

dnia siła elektromagnetyczna w jednym drucie wynosi jak poprzednio:

$$E_{sr} = \frac{\Phi}{\frac{1}{2p} \frac{60}{n}}$$

Drutów, połączonych w szereg w jednej gałęzi, mamy

$$\frac{z}{2a}$$

a więc ogólna elektromotoryczna siła twornika będzie:

$$E = \frac{\Phi}{\frac{1}{2p} \frac{60}{n}} \cdot \frac{z}{2a}$$

czyli:

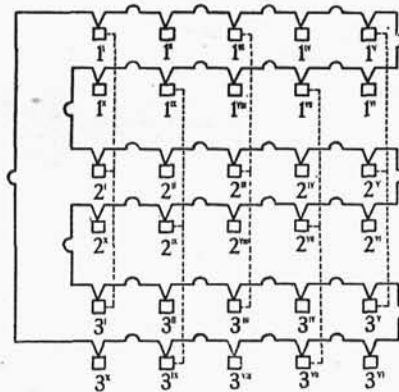
$$E = \Phi \cdot z \cdot \frac{n}{60} \cdot \frac{p}{a} 10^{-8} \text{ woltów}$$

Prąd pobierany z takiego twornika:

$$J = 2 a j q$$

## 7. Połączenia wyrównawcze.

Uzwojenia pętlicowe wielobiegunowe oraz uzwojenia faliste równoległe i szeregowo-równoległe dla prawidłowego działania wymagają specjalnych połączeń dodatkowych — wyrównawczych.



Rys. 28.

Rozważmy schemat rozwinięty uzwojenia równoległego sześciobiegunowego, z sześciu równoległymi gałęziami. Z rysunku łatwo spostrzedz, że każde trzy dowolne punkty A—A—A na tym

uzwojeniu np. takie, jak wskazano na rys. 28 znajdujące się pomiędzy sobą na odległości

$$\frac{360^0}{p}$$

po obwodzie twornika, są ekwipotencjalne, gdyż suma algebraiczna sił elektromotorycznych w każdym odcinku tego uzwojenia pomiędzy dwoma dowolnymi punktami  $A - A - A$  jest równa zeru.

Przewody łączące takie miejsca uzwojenia moglibyśmy nazywać połączeniami ekwipotencjonalnymi<sup>1)</sup>.

Odległość pomiędzy ekwipotencjonalnymi wycinkami komutatora wynosi:

$$\frac{k}{a}$$

gdzie  $k$  — cała liczba działek na komutatorze, a  $a$  liczba par równoległych gałęzi uzwojenia. Połączenia ekwipotencjonalne wykonać można tylko przy  $a > 1$ .

Przy  $a < 2p$  również:

$$\frac{2p}{a}$$

musi być liczbą całkowitą.

Połączenia wyrównawcze (I-go rodzaju) w uzwojeniu pętlicowym. W uzwojeniach pętlicowych mających kilka równoległych gałęzi, łatwo powstają pewne różnice w wielkości sił elektromotorycznych poszczególnych gałęzi, wywołane przez nierówność strumieni magnetycznych w poszczególnych biegunach magnesnicy.

Nierówność ta powstaje w pewnej mierze skutkiem różnic własności magnetycznych obwodów poszczególnych strumieni magnetycznych np. pieńków i nasadek biegunowych, głównie jednak przez niedokładne położenie osi twornika, która oczywiście powinna leżeć w osi magnesnicy, wynika to najczęściej skutkiem wycierania się panewek w łożyskach.

Niedokładne położenie twornika wywołuje nierówności w wymiarach szczeliny pomiędzy biegunami a twornikiem. Jeżeli szczelina ta będzie z jednej strony choć troszkę węższa niż z drugiej, to zaraz powstanie różnica strumieni magnetycznych.

<sup>1)</sup> Według nomenklatury Arnold'a—la Cour'a połączenia tego rodzaju tylko w uzwojeniach falistych nazywają się ekwipotencjonalnymi, w uzwojeniach zaś pętlicowych — wyrównawczymi.

Takie strumienie magnetyczne wzniecać będą różne siły elektromotoryczne w gałęziach uzwojenia twornikowego, znajdujących się pod poszczególnymi biegunami magnesu.

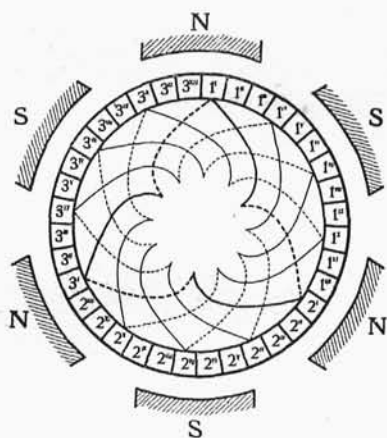
Stąd wyniknie nierówny rozdział prądów na poszczególne gałęzie. Nadmierny prąd w drutach uzwojenia i pod szczotkami wywołuje nadmierne rozgrzewanie drutów i szczotek; szczotki—iskrzą.

Nierówny rozdział prądów spowodować może również drobna nawet różnica w oporności poszczególnych gałęzi uzwojenia twornika.

Wszystkie te objawy w znacznej mierze usuwają połączenia wyrównawcze. Jak poprzednio wyjaśniliśmy, połączenia te zwierają punkty uzwojenia, które nazwaliśmy ekwipotencjonalnymi, mając na myśli symetryczny układ pola magnetycznego; wobec tego jednak, że w rzeczywistości pole bywa nieraz niesymetryczne, a więc i punkty powyższe bywają o różnych potencjałach elektrycznych, przez co powstają w zwierających je przewodnikach zmienne prądy wyrównawcze.

