbanym, w którym występuje wiele niepewnych połączeń oraz nadmiernie zużytych i rozregulowanych części.

#### **9.7. Perspektywy rozwoju instalacji samochodowych**

Duża różnorodność urządzeń elektronicznych stosowanych we współczesnych samochodach, wymaga innego spojrzenia na sposób zasilania tych urządzeń i korzystania z dostarczanych przez nie informacji. Wiele urządzeń jest sterowanych tymi samymi sygnałami: prędkości obrotowej wału korbowego, temperatury silnika, prędkości pojazdu, itp.

W samochodzie wszystkie urządzenia połączone są przewodami skupionymi w wiązki. Sumaryczna liczba przewodów wynosi przeciętnie około 250 o sumarycznej długości około 500 m. W każdym obwodzie występuje kilka elementów przełączających i kilka złączy. Ogółem złączy tych jest w samochodzie kilkaset. Wiązki przewodów są szczególnie narażone na uszkodzenia mechaniczne, tam gdzie nie są one sztywno przymocowane do elementów nadwozia. Szczególnie w samochodach ciężarowych występuje konieczność dołączania przewodów o dużym przekroju do znormalizowanych złączy elektrycznych. Wiązki przewodów mają dużą masę i oddziaływania dynamiczne masy wiązki w czasie jazdy samochodu powodują uszkodzenia złączy. Rzutuje to na niezawodność samochodu, bowiem przyczyną około jednej czwartej awarii samochodów są usterki ich instalacji elektrycznych. W wiązkowej instalacji elektrycznej zasilającej układy elektroniczne występują zakłócenia spowodowane indukowaniem się w przewodach instalacji sił elektromotorycznych pod wpływem źródeł znajdujących się w pojeździe (np. układ zapłonowy) lub na zewnątrz (np. stacje radarowe).

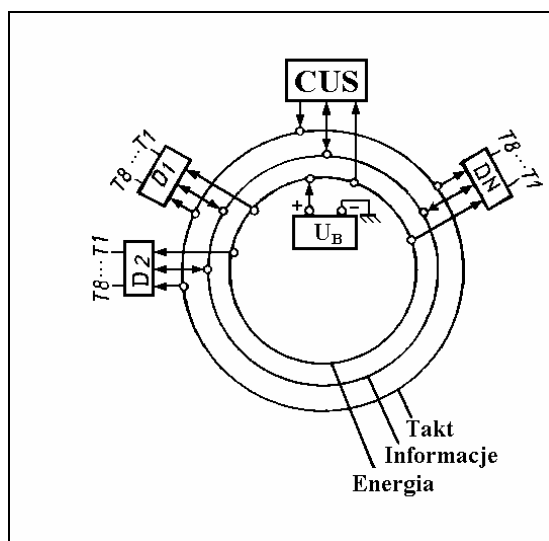


Rys. 9.24. Przykład działania instalacji multipleksowej zaproponowanej przez firmę Bosch  
 CUS - centralny układ sterujący, D - układ kodująco-dekodujący, S - łącznik,  
 C - czujnik, O - odbiornik, T - element peryferyjny

Rozwój techniki mikroprocesorowej umożliwił realizację integracji funkcji rozproszonych dotąd w różnych układach samochodu. W propozycjach multipleksowych instalacji zmniejszono liczbę przewodów do trzech: przewodu mocy, oraz przewodów transmitujących dane niezbędne do sterowania odbiornikami (magistrala danych). Każdy odbiornik ma swój adres i reaguje na sygnał sterujący tylko wówczas, gdy sygnał wywoławczy zawiera jego adres. W instalacji multipleksowej wszystkie elementy peryferyjne: łączniki, czujniki i odbiorniki współpracują z układami kodująco-dekodującymi (rys. 9.24), które z kolei dołączane są do tzw. magistrali danych. Proponuje się

szeregowe przesyłanie informacji, dlatego magistrala może być dwu-przewodowa. Na informacje przesyłane magistralą danych reaguje poprzez układ kodująco-dekodujący tylko ten element wykonawczy, którego adres jest zgodny z przesyłanym zakodowanym adresem.

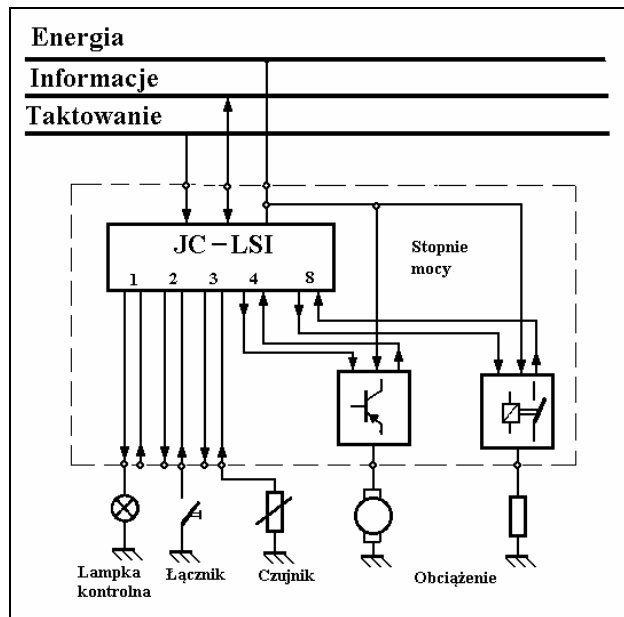
Dla zmniejszenia kosztu układów kodująco-dekodujących można zastosować tzw. koncentratory obsługujące kilka elementów (rys. 9.25). Zaletą takiego rozwiązania jest rozdzielenie kanałów energetycznego i informacyjnego, co zwiększa niezawodność systemu.



Rys. 9.25. Przykład struktury systemu pierścieniowego instalacji multipleksowej firmy Bosch  
CUS - centralny układ sterujący, DN - układ kodująco-dekodujący, T - element peryferyjny

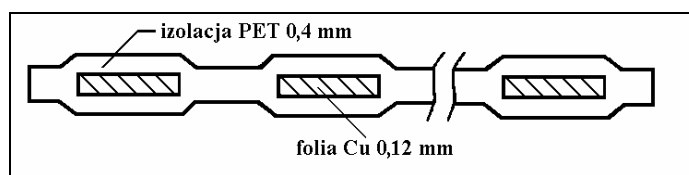
Na rys. 9.26 przedstawiono przykład elementu peryferyjnego instalacji multipleksowej firmy Bosch. Układ kodująco-dekodujący zawiera oprócz mikroprocesora również stopnie mocy, które mogą realizować również funkcje zabezpieczenia przeciwzwarceniowego.

Instalacja multipleksowa ułatwia realizację pokładowego systemu diagnostycznego. Centralny mikroprocesor kontroluje wszystkie układy peryferyjne, zapamiętując informacje niezbędne do określenia stanu pojazdu i steruje wyświetlaczem informującym kierowcę o stanie poszczególnych układów pojazdu.



Rys. 9.26. Przykład elementu peryferyjnego instalacji multipleksowej firmy Bosch

Również zmiany dotyczą tradycyjnego wykonania instalacji elektrycznej. W Nissanie Almera po raz pierwszy konwencjonalne wiązki przewodów zostały zastąpione częściowo przez miękkie, taśmowe wiązki (rys. 9.27) elektryczne (FFC). Ta metoda okablowania zmniejsza o 21% czas montażu instalacji w samochodzie, eliminując przy tym możliwość pomylenia zacisków, charakteryzuje się wyższym współczynnikiem oddawania ciepła, będąc jednocześnie o 27% lżejsza od okablowania tradycyjnego, dla producenta oznacza zmniejszenie czasu produkcji o połowę.



Rys. 9. 27. Taśmowa wiązka przewodów FFC



## **10. WYBRANE ZAGADNIENIA Z DZIEDZINY SAMOCHODOWYCH SYSTEMÓW KOMPUTEROWYCH**

### **10.1. Wybrane elementy zespołów elektronicznych**

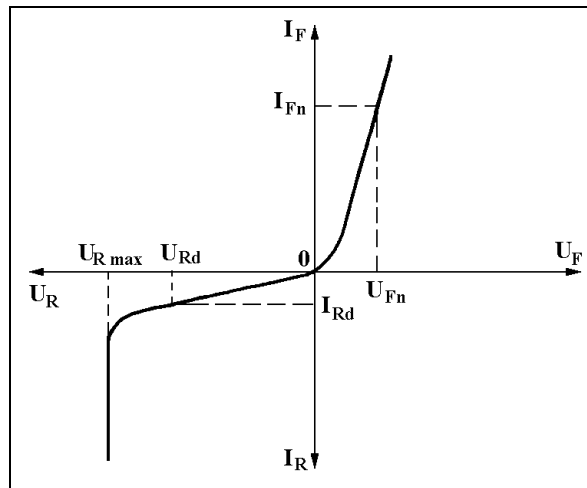
Odpowiedni zestaw elementów elektronicznych może stanowić urządzenie elektroniczne, które z kolei może być wykorzystane do przekazywania i przekształcania informacji, przetwarzania lub sterowania energią, precyzyjnych pomiarów czasu, temperatury i wielu innych wielkości pojawiających się w trakcie eksploatacji pojazdów samochodowych.

W chwili obecnej istnieje coraz większe zapotrzebowanie na urządzenia elektroniczne, które coraz częściej, częściowo lub całkowicie zastępują wykorzystywane do tej pory urządzenia mechaniczne. Urządzenia te charakteryzują się mniejszymi wymiarami, większą sprawnością i niezawodnością niż ich mechaniczne odpowiedniki. Współczesne pojazdy samochodowe są wyposażone w wiele różnych typów urządzeń elektronicznych, w wyniku działania, których jest możliwe zmniejszenie zużycia paliwa, zwiększenie niezawodności, komfortu i bezpieczeństwa w porównaniu z dotychczas stosowanymi systemami regulacyjnymi.

#### **Dioda prostownicza**

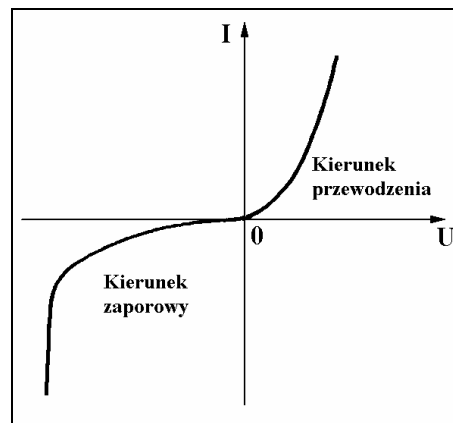
Charakterystykę statyczną diody przedstawiono na rys. 10.1. W kierunku przewodzenia, przy małej wartości napięcia  $U_F$  dioda półprzewodnikowa przewodzi mało skutecznie, powodując przepływ prądu o niewielkiej wartości. Dopiero po przekroczeniu tzw. napięcia progowego (dla diody krzemowej ok. 0,5 do 0,7 V) wartość prądu przewodzenia szybko wzrasta. W kierunku zaporowym przez diodę płynie prąd wsteczny o bardzo małej wartości - rzędu kilku miliamperów. Przy określonej wartości napięcia wstecznego (przy tzw. napięciu granicznym  $U_{Rmax}$ ) rozpoczyna się szybko narastanie prądu wstecznego, przy prawie stałej wartości napięcia wstecznego. W związku z

właściami diod prostowniczych znalazły one szereg zastosowań w elektrycznym wyposażeniu samochodu.



Rys. 10.1. Charakterystyka statyczna diody półprzewodnikowej:  
 $U_F, I_F$  - napięcie i prąd w kierunku przewodzenia,  $U_R, I_R$  - napięcie i prąd w kierunku zaporowym,  
 $I_{Fn}$  - prąd znamionowy przewodzenia,  $U_{Fn}$  - spadek napięcia na diodzie przy prądzie znamionowym  
 przewodzenia,  $U_{Rmax}$  - napięcie graniczne,  $U_{Rd}$  - napięcie dopuszczalne wsteczne,  
 $I_{Rd}$  - prąd wsteczny przy napięciu dopuszczalnym wstecznym

### Dioda Zenera



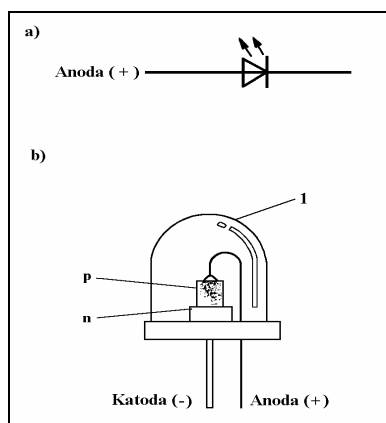
Rys. 10.2. Charakterystyka diody Zenera

Dioda Zenera jest diodą półprzewodnikową, w której wykorzystuje się część zaporową charakterystyki. Przebieg charakterystyki diody Zenera w kierunku przewodzenia jest analogiczny jak dla diody prostowniczej, natomiast w kierunku zaporowym charakterystyka przebiega początkowo podobnie jak w diodzie prostowniczej, a następnie gwałtownie się zakrzywia.

Napięcie wsteczne, przy którym następuje to gwałtowne zakrzywienie charakterystyki jest zwane napięciem Zenera.  $U_z$ . Jest ono zależne od temperatury. Stała wartość napięcia Zenera przy zmianach prądu w dość szerokich granicach powoduje, że diody te znalazły zastosowanie do stabilizacji i do ograniczania napięcia. Charakterystykę diody Zenera przedstawiono na rys. 10.2.

### Dioda elektroluminescencyjna (LED)

Dioda elektroluminescencyjna jest diodą stanowiącą złącze typu P-N. Złącze to jest umieszczone w obudowie metalowej z okienkiem przepuszczającym światło na zewnątrz. Diody elektroluminescencyjne świecą podczas przepływu prądu przy polaryzacji w kierunku przewodzenia. Emitowany strumień świetlny jest tym większy, im większy jest prąd przepływający przez diodę.



Rys. 10.3. Dioda elektroluminescencyjna:

a) symbol diody, b) zarys budowy:

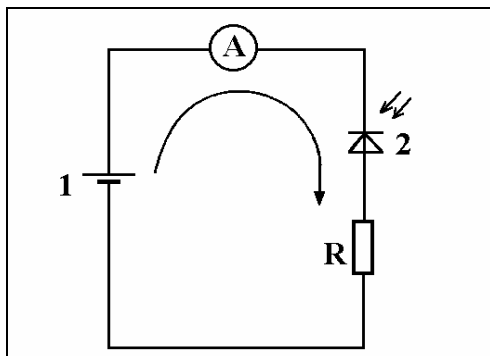
1 - przezroczysta obudowa, P,N warstwy półprzewodnikowe

Parametrem odróżniającym diody elektroluminescencyjne od małych żarówek sygnalizacyjnych jest brak bezwładności świetlnej. Znaczy to, że dioda emituje światło jednocześnie z pojawieniem się prądu przewodzenia i gaśnie równocześnie z przerwaniem tego prądu. Dioda ta charakteryzuje się następującymi właściwościami: dłuższa żywotność i niższa temperatura pracy niż zwykła żarówka, możliwość pracy przy niskich napięciach (około 3 V). Na

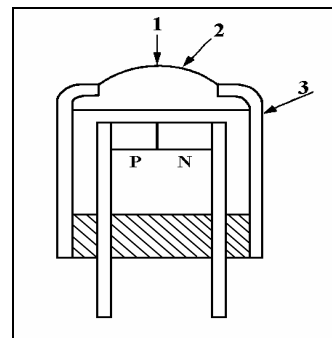
rys. 10.3 przedstawiono schemat ideowy i zarys budowy diody elektroluminescencyjnej.

### Fotodioda

Fotodioda jest elementem zbudowanym ze złącza P-N, w którym wykorzystuje się zależność prądu wstecznego od strumienia świetlnego padającego na to złącze. Innymi słowy, jeżeli do fotodiody doprowadzone jest napięcie wsteczne o odpowiedniej wartości, a sam element zostanie oświetlony, następuje w obwodzie przepływ ujemnego prądu (rys. 10.4).



Rys. 10.4. Obwód elektryczny z fotodiodą:  
1 - akumulator, 2 - fotodioda R - rezystor,  
A - amperomierz



Rys. 10.5. Elementy składowe fotodiody:  
1- doprowadzony strumień świetlny, 2 - soczewka,  
3 - metalowa obudowa

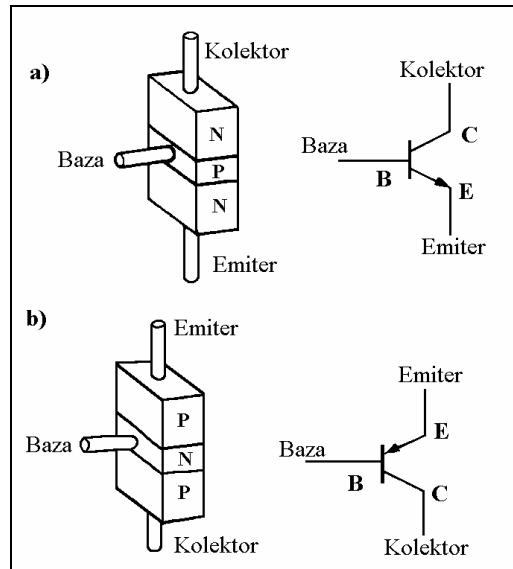
Diody tego rodzaju mogą być używane do kontroli pracy np. automatycznej klimatyzacji regulującej temperaturę wnętrza pojazdu samochodowego. Na rys. 10.5 przedstawiono budowę fotodiody.

### Tranzystor

Zasadę budowy tranzystora przedstawiono na rys. 10.6. Tranzystor składa się z dwu złączy P-N połączonych szeregowo. Złącza są umieszczone w obudowie hermetycznej z trzema wyprowadzeniami od poszczególnych warstw półprzewodnika. Skrajne warstwy półprzewodnika nazywa się emiterem i kolektorem, a środkową warstwę - bazą. W zależności od typu półprzewodnika (N lub P) tworzącej bazę rozróżnia się tranzystory N-P-N lub P-N-P.

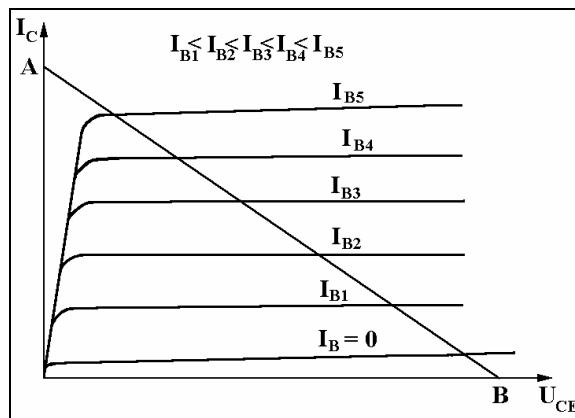
Na rys. 10.7 przedstawiono charakterystykę wyjściową tranzystora tzn. zależność prądu kolektora  $I_C$  od napięcia  $U_{CE}$  na złączu kolektor-emiter przy stałych wartościach prądu bazy  $I_B$ . Wartość prądu kolektora początkowo szybko zwiększa się (przy małej wartości napięcia  $U_{CE}$ ), a następnie ustala się na

określonym poziomie - tranzystor pracuje w stanie nasycenia (przewodzenie) - punkt A.



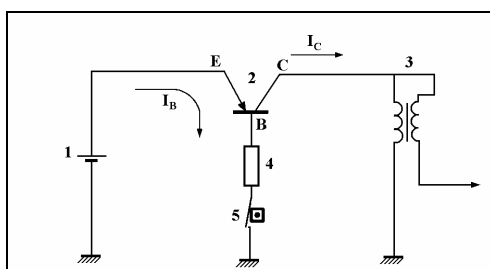
Rys. 10.6. Zasada budowy i polaryzacja tranzystorów:  
a) typu N-P-N, b) typu P.-N-P; E - emiter, B - baza, C - kolektor

Punkt B na charakterystyce wyjściowej tranzystora, w którym występuje maksymalny spadek napięcia  $U_{CE}$  (prąd  $I_C$  teoretycznie jest równy zero) odpowiada stanowi odcięcia (nieprzewodzenia) tranzystora.



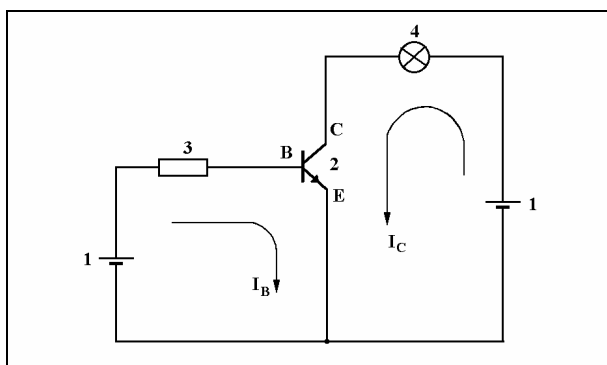
Rys. 10.7. Charakterystyki wyjściowe tranzystora

Zwykły tranzystor może w zespołach elektronicznych samochodu pracować np. jako wzmacniacz sygnałów lub włącznik. Przepływ prądu o małej wartości w obwodzie bazy, może spowodować przepływ prądu o dużej wartości w obwodzie emiter-kolektor. Prąd ten może być od 10 do 1000 razy większy od prądu płynącego w obwodzie bazy. W samochodach, wspomniana funkcja miała zastosowanie w tzw. półtranzystorowych układach zapłonowych (rys. 10.8).



Rys. 10.8. Przykład zastosowania tranzystora w układzie zapłonowym:  
1 - akumulator, 2 - tranzystor, 3 - cewka zapłonowa, 4 - rezystor, 5 - styki przerywacza

Prąd  $I_B$  bazy płynie w obwodzie od akumulatora do styków przerywacza przez tranzystor  $T_R$  i rezystor  $R$ . Powoduje on powstanie prądu  $I_C$  kolektora o dużej wartości. Wykorzystanie tego układu wpływa na zwiększenie trwałości styków przerywacza (mała wartość prądu płynącego przez styki).



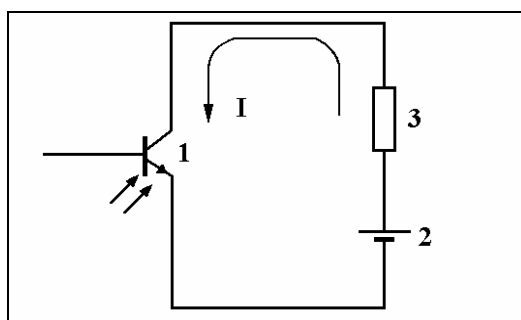
Rys. 10.9. Przykład zastosowania tranzystora jako wyłącznika lampki kontrolnej:  
1 - akumulator, 2 - tranzystor, 3 - rezystor, 4 - lampka kontrolna

Tranzystor może być również wykorzystywany jako włącznik. Przepływ prądu  $I_B$  w obwodzie bazy powoduje przepływ prądu  $I_C$  w obwodzie kolektora. Gdy prąd  $I_B$  przestaje płynąć, zanika prąd  $I_C$ . Oznacza to, że tranzystor może działać jak przekaźnik i służyć np. jako włącznik lampki kontrolnej (rys. 10.9).

## Fototranzystor

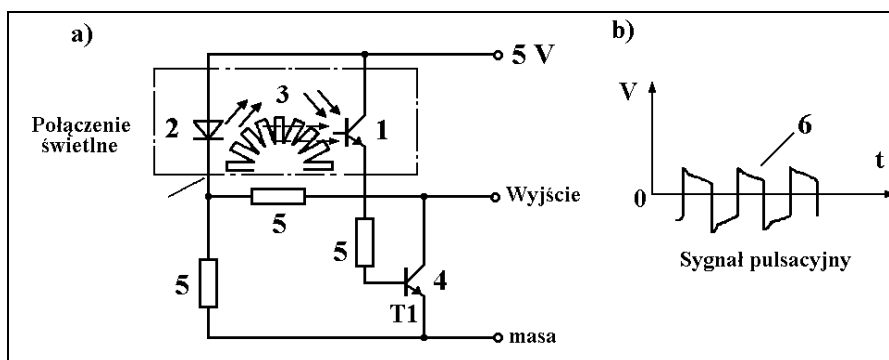
Fototranzystor jest elementem trójwarstwowym P-N-P lub N-P-N, w którym prąd kolektora  $I_C$  jest sterowany przez strumień świetlny padający na bazę.

W fototranzystorze zmiany strumienia świetlnego powodują zmiany prądu. Obwód elektryczny z fototranzystorem przedstawiono na rys. 10.10.



Rys. 10.10. Obwód elektryczny z fototranzystorem:  
1 - fototranzystor, 2 - akumulator, 3 - rezystor

Przykładem praktycznego zastosowania tego elementu może być tzw. przełącznik świetlny (rys. 10.11). Między fotodiodą emitującą światło i fototranzystorem (który jest jego odbiornikiem) znajduje się obracające koło z nacięciami. Koło jest połączone z linką szybkościomierza i wraz ze wzrostem prędkości jazdy samochodu, następuje zwiększenie prędkości obrotowej koła.



Rys. 10.11. Układ elektryczny ilustrujący zasadę działania przełącznika świetlnego:

a) schemat ideowy przełącznika; b) sygnał napięciowy;

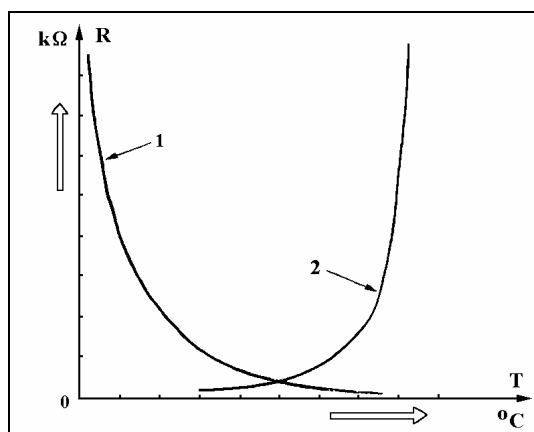
1 - fototranzystor, 2 - fotodioda, 3 - koło z nacięciami, 4 - tranzystor, 5 - rezystory, 6 - sygnał napięciowy

Przy mniejszej prędkości jazdy, zmniejsza się prędkość obrotowa koła. Wirujące koło z nacięciami przerywa promień światła przechodzący od fotodiody do fototranzystora, włączając i wyłączając fototranzystor (jednocześnie przełączając tranzystor T1). Na wyjściu tranzystora T1 powstaje pulsujący sygnał informujący elektroniczną jednostkę sterującą o prędkości jazdy samochodu.

### Termistor

Termistor jest elementem zbudowanym z tlenków metali (niklu, kobaltu, magnezu, żelaza). Znajdują one m.in. zastosowanie jako czujniki temperatury - do szybkiego jej pomiaru. Rezystancja termistora zmienia się w bardzo dużym zakresie razem ze zmianami temperatury. W większości termistorów spadkom temperatury towarzyszy wzrost rezystancji. Tego rodzaju termistory są nazywane termistorami z ujemnym współczynnikiem temperaturowym.

Stosowane są również termistory z dodatnim współczynnikiem temperaturowym, w których rezystancja wzrasta wraz ze wzrostem temperatury. Na rys. 10.12 przedstawiono zależności rezystancji od temperatury termistorów dla elementów z dodatnim i ujemnym współczynnikiem temperaturowym.



Rys. 10.12. Zależność rezystancji termistora od temperatury:

- 1 - termistor z ujemnym współczynnikiem temperaturowym,
- 2 - termistor z dodatnim współczynnikiem temperaturowym

### Element piezoelektryczny

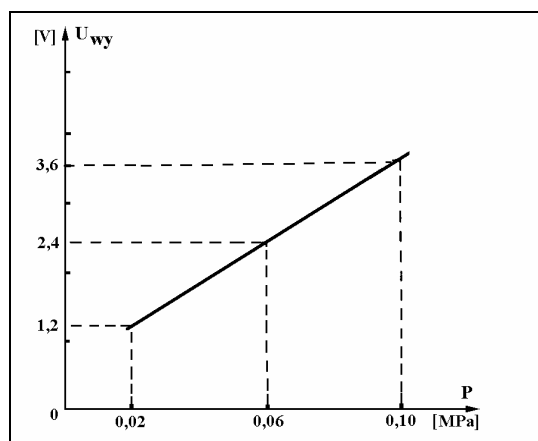
Element piezoelektryczny (o strukturze kryształu) jest wykonany ze specjalnych materiałów półprzewodnikowych. Istnieją dwa typy elementów półprzewodnikowych: jeden, który zmienia rezystancję pod wpływem działania sił mechanicznych (np. ciśnienia lub naprężeń), drugi, który pod wpływem



tych samych sił powoduje, że element półprzewodnikowy staje się źródłem elektrycznego napięcia. Pierwsza właściwość elementów piezoelektrycznych jest wykorzystywana w technice motoryzacyjnej w układach elektronicznego wtrysku paliwa (typu D) w czujnikach ciśnienia.

Zmianom podciśnienia w kolektorze ssącym towarzyszą zmiany rezystancji. Zmiany rezystancji są następnie zamieniane na sygnał elektryczny przez wbudowany do czujnika układ scalony. Na rys. 10.13 przedstawiono zależność napięcia wyjściowego od ciśnienia czujnika mierzącego ciśnienie panujące w kolektorze ssącym, który jest zainstalowany w układzie elektronicznego wtrysku paliwa.

Zdolność elementu piezoelektrycznego do zamiany ciśnienia na sygnał napięciowy znalazła zastosowanie w czujniku wykrywającym stuki silnika.



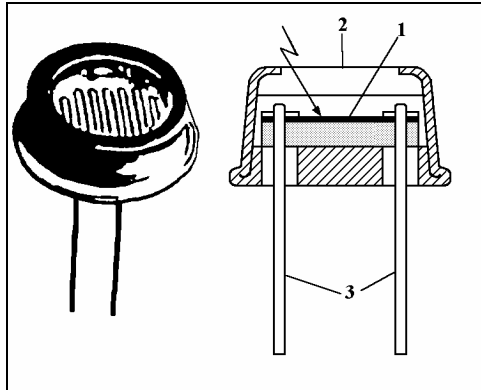
Rys. 10.13. Zależność napięcia wyjściowego od ciśnienia czujnika ciśnienia z elementem piezoelektrycznym, w którym rezystancja zmienia się wpływem sił mechanicznych

### Fotorezystor

Fotorezystor jest elementem światłoczułym wykonanym z półprzewodnika typu P lub N. Płytką z elementem światłoczułym jest umieszczona w hermetycznej obudowie z okienkiem przezroczystym dla światła. Fotorezystory wykonane są zwykle ze związków kadmu i ołowiu, a także germanu z domieszką cynku, miedzi lub złota.

W chwili oświetlenia półprzewodnika lub rezystora następuje zmiana ich rezystancji. Zjawisko to jest nazywane "efektem fotoelektrycznym", a element wykorzystujący je, jest nazywany "fotorezystorem". Przykładem wykorzystującym opisane zjawisko może być fotorezystor zbudowany z siarczku kadmu (CdS). Jego rezystancja jest zależna od ilości światła padającego na powierzchnię. Z chwilą przyłożenia napięcia do końcówek fotorezystora, wartość prądu płynącego przez fotorezystor zależy od rezystancji elementu, która

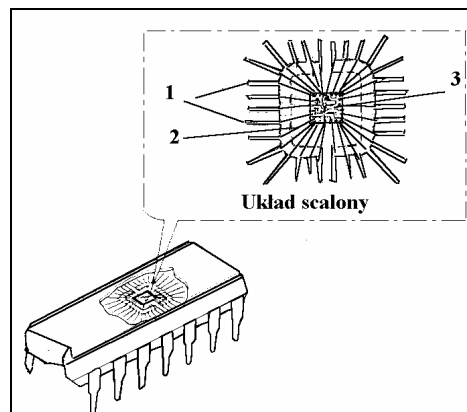
z kolei zależy od oświetlenia fotorezystora (rys. 10.14). W pojazdach samochodowych fotorezystory są wykorzystywane w układach automatycznego włączania i wyłączania świateł głównych.



Rys.10.14. Przykład budowy fotorezystora z siarczku kadmu:  
1 - fotoelement z siarczku kadmu, 2 - szyba, 3 - elektrody

### Układy scalone

Układ scalony jest złożony z kilku tysięcy elementów, w skład których wchodzi tranzystory, diody, kondensatory, rezystory itp. Elementy te rozłożone są na płycie krzemowej o powierzchni kilku milimetrów kwadratowych, a całość jest zamknięta w ceramicznej lub plastikowej obudowie. Na rys. 10.15 przedstawiono ogólny schemat układu scalonego.



