

1. Magnetostatika

1. Amperov zakon magnetne sile (med tokovnimi elementoma)

Pravilno predvideva, da če električni tok povzroča magnetno polje in s tem odklon magnetne igle, mora obstajati tudi sila med dvema vodnikoma s tokom. Sila je privlačna, če toka tečeta v isto smer in odbojna, če toka tečeta v nasprotno smer $\mu_0 = 4,7 \cdot 10^{-7}$ [H/m].

Amper je enota za električni tok, ki pri prehodu skozi dva neskončna ravna vodnika zanemarljivega prereza na razdalji med vodnikoma 1 m v vakuumu povzroči silo $2 \cdot 10^{-7}$. **Tokovni element.** Za silo med vodnikoma velja le za dva vzporedna vodnika. Za izračun sile na (toko)vodnik poljubne oblike, je Ampere vpeljal koncept tokovnega elementa $I dl$. Tokovni element imenujemo produkt toka v vodniku z vektorjem majhne (diferencialne) razdalje v smeri vodnika. Tokovni element. Enačba (1.1) za silo med vodnikoma velja le za dva vzporedna vodnika. Za izračun sile na (toko)vodnik poljubne oblike, je Ampere vpeljal koncept tokovnega elementa $I dl$. Tokovni element imenujemo produkt toka v vodniku z vektorjem majhne (diferencialne) razdalje v smeri vodnika.

$$dF = Idl \times B$$

2. Vektor gostote magnetnega pretoka

Sila na tokovni element.

BIOT-SAVARTOV ZAKON: Polje, ki ga tokovni element Idl povzroča v točki T:

Enačba nam poda samo velikost polja ne pa tudi smeri, katera je vedno pravokotna na ravnino, če določimo polje v točki T za celoten vodnik moramo integrirati prispevke vseh.

3. Uporaba Biot-Savartovega zakona. Tokovna daljica:

Premica:

Tokovna zanka:

Solenoid: zelo dolga tuljava v primerjavi s polmerom ($\cos\beta_1 = \cos\beta_2 = 1$)
polje na robu dolge tuljave:

4. Magnetni pretok, integral vektorja gostote pretoka skozi določeno površino.

Če je polje pravokotno na površino je fluks največji $I = B \cdot A$

Pretok skozi ploskev ob ravnem vodniku.

5. Neizvornost magnetnega polja, ker je polje vrtinčno enak del pretoka ki v določen prstoe vstopa tudi izstopa. Ne odstaja magnetni izvor in ponor kot v pri el. Naboju. MP ni izvorno (vsaka trajni magnet je izvor in ponor MP). Zaradi lažjega računanja se uporablja pojem magnetni naboj. Gostoto pretoka smo prikazali z gostotnicami.

6. Vrtinčnost magnetnega polja – Amperov zakon, integral B po zaključeni poti je sorazmeren toku, ki ga oklepa zanka. Amperov zakon imenujemo tudi zakon vrtinčnosti polja sej je vrednost tega integrala različna od nič le če je polje vrtinčno. Predznak zaobjetega toka je odvisen od smeri integracije v zanki in smeri toka v vodniku, ki ga zanka obkroža. Predznak je pozitiven če predpostavimo da smer zanke predstavlja smer toka v zanki in je polje te zanke na mestu vodnika s tokom enaka kot smer toka v vodniku.

7. Uporaba zakona vrtničnosti, Polni okrogli vodnik: v vodniku

zunaj vodnika

solenoid

toroid

tokovna obloga

8. Magnetna sila na gibajoč naelektren delec $F_m = Q \cdot v \times B$

Sila na naboj v MP ne deluje v smeri MP temveč pravokotno na to smer. Poleg tega deluje ta sila le če se naboj giblje, sila je pravokotna na smer vektorja hitrosti in MP. V homogenem MP bo rotiral po krožnici. Radij dobimo izenačenjem magnetne in centrifugalne sile. Delcu s v se ne spremeni kinetična energija. Lorentzova sila, na naboj deluje električno in magnetno polje. $F = QE + Qv \times B$. $R = (m \cdot v) / (Q \cdot B)$

