19.03.2021

Podstawy elektrotechniki

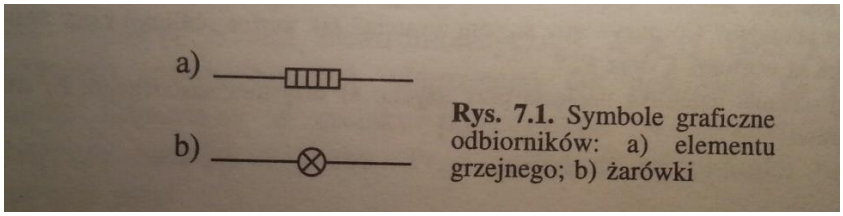
Elektryk i Ślusarz

1. **Moc pobierana przez odbiorniki**
   Wielkości znamionowe
2. **Energia zużywana przez odbiorniki elektryczne**
   Sprawność urządzeń elektrycznych
3. **Pole magnetyczne**
4. **Pole elektryczne**
5. **Kondensatory**
6. **Prąd przemienny. Wartość skuteczna**

Moc pobierana przez odbiorniki. Wielkości znamionowe

Jednym z głównych zadań obwodu elektrycznego jest przekazywanie energii elektrycznej ze źródeł energii do odbiorników. Poznaliśmy najprostsze typy odbiorników, jak: rezystory, grzejniki, żarówki, w których energia elektryczna przemienia się całkowicie w ciepło (przy wysokiej temperaturze część energii zostaje wypromieniowana w postaci światła). Symbole graficzne elementu grzejnego i żarówki pokazano na rys. 7.1. Moc pobieraną wyraża się znanym wzorem

$$P = UI$$



Rys. 7.1. Symbole graficzne odbiorników: a) elementu grzejnego; b) żarówki

Prąd płynie przez odbiornik od zacisku o wyższym potencjale do zacisku o niższym potencjale. Strzałka napięcia U na odbiorniku jest więc skierowana przeciwnie do strzałki prądu, gdyż zgodnie z umową grot strzałki napięcia pokazuje punkt o wyższym potencjale.

Każdy odbiornik powinien być użytkowany przy jego napięciu znamionowym, które oznaczamy przez U_N.

Napięcie znamionowe odbiornika jest to napięcie, na które odbiornik został zaprojektowany (obliczony) i wykonany.

Wpływ napięcia na pracę odbiornika objaśnimy na przykładzie żarówki. Trwałość żarówki przy napięciu znamionowym wynosi ok. 1000 godzin pracy. Podwyższenie napięcia o 5% skraca czas jej użytkowania prawie o 50%. Ta sama żarówka włączona na napięcie $2U_N$ przepala się w ciągu niespełna 10 minut. Napięcie pracy niższe od wartości znamionowej też nie jest korzystne, bo zwiększa wprawdzie trwałość, ale za to maleje strumień świetlny żarówki.

Drugą wielkością znamionową odbiornika jest pobór mocy P_N przy napięciu znamionowym. Tak np. żarówki na takie samo napięcie znamionowe, ale na różne moce, różnią się grubością drucika wolframowego, z którego jest wykonany żarnik. Znormalizowane wartości mocy żarówek z trzonkiem E-27 (27mm): 15, 25, 40, 60, 75, 100, 150 i 200W.

Napięcie jest doprowadzone do odbiorników z tzw. sieci elektroenergetycznej.

Zapamiętaj! Przed włączeniem odbiornika do sieci energetycznej albo przy kupnie odbiornika należy sprawdzić, czy jego napięcie znamionowe zgadza się z napięciem sieci.

Napięcie znamionowe i moc znamionowa zwykle są podawane na tabliczkach znamionowych przytwierdzonych trwale do odbiornika. Niekiedy podaje się jeszcze prąd znamionowy. Dane znamionowe żarówek zaznacza się na ich bańkach szklanych. Wyjątkowo dla rezystorów nastawnych i rezystorów laboratoryjnych, które zaliczamy raczej do sprzętu laboratoryjnego niż do odbiorników, podaje się ich rezystancję i prąd dopuszczalny.

