

Natężenie pola elektrycznego w dowolnym punkcie, w którym istnieje pole elektryczne jest wielkością wektorową, której wartość mierzymy stosunkiem siły działającej na umieszczony w tym miejscu ładunek „próbny”, do wartości tego ładunku. Jednostką natężenia jest 1 volt na metr (1 V/m).

Ruch ładunków elektrycznych w obwodzie zamkniętym jest możliwy dzięki istnieniu źródła energii elektrycznej, wytwarzającej **napięcie elektryczne**, definiowane jako stosunek energii źródła do przeniesionego ładunku.

Jeśli ładunki elektryczne pobierają energię ze źródła napięcia, to występuje napięcie źródłowe, **zwane siłą elektromotoryczną**.

$$E = \frac{W_{\text{pob}}}{Q}$$

gdzie: E – siła elektromotoryczna (skrót SEM) w voltach, (V), W_{pob} – energia pobrana ze źródła w woltosekundach (Ws). Q – ładunek elektryczny w kulombach (C)

Jeśli ładunki elektryczne oddają energię, to występuje napięcie odbiornikowe, zwane **spadkiem napięcia**.

$$U = \frac{W_{\text{odd}}}{Q}$$

gdzie: U – napięcie elektryczne w voltach (V).

Napięciem elektrycznym nazywamy stosunek pracy ΔW , którą wykonałyby siły pola elektrycznego przy przemieszczeniu ładunku „próbnego” dodatniego q z punktu A do punktu B, do wartości tego ładunku.

$$U = \Delta W / q = E \Delta l$$

Potencjałem elektrycznym w punkcie A pola elektrycznego nazywamy stosunek pracy wykonanej przez przemieszczenie ładunku „próbnego” q z punktu A do punktu położonego w nieskończoności, do ładunku „próbnego” q.

Liniami pola elektrycznego nazywamy linie, do których styczne poprowadzone w dowolnym punkcie pokrywają się z kierunkiem siły działającej na znajdującą się w tym punkcie naładowaną cząstkę. Im większe jest zagęszczenie linii, tym większa siła działa na naładowaną cząstkę. Zwrot linii jest zgodny ze zwrotem siły działającej na cząstkę naładowaną dodatnio.

Miejsce geometryczne punktów o równym potencjale nazywamy powierzchnią równego potencjału lub **powierzchnią ekwipotencjalną**.

Praca w polu elektrycznym.

$$W = UIt = RI^2t = \frac{U^2}{R}t \quad [J = Ws]$$

Przewodnikami nazywamy ciała, w których znajdują się elektrony swobodne.

Prąd elektryczny jest to uporządkowany ruch ładunków elektrycznych wzdłuż drogi zamkniętej, zwanej **obwodem elektrycznym**. Najprostszy obwód elektryczny składa się ze źródła energii, odbiornika, przewodów łączących i wyłącznika.

Natężenie prądu elektrycznego określa się jako stosunek ładunku przepływającego przez poprzeczny przekrój przewodu do czasu przepływu tego ładunku

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Dla prądu nie zmieniającego się w czasie, zwanego **prądem stałym** wzór ma postać

$$I = \frac{Q}{t}$$

gdzie Q- ładunek elektryczny przepływający przez poprzeczny przekrój przewodnika wyrażony w kulombach (C), t – czas przepływu w sekundach (s), I – natężenie prądu elektrycznego w amperach (A).

Prawo Ohma Natężenie prądu płynącego przez przewodnik jest wprost proporcjonalne do napięcia między końcami tego przewodnika.

Stosunek napięcia do natężenia jest wielkością stałą. Wielkość tę nazywamy oporem elektrycznym przewodnika.

$$R = U / I \quad \text{Jednostka } 1 \text{ om } [V/A]$$

Gęstością prądu elektrycznego nazywamy stosunek prądu I do przekroju poprzecznego S przewodnika.

$$\text{Gęstość prądu oznaczamy przez } J. \quad J = I / S \quad [A/m^2]$$

Konduktancja (przewodność elektryczna) (G) charakteryzuje materiał, z którego wykonano przewód pod względem przewodzenia prądu i zależy od wymiarów geometrycznych i materiału przewodu oraz od jego temperatury.

