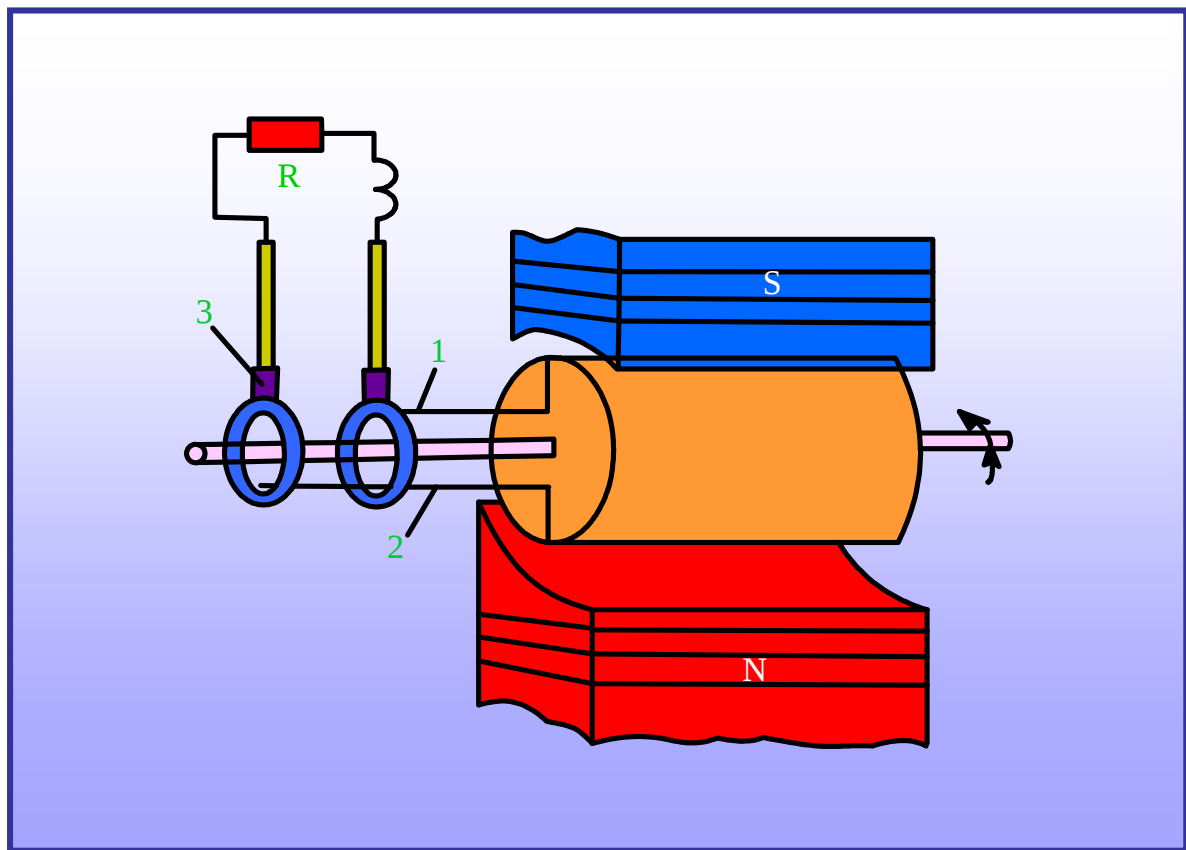


"Zamonaviy o'qitish vositalari va axborot texnologiyalari"
ilmiy, o'quv-uslubiy ishlab chiqarish laboratoriyasi

ELEKTROTEXNIKA ASOSLARI

o'quv uslubiy elektron qo'llanma



Toshkent 2005

Mualliflar:

E. G. Xasanov
R.A. Yusupov
K. Qo`ziyev
N. Nadjimova
R.Kuzayev

KIRISH

Elektrotexnika – elektr va magnit hodisalaridan foydalanish haqida fanidir. U elektr energiyasini ishlab chiqarish, uni kerakli masofalarga uzatish va undan kompleks foydalanish masalalarini hal qilish yo'llarini o'rgatadi. Elektr energiyasi inson faoliyatining barcha sohalarida qo'llaniladi. Turmush, ishlab chiqarish va ta'mirlash korxonalarda, zavod va fabrikalarda, transportlarda elektr energiyasidan foydalanish chegarasi kundan-kunga oshmoqda.