Prądy te oddziałują na rozkład strumieni magnesu i w pewnej mierze wyrównują te strumienie, a więc zmniejszają różnicę prądów w poszczególnych gałęziach, pozatem niemal zupełnie wyrównują się prądy płynące przez poszczególne szczotki, gdyż prądy wyrównawcze płynące przez wewnętrzne połączenia mają drogę o mniejszym oporze niż ta, która prowadzi przez szczotki i łączniki zewnętrzne, zwierające szczotki jednego znaku.

Na rys. 29 pokazany jest komutator prądnicy sześciobiegunowej z połączeniami wyrównawczymi, liczbami 1, 2, 3 zaznaczone są wycinki komutatora, należące do jednej pary gałęzi równoległych, układające się grupami odpowiednio do biegunów magnesu.



Rys. 29.

Połączenia wyrównawcze (II rodzaju) w uzwojeniu falistym.

Inna jest rola rozważanych połączeń w uzwojeniu falistym. Tu każda gałąź uzwojenia jest pod wpływem wszystkich biegunów jednocześnie, więc różnica strumieni poszczególnych biegunów nie może wywołać nierówności całkowitych sił elektromotorycznych

poszczególnych gałęzi, natomiast jednak kolejne skoki potencjału

od jednego wycinka komutatorowego do następnego w jednej gałęzi nie będą zupełnie równe odpowiednim kolejnym skokom potencjału gałęzi innej.

W uzwojeniu falistym wycinki komutatora jednej gałęzi równoległej wchodzi pomiędzy wycinki komutatora drugiej gałęzi równoległej, a dla prawidłowej komutacji prądu pod szczotkami ważną jest okolicznością, aby pomiędzy przyległymi wycinkami komutatora nie było nadmiernych różnic potencjałów. Potencjał powinien stopniowo równo wzrastać czy opadać przy posuwaniu się po komutatorze od jednej szczotki do drugiej.

Dla wyrównania przebiegu zmian potencjału wzdłuż różnych gałęzi dajemy w uzwojeniach równoległych i szeregowo równoległych połączenia ekwipotencjalne. Prądy powstające w tych połączeniach w pewnej mierze wyrównywują różnice w przebiegu zmian potencjału w różnych gałęziach.

Liczba połączeń wyrównawczych i ekwipotencjalnych.

W maszynach szybkobieżnych dużej mocy, połączenia omawiane zakładają się na każdą działkę kolektora, a więc liczba przewodów łączeniowych wynosić tu będzie:

$$\frac{k}{a}$$

licząc za jeden przewód cały łącznik dla  $a$  punktów ekwipotencjalnych.

W innych maszynach bierze się po jednym złączu na żłobek, a więc:

$$\frac{u}{a}$$

łączników, gdzie  $u$  — liczba żłobków.

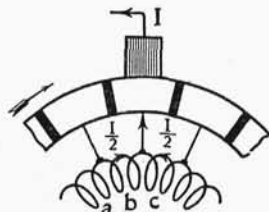
Gdy niema obawy znacznej asymetrii sił elektromotorycznych, to można brać jedno złącze na dwa lub trzy żłobki.

## 8. Komutacja prądu i zapobieganie iskrzeniu szczotek.

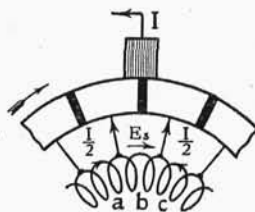
Gdy szczotka stoi na jednym wycinku komutatora, rys. 30, to do tego wycinka z dwóch stron przyplływają prądy  $\frac{J}{2}$  przez druty twornika ze zwojnic  $b$  i  $c$ .

Po przesunięciu się komutatora o pół wycinka szczotka znajdzie się w położeniu wskazanem na rys. 31. Tu prąd dopływa do

szczotki przez zwojnice  $a$  i  $c$ , zwojnica zaś  $b$  jest zwarta przez szczotkę. Znikanie prądu w zwojnicy  $b$  powoduje powstawanie



Rys. 30.



Rys. 31.

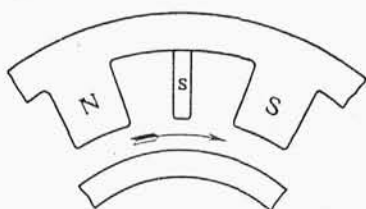
w niej siły elektromotorycznej samoindukcji  $E_s$ , skierowanej w tę samą stronę, co prąd, który w niej poprzednio przepływał.

Ta siła elektromotoryczna wywołuje prąd w krótkozwartym obwodzie, który pod szczotką dodaje się do prądu twornikowego, dopływającego do szczotki. Zastanawiając się nad kierunkami tych prądów, łatwo spostrzeżemy, że w wycinku prawym komutatora prądy dodają się, a w lewym odejmują się, skutkiem tego, gdy szczotka ześlizguje się z pewnego wycinka komutatora i prąd ma się przerwać, właśnie tam gęstość prądu znacznie wzrasta. Wtedy na krawędzi szczotki wytwarza się znaczna ilość ciepła, przez co mocno rozgrzewa się krawędź szczotki i krawędź wycinka komutatorowego, powstająca para metalu utrzymuje jeszcze czas jakiś elektryczne połączenie, tworząc iskrę. Krawędź szczotki nadpala się, a wycinek komutatora nadtapia się. Dla uniknięcia iskier pod szczotkami, należy tak unormować gęstość prądu na styku szczotki z odpowiednim wycinkiem komutatora aby gęstość ta, przy wysuwaniu się wycinka komutatorowego z pod szczotki, zmniejszała się stopniowo do zera.