Jednostką konduktywności elektrycznej jest siemens na metr (S/m), a konduktancji siemens (S). $I = GU$

Rezystancja (oporność elektryczna) jest odwrotnością konduktancji.

$$R = \frac{1}{G} \quad [\Omega]$$

Zależność rezystancji od temperatury Współczynnik temperaturowy rezystancji α jest to względny przyrost rezystancji przy wzroście temperatury o 1 K. Wymiarem tego współczynnika jest 1/K.

$$R = R_{293}(1 + \alpha_{293}\Delta T)$$

gdzie: α_{293} – temperaturowy współczynnik rezystancji w K^{-1} przy 293K, ΔT – przyrost temperatury w kelwinach (K), R_{293} – rezystancja w temperaturze 293 K w omach (Ω).

Rezystancja lub konduktancja odcinka przewodu. Opór elektryczny przewodnika wykonanego z danego materiału jest proporcjonalny do jego długości (l), a odwrotnie proporcjonalny do pola przekroju poprzecznego (S).

$$R = \rho * \frac{l}{S}$$

Prawo Coulomba. Siła F z jaką na każdy z dwóch ładunków punktowych Q_1 i Q_2 działa ich wspólne pole elektryczne, jest proporcjonalna do iloczynu tych ładunków i odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości r między nimi.

$$F = \frac{Q_1 * Q_2}{4 * \pi * r^2}$$

Indukcja elektryczna wyraża się stosunkiem ładunku Q , indukowanego przez pole elektryczne na powierzchni ciała, do pola przekroju tej powierzchni S , umieszczonej prostopadle do kierunku oddziaływania pola elektrycznego.

$$D = \frac{Q}{S}$$

gdzie D – indukcja elektryczna w kulombach na metr kwadratowy (C/m^2).

Indukcja elektryczna jest równa iloczynowi natężenia pola elektrycznego i przenikalności elektrycznej bezwzględnej środowiska.

Strumień elektryczny. Jeśli w każdym punkcie pewnej powierzchni indukcja elektryczna ma tę samą wartość, to w wyniku pomnożenia indukcji D i powierzchni S otrzymujemy wielkość zwaną strumieniem indukcji elektrycznej lub krótko strumieniem elektrycznym, oznaczaną przez ψ

$$\psi = DS \quad [\psi] = C$$

Twierdzenie Gaussa. Strumień wektora indukcji elektrycznej przenikający powierzchnię zamkniętą jest równy sumie ładunków znajdujących się w obszarze ograniczonym tą powierzchnią.

$$\psi = \sum Q$$

Przewodniki w polu elektrostatycznym. Zjawisko przemieszczania się elektronów swobodnych w przewodniku umieszczonym w polu elektrycznym nazywamy zjawiskiem indukcji elektrostatycznej. W przewodniku znajdującym się w polu elektrycznym pole nie istnieje, a powierzchnia przewodnika się powierzchnią ekwipotencjalną.

Polaryzacja dielektryka. Zmiana natężenia pola elektrycznego w dielektryku w stosunku do natężenia pola elektrycznego, jakie występuje w próżni, wywołana jest zjawiskiem zwanym polaryzacją dielektryka.

Kondensatory. Kondensatorem nazywamy urządzenie składające się z dwóch przewodników, zwanych okładzinami lub elektrodami, rozdzielonych dielektrykiem. Ładunek zgromadzony na jednej z okładzin nazywamy ładunkiem kondensatora. Ładunek jest wprost proporcjonalny do napięcia. $Q=CU$ Pojemnością kondensatora nazywamy stosunek ładunku kondensatora do napięcia występującego pomiędzy jego okładzinami.

$$C = \frac{Q}{U} \quad \text{Jednostką pojemności jest 1 farrad (1F)} \quad [C] = \frac{[Q]}{[U]} = \frac{C}{V} = F$$

Łączenie kondensatorów. Dwa rodzaje połączeń: jest takie samo. Przy połączeniu równoległym szeregowo i równoległe. Przy połączeniu równoległym kondensatorów napięcie na zaciskach każdego kondensatora kondensatorów pojemność zastępcza jest równa sumie pojemności poszczególnych kondensatorów.

$$C = \frac{Q}{U} = C_1 + C_2 + C_3$$

Przy połączeniu szeregowym kondensatorów wszystkie kondensatory mają taki sam ładunek, przy czym ładunek dodatni jednej okładziny jest równy ładunkowi ujemnemu następnej okładziny.

