

22.3.51

WYDAWNICTWA NAUKOWE  
KOMISJI WYDAWNICZEJ TOWARZYSTWA BRATNIEJ POMOCY STUDENTÓW  
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ.

---

# NAUKOWE PODSTAWY ELEKTROTECHNIKI

NAPISAŁ

MIECZYŚLAW POŻARYSKI

INŻYNIER ELEKTRYK  
PROFESOR ELEKTROTECHNIKI OGÓLNEJ POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ.

Z 324 RYSUNKAMI W TEKŚCIE

WYDANIE II.



*22.3.51*

Z24

W A R S Z A W A — 1 9 2 7 R O K U

---

CZCIONKAMI POMORSKIEJ DRUKARNI ROLNICZEJ SP. AKC. W TORUNIU.

22.3.51





~~D.52~~

C.1052.



MP.43

BG02P/421-11

## *Przedmowa do wydania drugiego.*

W drugim wydaniu „Naukowych podstaw elektrotechniki” układ pozostał bez zmiany. opuszczono tylko pomiary, które mają być wydane osobno. Natomiast niektóre działy uzupełniono, mając na względzie rozwój społecznych zastosowań elektrotechniki.

Celem książki jest zwięzłe podanie podstawowych pojęć, zasad i praw naukowych elektrotechniki w jednolitem ujęciu, tak aby te pojęcia, zasady i prawa ułożyły się konsekwentnie w umyśle czytelnika. Studjowanie poważnie ujętych zasad teoretycznych elektrotechniki jest możliwe tylko po zdobyciu przynajmniej elementarnych wiadomości o zjawiskach elektromagnetycznych w zakresie dobrego podręcznika fizyki.

To też wykład w tej książce jest prowadzony w przypuszczeniu, że czytelnik zna najważniejsze zjawiska elektryczne, magnetyczne i elektromagnetyczne.

Przestudjowanie naukowych podstaw elektrotechniki zawartych w tej książce umożliwi czytelnikowi przystąpienie do nauki właściwej elektrotechniki w tym zakresie w jakim jest obecnie niezbędna każdemu technikowi na wyższym poziomie.

Specjalizujący się w elektrotechnice znajdzie w tej książce wstępne wiadomości, które mu ułatwią zdobycie w dalszym ciągu szerszej podstawy teoretycznej niezbędnej dla studjów głębszych.

Prof. Leonowi Staniewiczowi wyrażam niniejszem wdzięczność za uwagi dotyczące działu symbolicznego rozważania prądów zmiennych.

---

Maj 1927 r.

Autor.

## W S T Ę P.

Elektrotechnika współczesna należy do tych nauk podstawowych, z którymi mają związek prawie wszystkie gałęzie techniki. Przedmiot elektrotechniki obejmuje bowiem urządzenia, mające na celu przenoszenie i rozdział energii, oraz przetwarzanie energii z jednej postaci w drugą za pomocą prądu elektrycznego.

W książce niniejszej starałem się ująć w jednolity układ zasady naukowe, stanowiące podstawę elektrotechniki. Określam więc pojęcia, jakimi się ona posługuje i zestawiam prawa, które kojarzą powyższe pojęcia w związki, wyrażone ściśle za pomocą wzorów matematycznych.

Jednym z najbardziej podstawowych pojęć jest bezwątpienia pojęcie energii. Określać go nie będę, należy to bowiem do zasad fizyki; przypomnę tylko czytelnikowi te postacie, jakie przybiera energia. Oto krótkie ich zestawienie:

Energję cieplną mamy wszędzie, gdzie jest materja w temperaturze wyższej od bezwzględego zera. Energia chemiczna tkwi w ciałach, zdolnych do takich przemian chemicznych, przy których wydzielają się inne postacie energii, np. w ciałach palnych i t. p. Energję potencjalną ciężenia powszechnego mają wszystkie ciała przyrody, które mogą zbliżać się do siebie; w szczególności zaś, gdy chodzi tylko o siłę ciężkości, możemy mówić o energii ciał, zdolnych spaść niżej, według naszych ziemskich wyobrażeń. Energję ruchu czyli energję kinetyczną mają wszystkie ciała poruszające się, a nawet, według kinetycznej teorii materji, ciepło jest energją kinetyczną cząsteczek ciał, które, zgodnie z tą teorią, znajdują się w bezustannym ruchu. Wreszcie jest jeszcze energia elektryczna i energia magnetyczna, w polu elektrycznym i magnetycznym; jako szczególny wypadek dwu ostatnich rodzajów energii należy uważać także energję promieniowania.

Energją cieplną, chemiczną i mechaniczną zajmują się szczegółowo odpowiednie działy nauk przyrodniczych; w książce niniejszej będzie o nich mowa o tyle, o ile mają one związek ze zjawiskami elektrycznymi. Energji zaś elektrycznej i magnetycznej poświęcam kilka rozdziałów.