Energia zużywana przez odbiorniki elektryczne

Energia zużywana przez odbiornik zależy od jego mocy i od czasu pracy

$$W = Pt \qquad (7.1)$$

Energia zużywana przez dowolną liczbę odbiorników jest równa sumie energii zużywanej przez poszczególne odbiorniki bez względu na to, czy wszystkie są w danym przedziale czasu użytkowane jednocześnie, czy z przerwami niejednoczesnymi.

Energię w celach rozliczeniowych mierzymy w kilowatogodzinach (kW·h).

Aby otrzymać ze wzoru (7.1) wynik w kilowatogodzinach, należy podstawić moc P w kilowatach, a czas t w godzinach.

Przykład 7.1.

Ile energii zużywa miesięcznie telewizor o poborze mocy 160 W przy użytkowaniu średnio przez 3 godziny dziennie?

Rozwiązanie

$$Moc\ P = 160\ W = 0{,}16\ kW. Czas: 30\ dni\ po\ 3\ godziny\ dziennie, a\ więc\ t = 30 \cdot 3 = 90\ h.$$

Energia

$$W = Pt = 0{,}16 \cdot 90 = 14{,}4\ kW \cdot h$$

Przykład 7.2.

Obliczyć miesięczne zużycie energii elektrycznej przez odbiorcę mającego odbiorniki wyszczególnione w tab. 7.1, w której podano również przeciętne (średnie) czasy użytkowania poszczególnych odbiorników. Dla lodówki włączającej się samoczynnie przyjęto zużycie energii 25 kW·h miesięcznie. Obliczenia te zestawiono w tabeli 7.1.

Tabela 7.1

Przykład obliczenia zużycia energii elektrycznej w mieszkaniu

Rodzaj odbiornika Pomieszczenie		Moc	Czas użytkowania		Zużycie energii
			dziennie	miesięcznie	
		W	h	h	kW·h
Oświetlenie	1. pokój	100	5	150	15,0
	2. pokój	180	4	120	21,6
	kuchnia	60	3	90	5,4
	przedpokój	40	1	30	1,2
	łazienka	40	1	30	1,2
Radioodbiornik		70	2	60	4,2
Telewizor		160	2,5	75	12,0
Żelazko elektryczne		400	—	10	4,0
Lodówka					25,0
			Razem miesięcznie		89,6

Sprawność urządzeń elektrycznych

Każde urządzenie elektryczne pobiera i oddaje moc.

Moc oddawana nigdy nie jest równa mocy pobieranej, ponieważ istnieją straty.

Straty decydują o sprawności urządzenia

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \qquad \eta_{\%} = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%$$