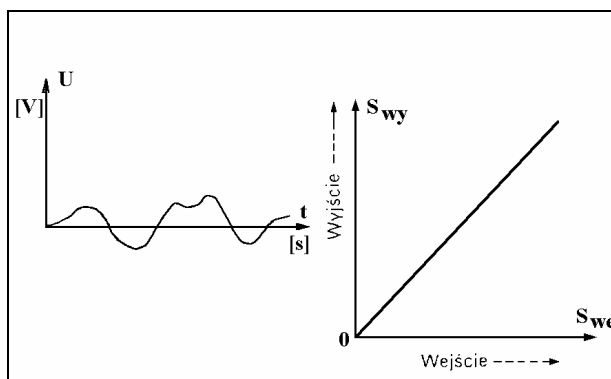
Rys. 10.15. Schemat ogólny budowy układu scalonego:  
1 - elektrody, 2 - połączenie układu scalonego z elektrodami, 3 - układ scalony zawierający tysiące elementów

Pojedynczy układ scalony może spełniać określone funkcje jak np. logiczne porównywanie dwóch sygnałów, porównywanie wartości sygnałów, wzmacnianie napięcia wejściowego itp. Miniaturyzacja układów scalonych powoduje, że połączenia poszczególnych elementów mają minimalną długość, stąd wysoka niezawodność układu. Z tego też powodu układy te są bardzo małe i bardzo lekkie, a koszty produkcji niezbyt wygórowane.

Układy scalone ze względu na zastosowanie można podzielić na analogowe i cyfrowe, z tym, że w technice motoryzacyjnej znajdują zastosowanie układy scalone cyfrowe. Ze względu na liczbę elementów umieszczonych na jednej płycie (skala integracji) układy scalone dzielą się na:

- układy scalone o małej skali integracji - ok. 100 elementów,
- układy scalone o średniej skali integracji - ok. 100 do 1000 elementów,
- układy scalone o dużej skali integracji - od 10.000 do 100.000 elementów,
- układy scalone o wielkiej skali integracji - powyżej 100.000 elementów.

Sygnały elektryczne uzyskiwane z układów scalonych można podzielić na sygnały analogowe i cyfrowe.



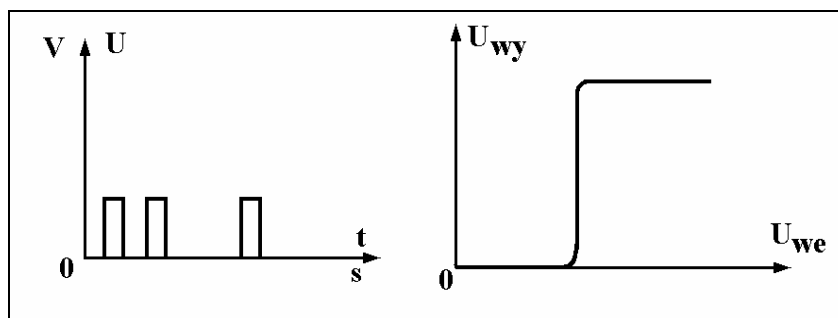
Rys. 10.16. Sygnały analogowe:

a) przebieg sygnału analogowego, b) charakterystyka obwodu analogowego (zależność sygnału wyjściowego od wejściowego)

*Sygnały analogowe* są zmienne w czasie, a w charakterystyce obwodu analogowego zmiany sygnału wyjściowego są proporcjonalne do sygnału wejściowego. Na rys. 10.16 przedstawiono sygnał analogowy i charakterystykę obwodu analogowego.

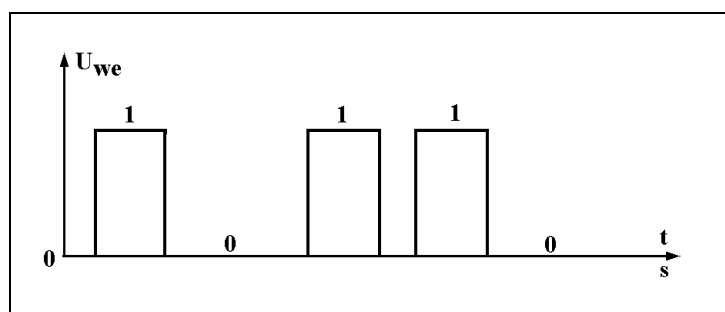
*Sygnały cyfrowe* są zmienne skokowo w czasie (włączony - wyłączony), a w charakterystyce obwodu cyfrowego stopniowemu wzrostowi sygnału wyjściowego odpowiada w pewnej chwili nagły skok sygnału wyjściowego (np. w trakcie wzrostu napięcia wejściowego od 0 V do 5 V sygnał wyjściowy w fazie początkowej ma stałą wartość 0 V, dopiero w chwili, gdy sygnał wejściowy osiągnie wartość ok. 5 V następuje skokowy wzrost napięcia wyjściowego).

wego do wartości 5 V). Na rys. 10.17 przedstawiono sygnał cyfrowy i charakterystykę obwodu cyfrowego.



Rys. 10.17. Sygnały cyfrowe: a) przebieg sygnału cyfrowego, b) charakterystyka obwodu cyfrowego (zależność sygnału wyjściowego od wejściowego)

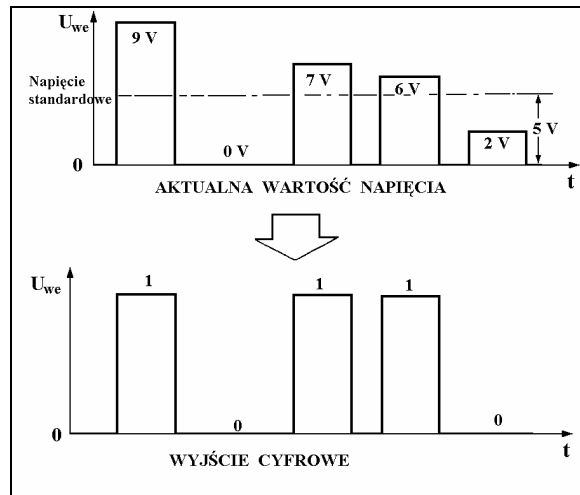
Stwierdzenie włączenia sygnału jest dla porządku oznaczone liczbą **1**, natomiast wyłączenie sygnału jest dla porządku oznaczone liczbą **0** (rys. 10.18)



Rys. 10.18. Charakterystyka sygnału cyfrowego napięcie w funkcji czasu w systemie 0 - 1

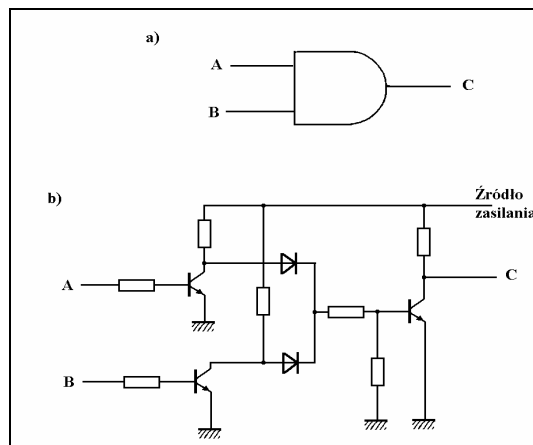
W przypadku sygnału napięciowego (używanego jako sygnał wejściowy) wybiera się pewną założoną (standardową) wartość, wtedy wszystkie wartości napięć wyższe od założonej będą reprezentowane przez **1**, a niższe przez **0**. Na przykład (rys. 10.19) przy założonym napięciu równym 5 V, sygnały o wartościach 9 V, 7 V i 6 V będą traktowane przez komputer jako **1**. Sygnały 2 V, 0 V będą odczytywane przez komputer jako **0**. Cyfrowe układy scalone zbudowane są z wielu różnych elementów. Najważniejszym z nich jest tranzystor. Obwody znajdujące się w cyfrowym układzie scalonym są nazywane obwodami logicznymi. Składają się one z kombinacji wielu różnych bramek takich jak bramka AND, bramka OR, bramka NOT, bramka NAND i bramka NOR.

Bramki te, zwane logicznymi, posiadają zdolność przetwarzania dwóch lub więcej sygnałów.



Rys. 10.19. Charakterystyka sygnału cyfrowego w przypadku wyboru standardowej wartości napięcia sygnału wejściowego

### Bramka AND

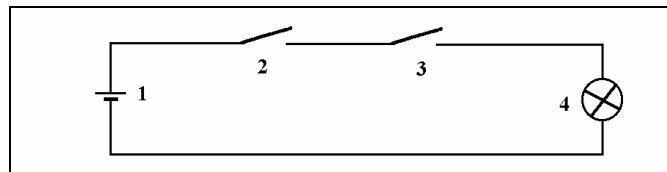


Rys. 10.20. Bramka logiczna typu AND:

- a) symbol logiczny bramki AND, b) schemat elektryczny bramki AND;  
A,B - zaciski sygnałów wejściowych, C - zacisk sygnału wyjściowego

Dla uproszczenia obwody logiczne są przedstawiane za pomocą określonych symboli. Taki obwód logiczny jest zbudowany z wielu elementów

półprzewodnikowych. Na rysunku 10.20 obok symbolu przedstawiono również układ połączeń elementów półprzewodnikowych bramki AND. Zasadę pracy bramki AND można wyjaśnić analizując prosty obwód elektryczny (rys. 10.21). Wejściu A i B bramki AND w obwodzie mechanicznym odpowiadają: przełączniki 2 i 3, a wyjściu C odpowiada żarówka 4. W schemacie bramki AND żarówka pali się, gdy dwa łączniki są włączone. Jeśli jeden łącznik (lub obydwa) jest wyłączony żarówka gaśnie.



Rys. 10.21. Obwód elektryczny odpowiadający bramce AND:  
1 - akumulator, 2, 3 - łączniki odpowiadające wejściom A i B, 4 - żarówka (wyjście C)

Podobnie w rzeczywistej półprzewodnikowej bramce AND, napięcie wyjściowe **1** pojawi się na zacisku C (w odniesieniu do masy) tylko w przypadku napięć o wartości **1** na obu zaciskach wejściowych "A i B" bramki. Jeżeli na jednym z zacisków "A i B" bramki (lub na obu) jest sygnał napięciowy równy **0**, to na zacisku wyjściowym C także pojawi się sygnał **0**.

W tabeli 10.1 przedstawiono wszystkie możliwe kombinacje wartości sygnałów wejść A i B oraz wyjścia C, bramki AND.

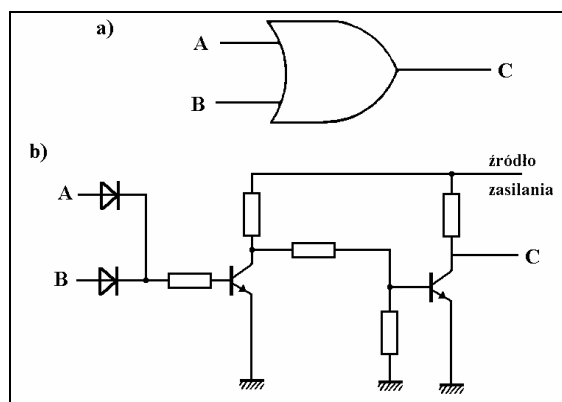
Tabela 10.1.

Możliwe kombinacje sygnałów wejść A i B oraz wyjść C bramki AND

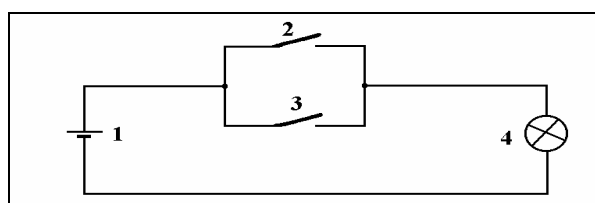
WEJŚCIE		WYJŚCIE
A	B	C
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

### Bramka OR

Na rys. 10.22 przedstawiono symbol logiczny bramki OR i schemat elektryczny tej bramki. Na rys. 10.23 natomiast przedstawiono prosty obwód elektryczny odpowiadający bramce OR. Analizując ten obwód można stwierdzić, że jeżeli jeden z wyłączników (lub obydwa) zostanie włączony, żarówka 4 zapali się. Podobnie w rzeczywistej półprzewodnikowej bramce OR, napięcie wyjściowe **1** pojawi się w punkcie C w przypadku pojawienia się napięcia o wartości **1** na jednym (lub obydwu) wejściach.



Rys. 10.22. Bramka logiczna typu OR: a) symbol logiczny bramki OR, b) schemat elektryczny bramki OR  
A,B - zaciski sygnałów wejściowych, C - zacisk sygnału wyjściowego



Rys. 10.23. Obwód elektryczny odpowiadający bramce OR:  
1 - akumulator, 2,3 - wyłączniki odpowiadające wejściom A i B, 4 - żarówka (wyjście C)

W tabeli 10.2 przedstawiono wszystkie możliwe kombinacje wartości sygnałów wejść A,B i wyjścia C bramki OR.

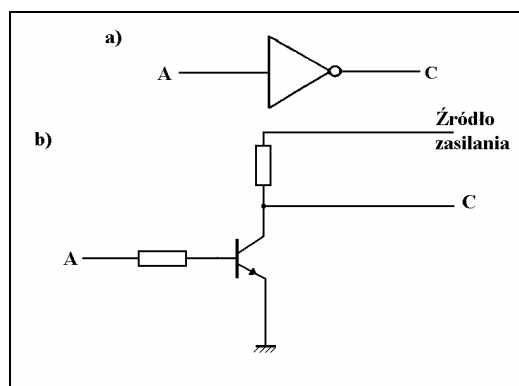
Tabela 10.2.

Możliwe kombinacje sygnałów wejść A i B oraz wyjść C bramki OR

WEJŚCIE		WYJŚCIE
A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

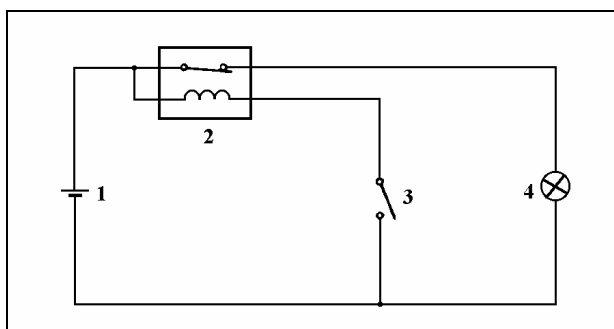
### Bramka NOT

Na rys. 10.24 przedstawiono symbol logiczny bramki NOT i schemat elektryczny tej bramki.



Rys. 10.24. Bramka logiczna typu NOT:  
 a) symbol logiczny bramki NOT, b) schemat elektryczny bramki NOT,  
 A - zacisk sygnału wejściowego, C - zacisk sygnału wyjściowego

Na rys. 10.25 natomiast przedstawiono prosty obwód elektryczny odpowiadający bramce NOT. Analizując ten obwód można stwierdzić, że włączenie łącznika 3 powoduje rozwarcie styków przekaźnika 2 i przerwanie przepływu prądu w obwodzie żarówki 4 (zgaśnięcie żarówki).



Rys. 10.25. Obwód mechaniczny odpowiadający bramce NOT  
 1 - akumulator, 2 - przekaźnik, 3 - przełącznik A, 4 - żarówka

Natomiast, gdy łącznik 3 jest wyłączony, styki przekaźnika są zwarte - żarówka świeci. Podobnie w rzeczywistej półprzewodnikowej bramce NOT pojawienie się sygnału napięciowego wejściowego na zacisku A, powoduje sygnał napięciowy zerowy na wyjściu. W przeciwnym przypadku (zerowy sygnał napięciowy na wejściu) pojawia się sygnał napięciowy na wyjściu.

W tabeli 10.3 przedstawiono kombinacje wartości sygnałów wejścia A i wyjścia C bramki NOT. Bramka NOT odwraca sygnał tzn., że sygnał wejściowy jest zawsze odwrotny do sygnału wyjściowego.

Tabela 10.3.

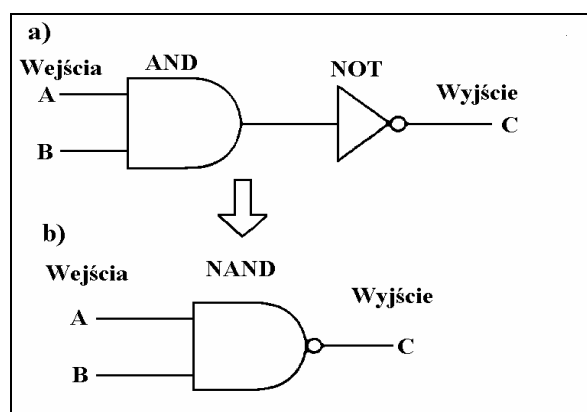


Możliwe kombinacje sygnałów wejść A oraz wyjść C bramki NOT

WEJŚCIE		WYJŚCIE
A		C
1		0
0		1

### Bramka NAND

Bramka NAND jest połączeniem bramki AND i bramki NOT. Na rys.10.26 przedstawiono symbol logiczny bramki NAND.



Rys. 10.26. Bramka NAND:

a) symbol logiczny bramki AND i NOT, b) symbol logiczny bramki NAND

Na wyjściu C pojawia się sygnał napięciowy 0 tylko w przypadku sygnału napięciowego 1 na obu wejściach A i B. Jeżeli na którymkolwiek z wejść sygnał napięciowy jest równy 0 to na wyjściu sygnał napięciowy przybierze wartość 1.

W tabeli 10.4 przedstawiono kombinacje wartości sygnałów wejścia A,B i wyjścia C bramki NAND.

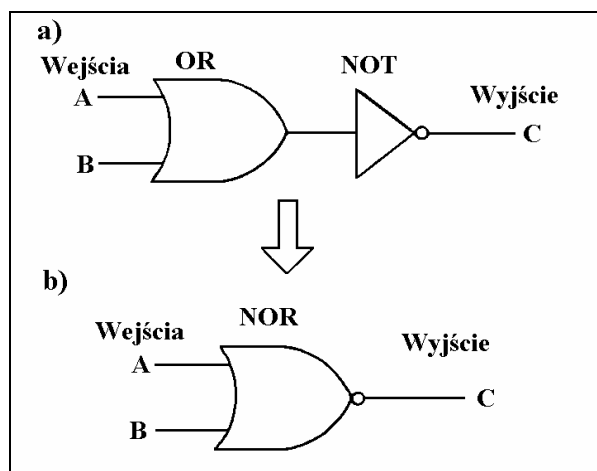
Tabela 10.4.

Możliwe kombinacje sygnałów wejść A, B, oraz wyjść C bramki NAND

WEJŚCIE		WYJŚCIE
A	B	C
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

## Bramka NOR

Bramka NOR jest połączeniem bramki OR i bramki NOT. Na rys.10.27 przedstawiono symbol logiczny bramki NOR. Na wyjściu C pojawia się sygnał napięciowy o wartości **1** tylko w przypadku, gdy sygnał napięciowy na wejściach A, B jest równy **0**. Jeżeli na dowolnym zacisku wejścia pojawia się sygnał napięciowy o wartości **1**, to na zacisku wyjściowym pojawia się sygnał napięciowy **0**.



Rys. 10.27. Bramka NOR:

a) symbol logiczny bramki OR i NOT. B) symbol logiczny bramki NOR

W tabeli 10.5 przedstawiono kombinacje wartości sygnałów wejścia A, B i wyjścia C bramki NOR.

Tabela 10.5.

Możliwe kombinacje sygnałów wejść A,B oraz wyjść C bramki NOR

WEJŚCIE		WYJŚCIE
A	B	C
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

## **10. 2. Sterowany elektronicznie silnik spalinowy**

### **10.2.1. Uwagi wstępne**

Coraz częściej pojazdy samochodowe są wyposażone w nowoczesne systemy sterowania komputerowego. W zależności od stosowanej techniki, mikrokomputer elektronicznych jednostek sterujących (EJS) systemu, może dokonywać pełnej i bardzo precyzyjnej regulacji, między innymi wartości wielkości charakteryzujących: silnik spalinowy, układ napędowy, układ hamulcowy, itp.

W początkowym okresie rozwoju system sterowania komputerowego był stosowany jako system regulacji silnika spalinowego dotyczący głównie: elektronicznego wtrysku paliwa i związanych z nim regulacji pośrednich np. kąta wyprzedzenia zapłonu, prędkości obrotowej silnika pracującego na biegu jałowym, diagnostyki itp. W zależności od różnic w tworzeniu sygnału wartości zadanej dawki paliwa tj. sygnału wartości zadanej ilości wtryskiwanego paliwa, wynikających ze sposobu przetwarzania danych, sterownik dawki paliwa może być analogowy bądź cyfrowy.

W analogowym sterowniku dawki paliwa wykorzystuje się modulację szerokości impulsu napięcia wyjściowego jego przerzutnika, która jest funkcją czasu rozładowania kondensatora przerzutnika. W cyfrowym sterowniku dawki paliwa, wykorzystuje się mapę dawkowania paliwa zawartą w pamięci stałej komputera.

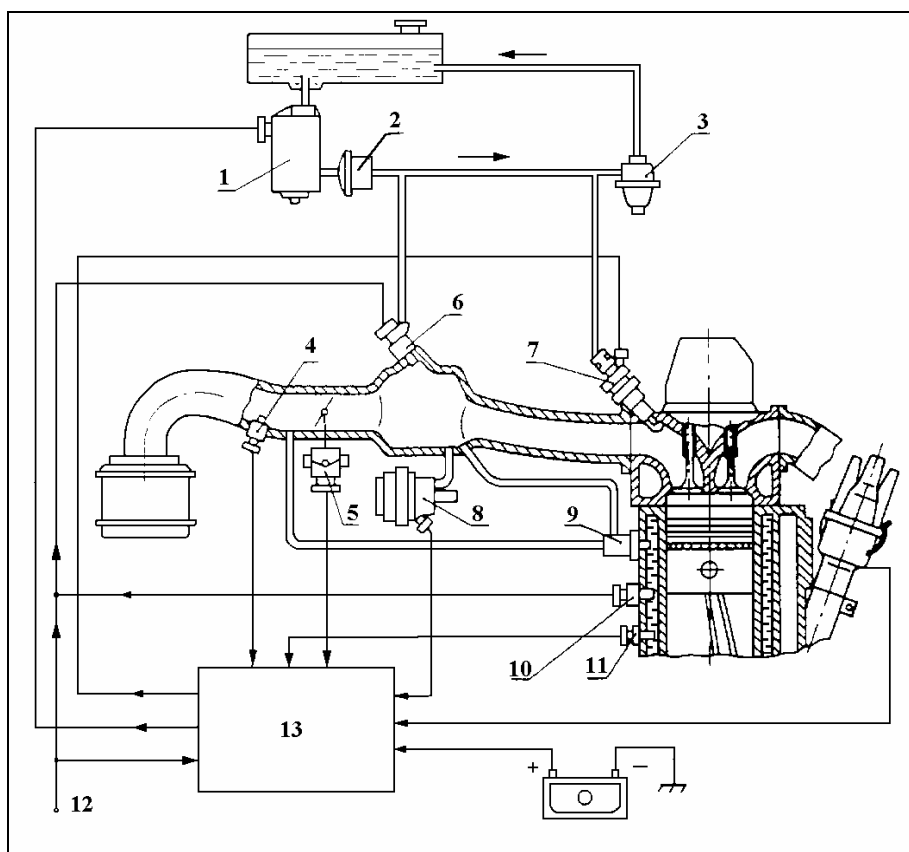
W systemie sterowania mikrokomputerem (cyfrowy sterownik) zachowane zostały funkcje regulacyjne silnika spalinowego z poprzednich metod. Dodatkowo mikrokomputer umożliwił wprowadzenie pomocniczych układów regulacji na przykład takich jak sterowana elektronicznie automatyczna skrzynia biegów. Wprowadzono też nowe układy regulacyjne jak np. sterowany elektronicznie hamulcowy układ przeciwoślizgowy (ABS) itp.

Prezentowane systemy sterowania mogą działać dokonując regulacji różnych wielkości fizycznych, aby osiągnąć ten sam efekt techniczny. Na przykład działający w układzie EJS silnika elektroniczny wtrysk paliwa charakteryzuje się dwoma podstawowymi systemami działającymi w zależności od metody określania ilości powietrza doprowadzanego do silnika spalinowego.

System typu D jest sterowany ciśnieniem w kolektorze dolotowym, a typu L jest sterowany wydatkiem powietrza dolotowego. Pierwszy rodzaj mierzy podciśnienie w kolektorze dolotowym i określa ilość powietrza doprowadzanego do silnika na podstawie jego gęstości. Ten typ elektronicznego wtrysku paliwa jest reprezentowany przez układ typu D-Jetronic, opracowany w 1967 r. przez firmę Bosch. D-Jetronic jest nazwą firmową, utworzoną z pierw-

szej litery niemieckiego słowa "Druck" (ciśnienie) oraz angielskiego skrótu "Jetronic" - od słów "jet" (wtrysk) i "electronic" (elektroniczny).

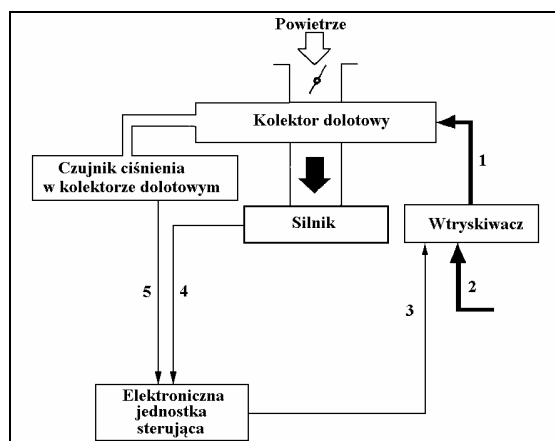
Na rysunku 10.28 przedstawiono schemat urządzenia wtryskowego D-Jetronic, a schemat funkcjonalny układu typu D-Jetronic, mający czujnik ciśnienia w kolektorze dolotowym - na rys. 10.29. Drugi rodzaj określa bezpośrednio ilość powietrza przepływającego przez kolektor dolotowy - przy pomocy przepływomierza. Ten typ elektronicznego wtrysku paliwa jest reprezentowany przez układ typu L-Jetronic, również firmy Bosch, wprowadzony w połowie lat osiemdziesiątych. W nazwie L-Jetronic, litera L pochodzi od niemieckiego słowa "Luft" (powietrze). Ten system jest dokładniejszy, bardziej odporny na zmiany temperatury i inne zakłócenia niż system D-Jetronic.



Rys.10.28. Schemat systemu D-Jetronic sterującego składem mieszanki:

1- pompa paliwowa, 2- filtr paliwa, 3- regulator ciśnienia, 4- czujnik temperatury, 5- wyłącznik położenia przepustnicy, 6- wtryskiwacz rozruchowy, 7- wtryskiwacz główny, 8- czujnik ciśnienia, 9- zawór powietrza dolotowego, 10- czasowy wyłącznik temperatury, 11- czujnik temperatury wody, 12- wyłącznik startowy, 13- elektroniczna jednostka sterująca

Na rysunku 10.30 przedstawiono schemat systemu L-Jetronic, natomiast schemat funkcjonalny układu typu L-Jetronic, mający przepływomierz powietrza, pokazano na rys. 10.31.



Rys. 10.29. Schemat funkcjonalny układu D-Jetronic, wyróżniający czujnik ciśnienia w kolektorze dolotowym:

1 - wtrysk, 2 - paliwo, 3 - regulacja dawki wtryskiwanego paliwa, 4 - prędkość obrotowa silnika, 5 - określenie wartości podciśnienia w kolektorze dolotowym

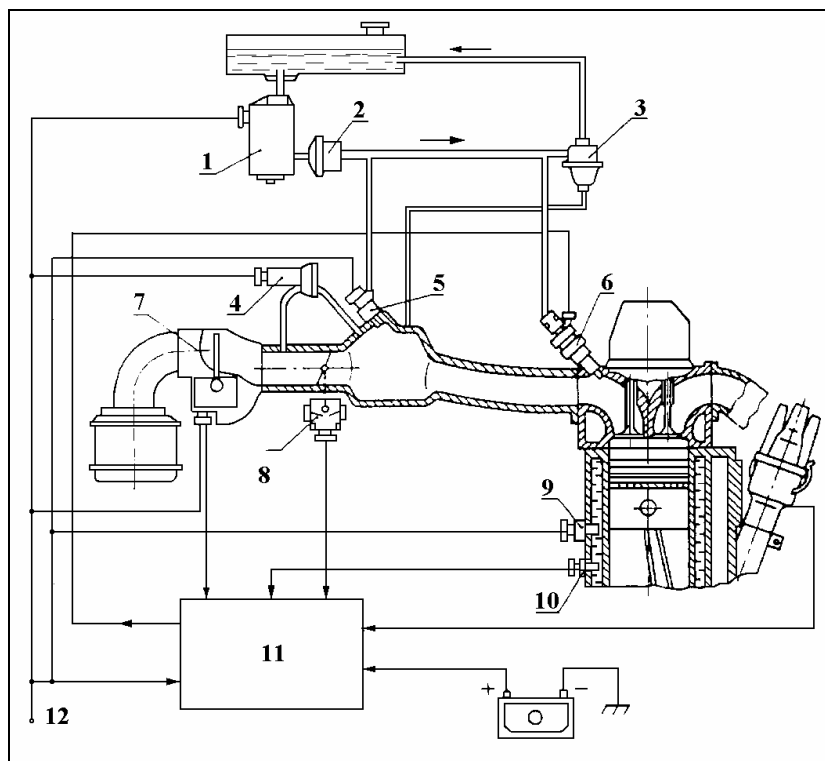
Układ sterowania elektronicznego silnikiem posiada następujące funkcje regulujące parametry techniczne silnika spalinowego.

- elektroniczny wtrysk paliwa,
- elektroniczną regulację wyprzedzenia zapłonu,
- elektroniczną regulację prędkości obrotowej silnika pracującego na biegu jałowym,
- funkcję diagnostyczną użyteczną przy przeprowadzaniu napraw,
- funkcję bezpieczeństwa i funkcję rezerwową, działające w przypadku uszkodzenia jednego z układów sterowania.

Bardzo ważnym i decydującym urządzeniem w elektronicznym układzie regulacji są czujniki i systemy sygnałowe.

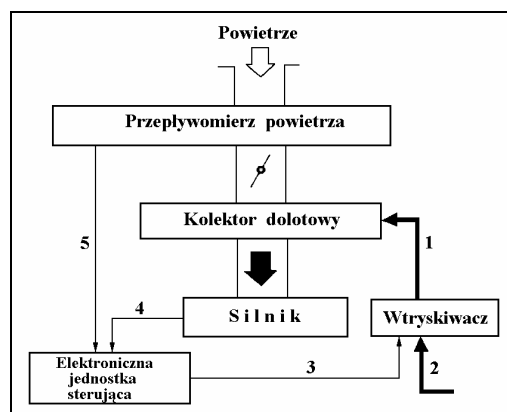
System sterowania elektronicznego silnika wyróżnia trzy współpracujące ze sobą grupy zespołów stanowiące: czujniki przekazujące odpowiednie sygnały, sterowniki będące podstawą systemu regulacji i elektroniczne jednostki sterujące (EJS).

Zadania elektronicznej jednostki sterującej mogą być podzielone na regulację elektronicznego wtrysku paliwa, elektroniczną regulację kąta wyprzedzenia zapłonu, itp.



Rys.10.30. Schemat systemu L- Jetronic:

1 - pompa paliwowa, 2 - filtr paliwa, 3 - regulator ciśnienia, 4 - zawór powietrza dolotowego, 5 - wtryskiwacz rozruchowy, 6 - wtryskiwacz główny, 7 - czujnik przepływu powietrza, 8 - wyłącznik termiczny, 9 - czasowy wyłącznik termiczny, 10 - czujnik temperatury, 11 - elektroniczna jednostka sterująca, 12 - wyłącznik startowy

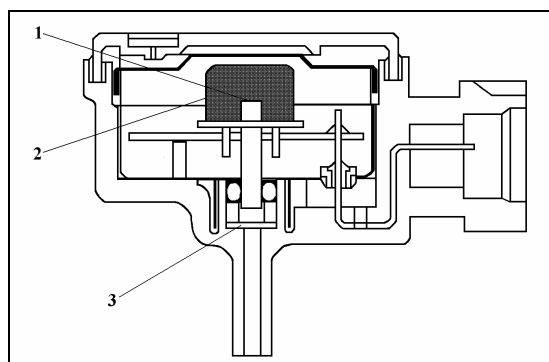


Rys. 10.31. Schemat funkcjonalny układu L-Jetronic wyróżniający przepływomierz powietrza:  
1 - wtrysk, 2 - paliwo, 3 - regulacja dawki wtryskiwanego paliwa, 4 - prędkość obrotowa silnika, 5 - określenie ilości powietrza doprowadzonego do silnika

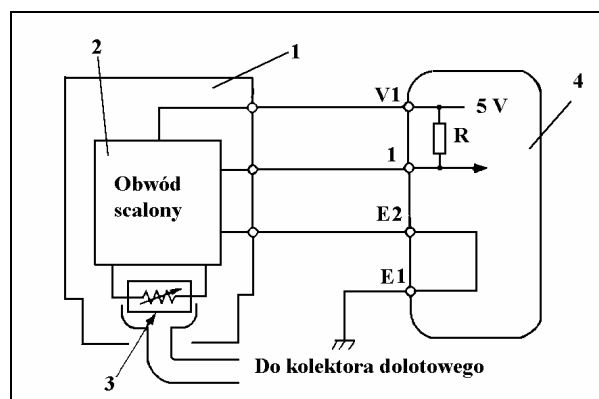
## 10.2.2. Czujniki i systemy sygnałowe

### Czujnik ciśnienia w kolektorze dolotowym

Jest on stosowany w elektronicznym wtrysku paliwa typu D do pomiaru ciśnienia w kolektorze dolotowym. Czujnik ten przekazuje do EJS silnika informacje o wartości ciśnienia w tym kolektorze. Na tej podstawie EJS określa właściwy czas trwania wtrysku paliwa i kąt wyprzedzenia zapłonu.