9. Hallov pojav in merjenje gostote magnetnega pretoka

Elektroni v prevodniku potujejo s hitrostjo drifta, na njih deluje sila $F_m = QvB$ in povzroči rotiranje in kopičenje proti eni strani prevodne plošče. Na drugi strani zato nastane pomankanj elektronov. Zato se vzpostavi električno polje in s tem napetost, ki je običajno majhna (uV). Iz hallove napetosti lahko določimo hitrost driftov nabojev ali gostoto, najpogosteje pa se hallovo sondo uporablja za merjenje B. Pri tem se običajno uporablja kar formula $U_h = R_h \cdot (IB/d)$, kjer je R_h hallov koeficient.

Pri merjenju moramo zajeti čim bolj natančni tokovni vir.

10. Magnetna sila na tokovodnik (definicija enote amper) glej 1. vprašnje!!!

11. Navor na tokovno zanko v magnetnem polju, če na tokovodnik v MP deluje sila, potem v primeru vpetja z ročico na vodnik deluje navor. Velikost navora je $M = rF \sin \beta$. Smer vrtenja je pravokotna na ravnino ki je določata vektorja ročice in sile

12. Delo magnetne sile za premik ali zasuk tokovne zanke $A = \int F ds \Rightarrow A = I(\Phi_k - \Phi_z)$

Rezultat integracije je celoten fluks ki gre skozi plašč ki ga opiše vodnik na poti $A = I\Phi$. Ker pa je MP brezizvorno mora biti celoten fluks skozi navidezno telo, ki ga opiše premikajoč vodnik enak nič. To pa tudi pomeni, da mora biti fluks skozi plašč enak razliki fluksa skozi površino, ki jo opisuje vodnik v končnem položaju in fluksu začetnem v položaju. Delo magnetnih sil bo pozitivno tedaj ko bo fluks skozi zanko v končni legi večji kot v začetni, če ima tokovna zanka možnost prostega gibanja se bo postavila tako da bo fluks skozi zanko največji.

13. **Magnetni dipol, magnetni dipolski moment** Vzemimo pravokotno zanko dolžine l in širine d , ki v sredini vpeta na os, kot kaže slika. Navor na tako zanko v homogenem polju, ki je za kot θ zamaknjeno od normale na površino zanke dobimo z upoštevanjem sile na tranico dolžine l .

Navor v homogenem polju je odvisen le od površine zanke in ne njegove oblike. Tokovni moment definiramo kot Magnetni moment $\underline{m} = I \cdot \underline{A}$ ki je vektor s smerjo pravokotno na površino zanke (normala). Smer normale določa smer toka in kaže v smer polja znotraj zanke. Navor na zanko lahko zapišemo tudi z magnetnim momentom $\underline{T} = \underline{m} \times \underline{B}$. Navor na tokovno zanko deluje tako da jo zasuka pravokotno na smer polja oz tako da bo

smer magnetnega momenta enaka smeri polja. Tokovna zanka se obrne tako da je pretok skozi zanko največji. Tokovna zanka je osnovni element v magnetiki tako kot je el dipol osnovni element v elektrostatiki

14. **Snov v magnetnem polju**, kroženje elektronov okoli jedra atoma pa tudi lastno vrtenje elektrona določajo mag lastnosti snovi. Vsi atomi imajo določene mag lastnosti vendar velika večina zelo šibke, saj se MP mag momentov posameznih elektronov zaradi naključnega gibanja izničijo snov s takim mag lastnostmi imenujemo DIAMAGNETIK. Obstajajo pa določeni atomi v katerih se mag momenti ne izničujejo in povzročajo izrazito MP v svoji okolici, to so FEROMAGNETIKI, ti lahko tvorijo trajne magnete, ki si jih lahko predstavljamo kot skupek velikega števila majhnih enako usmerjenih magnetkov, ki v svoji okolici povzročajo MP ki je vsota posameznih momentov (tokovnih zank.). VEKTRO MAGNETIZACIJE definiramo kot povprečje mag dipolnih momentov na enoto volumna.