Elektr energiyasi energiyaning bir turi bo'lib, u quyidagi xususiyatlarga ega:

- elektr energiyani kam isrof bilan uzoq masofada uzatish mumkin;
- boshqa tur energiyalarga (mexanikaviy, issiqlik, yorug'lik, kimyoviy va tovush energiyalari) oson o'zgartiriladi;
- ishlab chiqarishni kompleks avtomatlashtirish, robotlashtirish va mexanizasiyalashtirishga imkon beradi.

Elektr asboblarni o'rganish, ta'mirlash va ularni amalda qo'llash uchun ular qanday fizik hodisalar asosida ishlashini bilishi zarur. Uni o'rganishda maktabda o'tiladigan fizik va matematik fanlarni puxta o'rganish kerak. Shuni nazarda tutgan holda, ushbu elektron qo'llanmada elektrotexnikaning nazariyasiga e'tibor beriladi. Ifodalarni keltirib chiqarishda yuqorida keltirilgan o'quv muassasalari uchun tayyorlangan davlat ta'lim standartlaridan foydalaniladi.

Mundarija

1) Kirish.....	4
2) Kondensatorlar, ularni ketma-ket va parallel ulash.....	5
3) Qarshiliklarni parallel ulash.....	8
4) Dielektrikning elektr mustahkamligini aniqlash usuli.....	10
5) To'kli ikki o'tkazgichda ozinduksiya hodisasi.....	11
6) Magnit induksiyasi.....	14
7) Diamagnitik va ferromagnitik jismlar.....	16
8) O'zgaruvchan tok gineratorining E.Yu.K.....	17
9) O'zgaruvchan tok zanjiriga aktiv qarshilik ulanganda tok va kuchlanish orasidagi faza.....	20
10) O'zgaruvchan tok zanjiriga g'altak va qarshilik ulanganda tok bilan kuchlanish orasida fazalar farqi.....	21
11) O'zgaruvchan tok zanjiriga qarshilik va kondensatorni ulanganda tok bilan kuchlanish orasidagi fazalar farqi.....	23
12) O'zgaruvchan tok zanjiriga R_a , L , C qarshiliklarni parallel ulash..	24
13) O'zgaruvchan tok zanjiriga R , L , C qarshiliklarni ketma-ket ulangan.....	25
14) O'zgaruvchan tok generatori.....	27
15) Uch fazali tokni xosil qilish	29
16) Aylanuvchi magnit maydoni.....	31
17) Uch fazali generatorni tashqi zanjirga yulduz usulda ulash.....	32
18) Uch fazali generatorni tashqi zanjirga ulashda uchburchak usuli.....	34
19) Uch fazali tok tarmog'iga yuklama ulash.....	36
20) Uch fazali tok tarmoqni saqlagichlar bilan ximoyalash.....	38
21) Uch fazali tok zanjirini quvvati.....	39
22) Quvvatni o'lchash uchun vittimetrdan foydalaniladi.....	40
23) Transformator.....	41
24) Transformatorning salt yurishi.....	43

ELEKTROTEXNIKA ASOSLARI

1. Kondensatorlar, ularni ketma-ket va parallel ulash

Alohida o'tkazgichning elektr sig'imi uning elektr zaryadlarini saqlab qolish qobiliyatiga aytiladi. Elektrostatik maydondagi o'tkazgichning hamma nuqtalarida potentsiallar farqi nolga teng bo'ladi. Potensialning qiymati esa o'tkazgichdagi zaryadlar miqdoriga proporsional bo'ladi. Elektr sig'imi potentsialga teskari proporsionaldir, ya'ni $Q \sim 1/y$

O'tkazgichning elektr sig'imi qo'yidagicha ifodalanadi:

$$C = Q / y$$

Bu yerda, C- o'tkazgichning elektr sig'imi, Q-o'tkazgichdagi zaryad miqdori, ψ -o'tkazgich potentsial. Demak, berilgan potentsialda elektr sig'imi qancha katta bo'lsa, o'tkazgichda to'planadigan zaryadlar miqdori shuncha ko'p bo'ladi. Elektr sig'imining kattaligi o'tkazgichning geometric o'lchamlari, shakli va atrof-muhitning dielektrik singdiruvchanligiga bog'liq bo'lib, o'tkazgich materialiga bog'liq emas. Yassi kondensatorning elektr sig'imi qo'yidagicha ifodalanadi:

$$C = \epsilon \epsilon_0 S / r$$

Bu erda:

S- yassi kondensator qoplam yuzasi;

r – kondensator qoplamlar orasidagi masofa;

ϵ – muhitning dielektrik singdiruvchanligi;

ϵ_0 – vakuumdagi dielektrik singdiruvchanlik;

Umumiy holda ifodasi

$$C = Q(y - y_1) \quad y - y_1 = U$$

Bu erda Q-kondensator plastinkalarida to'plangan zaryadlar miqdori. $\psi - \psi_1$ - plastinkalar orasidagi potentsiallarning ayirmasi.