Rys.10.32. Schemat budowy czujnika ciśnienia w kolektorze dolotowym:  
1 - płyta silikonowa, 2 - komora podciśnieniowa, 3 - filtr



Rys. 10.33. Schemat połączeń elektrycznych czujnika ciśnienia w kolektorze dolotowym z EJS silnika:

1 - czujnik ciśnienia w kolektorze dolotowym, 2 - obwód scalony, 3 - płyta silikonowa, 4 - EJS silnika

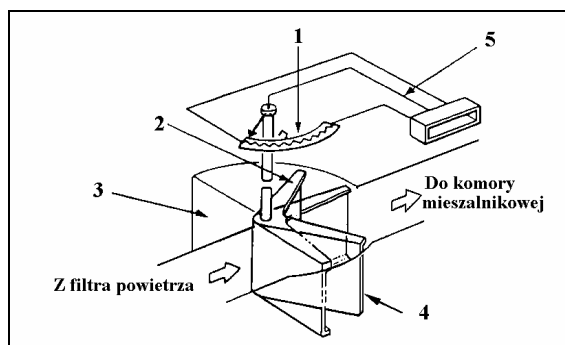
Na rysunku 10.32 przedstawiono schemat budowy czujnika ciśnienia w kolektorze dolotowym. Płyta silikonowa w komorze podciśnieniowej jest pod działaniem podciśnienia, z tym że jedna strona płytki jest pod działaniem podciśnienia panującego w kolektorze dolotowym, druga zaś pod działaniem podciśnienia wewnętrznej komory podciśnieniowej. Zmiana wartości ciśnienia

w kolektorze dolotowym powoduje zmianę kształtu płytki silikonowej. Zmiany kształtu płytki powoduje zmianę rezystancji. Przyrost lub zmniejszenie wartości rezystancji dzięki wbudowanemu w czujnik obwodowi scalonemu powoduje powstanie sygnału napięciowego, który jako sygnał ciśnienia w kolektorze dolotowym przekazywany jest do EJS silnika.

Zacisk V1 w EJS silnika jest źródłem napięcia stałego (5 V) zasilającego obwód scalony czujnika ciśnienia. Na rysunku 10.33 przedstawiono schemat elektryczny połączeń czujnika ciśnienia w kolektorze dolotowym z elektroniczną jednostką sterującą silnika.

### Przepływomierz powietrza

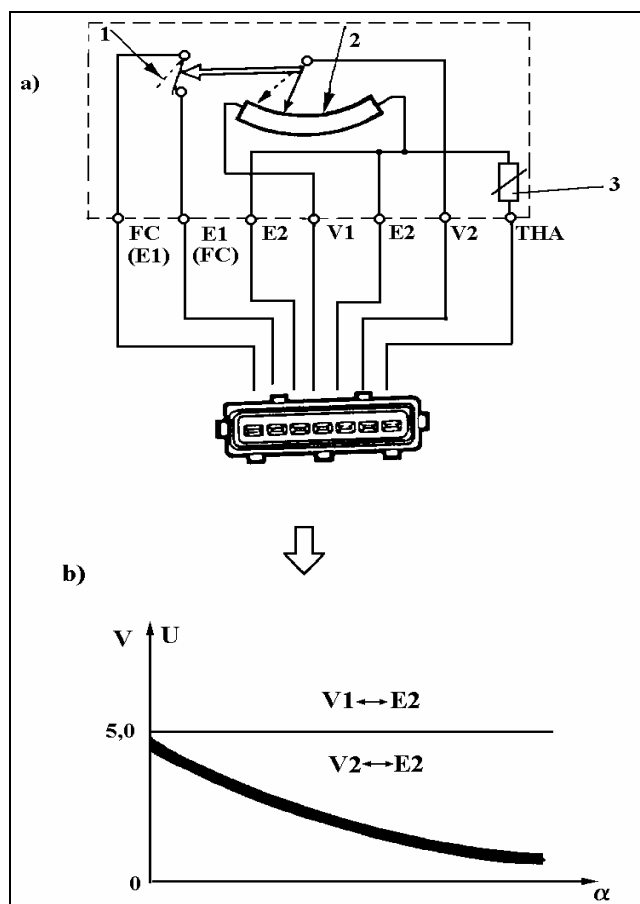
Jest stosowany w elektronicznym wtrysku paliwa typu L do określania objętości powietrza doprowadzonego do silnika spalinowego. Odpowiedni sygnał określający aktualną objętość powietrza dolotowego jest wykorzystywany w EJS do obliczania czasu trwania wtrysku i kąta wyprzedzenia zapłonu. Stosowane są dwa rodzaje przepływomierzy powietrza. Pierwszy, to typ łopatkowy, drugi, to typ o optycznym pomiarze wirów Kármána.



Rys. 10.34. Przepływomierz powietrza typu łopatkowego:  
1 - potencjometr, 2 - łopatkę kompensacyjną, 3 - komora tłumiąca, 4 - łopatkę pomiarową,  
5 - sygnał napięciowy V2

Łopatkowy przepływomierz powietrza przedstawiono na rysunku 10.34. Powietrze z filtra powietrza, przepływając powoduje przesunięcie łopatkę pomiarową do takiej pozycji, w której ustala się położenie równowagi spowodowane siłą sprężyny powrotnej. Potencjometr umieszczony wspólnie z łopatkę pomiarową umożliwia zamianę odpowiedniej objętości powietrza dolotowego na sygnał napięciowy przekazywany do EJS silnika.





Rys.10.35. Ilustracja działania elementów elektrycznych przepływomierza powietrza typu łopatkowego - odmiana 1 : a) schemat elektryczny połączeń potencjometru, b) zależność napięcia od kąta  $\alpha$  odchylenia łopatki pomiarowej przepływomierza:

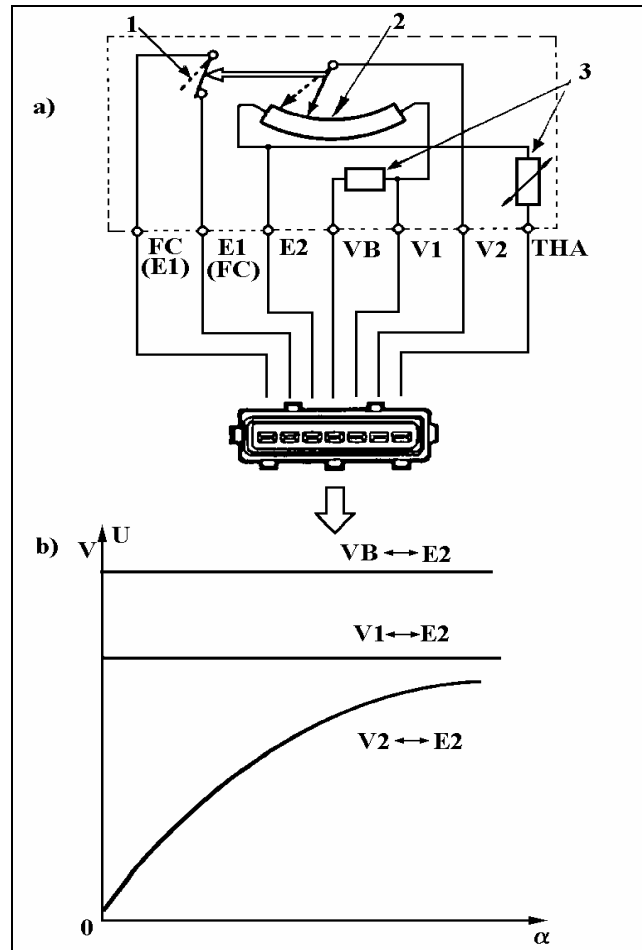
1 - przełącznik pompy paliwowej, 2 - potencjometr, 3 - rezystor, FC, E1, E2, V1, E2, V2, THA, - zaciski

Komora tłumiąca i łopaska kompensacyjna przeciwdziałają wibracjom łopatki pomiarowej spowodowanej nagłymi zmianami objętości powietrza dolotowego. Niektóre przepływomierze powietrza są wyposażone w śrubę regulującą skład mieszanki paliwa silnika pracującego na biegu jałowym.

Są dwie odmiany przepływomierzy łopatkowych różniące się własnościami obwodów elektrycznych. W pierwszej, napięcie (w odniesieniu do masy) zacisku V2 maleje wraz ze wzrostem objętości powietrza dolotowego, w drugiej - wzrasta.

Na rys.10.35 przedstawiono schemat elektryczny połączeń potencjometru i zależność napięcia od kąta odchylenia łopatki pomiarowej pierwszej odmiany przepływomierza. Źródło napięcia stałego (5V) z EJS silnika zasila

zacisk V1 przepływomierza, w wyniku, czego napięcie na zacisku V2 (w stosunku do masy) odpowiada rzeczywistemu kątowi odchylenia łopatki pomiarowej, to znaczy rzeczywistej objętości powietrza dolotowego.



Rys.10.36. Ilustracja działania elementów elektrycznych przepływomierza powietrza typu łopatkowego -odmiana 2: a) schemat elektryczny połączeń potencjometru, b) zależność napięcia od kąta (a) odchylenia łopatki pomiarowej przepływomierza:

1 - przełącznik pompy paliwowej, 2 - potencjometr, 3 - rezystory, FC, E1, E2, VB, V1, V2, THA - zaciski

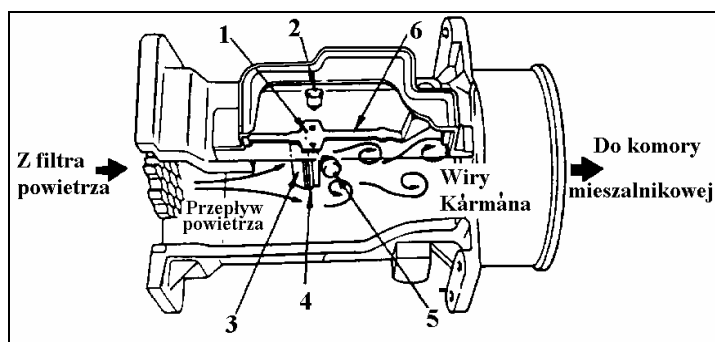
Na rys.10.36 przedstawiono schemat elektryczny połączeń potencjometru i zależność napięcia od kąta odchylenia łopatki pomiarowej drugiej odmiany przepływomierza. Napięcie akumulatora z zacisku VB (w odniesieniu do masy) zasila przepływomierz. Napięcie rezystorów usytuowanych między zaciskami VB-V1 i V1-E2 jest przez zacisk V1 doprowadzone do EJS. Dzięki temu, napięcie na zacisku V2 (w odniesieniu do masy) mimo zakłóceń napię-

cia akumulatora, umożliwia EJS dokładne oszacowanie objętości powietrza dolotowego. Objętość ta obliczana jest zgodnie z zależnością:

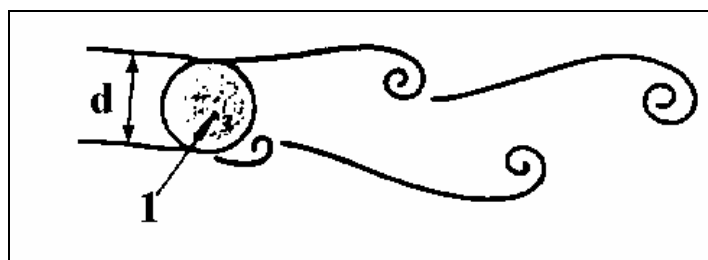
$$\frac{VB - E2}{V1 - V2}$$

Przeptywomierz o optycznym pomiarze wirów Kármána przedstawiono na rys.10.37. Zasada działania przeptywomierza jest następująca. Walec (rys.10.38), zwany generatorem wirów jest zainstalowany w środku równomiernego przepływu powietrza. Wytwarza on wir zwany wirem Kármána. Częstotliwość  $f$  powstającego wiru, prędkość powietrza  $V$  i średnica walca  $d$  są współzależne zgodnie z zależnością :

$$f = 0,2 \frac{V}{d}$$



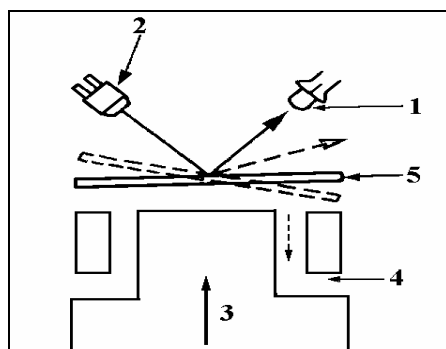
Rys.10.37. Przeptywomierz powietrza o optycznym pomiarze wirów Karmana:  
1 - dioda elektroluminescencyjna, 2 - zwierciadło, 3 - generator wirów, 4 - szczelina kierująca ciśnieniem, 5 - fototranzystor, 6 - sprężyna płytkowa



Rys. 10.38. Generator wiru:  
1-walec, d - średnica walca

Pomiar częstotliwości wirów wytwarzanych przez walec, daje możliwość określenia objętości przepływającego powietrza. Wiry są wykrywane z jednej strony przez płytkę wykonaną z cienkiej folii metalowej (zwanej zwierciadłem), która poddawana jest ciśnieniu wytworzonemu przez wiry, z drugiej

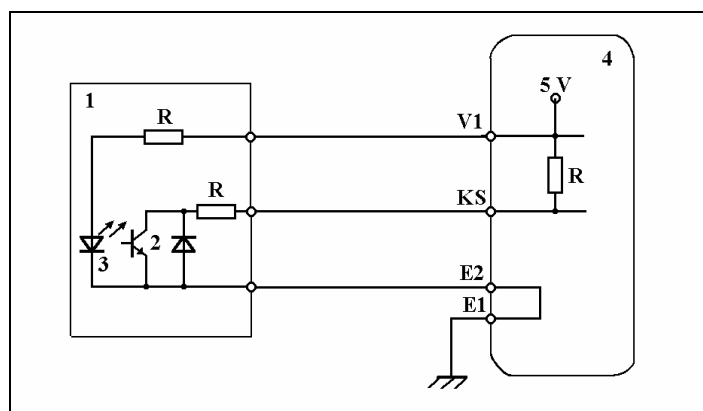
zaś przez optyczny pomiar drgań zwierciadła za pomocą kontaktronu (diody elektroluminescencyjnej współdziałającej z fototranzystorem).



Rys. 10.39. Schemat ilustrujący działanie przepływomierza o optycznym pomiarze wirów Karmana:

1 - fototranzystor, 2 - dioda elektroluminescencyjna, 3 - generator wiru, 4 - szczelina kierująca ciśnienie, 5 - zwierciadło

Na rys.10.39 przedstawiono schemat ilustrujący działanie tego typu przepływomierza. Na rys.10.40 przedstawiono schemat elektryczny obwodu łączącego przepływomierz z EJS silnika.



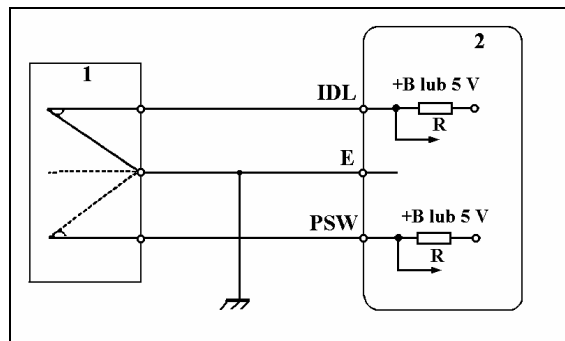
Rys. 10.40. Schemat elektryczny obwodu łączącego przepływomierz powietrza z EJS silnika:

1 - przepływomierz powietrza, 2 - fototranzystor, 3 - dioda elektroluminescencyjna, 4 - EJS silnika;  
V1, KS, E2, E1 - zaciski, R - rezystory

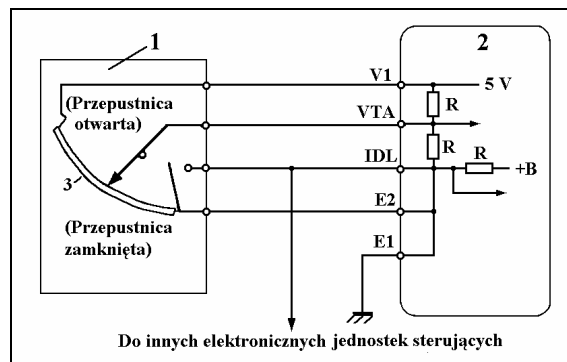
### Czujnik położenia przepustnicy

Są stosowane dwa rodzaje czujników położenia przepustnicy: typ dwustanowy i typ liniowy. Są one instalowane w obudowie przepustnicy i mają za zadanie przetwarzanie kąta otwarcia przepustnicy na sygnał napięciowy przesyłany do EJS silnika jako sygnał kąta otwarcia przepustnicy.

Typ dwustanowy czujnika ustala za pomocą styku biegu jałowego (IDL) i styku pracy przy dużym obciążeniu (PSW) stan pracy silnika. Na rys.10.41 jest przedstawiony schemat elektryczny połączenia czujnika przepustnicy (typ dwustanowy) z EJS silnika.



Rys. 10.41. Schemat elektryczny obwodu łączącego czujnik położenia przepustnicy (typ dwustanowy) z EJS silnika:  
1 - czujnik położenia przepustnicy, 2 - EJS silnika, +B - zacisk akumulatora, R - rezystory, IDL, PSW, E - zaciski



Rys. 10.42. Schemat elektryczny obwodu łączącego czujnik położenia przepustnicy typ liniowy z EJS silnika: 1 - czujnik położenia przepustnicy, 2 - EJS silnika; 2 - rezystor, V1, VTA, IDL, E2, E1 - zaciski; +B - zacisk akumulatorowy, R - rezystory

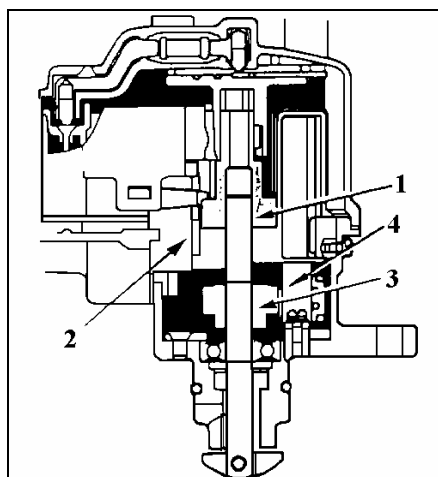
Typ liniowy czujnika ma na potencjometrze dwa suwaki. Na końcach suwaków zainstalowane są styki: biegu jałowego (IDL) i obciążenia (VTA). Do zacisku V1 jest przyłożone z EJS silnika napięcie o wartości 5 V (w stosunku do masy). Ponieważ styk ruchomy ślizga się wzdłuż rezystora (potencjometru) zgodnie z kątem otwarcia przepustnicy, do zacisku VTA doprowadzone jest napięcie (w stosunku do masy) o wartości proporcjonalnej do tego kąta. W przypadku całkowitego zamknięcia przepustnicy styk IDL jest połą-

czony ze stykiem E2. Na rys.10.42 przedstawiono schemat elektryczny obwodu łączącego czujnik położenia przepustnicy z EJS silnika.

### Generatory sygnałów G i NE

Sygnały G i NE powstają w wyniku współdziałania wirników lub tarcz sygnałowych oraz cewek przetworników EJS silnika wykorzystuje je do określania kąta obrotu wału korbowego oraz prędkości obrotowej silnika spalinowego.

Elektroniczna regulacja kąta wyprzedzenia zapłonu przez EJS silnika umożliwiła wyeliminowanie z aparatu zapłonowego konwencjonalne mechanizmy odśrodkowego i podciśnieniowego regulatora kąta wyprzedzenia zapłonu. Na rys. 10.43 przedstawiono elementy aparatu zapłonowego, w skład których wchodzi wirnik i cewki przetworników do powstawania sygnałów G i NE.



Rys. 10.43. Aparat zapłonowy z elementami stanowiącymi wirniki i cewki przetworników do powstawania sygnałów G i NE:

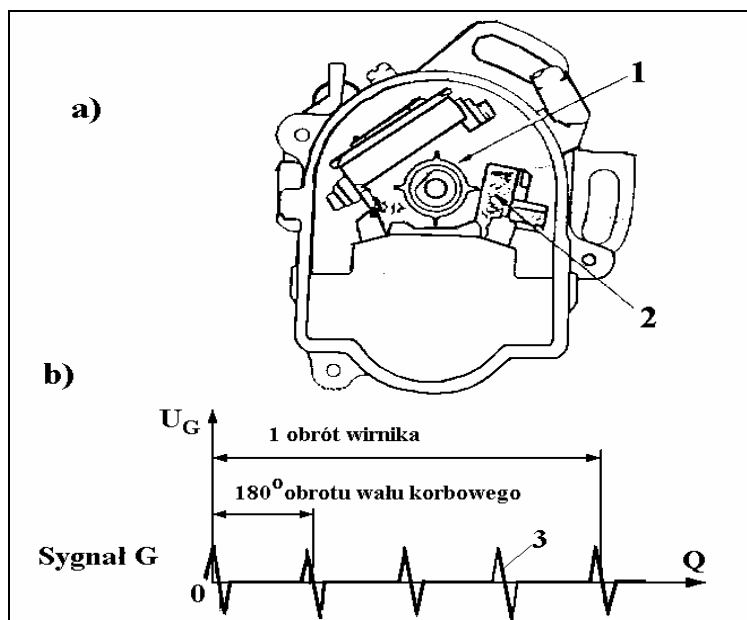
1 - wirnik sygnału G, 2 - cewka przetwornika sygnału G, 3 - wirnik sygnału NE,  
4 - cewka przetwornika sygnału NE

Liczba zębów wirnika i cewek przetworników są różne w zależności od rodzaju silnika spalinowego.

**Sygnal G** informuje EJS silnika o wartościach tzw. kąta odniesienia obrotu wału korbowego. Wartość tego kąta jest wykorzystywana do określania wartości kąta wyprzedzenia zapłonu w stosunku do Górnego Zwrotnego Punktu (GZP) dla każdego cylindra silnika. Sygnały te powstają w wyniku działania takich elementów aparatu zapłonowego jak:

- wirnik sygnału G usytuowany na wałku aparatu zapłonowego, obracający się raz na każde dwa obroty wału korbowego,

- cewka przetwornika sygnału G, która usytuowana jest we wnętrzu korpusu aparatu zapłonowego



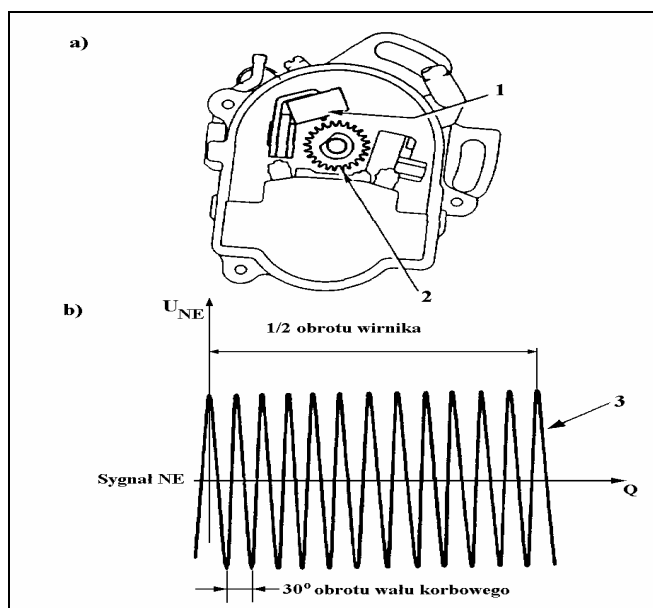
Rys. 10.44. Powstawanie sygnałów G: a) elementy aparatu zapłonowego powodujące powstanie sygnałów G; b) wykres otrzymanych sygnałów napięciowych G w zależności od kąta obrotu wału korbowego:

1 - wirnik sygnału G, 2 - cewka przetwornika sygnału G, 3 - sygnał napięciowy G

Wirnik sygnału G ma cztery zęby, które cztery razy na każdy obrót wałka rozdzielacza powodują powstanie w cewce przetwornika sygnału napięcia (rys. 10.44). Te sygnały napięciowe są podstawą do oceny i wyboru przez EJS silnika chwili, w której każdy z tłoków jest w okolicach GZP.

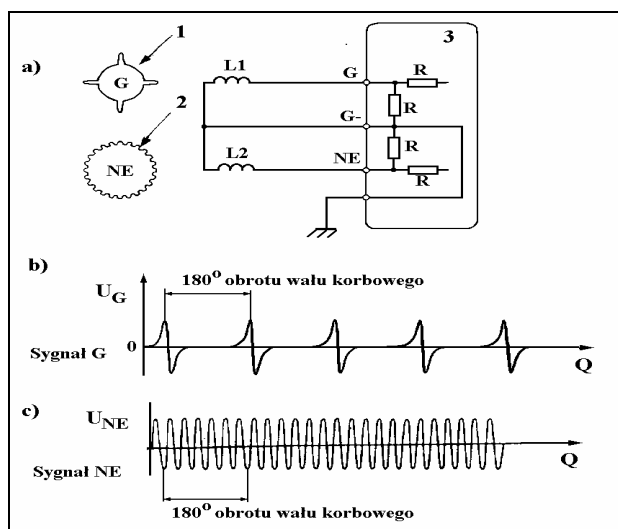
**Sygnał NE** jest wykorzystywany przez EJS silnika do określania prędkości obrotowej silnika spalinowego. Sygnały te powstają w cewce przetwornika w wyniku obrotu wirnika posiadającego 24 zęby. W wyniku działania tych dwu elementów powstają 24 sygnały napięciowe na każdy obrót wałka aparatu zapłonowego (rys. 10.45). Na podstawie tych sygnałów EJS silnika określa prędkość obrotową silnika oraz zmianę kąta obrotu wału korbowego o każde 30°.

Na rys. 10.46 przedstawiono dla omawianych przykładów budowy wirników i cewek generujących sygnały G i NE obwód elektryczny oraz kształt fali sygnału G i NE.



Rys. 10.45. Powstawanie sygnałów NE, a) elementy aparatu zapłonowego powodujące powstanie sygnałów NE; b) wykres otrzymywanych sygnałów napięciowych NE w zależności od kąta obrotu wału korbowego:

1 - cewka przetwornika sygnału NE, 2 - wirnik sygnału NE, 3 - sygnał napięciowy NE

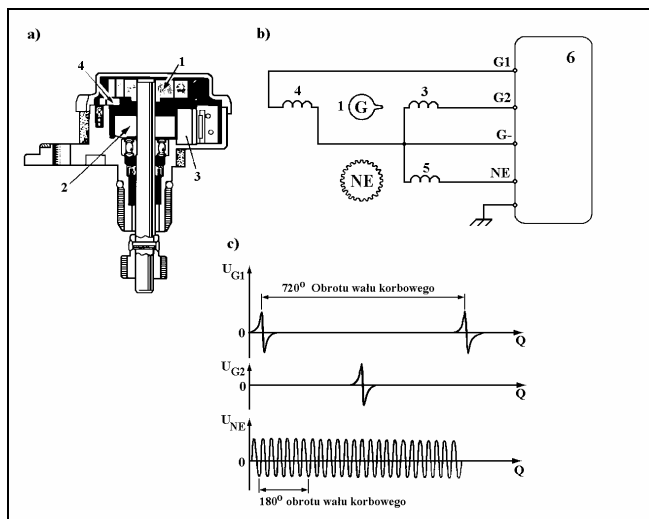


Rys. 10.46. Powstawanie sygnałów G i NE, a) obwód elektryczny łączący czujniki generujące sygnały G i NE z EJS silnika; b) kształt fali sygnału G; c) kształt fali sygnału NE:

1 - wirnik sygnału G, 2 - wirnik sygnału NE, 3 - EJS silnika, L1, L2 - cewka przetwornika sygnału G i NE, R - rezystory, G, NE, G - zaciski



**Czujnik położenia krzywki** wykorzystuje sygnały napięciowe G i NE, dlatego budowa i zasada działania czujnika jest taka sama jak w przypadku aparatu zapłonowego, w którym powstają sygnały G i NE.



Rys. 10.47. Powstawanie sygnałów G i NE czujnika położenia krzywki: a) elementy czujnika położenia krzywki; b) schemat elektryczny obwodu łączącego elementy czujnika z EJS silnika; c) wykresy sygnałów napięciowych G1, G2 i NE w zależności od kąta obrotu wału korbowego:

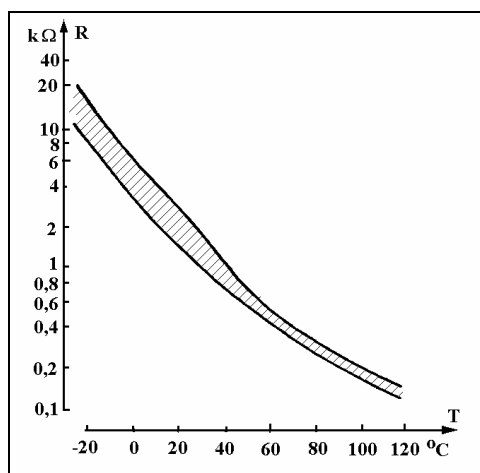
1 - wirnik sygnału G, 2 - wirnik sygnału NE, 3 - cewka przetwornika sygnału G1, 4 - cewka przetwornika sygnału G2, 5 - cewka przetwornika sygnału NE, 6 - EJS silnika, G1, G2, G, NE - zaciski

Na rys. 10.47 przedstawiono elementy składowe czujnika położenia krzywki, schemat elektrycznego obwodu łączącego elementy czujnika z EJS silnika oraz wykresy zależności sygnałów napięciowych G1, G2 i NE od kąta obrotu wału korbowego.

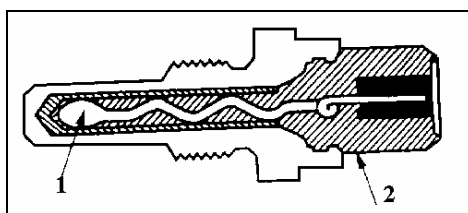
W praktyce są również stosowane czujniki zwane "typem oddzielnym", w których generatory sygnałów G i NE są inaczej usytuowane, natomiast zasada działania jest taka sama jak w omawianym czujniku.

### Czujnik temperatury płynu chłodzącego

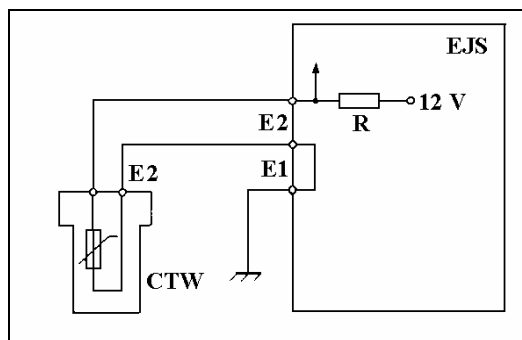
Ten rodzaj czujnika wykorzystuje właściwości termistora, który jest elementem wykonanym z utlenionego niklu, kobaltu, magnezu, żelaza lub miedzi, stanowiących stop tych metali uzyskany w bardzo wysokiej temperaturze. Charakterystyczną właściwością termistorów jest to, że spadkom temperatury towarzyszy wzrost rezystancji. Tego rodzaju termistory są nazywane termistorami z ujemnym współczynnikiem temperaturowym.