Napięcie źródła jest równe sumie napięć występujących na każdym z kondensatorów

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

Pojemność elektryczna lub elastancja kondensatora płaskiego. Pojemnością kondensatora nazywamy stosunek ładunku kondensatora do napięcia występującego pomiędzy jego okładzinami. $c = \frac{Q}{U}$. Jednostką

pojemności jest 1 farrad (1F)

$$[C] = \frac{[Q]}{[U]} = \frac{C}{V} = F$$

Pojemność jest własnością kondensatora określającą jego zdolność do gromadzenia ładunku elektrycznego. Kondensator nazywamy płaskim, jeżeli jego okładzinami (elektrodami) są płyty metalowe płaskie równoległe.

Energia pola elektrostatycznego

$$w_e = \frac{QU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

Jednostką energii pola elektrostatycznego jest 1 dżul (1J)

Rzeczywiste źródło napięcia – obwód składający się z napięcia źródłowego i dodatkowo charakteryzuje się pewną rezystancją wewnętrzną. Schematycznie: połączone szeregowo idealne źródło napięcia i rezystancja wewnętrzna. (Rys 3.14)

Elementy aktywne i pasywne w obwodzie elektrycznym – elementy źródłowe – elementy aktywne (akumulator, źródło napięcia); elementy odbiorcze – elementy pasywne (rezystory, cewki, kondensatory, różnego rodzaju przetworniki energii elektrycznej w energię mechaniczną (silniki elektryczne), chemiczną (np. proces elektrolizy), świetlną).

Idealne źródło napięcia – rzeczywiste źródło napięcia staje się idealnym źródłem napięcia gdy $R_w=0$

Stan jałowy źródła – jest to stan pracy źródła przy rezystancji R równej nieskończoności, której odpowiada przerwa w obwodzie. W stanie jałowym nie płynie prąd w obwodzie, napięcie na zaciskach źródła U_0 jest równe napięciu źródłowemu E.

Stan zwarcia źródła – jest to stan pracy źródła przy rezystancji R równej zero, której odpowiada zwarcie odbiornika. W stanie zwarcia w obwodzie płynie prąd:

$$I_z = \frac{E}{R_w}$$

I prawo Kirchoffa Suma wartości chwilowych prądów wpływających do węzła oraz wypływających z węzła równa się zero.” Przy czym zakładamy, że prądy dopływające mają przeciwne znaki niż odpływające.

II prawo Kirchoffa W dowolnym oczku obwodu elektrycznego suma napięć źródłowych równa się sumie spadków napięć.” Z prawa tego wynika, że wartość napięcia pomiędzy dwoma dowolnymi punktami obwodu nie zależy od obranej drogi, ani kierunku przyjętego do obliczania. Przy rozwiązywaniu obwodów elektrycznych wg. tej metody przyjmuje się, że w każdym oczku płynie w dowolnie obranym kierunku umyślny prąd, który nazywamy prądem oczkowym.

Stan dopasowania Stan pracy źródła, w którym z rzeczywistego źródła napięcia jest pobierana przez odbiornik największa moc, nazywamy stanem dopasowania odbiornika do źródła.

Moc pobierana przez odbiornik w stanie dopasowania

$$P = R_w I_d^2 = \frac{E^2}{4R_w}$$

Z punktu widzenia formalnego **każde rzeczywiste źródło napięcia można zastąpić równoważnym rzeczywistym źródłem prądu.** (rys 3.18)

Połączenie równoległe rzeczywistych źródeł napięciowych Cechą wyróżniającą połączenia równoległe jest to, że wszystkie elementy są włączone pomiędzy tę samą parę węzłów, a zatem na zaciskach elementów występuje to samo napięcie U.

