25.06.2021

Zawód elektryk

Podstawy elektrotechniki

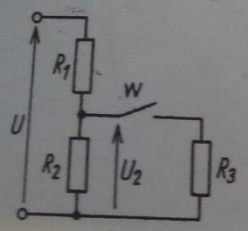
1. **Dzielniki napięcia**
2. **Działanie pola magnetycznego na przewód z prądem**
3. **Materiały magnetyczne**
4. **Zjawisko indukcji elektromagnetycznej**

Temat: Dzielniki napięcia

Dzielniki napięć jak wskazuje nazwa służą do dzielenia napięcia.

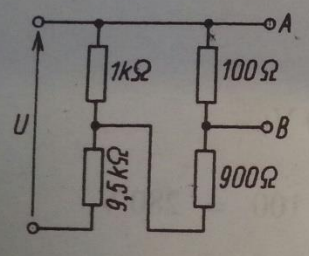
Najprostszy dzielnik możemy zbudować łącząc 2 rezystory szeregowo. Jeżeli doprowadzimy napięcie to napięcie zasilania rozdzieli się na U_1 i U_2.

1.120. Do dzielnika napięcia składającego się z rezystorów R_1 i R_2 doprowadzono napięcie $U = 200$ V (rys. 1.37). Oblicz wartość napięcia U_2 na wyjściu dzielnika przy otwartym i zamkniętym wyłączniku w. Wartość rezystancji $R_1 = 100\ \Omega$, $R_2 = R_3 = 300\ \Omega$.



Rys. 1.37

1.121. Oblicz wartość napięcia U doprowadzonego do zacisków obwodu przedstawionego na rys. 1.38, jeżeli napięcie $U_{AB} = 2\,V$. Wartości rezystancji podano na rysunku.



Rys. 1.38

Temat: Siła elektrodynamiczna.

Działanie pola magnetycznego na przewód z prądem elektrycznym.

Jeżeli przewód, przez który płynie prąd znajdzie się pod działaniem pola magnetycznego, to w wyniku wzajemnego oddziaływania powstaje siła, która wyrzuca (wypycha) przewód z pola.

$$F = BIl$$

F – siła elektrodynamiczna

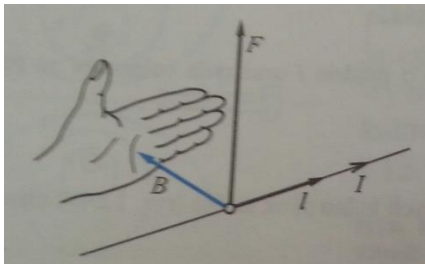
B – indukcja magnetyczna

I – natężenie prądu elektrycznego w przewodzie

l– długość przewodu

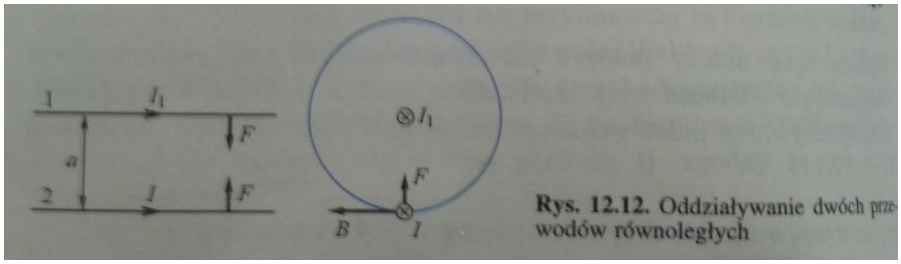
Kierunek działania siły (wyrzucania przewodu) określa reguła lewej dłoni, która mówi:

Jeżeli lewą dłoń ułożymy tak, aby linie pola magnetycznego były skierowane do dłoni, a cztery palce zgodnie z kierunkiem prądu, to odchylony wielki palec skaże kierunek działania siły F.