Rys. 10.48. Obszar zmian zależności rezystancji termistora od temperatury



Rys. 10.49. Schemat czujnika temperatury wody:  
1 - termistor, 2 - złącze



Rys. 10.50. Schemat połączenia elektrycznego czujnika temperatury wody (CTW) z EJS silnika: E1, E2 - zaciski, R - rezystor

Charakterystykę takiego elementu, określającą obszar zmian zależności rezystancji od temperatury, przedstawiono na rys. 10.48.. Schemat czujnika temperatury wody w układzie współpracy z EJS silnika podano na rys. 10.49. Działanie czujnika jest następujące. Gdy temperatura płynu chłodzącego silnik

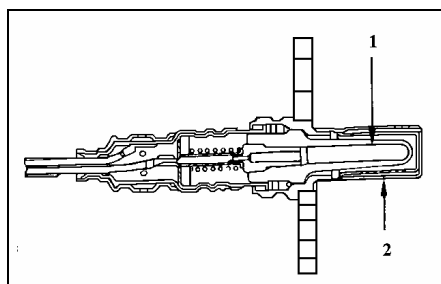
spalinowy jest niska, wówczas rezystancja termistora wzrasta, powodując zwiększenie spadku napięcia na nim. Ten większy spadek napięcia w postaci sygnału (obwód elektryczny) jest przekazywany do elektronicznej jednostki sterującej, powodując zwiększenie dawki wtryskiwanego paliwa i poprawiając właściwości trakcyjne zimnego silnika spalinowego. W przypadku wysokiej temperatury płynu chłodzącego działanie układu jest odwrotne. Na rys. 10.50 przedstawiono schemat obwodu elektrycznego łączącego czujnik z EJS.

### **Czujnik temperatury powietrza dolotowego**

W czujniku temperatury powietrza dolotowego - podobnie jak w czujniku temperatury płynu chłodzącego - wykorzystano właściwości termistora. Czujnik ten, określający temperaturę powietrza dostarczonego do silnika spalinowego, jest zamontowany w przepływomierzu powietrza. Wraz ze zmianami temperatury zmienia się objętość i gęstość powietrza, dlatego też w przypadku, gdy wydatek powietrza mierzony przepływomierzem jest taki sam, ilość wtryskiwanego paliwa zmienia się wraz z temperaturą. Uznano temperaturę powietrza 20°C za średnią. Powyżej tej wartości dawka wtryskiwanego paliwa jest zmniejszana, poniżej - zwiększana. Charakterystykę rezystancji w funkcji temperatury termistora czujnika temperatury powietrza dolotowego przedstawiono na rys. 10.48. Schemat obwodu elektrycznego tego czujnika łączącego go z elektryczną jednostką sterującą, jest taki sam, jak przedstawiony na rys. 10.50 dla czujnika temperatury płynu chłodzącego.

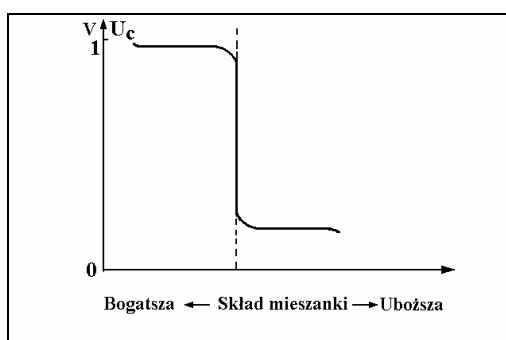
#### **Czujnik tlenu (czujnik O<sub>2</sub>)**

W przypadku stosowania trójfunkcyjnych reaktorów katalitycznych do neutralizacji toksycznych gazowych składników spalin, jest konieczne utrzymywanie mieszanki paliwowo-powietrznej w wąskim zakresie odchyłek od składu teoretycznego (stechiometrycznego). Czujnik tlenu ma za zadanie na bieżąco określać czy skład mieszanki paliwowo-powietrznej jest bogatszy, czy uboższy od mieszanki o składzie teoretycznym. Czujnik tlenu jest przeważnie usytuowany w kolektorze wydechowym przedniej części rury wydechowej. Stosowane są dwa rodzaje czujników tlenu: cyrkonowy i tytanowy. Czujnik tlenu cyrkonowy posiada element półprzewodnikowy wykonany z dwutlenku cyrkonu (ZrO<sub>2</sub>). Element ten jest po stronie wewnętrznej i zewnętrznej pokryty cienką warstwą platyny. Na rys. 10.51 przedstawiono schemat budowy cyrkonowego czujnika tlenu. Działanie czujnika polega na tym, że element cyrkonowy wytwarza napięcie, jeżeli w temperaturach 400°C lub wyższych koncentracja tlenu na wewnętrznej powierzchni elementu wykonanego z dwutlenku cyrkonu różni się zasadniczo od koncentracji na zewnętrznej powierzchni. Sygnał napięciowy jest przekazywany do EJS silnika informując ją w ten sposób o koncentracji tlenu w spalinach.



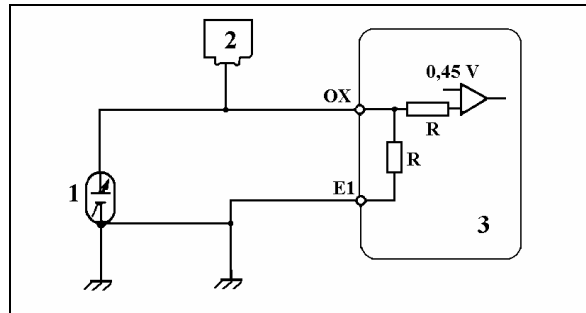
Rys. 10.51. Schemat budowy cyrkonowego czujnika tlenu:  
1 - element z dwutlenku cyrkonu, 2 - osłona

Jeżeli mieszanka paliwowo-powietrzna jest uboga, spaliny zawierają dużo tlenu. W tym przypadku jest niewielka różnica pomiędzy koncentracją tlenu wewnątrz i na zewnątrz elementu czujnika. Dlatego napięcie wytwarzane przez element cyrkonowy jest bliskie zeru (0 V). Natomiast, jeżeli mieszanka paliwowo-powietrzna jest bogata, w spalinach prawie nie ma tlenu. Ten stan powoduje dużą różnicę w koncentracji tlenu wewnątrz i na zewnątrz czujnika. Napięcie wytwarzane przez element cyrkonowy jest równe około 1 V. Płatyna, której cienka warstwa pokrywa element półprzewodnikowy działa jako katalizator powodując reakcję między tlenem i tlenkiem węgla (CO) obecnym w spalinach. Sygnał napięciowy z czujnika tlenu przekazany do EJS silnika powoduje zwiększenie lub zmniejszenie dawki wtryskiwanego paliwa utrzymując skład mieszanki paliwowo-powietrznej na stałym poziomie w pobliżu składu teoretycznego. Niektóre czujniki cyrkonowe mają ogrzewacz zwiększający temperaturę elementu cyrkonowego (półprzewodnikowego). Temperatura jest regulowana przez EJS silnika. Gdy ilość powietrza dostarczonego do silnika jest niewielka (niska temperatura spalin) prąd płynący przez rezystory ogrzewacza powoduje nagrzewanie czujnika tlenu.



Rys. 10.52. Wykres napięcia elementu cyrkonowego ( $U_c$ ) w zależności od składu mieszanki paliwowo- powietrznej

Na rys. 10.52 i 10.53 przedstawiono zależność napięcia ( $U_c$ ) wytworzonego przez element cyrkonowy od składu mieszanki paliwowo-powietrznej oraz schemat elektryczny połączeń czujnika tlenu z EJS silnika.

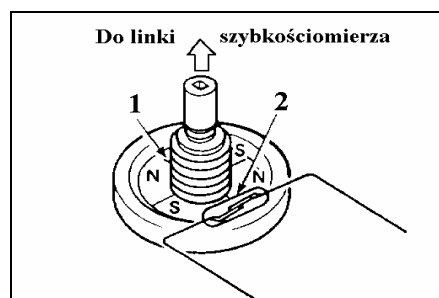


Rys. 10.53. Schemat elektryczny połączeń czujnika tlenu z EJS silnika:  
1 - czujnik tlenu, 2 - złącze kontrolne, 3 - EJS silnika, OX, E1 - zaciski, R - rezystory

**Czujnik tlenu tytanowy** posiada element półprzewodnikowy wykonany z dwutlenku tytanu ( $TiO_2$ ). Działanie czujnika wykorzystuje właściwości dwutlenku tytanu, które powodują, że jego rezystancja zmienia się zgodnie z koncentracją tlenu w spalinach. W tym sensie jego działanie jest podobne do cyrkonowego czujnika tlenu.

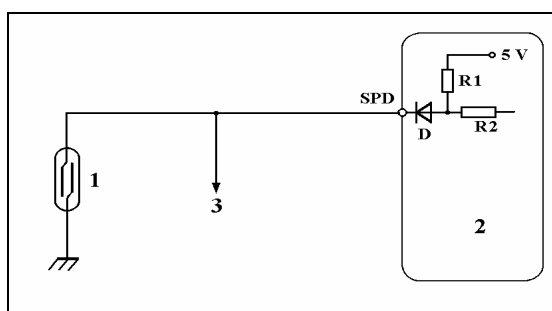
### Czujnik prędkości jazdy pojazdu

Czujnik ten określa na bieżąco prędkość jazdy, z jaką porusza się pojazd. Czujnik ten wysyła sygnały napięciowe, głównie przeznaczone do regulacji prędkości silnika pracującego na biegu jałowym i składu mieszanki paliwowo-powietrznej podczas przyspieszenia, opóźnienia itp. Stosowane są cztery rodzaje czujników prędkości jazdy: kontaktronowy, transoptorowy, z przetwornikiem elektromagnetycznym i z mostkiem magnetycznym.



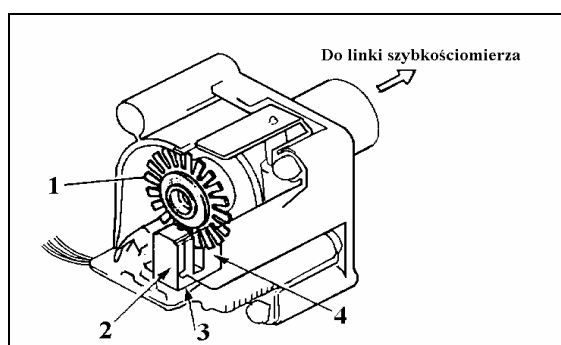
Rys. 10.54. Elementy kontaktronowego czujnika prędkości jazdy pojazdu zainstalowane w zespole wskaźników: 1 - magnes, 2 - kontaktron

**Czujnik kontaktronowy**, zainstalowany w zespole wskaźników składa się z magnesu obracanego linką szybkościomierza, który wirując włącza i wyłącza kontaktron czterokrotnie na każdy obrót linki (rys. 10.54). Magnes jest spolaryzowany tak jak pokazano na rysunku. Siła magnetyczna w czterech obszarach zmiany biegunów N i S zwiera i rozwiera styki kontaktronu w trakcie obrotu magnesu. Na rys. 10.55 przedstawiono schemat elektryczny połączeń kontaktronu z EJS silnika.



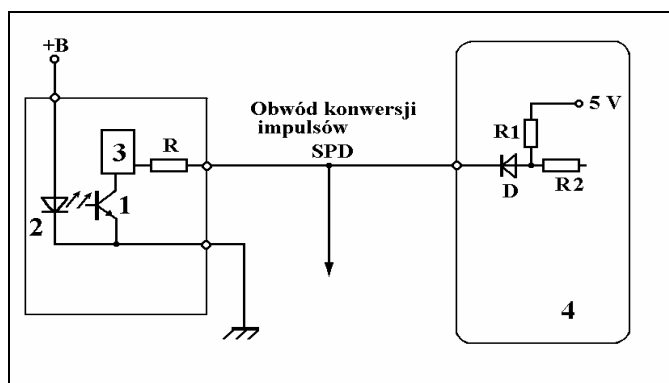
Rys. 10.55. Schemat elektrycznych połączeń kontaktronu z EJS silnika:  
1 - kontaktron, 2 - EJS silnika, 3 - połączenie z innymi EJS, SPD - zaciski, D - dioda prostownicza, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> - rezystory

**Czujnik ubogiej mieszanki** jest zbudowany podobnie jak cyrkonowy czujnik tlenu. W wyniku jego działania, gdy mieszanka paliwowo-powietrzna jest bogata (brak tlenu w spalinach) przez element z dwutlenku cyrkonu nie będzie płynął prąd. W przypadku ubogiej mieszanki (dużo tlenu w spalinach) przez element z dwutlenku cyrkonu będzie płynął prąd o dużej wartości. Czujnik ubogiej mieszanki jest, więc stosowany w celu utrzymania składu mieszanki w założonym zakresie, co zmniejsza zużycie paliwa i poprawia własności trakcyjne pojazdu.



Rys. 10.56. Elementy transpotorowego czujnika prędkości jazdy pojazdu zainstalowane w zespole wskaźników:  
1 - tarcza ze szczelinami, 2 - dioda elektroluminescencyjna (LED), 3 - transpotor, 4 - fotorezystor

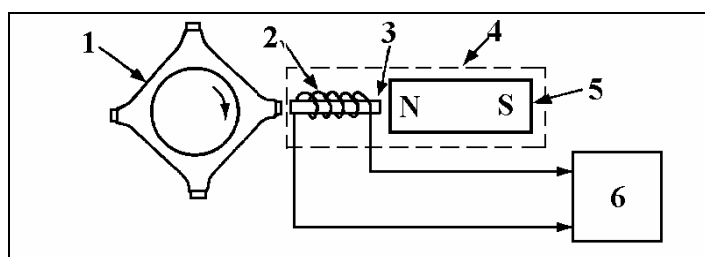
**Czujnik transoptorowy** zainstalowany w zespole wskaźników zawiera transoptor zbudowany z diody elektroluminescencyjnej (LED) naprowadzonej na fototranzystor. Dioda ta jest oddzielona od fototranzystora tarczą ze szczelinami (rys. 10.56), którą napędza linka szybkościomierza.



Rys. 10.57. Schemat elektryczny połączeń elementów transoptorowego czujnika prędkości jazdy pojazdu z EJS silnika:  
1 - fototranzystor, 2 - dioda elektroluminescencyjna (LED), 3 - miernik cyfrowy, SPD - zacisk, R, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, - rezystor, D - dioda prostownicza, 4 - EJS silnika, +B - zacisk akumulatora

W trakcie obrotu tarczy, przez szczeliny przechodzi światło emitowane przez diodę. Zostaje ono podzielone na 20 impulsów w trakcie jednego obrotu linki szybkościomierza. Te 20 impulsów zostaje zamienionych na cztery impulsy w przeliczniku miernika cyfrowego, które z kolei zostają wysłane jako sygnały do EJS silnika. Na rys. 10.57 przedstawiono schemat elektryczny połączeń elementów transoptorowego czujnika prędkości jazdy pojazdu z EJS silnika.

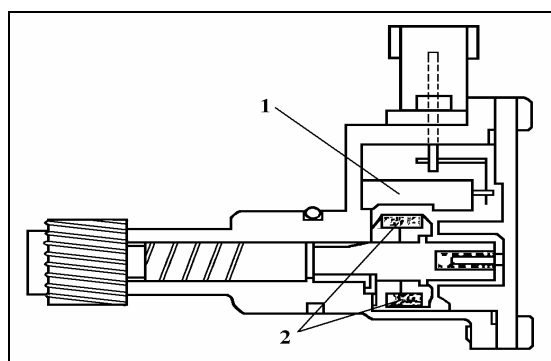
### Czujnik z przetwornikiem elektromagnetycznym



Rys. 10.58. Elementy składowe czujnika prędkości jazdy pojazdu z przetwornikiem elektromagnetycznym:  
1 - wirnik, 2 - cewka, 3 - rdzeń, 4 - czujnik prędkości, 5 - magnes, 6 - EJS silnika

Czujnik jest zainstalowany w skrzyni biegów i mierzy prędkość obrotową wałka głównego (wyjściowego). Składa się on z magnesu stałego, cewki oraz rdzenia (rys. 10.58). Na wałku głównym skrzyni biegów jest zainstalowany wirnik z czterema zębami. Obracający się wałek główny powoduje, że odległość między rdzeniem cewki a wirnikiem zmienia się. Zmienna liczba linii sił pola magnetycznego przechodzących przez rdzeń powoduje powstawanie w cewce prądu przemiennego. Powstające napięcie przemiennie jest proporcjonalne do prędkości obrotowej wirnika, a ta z kolei może posłużyć do określenia prędkości jazdy pojazdu.

**Czujnik z mostkiem magnetycznym** jest instalowany w skrzyni biegów. Źródłem napędu czujnika jest wałek główny sprzęgnięty z nim za pomocą przekładni. Czujnik składa się z hybrydowego układu scalonego z wbudowanym mostkiem magnetycznym oraz pierścieniem magnetycznym.

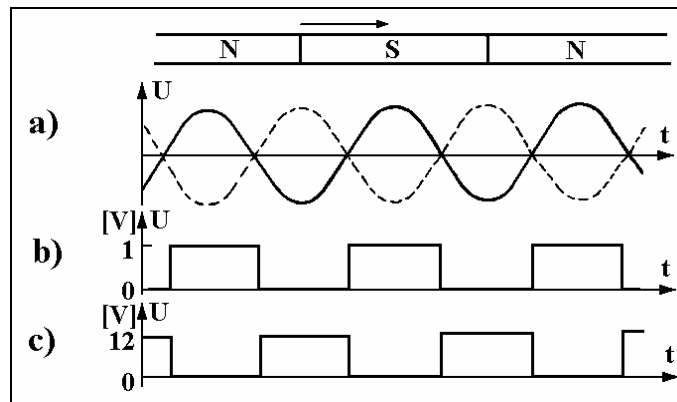


Rys. 10.59. Schemat budowy czujnika prędkości jazdy pojazdu z mostkiem magnetycznym:  
1 - hybrydowy układ scalony z wbudowanym mostkiem magnetycznym, 2 - pierścień magnetyczny

Na rys. 10.59 przedstawiono schemat czujnika. Zasada działania tego czujnika prędkości jazdy pojazdu jest następująca. W wyniku wirowania magnesów przymocowanych do pierścienia magnetycznego kierunek linii sił pola magnetycznego jest zmieniany. W wyniku tego sygnał napięciowy na wyjściu z mostka magnetycznego jest przebiegiem przemiennym. Komparator w czujniku zmienia przebieg przemienny w sygnał cyfrowy, odwracany przy pomocy tranzystora przed wysłaniem do zespołu wskaźników. Częstotliwość przebiegu jest zgodna z liczbą biegunów magnesu. Na rys. 10.60 przedstawiono odpowiednie przebiegi sygnałów napięciowych generowanych na wyjściu z mostka magnetycznego, z komparatora i z czujnika.

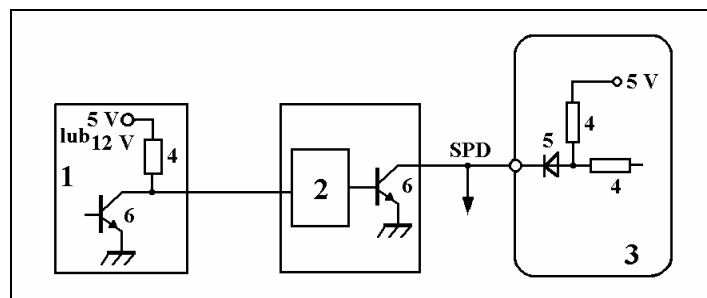
Istnieją dwa rodzaje pierścienia magnetycznego: o dwudziestu i o czterech biegunach magnetycznych. Pierwszy generuje przebieg o dwudziestu okresach (20 impulsów na każdy obrót pierścienia magnetycznego), drugi odpowiednio mniej.





Rys. 10.60. Przebiegi sygnałów napięciowych: a) na wyjściu z mostka magnetycznego, b) na wyjściu z komparatora, c) na wyjściu z czujnika prędkości

Na rys. 10.61 podano przykładowo schemat elektryczny obwodu łączący czujnik prędkości jazdy pojazdu (typ 20 -biegunowy) z EJS silnika.



Rys. 10.61. Schemat elektryczny łączący czujnik prędkości jazdy pojazdu z mostkiem magnetycznym i EJS silnika:

1 - czujnik prędkości jazdy pojazdu, 2 - obwód przetwarzania impulsów, 3 - EJS silnika, 4 - rezystory, 5 - dioda prostownicza, 6 - tranzystory

### 10.2.3. Elektroniczny wtrysk paliwa

Analizowany system elektronicznego wtrysku paliwa stanowią trzy podstawowe układy: układ zasilania, układ dolotowy i układ elektronicznego sterowania. W omawianych podstawowych układach elektronicznego wtrysku paliwa na szczególną uwagę zasługują następujące urządzenia: pompa paliwowa oraz wtryskiwacze i wtryskiwacz rozruchu zimnego silnika wraz z regulatorem ciśnienia - wchodzące w skład układu zasilania. W układzie dolotowym takimi urządzeniami są: filtr powietrza, przepływomierz powietrza i zawór powietrza, które powodują dostarczenie odpowiedniej ilości powietrza, niezbędnej do właściwego spalania mieszanki paliwowej. Wreszcie w układzie

elektronicznego sterowania zasługują na uwagę wszelkiego rodzaju czujniki (temperatury wody, powietrza dolotowego, położenia przepustnicy, itp.) oraz współpracująca z nimi elektroniczna jednostka sterująca.

### **10.2.3.1. Układ zasilania**

Paliwo wypompowywane ze zbiornika paliwa za pomocą pompy paliwowej przepływa przez filtr paliwa, a następnie jest dostarczane do wtryskiwaczy. Ciśnienie paliwa we wtryskiwaczach jest utrzymywane na stałym poziomie, wyższym niż ciśnienie w kolektorze dolotowym. Na każdym cylindrze jest instalowany jeden wtryskiwacz, a ilość wtryskiwanego paliwa jest regulowana czasem przepływu prądu przez obwód wtryskiwacza. Dla poprawienia właściwości rozruchowych niektórych silników spalinowych w niskich temperaturach, jest zainstalowany w komorze mieszalnikowej dodatkowo wtryskiwacz rozruchu zimnego silnika. Czas trwania wtrysku w tym wtryskiwaczu jest regulowany przełącznikiem czasowym wtryskiwacza rozruchowego.

W przypadku wtrysku wielopunktowego każdy cylinder posiada własny wtryskiwacz, a paliwo jest dostarczane do przedniej części przewodu dolotowego każdego cylindra.

W przypadku wtrysku jednopunktowego, pojedynczy wtryskiwacz jest zainstalowany w obudowie przepustnicy i w tym miejscu paliwo jest wtryskiwane w strumień powietrza dolotowego.

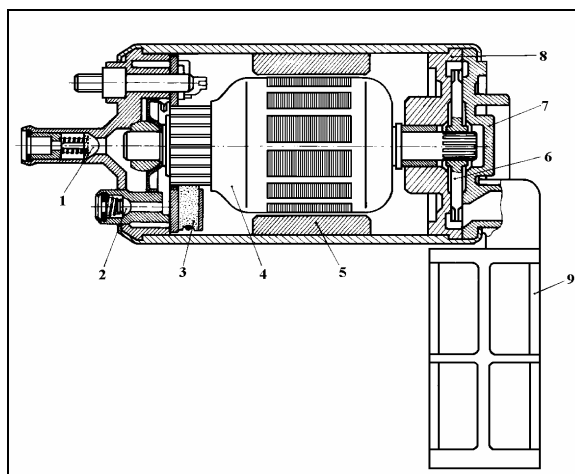
#### **Pompa paliwowa**

Istnieją dwa rodzaje pomp paliwowych: montowane w zbiorniku paliwa oraz tak zwane szeregowo - montowane poza zbiornikiem. Te dwa rodzaje pomp mają silnik scalony z pompą, a wewnątrz pompy jest wypełnione paliwem.

Pompa montowana w zbiorniku paliwa w porównaniu z pompą typu szeregowego powoduje znacznie mniejszy hałas. Składa się ona z silnika oraz samej pompy, połączonych w jeden zespół wraz z zaworem jednokierunkowym, zaworem nadmiarowym oraz filtrem (rys. 10.62).

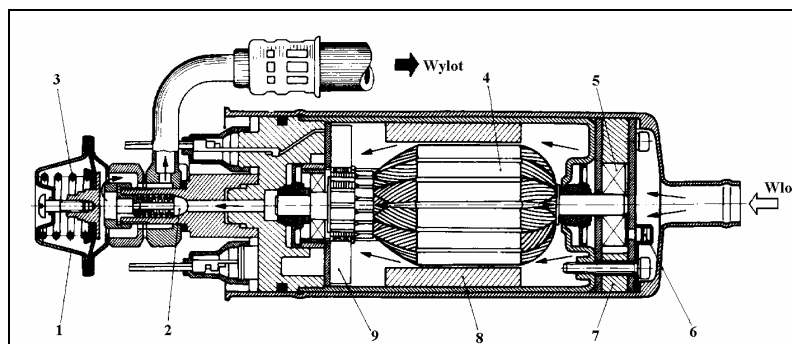
Zawór nadmiarowy otwiera się wówczas, gdy ciśnienie po stronie wylotowej przekroczy wartość dopuszczalną. Zawór jednokierunkowy zamyka się w przypadku zatrzymania pompy paliwowej. Zawór jednokierunkowy oraz regulator ciśnienia zapewniają ciśnienie szczątkowe w układzie zasilania przy zatrzymanym silniku. Przyczynia się to do ułatwienia ponownego rozruchu.

Zespół pompy typu szeregowego jest montowany na zewnątrz zbiornika paliwa. Składa się on z silnika, elementów pompy oraz zaworu jednokierunkowego, zaworu nadmiarowego, filtra i tłumika (rys. 10.63).



Rys. 10.62. Schemat pompy paliwowej montowanej w zbiorniku:  
 1 - zawór jednokierunkowy, 2 - zawór nadmiarowy, 3 - szczotka, 4 - twornik, 5 - magnes,  
 3, 4, 5 - silnik elektryczny, 6 - wirnik, 7 - pokrywa pompy, 8 - korpus pompy, 9 – filtr

Elementy pompy to: wirnik napędzany przez silnik, tuleja dystansowa pompy (spełniająca zadanie zewnętrznego kołnierza pompy) oraz rolki (spełniające zadanie uszczelniacza pomiędzy wirnikiem i tuleją dystansową pompy).



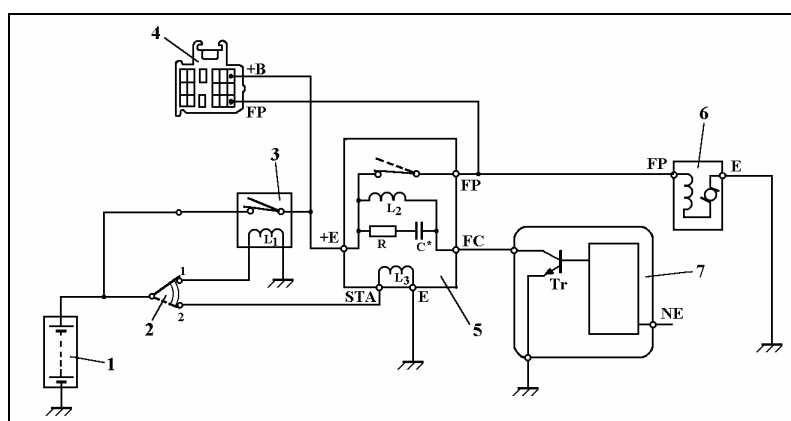
Rys. 10.63. Schemat pompy paliwowej montowanej na zewnątrz zbiornika paliwa:  
 1 - zawór jednokierunkowy, 2 - tłumik, 3 - komora przepony, 4 - twornik, 5 - wirnik, 6 - zawór nadmiarowy,  
 7 - tuleja dystansowa pompy, 8 - magnes, 9 - szczotka, 4, 8, 9 - elementy silnika elektrycznego

Silnik obracając się, obraca wirnik. W wyniku tego rolki, dzięki działaniu siły odśrodkowej, przesuwały się wzdłuż zewnętrznej ścianki tulei dystansowej pompy. Ten ruch powoduje zmianę objętości cieczy zamkniętej przez te elementy, wskutek czego następuje pompowanie paliwa. Przepływające przez silnik paliwo utrzymuje zawór jednokierunkowy w stanie otwartym. Tłumik absorbuje fluktuacje ciśnienia generowanego w pompie i zmniejsza

hałas. Zawór jednokierunkowy i zawór nadmiarowy spełniają te same zadania, co w pompie montowanej w zbiorniku paliwa.

Pompa paliwowa działa tylko w okresie pracy silnika spalinowego. Pompa może być *sterowana metodą włączania i wyłączania* w przypadku silnika obracanego przez rozrusznik, w trakcie normalnej pracy silnika oraz w przypadku zatrzymania silnika spalinowego.

Sterowanie metodą włączania i wyłączania może być dokonywane przez elektroniczną jednostkę sterującą lub przez przełącznik pompy paliwowej. Przykładowo omówiono pierwszy sposób sterowania.



Rys. 10.64. Schemat układu ilustrujący sposób sterowania pompą paliwową metodą włączania i wyłączania:

1 - akumulator, 2 - wyłącznik zapłonu, 3 - główny przełącznik elektronicznego wtrysku paliwa, 4 - złącze kontrolne, 5 - przełącznik otwierający obwód pompy, 6 - pompa paliwowa, 7 - EJS silnika, L1, L2, L3, L4 - uzwojenia, R - rezystor, Tr - tranzystor, +B, FP, FC, NE, E, STA - zaciski, C - kondensator

Na rysunku 10.64 przedstawiono schemat ilustrujący działanie elementów układu w trakcie sterowania pompą paliwową przez EJS. W przypadku, gdy *rozrusznik nadaje silnikowi odpowiednią prędkość obrotową*, prąd płynie w obwodzie: akumulator, zacisk 1 wyłącznika zapłonu, uzwojenie  $L_1$  głównego przełącznika elektronicznego wtrysku paliwa powodując jego włączenie. Jednocześnie prąd płynący w obwodzie: akumulator, zacisk 2 wyłącznika zapłonu, uzwojenie  $L_3$  przełącznika otwierającego obwód, włącza go, uruchamiając w ten sposób pompę paliwową.

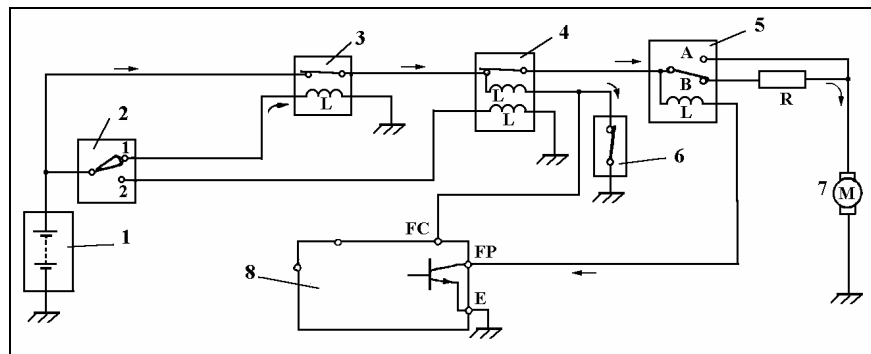
Po dokonaniu rozruchu, wyłącznik zapłonu zostaje przełączony z zacisku 2 na zacisk 1 powodując przerwanie prądu płynącego przez uzwojenie  $L_3$ . Jednak podczas pracy silnika prąd płynie przez uzwojenie  $L_2$  przełącznika otwierającego obwód (jest to związane z pracą tranzystora Tr w EJS silnika) powodując włączenie przełącznika, a tym samym pracę pompy paliwowej.

W przypadku *zatrzymania silnika*, sygnał NE przestaje być przesyłany do EJS silnika powodując nieprzewodzenie tranzystora Tr (przestaje płynąć

prąd przez uzwojenie  $L_2$ ). W wyniku tego przekaźnik otwierający obwód wyłącza się, wyłączając w ten sposób pompę paliwową

Regulacja prędkości obrotowej pompy paliwowej jest dokonywana w układzie, którego działanie jest podobne do omówionego systemu sterowania pompą metodą włączania i wyłączania. W układzie tym EJS silnika zmienia dwustopniowo prędkość obrotową pompy paliwowej zgodnie z ilością paliwa wymaganą do pracy silnika.

W przypadku pracy silnika spalinowego przy *dużych prędkościach obrotowych* lub przy znacznym obciążeniu, EJS silnika wyłącza przekaźnik sterowania pompy paliwowej. Styk zwierający zacisk *B* przekaźnika, zwiera się ze stykiem *A* powodując przepływ prądu do pompy paliwowej z pominięciem rezystora *R* (rys. 10.65). W wyniku tego pompa paliwowa pracuje z dużą prędkością obrotową (pompa pracuje również z dużą prędkością obrotową podczas rozruchu silnika).