Dzielnik napięcia W dzielniku napięciowym (przy szeregowym łączeniu rezystancji) napięcia na poszczególnych rezystancjach mają się do siebie jak odpowiednie rezystancje

$$\frac{U_1}{U} = \frac{U_1}{U_1 + U_2 + \dots + U_n} = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + \dots + R_n}$$

Dzielnik prądu. W dzielniku prądowym (przy równoległym łączeniu rezystancji) prąd gałęzi ma się tak do prądu całkowitego, jak konduktancja gałęzi, przez którą prąd płynie, do sumy konduktancji poszczególnych gałęzi.

Zasada Superpozycji. Przy rozwiązywaniu obwodów elektrycznych stosuje się często zasadę superpozycji, polegającej na wyznaczaniu prądów w obwodzie wywołanych przez poszczególne źródła energii, działające pojedynczo w obwodzie. Prąd w dowolnej gałęzi obwodu przy działaniu wszystkich źródeł energii jest sumą algebraiczną wszystkich prądów, spowodowanych działaniem każdego źródła energii z osobna. Przy stosowaniu metody superpozycji pozostawiamy w obwodzie tylko pierwsze źródło energii, a zwieramy siły elektromotoryczne wszystkich pozostałych źródeł, zostawiając jednak ich rezystywności wewnętrzne. Wówczas obliczamy prądy I spowodowane działaniem pierwszego źródła energii. Następnie obliczamy prądy I spowodowane działaniem drugiego źródła energii, zwierając przy tym siły elektromotoryczne pozostałych źródeł. Gdy obwód zawiera n źródeł energii, wówczas postępujemy w ten sposób n razy, obliczając kolejno prądy $I(1), I(2), I(3) \dots I(n)$ spowodowane działaniem każdego źródła z osobna. Prąd I w dowolnej gałęzi przy działaniu wszystkich źródeł energii jest sumą algebraiczną prądów $I(1), I(2), I(3) \dots I(n)$. Przy dodawaniu tych prądów należy uwzględnić ich zwroty w rozpatrywanej gałęzi obwodu.

Przenoszenie źródeł napięcia. Dowolne napięcie źródłowe dołączone do pewnego węzła możemy przenieść z gałęzi w której się znajdują do wszystkich innych gałęzi zbiegających się w rozważanym węzle, zmieniając zwrot napięcia względem węzła.

Przenoszenie źródeł prądu. Źródło prądowe umieszczone w pewnej gałęzi obwodu możemy przenieść między wszystkie węzły rozważanej pętli obwodu zmieniając kierunek tego źródła w stosunku do usuwanego źródła prądowego.

Twierdzenie Thevenina dotyczy sposobu zastąpienia złożonego obwodu elektrycznego jedną gałęzią liniową aktywną, o jednym źródle energii (napięcia) z elementami pasywnymi, zakończoną wyprowadzonymi na zewnątrz zaciskami. Brzmi ono: „Dowolny aktywny obwód liniowy można od strony wybranych zacisków ab zastąpić obwodem równoważnym – złożonym z szeregowo połączonego jednego źródła napięcia równego napięciu pomiędzy zaciskami ab w stanie jałowym oraz jednego źródła napięcia równego napięciu pomiędzy zaciskami ab w stanie jałowym oraz jednej rezystancji równej rezystancji zastępczej obwodu pasywnego, widzianego od strony zacisków ab.

Pole magnetyczne traktujemy jako stan przestrzeni, w której występuje działanie siły na poruszające się ładunki. Aby badać właściwości pola magnetycznego, możemy w każdym punkcie środowiska i dla dowolnej chwili przyporządkować polu magnetycznemu dwa wektory: wektor indukcji magnetycznej B oraz wektor natężenia magnetycznego H . Wektory te są powiązane zależnością: $B = \mu H = \mu_r \mu_0 H$ gdzie: μ - przenikalność magnetyczna bezwzględna w H/m, μ_0 - przenikalność magnetyczna próżni równa, μ_r - przenikalność magnetyczna względna określająca ile razy przenikalność danego środowiska jest większa od przenikalności próżni. Jednostką indukcji magnetycznej jest tesla [1 T], a jednostką natężenia pola magnetycznego amper na metr [1 A/m].

