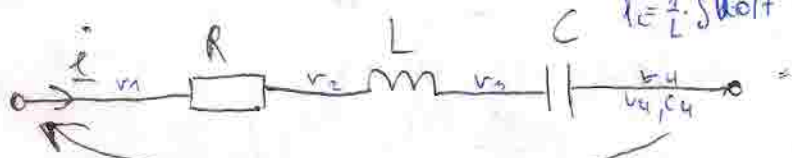


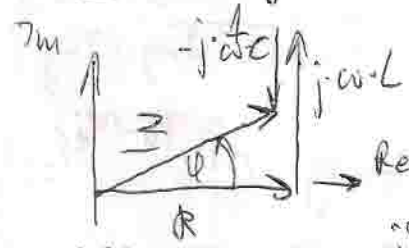
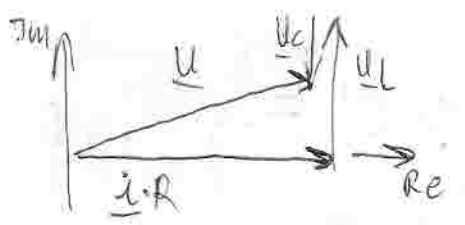
Odbioruuk szeregowy RLC, impedancja, równanie napięć, wykresy wektorowy.

$u_L = L \cdot \frac{di}{dt}$ $u_C = \frac{1}{C} \int i \cdot dt$
 $x_L = \frac{1}{L} \cdot \text{skolt}$ $x_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$
 $\omega = 2\pi \cdot f$ $\omega = \frac{2\pi}{T}$
 $x_L = \omega \cdot L$ $x_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$



$\underline{U} = \underline{I} \cdot \underline{Z}$

$\underline{Z} = R + j \cdot \omega \cdot L - j \cdot \frac{1}{\omega \cdot C}$



$\varphi = \arctg\left(\frac{x_L - x_C}{R}\right)$

$\varphi = (\varphi_u - \varphi_i)$

$\underline{u} = U \cdot e^{j \cdot \varphi_u}$

$\underline{z} = Z \cdot e^{j \cdot \varphi_z}$

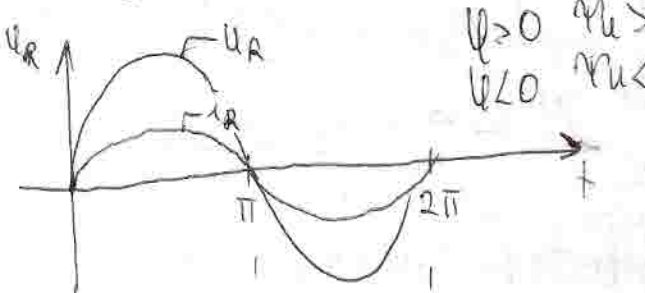
$\underline{z} = Z \cdot e^{j \cdot \varphi}$

$\underline{z} = Z \cdot (\cos \varphi + j \cdot \sin \varphi)$ $\underline{z} = Z \cdot e^{j \cdot \arctg(\frac{x_L - x_C}{R})}$

$u = \sqrt{2} \cdot U \cdot \cos(\omega t + \varphi_u)$
 $i = \sqrt{2} \cdot I \cdot \cos(\omega t + \varphi_i)$

$\underline{u} = \underline{z} \cdot \underline{i}$

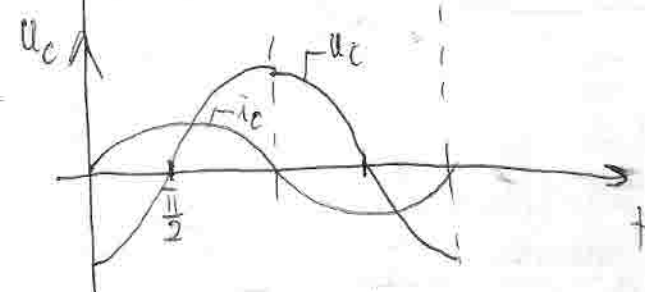
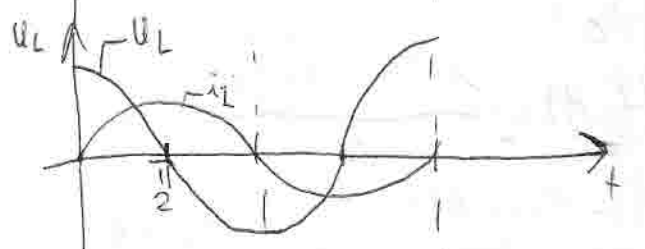
$\underline{u} = (R + j \cdot \omega L - j \cdot \frac{1}{\omega C}) \cdot \underline{i}$