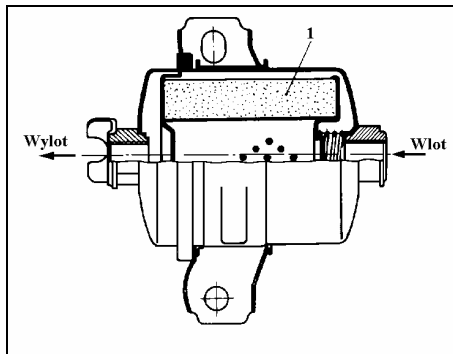


Rys. 10.65. Schemat układu ilustrujący sposób regulacji prędkości obrotowej pompy paliwowej: 1 - akumulator, 2 - wyłącznik zapłonu, 3 - główny przekaźnik elektronicznego wtrysku paliwa, 4 - przekaźnik otwierający obwód, 5 - przekaźnik sterowania pompy paliwowej, 6 - wyłącznik pompy paliwowej, 7 - pompa paliwowa, 8 - EJS silnika, 1, 2 - zaciski wyłącznika zapłonu, R - rezystor, FC, FP, E, A, B - zaciski, L - uzwojenia

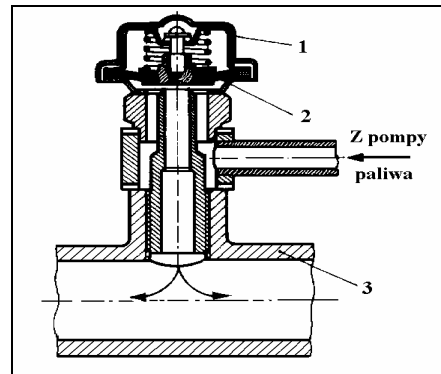
W przypadku pracy silnika spalinowego przy *małych prędkościach obrotowych* (praca w warunkach normalnych lub przy prędkości biegu jałowego silnika) EJS silnika włącza przekaźnik sterowania pompy paliwowej. Styk zwierający zacisk *A* przekaźnika zwiera się ze stykiem *B* powodując przepływ prądu przez rezystor *R*, a tym samym pracę pompy z małą prędkością obrotową.

**Filtr paliwa** zatrzymuje zanieczyszczenia i inne obce ciała znajdujące się w paliwie. Jest on zamontowany po stronie wysokiego ciśnienia pompy paliwowej i należy go wymieniać po przejechaniu określonej liczby kilometrów (kilkudziesięciu tysięcy). Na rysunku 10.66 przedstawiono budowę filtra paliwa.

**Tłumik pulsacji.** Ciśnienie paliwa jest utrzymywane na właściwym poziomie przez regulator ciśnienia zgodnie z podciśnieniem w kolektorze dolotowym. Wtrysk paliwa powoduje, że w układzie zasilania występują niewielkie pulsacje (zmiany) ciśnienia. Tłumik pulsacji (rys. 10.67) absorbuje te zmiany poprzez działanie przepony.

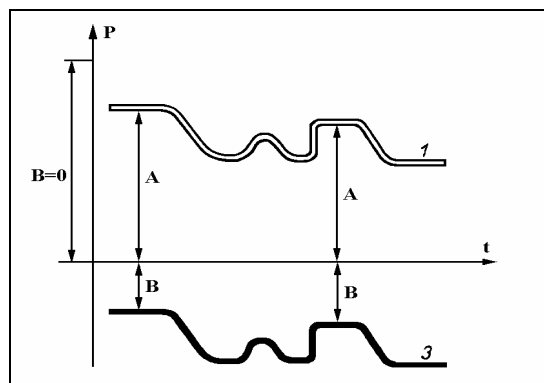


Rys. 10.66. Budowa filtru paliwa:  
1 - wkład filtrujący



Rys. 10.67. Schemat budowy tłumika pulsacji:  
1 - pokrywa, 2 - przepona, 3 - przewód zasilający

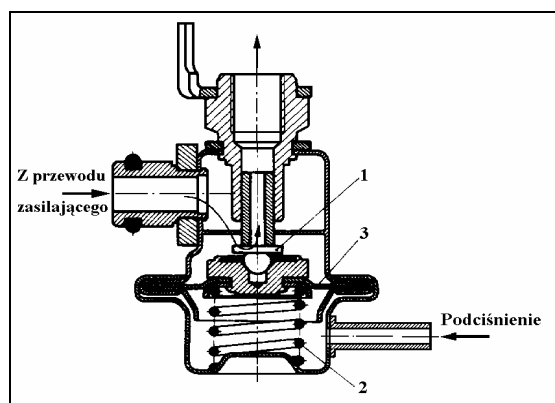
### Regulator ciśnienia



Rys. 10.68. Wykres ilustrujący stały poziom sumy ciśnienia paliwa i podciśnienia w kolektorze dolotowym (A+B) w funkcji czasu:  
1 - poziom ciśnienia paliwa, 2 - poziom ciśnienia atmosferycznego, 3 - poziom podciśnienia w kolektorze dolotowym

Regulator ciśnienia reguluje ciśnienie paliwa dostarczanego do wtryskiwaczy. Ilość wtryskiwanego paliwa jest regulowana długością czasu trwania sygnału doprowadzanego do wtryskiwacza tak, aby we wtryskiwaczach zapewnić stałe ciśnienie. W związku ze zmianami ciśnienia paliwa (związana-

nymi z procesem wtrysku) i zmianami podciśnienia w kolektorze dolotowym, ilość wtryskiwanego paliwa będzie zmieniać się w niewielkich granicach nawet w przypadku, gdy sygnał wtrysku oraz ciśnienie paliwa będą stałe. Zatem dla uzyskania dokładnej ilości wtryskiwanego paliwa suma ciśnienia paliwa A oraz podciśnienia w kolektorze dolotowym B (zgodnie z rys. 10.68) powinna być utrzymywana na odpowiednim poziomie.



Rys. 10.69. Schemat budowy regulatora ciśnienia:  
1 - zawór, 2 - sprężyna, 3 - przepona

Zasada działania regulatora ciśnienia (rys. 10.69) jest następująca. Sprężone paliwo znajdujące się w przewodzie zasilającym naciska na przeponę, otwierając zawór. Część paliwa przepływa z powrotem do zbiornika paliwa przez przewód powrotny. Ilość zwracanego paliwa zależy od siły napięcia sprężyny przepony, a ciśnienie paliwa zmienia się w zależności od ilości zwracanego paliwa. Podciśnienie kolektora dolotowego jest przykładane do komory po stronie sprężyny przepony, osłabiając siłę napięcia sprężyny, zwiększając ilość zwracanego paliwa i zmniejszając jego ciśnienie.

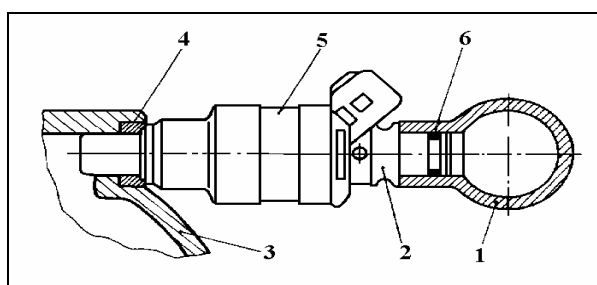
W skrócie: jeżeli podciśnienie w kolektorze dolotowym wzrasta (ciśnienie jest mniejsze), to ciśnienie paliwa spada o wartość spadku ciśnienia w kolektorze dolotowym. W rezultacie suma ciśnienia paliwa A oraz podciśnienia B (rys. 10.68) jest utrzymywane na stałym poziomie.

Gdy pompa jest zatrzymywana, wówczas zawór jest zamykany działaniem sprężyny. W wyniku tego, zawór jednokierunkowy wewnątrz pompy paliwowej i zawór wewnątrz regulatora ciśnienia zapewniają ciśnienie szczątkowe w układzie zasilania.

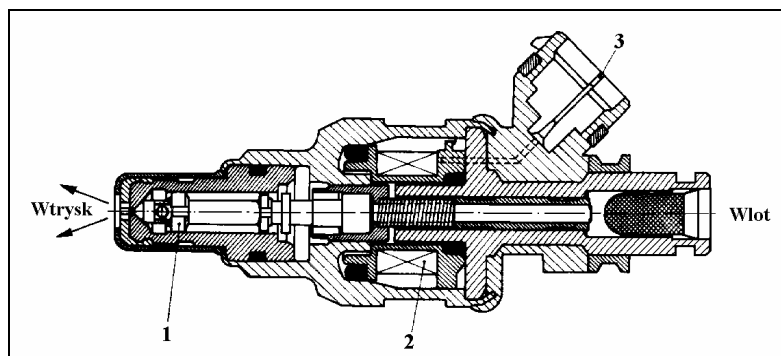
### Wtryskiwacze

Uruchamiany elektromagnetycznie wtryskiwacz, wtryskuje paliwo zgodnie z sygnałami odbieranymi z elektronicznej jednostki sterującej. Wtryskiwacze są zamontowane przy użyciu izolatorów w kolektorze dolotowym

lub w głowicy w pobliżu zaworu wlotowego. Wtryskiwacze są przymocowane za pomocą przewodu zasilającego. Na rys. 10.70 przedstawiono budowę wtryskiwacza. Zasada działania wtryskiwacza jest następująca. Gdy sygnał z elektronicznej jednostki sterującej zostanie odebrany przez cewkę elektromagnesu, nurnik zostanie pociągnięty w kierunku przeciwnym do kierunku działania siły naciągu sprężyny. Ponieważ zawór iglicowy oraz nurnik (rys. 10.71) są jednym podzespołem, zawór jest również podniesiony ponad jego gniazdo - następuje wtrysk paliwa. Dawka wtryskiwanego paliwa jest regulowana przez czas trwania sygnału. Ponieważ skok zaworu iglicowego jest ustalony, wtrysk jest utrzymywany tak długo, jak długo zawór iglicowy pozostaje otwarty.



Rys. 10.70. Schemat budowy wtryskiwacza:  
1 - przewód zasilający, 2 - pierścień uszczelniający, 3 - kolektor dolotowy lub głowica,  
4 - izolator, 5 - wtryskiwacz, 6 - uszczelka



Rys. 10.71. Elementy składowe wtryskiwacza:  
1 - zawór iglicowy, 2 - cewka, 3 - złącze

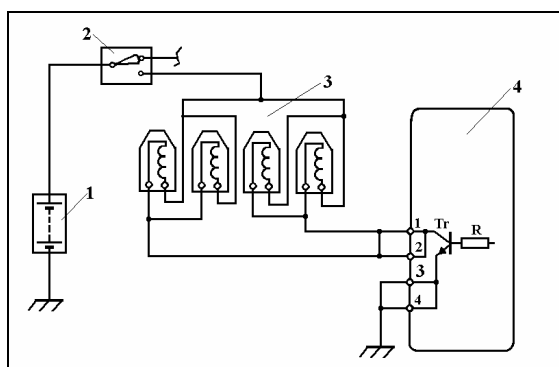
Jest wiele typów wtryskiwaczy, różniących się kształtem otworu rozpylacza, kształtem złącza i wartością rezystancji. Istnieją wtryskiwacze o małej wartości rezystancji (2 do 3  $\Omega$ ) i dużej (ok. 13,8  $\Omega$ ).

**Metody sterowania wtryskiwaczy** polegają na regulacji napięcia i prądu. Regulacja za pomocą zmiany napięcia dotyczy wtryskiwaczy o dużej i



małej rezystancji, natomiast regulacja za pomocą zmiany wartości prądu dotyczy wtryskiwaczy o małej rezystancji.

Na rysunku 10.72 przedstawiono przykładowo schemat połączeń elektrycznych do regulacji napięcia wtryskiwaczy o dużej rezystancji. Napięcie akumulatora jest poprzez wyłącznik zapłonu doprowadzone do wtryskiwaczy. Jeżeli tranzystor *Tr* przewodzi, prąd płynie w obwodzie z zacisków 1 i 2 do 3 i 4 powodując przepływ prądu przez wtryskiwacze i wtrysk paliwa.



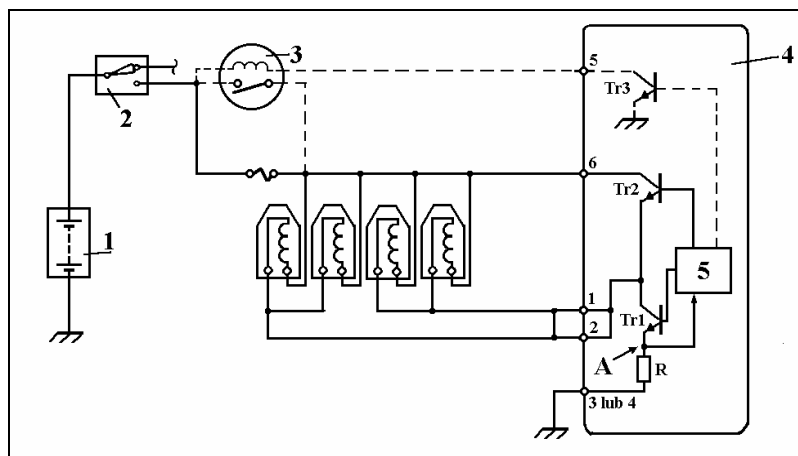
Rys. 10.72. Schemat połączeń elektrycznych do regulacji napięcia dla wtryskiwaczy o dużej rezystancji:  
1 - akumulator, 2 - wyłącznik zapłonu, 3 - wtryskiwacze o dużej rezystancji, 4 - EJS silnika, Tr - tranzystor, 1, 2, 3, 4 - zaciski

Podobnie działa obwód elektryczny dla regulacji napięcia wtryskiwaczy o małej rezystancji, z tym że pomiędzy wyłącznik zapłonu a wtryskiwacze należy włączyć dodatkowo rezystor elektromagnesów.

Przy sterowaniu wtryskiwaczami metodą regulacji prądu, wtryskiwacze o małej rezystancji są połączone bezpośrednio z akumulatorem (bez konieczności włączania rezystorów elektromagnesów). Wartość prądu jest regulowana przez włączanie i wyłączanie tranzystora EJS silnika. W trakcie podnoszenia tłoczka wtryskiwacza przepływa duży prąd, którego wartość szybko wzrasta. Powoduje to z kolei szybkie otwarcie zaworu iglicowego skracając w ten sposób nieefektywny czas trwania wtrysku. W przypadku podniesienia tłoczka maleje wartość prądu, co przeciwdziała wytwarzaniu ciepła w cewce wtryskiwacza oraz zmniejsza zużycie prądu. Schemat obwodu elektrycznego sterowania metodą regulacji prądu przedstawiono na rys.10.73. Napięcie akumulatora jest doprowadzone do wyłącznika zapłonu a następnie do głównego przekaźnika funkcji bezpieczeństwa w razie uszkodzenia. Następnie przez wtryskiwacze do EJS silnika. Główny przekaźnik w przypadku uszkodzenia jest połączony z masą obwodu sterowania wtryskiwaczy (przez zacisk 5 EJS silnika). Dlatego główny przekaźnik włącza się w przypadku włączenia wyłącznika zapłonu. Tranzystor *Tr1* zaczyna przewodzić powodując przepływ

prądu przez cewki wtryskiwaczy. Prąd ten wzrasta do chwili, gdy napięcie na zacisku A (w odniesieniu do masy) osiągnie określoną wartość. Następnie tranzystor *Tr1* przestaje przewodzić. Przewodzenie i nieprzewodzenie tranzystora *Tr1* powtarza się w trakcie trwania wtrysku z częstotliwością ok. 20 kHz. W ten sposób jest regulowana wartość prądu przepływającego przez cewki wtryskiwaczy. Jeżeli przez wtryskiwacze przepływa bardzo duży prąd, wyłącza się główny przełącznik odcinając przepływ tego prądu.

Przedstawiona metoda jest stosowana w silnikach z elektronicznym wtryskiem paliwa typu D.



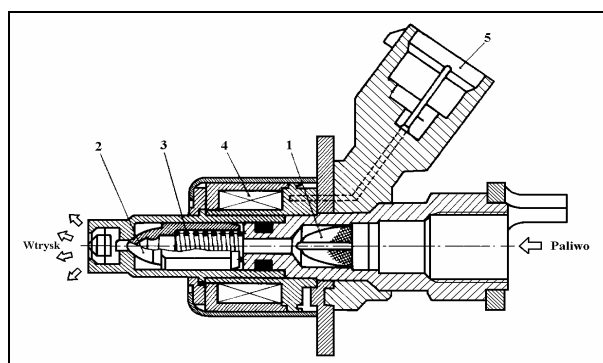
Rys. 10.73. Schemat połączeń elektrycznych obwodu sterowania metodą regulacji prądu wtryskiwaczy o małej rezystancji:

- 1 - akumulator, 2 - wyłącznik zapłonu, 3 - główny przełącznik funkcji bezpieczeństwa w razie uszkodzenia, 4 - EJS silnika, 5 - obwód sterowania wtryskiwaczami, Tr1, Tr2, Tr3 - tranzystory, R - rezystor, 1, 2, 3, 4, 5, A - zaciski

### Wtryskiwacz rozruchu zimnego silnika

Montowany w centralnej części komory mieszalnikowej wtryskiwacz rozruchu zimnego silnika ma za zadanie poprawę właściwości rozruchowych zimnego silnika.

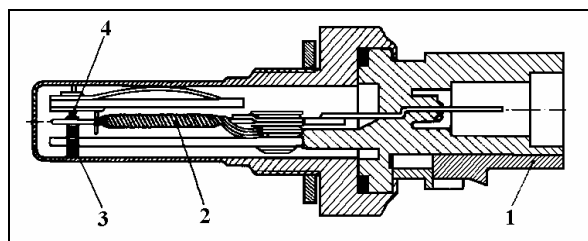
Wtryskiwacz (rys. 10.74) pracuje wyłącznie podczas obracania silnika rozrusznikiem, gdy temperatura płynu chłodzącego jest niska. Ponadto - dla przeciwdziałania zalaniu świec, co mogłoby nastąpić w wyniku ciągłej pracy wtryskiwacza rozruchu zimnego silnika - maksymalny czas trwania wtrysku jest ograniczony przez przełącznik czasowy wtryskiwacza rozruchu. Dla poprawy rozpylenia paliwa, końcówka rozpylacza ma specjalną budowę. Konstrukcja końcówki może być różna w różnych modelach.



Rys. 10.74. Schemat wtryskiwacza rozruchu zimnego silnika:  
1 - filtr, 2 - numnik, 3 - sprężyna, 4 - cewka elektromagnesu, 5 - złącze przewodowe

Gdy wyłącznik zapłonu jest tak włączony, że prąd płynie przez cewkę elektromagnesu, a numnik jest przyciągany w kierunku przeciwnym do kierunku działania siły napięcia sprężyny, wówczas zawór otwiera się, a paliwo przepływa przez numnik i końcówkę rozpylacza.

Wtryskiwacz rozruchu zimnego silnika ma wyłącznik czasowy (rys. 10.75). Zadaniem wyłącznika czasowego wtryskiwacza rozruchowego jest regulacja maksymalnego czasu trwania wtrysku z wtryskiwacza rozruchu zimnego silnika.

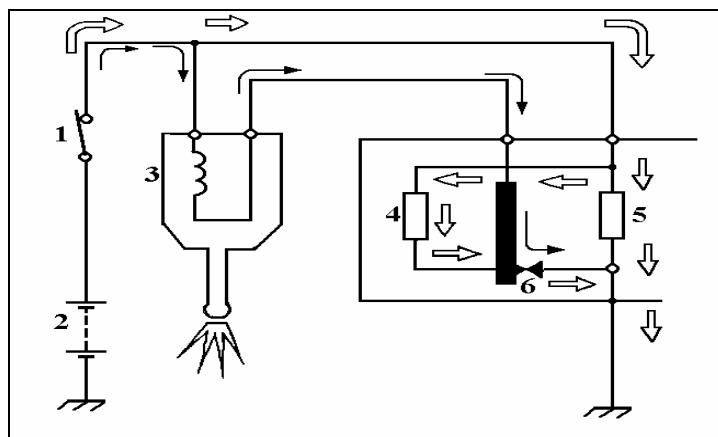


Rys. 10.75. Schemat wyłącznika czasowego wtryskiwacza rozruchu zimnego silnika:  
1 - złącze, 2 - spirala grzejna, 3 - styki, 4 - element bimetalowy

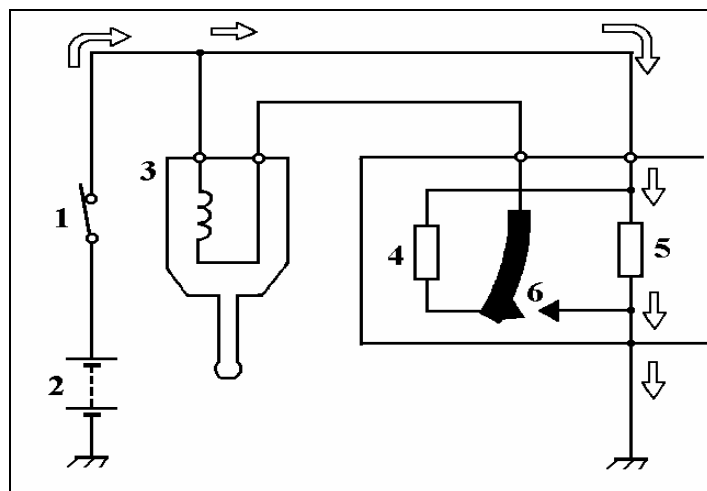
Gdy temperatura płynu chłodzącego silnika jest niska, wówczas styki są zwarte (rys. 10.75). Jeżeli wyłącznik zapłonu jest zwarty, to prąd płynie tak, jak zaznaczono na rys. 10.76, przedstawiającym obwód elektryczny wtryskiwacza rozruchu zimnego silnika i następuje wtrysk paliwa.

Gdy po rozruchu styki wyłącznika zapłonu zostaną rozwarte, wówczas nastąpi przerwanie wtrysku z wtryskiwacza rozruchu zimnego silnika. W przypadku obracania silnika rozrusznikiem przez dłuższy czas, istnieje możliwość zalania świec. Ponieważ prąd płynie przez spirale grzejne 4 i 5, element bimetalowy obwodu jest nagrzewany, co powoduje rozwarcie styków i przerwanie prądu płynącego przez wtryskiwacz rozruchu zimnego silnika. Zapo-

biega to zalaniu świec, a jednocześnie ogrzewany przez element grzejny 2 bimetal zapobiega ponownemu zwarciu styków. Na rysunku 10.77 przedstawiono schemat elektryczny wtryskiwacza rozruchu zimnego silnika przy przerwaniu wtrysku.



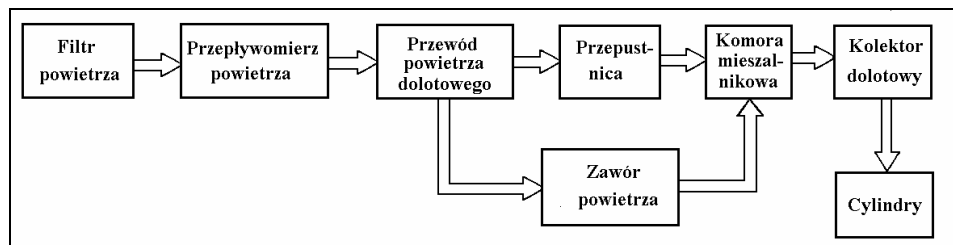
Rys. 10.76. Obwód elektryczny wtryskiwacza rozruchu zimnego silnika w przypadku wtrysku paliwa (wyłącznik czasowy wtryskiwacza włączony):  
1 - wyłącznik zapłonu, 2 - akumulator, 3 - wtryskiwacz, 4, 5 - spirale grzejne, 6 - wyłącznik czasowy



Rys. 10.77. Obwód elektryczny wtryskiwacza rozruchu zimnego silnika - wtrysk paliwa przerwany (wyłącznik czasowy wtryskiwaczy wyłączony):  
1 - wyłącznik zapłonu, 2 - akumulator, 3 - wtryskiwacz, 4, 5 - spirale grzejne, 6 - wyłącznik czasowy

### 10.2.3.2. Układ dolotowy

Układ dolotowy ma za zadanie doprowadzenie odpowiedniej ilości powietrza do komór spalania. Powietrze z filtru powietrza przepływa przez przepływomierz powietrza i uchyla płytkę pomiarową, a następnie wpływa do komory mieszalnikowej. Ilość wydatku powietrza dopływającego do komory mieszalnikowej jest zależna od kąta otwarcia przepustnicy. Powietrze z komory mieszalnikowej jest następnie rozdzielane do gałęzi kolektora dolotowego i wpływa do komór spalania. Na rysunku 10.78 przedstawiono schemat funkcjonalny układu dolotowego analizowanego systemu wtrysku paliwa.



Rys. 10.78. Schemat funkcjonalny układu dolotowego

### 10.2.3.3. Elektroniczna jednostka sterująca

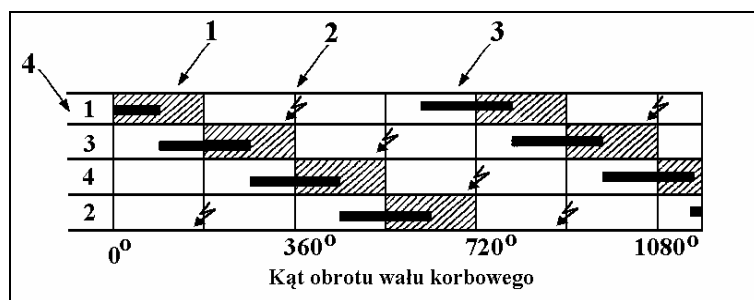
EJS silnika oblicza czas trwania wtrysku w zależności od sygnałów:

- sygnału ciśnienia w kolektorze dolotowym z czujnika ciśnienia (system typu D), lub sygnału objętości powietrza dolotowego z przepływomierza powietrza (system typu L),
- sygnału prędkości obrotowej.

EJS silnika określa również właściwy czas trwania wtrysku dla różnych warunków pracy silnika na podstawie sygnałów również z innych czujników.

#### Metody wtrysku paliwa i jego regulacji

Paliwo może być wtryskiwane przez wtryskiwacze: równocześnie do wszystkich cylindrów, kolejno do wytypowanych grup cylindrów, oddzielnie do każdego cylindra. Kąt początku wtrysku może być zmienny w zależności od modelu silnika. Na rysunku 10.79 przedstawiono przykładowo metodę wtrysku oddzielnie do każdego cylindra, z zaznaczeniem kąta początku wtrysku dla silnika np. 3S-GE firmy Toyota.

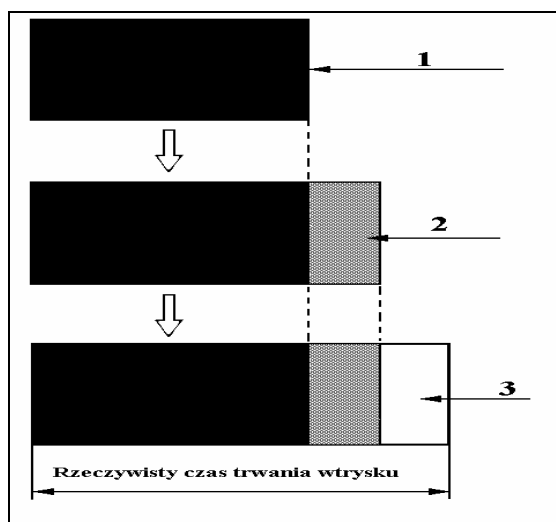


Rys. 10.79. Metoda wtrysku niezależnego oddzielnie do każdego cylindra:  
1 - suw dolotu, 2 - zapłon, 3 - wtrysk paliwa, 4 - kolejność cylindrów

### Regulacja czasu trwania wtrysku

Rzeczywisty czas trwania wtrysku jest określany przez:

- ilość powietrza dostarczonego do silnika oraz prędkość obrotową silnika (podstawowy czas wtrysku),
- różne korekty dokonywane na podstawie sygnałów z różnych innych czujników.

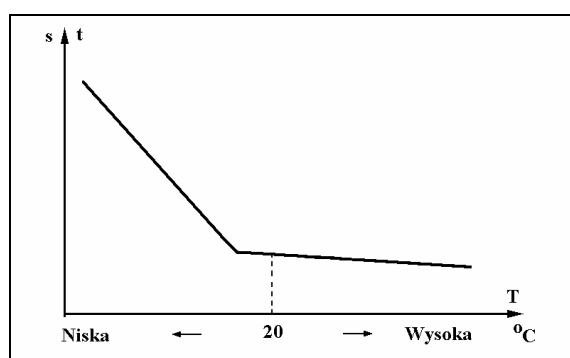


Rys. 10.80. Ilustracja określająca czas trwania wtrysku paliwa w trakcie rozruchu silnika:  
1 - podstawowy czas trwania wtrysku, 2 - korekcja na podstawie różnicy temperatury powietrza dolotowego, 3 - korekcja spowodowana zmniejszeniem napięcia akumulatora

Ze względu na zmienną prędkość obrotową silnika, w trakcie rozruchu występują trudności dotyczące określenia przez czujnik ciśnienia dokładnej wartości ciśnienia w kolektorze dolotowym (system typu **D**) lub przez prze-

pływomierz powietrza dokładnej ilości powietrza dostarczonego do silnika (system typu **L**). Dlatego regulacja czasu wtrysku podczas rozruchu silnika polega na tym, że EJS silnika ustala tzw. podstawowy czas trwania wtrysku właściwy dla danej temperatury płynu chłodzącego silnik. Do tego czasu dolicza się korekcję czasu wynikającą z różnic temperatury powietrza dolotowego i korekcje czasu spowodowaną napięciem (ostatnia zmiana jest omówiona w dalszej części książki).

Na rysunku 10.80 przedstawiono ilustrację określania czasu wtrysku podczas rozruchu silnika, a na rys. 10.81 zależność czasu trwania wtrysku od temperatury płynu chłodzącego.



Rys. 10.81. Zależność czasu trwania wtrysku od temperatury płynu chłodzącego

*Regulacja wtrysku po rozruchu* jest również uzależniona od podstawowego czasu wtrysku oraz czasu wynikającego z korekcji wtrysku.

*Podstawowy czas wtrysku* dla elektronicznego wtrysku paliwa typu D jest określany na podstawie ciśnienia w kolektorze dolotowym oraz prędkości obrotowej silnika. Natomiast dla elektronicznego wtrysku paliwa typu L na podstawie ilości powietrza dostarczonego do silnika oraz prędkości obrotowej silnika.

**Korekcja wtrysku** jest uzależniona od sygnałów z różnych czujników informujących o warunkach pracy silnika.

- *Korekcja na podstawie temperatury powietrza dolotowego* jest powodowana tym, że temperatura silnika zmienia się wraz z gęstością powietrza dostarczonego do silnika. EJS silnika jest o tym informowana przez czujnik temperatury powietrza dolotowego. Aby regulacja czasu wtrysku była taka, że utrzymywany będzie wymagany przez silnik skład spalin zakłada się, że temperatura 20°C jest uznana jako tzw. normalna. EJS silnika zwiększa lub zmniejsza ilość wtryskiwanego paliwa w zależności od tego czy temperatura dostarczonego powietrza do silnika będzie wyższa lub niższa od normalnej. Korekcja wtryskiwanej ilości paliwa może wynosić od 10 do 20% .

- *Korekcja (dodatkowa ilość paliwa) po dokonaniu rozruchu silnika* jest początkowo określana na podstawie temperatury płynu chłodzącego, potem jest stopniowo zmniejszana. Gdy temperatura płynu chłodzącego jest bardzo niska to korekcja powoduje podwojenie dawki wtryskiwanego paliwa.
- *Korekcja (dodatkowa ilość paliwa) przy nagrzewaniu silnika* jest spowodowana tym, że parowanie paliwa, gdy silnik jest zimny jest znikome. Z tego powodu w przypadku niskiej temperatury płynu chłodzącego, EJS silnika poinformowana o tym przez czujnik temperatury wody, zwiększa ilość wtryskiwanego paliwa do chwili aż płyn chłodzący osiągnie ustaloną temperaturę. Przy niskiej temperaturze płynu może nastąpić podwojenie wielkości dawki wtryskiwanego paliwa.
- *Korekcja (dodatkowa ilość paliwa) przy dużych obciążeniach silnika* jest spowodowana m.in. wskazaniami kąta otwarcia przepustnicy lub na podstawie ilości powietrza dostarczonego do silnika. Zwiększenie dawki może dochodzić do 10÷30 %.
- *Korekcja ilości wtryskiwanego paliwa w stanach przejściowych pracy silnika.* Praca silnika w stanie przejściowym to okres jego pracy przy zmiennych prędkościach obrotowych. W trakcie zwiększania prędkości obrotowej, dla poprawy charakterystyki przyspieszenia, EJS silnika zwiększa wielkość dawki wtryskiwanego paliwa. Wraz z upływem czasu ilość wtryskiwanego paliwa jest zmniejszana. W trakcie zmniejszania prędkości obrotowej, EJS silnika powoduje zmniejszenie dawki wtryskiwanego paliwa.
- *Korekcja składu mieszanki metodą sprzężenia zwrotnego* może być dokonywana na podstawie sygnałów z czujnika tlenu lub sygnałów z czujnika ubogiej mieszanki. W pierwszym przypadku jest utrzymywany skład mieszanki paliwowo-powietrznej w wąskim zakresie odchyłek od składu stechiometrycznego - ten przypadek jest nazywany pracą w pętli sprzężenia zwrotnego. Tego typu korekcja nie jest dokonywana: podczas rozruchu silnika, po dokonaniu rozruchu przy dużych obciążeniach, gdy temperatura płynu chłodzącego jest poniżej ustalonego poziomu, gdy ma miejsce odcinanie zasilania paliwem, gdy sygnał ubogiej mieszanki trwa dłużej niż założony czas, gdy sygnał bogatej mieszanki trwa dłużej niż założony czas - te przypadki stanowią pracę w pętli otwartej. EJS silnika porównuje napięcie sygnałów napięciowych czujnika tlenu z napięciem o określonej wartości. Jeżeli jest ono niższe od ustalonego oznacza to, że mieszanka paliwowo-powietrzna jest uboższa od mieszanki o składzie stechiometrycznym i zwiększa ilość wtryskiwanego paliwa.