Rys. 12.13. Wyznaczanie kierunku siły oddziaływania pola magnetycznego na prąd z reguły lewej ręki

W podobny sposób można wyznaczyć siłę działającą na przewód 1, zakładając, że przewód 2 wytwarza pole magnetyczne, a przewód 1 zostaje w tym polu umieszczony.



Rys. 12.12. Oddziaływanie dwóch przewodów równoległych

Zapamiętaj!

Przewody prostoliniowe równoległe o zgodnych zwrotach prądów przyciągają się, a o przeciwnych zwrotach prądów odpychają się

Na podstawie wzoru $F = BIl$ można wyprowadzić jednostkę indukcji magnetycznej. Podstawiamy: $F = 1N; I = 1A; l = 1m$. Otrzymujemy

$$1[B] = \frac{[F]}{[I]\cdot[l]} = 1\frac{N}{A\cdot m}$$

Wiemy, że $1N = 1\frac{J}{m} = 1\frac{V\cdot A\cdot s}{m}$,więc jednostka indukcji magnetycznej

$$1[B] = 1\frac{V\cdot A\cdot s}{A\cdot m\cdot m} = 1\frac{V\cdot s}{m^2} = 1T.$$

Jednostką indukcji magnetycznej jest tesla (1T). Tesla jest indukcją magnetyczną wywierającą siłę jednego niutona na jeden metr długości przewodu prostoliniowego, w którym płynie prąd równy jednemu amperowi, umieszczonego prostopadle do linii indukcji.

Jeżeli przewód jest prostopadły do linii sił pola magnetycznego to siła jest maksymalna

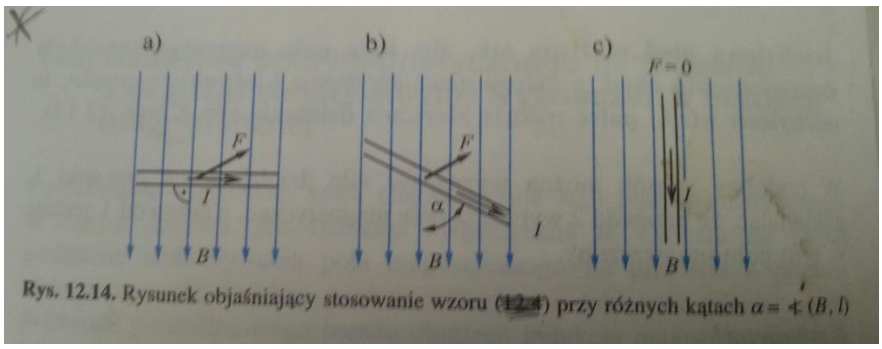
(dla kąta α = 90° sinα =1)

Jeżeli przewód znajduje się pod kątem α do linii pola to wzór przyjmuje postać

$$F = BIlsin\alpha$$

dla kąta α = 0°, tj. gdy przewód z prądem jest umieszczony wzdłuż linii pola magnetycznego siła F = 0

(dla kąta α = 0° sinα = 0)



Rys. 12.14. Rysunek objaśniający stosowanie wzoru (12.4) przy różnych kątach $\alpha = \sphericalangle(B, l)$

Przykład:

Obliczyć siłę działającą na przewód o długości $l = 5m$, w którym płynie prąd $I = 2A$. Przewód znajduje się w polu magnetycznym o indukcji $B = 0{,}8T$. Jak zmieni się siła, gdy przewód będzie umieszczony pod kątem α = 45° względem linii pola magnetycznego?

Rozwiązanie:

$$F = BIl = 0{,}8 \cdot 2 \cdot 5 = 8N$$

$$F(\alpha) = BIlsin\alpha = 0{,}8 \cdot 2 \cdot 5 \cdot sin45° = 5{,}66N$$

Zadania do samodzielnego rozwiązania.

Zadanie 1.

W przewodzie o długości czynnej $l = 20cm$ płynie prąd $I = 2A$. Przewód ten umieszczono w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji $B = 0{,}2T$ i ustawiono prostopadle do kierunku linii sił pola. Oblicz wartość siły F wypychającej przewód.