Kondensatorlarning tuzilishi va shakli elektr zaryadlarini to'plash va saqlash uchun mo'ljallab olinadi. Shu sababli, ularning geometric o'lchamlari kichik bo'lgan hollarda ham elektr sig'imi

$$C = Q / U \text{ juda katta bo'lishi mumkin.}$$

Kondensatorlardan integral sxemalarda foydalanishda quyidagi qulayliklarga ega:

1. Material kam sarflanadi;
2. elektr energiya kam sarflanadi;
3. elektr sig'imining kichik ulushlaridan foydalanamiz va h.k.

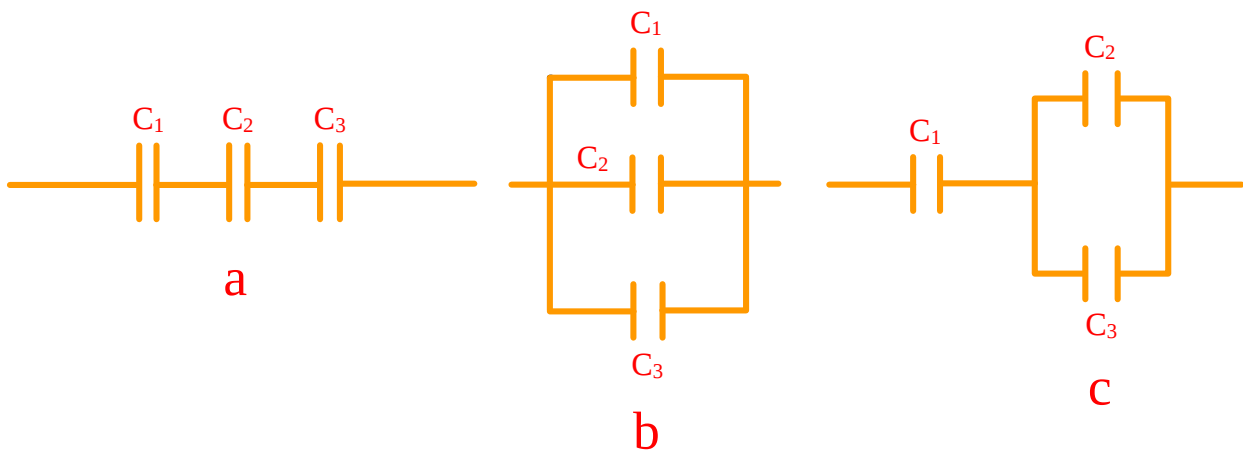
$$C = Q/U \text{ birligi } 1 \text{ Kulon/Volt} = 1\text{F (Farada).}$$

Farada katta birlik bo'lgani uchun, odatda uning kichik ulushlaridan foydalaniladi.

$$(1 \text{ mkF} = 10^{-6} \text{ F})$$

Kondensatorlarning sig'imini o'zgartirish yoki ularning kuchlanishini elektr tarmog'iga moslash kerak bo'lgan hollarda kondensatorlar batareyasidan foydalaniladi.

Kondensatorlar ketma-ket, parallel, aralash ulanishi mumkin. 1-rasmda kondensatorlarni ketma-ket, parallel, aralash ulash usullari ko'rsatilgan va har bir ulash usulida elektr sig'imining formulalari keltirilgan.