*Współczynnik korekcji zmienia się w granicach od 0,8 do 1,2 podczas pracy w pętli sprzężenia zwrotnego, natomiast jest równy 1,0 podczas pracy w otwartej pętli.*

*W drugim przypadku (czujnik ubogiej mieszanki) jest utrzymywany skład mieszanki paliwowo-powietrznej w zakresie ubogiej mieszanki - ten przypadek jest nazywany pracą w pętli sprzężenia zwrotnego. Tego typu ko-*



rekcja nie jest dokonywana: podczas rozruchu silnika, po dokonaniu rozruchu, przy dużych obciążeniach, gdy temperatura płynu chłodzącego jest poniżej ustalonego poziomu, gdy ma miejsce odcinanie zasilania paliwem - te przypadki stanowią pracę w pętli otwartej.

EJS silnika na podstawie sygnałów określa pożądany skład mieszanki paliwowo-powietrznej. Ta wartość podlega konwersji w prąd elektryczny, którego wartość jest porównywana z prądem z czujnika ubogiej mieszanki. Jeżeli prąd z czujnika ma większą wartość od prądu określonego składu mieszanki to, EJS silnika zwiększa dawkę wtryskiwanego paliwa. W przeciwnym przypadku zmniejsza dawkę wtryskiwanego paliwa. Współczynnik korekcji zmienia się w granicach od 0,8 do 1,2 podczas pracy w pętli sprzężenia zwrotnego, natomiast jest równy 1,0 podczas pracy w otwartej pętli.

Ponadto w układach regulacji prowadzi się korekcję kontroli CO w spalinach, korekcję stabilności silnika pracującego na biegu jałowym (w systemie typu D), korekcję kompensacji wysokości (w systemie typu L). W ostatnim przypadku korekcja powoduje zmniejszenie dawki wtryskiwanego paliwa o około 10 % na wysokości 1000 m nad poziomem morza.

**Odcinanie paliwa.** EJS silnika odcina dopływ paliwa podczas zmniejszania prędkości jazdy od dużej początkowej prędkości obrotowej silnika przy całkowicie zamkniętej przepustnicy. Powoduje to zmniejszenie zużycia paliwa i ograniczenie emisji toksycznych składników spalin.

W przypadku zmniejszenia prędkości obrotowej silnika poniżej określonego poziomu lub w przypadku otwarcia przepustnicy wtrysk paliwa zostaje wznowiony. EJS silnika odcina dopływ paliwa gdy prędkość obrotowa silnika wzrośnie powyżej ustalonej wartości, która może być powodem rozbiegania silnika. W przypadku zmniejszenia prędkości obrotowej silnika wtrysk paliwa jest wznowiony.

**Korekcja napięcia** jest spowodowana zmniejszeniem napięcia akumulatora w czasie między chwilą, w której EJS silnika wysyła do wtryskiwaczy sygnał wtrysku, a chwilą, gdy wtryskiwacze rzeczywiście się otwierają. Opóźnienie jest tym dłuższe im bardziej zmniejszy się napięcie akumulatora. Oznacza to, że długość okresu otwarcia wtryskiwaczy będzie mniejsza od obliczonej przez EJS silnika powodując powstanie mieszanki paliwowo-powietrznej uboższej niż wymagana przez silnik. Korekcja napięcia ma przeciwdziałać temu zjawisku.

## **10.2.4. Elektroniczna regulacja wyprzedzenia zapłonu**

### **10.2.4.1. Uwagi wstępne**

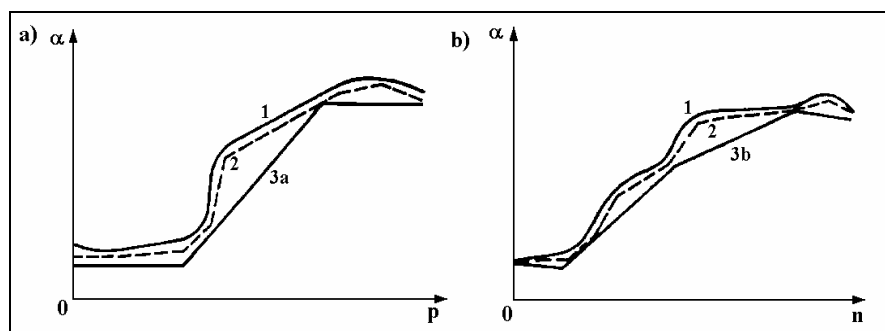
Elektroniczna regulacja wyprzedzenia zapłonu sterowanego komputerowo jest układem, przy pomocy, którego EJS silnika reguluje wartość kąta

wyprzedzenia zapłonu dokonywaną przez układ zapłonowy. Na wartość optymalnego kąta wyprzedzenia zapłonu oprócz prędkości obrotowej silnika spalinowego oraz ilości doprowadzonego powietrza ma wpływ szereg innych czynników, takich jak kształt komory spalania, temperatura wewnątrz komory spalania itp. Z tego powodu, podciśnieniowe i odśrodkowe regulatory nie są w stanie zapewnić idealnego kąta wyprzedzenia zapłonu dla silnika. Układ elektronicznej regulacji kąta wyprzedzenia zapłonu sterowanego komputerowo zapewnia prawie idealną charakterystykę kąta wyprzedzenia zapłonu.

EJS silnika określa kąt wyprzedzenia zapłonu na podstawie jej wewnętrznej pamięci, w której są zawarte dane dotyczące optymalnego kąta wyprzedzenia zapłonu dla różnych warunków pracy silnika, następnie odpowiedni sygnał kąta wyprzedzenia zapłonu jest wysyłany do urządzenia zapłonowego. Ponieważ regulacja elektroniczna kąta sterowana komputerowo zawsze zapewnia jego optymalną wartość, zatem zarówno zużycie paliwa jak i moc silnika są utrzymywane na właściwym poziomie.

W EJS silnika niektórych modeli samochodów znajdują się w pamięci również dwa komplety danych dotyczących kąta wyprzedzenia zapłonu. Dane te dotyczą benzyny wysokooktanowej i normalnej. EJS silnika automatycznie ocenia oktanowość benzyny, dostosowując kąt wyprzedzenia zapłonu do aktualnie znajdującej się w baku samochodzie. Tego typu regulacja stosowana jest również w metodach klasycznych - konwencjonalnych i elektronicznych.

Na rysunku 10.82 przedstawiono charakterystyki kąta wyprzedzenia zapłonu w warunkach idealnych, przy zastosowaniu regulacji elektronicznej i za pomocą regulatorów zamontowanych w aparacie zapłonowym.



Rys. 10.82. Charakterystyki kąta  $\alpha$  wyprzedzenia zapłonu w funkcji: a) podciśnienia  $p$  w kolektorze dolotowym (obciążenie); b) prędkości obrotowej  $n$ :  
1 - idealna regulacja zapłonu, 2 - elektroniczna regulacja zapłonu, 3a - regulator podciśnieniowy rzeczywisty, 3b - regulator odśrodkowy rzeczywisty

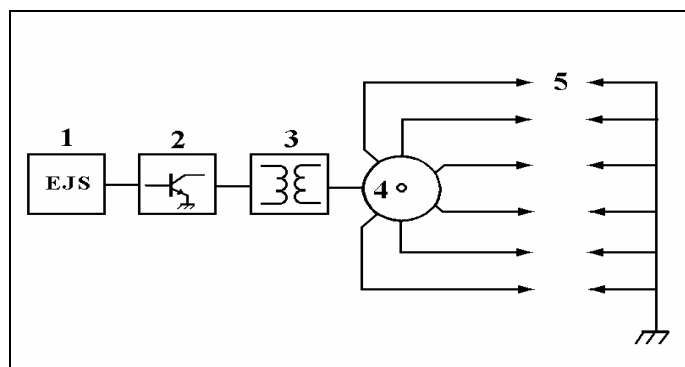
Zasada działania układu zapłonowego sterowanego komputerowo polega na tym, że sygnały z generatora sygnału przed wysłaniem do urządzenia zapłonowego przechodzą przez EJS silnika. Tego typu układy zapłonowe

mogą być klasyfikowane ze względu na sposób rozdziału iskry na świece zapłonowe. Można rozróżnić typ konwencjonalny, w którym zastosowano rozdzielacz lub typ bezrozdzielaczowego układu zapłonowego.

W pierwszym przypadku, na podstawie sygnałów G i NE (oraz innych sygnałów), EJS silnika ustala kąt wyprzedzenia zapłonu. Po określeniu tego kąta, elektroniczna jednostka sterująca wysyła sygnał wyprzedzenia zapłonu (SWZ) do urządzenia zapłonowego. Gdy sygnał ten zaniknie, odpowiedni tranzystor urządzenia zapłonowego przestaje przewodzić, powodując zanik przepływu prądu przez uzwojenie pierwotne cewki zapłonowej. Zanik prądu w cewce powoduje powstanie w uzwojeniu wtórnym cewki, napięcia o wartości ok. 35 kV. Napięcie to powoduje przeskok iskry na elektrodach świecy zapłonowej.

Dla zapewnienia stabilnej wartości napięcia wtórnego oraz niezawodności układu, urządzenia zapłonowe wyposaża się w następujące obwody:

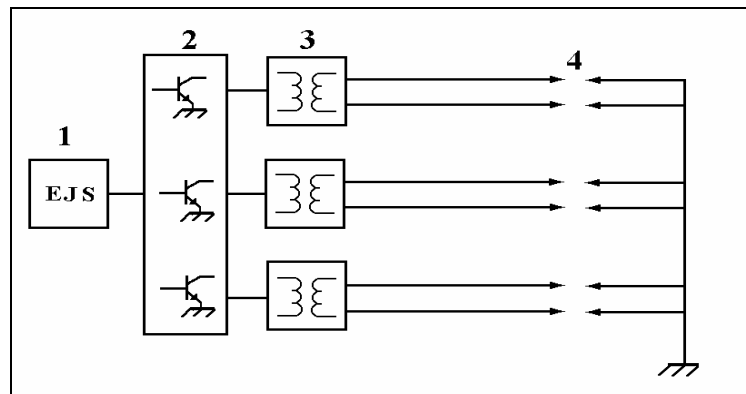
- *obwód regulacji kąta wyprzedzenia zapłonu*, przy którym przepływa prąd przez uzwojenie pierwotne cewki zapłonowej. Obwód reguluje czas przewodzenia tranzystora urządzenia zapłonowego,
- *obwód powstawania sygnału określającego brak zapłonu lub potwierdzający zapłon*. W obwodzie tym powstaje sygnał, który jest przesyłany do EJS silnika,
- *obwód przeciwdziałania zablokowaniu tranzystora*. Jeżeli przez tranzystor urządzenia zapłonowego płynie prąd przez czas dłuższy od ustalonego, tranzystor przestaje przewodzić,
- *obwód przeciwdziałania powstaniu zbyt dużej wartości napięcia zasilania*. Obwód powoduje, że tranzystor urządzenia zapłonowego przestaje przewodzić. Na rys.10.83 przedstawiono schemat konwencjonalnego układu zapłonowego sterowanego komputerowo.



Rys. 10.83. Schemat blokowy konwencjonalnego układu zapłonowego sterowanego komputerowo:

1 - EJS silnika, 2 - urządzenie zapłonowe, 3 - cewka zapłonowa, 4 - rozdzielacz, 5 - świece zapłonowe

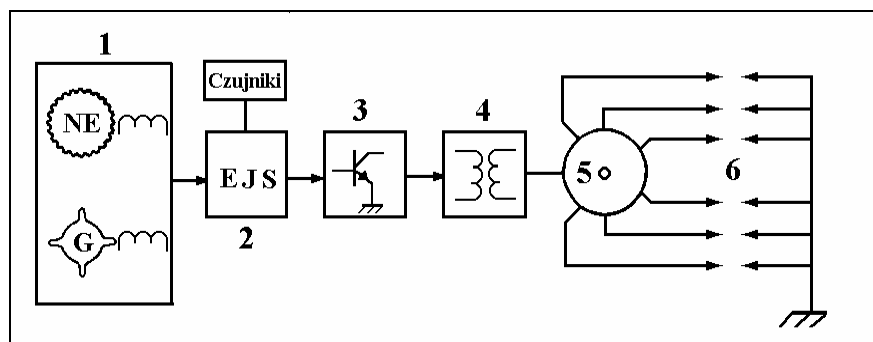
W drugim przypadku bezrozdzielaczowy układ zapłonowy to układ, w którym przeskok iskry na elektrodach świecy zapłonowej następuje bez udziału rozdzielacza. Na rys.10.84 przedstawiono sterowany komputerowo bezrozdzielaczowy układ zapłonowy.



Rys. 10.84. Schemat blokowy bezrozdzielaczowego układu zapłonowego sterowanego komputerowo:

1 - EJS silnika, 2 - urządzenie zapłonowe, 3 - cewki zapłonowe, 4 - świece zapłonowe

Jak już wspomniano w systemach sterowania komputerowego sygnały z generatora sygnału przed wysłaniem do urządzenia zapłonowego przechodzą przez EJS silnika. Na rysunku 10.85 przedstawiono pełny schemat konwencjonalnego układu zapłonowego sterowanego komputerowo z zaznaczeniem generatora sygnałów G i NE oraz rozdzielacza.



Rys. 10.85. Schemat blokowy układu zapłonowego konwencjonalnego sterowanego komputerowo:

1 - generator sygnałów G i NE, 2 - EJS silnika, 3 - urządzenie zapłonowe, 4 - cewka zapłonowa, 5 - rozdzielacz, 6 - świece zapłonowe

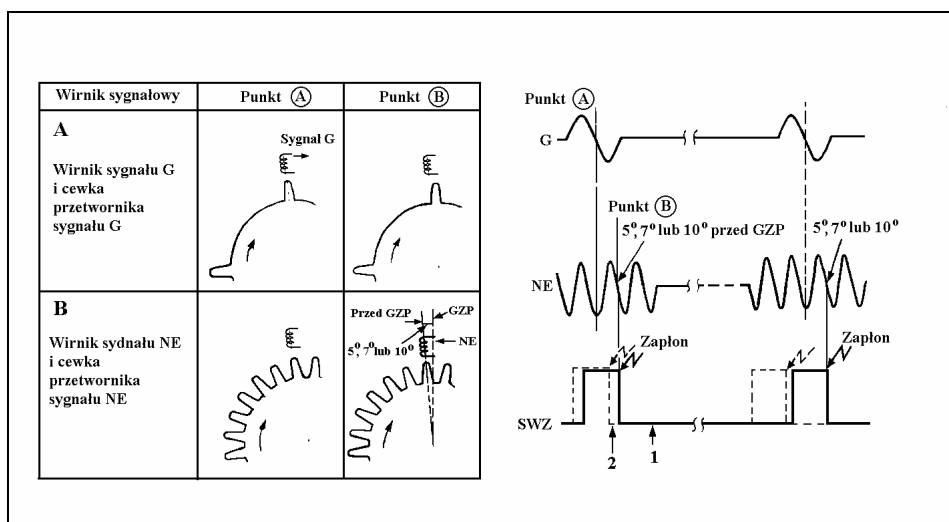
### 10.2.4.2. Regulacja kąta wyprzedzenia zapłonu

Kąt wyprzedzenia zapłonu należy regulować w trakcie dokonywania rozruchu silnika spalinowego oraz po dokonaniu rozruchu w czasie normalnej pracy tego silnika.

W pierwszym przypadku, zapłon następuje przy pewnym, określonym kącie obrotu wału korbowego, niezależnie od warunków pracy silnika. Kąt ten jest nazywany "statycznym kątem wyprzedzenia zapłonu".

W drugim przypadku, do wartości statycznego kąta wyprzedzenia zapłonu i podstawowego kąta wyprzedzenia zapłonu dodawane są wartości kątów wynikające z różnych korekcji.

Regulacja kąta wyprzedzenia zapłonu w *trakcie dokonywania rozruchu silnika spalinowego* jest przeprowadzana jeden raz na podstawie sygnałów G i NE przekazywanych do EJS silnika. Na rys. 10.86 przedstawiono ilustrację, jak jest ustalany statyczny kąt wyprzedzenia zapłonu na podstawie sygnału NE (punkt B) i sygnału G (punkt A). Dla różnych silników spalinowych kąt ten osiąga wartości równe 5°, 7° lub 10°, przy czym jest to kąt jaki osiąga wał korbowy przed Górnym Zwrotnym Punktem (GZP).



Rys. 10.86. Statyczny kąt wyprzedzenia zapłonu: a) sygnały G i NE otrzymywane z wirników i cewek przetworników, b) charakterystyki sygnałów G i NE oraz sygnału SWZ wysłanego przez EJS silnika do urządzenia zapłonowego:  
1 - sygnał SWZ statycznego kąta wyprzedzenia zapłonu, 2 - sygnał SWZ zapłonu wyprzedzanego

Na podstawie tych sygnałów EJS silnika wysyła do urządzenia zapłonowego sygnał wyprzedzenia zapłonu SWZ ustalając optymalny kąt wyprzedzenia zapłonu. Ten sygnał SWZ zostaje włączony tuż przed chwilą uzyskania

optymalnego kąta wyprzedzenia zapłonu obliczonego przez EJS silnika, a następnie zostaje wyłączony. Przeskok iskry na elektrodach świecy zapłonowej następuje w chwili wyłączenia tego sygnału (rys. 10.86b).

*Podstawowy kąt wyprzedzenia zapłonu* odpowiada kątowi wyprzedzenia zapłonu regulatora podciśnieniowego i odśrodkowego w układzie klasycznym. Odpowiednie dane dotyczące optymalnych wartości tego kąta zawarte są w pamięci EJS silnika. Dane te są uzależnione od prędkości obrotowej silnika spalinowego oraz ciśnienia w kolektorze dolotowym silnika lub ilości doprowadzonego powietrza.

*Korekcyjna regulacja kąta wyprzedzenia zapłonu* jest dokonywana w przypadku:

- *Nagrzewania silnika spalinowego.* Aby poprawić własności trakcyjne, kąt wyprzedzenia jest zwiększany przy niskiej temperaturze płynu chłodzącego silnik. Przy bardzo niskiej temperaturze otoczenia, korekcja ta powoduje przyspieszenie zapłonu o ok.  $15^\circ$ .
- *Przegrzanie silnika spalinowego.* Gdy temperatura płynu chłodzącego jest bardzo wysoka (około  $100^\circ\text{C}$ ), kąt wyprzedzenia zapłonu jest zmniejszany. Ma to na celu przeciwdziałanie spalaniu stukowemu czy przeegrzaniu silnika. W wyniku tej korekcji można opóźnić zapłon maksymalnie o kąt  $5^\circ$ .
- *Stabilizacja pracy silnika spalinowego na biegu jałowym.* EJS silnika reguluje kąt wyprzedzenia zapłonu w celu stabilizacji prędkości obrotowej silnika w przypadku jej zmiany spowodowanej zmianami obciążenia silnika pracującego na biegu jałowym. Jest określana w sposób ciągły średnia prędkość obrotowa silnika i w przypadku jej zmniejszenia poniżej określonej wartości EJS silnika przyspiesza zapłon. Odwrotnie w przypadku zwiększenia prędkości obrotowej silnika, zapłon zostaje opóźniony. Kąt wyprzedzenia zapłonu może być zmieniany maksymalnie o wartość  $\pm 5^\circ$ .
- *Recyrkulacja spalin.* W przypadku włączonej recyrkulacji w celu poprawy właściwości trakcyjnych kąt wyprzedzenia zapłonu jest zwiększany w zależności od ilości doprowadzonego powietrza oraz prędkości obrotowej silnika spalinowego.
- *Pracy pętli sprzężenia zwrotnego regulacji składu mieszanki* (silnik spalinowy z czujnikiem tlenu). Podczas pracy pętli sprzężenia zwrotnego regulacji mieszanki, prędkość obrotowa silnika spalinowego zmienia się, ponieważ ulega zmianie wielkość dawki wtryskiwanego paliwa. Silnik pracujący na biegu jałowym jest szczególnie wrażliwy na zmiany w składzie mieszanki, dlatego zwiększając kąt wyprzedzenia zapłonu zgodnie ze zmianą wielkości dawki w tym stanie pracy, uzyskuje się stabilną pracę silnika na biegu jałowym. W wyniku tej korekcji kąt wyprzedzenia zapłonu jest przyspieszany maksymalnie o kąt równy ok.  $5^\circ$ .
- *Spalania stukowego.* W przypadku spalania stukowego, czujnik stuku przetwarza drgania powstałe podczas tego rodzaju spalania na sygnały napięciowe i wysyła je do EJS silnika. Jeżeli zjawisko spalania stukowego jest bardzo

intensywne, zapłon jest opóźniany. W przypadku zaniku spalania stukowego, EJS silnika wstrzymuje opóźnienie zapłonu i rozpoczyna jego stopniowe przyspieszanie. W wyniku tej korekcji zapłon jest opóźniony maksymalnie o kąt równy ok.  $10^\circ$ .

- *Regulacja momentu obrotowego.* W pojazdach wyposażonych w EJS skrzyni biegów, każde sprzęgło czy hamulec planetarnej przekładni skrzyni biegów lub zespołu napędowego wytwarza udar podczas załączenia. W chwili rozpoczęcia przełączania przełożenia, EJS silnika opóźnia zapłon w celu zmniejszenia momentu obrotowego silnika. W wyniku tej korekcji zapłon jest opóźniany maksymalnie o kąt równy ok.  $20^\circ$ .

Są stosowane jeszcze *dodatkowe korekcje*, do których można zaliczyć:

- korekcję w stanach przejściowych (zmiana prędkości obrotowej silnika spalinyowego),
- korekcję podczas pracy układu regulacji jazdy ustalonej (jazda ze wzniesienia),
- korekcję podczas pracy układu regulacji siły napędowej,
- korekcję w przypadku uszkodzenia chłodnicy międzystopniowej,
- regulację maksymalnego i minimalnego kąta wyprzedzenia zapłonu. EJS silnika kontroluje, aby suma podstawowego kąta wyprzedzenia zapłonu i korekcyjnego kąta wyprzedzenia zapłonu nie była większa od  $35^\circ$  do  $45^\circ$  i mniejsza od  $-10^\circ$  do  $0^\circ$ .

## **11. EKOLOGICZNY I ENERGOOSZCZĘDNY NAPĘD POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH**

### **11.1. Uwagi ogólne**

Poszukiwania energooszczędnych i ekologicznych źródeł napędu spowodowały intensyfikację badań nad nowymi koncepcjami napędów pojazdów. Zaliczyć do nich można pojazdy, w których zastosowano elektryczne lub hybrydowe elektromechaniczne układy napędowe.

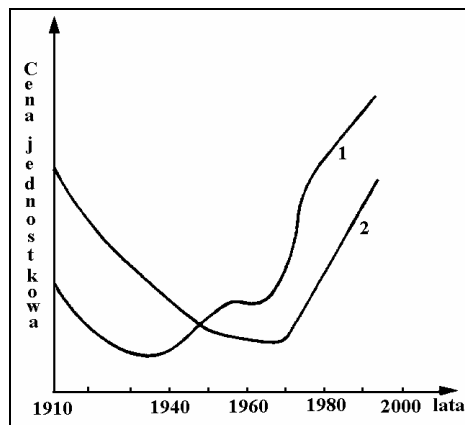
Pomysł konstrukcji i wprowadzenie do eksploatacji samochodów o napędzie elektrycznym sięga ostatniej dekady XIX wieku, a samochody te konkurowały z ówczesnymi pojazdami o napędzie parowym i spalinowym.

W latach dwudziestych obecnego stulecia po drogach Stanów Zjednoczonych poruszało się 30 tysięcy pojazdów o napędzie elektrycznym, co stanowiło około 5% wszystkich pojazdów eksploatowanych w tym czasie. Od tego czasu obserwuje się pewien regres w rozwoju tych pojazdów, a ówczesnymi jego powodami były m.in.:

- Znacznie większy koszt uzyskania energii elektrycznej niż uzyskiwanej ze spalania paliw płynnych (oleju napędowego, benzyny); w roku 1910 koszt uzyskania porównywalnej ilości energii elektrycznej był dwukrotnie wyższy (rys. 11.1).
- Znaczna masa niezbędnych do napędu akumulatorów elektrochemicznych, która decydowała o większej masie samochodów elektrycznych niż napędzanych silnikami spalinowymi.
- Ze względu na większą masę pojazdów o napędzie elektrycznym ograniczony ich zasięg i maksymalna prędkość jazdy, a także większe koszty ich produkcji w porównaniu z pojazdami o napędzie mechanicznym.

Samochód elektryczny górował nad ówczesnym pojazdem napędzanym silnikiem spalinowym jedynie możliwością natychmiastowego i łatwego rozruchu. Jednak wynalezienie w 1912 r. przez Charlesa F. Ketteringa rozrusznika elektrycznego zastosowanego do pojazdów napędzanych silnikiem spalinowym zlikwidowało i tę przewagę.





Rys.11.1. Porównanie cen benzyny 1 i energii elektrycznej 2 w latach 1910 -1995

Podsumowując, można stwierdzić, że w ówczesnym okresie bardzo niskie ceny paliw płynnych oraz obfitość ich występowania, nawet przy takich eksploatacyjnych wadach pojazdów z silnikiem spalinowym jak zanieczyszczenie środowiska związkami toksycznymi czy też nadmierna hałaśliwość, były powodem, że pojazdy elektryczne nie mogły być dla nich konkurencyjne. Ceny paliw płynnych, jak również energii elektrycznej spadały aż do lat pięćdziesiątych obecnego stulecia. Obecnie sytuacja zmienia się. Ceny paliw płynnych jak i energii elektrycznej wzrastają. Nośnikami energii elektrycznej są węgiel, woda, gaz, reakcje jądrowe oraz olej napędowy, który staje się surowcem deficytowym.

Na przykład w USA wytwarza się znaczne ilości energii elektrycznej z tym, że wykorzystanie oleju napędowego stanowi mniej niż 12% i to tylko w okresie występowania szczytów energetycznych.

Jeżeli akumulatory elektrochemiczne, obecnie podstawowe źródło energii do napędu pojazdów elektrycznych, będą ładowane w nocy, poza okresem szczytu energetycznego, wykorzystanie zainstalowanych w elektrowniach urządzeń będzie efektywniejsze. Nocne zasilanie baterii akumulatorów z zastosowaniem istniejących liczników zmiennotaryfowych może zmniejszyć o 50 do 70% cenę energii elektrycznej, co w konsekwencji umożliwiłoby zmniejszenie kosztów eksploatacji pojazdów elektrycznych.

Badania statystyczne wykazały, że np. w USA jest możliwe nocne ładowanie takiej liczby akumulatorów elektrochemicznych, która wystarczy do zasilania około 40 mln samochodów bez potrzeby zwiększania mocy istniejących urządzeń systemu energetycznego.

Bateria akumulatorów trakcyjnych była i jest nadal elementem najbardziej ograniczającym charakterystyki eksploatacyjne pojazdów o napędzie elektrycznym. W chwili obecnej na rynku są dostępne powszechnie akumula-

tory kwasowo-ołowiowe, a stan taki zgodnie z przewidywaniami może utrzymać się przez najbliższe kilka lat.

Często zadaje się jedynie pytanie, jakie są możliwości budowy "super akumulatora" jako źródła energii samochodu elektrycznego, które zwiększyłoby jego zasięg. Wprawdzie w ostatnich latach nastąpił znaczny rozwój innych typów akumulatorów, takich jak np. akumulatory żelazowo-cynkowe, żelazowo-niklowe, niklowo-cynkowe, cynkowo-chlorowe, siarkowo-sodowe, ale żaden z nich nie wydaje się być bliski komercjalizacji.

Napęd elektryczny jest stosowany w samochodach różnych rodzajów, od samochodów osobowych poprzez dostawcze, aż do 20 tonowych elektrobusów włącznie. Moce napędowe wahają się w granicach od 1 do 100 kW. Z uwagi na ograniczoną energię zasobnika, którym w większości rozwiązań jest bateria akumulatorów ołowiowych, ich zasięg niewiele przewyższa 100 km. Jednak dzięki nowoczesnej technologii konstrukcji układów napędowych wraz z udoskonaloną baterią akumulatorów istnieje możliwość budowy pojazdu, który pod każdym względem konkurować będzie z pojazdami o napędzie konwencjonalnym.

Układ napędowy, w którym współdziałają dwa różne źródła energii lub ogólniej różne źródła napędu, jest nazywany *układem hybrydowym*. W układach hybrydowych zazwyczaj silnik spalinowy jest podstawowym źródłem energii do napędu przy przeciętnym zapotrzebowaniu energii. Natomiast krótkotrwałe zwiększone zapotrzebowanie energii jest pokrywane przez współpracujące dodatkowe źródła (akumulatory).

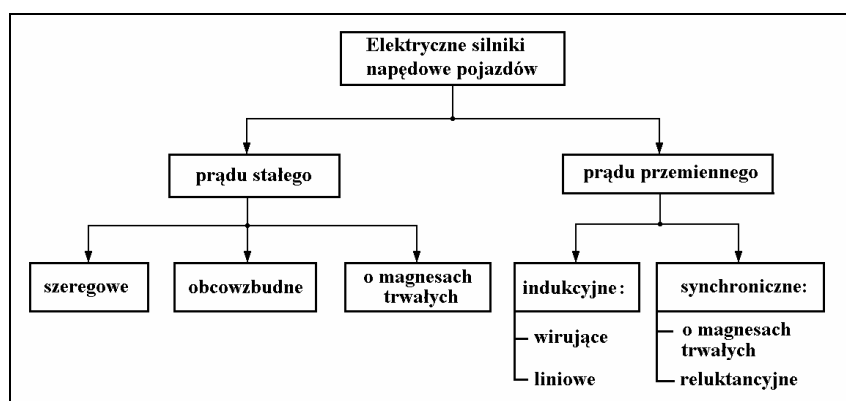
Układ taki umożliwia zastosowanie silnika spalinowego o mniejszej mocy, a więc tańszego, niż w przypadku klasycznego układu napędowego. Ponadto taki silnik spalinowy pracuje w układzie hybrydowym przy większych przeciętnych obciążeniach względnych (w stosunku do obciążenia znamionowego silnika), tym samym jednostkowe zużycie paliwa jest mniejsze, a więc silnik jest bardziej ekonomiczny. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu w układzie hybrydowym odwracalnego urządzenia, które może służyć zarówno jako silnik jak i hamulec i umożliwia gromadzenie energii, a następnie jej wykorzystanie. Daje to dodatkowe korzyści w postaci dalszego zmniejszenia zużycia paliwa, a także zmniejszenie intensywności zużycia układu hamulcowego pojazdu. Urządzeniem odwracalnym może być maszyna elektryczna współpracująca z akumulatorem elektrochemicznym, sprężarka wyporowa z akumulatorem hydraulicznym lub ze zbiornikiem sprężonego gazu albo koło zamachowe (bezwładnik) współpracujące z odpowiednim źródłem napędu.

## 11.2. Pojazdy samochodowe o napędzie elektrycznym

### 11.2.1. Elektryczne silniki napędowe

Głównym zadaniem silnika napędowego w pojeździe elektrycznym jest wytworzenie momentu napędowego umożliwiającego jazdę pojazdu do przodu i do tyłu. Jeżeli w pojeździe przewidziano hamowanie elektryczne, do zadań silnika należy także wytworzenie momentu hamującego. W takim przypadku silnik staje się prądnicą (praca prądnicowa) obciążoną oporem lub akumulatorem.

Z wielu typów silników elektrycznych tylko niektóre znalazły zastosowanie jako silniki napędowe pojazdów elektrycznych. Na rys. 11.2 przedstawiono hierarchiczny podział silników elektrycznych stosowanych i przewidzianych do stosowania w pojazdach elektrycznych.



Rys.11.2. Podział hierarchiczny elektrycznych silników napędowych pojazdów

O wyborze rodzaju silnika napędowego pojazdu decydują głównie: dogodność jego charakterystyk mechanicznych, możliwości jego sterowania w obszarze pracy silnikowej i prądnicowej, moc jednostkowa masowa silnika, sprawność energetyczna, niezawodność, koszt, itp. W tabeli 11.1 zestawiono wybrane parametry silników elektrycznych o takiej samej mocy, w różnych wykonaniach.