η – sprawność

P_1 – moc pobierana

P_2 – moc oddawana

ΔP – straty

$\Delta P = P_1 - P_2$

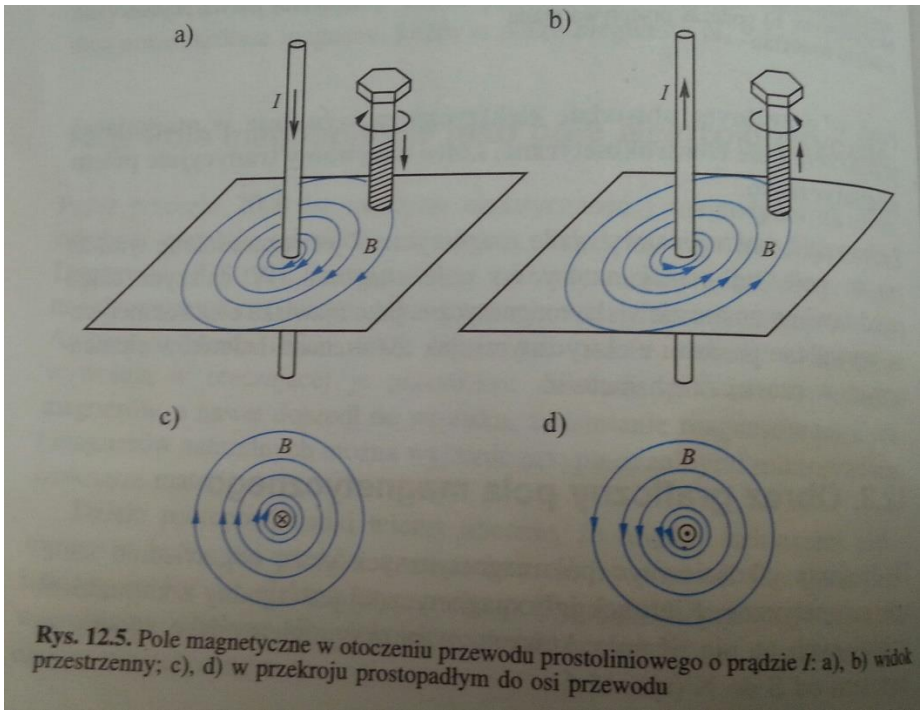
Pole magnetyczne

Źródłem pola magnetycznego jest magnes, a także przewód z prądem. Wokół każdego przewodu z prądem wytwarza się pole magnetyczne.

Obraz graficzny pola magnetycznego

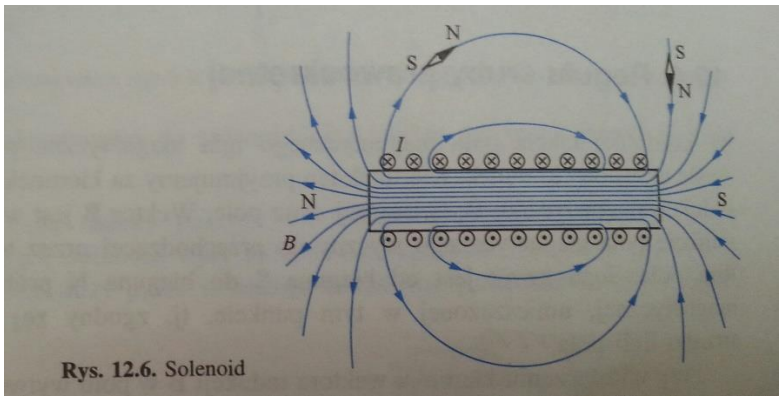
Linie pola magnetycznego na zewnątrz magnesu trwałego wychodzą z okolicy bieguna N, a kończą się w okolicy bieguna S. jaki jest obraz pola wewnątrz magnesu, tego za pomocą igły magnetycznej stwierdzić nie można. Obrazy typowych pól magnetycznych pokazano na rys. 12.5 – 12.9 Obrazy takie można uzyskać za pomocą opiłków stalowych na kartce, folii lub szkle. Linie pola

magnetycznego wytworzonego przez prąd I płynący w przewodzie prostoliniowym są okręgami leżącymi w płaszczyznach prostopadłych do osi przewodu.



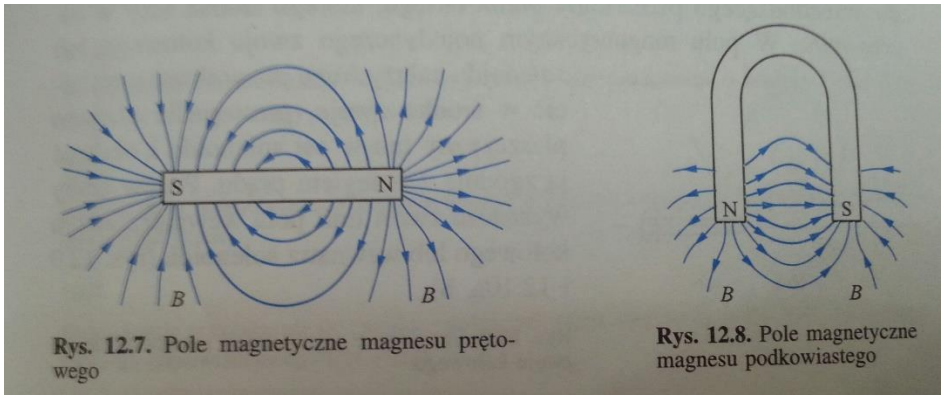
Rys. 12.5. Pole magnetyczne w otoczeniu przewodu prostoliniowego o prądzie *I*: a), b) widok przestrzenny; c), d) w przekroju prostopadłym do osi przewodu