Osiągamy to zapomocą tak zwanej siły elektromotorycznej komutacyjnej, wznecanej w zwojnicy zwartej przez szczotkę. Siła elektromotoryczna komutacyjna musi mieć kierunek przeciwny do siły elektromotorycznej samoindukcji, aby działanie samoindukcji znieść i wytworzyć w zwartej zwojnicy prąd przeciwnego kierunku w porównaniu do kierunku prądu, powstającego pod wpływem samoindukcji.

Siłę elektromotoryczną komutacyjną możemy wytworzyć przesuwając przy prądnicach szczotki w kierunku wirowania twornika. Tym sposobem wywołujemy zwieranie zwojnic twornika w takim położeniu, przy którym zwojnice te znajdują się pod wpływem pola magnetycznego bieguna magnesu, wznecającego w nich siłę elektromotoryczną komutacyjną odpowiedniego kierunku.

Wielkość komutacyjnej siły elektromotorycznej powinna być tem znaczniejsza, im silniejszy prąd bierzemy z prądnicy, a więc



Rys. 32.

w miarę zwiększania się obciążenia wypada przesuwac szczotki coraz dalej w kierunku ruchu twornika, aby zwarcie zwojnic odbywało się w coraz silniejszym polu magnetycznym. Dla uniknięcia ciągłego przedstawiania szczotek przy zmianie obciążenia, są obecnie stosowane bieguny pomocnicze, czyli zwrotne,

umieszczone w środku pomiędzy biegunami głównymi. Znak takiego bieguna w prądnicy powinien być taki jak najbliższego bieguna głównego w kierunku ruchu. Bieguny pomocnicze magnesują się prądem twornika, a więc ich działanie jest proporcjonalne do natężenia prądu pobieranego z prądnicy.

Wtedy zostawiamy szczotki w pasie obojętnym prądnicy nieobciążonej. Pod wpływem biegunów pomocniczych w zwojnicach zwartych przez szczotki powstaje siła elektromotoryczna komutacyjna proporcjonalna do prądu pobieranego z prądnicy.

## 9. Reakcja twornika.

Siły elektromotoryczne w tworniku prądnicy indukuje nie tylko strumień magnetyczny wytworzony przez magneśnicę, lecz również i strumień magnetyczny twornika.

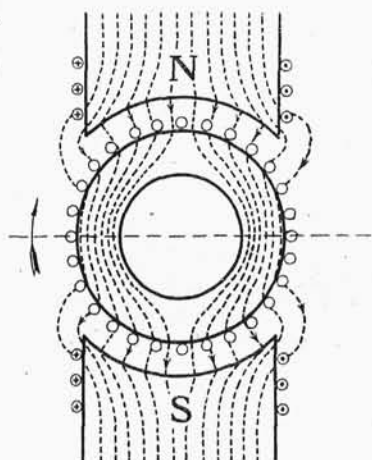
Skutkiem przechodzenia szczotek z jednych wycinków komutatora na następne pole magnetyczne twornika cofa się skokami względem poruszającego się twornika, wracając ciągle do tego samego położenia w przestrzeni. W ten sposób własne pole twornika indukuje w nim również siły elektromotoryczne.

Zjawisko to nazywamy zwykle reakcją twornika i w obliczeniach uwzględniamy, rozważając jako pole indukujące nie samo pole magneśnicy, lecz pole odkształcone, które powstaje przez dodawanie pola twornika do pola magneśnicy, w przypuszczeniu, że oba pola są nieruchome w przestrzeni.

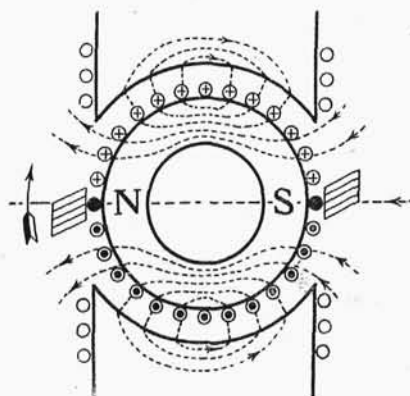
Na rys. 33 wskazany jest układ linii magnetycznych strumienia wytworzonego przez prąd w uzwojeniu magneśnicy.

Na rys. 34 mamy strumień magnetyczny, wywołany przez prąd w uzwojeniach twornika, a na rys. 35 strumień wypadkowy.

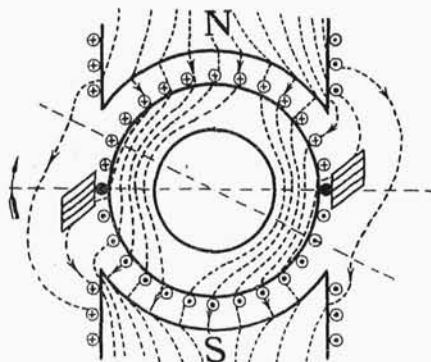
Porównyując ze sobą te trzy rysunki, widzimy, że strumień magneśnicy został przekręcony w kierunku wirowania twornika.