MAGNETNI NABOJ, kljub temu da mag naboja ni ga lahko definiramo v smislu analogije z električnim nabojem. Obravnava se ga s površinsko gostoto magnetnega naboja σ_m ki je lahko pozitiven ali negativen. Celoten mag naboj na severni strani je $Q_m = \sigma_m \cdot A$, sledi normalna komponenta $\sigma_m = \epsilon_n \cdot M$.

Zveza med magnetizacijo in tokom. Če primerjamo polje trajnega mag in polje ravne tuljave ugotovimo, da sta polji navzven enaki. Polje trajnega mag lahko prikažemo kot posledica površinskega toka ali pa kot tuljava z N ovoji in tokom I_m .

15. **Dia-, para- in feromagnetizem**, šibke mag lastnosti, mag dipolni momenti se med seboj kompenzirajo. Pod vplivom zunanega MP se nekoliko zmanjša MP v notranjosti. Te snovi imajo negativno mag susceptibilnost oz. Relativno permeabilnost, ki je manjša od 1. Če diamagnetik postavimo v bližino močnega MP bo med njima odbojna sila (neodvisno od pola magneta) Njihova susceptibilnost je v praksi zanemarljiva. Magnetizacija kaže v nasprotno smer kot vzbujanje.

Paramagnetiki, so snovi v katerih ni ravnotežja med mag dipolnimi momenti zaradi kroženja elektronov in spina. S postavitvijo take snovi v mag polje se polje v notranjosti nekoliko poveča v smeri zunanega polja. Take snovi so aluminij, platina..

Tudi mag susceptibilnost paramagnetikov je v praksi zanemarljiva. Magnetizacija kaže v smeri polja.

FeroMAGNETIKI, vsak atom ima velik mag moment dipolni moment. Železo, nikelj, kobalt. V feromagnetikih se atomi grupirajo v območja ki jim rečemo domene. Znotraj domen so momenti orientirani domene pa so navzven neurejena in zato MP ni izrazito. Pod vplivom zunanega polja se lahko magnetni momenti v domenah usmerijo v smer zunanega polja. Proces orientiranja se odvija po fazah tako da se najprej povečajo domene katerih stene tvorijo majhen kot glede na zunanje polje. Pri taki reorientaciji je polje reverzibilno če izklopimo zunanje polje se domene vrnejo v prvoten položaj. Če pa še povečuje polje se začnejo obračati cele domene (proces ni več reverzibilen), ob izklopu ostanejo delno orientirane. Če pa MP šde povečujemo pride do nasičenja ko so že vsi dipolni momenti obrnjeni v smer polja. Povečanje polje ni vel mogoče. Gostota magnetnega pretoka sicer še naprej narašča s povečevanjem vzbujanj vendar je relativna permeabilnost enaka 1 (feromagnetik se obnaša kot zrak)

16. **Vektor magnetne poljske jakosti**, če feromagnetno jedro ovijemo z žico in spustimo tok se v feromagnetiku pojavi večje MP v primerjavi z zračno režo. Zato moramo amperov zakoličiti. Definiramo novo količino H (magnetna poljska jakost)

V tej obliki ni več vpliva snovi, če nas zanima B najprej izračunamo H in potem B:
 $B = \mu_0(H+M)$ $H = B/(\mu_0)$

χ_m - magnetna susceptibilnost je mera za dovzetnost materiala za magnetenje:

$$M = \chi_m \cdot H$$

Relativna permeabilnost za feromagnetike ne linearna, nastane tudi histerezna zanka

17. **Feromagnetiki**, krivulja magnetenja: (kako se magnetizacija spreminja z večanjem gostote mag pretoka). Zunanje vzbujanje opišemo z jakostko MP H rezultat pa opazovanjem naraščanja B-ja (dobimo B(H) krivuljo). Začetni krivulji rečemo deviška krivulja.

