

CZEŚĆ III.

Prawa przepływu prądów w obwodach elektrycznych.

ROZDZIAŁ XI.

Prawo Ohma.

W rozdziałach poprzednich rozważaliśmy cały szereg wielkości, stosowanych przy określaniu zjawiska prądu elektrycznego.

Własności samego prądu elektrycznego wyraziliśmy za pomocą natężenia prądu i ; czynniki wpływające na rozmaite przemiany energii, zachodzące w obwodzie prądu w tę lub w ową stronę, określone zostały przez napięcie V i siłę elektromotoryczną E ; wreszcie własności obwodu, po którym prąd przebiega przez opór omowy R , współczynnik samoindukcji L i pojemność C .

Obecnie wyprowadzimy szereg związków, jakie zachodzą pomiędzy temi poszczególnymi wielkościami.

Związki te wyrażają się rozmaicie, zależnie od własności prądu i obwodu, a także stosownie do tego, jakie wartości prądu — chwilowe, skuteczne, lub stałe — wprowadzone będą do wzorów.

Różne wzory wyrażające natężenie prądu i w zależności od wielkości V, E, R, L i C , przyjęto w elektrotechnice nazywać wyrażeniami p r a w a O h m a.

1. **Pojedynczy przewodnik z oporem omowym.** Najprostszy przypadek jest następujący. Rozważymy część obwodu zamkniętego (rys. 88), po którym w dane chwili przebiega prąd i . Żadnych sił elektromotorycznych w przewodniku nie ma, ma on jednak pewien opór omowy R .



Rys. 88.

W tych warunkach praca prądu wytwarza ciepło Joule'a. Z rozdziału V wiemy, że moc równoważna ilości ciepła, która wytwarza się w przewodniku skutkiem pracy prądu w jednostce czasu, wynosi: $i_t^2 \cdot R$.

Moc prądu dla rozważanej części obwodu, jak wiemy z rozdziału III, wyraża się wzorem:

$$v_t \cdot i_t$$

v_t — jest to różnica potencjałów pomiędzy końcami przewodnika czyli napięcie w chwili t .

Ponieważ moc prądu wytwarza w tym razie tylko ciepło, więc:

$$v_t i_t = i_t^2 \cdot R.$$

Z powyższego wzoru wynika bezpośrednio, że:

$$i_t = \frac{v_t}{R}.$$

Wzór ten jest najprostszą postacią prawa Ohma.

W rozważanym przypadku natężenie prądu zależy tylko od napięcia na końcach przewodnika i od oporu pomiędzy temi punktami, na których działa powyższe napięcie. Wzór prawa Ohma piszemy nieraz w innej postaci:

$$v_t = i_t \cdot R.$$

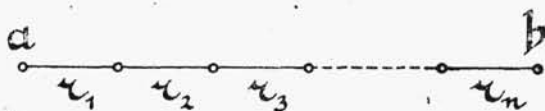
Wprowadzając, zamiast oporności, przewodność G i mając na uwadze, że:

$$G = \frac{1}{R},$$

możemy napisać także:

$$i_t = G \cdot v_t.$$

2. Kilka przewodników połączonych w szereg. Gdy pomiędzy punktami a i b mamy nie jeden przewodnik, lecz większą ich liczbę o opornościach r_1, r_2 i t. d. i wszystkie te przewodniki, jak wskazuje rys. 89, połączone są w szereg to doświadczenie poucza, że natężenie prądu w każdym z nich jest jednakowe.



Rys. 89.

Cała moc prądu wytwarza w tych przewodnikach tylko ciepło, będziemy więc mogli napisać równanie:

$$v_t \cdot i_t = \Sigma i_t^2 \cdot r = i_t^2 \cdot \Sigma r,$$

a przeto:

$$i_t = \frac{v_t}{\Sigma r}$$

Z tego wzoru wynika, że oporność wypadkowa przewodników, połączonych w szereg, równa się sumie oporności przewodników poszczególnych.

3. Przewodnik z siłami elektromotorycznymi. Rozważmy jeszcze



Rys. 90.

przewodnik stanowiący część ab obwodu zamkniętego. Oporność omowa przewodnika ab jest R . W przewodniku działa szereg sił elektromotorycznych, skierowanych w różne strony; wielkości tych sił elektromotorycznych w danej chwili oznaczmy przez $E'_t, E''_t, E'''_t, \dots, E^n_t$, rys. 90

Napięcie na punktach a, b , wynosi $v_t = v_{at} - v_{bt}$, gdzie v_{at} i v_{bt} potencjały w punktach a i b . Potencjał v_{at} jest większy od potencjału v_{bt} . W obwodzie płynie prąd, którego natężenie w chwili t jest i_t , a kierunek od a do b , t. j. od potencjału wyższego do niższego, z czego wynika, że cząstka ab obwodu pobiera energję z reszty obwodu, jest więc odbiornikiem.