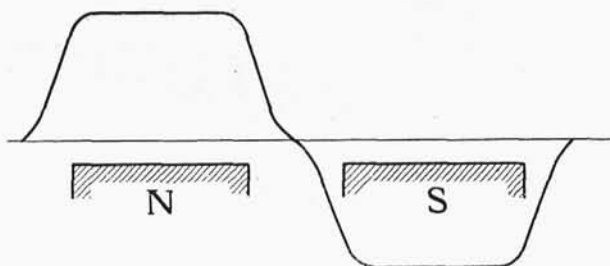
Rys. 33.



Rys. 34.



Rys. 35.

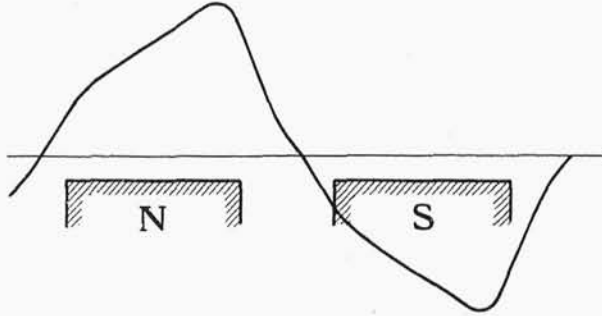


Rys. 36.

Gdy niema prądu w tworniku, magneśnica daje pod biegunami strumień niemal jednostajny, rys. 33, rys. 36<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Wykresy na rys. 36 i 37 wyrażają zmienność gęstości linii magnetycznych na obwodzie twornika w rozwinięciu.

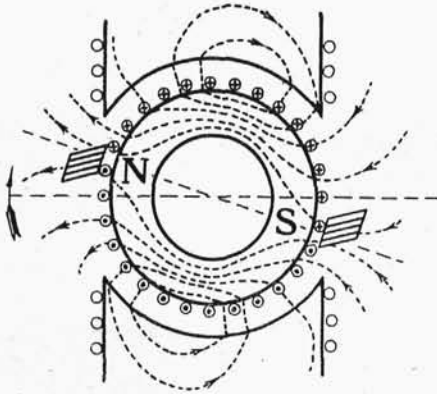
Pod wpływem prądu twornika strumień magnetyczny zgęszcza się w jednych miejscach, rozrzedza się w innych, pas obojętny przesuwa się naprzód, rys. 35 i 37.



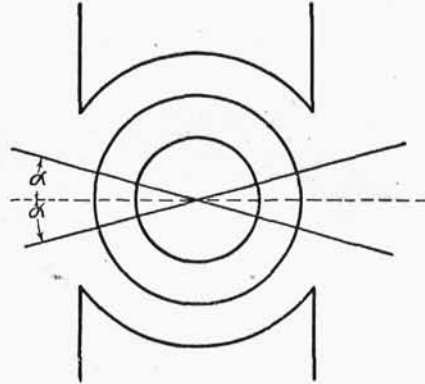
Rys. 37.

Skutkiem przesunięcia pasa obojętnego zmienia się nieco rozkład sił elektromotorycznych w drutach twornika, a to powoduje zmniejszenie siły elektromotorycznej uzwojenia twornikowego.

Jeżeli przesuniemy szczotki do nowego pasa obojętnego, zmieni się rozkład prądu w drutach twornika, a przez to i położenie strumienia magnetycznego twornika, rys. 38.



Rys. 38.



Rys. 39.

Przy szczotkach, przesuniętych w ten sposób, część zwojów twornika, rys. 39, zawarta w kącie  $2\alpha$ , przeciwdziała uzwojeniu magnesnicy i zmniejsza całkowity strumień magnetyczny, co znowu powoduje zmniejszenie siły elektromotorycznej.

## 10. Uzwojenia kompensacyjne.

W maszynach ulegających nagłym i bardzo znacznym zmianom obciążenia, wpływ prądu twornikowego, powodujący gwałtowne

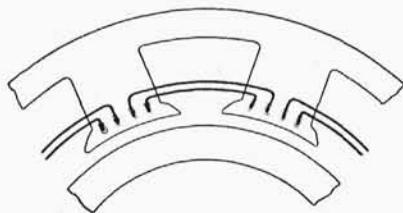


zmiany w układzie strumienia magnetycznego, może wywołać znaczne siły elektromotoryczne w poszczególnych sekcjach uzwojenia, niebezpieczne dla prawidłowego działania maszyny.

Te siły elektromotoryczne powodują nieraz tak zwane ognienia komutatora, przy którym powstają chwilowe zwarcia pomiędzy szczotkami przeciwnych biegunów przez łuki świetlne, tworzące się na powierzchni komutatora.

Dla uniknięcia tych szkodliwych zjawisk stosowane są pomocnicze uzwojenia na magneśnicy, rys. 40, które znoszą oddziaływanie prądu twornikowego na pole magnetyczne magneśnicy.

W tym celu przewiercamy nasady biegunowe magneśnicy i w tych otworach układamy zwoje kompensacyjne w ten sposób,



Rys. 40.

aby pole magnetyczne przez nie wytwarzane zносиło strumień magnetyczny twornika. Dla otrzymania odpowiedniej kompensacji przy wszelkich obciążeniach, przepuszczamy przez zwoje kompensacyjne prąd twornika.

Uzwojenia kompensacyjne są stosowane głównie w dużych silnikach elektrycznych na prąd stały, zbudowanych jak prądnice, narażonych na bardzo znaczne wahania obciążenia<sup>1)</sup>.