Na rys. 12.5a, b pokazano je przestrzennie, a na rys. 12.5c, d w rzucie poziomym (rzucie z góry). Strzałki prądu, które wchodzą z góry do płaszczyzny rysunku, oznaczono ukośnie krzyżykiem, a strzałki, które wychodzą ostrzem z płaszczyzny rysunku do patrzącego, oznaczono kropką.



Rys. 12.6. Solenoid

Na rys. 12.6 przedstawiono cewkę nawiniętą jednowarstwowo na rurze (w przekroju podłużnym) wraz z obrazem jej pola magnetycznego. Cewkę nawiniętą równomiernie na rurze nazywamy solenoidem. Rurę wykonujemy najczęściej jako cienkościenną z tworzywa sztucznego. Jak widać, linie pola magnetycznego solenoidu są najbardziej zagęszczone wewnątrz samego solenoidu. Pole magnetyczne na zewnątrz solenoidu jest bardzo podobne do pola magnesu trwałego prętowego (rys. 12.7). Ten koniec solenoidu, z którego linie pola wychodzą, jest biegunem magnetycznym N solenoidu, a koniec, do którego linie pola wchodzą jest biegunem S solenoidu. Dla porównania na rys. 12.8 pokazano pole magnesu podkowiastego.



Rys. 12.7. Pole magnetyczne magnesu prętowego

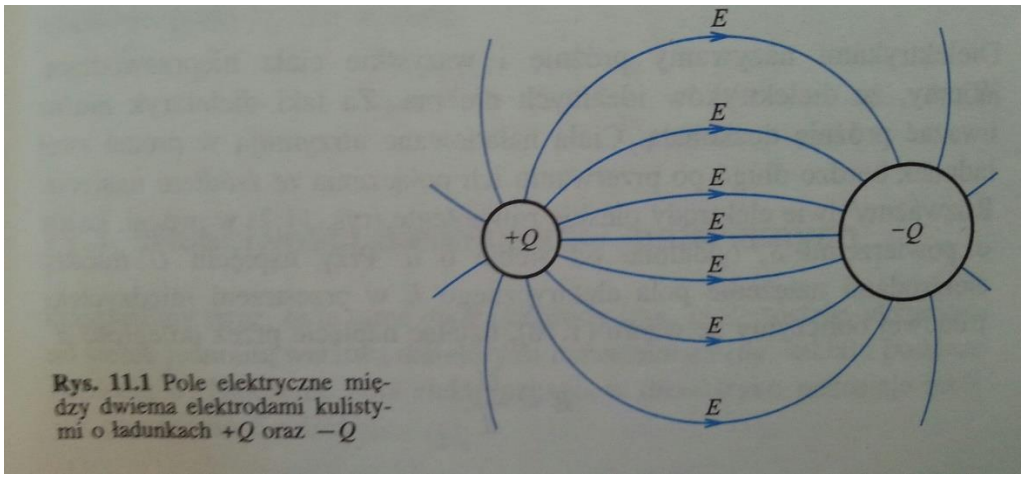
Rys. 12.8. Pole magnetyczne magnesu podkowiastego

Linie pola magnetycznego odtwarzają tylko w poglądowy sposób obraz pola. Przyjmujemy, że ich gęstość, tj. liczba przypadająca na jednostkę powierzchni, jest proporcjonalna do pewnej wielkości B, charakteryzującej pole magnetyczne, którą nazywamy indukcją magnetyczną. Linie pola są więc liniami indukcji magnetycznej. W rzeczywistości pole magnetyczne wypełnia w sposób ciągły całą przestrzeń między liniami.