$\varphi > 0$ $\varphi_u > \varphi_i \Rightarrow R-L$
 $\varphi < 0$ $\varphi_u < \varphi_i \Rightarrow R-C$

$Z = \sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2}$

$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$



Wład szeregowy \Rightarrow ten sam prąd

$u = i \cdot R + L \cdot \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i \cdot dt$

$u = R \cdot C \cdot \frac{d^2 u_C(t)}{dt^2} + L \cdot C \cdot \frac{d^2 u_C(t)}{dt^2} + u_C(t)$

$R = \rho \cdot \frac{L}{S} \text{ [Ω]}$

$R = \frac{L}{\mu \cdot S} \text{ [Ω]}$

$\underline{u} = \underline{Y} = \frac{1}{\underline{Z}}$

$\underline{Z} = R + j \cdot X \text{ [Ω]}$

$\underline{Y} = G + j \cdot B \text{ [S]}$

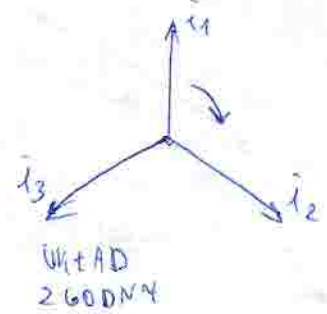
Rys. $u_R(t), u_L(t), u_C(t)$

<http://www.mbmaster.pl>

$\underline{z} = \underline{u} \cdot \underline{Y}$

$i = \text{Im}(\sqrt{2} \cdot I \cdot e^{j \cdot \omega t})$

$u = \text{Im}(\sqrt{2} \cdot U \cdot e^{j \cdot \omega t})$



$i_1 = I \cdot \sin \omega t$
 $i_2 = I \cdot \sin(\omega t - \frac{\pi}{3})$
 $i_3 = I \cdot \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$

IEEE 802.15.4-2005
ZigBee Microsoft
USB 2.0 C# ①

Moc czynna, bierna i porowna przy prądzie przemiennym.

$i = \sqrt{2} \cdot J \cdot \cos(\omega t + \varphi_i)$ $u = \sqrt{2} \cdot U \cdot \cos(\omega t + \varphi_u)$ $\omega = 2\pi \cdot f$
 $p = u \cdot i$ - moc chwilowa $z(t) = \sqrt{2} \cdot J \cdot e^{j\omega t}$ $u(t) = \sqrt{2} \cdot U \cdot e^{j\omega t}$

Moc czynna - wartości średnia mocy chwilowej za okres

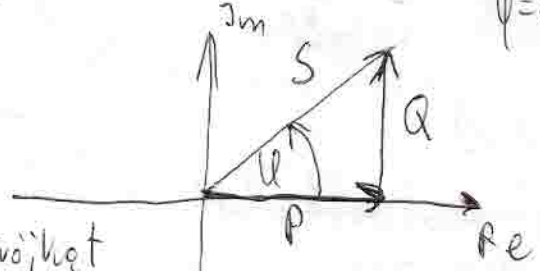
$P = \frac{1}{T} \int p \cdot dt = U \cdot J \cdot \cos \varphi$ $\varphi = (\varphi_u - \varphi_i)$

Moc czynna przedstawia pracę wykonaną przez umoczenia elektryczne.
 Rodzaje pracy: ciepło (grzejnik); światło (światłodka); ciepło i światło (ciężarówka); moc na wale (silnik elektryczny).