## 11. Budowa twornika.

Rdzeń twornika sporządza się z blach żelaznych o grubości 0,5 mm; wyjątkowo, gdy częstotliwość przemagnesowania przewyższa 60 okr. na sek., używają się blachy cieńsze, np. 0,4 mm.

---

<sup>1)</sup> Siemens zastosował w ubiegł. roku kompensacyjne uzwojenie do prądnice wolnobieżnych, obracanych turbinami wodnymi na 505 V i 11900 A przy 250 obr. na minutę. Uzwojenie kompensacyjne znosi tu całkiem wpływ pola twornika, tak, że układ, indukującego strumienia magnetycznego, pozostaje przy wszystkich obciążeniach taki sam jak przy biegu luzem.

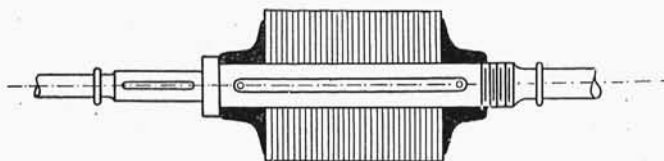
Blachy twornikowe są walcowane z żelaza o stratności 3,2 do 3,6 watów na kg przy 50 okresach przemagnesowania na sekundę, dla gęstości linii magnetycznych 10000.

Jeżeli szczególnie zależy na małych stratach w rdzeniu twornika, to można stosować żelazo o stratności mniejszej.

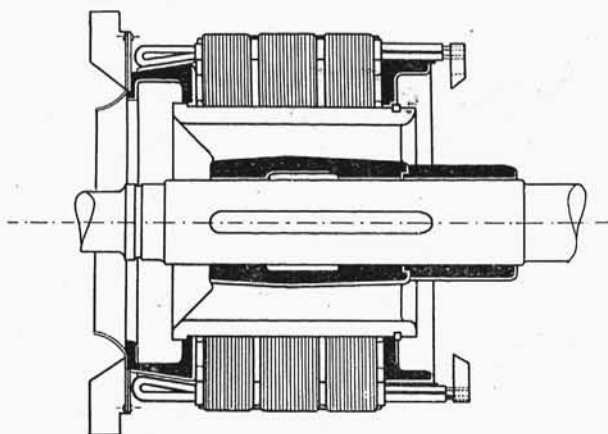
Rdzeń blaszkowy twornika osadza się wprost na stalowym wale lub też, umocowuje się go naprzód w piaście, a potem razem z piastą nasadza się na wał, rys. 41 i 42.

Blachy twornikowe są ściskane bardzo mocno prasą hydrauliczną i utrzymywane w stanie ściśniętym zapomocą dość grubych tarcz osadczych i śrub.

Rdzenie twornikowe, za wyjątkiem bardzo małych, rys. 41, posiadają kanały do przewietrzania zwykle w kierunku promieniowym. Na rys. 42 rdzeń jest podzielony na kilka paczek, które są oddzielone od siebie odpowiedniami na sztorc ustawionymi przegródkami.



Rys. 41.



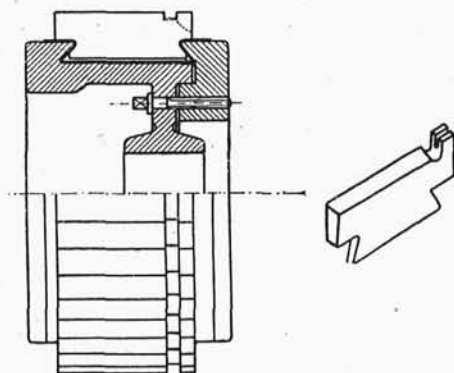
Rys. 42.

Obok rdzenia na ten sam wał nasadza się na osobnej piaście komutator, który się składa z odcinków płaskownika miedzianego o trapezoidalnym przekroju.

Odcinki te stanowią wycink komutatora, izolowane jeden od drugiego i od piasty zapomocą czystej miki, lub tak zwanego

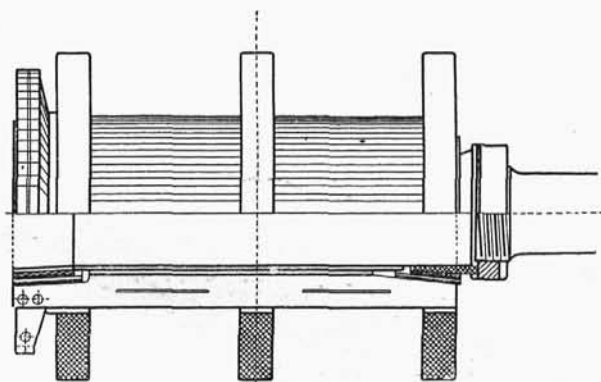
mikanitu, zrobionego z listków miki, sklejonych odpowiednim materiałem.

Na rys. 43 widzimy kształt wycinków i jeden ze sposobów ich umocowania na piaście.



Rys. 43.

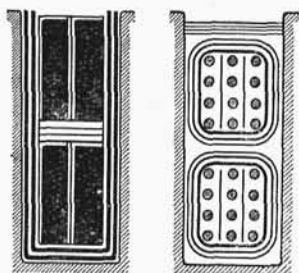
Komutatory prądnic szybkobieżnych są usztywnione za pomocą pierścieni stalowych nasadzonych na komutator; pomiędzy nimi, a komutatorem znajduje się pasek izolacji, rys. 44.



