1.MAGNETOSTATIKA

1.1 Amperov zakon mag.sile:

Sila med dvema vzporednima vodnikoma je sorazmerna produktu toka v obeh vodnikih in njuni dolžini in nasprotno sorazmerna razdalji med vodnikoma - $F = \frac{\mu_0 \cdot I1 \cdot I2 \cdot l}{2\Pi r}$

Tokovni element ($I \cdot d\vec{l}$) produkta toka z vektorjem diferen razdalje v smeri vodnika.

$$d\vec{F} = \frac{\mu_0}{4\Pi} \frac{I1 \cdot d\vec{l}1 \cdot I2 \cdot \vec{l}2 \cdot \sin\theta}{r_{12}{}^2}$$

$d\vec{F} = I \cdot d\vec{l} \; x \; \vec{B}$ - Sila je pravokotna na tokovni element in mag.polje

Amper je enota ki pri prehodu skozi dva neskončno dolga vodnika zanemarljivega prereza na razdalji med vodnikoma 1m povzroča silo v vakumu $2 \cdot 10^{-7}$N/m

1.2. Vektor gostote mag.pretoka

Gostota mag.pretoka je sila na tokovodnik $B = \frac{F}{I\,L}$ (T) - Tesla

BIOT-SAVRTOV zakon: polje ki ga povzroča tokovni element v točki T.

$\vec{B} = \int_\alpha \frac{\mu_0}{4\Pi} \frac{I \cdot d\vec{l} \; x \; \vec{r}}{r^3}$ - Vektor gost.mag.pretoka

1.3. Uporaba Biot-Savar.zakona:

Tokovna premica: $\vec{B}_{(T)} = \vec{e}_\varphi \frac{\mu_0 \cdot I}{2\Pi r}$ - Raven, neskončen, tanek tokovodnik

Tokovna daljica: $\vec{B}_{(T)} = \vec{e}_\varphi \frac{\mu_0 \cdot I}{4\Pi r}(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2)$ - Tokovna daljica je en od osnovnih elementov, s pomočjo katerih lahko sestavimo bolj kompleksne tokovodnike

Tokovna zanka: $\vec{B}_{(T)} = \vec{e}_z \frac{\mu_0 \cdot I \cdot a^2}{2(a^2+z^2)^{3/2}}$ **Solenoid:** $\vec{B} = \vec{e}_z \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{2 \cdot l}[\cos\beta_1 - \cos\beta_2]$

1.4. Magnetni pretok: je integral vektorja gostote pretoka skozi določeno površino $\Phi = \int_A \vec{B} \cdot d\vec{A}$ (Vs=W_b)

Če je polje pravokotno na površino je fluks največji

$\Phi = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot l}{2\Pi} ln \frac{r_2}{r_1}$ - Pretok skozi ploskev ob ravnem vodniku

1.5. Neizvornost mag.polja

$$\oint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

Toliko mag.pretoka iztopi,toliko ga tudi vstopi, zato je vsota vsih mag.pretokov enaka 0.

1.6. Vrtinčnost mag.polja – Amperov zakon

Integral gostote mag.pretoka po zaključeni poti je sorazmeren toku,ki ga zanka oklepa. $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot l$

Če je vrednost integrala različna od 0 je polje vrtinčno.

Amper je enota ki pri prehodu skozi dva neskončno dolga vodnika zanemarljivega prereza na razdalji med vodnikoma 1m povzroča silo v vakumu $2 \cdot 10^{-7}$N/m

1.7. Uporaba zakona o vrtinčnosti.

· Zunanjost in notranjost ravnega vodnika $\vec{B} = \vec{e}_{\varphi} \frac{\mu_0 \cdot I}{2\Pi r}$

· Dolga ravna tuljava – solenoid $B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{l}$

· Toriod pravokotnega preseka

· Toroid okroglega preseka – približno $B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{2\Pi r}$

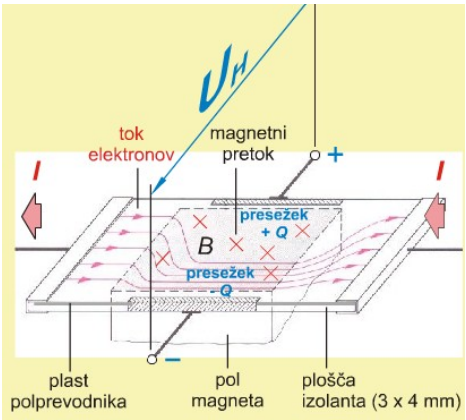
· Tokovna obloga

1.8. Mag.sila na gibajoč naelektren delec

Ta sila deluje le v primeru če se telo giblje. Sila je pravokotna na smer vektorja hitrosti in mag polja. $\overrightarrow{F_m} = Q \cdot \vec{v} \, x \, \vec{B}$

Uporabljamo: -Gibanje nabojev v zemeljskem magnetnem polju, -katodna cev.