Relativna permeabilnost je definirana kot $B/\mu_0 H$. To je statična permeabilnost, ni definirana z naklonom temveč z razmerjem B in H. Vrednosti permeabilnosti so od 1000 do nekaj 100000. Pri vzbujanju z izmeničnimi signali upoštevamo le del

krivulje

magnetenja oz naklon na krivuljo v določeni delovni točki Tako dobimo

DINAMIČNO RELATIVNO permeabilnost $\mu_{rd} = dB/\mu_0 dH$

Histerezna zanka, do določenega Bja je proces magnetenja še reverzibilen ko pa je ta vrednost presežena se pri zmanjševanju vzbujanja B počasneje zmanjšuje kot pri povečevanju. Dobimo histerezno zanko, ko je vzbujanje izklopljeno ostane v materialu določeno MP ki ga imenujemo remanentn. Če smer vzbujanja obrnemo se zmanjšuje polje in pri določeni vrednosti vzbujanja pade na nič to je koercitivna jakost polja. Pri še povečanem vzbujanju pridemo do nasičenja v negativni smeri. Če želimo material uporabiti kot trajni magnet vzamemo material ki ima veliko vrednost

remanentne gostote polja, tudi velik H_c in B_c to so trdomagnetni materiali.

18. **Mejna pogoja vektorjev magnetnega polja ob stiku medijev**, imamo dve snovi različnih permeabilnost, mejne pogoje določimo iz dveh splošnih zakonov:

-brezizvornost MP $\int B_{dA}=0$ - vrtinčnost MP $\int H_{dl}=\int J_{dA}$

Zamislimo si mali volumen ki sega v obe smeri ko stiskamo volumen proti mejam obeh snovi ugotovimo da se mora fluks skozi mejno površino ohranjati.

$B_{n1}=B_{n2}$ Ohranja se tudi tangencialna komponenta jakosti MP.

Zaradi površinskega toka ki teče med obema snovema zato mora biti razlika tangencialnih mag jakosti ravno enaka gostoti toka po površini $H_{t2}-H_{t1}=I_{sK}$

19. Skalarni magnetni potencial, magnetna napetost, v enačbi $\int H_{dl}=NI =\Theta$ [A]

Magnetni potencial, lahko definiramo z eno omejitvijo. V magnetostatiki je integral MP po zaključeni poti enak mag napetosti. Mag. Potencial je smiselno definirati takrat ko ga ne računamo po zaključeni poti. $V_m(T1)=\int H_{dl}$, bolj natančno rečemo mag pot. Ki ga opisuje zgornja enačba skalarni magnetni potencial.

20. Magnetna vezja, za analizo mag struktur nam služi amperov zakon v poenostavljeni

obliki: $\sum H_{di} = \Theta$. Računamo razdalje po sredini jedra. $\sum \Phi_i = 0$ --> brezizvornost polja

Mag upornost $R_m = l/\mu A$ $\sum \Phi * R_m = \Theta$ Relativna permeabilnost mora biti konstanta.

21. Analiza magnetnih vezij, Za analizo mag vezij lahko uporabimo vse metode za analizo el.

Vezi: - zanka – superpozicija -spojiščni potenciali – Thevenin in Norton

2. Dinamično elektromagnetno polje

1. **Faradayev zakon indukcije**, časovno spremenljiv fluks skozi zanko povzroči inducirano napetost, Inducirani tok v zanki se vzpostavi vedno tako, da se magnetni fluks tega inducirane toka upira časovni spremembi vzročnega fluksa v zanki. Temu pravilu rečemo Lenzovo pravilo $U_i = -N d\Phi/dt$. Magnetni sklep $\Psi = N * \Phi$

Inducirano napetost lahko zapišemo tudi z integralom E po dl: $\int E_{dl} = d/dt \int B_{dA}$, kar je 2. maxwellova enačba. Poznamo dva tipa induciranih napetosti: -TRANSFORMATORSKA

-GIBALNA ALI REZALNA, je posledica gibanja prevodnika v časovno konstantnem ali spremenljivem MP. $U_i = \int (v \times B) dl$

2. **Lastna in medsebojna induktivnost**, $L = (N * \Phi) / I$ [H]

Lastna induktivnost predstavlja neposredno zvezo med tokom in napetostjo na tuljavi. To induktivnost povzroča lasten tok ki gre skozi tuljavo razliko od medsebojne induktivnosti kjer fluks povzroča tok druge tuljave. Lastna ind povzroča inducirano napetost $U_i = -d\Psi/dt = -L di/dt$

Medsebojna ind $M_{21} = \Psi_{21} / I_1$ Ψ_{21} sklep skozi drugo tuljavo zaradi toka I_1

Če imamo linearni mag material sta M_{21} in M_{12} enaka.