Układy ciał naelektryzowanych. Pojemność elektryczna

W przyrodzie istnieje równowaga ładunków elektrycznych w każdym atomie. Powstawanie ładunku elektrycznego jednego znaku na jakimkolwiek ciele może nastąpić przez przeniesienie części elektronów z jednego ciała na drugie, wobec czego musi powstać na innych ciałach ładunek elektryczny przeciwnego znaku o tej samej wartości bezwzględnej.

Ładunki elektryczne przewodników w stanie statycznym gromadzą się na ich powierzchni. Jeżeli dwa przewodniki 1 i 2 oddzielone od siebie dielektrykiem połączymy ze źródłem napięcia o różnicy potencjałów $(V_1 - V_2) = U$, czyli napięciu na jego zaciskach, to na przewodnikach tych pojawią się ładunki $+Q$ i $-Q$ równe co do wartości bezwzględnej. Ładunki te utrzymują się również po odłączeniu od źródła napięcia (rys. 11.1). Wspomniane przewodniki nazwiemy elektrodami. Na elektrodzie o potencjale wyższym pojawi się ładunek dodatni, na elektrodzie drugiej – ujemny



Rys. 11.1 Pole elektryczne między dwiema elektrodami kulistymi o ładunkach $+Q$ oraz $-Q$

Stwierdzono, że przy danym układzie i kształcie elektrod oraz danym dielektryku, powstający ładunek Q jest proporcjonalny do różnicy potencjałów elektrod, czyli do napięcia między elektrodami. Zapiszemy to za pomocą wzoru

$$Q = C(V_1 - V_2)$$

albo

$$Q = CU.$$

Stosunek ładunku Q na dwóch elektrodach oddzielonych dielektrykiem do napięcia U między tymi elektrodami nazywamy pojemnością elektryczną danego układu elektrod.

$$C = \frac{Q}{U}$$

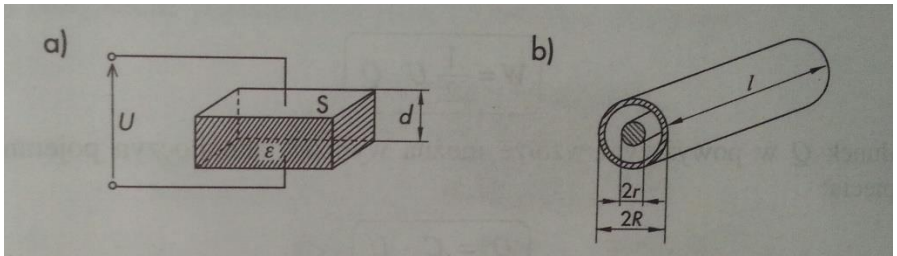
Jednostką pojemności jest farad (F)

$$1[C] = 1\frac{[Q]}{[U]} = 1\frac{C}{V} = 1\frac{A \cdot s}{V} = 1F$$

Pojemność układu dwóch elektrod jest równa jednemu faradowi, jeżeli przy napięciu jednego wolta między nimi ładunek na każdej z elektrod jest równy jednemu kulombowi. Farad jest jednostką bardzo dużą. W praktyce używamy jednostek mniejszych, a mianowicie mikrofaradów $((1\mu F = 10^{-6}F), nanofaradów\ (1nF = 10^{-9}F)\ i\ pikofaradów\ (1pF = 10^{-12}F)$

Kondensatory. Pojemność kondensatora.

Kondensator magazynuje energię w polu elektrycznym. Składa się z dwóch przewodników rozdzielonych dielektrykiem (rys. 2.8). Przewodniki tworzą tzw. okładziny kondensatora. Materiałem izolacyjnym pomiędzy okładzinami kondensatora mogą być, np.: powietrze, papier, folia z tworzywa sztucznego, olej mineralny, szkło, mika itp.