1.9. Hallov pojav in merjenje gostote mag.pretoka:



Hallov pojav je ko se na gibajoče el.delce skozi mag.polje pojavi mag sila, ki jih preusmeri. Na obeh koncih plošč dobimo raličen potencial in z njimi lahko merimo gostoto mag.pretoka.

Hallova nap se uporablja za merjenje gosote mag.pretoka s formulo $U_H = R_H \cdot \frac{I \cdot B}{d}$

R_H-Hallov koeficient

1.10. Mag.sila na tokovodnik

Sila med dvema vzporednima vodnikoma je sorazmerna produktu toka v obeh vodnikih in njuni dolžini in nasprotno sorazmerna razdalji med vodnikoma - $F = \frac{\mu_0 \cdot I1 \cdot I2 \cdot l}{2\Pi r}$

Amper je enota ki pri prehodu skozi dva neskončno dolga vodnika zanemarljivega prereza na razdalji med vodnikoma 1m povzroča silo v vakumu $2 \cdot 10^{-7}$N/.

1.11. Navor na tokovno zanko v mag.polju

Velikost navora - $\vec{T} = \vec{r} \, x \, \vec{F} \cdot sin\, \theta$; kjer je θ kot med smerjo vektorja ročice in sile.

Smer vrtenja je pravokotna na ravnino, ki jo določata vektorja ročice in sile.

Navor v homogenem polju, ki je za kot θ zamaknjeno od normale na površino zanke
dobimo z upoštevanjem sile na stranico dolžine l.

1.12. Delo mag.sile za premik ali zasuk tok.zanke

Delo magnetne sile za premik tokovne zanke dobimo z integracijo sile po poti S.

$A = \int_S \vec{F} \cdot d\vec{S}$

Ker je magnetno polje brezizvorno mora biti celoten fluks skozi telo enak 0 - $\oint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$

Če je rezultat pozitiven pomeni, da so delo opravile mag.sile, če je pa neg.pa zunanje.

$A = I \cdot (\Phi_{končni} - \Phi_{začetni})$

1.13. Magnetni dipol,mag.dipolski moment

Magnetni dipolni moment: Produkt toka in površine zanke $\vec{m} = \vec{e_n} \cdot I \cdot A$

$\vec{e_n}$=smer normale, določa smer toka in kaže v smeri polja znotraj zanke

1.14. Snov v mag.polju

Vektor Magnetizacije-definiramo kot povprečje mag.dipolskih momentov na enoto volumna

$$\vec{M} = \lim_{\Delta V \to 0} \frac{\sum \vec{m}}{\Delta V}$$

Magnetno polje se poveča, če vanj vnesemo feromagnetni material. To povečanje polja zapišemo z Amperovim zakonom $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_A \vec{J_c} \cdot d\vec{A}$ kjer desna stran predstavlja zaobjeti konduktivni (vzbujalni) tok. Prednost tega zapisa je v tem, da je H neodvisnen od prisotnosti magnetnih materialov.

1.15. Dia-,para- in feromagnetizem

Diamagnetiki: gostota mag.polja v snovi je malo manjša od gostote mag.polja izven te snovi

Če diamagnetike postavimo v bližino močnega trajnega magneta bo med njima odbojna sila

Magnetizacija kaže v nasprotni smeri kot vzbujanje

$\mu_r < 1$

Paramagnetiki: mag.polja v snovi je malo večja od gostote mag.polja izven te snovi

Magnetizacija kaže v smeri vzbujanja polja. Sila na paramag.je v smeri večje gostote polja. (aluminij,magnezij,krom,kisik)

$\mu_r > 1$

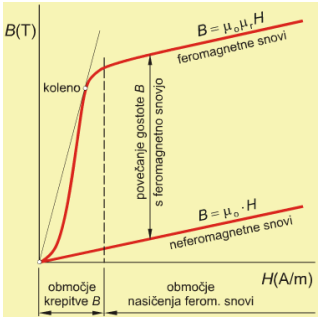
Feromagnetiki: mag.polja v snovi je veliko večja od gostote mag.polja izven te snovi (železo,nikelj,kobalt) - Atomi se gruperajo v območja,ki jim pravimo domene

1.16.Vektor mag.poljske jakosti

Integral jakosti magnetnega polja po zaključeni poti enak vsoti vseh objetih konduktivnih tokov - $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_A \vec{J_c} \cdot d\vec{A}$ Relativna permeabilnost - $\mu_r = \frac{B}{\mu_0 \cdot H}$