Rys 44.

Uzwojenie twornika umieszcza się w żłobkach odpowiednio izolowanych, rys. 45. Liczba warstw izolacyjnych i rodzaj materiału izolacyjnego zależy od napięcia prądu i od temperatury, przy której prądnica ma pracować. Na warstwy izolacyjne pomiędzy drutami a żelazem są używane: taśma bawełniana, papier naoliwiony, płótno, preszpan, mikanit i t. p. Do zamocowania dru-

tów w żłobkach stosują się u góry żłobka wsuwki z drzewa, albo fibry i obręcze, nawinięte na tworniku z drutu mocnego: mosiężnego, krzemobronzowego, lub stalowego o średnicy 0,6 do 1,6 mm.



Rys. 45.

Druty twornika są zwijane zazwyczaj w zezwoje odpowiedniego kształtu na szablonach i izolowane odpowiednio do napięcia prądu maszyny. Przekrój miedzi zajmuje tylko część przekroju żłobka, resztę wypełnia izolacja, rys. 45. Stopień zapełnienia żłobka miedzią zależy od grubości użytej izolacji, a więc od wysokości napięcia prądu maszyny i od przekroju drutu. Spółczynnikiem wypełnienia żłobka nazywamy stosunek prze-

kroju miedzi w żłobku do przekroju całego żłobka.

Tak np. przy drutach okrągłych, mających przekrój  $6 \text{ mm}^2$ , w twornikach, uzwojonych na 500 woltów, współczynnik wypełnienia wynosi około 0,3, a na 125 woltów już około 0,4.

Przy drutach o przekroju prostokątnym wynoszącym  $150 \text{ mm}^2$  w twornikach, uzwojonych na 500 woltów, współczynnik wypełnienia wynosi około 0,4, a na 125 woltów około 0,6.

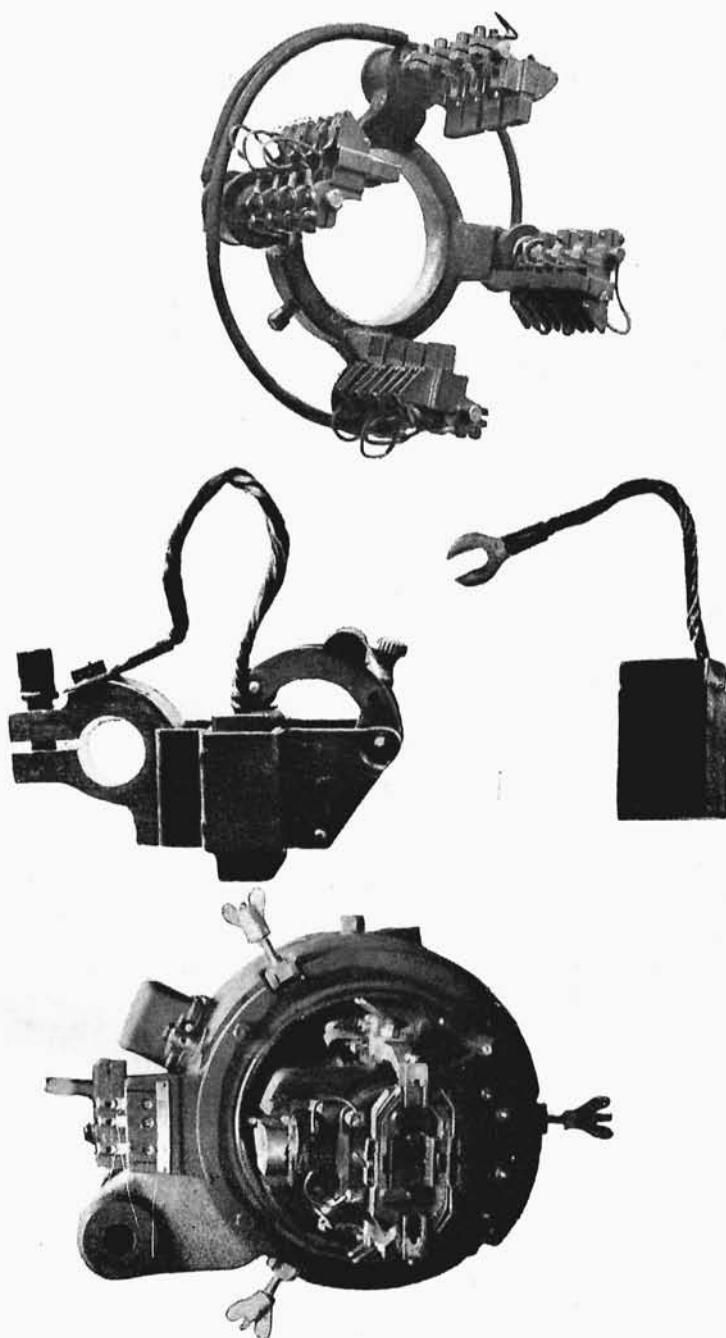
Po ułożeniu uzwojenia w żłobkach końce zezwojów przylutowuje się do wycinków komutatora lutem miękkim albo twardym.

Lut twardy jest najwłaściwszy przy maszynach, nieraz przeciążanych, np. przy silnikach z częstym i ciężkim rozruchem. Gotowy twornik nasycy się lakierem izolacyjnym. Naprzód twornik suszy się w rozrzedzonym powietrzu, a następnie pogrąża się (aż do komutatora) w lakierze, gdzie przebywa dopóty, aż przestaną wydobywać się pęcherzyki powietrza. Po nasyceniu, twornik suszy się od 6 do 12 godzin przy temperaturze 80 do  $90^\circ \text{C}$ .