$$\text{a) } \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3};$$

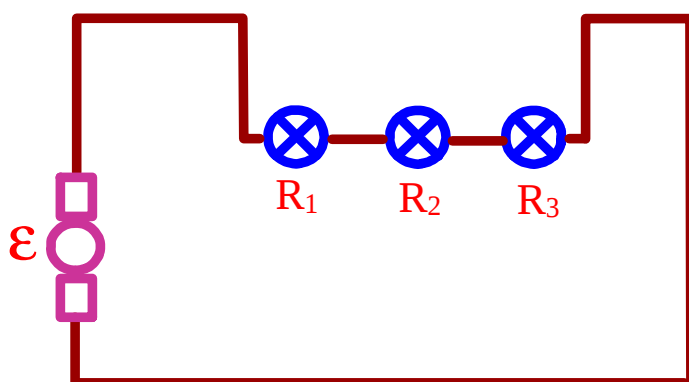
$$\text{b) } C = C_1 + C_2 + C_3;$$

$$\text{c) } C = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2 + C_3}$$

1-rasm

2. Qarshiliklarni ketma – ket ulash

Elektr zanjirida har xil qarshilikka ega bo'lgan bir nechta energiya isme'molchisi bo'lishi mumkin. Generatorning tashqi zanjiri R_1 , R_2 , R_3 qarshiliklari bo'lgan uchta energiya istme'molchisidan iborat. Bu istme'molchilarni birin-ketin zanjirga ulasak, natijada ketma-ket ulash hosil bo'ladi. Bunday ulashda barcha istme'molchilarda tok bir xil bo'ladi (2-rasm).



2-rasm

Tashqi zanjir qarshiligi esa istme'molchilar qarshiliklarining yig'indisiga teng bo'ladi. Bunday hollarda Om qonuni quyidagi ko'rinishda bo'ladi.

$$I = E / (R_0 + R_1 + R_2 + R_3)$$

R_0 - elektr manbasining ichki qarshiligi;

E – elektr manbasining elektr yurituvchi kuchi.

Demak, ketma-ket ulangan uchta o'tkazgich mavjud bo'lganda zanjirning ekvivalent qarshiligi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$R = R_0 + R_1 + R_2 + R_3$$

Tashqi zanjirning qarshiligi esa;

$$R' = R_1 + R_2 + R_3$$

Energiya manbai qisqichlaridagi kuchlanish tashqi zanjirga qo'yilgan kuchlanishga teng.

$$U = E - I R_0 = I(R_1 + R_2 + R_3) - I R_0$$

Bu erda - $I R_0$ - energiya manbaining ichki qarshiligidagi kuchlanishning pasayishi.

Ketma-ket ulangan energiya iste'molchilari qisqichlaridagi kuchlanish tok kuchining istme'molchi qarshiligiga ko'paytmasiga teng:

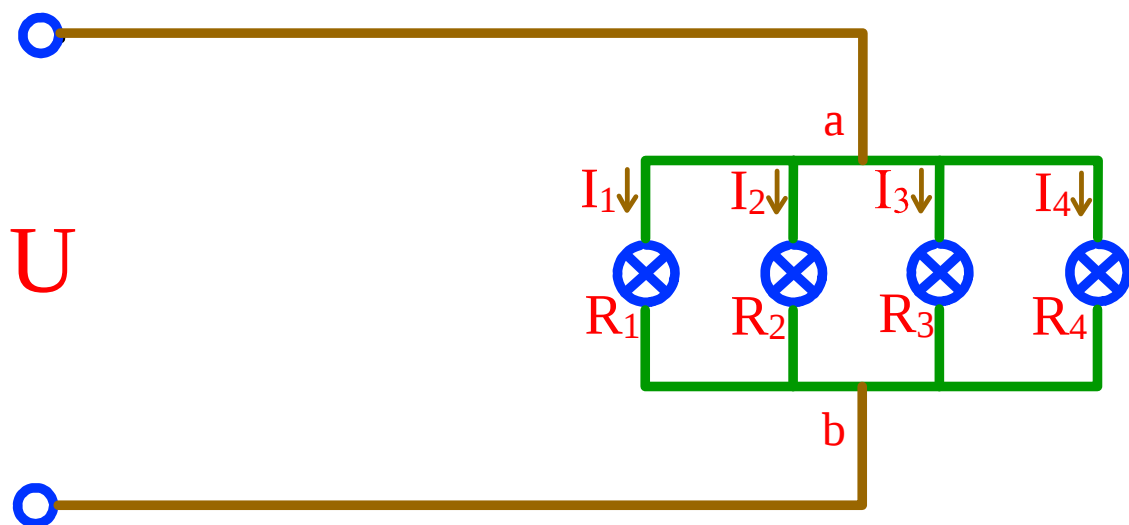
$$U_1 = IR_1, U_2 = IR_2, U_3 = IR_3, \quad U = U_1 + U_2 + U_3$$

Demak, ketma-ket ulangan iste'molchilardagi kuchlanishlar yig'indisi energiya manbai qisqichlaridagi kuchlanishga teng ekan. Bunday ulanishda tok kuchi bir xil. Kuchlanishlar esa har xil bo'ladi.

Ketma-ket ulash usulidan amalda kuchlanishni pasaytirish uchun foydalaniladi.