Rys. 2.8. Przekrój kondensatora: a) płaskiego; b) cylindrycznego

Wielkością charakteryzującą zdolność danego kondensatora do gromadzenia ładunków elektrycznych jest pojemność.
Wielkość ładunku elektrycznego Q zgromadzonego na okładzinach kondensatora jest wprost proporcjonalna do iloczynu pojemności kondensatora C i doprowadzonego doń napięcia elektrycznego U.

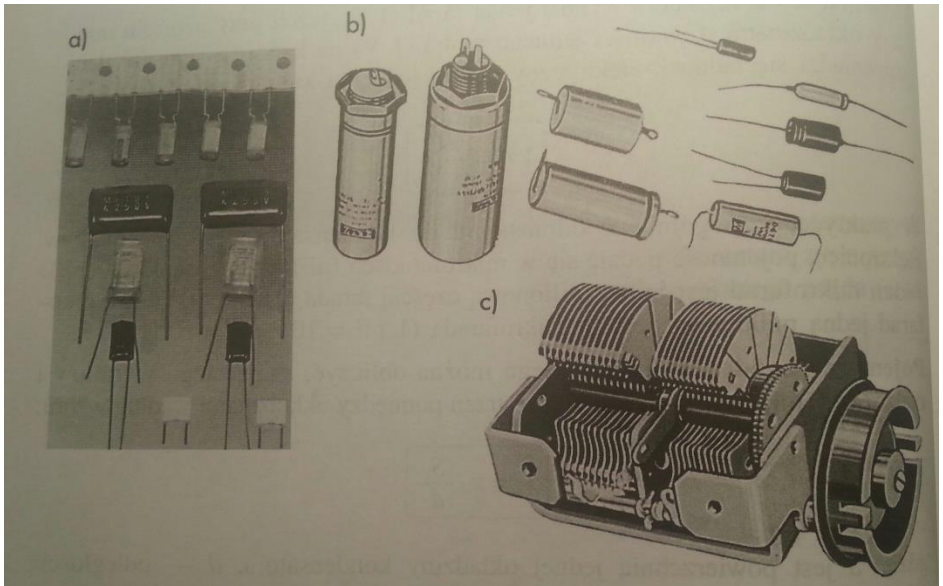
$$Q = C \cdot U$$

Pojemność kondensatora płaskiego można obliczyć, znając jego wymiary i rodzaj izolatora wypełniającego przestrzeń pomiędzy okładzinami według wzoru:

$$C = \varepsilon \cdot \frac{S}{d}$$

gdzie: S jest powierzchnią jednej okładziny kondensatora, d - odległością między okładzinami, ε - przenikalnością elektryczną materiału izolacyjnego wypełniającego przestrzeń pomiędzy okładzinami.

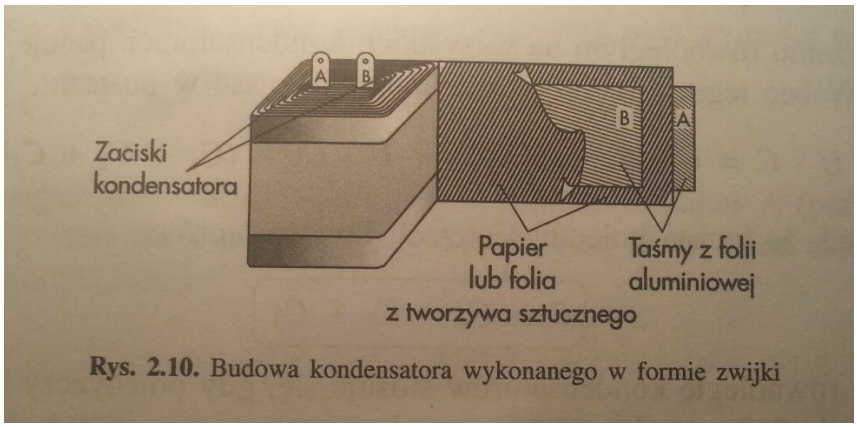
Kondensatory są jednymi z podstawowych elementów układów prądu przemiennego. Wchodzą one w skład praktycznie wszystkich urządzeń elektronicznych. W elektroenergetyce baterii kondensatorów używa się do poprawy tzw. współczynnika mocy. Kondensatory stosuje się też w urządzeniach pomiarowych i przeciwzakłóceniowych (przeciwdziałających zakłóceniom radiowym i telewizyjnym).