## 12. Budowa magniesnicy.

Magneśnica składa się z pierścienia z łapami, stanowiącego tak zwane jarzmo, z pieńków biegunowych, umocowanych w jarzmie i nasad biegunowych umocowanych na pieńkach. Czasem pieńki odlewają się razem z jarzmem. Na rys. 46 widzimy magniesnicę dwubiegunową. Osadzając w jarzmie symetrycznie więcej pieńków otrzymujemy magniesnice wielobiegunowe rys. 47. Jarzmo odlewa się ze stali lub z żeliwa. Stal jest częściej używana ze względu na znacznie większą przenikalność magnetyczną.

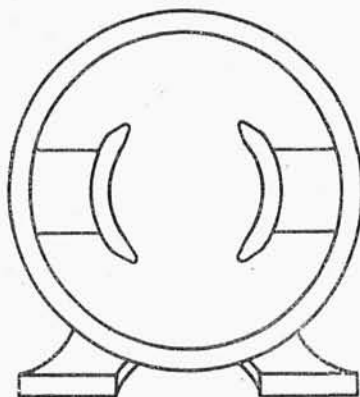
Tab. II.



1. Trzymadło szczotkowe ze sworzniami, obsadkami i szczotkami do maszyny czterobiegunowej.
2. Obsadka szczotkowa ze szczotką.
3. Szczotka węglowa z linką.
4. Prądnica do oświetlenia wagonów.

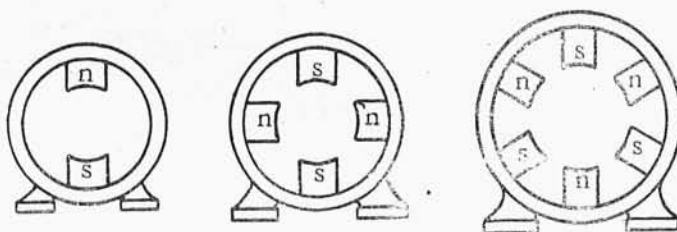
Konstrukcja firmy Polskie Towarzystwo Elektryczne w Warszawie.

Fabryki amerykańskie, w niektórych przypadkach, używają do magneśnic stali walcowanej, posiadającej przenikalność magnetyczną 10 do 20% wyższą od stali lanej.



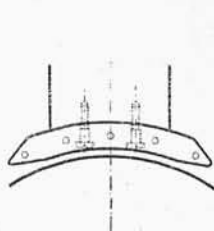
Rys. 46.

Pieńki biegunowe sporządza się obecnie zazwyczaj pełne z żelaza kutego, lub też z blach żelaznych, grubości 0,5 do 1 mm.

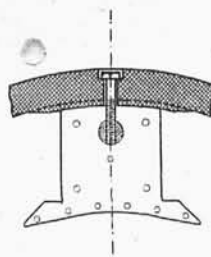


Rys. 47.

Z takich samych blach sporządzają się i nasady biegunowe. O ile pieńki jest z blach, to stanowi on jedną całość z nasadą.



Rys. 48.



Rys. 49.

Na rys. 48, widzimy sposób umocowania nasady z blaszek na pieńku pełnym, a na rys. 49, umocowanie w jarzmie pieńka z nasadą, wykonanego jako całość.

Wymiary magnesu są dobierane w ten sposób, aby można było umieścić na pieńkach cewki magnesujące i otrzymać odpowiednią szczelinę pomiędzy nasadami biegunowymi, a twornikiem.

Szczelina ta wynosi około 1 mm przy małych maszynach i wzrasta do 5 mm przy dużych.

Cewki magnesujące, nasadzone na pieńki, nawijają się z drutu, izolowanego bawełną, przeważnie na odpowiednich ramkach z materiału izolacyjnego np. z twardej tektury.

### 13. S z c z o t k i.

Dla utworzenia połączenia elektrycznego obwodów nieruchomych z wirującym uzwojeniem twornika służą szczotki, ślizgające się po komutatorze.

Szczotki metalowe, sporządzane z tkaniny drucianej lub cienkich blaszek, stosowane są tylko przy prądnicach na niskie napięcie. Szczotki takie wymagają lekkiego smarowania komutatora grafitem, woskiem lub wazeliną dla zabezpieczenia go od ścierania.

Powszechnie używane szczotki, tak zwane, węglowe, z węgla lub grafitu, czy też mieszaniny tych dwóch składników, bywają różnej twardości. Pozatem są jeszcze szczotki węglowo-metalowe, wyrabiane z mieszaniny węgla z proszkiem metalowym, które wyługowują szczotki metalowe.

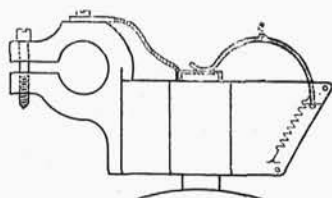
Najczęściej stosuje się obecnie szczotki węglowe dlatego, że mało zużywa się komutator i warunki komutacji są lepsze, wobec większej oporności obwodu zwarcia, powstającego, gdy szczotka stanie na sąsiednich wycinkach komutatora.

Szczotki umocowuje się w *o b s a d k a c h*: nieruchomo metalowe i przeważnie ruchomo węglowe.

Na rys 50, widzimy *o b s a d k ę* ze szczotką węglową, do której przymocowana jest miedziana linka, odprowadzająca prąd.