Moc porowna:

$\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{J}^* = U \cdot e^{j\varphi_u} \cdot J \cdot e^{-j\varphi_i} = U \cdot J \cdot e^{j(\varphi_u - \varphi_i)} = U \cdot J \cdot e^{j\varphi} = P + jQ$ $\varphi = \arctan\left(\frac{Q}{P}\right)$

$\underline{S} = \underline{U} \cdot J \cdot \cos \varphi + j \cdot U \cdot J \cdot \sin \varphi$
 $P = \text{Re } \underline{S}$ $Q = \text{Im } \underline{S}$



Rys. Trójkąt mocy.

$S = \sqrt{3} \cdot U_p \cdot J_f$

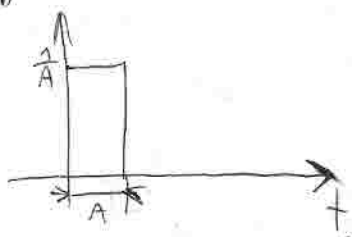
- jak λ to $J_p = J_f$ jak Δ to $U_p = U_f$

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

$S = U \cdot J$ [V·A]
 $P = U \cdot J \cdot \cos \varphi$ [W]
 $Q = U \cdot J \cdot \sin \varphi$ [V·Ar]

Charakterystyka składowa i impulsowa.

Charakterystyka impulsowa jest to odpowiedź układu na wymuszenie w postaci impulsu Diraca.



$\delta(t, A) = \frac{1}{A} \cdot 1(t) - \frac{1}{A} \cdot 1(t-A) = \frac{1(t) - 1(t-A)}{A}$

$\delta(t) = \left. \frac{1(t) - 1(t-A)}{A} \right|_{\Delta t \rightarrow 0}$ - impuls

Rys. $\delta(t)$ - impuls Diraca

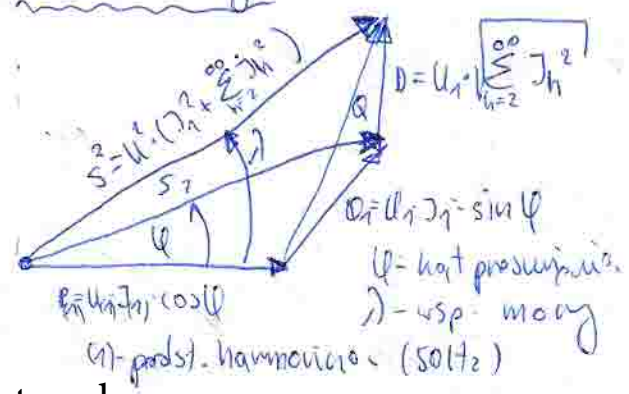
Impuls Diraca $\delta(t) = \begin{cases} \infty & \text{dla } t=0 \\ 0 & \text{dla } t \neq 0 \end{cases}$

$\int \delta(t) dt = 1$

$\frac{d1(t)}{dt} = \delta(t)$

$\int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t) \cdot dt = 1$ $\frac{\Delta U}{U} = \frac{Q}{S_{zw}}$

Składowa moc



$PF = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}}$ - wsp. mocy (power factor)

$J = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} J_h^2}$ \rightarrow THD = $\sqrt{\frac{J^2 - J_1^2}{J_1^2}}$

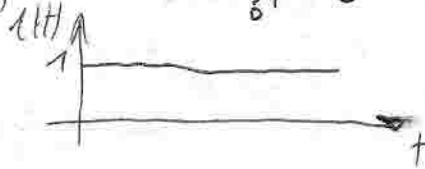
Charakterystyka składowa - odpowiedź układu na wymuszenie w postaci składowej jednostkowej.

$$F(s) = \int_0^{+\infty} f(t) \cdot e^{-s \cdot t} \cdot dt$$

$$\mathcal{L}[1(t)] = \frac{1}{s}$$

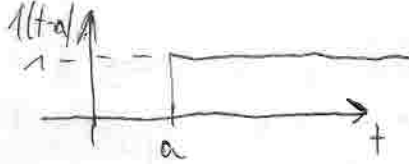
Funkcja jednostkowa:

$$1(t) = \begin{cases} 0 & \text{dla } t < 0 \\ 1 & \text{dla } t \geq 0 \end{cases}$$