Tutaj zauważyć należy, że elektryczność, ściślej mówiąc — ładunek elektryczny, któremu przypisujemy istnienie realne, nie stanowi energii. Energia elektryczna nie zawsze tam się znajduje, gdzie są ładunki elektryczne. Na to żeby istniał pewien zasób energii elektrycznej musi być konieczne przestrzeń, w której działają siły elektryczne, czyli musi być pole elektryczne; tam jest energia. Podobnie energia magnetyczna znajduje się w takiej przestrzeni, gdzie działają siły magnetyczne. Energia elektryczna i magnetyczna mogą się przenosić z miejsca na miejsce. Promieniowanie jest ruchem energii elektromagnetycznej. Ciała promieniujące wysyłają w przestrzeń energię elektromagnetyczną.

Po tym pobieżnym przejrzaniu różnych postaci energii zastanowimy się przede wszystkim nad kilku prostymi zjawiskami, znanymi dobrze każdemu technikowi.

Gdy naciśniemy przycisk dzwonka elektrycznego, to spostrzeżemy łatwo rozpuszczanie się cynku w ogniwie galwanicznym i usłyszymy dźwięk dzwonka; badając przewodniki, przekonamy się, że one się ogrzały. Mamy więc tu do czynienia ze znikaniem, energii w jednej postaci (energii chemicznej) i z powstawaniem w innej postaci (ciepło i ruch) w różnych miejscach.

Elektrownia, przeznaczona do oświetlenia i wprawiania w ruch silników elektrycznych w mieście, zużywa pod kotłami wielkie ilości węgla, który, spalając się, wyzwala energię w nim zawartą. Energję tę spostrzegamy znowu w innym miejscu, gdzie świecą lampy i obracają się silniki połączone drutami z maszynami naszej elektrowni. Wiemy również, że są w użyciu grzejniki elektryczne, tym sposobem z tej samej elektrowni czerpiemy ciepło w różnych punktach miasta lub okolicy. Możemy także zasilać energją przyrządy elektrolityczne, gdzie mamy do czynienia z przemianami chemicznymi, pochłaniającymi energję.

Badania dokładne zjawisk tego rodzaju doprowadziło do wyobrażania prądu elektrycznego, który przebiega po obwodzie zamkniętym, utworzonym z przewodników elektryczności, połączonych w zamknięty obieg. Zresztą przy prądzie zmiennym taki obieg może być zamknięty i przez izolatory, jak to zobaczymy dalej.

**1. Prąd elektryczny i jego obwód.** Prąd elektryczny przedstawiamy sobie jako ruch elektryczności dodatniej lub ujemnej, albo też obydwu razem, lecz zwykle w przeciwne strony. Powstawanie ruchu elektryczności w obwodzie odbywa się szybko: bodziec<sup>1)</sup> wprawiający w ruch elektryczność obiega obwód z szybkością spólmierną z prędkością rozchodzenia się promieni świetlnych  $= 3.10^{10}$  cm na sek.

---

<sup>1)</sup> Bodźcem tym są siły elektromagnetyczne, powstające i przenoszące się w przestrzeni, otaczającej przewodnik.

Obwód, po którym płynie prąd elektryczny, stanowią: źródła prądu, odbiorniki i przewody, łączące te przyrządy w jeden obieg zamknięty. Źródłami prądu nazywamy takie przyrządy, które pochłaniają energję z zewnątrz obwodu, odbiornikami zaś inne przyrządy, które wydzielają energję nazewnątrż. Najlepsze przewody łączące byłyby takie, które zachowywałyby się biernie wobec przemian energji w obwodzie. Te jednak przewody, z jakimi mamy do czynienia w technice, wydzielają zawsze ciepło, są więc właściwie także odbiornikami.

**2. Przemiany energji.** Z powyższych rozważań widzimy, że teoria prądu elektrycznego stanowi rdzeń podstaw naukowych elektrotechniki. Istotną zaś cechą prądu elektrycznego są przemiany energji, które zachodzą w obwodzie prądu. Ujmujemy te przemiany w sposób następujący:

W źródłach prądu energja, przyptywająca do obwodu, wytwarza pracę prądu. W odbiornikach praca prądu wytwarza energję, wydzielającą się na zewnątrz obwodu. Prąd przenosi energję z jednego miejsca na drugie tak samo, jak to czyni wał i pas pędni mechanicznej, czy woda doprowadzona pod ciśnieniem do pras hydraulicznych, czy też powietrze sprężone w rurociągu, doprowadzającym je do nitownic lub innych tego rodzaju narzędzi.

Dogodność przewodów elektrycznych i łatwość otrzymywania pracy prądu elektrycznego z dowolnej postaci energji, a głównie prostota budowy przyrządów do przetwarzania pracy prądu w dowolną postać energji i małe straty przy przenoszeniu na znaczne odległości stanowią o przewadze przenoszenia i rozdziału energji za pomocą prądu elektrycznego w porównaniu z innymi sposobami.