Inducirana napetost zaradi medsebojne induktivnosti $U_i = -M di/dt$. Če upoštevamo da je zunanja napetost ravno nasprotna notranji dobimo $U_{M21} = M di/dt$

Faktor sklopa,

Označitev medsebojne ind v smislu koncentriranega elementa, dve tuljavi povežemo s črto in puščica, s čimer pokažemo da je med njima mag sklep. Predznak označujemo s pikami na začetku ali ob koncu vsake tuljave odvisno od tega če se če se mag pretok

tuljav med seboj podpirata ali ne. Dogovor je tak da postavimo piko na začetek obeh tuljav glede na smer toka. Če imamo dve tuljavi ena povzroči padec napetosti tudi v drugi tuljavi ta padec je enak spremembi toka in medsebojni ind.

3. Časovno spremenljivo vzbušana in harmonično vzbušana vezja

1. Časovno spremenljiva in periodična količina

Graf(časovni diagram) periodičnega signala, označbe trenutnih vrednosti na grafu

2. Periodična količina

Perioda-čas v katerem se začne funkcija ponavljati

Frekvenca-

Kotna frekvenca (kotna hitrost)

Srednja ali povprečna vrednost je v osnovi površina pod krivuljo, deljena s periodo

Efektivna vrednost je povprečna vrednost kvadrata signala (**Root Mean Square**)

3. Harmonična količina

Graf dveh signalov iste frekvence a različnih amplitud, fazni zamik

4. Odnos med tokom in napetostjo na upor,(kondenzatorju, tuljavi)

Upor: -napetost na upor je v fazi s tokom in je neodvisna od frekvence tokovnega signala

Tuljava: -napetost prehiteva tok za $90^\circ(\pi/2)$. Upornost (impedanca) tuljave se pri izmeničnih signalih spreminja linearno s frekvenco:

Tuljavo lahko pri nižjih frekvencah(enosmerne

razmere) nadomestimo s kratkim stikom(zelo majhna upornost), pri visokih frekvencah pa z odprtimi sponkami. Za vezja, v katerih napetost PREHITEVA tok rečemo da imajo **INDUKTIVNI KRAKTER**

Kondenzator: -napetost zaostaja za tokom za $90^\circ(\pi/2)$. Kondenzator pri nizkih frekvencah nadomestimo z odprtimi sponkami, pri visokih frekvencah pa s kratkim stikom. Za vezja v katerih napetost ZAOSTAJA za tokom rečemo, da imajo KAPACITIVNI KARAKTER.

5. Močnostne in energijske razmere na upor, (kondenzatorju, tuljavi)

Upor: -Trenutna moč na upor ima sinusno obliko, vendar niha z DVOJNO frekvenco osnovnega signala.

Povprečna moč:

Energija:

Tuljava: -Moč:

Trenutna moč niha z dvojno frekvenco, vendar je brez enosmerne komponente. Energija se v četrtini periode porablja za grajenje magnetnega polja, v drugi četrtini pa se vrača v vezje. Povprečna moč bo 0W.

-Energija

Energija, ki je akumulirana v mag. polju tuljave, niha z dvojno frekvenco osnovnega signala, je v vsakem trenutku pozitivna in v povprečju velika:

Kondenzator: -Moč:

Trenutna moč niha z dvojno frekvenco, vendar je brez enosmerne komponente, enako kot pri tuljavi. Energija se v eni četrtini periode porablja za grajenje el. Polja, v drugi četrtini pa se vrača v vezje. Povprečna moč bo 0W.