Funkcja jednostkowa z opóźnieniem:

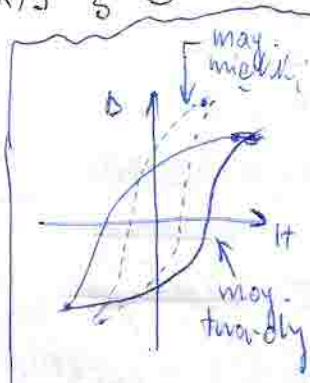
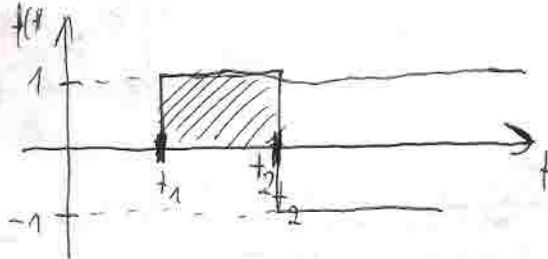
$$1(t-a) = \begin{cases} 0 & \text{dla } t < a \\ 1 & \text{dla } t \geq a \end{cases}$$



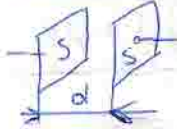
$$\mathcal{L}[1(t-a)] = \frac{1}{s} \cdot e^{-a \cdot s}$$

Funkcja jednostkowa odwrócona:

$$f(t) = 1(t-t_1) - 1(t-t_2)$$



$C = \frac{Q}{U}$
 $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{d}$ [F] dla kondensatora płaskiego



$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$ [F/m]

$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N^2 \cdot S}{l}$ [H]

$L_{11} = \frac{M_{11}}{I_1}$ własna

$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ [H/m]

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

$F_{12} = \frac{q_1 \cdot q_2}{4 \pi \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot r^2}$ [N]

$E = \frac{F_e}{q_0}$ [V/m]

$U = \int E \cdot dl$

$C = \frac{\int D \cdot ds}{\int E \cdot dl}$

$\rho = \frac{U^2}{R}$

$\rho = \frac{U^2}{R}$

$\rho = \frac{U^2}{R}$

$\rho = \frac{U^2}{R}$

$\rho = \frac{U^2}{R}$

$\rho = \frac{U^2}{R}$

$\rho = \frac{U^2}{R}$

$\rho = \frac{U^2}{R}$

$\rho = \frac{U^2}{R}$

$\rho = \frac{U^2}{R}$

$\rho = \frac{U^2}{R}$

$\rho = \frac{U^2}{R}$

$\rho = \frac{U^2}{R}$

$\rho = \frac{U^2}{R}$

$\rho = \frac{U^2}{R}$

$\rho = \frac{U^2}{R}$

$\text{grad } A = \nabla A = 1_x \frac{\partial A}{\partial x} + 1_y \frac{\partial A}{\partial y} + 1_z \frac{\partial A}{\partial z}$

$\nabla \cdot A = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$

$\text{rot } A = \nabla \times A = \begin{vmatrix} 1_x & 1_y & 1_z \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ A_x & A_y & A_z \end{vmatrix}$

$\vec{F} = q \cdot (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$

$W = F \cdot s$
 $W = \int \vec{F} \cdot d\vec{s}$

Indukcja elektryczna

$\vec{p} = q \cdot d - [C \cdot m]$ - dipol elektryczny

$\vec{p} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ [C/m²] - wektor prędkości elektr.