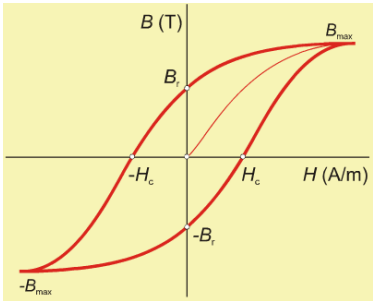
1.17.Feromagnetiki

Krivulja magnetenja Zunanje vzbujanje opišemo z jakostjo mag.polja H. Krivulje pri feromagnetikih niso



linearne na začetku je naklon manjši, potem pa večji in pri velikih vzbujanjih spet manjši. Začetni krivulji magnetenja pravimo deviška krivulja, ker se ob izklopu zunanjega vzbujanja gostota ne vrne na nič.

Histerezna zanka do določenega B-ja je proces magnetenja še reverzibilen, ko pa je ta vrednost presežena se pri zmanjševanju vzbujanja B počasneje zmanjšuje, ko je vzbujanje izklopljenjo ostane v določeno polje ki ga imenujemo remanenca (Br). Če smer vzbujanja obrnemo se polje zmanjšuje in pri določeni vzbujanje pade na 0. Tej točki rečemo koercitivna jakost polja (Hc)



1.18. Mejna pogoja vektorjev mag.polja ob stiku medijev

Imamo 2 snovi z permeabilnostima μ1 in μ2 in poljema B1 in B2 mejne pogoje določimo iz 2.splošno uveljavljenih zakonov:

- breizvornosti mag polja (Gaussov zakon) $\oint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \rightarrow B_{n1} = B_{n2}$
- vrtinčnosti mag.polja $\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_A \vec{J} \cdot d\vec{A}$ - Amp. Zak.

Da na meji ni površinskega toka se ohranja tudi tangencialna komponenta magnetne poljske jakosti $\vec{n} \cdot (\overrightarrow{B_2} - \overrightarrow{B_1}) = 0$

če je $\vec{K} = 0$ je $H_{t2} = H_{t1}$ $\vec{n} \cdot (\overrightarrow{H_2} - \overrightarrow{H_1}) = \vec{K}$

1.19. Skalarni mag.potencial,mag.napetost

Magnentna napetost – $\theta = N \cdot I$ $\theta = \oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l}$

V enačbi nastopa tok pomnožen s št. Ovojev kot vzbujanje (VIR) mag.polja. zato ga pogosto imenujemo tudi mag.napetost

Mag.potencial Integral jakosti magnetnega polja po zaključeni zanki je enak magnetni napetosti, oziroma toku, ki ga zanka oklene. Magnetni potencial v točki T1 zapišemo kot

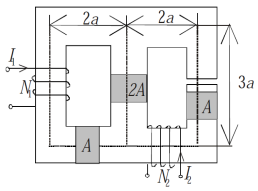
$$V_m(T1) = \int_{T_1}^{T_2(V_m=0)} \vec{H} \cdot d\vec{l}$$

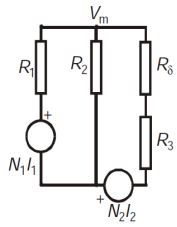
1.20.Magnetna vezja

Za analizo mag struktur nam služi Amperov zakon,ki ga moramo malo poenostaviti

$$\sum_{i=1}^{n} H_i \cdot l_i = \theta$$

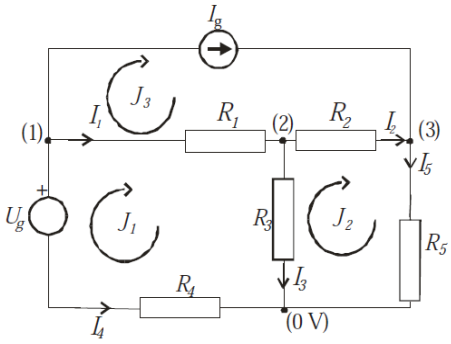
Leva stran: padci mag.napetosti na posameznih odsekih Desna stran:tokovno vzbujanje Mag.upornost - $R_m = \frac{l}{\mu \cdot A}$





Primerjalno z Ohmovim zakonom in Kirchofovimi zakoni za električno vezje, lahko tvorimo t.i. magnetna vezja, kjer fluks zamenja vlogo toka, vlogo virov prevzame magnetna napetost z amperskimi ovoji, namesto električne pa nastopa magnetna upornost. Tako lahko obravnavamo poljubno magnetno vezje, kjer pa je potrebno upoštevati, da mora biti relativna permeabilnost konstantna.