-Energija: niha z dvojno frekvenco in je vedno pozitivna:

6. Kazalec harmonične količine (frekvenčni in časovni prostor)

Eulerjev obrazec:

S pomočjo Eulerjevega obrazca lahko zapišemo poljuben harmonični signal pri čemer poleg realnega pridobimo tudi imaginarni del.

7. Odnos med kazalcem toka in napetosti na upor (kondenzatorju, tuljavi)

Upor: Komplexorja tok in napetosti sta v fazi.

Tuljava:

Kondenzator:

8. Kirchoffova zakona v kompleksnem

Vsota vseh kompleksorjev toka v spojišče je enako nič:

Vsota vseh kompleksorjev napetosti v zanki je enako nič:

9. Imitanca (impedanca, admitanca) dvopola (enostavnih in sestavljenih dvopolov)

Kvocien kompleksorjev napetosti in toka imenujemo IMPEDANCA ali KOMPLEKSNA UPORNOST.

Impedanca je kompleksno število. Absolutna vrednost impedance je kvocien med amplitudo napetosti in toka, argument pa je razlika med faznima kotoma napetostnega in tokovnega signala. Inverz impedanci je ADMITANCA ali KOMPLEKSNA PREVODNOST.

REAKTANCA – predstavlja
imaginarni del impedance

SUSCEPTANCA – predstavlja
Imaginarni del admitance

Zaporedna in vzporedna vezava:

10. Kompleksna moč (delavna, jalova in navidezna moč, faktor moči)

Trenutno moč vezja opišemo kot vsoto dveh komponent moči, ene enosmerne in ene izmenične, ki niha z dvojno frekvenco. S povprečjem moči preko periode dobimo povprečno moč, ki bo enaka enosmerni komponenti moči – DELOVNA MOČ

To je del moči, ki se pretvarja v neko drugo obliko, na upor v toploto(joulske izgube), v motorjih pa v mehansko. Faktor $\cos\phi$ imenujemo FAKTOR DELAVNOSTI ali FAKTOR MOČI.

Navidezna moč:

Trenutna moč niha z dvojno frekvenco okoli vrednosti povprečne moči. Amplituda nihanja moči (brez enosmerne komponente) je:

In jo imenujemo NAVIDEZNA MOČ.

Navidezna moč je običajno tista, ki nam pove koliko smemo obremenjevati napravo.

Jalova moč:

Prvi člen v oklepaju predstavlja nihanje moči okoli povprečne (delovne) moči, drugi člen pa nihanje okoli ničle.

To moč bi lahko zapisali tudi s kompleksorji:

Bilanca moči: Vsota moči virov(generatorjev) = vsota moči na bremenih vezja

11. Kompenzacija jalove moči

Večina naprav ima induktivni karakter, saj za pretvarjanje iz električne v mehansko energijo potrebujejo razna navitja(motorji, transformatorji). Jalova moč bremenim omrežje, zato jo čim bolj kompenziramo. Jalovo moč je navzven mogoče do določene mere kompenzirati, to pomeni, da bremenu dodamo elemente, ki izmenjujejo energijo z bremenom. V ta namen se uporablja vzporedna vezava kondenzatorjev. Poznamo POPOLNO in NEPOPOLNO kompenzacijo. Pri popolni kompenzaciji breme navzven deluje kot ohmsko, torej je jalova moč navzven enaka nič, pri nepopolnem pa jalovo moč le zmanjšamo do določene mere. Pogosto za mero kompenzacije uporabimo faktor delavnosti $\cos\varphi$. Pri popolni kompenzaciji je faktor delavnosti enak 1.

12. Resonanca

13. Pasovna širina in kvaliteta nihajnega kroga (bočni frekvenci, razglašenost, uporabe)

Razglašenost:

Kvaliteta vezja: je določena s kvocientom moči na reaktivnem elementu in delovno močjo.

Kvaliteta je mera za ozkost resonančne krivulje. Bolj kot je ozka(strma okoli resonančne frekvence), večja je njena kvaliteta. V primeru zaporedne vezave elementov RLC je kvaliteta večja pri manjših upornostih.