Zadanie 2

Przewód prostoliniowy o długości czynnej $l = 12cm$ umieszczono w polu magnetycznym prostopadle do kierunku linii sił pola. Oblicz wartość indukcji B, jeżeli prąd w przewodzie I = 15A, a siła F wypychająca przewód wynosi 1N

Obwody magnetyczne, przenikalność magnetyczna

Obwodem magnetycznym nazywamy zespół elementów, tworzących zamkniętą drogę dla strumienia magnetycznego Φ. Elementami obwodu magnetycznego są źródła strumienia (magnesy trwałe, elektromagnesy) oraz elementy, wzdłuż których strumień się zamyka (rdzenie, szczeliny powietrzne). W każdym punkcie obwodu magnetycznego pole magnetyczne można scharakteryzować dwiema wielkościami: indukcją magnetyczną B i natężeniem pola magnetycznego H. Łączy je związek:

$$B = \mu \cdot H$$

Występująca we wzorze stała μ jest **przenikalnością magnetyczną bezwzględną**, której jednostką jest **henr na metr** [H/m]. Charakteryzuje ona wpływ środowiska (materiału), w którym istnieje rozpatrywane pole magnetyczne na jego intensywność. Bezwzględną przenikalność magnetyczną środowiska odnosi się do przenikalności magnetycznej próżni. Wyraża się to zależnością:

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

W której: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} H/m$ jest **przenikalnością magnetyczną próżni**, a μ_r- **przenikalnością magnetyczną względną** środowiska.

Własności magnetyczne różnych ciał można wyjaśnić istnieniem w nich tzw. dipoli magnetycznych – bardzo małych magnesów trwałych. Na ogół przyjmują one różne położenia i ich oddziaływania znoszą się wzajemnie. Dopiero pod wpływem zewnętrznego pola magnetycznego przybierają one podobne lub jednakowe położenia. Jest to tzw. **zjawisko magnesowania**.

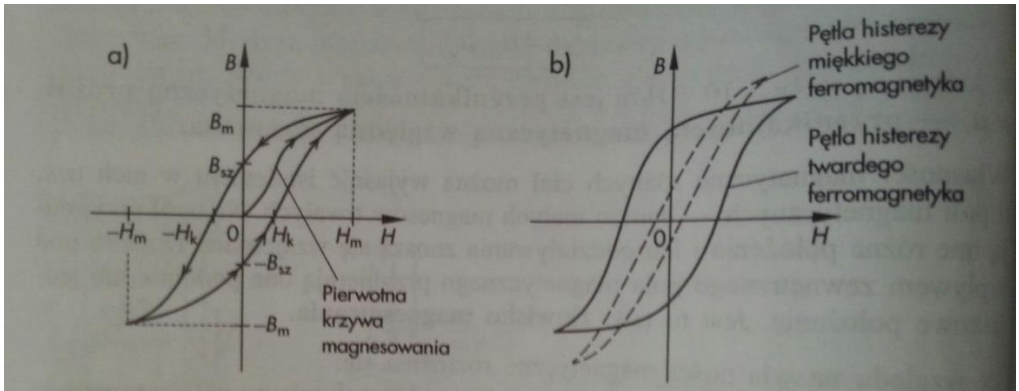
Ze względu na własności magnetyczne rozróżnia się:

- **Ciała diamagnetyczne** (diamagnetyki), w których własne pole magnetyczne (pochodzące od znajdujących się w ciele dipoli magnetycznych) osłabia zewnętrzne pole magnetyczne. Ich

przenikalność magnetyczna względna jest nieznacznie mniejsza od jedności ($\mu_r < 1$). Przykładami diamagnetyków są: woda, rtęć, miedź, wszystkie gazy szlachetne (np. neon, argon, ksenon, krypton), niektóre niemetale oraz liczne związki organiczne.