1.21. analiza mag.vezij



<u>Metoda vejnih tokov:</u> Označimo smer tokov v vsaki veji. Smer toka (skozi upor) določa tudi smer napetosti. Toka v veji s tokovnim virom enačimo kar s tokom tokovnega generatorja.

<u>Metoda zančnih tokov:</u> 2.KZ, kjer namesto vejskih tokov uporabimo zančne toke. Potrebno število enačb je enako številu dopolnilnih vej.

<u>Metoda spojiščinh potencialov:</u> 1. KZ - zapišemo vsoto tokov v spojišče, ki = nič. Toke izrazimo s potenciali spojišč, razen, če je tok v veji znan. Označimo vsa spojišča in jim pripišemo neznane potenciale. Potencial enega spojišča ozemljimo. Število potrebnih enačb je enako N–1, kjer je N število spojišč.

<u>Metoda superpozicije</u>: poljubno vezje sestavljeno iz linearnih elementov z več viri poenostavimo tako, da analiziramo vezje s posamičnim vklopom posameznih virov v vezje. Toke, ki jih izračunamo na tako poenostavljenem vezju na koncu seštejemo.

<u>Theveninov teorem:</u> da je mogoče poljubni del linearnega vezja med poljubnima sponkama nadomestiti z realnim napetostnim virom, torej z idealnim napetostnim virom in notranjo upornostjo. $U_{TH} = U_0$→ nap.odprtih sponk me sponkama nadomestitve $R_{TH} = R_{notranja}$

<u>Nortonov teorem:</u> poljubni del linearnega vezja nadomestimo z Nortonovim nadomestnim
vezjem, ki je sestavljeno iz idealnega tokovnega vira in vzporedne notranje upornosti.

$I_N = I_K$; $I_N = \frac{IU_{TH}}{R_{TH}}$; $R_{TH} = R_{notranja}$

2. DINAMIČNO ELEKTRO MAGNETNO POLJE

2.1. Faradejev zakon indukcije

Časovno spreminjajoči tok v tuljavi povzroči **inducirano nap**. $U_i = -\frac{d\psi}{dt}$

Je takega predznaka da bi po sklenjeni zanki pognala tok, katerega fluks bi nasprotoval prvotnemu fluksu skozi zanko - Lentzovo pravilo

Magnetni sklep - ψ - produkt št.ovojev in fluksa skozi ovoje $\psi = N \cdot \Phi$; $U_i = \frac{d\psi}{dt}$

Transformatorska ind.nap – se v zanki pojavi kot posledica čas. sprmembe fluksa v zanki.

Gibalna ind.nap - je posledica gibanja prevodnika v mag.polju.

2.2 Lastna in medsebojna induktivnost

Lastna induktivnost – Predstavlja neposredno zvezo med tokom in napetostjo na tuljavi-lastn.indu. saj fluks povzroča tok neke druge tuljave.

Minus predznak je zato, da se pravilno interpretira učinek spreminjanja fluksa pri nastanku inducir.nap. $Ui = -\frac{d\psi}{dt} = -L \cdot \frac{dI}{dt}$

Medsebojna induk. – fluks v navitju je posledica vzbujanja v drugem navitju

Inducirana nap.izražena z medsebojno ind.tuljave $U = -M \cdot \frac{dI_1}{dt}$

Faktor sklopa – če je magnetna povezava med dvema tuljavama linearna $k = \frac{M}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}}$

2.3. Energija mag.polja

Energija je integral moči s časom – $W(t) = \int_{t_0}^{t} P(t) \cdot dt$

Za vzpostavitev magnetnega polja je treba vložiti v sistem določeno količino energije.

Linarni sistemi: $W(t) = \frac{1}{2} L i^2(t)$

Nelinearni sistemi: $W(t) = \int_{B(t)}^{t} \vec{H} \cdot d\vec{B}$

2.4. Histerezne in vrtinčne izgube

Histerezne izgube predstavljajo količino vložene energije, potrebne za spremembo magnetne polaritete jeklene pločevine ob spremembi izmeničnega toka v navitju. Vrednost vložene energije za eno periodo je premosorazmerna površini, ki jo opiše magnetilna krivulja v B-H diagramu (histerezna krivulja).

Vrtinčni tokovi tečejo zaradi inducirane napetosti, ki se pojavi kot sprememba magnetnega polja v električno prevodnem materialu.