Rys. 2.9. Różne typy kondensatorów: a) miniaturowe, stosowane w układach elektronicznych; b) elektrolityczne; c) o nastawianej pojemności, stosowane w odbiornikach radiowych

Przykłady różnych konstrukcji kondensatorów używanych w technice przedstawiono na rys. 2.9.

Kondensatory często wykonuje się w postaci zwijek (rys. 2.10). Okładziny takiego kondensatora stanowią dwie taśmy folii aluminiowej rozdzielone papierem lub folią z tworzywa sztucznego.



Rys. 2.10. Budowa kondensatora wykonanego w formie zwijki

Prąd przemienny.

W praktyce częściej niż z prądem stałym mamy do czynienia z prądem przemiennym. Jest on powszechnie stosowany w elektroenergetyce. To właśnie w postaci prądu przemiennego energia elektryczna jest dostarczana do domowych i przemysłowych instalacji elektrycznych.

Prąd przemienny odznacza się tym, że wartość jego natężenia i kierunek przepływu zmieniają się okresowo w czasie. Przykładowo w przypadku przepływu prądu przez rezystor oznacza to, że napięcie i natężenie prądu zmieniają się wraz z upływem czasu: narastają od zera do wartości maksymalnej, opadają do zera, po czym napięcie zmienia swą biegunowość, a prąd kierunek przepływu. Od tej chwili prąd i napięcie ponownie zwiększają swą wartość, jednak tym razem prąd płynie w przeciwnym niż poprzednio kierunku. Po osiągnięciu wartości maksymalnej ponownie maleją do zera i zjawisko powtarza się od nowa.

Z fizyki wiadomo, że na końcach przewodu o długości l poruszającego się z prędkością v w polu magnetycznym o indukcji magnetycznej B wytwarza się napięcie źródłowe (siła elektromotoryczna):

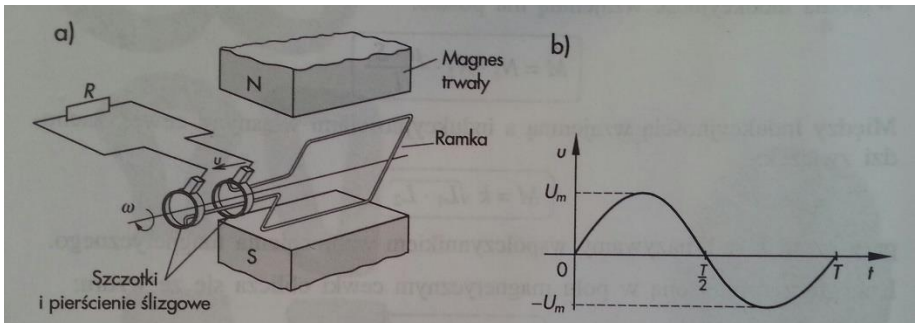
$$E = B \cdot l \cdot v$$

Gdy przewód ten jest jednym z boków ramki obracającej się w polu magnetycznym (rys. 2.13), wówczas chwilowa wartość napięcia indukującego się w ramce:

$$u = U_m \cdot sin\omega t$$

gdzie: u jest wartością chwilową napięcia, U_m – wartością maksymalną napięcia (czyli tzw. amplitudą), ω - prędkością kątową ramki, t – czasem.