Indukcja magnetyczna. Wielkość B występującą we wzorze

$$F = BI \quad [B] = \left[\frac{N}{Am} \right]$$

nazywamy indukcją magnetyczną. Jest to podstawowa wielkość charakteryzująca pole magnetyczne. Indukcja magnetyczna określa intensywność pola. Im większa jest wartość B , tym większa siła F działa na przewód z prądem umieszczonym w polu magnetycznym. Indukcja magnetyczna jest wielkością wektorową. Zwrot wektora indukcji magnetycznej jest zgodny ze zwrotem linii pola magnetycznego.

Strumień magnetyczny. W polu magnetycznym równomiernym o indukcji B umieszczamy ramkę w taki sposób, że powierzchnia ograniczona ramą S jest prostopadła do kierunku linii pola. **Strumieniem magnetycznym** Φ przecinającym ramkę nazywamy iloczyn indukcji B przez pole powierzchni S .

$$\Phi = BS$$

Strumień magnetyczny jest wielkością skalarną. Jednostką strumienia magnetycznego jest 1 weber (1 Wb)

Strumień magnetyczny przecinający powierzchnię zamkniętą jest zawsze równy zeru.

Linie pola magnetycznego są liniami zamkniętymi, nie mają początku ani końca – zasada ciągłości linii pola magnetycznego.

Natężenie pola magnetycznego. W celu określenia pola magnetycznego wprowadzono wielkość wektorową, zwaną wektorem natężenia pola magnetycznego, która nie zależy od własności magnetycznych środowiska.

$$H = \frac{B}{\mu} \quad B = \mu H$$

Wektory B i H mają w przestrzeni ten sam kierunek. Jednostką natężenia pola magnetycznego jest 1 amper na metr ($\frac{1A}{m}$)

Przenikalność magnetyczna. Prawo Biota i Savarta.

$$\Delta B = \mu \frac{I \Delta l}{4\pi r^2} \sin \alpha$$

gdzie: ΔB – wektor indukcji magnetycznej, I – prąd płynący przez odcinek o długości Δl ; r – odległość punktu M, w którym obliczamy indukcję magnetyczną od odcinka Δl ; α – kąt między kierunkiem przewodu z prądem i prostą łączącą odcinek Δl z punktem M; μ – przenikalność magnetyczna bezwzględna środowiska, w którym obliczamy indukcję magnetyczną. (Rys 7.9)

Przenikalność magnetyczna μ określa własności magnetyczne środowiska. Można ją wyrazić w następujący sposób:

$$\mu = \mu_0 \mu_r$$

przy czym: $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \frac{H}{m}$ – stała magnetyczna zwana też magnetyczną przenikalnością próżni; μ_r – przenikalność

magnetyczna względna środowiska.

Przenikalność magnetyczna względna mówi nam, ile razy przenikalność danego środowiska jest większa od przenikalności magnetycznej próżni. Przenikalność względna jest wielkością bezwymiarową.

Prawo przepływu. Związek między przepływem a natężeniem pola magnetycznego określa prawo przepływu.

Suma iloczynów natężenia pola magnetycznego i odcinków linii pola, wzdłuż których natężenie nie ulega zmianie, po zamkniętej drodze l, równa się przepływowi prądu obejmowanemu przez tę zamkniętą drogę.

Iloczyn prądu przez liczbę zwojów nazywamy przepływem prądu, oznaczamy przez Θ (teta) czyli $\Theta = I \sum$

$$\sum_{k=1}^n H_k l_k = \Theta$$

Krzywa magnesowania. Zależność $B = f(H)$ (rys.7.15) Krzywa magnesowania ma charakterystyczną małą stromość w początkowym zakresie, następnie jej stromość znacznie zwiększa się oraz się oraz stopniowo maleje w zakresie końcowym, wchodząc w stan nasycenia. Po osiągnięciu stanu nasycenia zmniejsza się wartość prądu w cewce (przez nastawienie rezystora), co powoduje zmniejszenie natężenia pola magnetycznego

Histeresa magnetyczna ferromagnetyków. Zjawisko magnesowania materiału ferromagnetycznego nazywamy zjawiskiem histeresy magnetycznej.