Dušenje: recipročna vrednost kvalitete

Bočni frekvenci: (f_1 in f_2) sta določeni pri vrednostih toka,

ki je od max. Vrednosti manjši za $\sqrt{2}$.

Pasovna širina: je razlika med zgornjo in spodnjo bočno frekvenco.

Normirana pasovna širina je pasovna širina deljena z resonančno frekvenco.

Kvaliteta je definirana tudi kot recipročna vrednost normirane pasovne širine.

14. Metode analize harmonično vzbujanih vezij

Sklopljene tuljave: sklopljeni elementi nastopajo v primeru obravnave vezij z najmanj dvema tuljavama, ki si delita del ali celoten fluks. Ti elementi imajo zaradi sklopitve dodaten padec napetosti na tuljavi in se padcu napetosti zaradi lastne induktivnosti prišteva ali odšteva. Podpiranje (seštevanje) fluksov označimo tako, da postavimo piko v obeh sklopljenih elementih na začetek ali konec elementa glede na tok v element. Ta dodaten padec napetosti lahko označimo s posebnim simbolom in ga imenujemo TOKOVNO KRMILJEN NAPETOSTNI VIR.

15. **Theveninov in Nortonov teorem**, vezje med dvema sponkama nadomestimo z realnim napetostnim virom. Izračunamo notranjo upornost vezja glede na sponke, pri temu odklopimo tokovne vire napetostne pa kratko sklenemo. Napetost thevenina dobimo kot nap. med sponkama odklopljenega upora uporabimo določeno metodo. NORTONOV, predstavimo ga z realnim tokovni virom tok I_n lahko določimo kot tok kratkega stika med sponkama.

16. **Teorem maksimalne moči**, moč bo največja ko bo imenovalec čim manjši
 $X_g = -X_b$. Delovna moč bo največja tedaj ko bosta omski upornosti bremena in gen.
Enaki: $R_g = R_b$

17. **Transformator brez izgub**, el naprava za spreminjanje napetosti, uporaba za merjenje, ločilni tran. Dolga življenjska doba majhne izgube.

18. Idealni transformatorji

19. **Realni transformatorji**, pri realnih upoštevamo stresanje polja upornost navitja izgubo v jedru (histerezne, vrtilni tokovi)

20. Trifazni sistemi

Osnove večfaznih sistemov

Večfazni sistem napetosti razumemo kot sistem koherentnih harmoničnih napetostnih virov s katerimi vzbujamo kako večpolno pasivno vezje.

Kompleksori moči po posameznih fazah:

Trenutna moč, ki jo sistem generatorjev daje v pasivno vezje:

Simetrični trifazni sistem

Prednosti:

- Omogoča izvedbo vrtilnega polja (asinhronski motor)
- Trifazni daljnovod zmora na določenem napetostnem nivoju prenašati trikrat večjo moč kot enofazni
- Konstantna moč prenešene energije

Prireditev kompleksorjev k efektivnim vrednostim harmoničnih količin

Do sedaj sta bila \underline{U} in \underline{I} veza vezana na amplitudi, v energetiki pa so uveljavljeni kazalci toka in napetosti, ki so prirejeni na efektivno vrednost:

$$\underline{I}_{ef} = \underline{I} / \sqrt{2}$$

$$\underline{U}_{ef} = \underline{U} / \sqrt{2}$$

Impedanca na spremembo ni občutljiva. Izjema je le kompleksor moči.

$$\underline{S} = \frac{1}{2} \underline{U} \underline{I}^* = \underline{U}_{ef} \underline{I}_{ef}^*$$

V nadaljevanju bomo pripis »ef« izpuščali, čeprav bomo operirali z efektivnimi kazalci.

Medfazne napetosti

Napetosti med posameznimi fazami:

Trifazno breme v zvezda vezavi

Breme priključimo na posamezne fazne napetosti. Če je breme simetrično je povratni tok nič.

Trifazno breme v vezavi trikot

20.

V trikotno vezavo se običajno vežejo simetrična trifazna bremena (npr. trifazni motor s simetričnim navitjem)