2.5. Magnetna sila na kotvo el.magneta

1. Ko ni virov ki bi dovajali energijo v sistemu:
   ΔW-sprememba enrgije shranjuje v mag.polju
   Mehansko delo bo v tem primeru zmanjšalo mag.energijo (trajni mag.)

$$F_x = -\frac{\Delta W}{\Delta x}\Big|_{\Phi_{konst.}}$$

2. Ko je vir priključen in kostaneten v tem primeru bo mehansnko delo rezultiralo v povečanju mag.energije ki pride iz virov (elektromagnet)

$$F_x = -\frac{\Delta W}{\Delta x}\Big|_{I_{konst.}}$$

3. ČASOVNO SPREMENLJIVA IN HAROMNIČNO VZBUJANJE EL.VEZJA

3.1. Časovna spremenljiva in periodična količina

Časovno spremenljive veličine se označujejo z malimi črkami: u, i, B(t)

3.2. Periodična količna

Perioda - T – čas v katerem se začne funkcija ponavljati
Frekvenca – je število period v časovni enoti f=1/T,
Kotna frekvenca – $\omega = 2 \cdot \Pi \cdot f \quad = \frac{2\Pi}{T}$
Srednja ali povprečna vrednost – površina pod krivuljo deljena s periodo $I_{sr} = \frac{1}{T}\int_0^t i(t) \cdot dt$
Efektivna vrednost – povprečna vrednost kvadrata signala) $I_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^t i(t) \cdot dt}$

3.3. Harmonična količina

Harmoničen signal je lahko sestavljen iz več sinusnih signalov različnih amplitud in frekvenc

3.4.Odnos med tokom in nap.na uporu,kond,tulj.

UPOR: Napetost na uporu je v fazi s tokom. $u_{(t)} = R \cdot i_{(t)}$

TULJAVA: Napetost na tuljavi prehiteva tok za Π/2. $u = L \cdot \frac{di}{dt}$

KONDENZATOR: Napetost na kond.zaostaja za tokom za Π/2. $i = C \cdot \frac{du}{dt}$

3.5. Močnoste in energijske razmere na uporu,kond in tuljavi

UPOR: Trenutna moč na uporu ima sinusno obliko vendar niha z dvojno frek.osnov.sig.
Povprečna moč: $P = \frac{I_m{}^2 \cdot R}{2} \quad I_g{}^2$
Energija: $W(t) = I_g{}^2 \cdot R \cdot T$

TULJAVA: Trenutna moč niha z dvojno frekvenco vendar brez enosmerne komponente. Energija se v četrtini periode porablja za grajenje mag.polja v drugi četrtini pa se vrača nazaj v vezje. $W_{se} = \frac{I_m \cdot U_m}{4 \cdot W} \qquad W_{max} = \frac{L \cdot I_m{}^2}{2}$

KONDENZ.:(isto kot pri tuljavi)
$W_{se} = \frac{I_m \cdot U_m}{4 \cdot W} \qquad W_{max} = \frac{C \cdot U_m{}^2}{2} \qquad P = -\frac{I_m \cdot U_m}{2} \cdot \sin(2\omega t)$

3.6. Kazalec harmonične količine

Eulerjev obrazec - $e^{j\alpha} = \cos\alpha + \sin\alpha$

S tem lahko zapišemo poljuben harmoničen signal, poleg raelnega pridobimo še imaginaren del. Tvorili smo kompleksor harmonične funkcije , ki opisuje amplitudo in fazo

3.7. Odnos med kazalcem toka in napetosti na uporu,kond,tulj.

UPOR: kompleksorja toka in nap.sta v fazi. Fazni kot med njima je 0

$i_{(t)} = I \cdot \cos(\omega t)$; $u_{(t)} = R \cdot i_{(t)} \rightarrow U = R \cdot I$

TULJAVA: tok zaostaja za nape.za Π/2 fazni kot je 90

$i_{(t)} = I \cdot \cos(\omega t)$; $u_{(t)} = j\omega L \cdot I$

KOND.: tok prehiteva nape.za Π/2 fazni kot je -90

$i_{(t)} = I \cdot \cos(\omega t)$; $u_{(t)} = \frac{I}{j\omega C}$

3.8. Kirchoffova zakona v kompleksu:

I.kirch.zak: vsota vseh prtekajočih in odtekajočih v vozlišu tokov je enaka 0 → $\sum_{k=1}^{m} I_K = 0$

II.kirch.zak: vsota vseh napetosti v določeni zanki je enako 0 → $\sum_{j=1}^{n} U_j = 0$

3.9. Imitanca – dvopola

Kvocient kompleksorjev napetosti in toka imenujemo Imepedanca ali kompl.upor - $Z = \frac{U}{I}$

Inverz impedanci je admitanca ali kompleksna prevodnost. $Y = \frac{1}{Z} = \frac{I}{U}$

	Admitanca - Y	Impedanca - Z
UPOR	G	R
TULJAVA	$\frac{1}{j\omega L} = jBL$	jωL=jXC
KONDENZATOR	jωC=jBC	$\frac{1}{j\omega C} = jXL$

B-susceptanca(imaginarni del Admitance); X-reaktanca(imaginarni del Impedance)

3.10. Kompleksna moč

Trenutno moč vezja opišemo kot vsoto dveh komponent moči, ene enosmerne in ene izmenične ki nihata z dvojno frekvenco.