Oddziaływanie elektrodynamiczne przewodów z prądem. Oddziaływanie elektrodynamiczne przewodów z prądem na siebie i polega na działaniu pola magnetycznego powstałego dookoła jednego z przewodów z prądem, na drugi przewód i odwrotnie.

Dwa przewody równoległe, w których płyną prądy, oddziałują na siebie z siłą proporcjonalną do iloczynu prądów oraz przenikalności magnetycznej środowiska otaczającego przewody i odwrotnie proporcjonalną do odległości między przewodami.

W przypadku prądów o zwrotach zgodnych oddziaływanie to charakteryzuje się siłą przyciągania, a w przypadku prądów o zwrotach przeciwnych siłą odpychania. Siła jednostkowa:

$$F = \frac{\mu I_1 I_2}{2\pi a}$$

Wzór ten ma liczne zastosowanie w elektrotechnice. Ze wzoru tego korzysta się np. przy obliczaniu sił dynamicznych powstających w warunkach przepływu prądów zwarciovych (a więc bardzo dużych) przez szyny zbiorcze w rozdzielniach wysokiego i niskiego napięcia, jak również przy projektowaniu urządzeń elektrycznych.

Indukcyjność własna. Indukcyjnością własną cewki nazywamy stosunek strumienia skojarzonego z cewką Ψ do prądu I płynącego przez cewkę.

Indukcyjność własną oznaczamy przez L i określamy wzorem:

$$L = \frac{\Psi}{I}$$

Jednostką indukcyjności jest 1 henr (1H). Indukcyjność własną cewki możemy traktować jako jej własność określającą zdolność do wytworzenia strumienia magnetycznego skojarzonego (przy jednostkowym prądzie).

Indukcyjność wzajemna. Dwa elementy usytuowane względem siebie w taki sposób, że pole magnetyczne jednego z nich przenika, choćby częściowo, element drugi nazywamy elementami sprzężonymi magnetycznie. Stosunek strumienia magnetycznego wytworzonego w cewce pierwszej 1 i skojarzonego z cewką drugą 2, do prądu płynącego w cewce pierwszej 1 nazywamy **indukcyjnością wzajemną** cewki pierwszej z drugą i oznaczamy przez M_{12} czyli:

$$M_{12} = \frac{\Psi_{12}}{I_1}$$

Jeżeli założymy, że cewki znajdują się w tym samym położeniu, ale prąd płynie w cewce drugiej, a nie płynie w cewce pierwszej, to przez analogie możemy napisać:

$$M_{21} = \frac{\Psi_{21}}{I_2}$$

Jeżeli cewki znajdują się w środowiskach o takiej samej przenikalności magnetycznej μ , to:

$$M_{12} = M_{21} = M$$

Jednostką indukcyjności wzajemnej, podobnie jak indukcyjności własnej, jest 1 henr (1H).

Energia pola magnetycznego. Zmianie prądu o wartość ΔI przy $\Psi = \Psi_1$ odpowiada zmiana energii pola magnetycznego o:

$$\Delta W = \Psi_1 \Delta I$$

Energia całkowita, zgromadzona w polu magnetycznym cewki:

$$W_m = \frac{\Psi I}{2} \text{ po wstawieniu } \Psi = LI \text{ otrzymujemy } W_m = \frac{LI^2}{2} = \frac{\Psi^2}{2L}$$

Jednostką energii pola magnetycznego jest 1 dżul (1J).

Prąd (lub napięcie) nazywamy zmiennym, jeśli w czasie ulega jego wartość liczbowa przy niezmiennym zwrocie lub zmienia się zwrot przy niezmiennym wartości liczbowej, lub ulega zmianie zarówno zwrot, jak i wartość liczbowa.

Okres, częstotliwość i wartość średnia przebiegu okresowego. Okresem nazywamy czas pełnego obrotu ramki T , tzn. obrotu o kąt pełny, równy 2π radianów. Jednostką okresu jest 1 sekunda (1s).

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

Odwrotność okresu oznaczamy przez f i nazywamy częstotliwością przebiegu sinusoidalnego, czyli

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

Jednostką częstotliwości jest 1 herc (1Hz).