$\vec{D} = \epsilon_0 \cdot \vec{E} + \vec{P}$ $\vec{P} = k \cdot \epsilon_0 \cdot \vec{E}$ - dla liniowych dielektryków

$\vec{D} = \epsilon_0 \cdot \vec{E} + k \cdot \epsilon_0 \cdot \vec{E} = (1+k) \cdot \epsilon_0 \cdot \vec{E} = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \vec{E}$

$\vec{D} = \epsilon \cdot \vec{E}$ - indukcja elektryczna

Prawa Gaussa - strumień indukcji elektrycznej

$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = q$

Indukcja magnetyczna

$\vec{m} = I \cdot \vec{S}$ [A · m²]

$M = \frac{dm}{dv}$ [A/m]

$H = \frac{1}{\mu_0} \cdot B - M$ $M = \chi \cdot H$

$B = \mu_0 \cdot (1 + \chi) H = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H$

$B = \mu \cdot H$ [T]

$\oint H \cdot dl = \oint \vec{j} \cdot d\vec{S} = I$

$\oint H \cdot dl = \oint \vec{j} \cdot d\vec{S} = I$

Prawa Biot-Savart

$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot i \cdot \frac{dl \times \vec{r}}{r^3}$

$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r}{4\pi} \cdot i \cdot \frac{dl \cdot \sin \alpha}{r^2}$

$\vec{B} = \oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum I_n$ - prawo przepływu

Strumień indukcji magnetycznej

$\Phi = \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$

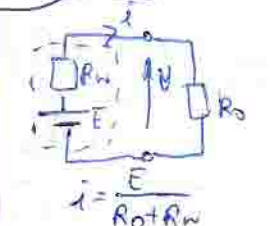
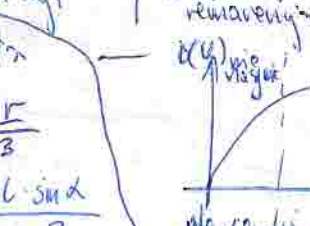
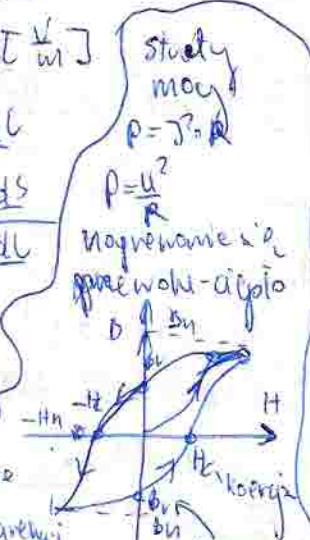
$\Phi = \iiint_V \text{div } \vec{B} \cdot d\vec{v} = 0$

Wzajemna indukcja

$M(H) = \Phi(H)$

$M(H) = L \cdot i$

$e = -L \cdot \frac{di}{dt}$



$i = \frac{E}{R_0 + R_n}$
 $U = E - i \cdot R_n$

małe I_n - met. mag. możliwa (stałe elektryczności)

duże I_n - met. mag. twarde (stałe chemiczne)

Równania Maxwella

$$\nabla \times \underline{H} = \underline{J} + \frac{\partial \underline{D}}{\partial t} \left[\frac{A}{m^2} \right]$$

$$\nabla \times \underline{E} = - \frac{\partial \underline{B}}{\partial t}$$

$$\text{div } \underline{B} = 0$$

$$\text{div } \underline{D} = \rho \left[\frac{C}{m^3} \right]$$

$$\underline{D} = \epsilon \cdot \underline{E}$$

$$\underline{B} = \mu \cdot \underline{H} \text{ [T]}$$

Impedancja falowa



$$\underline{Z} = \frac{\sqrt{R+j\omega L}}{\sqrt{G+j\omega C}} \text{ [}\Omega\text{]}$$

$$\beta = \frac{\omega}{v}$$

$$\underline{Y} = \sqrt{G+j\omega C} \cdot \sqrt{R+j\omega L}$$

$$\underline{\Gamma} = \alpha + j\beta R_{\text{przewodności}}$$

↑ tłumienność falowa
↑ tłumienność falowa
falowa
Równania telegrafistyczne

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial x} = R \cdot i + L \cdot \frac{\partial i}{\partial t} \\ \frac{\partial i}{\partial x} = G \cdot u + C \cdot \frac{\partial u}{\partial t} \end{cases}$$

dla linii bezstratowej $R=0, G=0 \rightarrow \alpha=0$

$$\underline{Z} = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad \underline{Y} = j\beta \quad \beta = \omega \cdot \sqrt{LC}$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

pełna dopasowanie falowe

$$\underline{Z}_2 = \underline{Z}$$

tele stepica powstaje dla linii bezstratowej

- stan falowy $\underline{I}_2 = 0$
 - stan mroźny $U_2 = 0$
- nie ma możliwości pobrania energii