Delvna moč - predstavlja povprečno moč $P = \frac{U_m \cdot I_m}{2} \cdot \cos\phi$

se pretvarja v neko drugo obliko na uporu v toploto v motrjih pa v mehanske.

Faktor cosφ imenujemo **faktor moči**.

Nevidezna moč – trenutna moč niha z dvojno frekvenco okoli vrednosti povprečne moči. To je tista moč ki nam pove koliko lahko obremenimo napravo - $S = \frac{U_m \cdot I_m}{2}$

Jalova moč – predstavlja izmenjalno moč v smislu pretakanja energije v element in iz elementa nazaj v vezje $Q = \frac{U_m \cdot I_m}{2} \cdot \sin\phi$

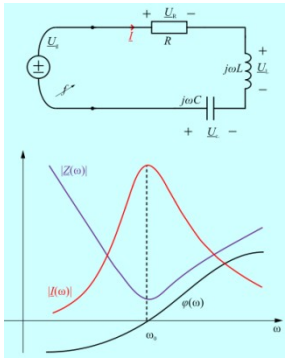
$$S^2 = P^2 + Q^2$$

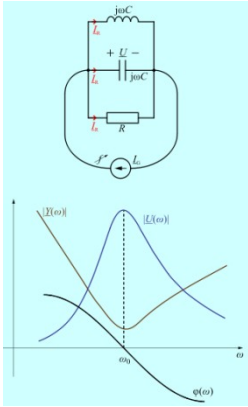
3.11. Kompenzacija jalove moči

Jalovo moč je navzven mogoče do določene mere kompenzirati. Bremenu dodamo elemente, ki izmenjujejo energijo z bremenom. Uporablja se vzporedno vezava kondz.

Pri polni kompenzaciji breme navzven deluje kot ohmsko, torej je jalova moč navzven enaka 0, pri nepopolni pa jalovo moč zmanjšujemo do določene mere.

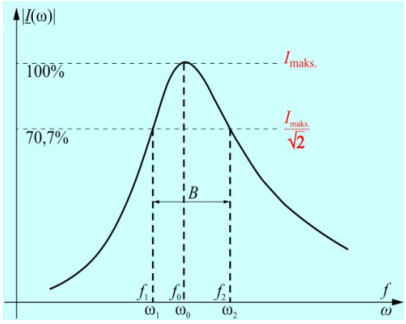
3.12. Resonanca





Resonančna frekvenca je vrednost pri kateri imata kapacitivna in indukativna reaktanca isto vrednost pri tej frekvenci je fazni kot 0.
Vsiljenjo nihanje zaporednega nihajnega kroga:
-Pri frekv., ki so manjše od resonančne prevladuje reaktanca kapac., fazni kot je neg.
-pri frekv.,ki so večje od resonance je fazno kot pozit+ in prevladuje reaktanca induktivnosti. To vezje ima največjo prevodnost pri resonanci.
Pri vzporedni vezavi lahko opazimo da sta tokova preko C il L lahko veliko večja kot skupni tok I. Podobno smo ugotovili pri serijskem vezju za nap. (če je vezje v resonanci se na zunaj obnaša kot čist ohmski upor.

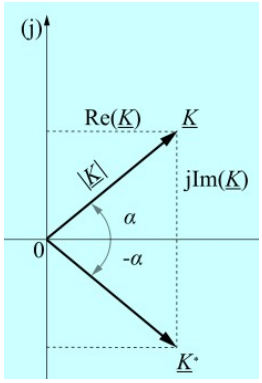
3.13.Pasovna širina in kvaliteta nihajnega kroga



Bolj ko je krivulja ozka večja je njena kvaliteta.
Normirana pasovna širina je pasovna širina deljena z resonančno frekv. $b = \frac{B}{f_0} = \frac{f_2 - f_1}{f_0} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_0}$

Kvaliteta nihajnega kroga: $Q = \frac{1}{b} = \frac{f_0}{B}$ **Razglašenost:** $\beta = \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}$

3.14. Metode analize harmonično vzbujalnih vezij



Za potrebe analize harmonično vzbujanih vezij vpeljemo določene *kompleksne količine*. Simbol (črko) kompleksne količine podčrtujemo. Če je črka u simbol za napetost, potem je znak (U) __simbol za njej pridruženo »kompleksno napetost«, katere realni del je Re(U), imaginarni del pa je Im(U). Če ravno je pri tem (U) zgolj kompleksno število, izraženo v voltih, ga v kompleksni ravnini zaradi nazornosti upodabljamo z daljico od izhodišča do točke (U), ki jo opremimo še s strelico _ da postane kvazi-vektor; rečemo mu *kazalec napetosti*.