- **Ciała paramagnetyczne** (paramagnetyki), w których własne pole magnetyczne jest zgodne ze zwrotem pola zewnętrznego. Ich przenikalność magnetyczna względna jest nieznacznie większa od jedności ($\mu_r > 1$). Do paramagnetyków zalicza się np.: powietrze, aluminium i platynę.
- **Ciała ferromagnetyczne** (ferromagnetyki), w których pod wpływem zewnętrznego pola magnetycznego następuje znaczny wzrost indukcji. Po zaniku pola zewnętrznego w ferromagnetykach utrzymuje się tzw. **magnetyzm szczątkowy**. Do ferromagnetyków zalicza się przede wszystkim żelazo i jego stopy (stale), a także nikiel, kobalt i chrom. Ich przenikalność magnetyczna względna wynosi od kilkuset do kilku tysięcy. Przebieg magnesowania materiału ferromagnetycznego (rys. 1.13a) można przedstawić za pomocą tzw. **pierwotnej krzywej magnesowania**. Wraz ze wzrostem natężenia pola magnetycznego H rośnie wartość indukcji B, w miarę jak dipole magnetyczne wewnątrz materiału ustawiają się zgodnie z kierunkiem pola zewnętrznego. Osiągnięcie stanu nasycenia następuje w chwili, gdy prawie wszystkie dipole magnetyczne wewnątrz materiału są ustawione zgodnie z zewnętrznym polem. Dalszy przyrost indukcji B przy wzroście natężenia H jest już znikomy. Po zmianie kierunku natężenia pola wartość indukcji zmniejsza się, lecz w chwili osiągnięcia przez natężenie H wartości równej zeru indukcja B utrzymuje większą od zera wartość indukcji szczątkowej B_{sz} (wynikającej z magnetyzmu szczątkowego). Zerową wartość indukcja uzyskuje dopiero przy ujemnej wartości tzw. **natężenia koercji – H_k**. Zamknięta krzywa wykresu zależności indukcji magnetycznej od natężenia pola magnetycznego, $B = f(H)$, nosi nazwę **pętli histerezy**.

Materiały ferromagnetyczne można podzielić na **miękkie i twarde**. Materiały miękkie odznaczają się wąską pętlą histerez, twarde zaś – szeroką (rys. 1.13b).



Rys. 1.13. Pętla histerezy materiału magnetycznego: a) pętla histerezy z punktami charakterystycznymi; b) porównanie pętli histerezy materiału magnetycznie twardego i miękkiego

Cechą charakterystyczna twardych materiałów magnetycznych jest duża wartość indukcji szczątkowej – po namagnesowaniu trudno powracają one do stanu nienamagnesowania. Zatem twarde materiały magnetyczne wykorzystuje się m.in. do produkcji magnesów trwałych. Materiały magnetyczne miękkie łatwo powracają do stanu nienamagnesowania.

Ferryty

Oddzielną grupę materiałów ferromagnetycznych stanowią ferryty, tj. ferromagnetyki tlenkowe spiekane. Są to związki metalu dwuwartościowego, jak np. mangan, cynk, nikiel, miedź z tlenkiem żelaza (Fe_2O_4). Ferryty odznaczają się bardzo dużą rezystywnością i są używane w zakresie bardzo małych wartości indukcji magnetycznej. Dzięki temu straty mocy spowodowane prądami wirowymi i histerezą są ferrytach pomijalnie małe. Z wymienionych względów ferryty nadają się na rdzenie cewek pracujących w obwodach prądów wielkiej częstotliwości, np. w telefonii nośnej, w obwodach radiotechnicznych, w urządzeniach telewizyjnych itp. Ich przenikalność magnetyczna względna jest średnio rzędu 1000 do 2000.