NIE MA IDEALNYCH przewodników i dielektryków
NIE MA IDEALNYCH R, L, C,
wzajemnych powiązań autotocznych

przyjmujemy, że dielektryk jest idealny
 $i(t) \rightarrow$ mroźny prąd w czasie

Prąd przewodzenia (przewodnik idealny)

$$\underline{i} = \frac{dQ}{dt}$$

$$\underline{i} = \frac{dQ}{dt} = n \cdot q \cdot v \cdot dS \text{ [A]}$$

$$\underline{J} = n \cdot q \cdot v \left[\frac{A}{m^2} \right]$$

$$\underline{J} = \frac{\underline{J}}{S} \left[\frac{A}{m^2} \right] \quad \underline{J} = \gamma \cdot \underline{E}$$

Prąd przesunięcia (dielektryk idealny)

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = \frac{dQ}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} \left(\int_S \underline{D}(t) \cdot d\underline{S} \right) = \int_S \frac{\partial \underline{D}(t)}{\partial t} \cdot d\underline{S}$$

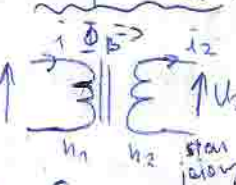
$$\underline{J}_d = \frac{\partial \underline{D}}{\partial t}$$

(konwekcja)

Prąd maselniczy (migracja z wiatrem ładunków) \rightarrow kurz, nalać, nawałnice powodujące tożsamość

$$\underline{J}_c = \underline{J} + \underline{J}_d + \underline{J}_k \left[\frac{A}{m^2} \right]$$

Transformator



$$\begin{aligned} u_1 &= M \sqrt{2} \cdot U_1 \cdot \sin \omega t \\ \epsilon_1 &= -n_1 \cdot \frac{d\Phi_B}{dt} \\ \epsilon_2 &= -n_2 \cdot \frac{d\Phi_B}{dt} \end{aligned}$$

$$u_1 = -\epsilon_1 = n_1 \cdot \frac{d\Phi_B}{dt} \quad u_2 = -\epsilon_2 = n_2 \cdot \frac{d\Phi_B}{dt} \Rightarrow u_2 = -\frac{n_2}{n_1} \cdot u_1$$

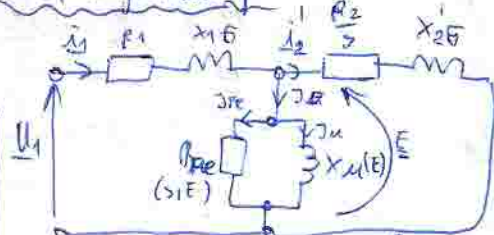
mało "n" oznacza że u_1 i u_2 mają $\frac{i_1}{i_2} = \frac{u_2}{u_1} = \frac{n_2}{n_1}$ prąd i napięcie są odwrotnie proporcjonalne

$\Delta P_{cu} \sim f$ i $\Delta P_{Fe} \sim f^2$ straty

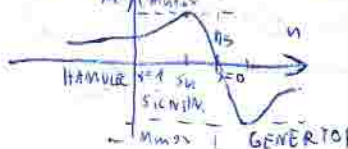
Wzrost straty w żelazie to jest wzrost straty, wzrost napięcia zwrócić, wzrost napięcia wprzebiegają się od siebie.