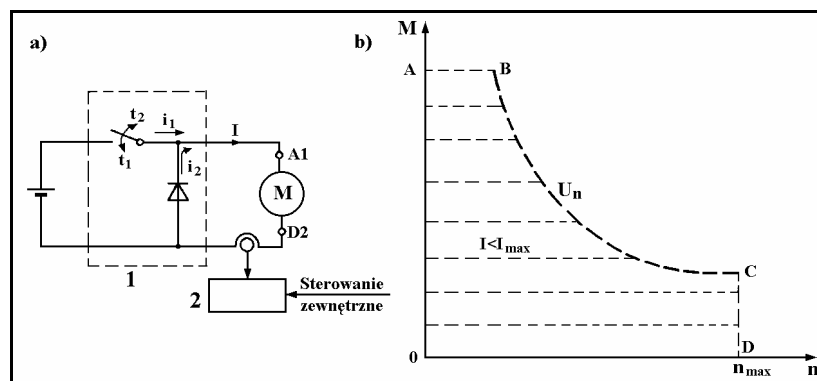
Stosowanie silników prądu stałego w pojazdach elektrycznych ma już swoją historię. Silniki te są stosowane w elektrycznych samochodach osobowych i dostawczych, w wózkach magazynowych i przeładunkowych, w autobusach, a także ciężkich jednostkach transportowych. Silniki prądu przemiennego trójfazowe wymagają stosowania złożonych układów sterujących i przetwarzających energię pobieraną z akumulatorów. Wymagają także wdrożenia nowych rozwiązań konstrukcyjnych.

Tabela 11.1

Parametry silników o mocy 15 kW

Parametr	Jednostka	Silnik prądu stałego		Silnik prądu zmiennego	
		obco-wzbudny	szeregowy	indukcyjny	Synchroniczny o trwałych magnesach
Masa	kg	100	115	45	39
Wymiary	mm	0,43x0,36	0,53x0,36	0,30x0,30	0,18x0,46
Maksymalna prędkość obrotowa	obr/min	5000	5000	15000	15000
Maksymalna sprawność	-	0,90	0,85	0,92	0,95
Koszt porównawczy	-	1	0,9	0,5	0,5
Moc jednostkowa	W/kg	150	130	333	385

### 11.2.1.1. Silniki szeregowo prądu stałego



Rys.11.3. Silnik elektryczny prądu stałego szeregowo: a) schemat przyłączenia silnika do źródła za pomocą impulsowego regulatora (czopera) prądu; b) rodzina charakterystyk mechanicznych wypełniających obszar pracy silnikowej:

1 - sterownik mocy, 2 - układ stymulujący pracę sterownika mocy

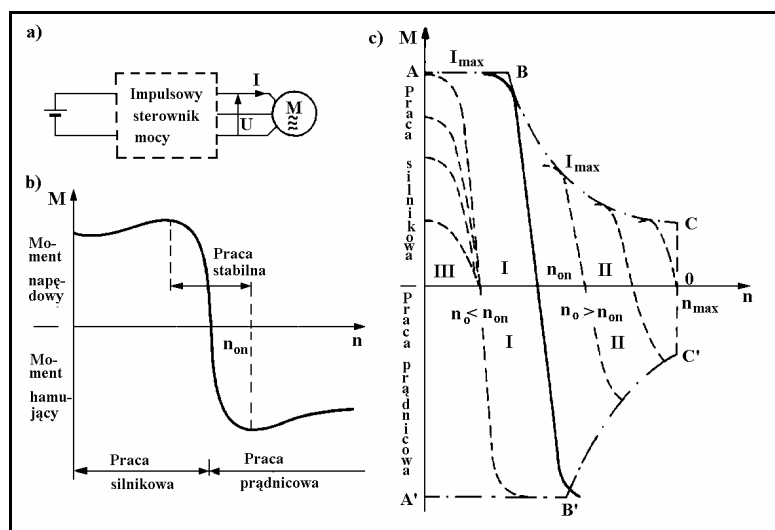
W przypadku silnika szeregowo prądu stałego istnieje możliwość regulowania jego momentem obrotowym przez: zmianę wartości oporu połączonego szeregowo z silnikiem, impulsową regulację napięcia na zaciskach silnika za pomocą sterownika czoperoowego, zmianę napięcia zasilającego i czę-

ściowe odzwbudzenie (odłączenie sekcji uzwojenia wzbudzenia) silnika. Przykładowo na rys. 11.3 przedstawiono układy sterowania i charakterystyki odpowiadające impulsowej regulacji prądu na zaciskach silnika za pomocą sterownika czoperowego. W maszynie tej istnieje również możliwość sterowania, w przypadku pracy prądnicowej (rekuperacja energii).

### 11.2.1.2. Silnik indukcyjny prądu zmiennego

Głównymi zaletami tych silników są: możliwość uzyskania dużych prędkości obrotowych, duża sprawność, niski koszt budowy, niezawodność, itp. Z uwagi na zasilanie z baterii akumulatorowej jest konieczne stosowanie złożonych falownikowych sterowników mocy. Sterowanie silników indukcyjnych w obszarze pracy silnikowej odbywa się przez regulację: częstotliwości napięcia zasilającego oraz strumienia magnetycznego (osłabianie pola). Najbardziej uzasadnione jest stosowanie wysokoobrotowych silników trójfazowych klatkowych.

Na rys. 11.4 pokazano schemat ideowy układu pracy silnika napędowego, jego charakterystykę naturalną oraz pokazano trzy rodziny charakterystyk mechanicznych silnika indukcyjnego trójfazowego. *Obszar I* - rodzina 2 parametryczna o parametrach  $U$  i  $f$  z warunkiem zachowania  $f = \text{const.}$ , *obszar II* - rodzina o parametrze  $f$  przy  $U = \text{const.}$ , *obszar III* - rodzina o parametrze  $U$  przy  $f = \text{const.}$



Rys. 11.4. Silnik elektryczny indukcyjny trójfazowy prądu przemiennego: a) schemat ideowy układu pracy silnika; b) charakterystyka naturalna; c) rodziny charakterystyk mechanicznych wypełniających obszar pracy silnikowej i prądnicowej silnika

Charakterystyki na rys. 11.4c wypełniają obszar pracy silnikowej, lecz obszar pracy prądnicowej - tylko powyżej prędkości obrotowej  $n_{o \min}$ , która odpowiada najmniejszej częstotliwości napięcia zasilającego (obszar I i II).

### 11.2.1.3. Inne rodzaje silników

Brane są również pod uwagę możliwości zastosowania silników obcowzbudnych prądu stałego. Silniki te w obszarze pracy silnikowej można sterować przez: zmianę napięcia zasilającego uzwojenie twornika (przełączanie baterii akumulatorowej lub za pomocą szeregowego sterownika mocy), zmianę rezystancji połączonej szeregowo z twornikiem, regulację prądu w obwodzie twornika za pomocą sterownika czoperowego i odwzbudzenie maszyny (osłabianie pola).

Istnieje możliwość pracy i sterowania energią maszyny pracującej jako prądnica. Można również stosować do napędu pojazdów elektrycznych silniki prądu stałego o magnesach trwałych. Silniki te są coraz częściej proponowane jako indywidualny napęd, głównie w wersji "disc" lub "pancake" wbudowane w koła jezdne.

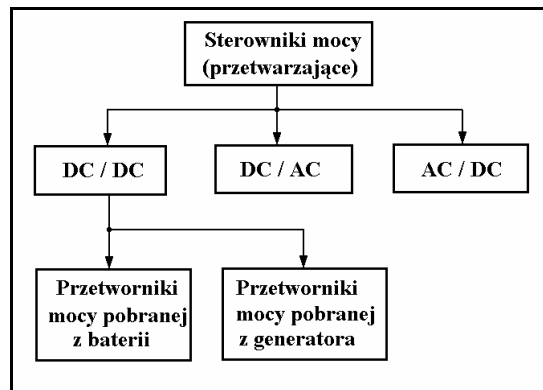
W pojeździe są na ogół 2 lub 4 takie silniki, co umożliwia zmianę układu połączeń silników. Sterowanie pracy tego silnika odbywa się wyłącznie w obwodzie twornika poprzez: zmianę układu połączeń silników, zmianę napięcia baterii akumulatorowej (zmianę układu połączeń sekcji baterii), zmianę rezystancji opornika połączonego szeregowo z twornikiem, impulsową regulację średniej wartości prądu w obwodzie twornika za pomocą czoperowego sterownika mocy. Istnieje możliwość pracy i sterowania energią maszyny pracującej jako prądnica.

### 11.2.2. Układy sterowania napędem pojazdów

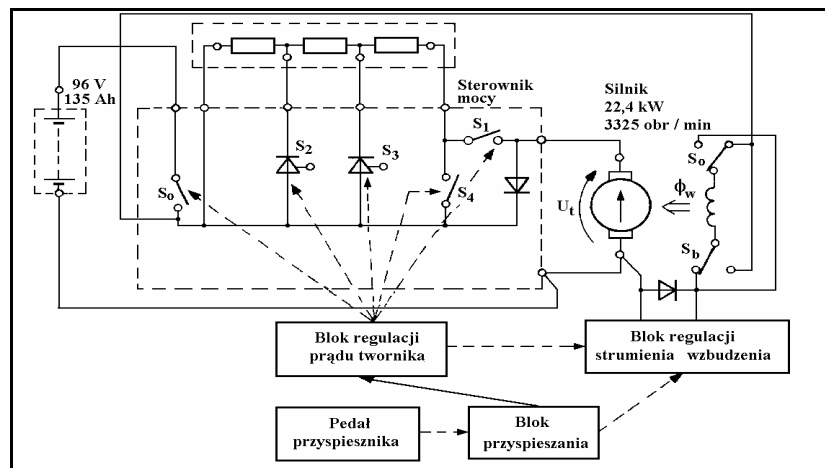
Układy sterowania urządzeń napędowych pojazdu elektrycznego odgrywają podstawową rolę w spełnianiu jego funkcji ruchowych i eksploatacyjnych. *Sterownik mocy*, będący elementem wykonawczym stanowi ogniwo pośrednie pomiędzy źródłem energii w postaci baterii akumulatorów elektrochemicznych a silnikiem elektrycznym. Pełni on rolę urządzenia dopasowującego, umożliwiające sterowany przepływ energii w obydwu kierunkach z jednoczesnym uwzględnieniem warunków napięciowo-prądowych. Z tego względu jest on nazywany także przetwornikiem mocy.

Sterownik mocy może też spełniać funkcję przełącznika kierunku prędkości obrotowej maszyny podczas pracy silnikowej, a także przełącznika zmieniającego układ połączeń silników, bądź sekcji baterii akumulatorowej. Rozróżnić można trzy rodzaje sterowanych przetworników mocy (rys. 11.5)

pracujących jako sterowniki mocy o przetwarzaniu: prądu stałego na prąd stały (DC/DC), prądu stałego na prąd przemienny (DC/AC) zwane falownikami i prądu przemienny na prąd stały (AC/DC) zwane prostownikami sterowanymi.



Rys. 11.5. Funkcjonalny podział sterowników mocy (przetwarzających)



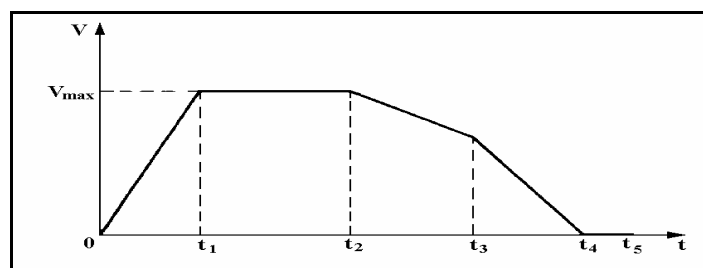
Rys. 11.6. Schemat układu sterowania silnika napędowego samochodu osobowego Daihatsu Charade EV

W związku z rozwojem półprzewodnikowych elementów mocy oraz układów ich sterowania, we współczesnych pojazdach elektrycznych stosuje się elektroniczne układy przerywające zwane czoperami. Umożliwiają one regulację wartości średniej lub skutecznej prądu stałego lub przetwarzania prądu stałego na przemienny. Bez szczegółowego omawiania budowy i zasady działania pokazano na rys. 11.6 przykładowy schemat układu sterowania silnika napędowego samochodu osobowego Daihatsu Charade EV. W samo-

chodzie zastosowano sterownik oporowy pośredni, przy czym elementami operacyjnymi mocy są styczniki i tyrystory. Tyrystory pracują wyłącznie jako elementy włączające; wyłączanie tyrystorów odbywa się za pomocą stycznika głównego  $S_1$  lub stycznika zwierającego  $S_4$ .

### 11.2.3. Cykle jazdy pojazdów elektrycznych

Oceniając trakcyjne i energetyczne właściwości pojazdów w napędzie elektrycznym określa się obiektywne warunki ich eksploatacji w trakcie badań. Badania takie nie mogą być dokonywane w dowolnych warunkach trakcyjnych. Badania pojazdów o napędzie elektrycznym są prowadzone na podstawie rozkładów jazdy (cykli jazdy) typowych dla tej grupy pojazdów. Najwszechstronniejszym opracowaniem tego problemu jest norma SAE J227a Electric Vehicle Test Procedure.



Rys. 11.7. Poszczególne fazy cykli jazdy wg SAEJ227a

Tabela 11.2

Parametry cykli jazdy wg normy SAE J227a

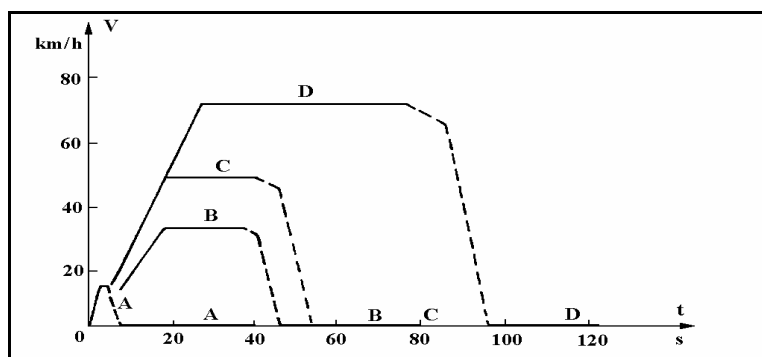
Cykl SAE J227a		A	B	C	D
$V_{max}$	km/h	16	32	48	72
$t_1$	s	4	19	18	28
$t_2 - t_1$	s	0	19	20	50
$t_3 - t_2$	s	2	4	8	10
$t_4 - t_3$	s	3	5	9	9
$t_5 - t_4$	s	30	25	25	25
$t_5$	s	39	72	80	122



Głównymi wskaźnikami obiektywnego badawczego testu właściwości trakcyjnych pojazdów elektrycznych powinny być:

- zasięg pojazdu z wybranymi stałymi prędkościami uzależnionymi od klasy pojazdu;
- zasięg wg cyklu jazdy zawierającego wszystkie fazy ruchu (ruch przyspieszony, ruch z prędkością ustaloną, ruch opóźniony i postój)

Na rysunku 11.7 przedstawiono ogólnie poszczególne fazy cyklu jazdy wg normy SAE J227a, a w tabeli 11.2 parametry cyklu jazdy wg normy SAE J227a- A,B,C i D. Natomiast na rysunku 11.8 przedstawiono wykresnie cykle jazdy A,B,C i D wg SAE J227a.



Rys.11.8. Cykle jazdy A, B, C i D wg SAEJ227a

#### 11.2.4. Możliwości odzysku energii w pojazdach elektrycznych

Układ napędowy samochodu elektrycznego charakteryzuje się możliwością rekuperacji energii, która gromadzona jest w akumulatorze elektrochemicznym. Dla zilustrowania związków pomiędzy różnymi rodzajami cykli jazdy, a zasobami energii rekuperacji przedstawiono wyniki badań doświadczalnego samochodu elektrycznego klasy ETV-1 opracowanego i zbudowanego przez firmy General Electric i Chrysler Corporation. Samochód ten o masie całkowitej 1451 kg, powierzchni czołowej 0,543 m<sup>2</sup>, współczynników oporów toczenia 0,009 i promieniu dynamicznym opony 0,287 m poddano badaniom w czterech cyklach jazdy:

- wg cyklu FUDS, który jest fragmentem cyklu homologacyjnego EPA (Environmental Protection Agency) dla pojazdów eksploatowanych w aglomeracjach miejskich (cykl I);
- wg cykli J227aC (cykl II) oraz J227aD (cykl III), które są charakterystyczne dla pojazdów o średniej i podwyższonej ładowności eksploatowanych także w warunkach miejskich;

- wg cyklu zgodnego z testem EPA-Highway dla pojazdów eksploatowanych na trasach szybkiego ruchu (cykl IV).

Tabela 11.3

Charakterystyczne dane cykli jazdy wybranych do badań

Charakterystyczne dane	EPA - Federalny miejski cykl jazdy (FUDS)	J227aC	J227aD	EPA - Federalny miejski cykl jazdy (Highway)
Długość cyklu [m]	11 990	580	1 660	10 260
Czas trwania cyklu [s]	1 372	80	122	764
Maksymalne prędkości jazdy w cyklu [km/h]	91,25	48,28	72,42	96,40
Jednostkowa liczba zatrzymań [Stop/km]	1,25	1,72	0,60	0,097
Liczba odcinków postoju	16	1	1	2
Czas postoju w cyklu [%]	17,7	31,25	20,5	0,4
Czas ustalonej jazdy w cyklu [%]	8,0	25,0	41,0	16,5
Czas zmniejszenia prędkości (w tym hamowania) w cyklu [%]	34,6	21,25	15,6	38,7
Czas przyspieszania w cyklu [%]	39,7	22,5	22,9	44,4

Tabela 11.4

Stany energetyczne pojazdu pierwszego w trakcie realizacji cykli jazdy

Energia na kilometr [Wh/km]	EPA – Federalny miejski cykl jazdy (FUDS)	J227a C	J227a D	EPA – Federalny miejski cykl jazdy (Highway)
$E_1 = E_2 + E_3 + E_4$	122,4	109,8	126,7	121,4
$E_2$	26,3	28,9	33,1	32,2
$E_3$	21,4	15,5	41,8	59,2
$E_4 = E_5 + E_6 + E_7$	74,7	65,4	51,8	30,0
$E_5$	13,2	10,7	6,5	7,3
$E_6$	8,7	4,9	6,8	11,9
$E_7 = E_8 + E_9$	52,8	49,8	38,5	10,8
$E_8$	2,4	2,0	1,5	0,5
$E_9$	50,4	47,8	37,0	10,3
$\frac{E_7}{E_1} 100\%$	43,1%	45,4%	30,4%	8,9%
$\frac{E_7}{E_4} 100\%$	70,6%	76,2%	74,4%	36,0%
$\frac{E_9}{E_1} 100\%$	41,1%	43,6%	29,2%	8,5%

Podstawowe dane charakteryzujące wymienione cykle zestawiono w tabeli 11.3, natomiast w tabeli 11.4 przedstawiono bilans energii samochodu badanego według przyjętych cykli. Przez  $E_7/E_1$  oznaczono procentowy stosunek energii możliwej do odzysku, odniesionej do kół jezdnych, do całkowitej energii napędowej dostarczonej do kół jezdnych w cyklu, a przez  $E_9/E_1$  procentowy stosunek energii możliwej do odzysku, odniesionej do wału silnika, do całkowitej energii napędowej dostarczonej do kół w cyklu.

Cykle jazdy miejskiej (I, II, III) są zasobnymi źródłami energii rekuperacji w porównaniu do cykli jazdy szosowej (IV).

### 11.2.5. Przykłady samochodów o napędzie elektrycznym

Napęd elektryczny zyskuje sobie wielu zwolenników, szczególnie w kręgach specjalistów oceniających możliwe do wykorzystania źródła energii pod kątem ich wpływu na środowisko.

Dziś prototypy pojazdów elektrycznych prezentują na wystawach największe firmy samochodowe: BMW, Mercedes, VW, Peugeot czy General Motors. Konstruktorzy pojazdów elektrycznych nie mieliby żadnego problemu, gdyby nie "drobiazg" - ciężkie akumulatory wystarczające zaledwie na kilka godzin eksploatacji. W ostatnich latach opracowano m.in. baterie siarkowo-sodowe, kilkakrotnie sprawniejsze od tradycyjnych ołowiowych, znacznie od nich lżejsze, pozwalające na przejechanie bez ładowania kilkadziesiąt i więcej kilometrów.

Spośród wielu samochodów o napędzie elektrycznym można wymienić konstrukcję BMW oznaczoną symbolem E1. Karoserię wykonano z tworzyw sztucznych, szkielet z aluminium. Bateria sodowo-siarkowa pozwala na przejechanie bez ładowania ok. 160 do 260 km. Prędkość maksymalna jest równa 120 km/h. Masa samochodu wraz z baterią akumulatorów jest równa 800 kg i mieści dwie dorosłe osoby (ewentualnie dodatkowo dwójkę dzieci na tylnym siedzeniu). Firma Mercedes w karoserii seryjnego samochodu typu "190" umieściła dwa silniki elektryczne o mocy ok. 16,5 kW każdy, napędzające oddzielnie koła tylne samochodu. Masa baterii 450 kg. Elektryczny Mercedes ma zasięg równy 90 do 150 km, a prędkość maksymalna 115 km/h. Obecnie eksploatuje się bardzo dużo różnych samochodów o napędzie elektrycznym.

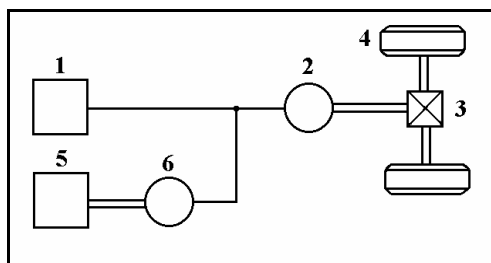
Jest nadzieja, że tego typu napęd - energooszczędny i korzystny ekologicznie - znajdzie powszechne zastosowanie.

### 11.3. Pojazdy samochodowe o napędzie hybrydowym elektromechanicznym

#### 11.3.1. Budowa i działanie hybrydowych elektromechanicznych układów napędowych

Istniejące pojazdy z elektromechanicznymi układami hybrydowymi powstały w wyniku odpowiedniego zestawienia elementów i maszyn, są wyposażone w silnik cieplny (spalinowy), prądnicę elektryczną, silnik elektryczny i baterię akumulatorów elektrochemicznych. Dzieli się one ogólnie na dwa rodzaje: z szeregowym i równoległym układem napędowym.

Szeregowy układ napędowy (rys. 11.9) charakteryzuje się tym, że cała energia zespołu silnik spalinowy-prądnica, zwanego pierwotnym źródłem energii, jest zamieniana na energię elektryczną, a następnie na mechaniczną. W układzie tym silnik spalinowy napędza prądnicę prądu stałego lub przemiennego (przy zastosowaniu układu prostowników), który zasila elektryczny silnik napędowy połączony bezpośrednio bądź za pośrednictwem przekładni mechanicznej z kołami pojazdu. W układzie istnieją dwa źródła energii: pierwotne i wtórne, które stanowi bateria akumulatorów elektrochemicznych.



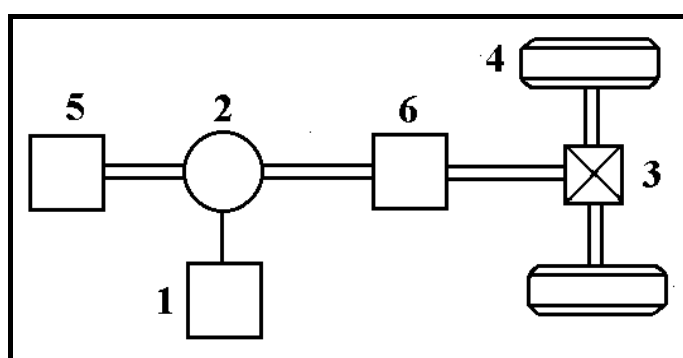
Rys.11.9. Schemat funkcjonalny hybrydowego elektromechanicznego układu napędowego typu szeregowego:

1 - akumulator elektrochemiczny, 2 - maszyna elektryczna, 3 - przekładnia mechaniczna,  
4 - koła jezdne, 5 - silnik spalinowy, 6 - prądnica elektryczna

Bilans mocy szeregowego układu hybrydowego elektromechanicznego jest następujący. Jeżeli zapotrzebowanie mocy przekracza moc silnika spalinowego, to niedobór jest pokrywany z akumulatorów. Gdy silnik spalinowy pracuje z większą mocą, aniżeli wynosi zapotrzebowanie, wówczas nadwyżka jest wykorzystywana do ładowania akumulatorów. Silnik spalinowy tego układu może (po zastosowaniu odpowiednich stabilizatorów) pracować ze stałą mocą. Stałość tych parametrów zapewnia najbardziej oszczędne zużycie

paliwa. Możliwe jest także odzyskiwanie energii podczas hamowania pojazdu, gdy elektryczny silnik napędowy pracuje jako prądnica, dostarczając energię do ładowania akumulatorów.

Równoległy układ hybrydowy (rys. 11.10) charakteryzuje się tym, że jedynie część energii silnika spalinowego, przeznaczona do ładowania akumulatorów, zostaje przetwarzana na energię elektryczną. Natomiast zasadnicza część energii silnika spalinowego jest przenoszona przez zespoły mechaniczne bezpośrednio do kół jezdnych pojazdu. W niektórych typach równoległych układów napędowych jest przewidziane sprzęgło do rozłączania silnika spalinowego i elektrycznego.



Rys.11.10. Schemat funkcjonalny hybrydowego elektromechanicznego układu napędowego typu równoległego:

- 1 - akumulator elektrochemiczny, 2 - maszyna elektryczna, 3 - przekładnia mechaniczna,  
4 - koła jezdne, 5 - silnik spalinowy, 6 - specjalna przekładnia mechaniczna

Istnieją również takie rozwiązania konstrukcyjne, w których silnik spalinowy jest połączony bezpośrednio ze specjalną przekładnią mechaniczną, w wyniku, czego silniki spalinowy i elektryczny są połączone równolegle. W obydwu przypadkach momenty obu silników dodają się do siebie.

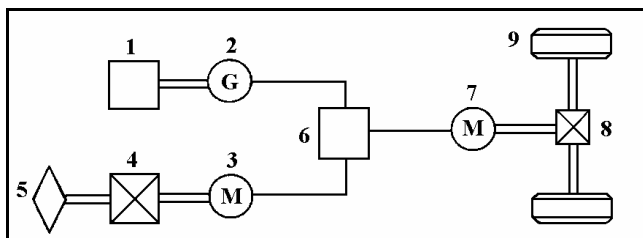
Gdy zapotrzebowanie mocy przez pojazd przekracza moc silnika spalinowego, niedobór energii jest uzupełniany z akumulatorów za pośrednictwem silnika elektrycznego. W układach równoległych silnik elektryczny spełnia także rolę prądnicy, gdy moc silnika spalinowego jest większa od mocy oporów ruchu, a także podczas hamowania pojazdu.

Pojazd użytkowany do jazdy w mieście na niewielkie odległości może wykorzystywać wyłącznie napęd elektryczny, natomiast w przypadku jazdy na duże odległości podstawowym źródłem napędu może być silnik spalinowy.

Analizując przedstawione rozwiązania napędowych układów hybrydowych o elektrycznej akumulacji energii (elektromechanicznych) można stwierdzić, że istotną ich cechą jest możliwość akumulacji energii pochodzącej zarówno z nadwyżek energii silnika spalinowego, jak i z rekuperacji.

W praktyce spotyka się również hybrydowe elektromechaniczne układy napędowe, w których jako źródła wtórne są stosowane akumulatory mechaniczne i hydrauliczne, pracujące jako oddzielne układy akumulacji energii, bądź współpracujące z akumulatorami elektrochemicznymi.

Przykład hybrydowego elektromechanicznego układu napędowego pojazdu z mechanicznym inercyjnym akumulatorem jako wtórnym źródłem energii przedstawiono na rys. 11.11. Silnik spalinowy jest połączony wałem z generatorem prądu. Silnik elektryczny M1 (3) służy do napędu bezwładnika za pośrednictwem przekładni mechanicznej. W układzie napędowym pojazdu znajduje się również elektryczny silnik napędowy M2 (7), połączony za pośrednictwem przekładni mechanicznej z kołami jezdными pojazdu. Ponadto zainstalowano układ automatycznego stabilizatora mocy silnika spalinowego i regulatora silnika napędowego.



Rys.11.11. Schemat blokowy hybrydowego elektromechanicznego układu napędowego z inercyjnym układem akumulacji:

- 1 - silnik spalinowy, 2 - prądnica elektryczna, 3 - elektryczny silnik bezwładnika, 4 - przekładnia mechaniczna,  
5 - bezwładnik, 6 - układ automatycznej regulacji, 7 - elektryczny silnik napędowy,  
8 - przekładnia mechaniczna, 9 - koła jezdne

Działanie układu jest następujące. W trakcie ruchu pojazdu z prędkością ustaloną, elektryczny silnik napędowy jest zasilany z prądnicy elektrycznej przez układ automatycznej regulacji. Jeżeli moc oporów ruchu pojazdu nie jest równoważona mocą zespołu, silnik spalinowy - prądnica elektryczna, to poprzez układ automatycznej regulacji następuje włączenie dodatkowego zasilania z elektrycznego silnika bezwładnika, znajdującego się wówczas w stanie pracy prądnicowej. Silnik elektryczny bezwładnika jest wówczas napędzany przez bezwładnik za pośrednictwem przekładni mechanicznej. Jeżeli zaś moc oporów ruchu pojazdu jest mniejsza od mocy zespołu silnik spalinowy - prądnica, to poprzez układ automatycznej regulacji następuje zasilanie silnika M1, który napędza bezwładnik akumulujący energię chwilowego nadmiaru mocy silnika spalinowego.

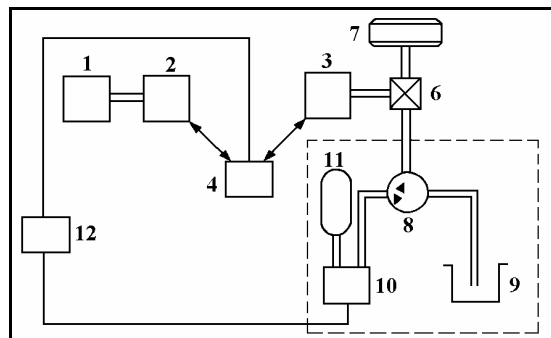
W czasie ruchu opóźnionego (hamowania) pojazdu, elektryczny silnik M2 jest napędzany przez koła jezdne za pośrednictwem przekładni mechanicznej. Dzięki odpowiedniej regulacji znajduje się on wówczas w stanie pracy prądnicowej, a energią elektryczną wytwarzaną przez prądnicę jest zasila-

ny silnik M1. Silnik ten równocześnie jest zasilany energią elektryczną i prądnicą sprzęgniętą z silnikiem spalinowym. Silnik M1 poprzez przekładnię mechaniczną napędza bezwładnik, rekuperując energię kinetyczną pojazdu oraz akumulując chwilowy nadmiar mocy silnika spalinowego.

Podczas ruchu przyspieszonego silnik M2 jest zasilany jednocześnie przez układ automatycznej regulacji z prądnicy elektrycznej sprzęgniętej z silnikiem spalinowym oraz z silnika M1 napędzanego bezwładnikiem za pośrednictwem przekładni mechanicznej i znajdującego się w stanie pracy prądnicowej.

W czasie postoju pojazdu, silnik M1 poprzez układ automatycznej regulacji jest zasilany energią z zespołu silnik spalinowy - prądnica elektryczna, akumulując ją przez podtrzymanie prędkości obrotowej bezwładnika.

Istnieją możliwości współpracy elektrycznych elementów hybrydowych elektromechanicznych układów napędowych z hydraulicznymi układami akumulacji. Na rys. 11.12 przedstawiono schemat blokowy układu napędowego, w którym hydrauliczny układ akumulacji współpracuje w systemie pracy równoległej z elektrycznym silnikiem napędowym.



Rys.11.12. Schemat blokowy hybrydowego elektromechanicznego układu napędowego z hydraulicznym układem akumulacji energii pracującym w systemie pracy równoległej i elektrycznym silnikiem napędowym:

1 - silnik spalinowy, 2 - prądnica elektryczna, 3 - elektryczny silnik napędowy, 4 - układ elektrycznego sterowania, 5 - hydrauliczny układ akumulacji, 6 - przekładnia mechaniczna, 7- koła jezdne, 8 - maszyna hydrauliczna, 9 - zbiornik niskiego ciśnienia, 10 - układ hydraulicznego sterowania, 11 - akumulator hydrauliczny, 12 - układ centralnego sterowania

Układ działa w następujący sposób. W fazie jazdy pojazdu ze stałą prędkością, jeżeli moc oporów ruchu jest równa mocy źródła pierwotnego, to całkowita moc źródła jest przekazywana do kół jezdnych pojazdu. Jeżeli moc oporów ruchu zmniejszy się, to maszyna hydrauliczna przejmuje funkcję hydraulicznej pompy napędzanej przez elektryczny silnik napędowy za pośrednictwem przekładni mechanicznej.