Częstotliwość jest równa liczbie okresów przebiegu sinusoidalnego, przypadających na jednostkę czasu, czyli na jedną sekundę.

Przebieg sinusoidalny jest przebiegiem okresowym, który powtarza się w równych odstępach czasu, zwanych okresami.

Wartości skuteczne i wyprostowane (średnie półokresowe). Wartość skuteczna prądu sinusoidalnego jest równa amplitudzie prądu podzielonej przez $\sqrt{2}$.

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad I_m - \text{wartość maksymalna}$$

Identycznie określa się wartość skuteczną napięcia sinusoidalnego.

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad U_m - \text{wartość maksymalna}$$

Wartości skuteczne oznaczamy wielkimi literami alfabetu bez żadnych wskaźników.

Wartością średnią półokresową prądu sinusoidalnego o okresie T nazywamy średnią arytmetyczną tego prądu obliczoną za połowę okresu, w którym przebieg jest dodatni.

Pojęcie wartości średniej prądu opiera się na równoważności ładunku. Wartość średnia półokresowa prądu zmiennego jest to taka wartość prądu stałego, przy przepływie której przez przekrój poprzeczny przewodnika w czasie $T/2$ zostanie przesunięty taki ładunek elektryczny, jaki byłby przesunięty przy przepływie prądu zmiennego w tym samym czasie.

$$I_{sr} = \frac{2}{\pi} I_m \quad I_{sr} = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} i dt \quad U_{sr} = \frac{2}{\pi} U_m$$

Współczynnik kształtu. Stosunek wartości skutecznej do wartości średniej nazywamy współczynnikiem kształtu przebiegu k_k . Dla prądu sinusoidalnego:

$$k_k = \frac{I}{I_{sr}} = \frac{I_m}{\sqrt{2} I_m} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1,11$$

Przebiegi synchroniczne i kąt przesunięcia fazowego między nimi. Przebiegi sinusoidalne o jednakowej częstotliwości nazywamy przebiegami synchronicznymi.

Przesunięciem fazowym przebiegów sinusoidalnych nazywamy różnicę faz początkowych dwóch przebiegów o tej samej częstotliwości.

Przesunięcie fazowe prądu względem napięcia oznaczamy zwykle przez φ . Napięcie opóźnia się względem prądu o kąt fazowy φ .

Przykładowo w przypadku dwóch przebiegów sinusoidalnych o postaci

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

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$$

stwierdzamy, że prąd wyprzedza napięcie o kąt fazowy φ , przy czym faza początkowa napięcia jest równa zeru.

Moc prądu sinusoidalnego. Moc chwilowa. Mocą chwilową nazywamy iloczyn wartości chwilowych napięcia i prądu.

$$p = ui$$

Moc czynna: Mocą czynną nazywamy wartość średnią mocy chwilowej i określamy ją

Wzorem:

$$P = UI \cos \varphi = UI_R$$

gdzie $I_R = I \cos \varphi$ - prąd czynny

Moc czynna jest zatem równa iloczynowi wartości skutecznej napięcia i prądu oraz kosinusa kąta przesunięcia fazowego między napięciem i prądem, zwanego **współczynnikiem mocy (cos φ)**.

Moc bierna oznaczana przez Q i definiowana jako iloczyn wartości skutecznych napięcia, prądu i sinus kąta przesunięcia fazowego między nimi:

$$Q = UI \sin \varphi = UI_X$$

gdzie $I_X = I \sin \varphi$ - prąd bierny Jednostką mocy biernej jest 1 var (1 var).

Moc pozorną oznaczana przez S i definiowaną jako iloczyn wartości skutecznych napięcia i prądu

$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Moc pozorną w postaci zespolonej

$$S = UI^*$$

gdzie I^* - liczba sprzężona z liczbą I.

Energia prądu sinusoidalnego.

Energia czynna:

$$W = Pt$$

Energia bierna:

$$W_b = Qt$$

Połączenie równoległe elementów R, L, C w obwodzie prądu sinusoidalnego.