$Z_2 = \text{imp. zwr.} \cos \phi_2 = \frac{R_2}{Z_2}, U_2 = Z_2 \cdot I_2, U_2 = \frac{U_1}{n} \cdot 100\%$
przewodność zastępcza U_1 aby $i_1 = i_2$
napięcie mierzony i mierzony o relacji, e walter U_2

Schemat 3-fazy



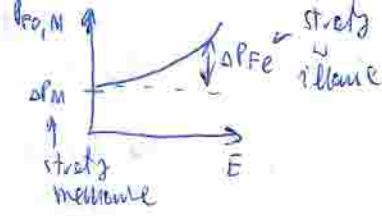
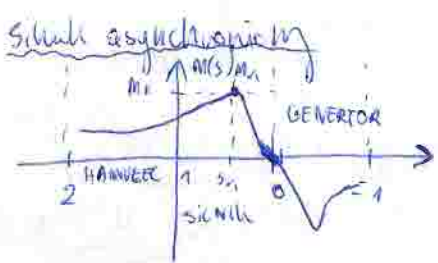
$$n = (1-s) \cdot n_0 \quad f_2 = s \cdot f_1 \quad \underline{J}_E = \underline{J}_{pot} \cdot \underline{J}_n$$



- $P = N \cdot \omega$
- $n = \frac{60 \cdot f}{p}$ $s > 1$ - hamulec
- $s = \frac{n_0 - n}{n_0}$ $s = 1$ - tarcie
- $s < 0$ - silnik
- $s = 0$ - dwukierunkowy
- $s < 0$ - generator

$$\frac{R'_s}{s} = R'_2 + R'_2 \cdot \frac{1-s}{s}$$

mac. prądu w danym kierunku



$$P_{pp} = P_s - \Delta P_s = M \cdot \omega_s$$

↑ strata w stojanie
↑ moc pobrana z siłmi
↑ moc wyjściowa pola

$$P = M \cdot \omega = M \cdot \omega_s \cdot (1-s) = P_{pp} \cdot (1-s)$$

↑ prędkość na wale
↑ moment na wale
↑ moc na wale

$$P_e = P_{pp} - P = M \cdot \omega_s \cdot s = P_{pp} \cdot s$$

↑ moc na wale
↑ moc wyjściowa pola
↑ moc elektryczna

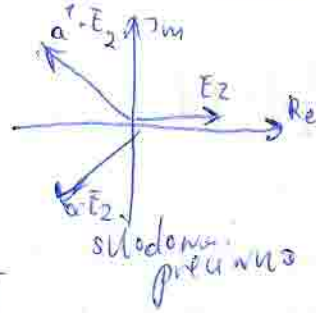
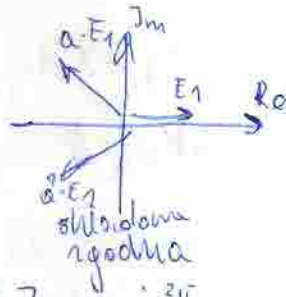
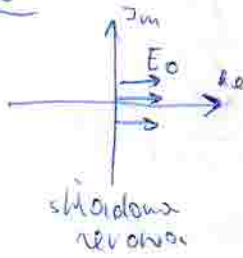
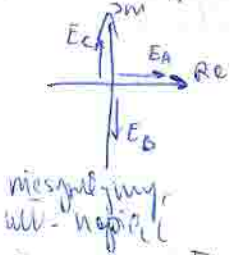
praca generatorowa $s \in (-1, 0)$

praca silnikowa $s \in (0, 1)$

praca hamulcowa $s \in (1, 2)$
(winda w górę w kierunku przeciwnym do \vec{B} stojąca)



Składane symetryczne



$$\begin{bmatrix} W_0 \\ W_1 \\ W_2 \end{bmatrix} = [S] \cdot \begin{bmatrix} W_A \\ W_B \\ W_C \end{bmatrix}; [S] = \frac{1}{3} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix}; a = e^{j\frac{2\pi}{3}}; a^2 = e^{-j\frac{2\pi}{3}}$$

$$\begin{cases} 0 = (Z_0 + 3Z_N) \cdot I_0 + U_0 \\ E = Z_1 \cdot I_1 + U_1 \\ 0 = Z_2 \cdot I_2 + U_2 \end{cases}$$

SEE w układach symetrycznych można opisać r.