Maszyna hydrauliczna pracując jako pompa przepompowuje czynnik hydrauliczny ze zbiornika niskiego ciśnienia poprzez układ hydraulicznego

sterowania do akumulatora hydraulicznego, zwiększając w nim ciśnienie w miarę zwiększania ilości akumulowanej energii.

Jeżeli moc oporów ruchu zwiększy się, to wówczas maszyna hydrauliczna przejmuje funkcję silnika hydraulicznego. Silnik wykorzystując energię zakumulowaną w akumulatorze hydraulicznym napędza za pośrednictwem przekładni mechanicznej koła jezdne pojazdu, pracując równolegle z elektrycznym silnikiem napędowym. Czynnik hydrauliczny, w wyniku różnicy ciśnień między akumulatorem hydraulicznym a zbiornikiem niskiego ciśnienia poprzez układ hydraulicznego sterowania napędza maszynę hydrauliczną pracującą jako silnik.

W fazie hamowania, gdy elektryczny silnik napędowy nie napędza kół jezdnych pojazdu, maszyna hydrauliczna przejmuje funkcję pompy akumulując w akumulatorze hydraulicznym energię kinetyczną przekazywaną z kół jezdnych za pośrednictwem przekładni mechanicznej.

Maszyna hydrauliczna pracuje podobnie jak w fazie jazdy pojazdu ze stałą prędkością. W fazie przyspieszania elektryczny silnik napędowy napędza koła jezdne, przy czym moc niezbędna do uzyskania określonego przyspieszenia przekracza moc znamionową silnika spalinowego. Wówczas maszyna hydrauliczna w zależności od rodzaju ruchu przejmuje funkcję pompy lub silnika.

### **11.3.2. Pierwotne i wtórne źródła energii**

#### **11.3.2.1. Pierwotne źródła energii**

Podstawowym elementem pierwotnego źródła energii jest silnik cieplny, w którym z dostarczonego paliwa chemicznego uzyskuje się w procesie spalania energię mechaniczną. Duża energia właściwa masowa tego paliwa (np. benzyna 9000 kJ/kg) jest wykorzystywana jednak mało efektywnie, gdyż tradycyjnie silniki spalinowe charakteryzują się małą sprawnością w zakresie eksploatacyjnych prędkości obrotowych.

Działanie silnika cieplnego jako elementu pierwotnego źródła energii różni się od działania tego typu silnika stosowanego w pojazdach konwencjonalnych. Silnik ten nie wymaga w trakcie eksploatacji ciągłych zmian prędkości obrotowej, ponadto może pracować w cyklu jazdy ze stałą mocą. Silnik cieplny układu hybrydowego powinien charakteryzować się możliwie małą masą i dużą trwałością. Pożądane jest również, aby jego moc znamionowa nieznacznie przewyższała średnią moc realizowanego cyklu jazdy.

Analiza materiałów dotyczących konstrukcji pojazdów o napędzie hybrydowym elektromechanicznym wykazała, że jako silniki cieplne w praktyce stosowane są silniki o zapłonie iskrowym (ZI), o zapłonie samoczynnym



(ZS), silniki rotacyjne o wirujących tłokach, silniki TIRLINGA oraz silniki z turbiną gazową.

Samochodowe silniki ZI prawie pod każdym względem odpowiadają wymaganiom, jakie są stawiane silnikom do napędu pojazdów hybrydowych, ponadto są tanie i łatwo dostępne. Niestety, okres ich eksploatacji jest krótki. Dotychczas nie projektuje się takich samochodowych silników ZI, które mogłyby pracować w sposób ciągły przy obciążeniach odpowiadających 50 do 70% znamionowej mocy silnika. Przemysłowe silniki ZI są kosztowne i ciężkie, z drugiej strony - bardzo trwałe i charakteryzują się długim okresem eksploatacji w typowych warunkach pracy. Być może odpowiednio udoskonalone silniki tego typu będą mogły być zastosowane do napędu pojazdów hybrydowych. Przy stałym obciążeniu w granicach od 50 do 80 % mocy maksymalnej okres ich eksploatacji jest jednak krótki.

Znacznie dłuższym okresem eksploatacji przy tych obciążeniach charakteryzują się silniki ZS służące do napędu samochodów ciężarowych oraz przemysłowe silniki ZS - są one jednak znacznie cięższe.

Silniki rotacyjne różnią się od silników ZI jedynie mniejszą masą. Stosunkowo mała dostępność na rynku ogranicza możliwość ich praktycznego zastosowania w pojazdach hybrydowych. Silniki STIRLING i silniki z turbinami gazowymi będą, jak się wydaje, spełniać zaostrożone wymagania dotyczące zawartości związków toksycznych w spalinach. Obecnie brak jest jednak w handlu silników tego typu, a istniejące nieliczne prototypy są używane do eksperymentów i doświadczeń.

Silnik cieplny w elektromechanicznym hybrydowym układzie napędowym typu szeregowego jest połączony wałem z prądnica elektryczną prądu stałego lub przemiennego. Tak, więc prądnica stanowi drugi element pierwotnego źródła energii układu. Zależnie od sposobu wzbudzenia prądnicy prądu stałego dzielą się na obcowzbudne i samowzbudne. Prądnice samowzbudne dzielą się na prądnice bocznikowe, szeregowo oraz prądnice o wzbudzeniu mieszanym zwane szeregowo bocznikowymi.

#### **11.3.2.2. Wtórne źródła energii**

Przy obecnym stanie techniki, za nadające się do wykorzystania w hybrydowych układach napędowych jako źródła wtórne energii można uznać trzy rodzaje akumulatorów.

Akumulator elektrochemiczny, który ma największą pojemność energetyczną w stosunku do jego masy. Jego masowa pojemność energetyczna jest około siedmiokrotnie większa niż akumulatora hydraulicznego. Zalety te jednak trudno spożytkować, ponieważ akumulatory elektrochemiczne do wykorzystania całkowitej pojemności i zachowania dużej sprawności wymagają długich czasów ładowania i wyładowania.

Akumulatory mechaniczne - to przeważnie żyroskopowe akumulatory energii kinetycznej. Żyroskopowym akumulatorem energii nazwano bezwładnościowy akumulator, którego element inercyjny (bezwładnik) wykonuje w stanach naładowania ruch obrotowy względem obudowy.

Konstrukcja bezwładnika jest bardziej złożona niż konstrukcja koła zamachowego, które ma mniejszą gęstość energii. W celu zwiększenia gęstości energii akumulator żyroskopowy ma specjalną obudowę, specjalne ułożyskowania i urządzenia pomocnicze mające na celu zmniejszenie strat energii. Akumulatory mechaniczne teoretycznie wykazują największą sprawność. Ich zastosowanie stwarza jednak problemy bezpieczeństwa związane z dużymi prędkościami mas wirujących. Ponadto występuje zjawisko samowyladowania związane ze stratami wskutek tarcia. Ponieważ ładowanie akumulatora mechanicznego odbywa się przy zwiększającej się prędkości obrotowej bezwładnik i towarzyszącej temu na ogół zmniejszającej się prędkości pojazdu, trzeba stosować w układach zmienną, najlepiej ciągłą, przekładnię o dużej rozpiętości przełożeń.

W akumulatorach hydraulicznych, stosowanych jako tłokowe bądź jako pęcherzowe, energia jest magazynowana w postaci sprężonego azotu. Przy niewielkiej pojemności energetycznej mają one wiele zalet, m.in. zdolność do bardzo szybkich ładowań i wyładowań, podczas których straty energii związane ze zmianami temperatury gazu nie przekraczają 10 %. Kierowanie przepływem energii jest stosunkowo łatwe, a akumulatory hydrauliczne pod tym względem dorównują akumulatorom elektrochemicznym, jednocześnie znacznie przewyższając akumulatory mechaniczne.

### **11.3.3. Cykle jazdy pojazdów - akumulacja energii**

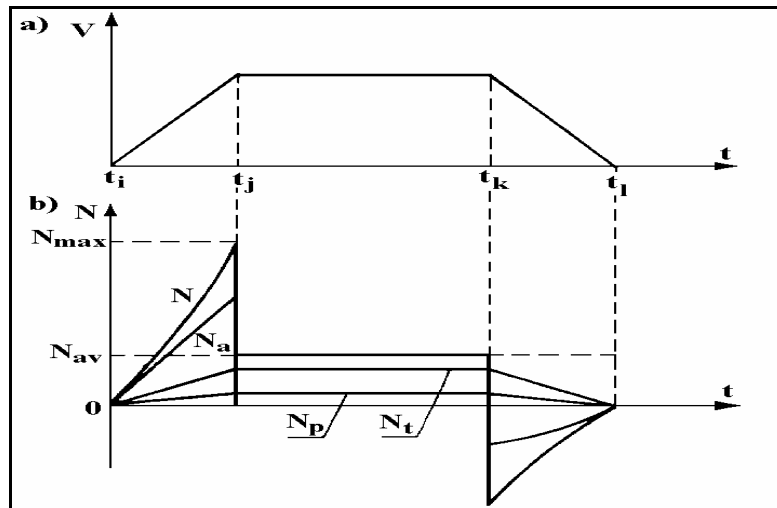
#### **11.3.3.1. Prosty cykl jazdy**

Prosty cykl jazdy składa się z odcinka ruchu przyspieszonego, odcinka ruchu ustalonego i odcinka ruchu opóźnionego. Na rys. 11.13 przedstawiono prosty cykl jazdy z tym, że rysunek a ilustruje rozkład prędkości jazdy w czasie, a rysunek b - rozkład mocy na kołach jezdnych (mocy napędowej) w czasie, będącej sumą mocy oporów ruchu, tj. oporów toczenia, oporów bezwładności i oporów powietrza.

W prostym cyklu jazdy akumulacja energii może mieć miejsce zarówno podczas przyspieszania, jak również podczas jazdy z opóźnieniem. Dla uproszczenia na rys. 11.13 przyjęto moc średnią cyklu równą mocy oporów ruchu podczas jazdy ze stałą prędkością.

Konstruując napędowy układ hybrydowy należy określić dwa jego podstawowe parametry (w odniesieniu do przyjętego cyklu jazdy): moc pierwot-

nego źródła energii i pojemność energetyczną wtórnego źródła energii i na tej podstawie określić elementy składowe projektowanego układu hybrydowego.



Rys.11.13. Ilustracja prostego cyklu jazdy: a) rozkład prędkości jazdy w czasie; b) rozkład mocy napędowej na kołach jezdnych w czasie

$N_{av}$  - moc średnia cyklu, równa stałej mocy pierwotnego źródła energii;  
 $N$  - moc napędowa;  $N_a$  - moc oporów bezwładności;  $N_p$  - moc oporów powietrza;  
 $N_t$  - moc oporów toczenia,  $t_i$  - czas rozpoczęcia ruchu jednostajnie przyspieszonego;  
 $t_j$  - czas rozpoczęcia ruchu jednostajnego,  $t_k$  - czas rozpoczęcia ruchu jednostajnie opóźnionego,  $t_l$  - czas trwania cyklu

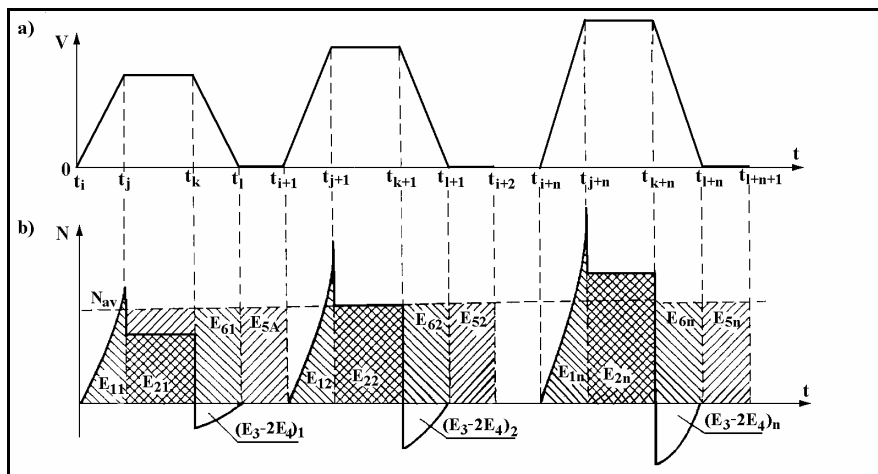
### 11.3.3.2. Złożony cykl jazdy

Na rys. 11.14 przedstawiono przykładowo złożony cykl jazdy z tym, że rys. a ilustruje rozkład prędkości jazdy w czasie, a rysunek b - rozkład mocy na kołach jezdnych w czasie. Istnieje dość skomplikowana procedura określania mocy pierwotnego źródła energii i pojemności energetycznej źródła wtórnego, które pozwalają na realizację tego złożonego cyklu jazdy w odniesieniu do konkretnego samochodu.

Szczegółowe metody i obliczenia podawane są w literaturze specjalistycznej zamieszczonej w bibliografii niniejszej książki. Samochód o napędzie hybrydowym elektromechanicznym realizujący prezentowany cykl jazdy, jest w stanie rekuperować energię oraz odzyskiwać i akumulować energię pochodzącą z nadwyżek mocy źródła pierwotnego ponad aktualną moc oporów ruchu.

Badania symulacyjne i rzeczywiste, prowadzone w trakcie eksploatacji nielicznych pojazdów samochodowych o napędzie hybrydowym elektrome-

chanicznym wykazały, że: jest możliwy odzysk w trakcie hamowania (rekuperacja energii) energii, która stanowi ok. 30 % energii początkowej ruchu opóźnionego.



Rys.11.14. Ilustracja złożonego cyklu jazdy: a) rozkład prędkości jazdy w czasie; b) rozkład mocy napędowej na kołach jezdnych w czasie

$E_1$  - energia napędowa niezbędna podczas ruchu przyspieszonego;  $E_2$  - energia napędowa niezbędna podczas ruchu ze stałą prędkością;  $(E_3 - 2E_4)$  - energia rekuperacji możliwa do akumulacji przy jeździe z opóźnieniem (przy czym  $E_3$  jest całkowitą energią ruchu opóźnionego a  $E_4$  stratami energii wynikającymi z działania sił oporu powietrza i toczenia);  $E_5$  - energia możliwa do akumulacji w czasie jazdy ze stałą prędkością (przy czym za ruch ze stałą prędkością uważa się również postój pojazdu, a więc przypadek gdy moc oporów ruchu równa jest zeru);  $E_6$  - energia możliwa do akumulacji podczas jazdy z opóźnieniem, równa energii źródła pierwotnego;  $E_7$  - energia wytwarzana przez źródło pierwotne w czasie ruchu ze stałą prędkością;  $E_8$  - energia wytworzona przez źródło pierwotne w czasie ruchu przyspieszonego

### 11.3.4. Przykłady samochodów o napędzie hybrydowym

Z nielicznych konstrukcji pojazdów samochodowych o napędzie hybrydowym zasługuje na uwagę prototyp przedstawiony przez szwedzką firmę Volvo oznaczony jako ECC. Samochód napędzany jest silnikiem elektrycznym o mocy znamionowej – 70 kW, a bateria akumulatorów niklowo-kadmowych o masie 315 kg umieszczona jest w pomieszczeniu bagażnika. Samochód wyposażony jest również w silnik turbinowy połączony z prądnicą elektryczną. W takim układzie pojazd może poruszać się pod warunkiem, że co 670 km uzupełniany będzie zbiornik paliwa. Energia uzyskiwana z tego pierwotnego źródła wystarcza nie tylko na poruszanie się samochodu, lecz również na utrzymanie baterii akumulatorów w stanie prawie pełnego naładowania. Pojazd hybrydowy prędkość 100 km/h osiąga w 13 s, charakteryzuje się prędkością maksymalną jazdy równą 175 km/h. Współpracą poszczególnych elementów układu napędowego steruje mikrokomputer, który umożliwia

rekuperację energii. Volvo ECC być może nie jest jeszcze samochodem idealnym, nie mniej zastosowany w nim hybrydowy układ zasilania silnika elektrycznego stanowi ważny krok w ewolucji samochodu niedalekiej przyszłości.

## BIBLIOGRAFIA

1. Badania i diagnostyka samochodowych urządzeń elektrycznych. Red. B. Kowalski, WKiŁ, Warszawa 1981,
2. Bannikov S.P.: Elektrooborudovanie avtomobilej. Transport, Moskwa 1977,
3. Bończak E.: Naprawa samochodów Nysa 521. WKiŁ, Warszawa 1971,
4. Bosch: Materiały szkoleniowe
5. Cisło Z., Osterloff L.: Elektrotechnika samochodowa. WKiŁ, Warszawa 1966,
6. Cisło Z., Osterloff L.: Vademecum elektrotechnika samochodowego. WKiŁ, Warszawa 1968,
7. Dąbrowski A.: Samochodowe urządzenia paliwowo-kontrolne. WKiŁ, Warszawa 1984,
8. Demidowicz R., Łasiewicki S.: Elektrotechnika samochodów Polski Fiat i Polonez. WKiŁ, Warszawa 1981,
9. Demidowicz R.: Oświetlenie. WKiŁ, Warszawa 1995,
10. Dziubiński M.: Laboratorium elektrotechniki samochodowej. Wyd. Uczel.. Politechniki Lubelskiej Lublin 1986, 1997,
11. Fabryka Samochodów Ciężarowych: Naprawa samochodów Żuk. WKiŁ, Warszawa 1976,
12. Fabryka Samochodów Małolitrażowych: Polski Fiat 126p. Autoryzowana instrukcja napraw. WEMA, Warszawa 1990,
13. Flamisch O.: Diagnostyka samochodów. WKiŁ, Warszawa 1979,
14. Gałkin J.M.: Elektrooborudovanie avtomobilej i traktorov. Maszynostrojnie, Moskwa 1977,
15. Gołębiowski S., Stanisławski J.: Badania kontrolne samochodów. WKiŁ, Warszawa 1982,
16. Hebda M., Niziński S., Pelc H.: Podstawy diagnostyki pojazdów mechanicznych. WKiŁ, Warszawa 1984,
17. Horecki S.: Elektrotechnika samochodowa. WKiŁ, Warszawa 1984,
18. Jankowski K., Puchalski A.: Laboratorium elektrotechniki pojazdów samochodowych, Wyd. nr 2, WSI Radom 1990,
19. Judge Arthur W.: Obsługa wyposażenia elektrycznego samochodów. WKiŁ, Warszawa 1978,
20. Jutt W.E.: Elektrooborudovanie avtomobilej. Transport, Moskwa 1989,
21. Kaim E.: Naprawa samochodów FSO 125p. WKiŁ, Warszawa 1988,
22. Karta katalogowa: Elektroniczne regulatory napięcia 15TR. UNITRA TELPOD,
23. Karta katalogowa: Elektroniczny przekaźnik GL-154. UNITRA TELPOD,
24. Katalog wyrobów ELMOT Świdnica , 1996,
25. Katalog wyrobów Zakładów Elektrotechniki Motoryzacyjnej Duszniki Zdrój, WEMA, Warszawa 1976,

26. Katalog: Przyrządy pomiarowe do pojazdów samochodowych. WEMA, Warszawa 1981,
27. Klimecki Z., Podolak R.: Jeżdżę samochodem Polski Fiat 126p. WKiŁ, Warszawa 1989,
28. Konopiński M.: Elektronika w technice motoryzacyjnej. WKiŁ, Warszawa 1987,
29. Kowal J.: FSO 125p. Budowa, eksploatacja i naprawa. WKiŁ, Warszawa 1988,
30. Koziej E.: Maszyny elektryczne pojazdów samochodowych. WNT, Warszawa 1984,
31. Lanzendoerfer J.: Badania pojazdów samochodowych. WKiŁ, Warszawa 1977,
32. Lubczyński M.: Naprawa samochodów Nysa. WKiŁ, Warszawa 1983,
33. Łukomski Z., Kukliński Z., Zapłotyński W.: Naprawa samochodów Star 244. WKiŁ, Warszawa 1980,
34. Mac S.: Elektrotechnika samochodowa. WSiP, Warszawa 1975,
35. Mysłowski J.: Rozruch silników samochodowych z zapłonem samoczynnym. WNT, Warszawa 1996,
36. Nawrowski R., Skowronek K.: Systemy alarmowe pojazdów samochodowych. Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 1997,
37. Ocioszyński J.: Elektrotechnika i elektronika samochodów. WSiP, Warszawa 1996,
38. Ocioszyński J.: Elektrotechnika i elektronika w technice motoryzacyjnej. Oficyna Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1996,
39. Ocioszyński J.: Elektrotechnika ogólna i samochodowa. WSiP, Warszawa 1977,
40. Ocioszyński J.: Laboratorium elektrotechniki samochodowej. Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1985,
41. Ocioszyński J.: Samochodowe urządzenia elektryczne. WSiP, Warszawa 1989,
42. Perzyński Z.: Obsługa instalacji elektrycznej w samochodach i motocyklach. WKiŁ, Warszawa 1972,
43. Pomykański Z.: Elektrotechnika samochodowa. PWN, Warszawa 1983,
44. Pomykański Z.: Elektrotechnika samochodów. WKiŁ, Warszawa 1978,
45. Praca zbiorowa: Laboratorium elektrotechniki samochodowej. PWN, Warszawa 1977,
46. Przemysłowy Instytut Elektroniki: Elementy półprzewodnikowe i układy scalone. Nr. 3-4. Warszawa 1981,
47. Reznik A.M., Orłow W.P.: Elektrooborudowanije avtomobilej. Transport, Moskwa 1988,
48. Sinelnikow A.H.: Elektronika w avtomobile. Energia, Moskwa 1966,
49. Skwarek R.: Tarpan 233. Budowa, działanie, eksploatacja. WKiŁ, Warszawa 1977,

50. Słodowy P.: Elektronika w moim samochodzie. WKiŁ, Warszawa 1982,
51. Wiejak A., Zagaja J.: Żuk. Budowa, eksploatacja, naprawa. WKiŁ, Warszawa 1984,
52. Ziętkiewicz Z.: Akumulatory samochodowe i motocyklowe. WKiŁ, Warszawa 1983,
53. Auto Technika motoryzacyjna - czasopisma,
54. Auto Moto serwis - czasopisma

### **Wykaz norm**

1. BN-64/3680-02 - Opaski metalowe do oznaczania przewodów.
2. BN-65/3884-02 - Zapinki mocujące przewody.
3. BN-68/3615-05 - Badania samochodów. Ustalenie błędów licznika kilometrów i szybkościomierza.
4. BN-68/3615-08 - Badania samochodów. Okresowe badania kontrolne.
5. BN-69/3687-10 - Końcówki przewodów oczkowe wzdłużne z obchwytem pojedynczym
6. BN-69/3787-09 - Końcówki przewodów poprzeczne z obchwytem podwójnym.
7. BN-70/3615-01 - Badania samochodów i przyczep. Ogólne zasady.
8. BN-71/3680 - Instalacja elektryczna pojazdów samochodowych.
9. BN-71/3680-03 - Instalacja elektryczna pojazdów samochodowych. Symbole graficzne stosowane w schematach elektrycznych.
10. BN-71/3688-02 - Urządzenia uziemiające. Wymagania podstawowe.
11. BN-71/3689-02 - Badania samochodów i przyczep. Badanie instalacji elektrycznej na pojeździe.
12. BN-73/3787-06 - Wycieraczki szyb. Wymagania i badania.
13. BN-74/3687-08 - Końcówki wzdłużne z obchwytem podwójnym.
14. BN-75/3687-19 - Złącza przeciwzakłóceńowe. Wymagania i badania.
15. BN-76/3681-05 - Regulatory prądnic prądu stałego. Wymagania i badania.
16. BN-77/3687-01 - Końcówki przewodów do akumulatorów samochodowych.
17. BN-77/3687-04 - Wycieraczki szyb. Zakończenia wałków napędowych wycieraków. Główne wymiary.
18. BN-77/3687-14 - Wycieraczki szyb. Mechanizmy napędowe. Główne wymiary.
19. BN-77/3687-22 - Przełączniki zespolone mocowane na kolumnie kierownicy. Wymagania i badania.
20. BN-77/3687-24 - Wyłączniki zapłonu. Ogólne wymagania i badania.
21. BN-78/3681-07 - Alternatory. Główne wymiary.
22. BN-80/3684-03 - Styczniki światła hamowania. Wymagania i badania.
23. BN-80/3687-11 - Łączniki. Ogólne wymagania i badania.
24. BN-80/3687-17 - Złącza 7-biegunowe. Wymagania i badania.



- 25.BN-80/3687-20 - Programatory wycierania szyb. Wymagania i badania.
- 26.BN-81/3680-01 - Wyposażenie elektryczne pojazdów samochodowych. Podstawowe oznaczenia zacisków.
- 27.BN-81/3686-01 - Pojazdy samochodowe. Wałki giętkie.
- 28.BN-81/3687-25 - Obudowy złączy wtyczkowych płaskich.
- 29.BN-81/3687-26 - Obudowy złączy wtyczkowych płaskich. Wymagania i badania.
- 30.BN-82/3687-28 - Końcówki przewodów wzdłużne i poprzeczne z obchwytem podwójnym. Wymagania i badania.
- 31.BN-82/3687-29 - Przewody akumulatorowe.
- 32.BN-82/3688-06 - Odłączniki akumulatorów do samochodów ciężarowych i autobusów. Wymagania i badania.
- 33.BN-83/3602-01 - Powłoki metalowe i konwersyjne na wyrobach przemysłu motoryzacyjnego.
- 34.BN-83/3602-02 - Powłoki lakierowe na wyrobach przemysłu motoryzacyjnego.
- 35.BN-83/3680-05 - Odporność urządzeń elektronicznych na zakłócenia impulsowe.
- 36.BN-83/3680-06 - Urządzenia elektroniczne pojazdów samochodowych. Ogólne wymagania i badania.
- 37.BN-83/3687-05 - Wycieraki wycieraczek szyb. Wymagania i badania.
- 38.BN-83/3687-06 - Wycieraczki szyb. Wymagania i badania.
- 39.BN-84/3681-06 - Komutatorowe prądnice samochodowe. Wymagania i badania.
- 40.BN-85/3687-02 - Złącze wtyczkowe pojedyncze Wymagania i badania techniczne.
- 41.BN-85/3687-07 - Zakończenia przewodów końcówkami typu rurkowego.
- 42.BN-86/3688-03 - Silniki dmuchaw. Wymagania i badania.
- 43.BN-86/3688-05 - Zapalniczka elektryczna. Wymagania i badania.
- 44.BN-87/3687-30 - Przewody masy kompletne.
- 45.BN-87/3687-31 - Końcówki przewodów do masy.
- 46.BN-87/3687-32 - Wyłączniki świateł awaryjnych. Wymagania i badania.
- 47.BN-88/3681-10 - Elektryczne regulatory napięcia. Wymagania i badania.
- 48.BN-88/3687-15 - Złącza wtyczkowe. Wymagania i badania.
- 49.BN-88/3687-33 - Wiązki przewodów instalacji niskiego napięcia. Wymagania i badania.
- 50.BN-88/3689-01 - Instalacja elektryczna pojazdów - cystern do przewozu materiałów niebezpiecznych. Wymagania i badania.
- 51.BN-89/3687-16 - Złącza wtyczkowe cylindryczne.
- 52.BN-89/3687-27 - Osłony gumowe przewodów elektrycznych.
- 53.BN-89/3687-34 - Wiązki przewodów instalacji niskiego napięcia. Uproszczenia i symbole graficzne na rysunkach montażowych.
- 54.BN-89/3688-01 - Przelotki

- 55.BN-90/3687-03 - Bezpieczniki topikowe cylindryczne.
- 56.PN-58/S-76085 - Skobelki (uaktualniona w 1987).
- 57.PN-60/S-76090 - Bezpieczniki topikowe.
- 58.PN-62/S-76009 - Osłony gumowe końcówek.
- 59.PN-63/E-06070 - Akumulatory elektryczne. Wymagania i badania techniczne.
- 60.PN-63/S-76014 - Końcówki przewodów oczkowe wzdłużne z obchwytem pojedynczym przewodów elektrycznych.
- 61.PN-63/S-76955 - Wycieraczki szyb - wspólne wymagania i badania.
- 62.PN-64/E-90130 - Przewody do pojazdów mechanicznych i samolotów. Wymagania i badania techniczne.
- 63.PN-64/E-90131 - Przewody samochodowe niskiego napięcia w izolacji gumowej i oplocie włóknistym lakierowanym.
- 64.PN-64/E-90132 - Przewody samochodowe niskiego napięcia o izolacji polwinitowej.
- 65.PN-64/E-90133 - Przewody samochodowe zapłonowe o izolacji gumowej.
- 66.PN-64/E-
- 67.90134 - Przewody samochodowe zapłonowe o izolacji polwinitowej.
- 68.PN-64/S-76015 - Końcówki przewodów wzdłużne z obchwytem podwójnym.
- 69.PN-64/S-76016 - Końcówki przewodów poprzeczne z obchwytem podwójnym.
- 70.PN-67/S-76009 - Osłony gumowe końcówek przewodów elektrycznych w pojazdach mechanicznych. Wymagania i badania.
- 71.PN-69/C-84058 - Kwas siarkowy akumulatorowy.
- 72.PN-71/S-76034 - Złącza przeciwzakłóceńowe. Główne wymiary.
- 73.PN-72/E-04270 - Maszyny elektryczne wirujące prądu stałego. Metody badań.
- 74.PN-72/E-06000 - Maszyny elektryczne wirujące. Ogólne wymagania i badania techniczne.
- 75.PN-72/S-95020 - Prędkościomierze do pojazdów samochodowych i motorów.
- 76.PN-73/S-83003 - Cięgła giętkie sterujące. Końcówki linek.
- 77.PN-74/E-06010 - Maszyny elektryczne małej mocy. Ogólne wymagania i badania techniczne.
- 78.PN-74/E-90180 - Przewody pojazdów samochodowych. Ogólne wymagania i badania.
- 79.PN-74/E-90181 - Przewody jednożyłowe o izolacji polwinitowej niskiego napięcia (zm. Biul. 1/83).
- 80.PN-74/E-90182 - Przewody do pojazdów samochodowych. Przewody o izolacji polwinitowej wysokiego napięcia (zm. Biul. 1/83).
- 81.PN-74/E-90184 - Przewody wielożyłowe o izolacji polwinitowej (zm. Biul. 11/84).

- 82.PN-75/E-01210 - Maszyny elektryczne wirujące. Symbole graficzne.
- 83.PN-75/S-76065 - Mierniki okrągłe do pojazdów samochodowych. Wymiary gabarytowe.
- 84.PN-75/S-95010 - Końcówki wałka giętkiego napędu prędkościomierzy samochodowych i motocykli. Główne wymiary.
- 85.PN-77/E-83001-00 - Akumulatory kwasowe rozruchowe. Ogólne wymagania i badania (zm. Biuletyn 5/83, 5/84).
- 86.PN-77/E-83001-01 - Akumulatory kwasowe rozruchowe. Końcówki biegunowe. Wymiary i oznaczenia.
- 87.PN-77/E-83001-02 - Akumulatory kwasowe rozruchowe. Akumulatory o napięciu znamionowym 6 V. Wymiary i pojemności.
- 88.PN-77/E-83001-03 - Akumulatory kwasowe rozruchowe. Akumulatory o napięciu znamionowym 12 V. Wymiary i pojemności.
- 89.PN-77/H87025 - Mosiądz do przeróbki plastycznej
- 90.PN-79/E-01211 - Łączniki i przekaźniki. Symbole graficzne.
- 91.PN-83/S-76055 - Złącza wtyczkowe 7-biegunowe typu N (normalne). Główne wymiary i oznaczenia.
- 92.PN-83/S-76056 - Złącza wtyczkowe 7-biegunowe typu S (dodatkowe). Główne wymiary i oznaczenia zacisków.
- 93.PN-85/S-76001 - Wyposażenie elektryczne pojazdów samochodowych. Ogólne wymagania i badania.
- 94.PN-87/E-01200 - Symbole graficzne ogólne stosowane w elektryce.
- 95.PN-87/E-83002/01 - Akumulatory kwasowe motocyklowe oświetleniowe. Wymiary i pojemności.
- 96.PN-87/S-76005 - Przemysłowe zakłócenia radioelektryczne. Pojazdy samochodowe z silnikami spalinowymi o zapłonie elektrycznym i urządzenia zawierające takie silniki. Dopuszczalne poziomy. Ogólne wymagania i badania.
- 97.PN-87/S-76024 - Końcówki sprężyste przewodów wysokiego napięcia.
- 98.PN-87/S-76032 - Końcówki przewodów nasadzane na świece zapłonowe.
- 99.PN-88/E-01004 - Akumulatory elektryczne. Terminologia.
- 100.PN-88/E-01104 - Oznaczenia wielkości i jednostek miar używanych w elektryce.
- 101.PN-89/S-76002 - Przyrządy pomiarowe do pojazdów samochodowych i ciągników rolniczych. Ogólne wymagania i badania.
- 102.PN-89/S-95011 - Pojazdy samochodowe. Wałki giętkie.
- 103.PN-89/S-95012 - Pojazdy samochodowe. Pancerze wałków giętkich.