3.15.Theveninov in nortovon teorem

Vezje med poljubnima dvema sponkama nadomestimo z ralnim nap.virom. theveninova upornost je notranja upornost vezja, tokovni vir odklopimo (odprte sponke), napetostnega pa kratkosklenemo.
Napetost thevenina dobimo kot napetost med sponkama odklopljenega upora.
Northonovo nadomestno vezje je ekvivalentno Theveninovemu, le da ga predstavimo z realnim tokovnim virom.

3.16. Teorem max.moči

Da dosežemo maksimalno moč, mora biti upornost bremena torej enaka nadomestni notranji upornosti $\mathbf{Z}_g = \mathbf{Z}_b^*$ maksimalna moč pa bo tedaj $\mathbf{P}_{b,max} = \frac{\mathbf{U}_g^2}{8 \cdot \mathbf{R}_g}$

Realno breme: $\mathbf{R}_b = |\mathbf{Z}_g|$ $\quad \mathbf{P}_{b,max} = \frac{\mathbf{U}_g^2}{4 \cdot (\mathbf{R}_g + \mathbf{Z}_g)}$

3.17. TR brez izgub

Magnetilni tok – če so na sek.strani odprte sponke teče na primarni strani tok, ki ga povzroči fluks v jedru TR. $\mathbf{I}_1 = \frac{\mathbf{U}_1}{j\omega \mathbf{L}_1} = \mathbf{I}_{1m}$

Ravnotežni tok –Razliko celotnega toka v primarju in magnetilnega toka, ta tok povzroči dodaten tok na primarju. $\mathbf{I}_{1r} = \mathbf{I}_1 - \mathbf{I}_{1m}$

Napetostna prestava - Je razmerje med vhodno in izhodno napetostjo enako razmerju števila ovojev n. $\frac{\mathbf{U}_1}{\mathbf{U}_2} = \frac{\mathbf{N}_1}{\mathbf{N}_2}$

Tokovna prestava. To je razmerje tokov obratno sorazmerno številu ovojev $\frac{\mathbf{I}_1}{\mathbf{I}_2} = -\frac{1}{n}$

3.18. Idealni TR

pretvorba impedance bremena v vhodno impedanco. Če magnetilni tok zanemarimo, potem je impedanca navideznega bremena enaka kvocientu kazalca napetosti vira in kazalca primarnega toka:

$Z_1 = \frac{\mathbf{U}_1}{\mathbf{I}_1} = n^2 \cdot Z_b$

3.19. Realni TR

Izgube v železnem jedru transformatorja imajo dva vzroka:

– <u>zaradi magnetenja železnega jedra po histerezni zanki</u> to so <u>Histerezne izgube</u> - so premo sorazmerne s ploščino hister. zanke

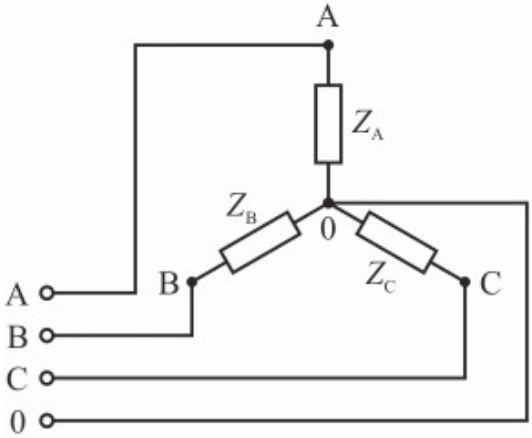
– <u>zaradi pojava vrtinčnih tokov – vrtinčne izgube.</u>

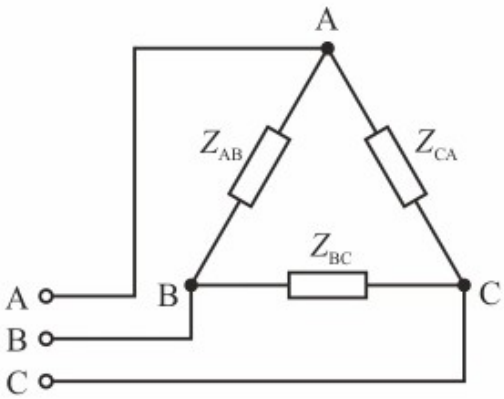
3.20. Trifazni sistemi

$u_{1(t)} = u_m \cdot \cos(\omega t + \alpha)$ $\quad U_{mf} = \sqrt{3} \cdot U_f$ $\quad U_1 = U_f \cdot e^{j90^\circ}$

$u_{2(t)} = u_m \cdot \cos(\omega t - \frac{2\Pi}{3} + \alpha)$ $\quad U_2 = U_f \cdot e^{-j30^\circ}$

$u_{3(t)} = u_m \cdot \cos(\omega t + \frac{2\Pi}{3} + \alpha)$ $\quad U_3 = U_f \cdot e^{-j150^\circ}$





3.21. Prednosti 3.faz.sistema

Lažji prenos energije večje oddaljenosti. Zmanjšanje materiala - en vodnik lahko porabimo skupno.