**3. Zasada zachowania energji.** Z powyższych względów za nic przewodnią przy rozważaniu podstaw naukowych elektrotechniki obrałem przemiany energji, a zasadę podstawową — zasadę zachowania energji — za pewnik, z którego wyprowadzam większą część związków pomiędzy wielkościami, charakteryzującemi prąd elektryczny. Wszystkie postacie energji są równoważne, wszystkie można mierzyć jedną miarą. Gdy zniknie gdzieś pewna ilość energji w jednej postaci, zawsze — według powyższej zasady — powstanie taka sama ilość energji w innym miejscu, w tej samej lub w innej postaci.

Praca mechaniczna i równorzędna z nią praca prądu elektrycznego nie są postaciami energji. Są to pojęcia, utworzone dla ułatwienia opisu zjawisk, zachodzących przy przemianach energji. Weźmy najprostszy przykład z mechaniki:

Gdy ciało znajduje się na pewnej wysokości ponad powierzchnią ziemi, mówimy, że posiada ono energję potencjalną. Pozwólmy mu spadać; wtedy energja potencjalna stopniowo zamienia się na kinetyczną. Przejście jednej postaci energji w drugą możemy opisać, mówiąc, że energja poten-

cialna ciała wytwarza pracę mechaniczną siły ciężkości, a skutkiem tej pracy otrzymujemy z kolei energję kinetyczną.

Tak samo należy rozumieć powyżej użyte wyrażenia o przemianie energii w pracę prądu elektrycznego i o otrzymywaniu z tej pracy energii w różnych postaciach. Rozważanie zjawisk elektromagnetycznych prowadzi do ujęcia energii jako rzeczy mającej rozciągłość, zajmującej pewną określoną objętość w przestrzeni, przez to jej niezniszczalność staje się dla nas twierdzeniem bardziej uchwytne i zrozumiałe. Przez to uwydatnia się również wyraźniej różnica; jaka zachodzi pomiędzy pojęciem energii a pojęciem pracy.

**4. Druga zasada termodynamiki.** Druga zasada, dotycząca przemian energii, rozważana zazwyczaj w termodynamice, twierdzi, że ciepło wyróżnia się z pośród wszystkich postaci energii. Dowolną ilość energii każdej postaci można zawsze przetworzyć w ciepło, ciepło zaś może się zamienić na inną postać energii tylko wtedy, gdy jednocześnie pewna ilość ciepła przejdzie z wyższej do niższej temperatury. Pozatem przy wszystkich przemianach energii, zachodzących w przyrodzie część przetwarzającej się energii zamienia się zawsze na ciepło. W zjawiskach elektromagnetycznych spostrzegamy wszędzie przemiany tego rodzaju.

**5. Zasada zachowania ilości elektryczności.** Przy wywodach teoretycznych posługiwać się będziemy jeszcze zasadą niezniszczalności ładunku elektrycznego. Według tej zasady ilość elektryczności w przyrodzie jest niezmienna, powstawać lub znikać elektryczność nie może. Wszystkie zjawiska elektryczne polegają na ruchu lub na zmianie rozkładu ładunków. Według spóczesnych poglądów oba rodzaje elektryczności: elektryczność dodatnia i ujemna stanowią istotne składniki materji; nie znamy materji niezawierającej elektryczności. Materja obojętna elektrycznie zawiera jednakową ilość elektryczności dodatniej i ujemnej tak rozłożonej, że wpływów tych ładunków elektrycznych nazewnątrz nie spostrzegamy. Jeżeli uważać, że połączenie elektryczności dodatniej z ujemną stanowi właśnie materję, to zasada zachowania ilości elektryczności staje się tylko innym sposobem wyrażenia zasady zachowania materji.

Wszystkie te poglądy przytoczyłem tu tylko po to, aby ułatwić czytelnikowi tworzenie sobie obrazów myślowych tych zjawisk, które są omawiane w niniejszej książce, dalsze wywody opieram na ścisłych twierdzeniach, wyrażonych wzorami matematycznymi, które są zupełnie niezależne od tego, jakie będziemy tworzyli sobie wyobrażenia o istocie elektryczności.

**6. Porządek wykładu.** Obierając prąd elektryczny za zjawisko podstawowe, a zasadę zachowania energii za podstawę rozumowania, określłam przedewszystkim w części pierwszej wielkości charakterystyczne dla prądu elektrycznego. W części drugiej omawiam własności obwodu, ujmując go razem z otoczeniem; rozpatruję więc sam przewodnik oraz ośrodek,

w którym powstają pola elektryczne i magnetyczne. Część trzecia przeznaczona została na wyprowadzenie praw Ohma i Kirchhoffa, które rządzą przepływem prądu w obwodach. W części czwartej omówione są przemiany energii, a w piątej jednostki i ich wyznaczenie. Ostatni rozdział stanowi treściwe przedstawienie rachunku wektorowego w zastosowaniu do nauki o prądach okresowo zmiennych.

---