Do komutatora szczotki są lekko przyciskane sprężynkami, zwykle z siłą odpowiadającą ciśnieniu: 0,12—0,15 kilogramów na centymetr kwadratowy.

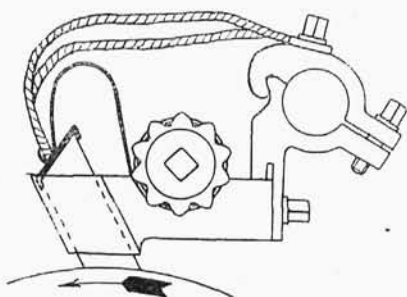
Siła przyciskająca szczotkę do komutatora powinna przechodzić przez środek ciężkości powierzchni styku szczotki z komutatorem. Szczotki ustawione prostopadle do powierzchni komutatora, rys. 50, nadają się dobrze do ruchu maszyny w obu kierunkach,



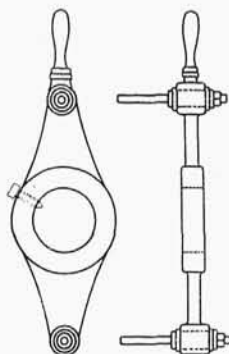
Rys. 50.

co bywa nieraz przy zastosowaniu tych maszyn jako silników elektrycznych. Oprócz szczotek węglowych ustawionych prostopadłe do powierzchni komutatora, obecnie często są stosowane szczotki węglowe stojące ukośnie, rys. 51. Kierunek wirowania komutatora musi być tu zwrócony w stronę pochylenia szczotki, jak zaznaczono na rysunku. Wtedy szczotka stoi sztywno w oprawce.

Obsadki zaciska się na sworzniach szczotkowych, które są umocowane w rurkach izolacyjnych na trzymadle, rys. 52.



Rys. 51.



Rys. 52.

Trzymadło zazwyczaj daje się obracać i w ten sposób cały zespół szczotek odpowiednio ustawia się na komutatorze.

#### 14. Obsługa szczotek i komutatora.

Komutator musi być dokładnie cylindryczny. Wyglądzać komutator można tylko szklistym, lub karborundowym papierem, gdyż szmergiel często jest za miękki do zeszlifowania mikowej izolacji.

Nigdy nie można wyrównywać komutatora pilnikiem. Przy szlifowaniu papierem lub płótnem szlifierskim, należy się posługiwać klockami drewnianymi, ściśle przylegającymi do powierzchni komutatora. W razie znacznych nierówności na komutatorze trzeba go obtoczyć ostrym, krótko osadzonym nożem tokarskim. Najpierw wyskrobać mikę, potem szlifować komutator.

Szczotki muszą być dokładnie dotarte do powierzchni komutatora tak, aby się stykały z komutatorem na całej powierzchni.

Powierzchnia komutatora musi być czysta. Gęstość prądu pod szczotkami należy utrzymywać w granicach, ustalonych przez praktykę zależnie od rodzaju szczotek.



Największe gęstości prądu według Arnolda są następujące:  
dla szczotek metalowych od 15 do 40 amperów na centymetr kwadratowy powierzchni styku szczotki z komutatorem,  
dla szczotek węglowych bardzo miękkich od 8 do 11 A na cm<sup>2</sup>,  
dla szczotek miękkich od 6 do 10 A na cm<sup>2</sup>,  
dla szczotek średniej twardości od 5 do 7 A na cm<sup>2</sup>,  
dla szczotek twardych od 4 do 6 A na cm<sup>2</sup>,  
dla szczotek węglowo-metalowych od 15 do 30 A na cm<sup>2</sup>,  
zależnie od rodzaju i składu materiałów, użytych do wyrobu tych szczotek.

Odległość po obwodzie komutatora pomiędzy sąsiednimi szczotkami musi wynosić dokładnie  $\frac{360^\circ}{2p}$ . Przesuwając cały układ szczotek, należy znaleźć miejsce, gdzie szczotki całkiem nie iskrzą, lub iskrzą najmniej.

Zazwyczaj fabryka znaczy czerwoną kreską najwłaściwsze położenie trzymadła szczotkowego. Gdyby tego znaku nie było, to trzymadło szczotkowe należy przy biegu jałowym maszyny, nastawić w ten sposób, aby szczotki dotykały tych wycinków komutatora, które są połączone bezpośrednio z drutami uzwojenia twornika, znajdującymi się w środku pomiędzy biegunami magnesu.

## 15. Prądnica magnetoelektryczna.

Gdy pole magnetyczne, wzniesające napięcie w tworniku, mamy od stałego magnesu stalowego, to taką prądnicę nazywamy magnetoelektryczną.

Strumień magnetyczny takich magnesów z czasem zawsze słabnie i wogóle nie ma takiej gęstości linii, jaką można osiągnąć zapomocą elektromagnesów, przeto prądnice magnetoelektryczne stosowane są rzadko, np., do zapalania mieszanki w silnikach spalinowych i t. p.

## 16. Prądnica obcowzbudna.

Gdy elektromagnesy prądnicy są zasilane prądem z obcego źródła, np., z baterji akumulatorów, lub z innej prądnicy, to taką prądnicę nazywamy obcowzbudną.

Przy stałej szybkości wirowania twornika, siła elektromotoryczna w tworniku jest wprost proporcjonalna do wielkości strumienia magnetycznego, przenikającego twornik.