<http://www.mbmaster.pl>

Rozgrzewanie: - przeciążenie → zwiększenie temperatury izolacji

- asym. obc → nierówny udział wianochłon w fazach elekt.
- uszkodzenie mag. silnika → możliwość powst. rdzawienia → korozja w stojanie
- obciążenie przepięcia → przeciążenie prądowe silników
- wzrost napięcia → przegrzewanie obr. magnetycznym wskutek przemagnesowania
- zmniejszenie s_c → rdzawienie magnetyczne

Rodzawienie:

- zwarcie - niesymetria napięcia, uszkodz. mechaniczne, powstanie dost. energii elekt.
- praca napięciostanowa - asym. prądowa obc., rozgrzewanie magn. elekt.
- korozja w mag. stojanach (poziomy cętkowy) - atak gładzi, nierówny generatory symetryczni z pracy w trybie
- wzrost napięcia - przegrzewanie dostawie energii elekt.

Zwarcie:

- zwarcie obrotowe - wzrost prądu, obciążenie się sil. rozruch napięcia, zmniejszenie imp. Z, powstanie w prądzie wiskozji
- zwarcie magnetyczne → pojawienie się sil. prądowej prądu, napięcie brzo mag. przeciwny
- zwarcie doziemne → pojawienie się składowej zerowej (0, U, mag)
- przeciążenie ciepłe → wzrost prądu i wzrost temp. w sil. modyfik. prąd.

Reakcja wyjątkowa:

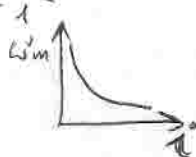
- asymetria prądowa - pojawienie się sil. przeciwny prądu
- prędkość w fadzie 2 faz - pojawienie się sil. przeciwny prądu
- deficyt mag. - zmniejszenie s_c ↓, zwiększenie momentu T
- nadwyżka mag. - wzrost Z_N
- korozja w mag. - zwiększenie momentu amp. prądu fazowego

zwiększenie momentu impedancji wiskozji

siłki sekcjony DC

$$U = R_1 \cdot i + L_1 \cdot \frac{di_1}{dt} + R_2 \cdot i + L_2 \cdot \frac{di}{dt} + k \cdot N_w \cdot \omega_m$$

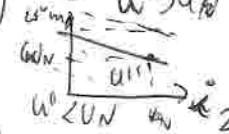
$$M_e = N_w \cdot i = k \cdot N_w \cdot i = k \cdot L_w \cdot i^2$$

$$\int \frac{d\omega_m}{dt} = M_e(t) - M_0(t)$$


siłki obwodowy DC

$$U_w = R_1 \cdot i_1 + L_1 \cdot \frac{di_1}{dt}$$

$$U_e = R_2 \cdot i_2 + L_2 \cdot \frac{di_2}{dt} + c \cdot L_w \cdot i_w \cdot \omega_m$$

$$\int \frac{d\omega_m}{dt} = M_e(t) - M_0(t)$$


wektor Poyntinga

$\underline{P} = \underline{E} \times \underline{H}$ [W/m²] nadmiar mocy jest promieniowany przez bryłę obszar
powierzchniowa gęstość mocy

$P(t) = \iint_S \underline{P} \cdot d\underline{S}$ - moc przekazywana przez powierzchnię [W]

Anteny

$10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P [mW]}{1 [mW]} \right) = P [dBm]$

$L_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{A^2}{A_0^2} \right) = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{A}{A_0} \right)$ rel ↓
 $K_{u_{dB}} = 20 \log_{10} \left(\frac{u_2}{u_1} \right) [dB]$ $dB = \frac{1}{10} B$

$\log_a b = c \rightarrow a^c = b$

Antena jest źródłem promieniowania e-m, w zależności od odległości od anteny można wyróżnić trzy strefy: bliską (reaktywną), pośrednią oraz daleką. W obszarze strefy bliskiej anteny promieniowanie jest ebowym i w związku z tym nie jest wyprzemięniowane na daleko.

Podajmy - o polaryzacji anteny obajdyż kształt figury jako natężenia wektor pola E w czasie propagacji fal.

Param. anteny są często podawane w odniesieniu do anteny izotropowej (ant. izotropowa ch-ryje się sprawnosć 100% → model, sprawnosć energetyki anteny → moc promieniowana do mocy pobranej (strefy głównie idą na ciepło)