3.22. Analiza vzbujanja 3faz bremena v zvezdni vezavi z nevtralnim vodnikom

Vsako od bremen je priključeno na eno od faznih napetosti

$I_1 = \frac{U_1}{Z_1}$ $\quad I_2 = \frac{U_2}{Z_2}$ $\quad I_3 = \frac{U_3}{Z_3}$

Vsota faznih tokov - $I_0 = I_1 + I_2 + I_3$

Moč bremena je enaka moči posameznih bremen - $S = S_1 + S_2 + S_3$

3.23. Potencial zvezdišča

Če je breme simetirčno Z1=Z2=Z3 je Io=0

Temu rečemo potencial zvezdišča če imamo priključen ničelni vodnik je potencial enak 0.

3.24. Analiza vzbujanja 3faz bremena v trikot vezavi

Elementi bremena so priključeni na medfazni napetosti. Napetost na posameznih elementih bremena so za $\sqrt{3}$ večji od faznih napetosti.

$U_{mf} = \sqrt{3} \cdot U_f$

3.25. Prehodni pojav

Veljata Kirchof.zakona in osnovne zveze

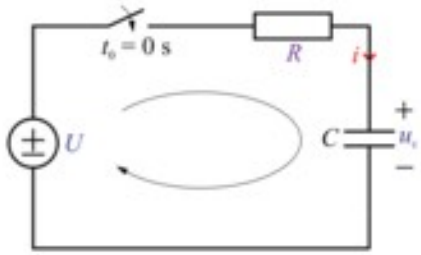
UPOR	$u_{(t)} = R \cdot i_{(t)} \quad \rightarrow \quad i_{(t)} = G \cdot u_{(t)}$
TULJAVA	$u_{(t)} = L \cdot \frac{di_{(t)}}{dt} \quad \rightarrow \quad i_{(t)} = \frac{1}{L}\int_0^t i(t) \cdot dt + i_{Lo}$
KONDENZATOR	$u_{(t)} = \frac{1}{C}\int_0^t i(t) \cdot dt + u_{Co} \quad \rightarrow \quad i_{(t)} = C \cdot \frac{du_{(t)}}{dt}$

<u>Začetni pogoji:</u> Nap.na kond.je integral toka skozi kond. Tudi če se tok hitro spremeni, se lahko nap.spremeni le postopoma. To pomeni, da bo nap.na kond.tik pred spremembo enaka nap.tik po spremembi. $u_C(0^+) = u_C(0^-)$

Tok skozi kond.se lahko spremeni hipoma. Pri tuljavi pa se lahko hipoma spremeni nap. Skozi tuljavo, tok pa se ne more. $i_L(0^+) = i_L(0^-)$

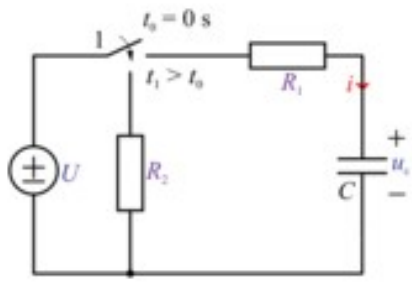
3.26. Polnjenje in praznjenje kondenzatorja ali tuljave

Polnenje kondenzatorja



Kondenzator naj bo pred vklopom stikala, prazen.Takoj za tem se v zanki pojavi tok, ki je prvi hip največji, saj je kondenzator še prazen. Po zelo kratkem času se le-ta delno naelektri in doseže napetost uC, zaradi česar se tok že rahlo zmanjša. Tok očitno usiha, napetost kondenzatorja pa raste, vendar dlje kot do U ne pride. Ko polnilni tok povsem presahne, je kondenzator dokončno naelektren.

Praznjenje kondenzatorja



Prvotno vezje dogradimo s še enim uporom in s tripolnim stikalom. Ko je pretikalo v položaju 1, se

kondenzator polni s tokom skozi upor upornosti R_1, ko pa je v položaju 2, se kondenzator prazni s tokom skozi oba upora.