Zjawisko indukcji elektromagnetycznej

Zjawisko indukcji elektromagnetycznej polega na indukowaniu się (powstawaniu) siły elektromotorycznej (napięcia)

SEM – siła elektromotoryczna

Są dwie sytuacje

Jeżeli w polu magnetycznym porusza się przewód to na skutek przecinania linii sił pola magnetycznego w przewodzie wyindukuje się SEM

$$\boldsymbol{E = Blv}$$

E – wyindukowana SEM

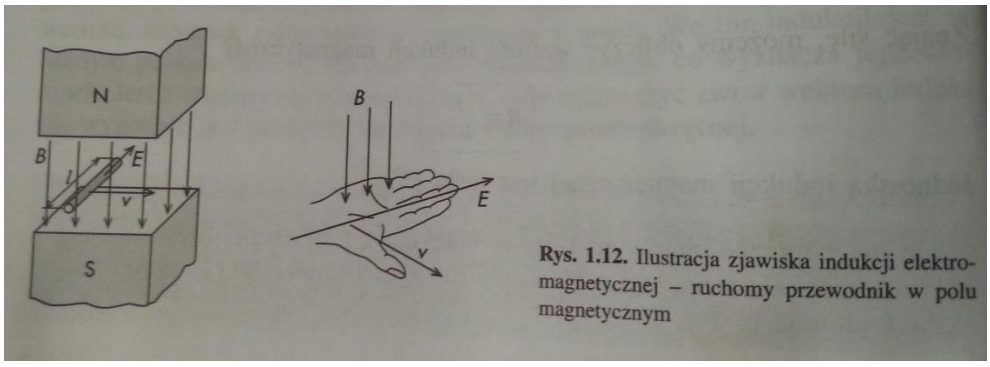
B – indukcja magnetyczna

l – dł przewodu

v – prędkość poruszania przewodu

Zwrot indukcji siły elektromotorycznej określa **reguła prawej ręki**

Jeśli prawą dłoń ułożymy w taki sposób, aby linie pola magnetycznego były skierowane do dłoni, a odchylony kciuk wskazywał kierunek ruchu przewodu, to pozostałe cztery palce wskażą kierunek indukowanej siły elektromotorycznej.



Rys. 1.12. Ilustracja zjawiska indukcji elektromagnetycznej – ruchomy przewodnik w polu magnetycznym

Jeżeli kierunki prędkości v i linii indukcji B tworzą kąt α to:

$$E = Blvsin\alpha$$

Gdy przewód ślizga się wzdłuż linii pola (α = 0), wówczas nie indukuje się siła elektromotoryczna. Warunkiem indukowania się siły elektromotorycznej jest przecinanie linii indukcji przez przewód.

Druga sytuacja

Jeżeli zmienne pole magnetyczne oddziałuje na nieruchomy przewód (uzwojenie) to w wyniku tego oddziaływania w przewodzie wyindukuje się (powstanie) napięcie.

W ten sposób wytworzone napięcie jest to SEM transformacji (klasycznym przypadkiem jest transformator

$$E = 4{,}44f\phi z$$

E – SEM transformacji

ϕ – strumień magnetyczny (pole magnetyczne)

f – częstotliwość

z – liczba zwojów uzwojenia

Przykład.

W prądnicy elektrycznej dużej mocy pręt miedziany o długości $l = 1{,}5m$ porusza się prędkością v = 200 m/s w polu magnetycznym o indukcji B = 0,7T. Obliczyć siłę elektromotoryczną indukowaną w tym pręcie.

Rozwiązanie

Podstawiamy wszystkie dane do wzoru i obliczamy

$$E = Blv = 1{,}5 \cdot 200 \cdot 0{,}7 = 210V$$

Zadania do samodzielnego rozwiązania

Zadanie 1.

W jednorodnym polu magnetycznym o indukcji B = 0,1T porusza się przewód prostoliniowy o długości czynnej $l = 0{,}1mm$. Prędkość ruchu przewodu v = 15m/s. Kierunek wektora prędkości jest prostopadły do osi przewodu i wektora indukcji. Oblicz wartość siły elektromotorycznej indukowanej w przewodzie.

Zadanie 2.

Jaka musi być długość czynna przewodu poruszającego się z prędkością v = 10m/s w polu magnetycznym o indukcji B = 1,2T, prostopadle do kierunku linii sił pola i osi przewodu, aby siła elektromotoryczna indukowana w przewodzie E = 2,4V?