Jeśli do obwodu zawierającego równoległe połączenie elementów R, L i C (rys. powyżej) włączyć napięcie sinusoidalne $u = U_m \sin(\omega t + \psi_u)$, to takie samo napięcie występuje na poszczególnych elementach R, L, i C

$$u = u_R = u_L = u_C$$

a wartość chwilowa prądu w gałęzi głównej:

$$i = i_R + i_L + i_C = \frac{u}{R} + \frac{1}{L} \int u dt + C \frac{du}{dt}$$

$$i = \sqrt{i_R^2 + (i_L - i_C)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2} u = \sqrt{G^2 + B^2} u = Y u$$

gdzie konduktancja G (przewodność czynna) w simensach wynosi

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

susceptancja B (przewodność bierna) w simensach wynosi

$$B = \frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}$$

a admittance Y (przewodność pozorną) w simensach wynosi

$$Y = \sqrt{G^2 + B^2}$$

Kąt przesunięcia fazowego φ między napięciem a prądem w gałęzi głównej wynosi

$$\varphi = \psi_u - \psi_i = \arctg\left(\frac{I - I_c}{I_L}\right) = \arctg\left(\frac{\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}}{\frac{1}{R}}\right) = \arctg\left(-\frac{B}{G}\right)$$

Jeśli $\varphi > 0$, obwód ma charakter indukcyjny,

Jeśli $\varphi = 0$, obwód ma charakter rezystancyjny,

Jeśli $\varphi < 0$, obwód ma charakter pojemnościowy.

Przy połączeniu równoległym elementów R, L i C może wystąpić **rezonans prądów**. Występuje on wtedy, gdy susceptancja B gałęzi połączonych równolegle jest równa zeru. $B=0$

Połączenie szeregowe elementów R,L,C w obwodzie prądu sinusoidalnego.

Jeśli przez gałąź obwodu, złożoną z szeregowo połączonych elementów R, L i C (rys powyżej) przepływa prąd sinusoidalny $i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$, to wartość chwilowa napięcia na całej gałęzi jest następujące:

$$u = u_R = u_L = u_C = R_i + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt$$

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} I = \sqrt{R^2 + X^2} I = ZI$$

gdzie

$$X = X_L - X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C}$$

Kąt przesunięcia fazowego między napięciem a prądem wynosi

$$\varphi = \psi_u - \psi_i$$

$$\varphi = \arctg \frac{U_L - U_C}{U_R} = \arctg \frac{X_L - X_C}{R} = \arctg \frac{X}{R}$$

Gdy $\varphi > 0$, gałąź ma charakter indukcyjny,

Gdy $\varphi = 0$, gałąź ma charakter rezystancyjny,

Gdy $\varphi < 0$, gałąź ma charakter pojemnościowy.

Przy połączeniu szeregowym elementów R, L i C może nastąpić **rezonans napięć**. Występuje on wtedy, gdy reaktancja gałęzi jest równa zeru, bo wtedy $\tan \varphi = 0$

Warunek istnienia rezonansu napięć: $X = 0$

Napięcia i prądy wyrażone w postaci zespolonej, odpowiadające wartościom skutecznym nazywamy

wartościami skutecznymi zespolonymi.

\underline{U} – wartość skuteczna zespolona napięcia

\underline{I} – wartość skuteczna zespolona prądu

\underline{Z} – impedancja zespolona

\underline{Y} – admitancja zespolona

$$\underline{Z} = R + j(X_L - X_C) = R + jX$$

Część rzeczywistą impedancji, czyli R, nazywamy rezystancją, a część urojoną, czyli X, nazywamy reaktancją dwójnika.

Odwrotność impedancji zespolonej nazywamy admitancją zespoloną i określamy zależnością:

$$\underline{Y} = \frac{1}{\underline{Z}} = \frac{1}{R + jX} = \frac{R - jX}{(R + jX)(R - jX)} =$$

$$\frac{R}{R^2 + X^2} + j \frac{-X}{R^2 + X^2} = \frac{R}{Z^2} + j \frac{-X}{Z^2} =$$

$$G + jB$$

przy czym: $G = \frac{R}{Z^2}$ - konduktancja, $B = -\frac{X}{Z^2}$ - susceptancja.

Moduł admitancji zespolonej:

$$Y = \sqrt{G^2 + B^2}$$