W ten sposób otrzymujemy źródło napięcia sinusoidalnie zmiennego, tj. zmieniającego się zgodnie z matematyczna funkcją sinus. Równolegle do pojęcia napięcie sinusoidalnie zmienne stosuje się określenie napięcie przemienne.



Rys. 2.13. Wytwarzanie prądu przemiennego, sinusoidalnie zmiennego: a) ramka obracająca się w stałym polu magnetycznym; b) przebieg czasowy napięcia

Po prostu napięcie sinusoidalne jest najbardziej rozpowszechnionym napięciem przemiennym.

W tym miejscu wprowadzimy dwa pojęcia: okresu i częstotliwości. Okresem oznaczanym literą T, nazywa się czas, po którym przebieg się powtarza. Odwrotnością okresu jest częstotliwość f, wyrażającą liczbę okresów przypadających na jedną sekundę.

$$f = \frac{1}{T}$$

Jednostką częstotliwości jest herc [Hz] – od nazwiska niemieckiego fizyka Heinricha R. Hertza.

$$1\ Hz = \frac{1}{s}$$

Prędkość kątowa jest związana z częstotliwością f i okresem T zależnościami:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot f$$

Prędkość kątową ω ramki odniesioną do częstotliwości zmian napięcia nazywamy pulsacją. W obwodach prądu sinusoidalnego przebiegi napięć i prądów mogą być przesunięte między sobą o pewien kąt. Kąt ten nazywamy przesunięciem fazowym i oznaczamy jako φ.

Częstotliwość prądu przemiennego wytwarzanego w elektrowniach i dostarczanego odbiorcom przemysłowym i indywidualnym wynosi 50 Hz. To, że napięcie przemienne i prąd przemienny mają częstotliwość 50 Hz oznacza, że w ciągu jednej sekundy 50-krotnie zmienia się biegunowość napięcia i kierunek przepływu prądu.

Można zadać w tym miejscu pytanie: dlaczego prąd przemienny upowszechnił się w tak wielkim stopniu? Otóż po pierwsze: przy użyciu transformatorów można niemal dowolnie podwyższać lub obniżać napięcie przemienne, co pozwala na przesyłanie energii elektrycznej na duże odległości. Jest to związane ze znacznym zmniejszeniem strat przy przesyle energii elektrycznej. Po drugie: trójfazowy prąd przemienny można wykorzystać do wytworzenia tzw. wirującego pola magnetycznego, co znajduje powszechne zastosowanie w silnikach elektrycznych indukcyjnych i synchronicznych. Po trzecie wreszcie: wartość prądu przemiennego przechodzi okresowo przez zero, dzięki czemu łatwiejsze jest jego wyłączanie, a dokładniej mówiąc gaszenie wytworzonego przezeń łuku elektrycznego.

Dla prądu przemiennego mają zastosowanie prawo Ohma oraz I i II prawo Kirchhoffa wprowadzone wcześniej dla prądu stałego.

Wartość skuteczna

Wartością skuteczną prądu przemiennego nazywa się taką wartość prądu stałego, który płynąc przez ten sam rezystor spowoduje wydzielenie się takiej samej ilości ciepła (energii) co płynący w tym samym czasie prąd przemienny (sinusoidalnie zmienny). Wartości skuteczne prądów i napięć (oznaczane wielkimi literami I oraz U) oblicza się z zależności:

$$I = \frac{1}{\sqrt{2}} I_m \quad oraz \quad U = \frac{1}{\sqrt{2}} U_m$$

Jeżeli np. mówimy, że napięcie w domowej instalacji elektrycznej wynosi 230 V, to mamy na myśli wartość skuteczną napięcia. Jak łatwo obliczyć, wartość maksymalna U_m napięcia sinusoidalnego odpowiadająca wartości skutecznej $U = 230V\ wynosi\ \sqrt{2} \cdot U = 325V$

Proszę przesłać referaty oraz zadanie z szeregowego połączenia rezystorów.