Moc prądu równoważną, wytwarzającą się w jednostce czasu ilość ciepła Joule'a, wyrażamy wzorem:

$$i_t^2 \cdot R$$

Moc równoważną ilości energii oddanej w jednostkę czasu przez rozważaną cząstkę obwodu skutkiem sił elektromotorycznych przeciwnych prądowi (wedł. rozdziału IV.) wyrażamy wzorem:

$$\Sigma_1 E_t \cdot i_t$$

Moc równoważną ilości energii pochłoniętej w jednostce czasu skutkiem sił elektromotorycznych zgodnych z prądem przedstawimy wzorem:

$$\Sigma_2 E_t \cdot i_t$$

Wreszcie moc równoważną energii dostarczonej w jednostkę czasu z reszty obwodu przez prąd płynący od potencjału wyższego do niższego wyraża wzór:

$$v_t \cdot i_t.$$

Według prawa zachowania energii, suma mocy, dostarczonych do cząstki obwodu ab równa się sumie mocy oddanych przez cząstkę obwodu ab , więc

$$v_t i_t + \Sigma_2 E_t i_t = i_t^2 R + \Sigma_1 E_t i_t.$$

Wprowadzając wspólny znak sumy dla sił elektromotorycznych, z zastrzeżeniem dodatniego znaku (+) dla sił elektromotorycznych zgodnych z prądem i ujemnego znaku (−) dla sił elektromotorycznych przeciwnych prądowi, otrzymamy wzór

$$v_t i_t + \Sigma E_t i_t = i_t^2 R.$$

stąd:

$$i_t = \frac{v_t + \Sigma E_t}{R}.$$

Jeżeli by powyższa cząstka obwodu była źródłem prądu, t. j. prąd z niej płynący dostarczał by energii reszcie obwodu, to prąd ten

w części obwodu ab musiał by płynąć od potencjału niższego do wyższego, więc $V_a < V_b$.

Przypominając że dodatni kierunek napięcia jest teraz skierowany od potencjału niższego do wyższego, a więc znowu od a do b , zgodnie z prądem, zauważymy, że wzór:

$$v_t i_t$$

teraz wyraża moc oddaną przez część obwodu ab , a przez to równanie, ułożone według prawa zachowania energii, przybierze postać:

$$\sum E_t i_t = i_t^2 R + v_t i_t$$

Skąd :

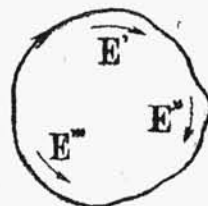
$$i_t = \frac{\sum E_t - v}{R}.$$

4. Obwód zamknięty. Inną jeszcze postać przybiera prawo Ohma, gdy rozważamy całkowity obwód zamknięty. Wtedy o przemianach energii rozstrzygać będą tylko siły elektromotoryczne i oporność omowa obwodu R (rys. 91).

W przypadku całkowitego obwodu zamkniętego, wywody nasze możemy oprzeć na tej zasadzie, że energia pochłonięta przez obwód równa się energii w nim wytworzonej. Moc równoważna energii, pochłoniętej przez obwód w jednostce czasu, wynosi:

$$\sum_1 E_t \cdot i_t,$$

gdzie znakiem sumy objęte są tylko siły elektromotoryczne, zgodne co do kierunku z prądem.



Rys. 91.

Moc równoważna energii, wytworzonej w jednostce czasu, równa się:

$$i_t^2 \cdot R + \sum_2 E_t \cdot i_t.$$

Znak sumy obejmuje tu tylko siły elektromotoryczne o kierunku odwrotnym względem prądu.

Według zasady zachowania energii, moc pochłonięta równa się mocy wytworzonej, przeto:

$$\sum_1 E_t \cdot i_t = i_t^2 \cdot R + \sum_2 E_t \cdot i_t.$$

Rozumując jak w § poprzednim, napiszemy prościej:

$$i_t^2 \cdot R = \sum E_t \cdot i_t$$

skąd:

$$i_t = \frac{\sum E_t}{R}.$$

Oporność R składa się z oporności poszczególnych części obwodu. Według § 2 niniejszego rozdziału, oporność wypadkowa równa się sumie oporności składowych. Oznaczmy oporności przez R_1, R_2, \dots, R_n wtedy:

$$R = \sum R_k$$

Podstawiając wyraz dla R we wzór prawa Ohma, otrzymamy:

$$i_t = \frac{\sum E_t}{\sum R_K}.$$

Prawo to wyrazić można w sposób następujący: w obwodzie zamkniętym natężenie prądu w danej chwili równa się ilorazowi sumy algebraicznej wszystkich sił elektromotorycznych, czynnych w tym obwodzie, przez sumę wszystkich oporności omowych, składowych części, obwodu zamkniętego.