3. Qarshiliklarni parallel ulash

Elektr zanjirining aynan bir xil kuchlanish ostida bo'ladigan iste'molchilari parallel ulangan deb ataladi. R_1, R_2, R_3, R_4 qarshiliklar parallel ulanganda tok to'rt yo'nalishda tarmoqlanadi, bu esa zanjirning umumiy qarshiligini kamaytiradi yoki umumiy o'tkazuvchanligini oshiradi (3-rasm). Chunki, o'tkazuvchanlik qarshilikka teskari proporsional, ya'ni



$$g = 1 / R$$

Zanjirning umumiy o'tkazuvchanligi g , ayrim tarmoqlarining o'tkazuvchanliklari g_1, g_2, g_3, g_4 yig'indisiga teng.

$$g = g_1 + g_2 + g_3 + g_4$$

Manbaning tok kuchini I harfi bilan, tarmoqdagi tok kuchlarini I_1, I_2, I_3, I_4 bilan, a va b nuqtalar(tugunlar) orasidagi kuchlanishni U bilan

hamda shu nuqtalar orasidagi umumiy qarshilikni R bilan belgilab, Om qonuni asosida quyidagi tenglikni yozamiz:

$$I=U/R; I_1=U/R_1; I_2=U/R_2; I_3=U/R_3; I_4=U/R_4;$$

Kirxgofning birinchi qonuniga muvofiq umumiy tok kattaligi

$$I= I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \quad \text{yoki}$$

$$U/R=U/R_1 + U/R_2 + U/R_3 + U/R_4; \text{ ko'rinishda yozish mumkin.}$$

Olingan ifodaning ikkala qismini U ga qisqartirib, quyidagini olamiz:

$$1/R=1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_4;$$

Bu munosabat har qanday miqdordagi parallel ulangan qarshiliklar uchun o'rinli.

Parallel ulangan zanjirlarda qarshilik kattaligi qancha katta bo'lsa, shu zanjirda tok kuchi shuncha kichik bo'ladi, va aksincha. Qarshilik o'tkazuvchanlikka teskari bog'langan. Ba'zi adabiyotlarda qarshiliklar rezistorlar deb ham yuritiladi. Rezistorlari parallel ulangan zanjirlarda tok kattaligi rezistorlarning o'tkazuvchanligiga to'g'ri proportsional ravishda taqsimlanadi. Agar tugunlar orasidagi kuchlanish o'zgarmasa, shu tugunlar orasiga ulangan rezistorlardagi tok bir-biriga bog'liq bo'lmaydi. Parallel ulangan bir nechta rezistorlarni zanjirdan navbat bilan ajratish, qolgan boshqa rezistorlar ishiga ta'sir qilmaydi. Shu sababli yoritish chiroqlari, elektr dvigatellar va elektr energiyasining boshqa iste'molchilari ko'pincha parallel ulanadi.

Sodda holda elektr zanjirida parallel ulangan ikkita rezistor R_1 va R_2 bo'lsa, quyidagi tenglikni yozish mumkin.

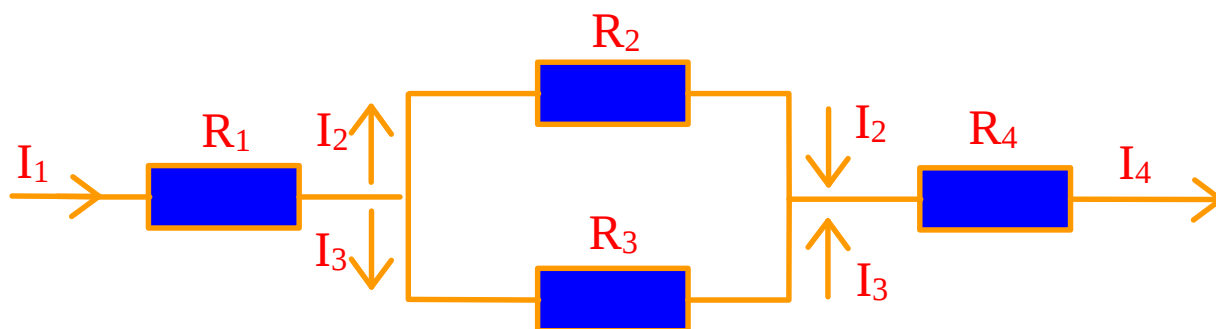
$$1/R=1/R_1 + 1/R_2$$

Bu tenglikdan qarshilik R ni topamiz, unga R ekvivalent (ekvivalent-teng degan ma'noni anglatadi) qarshilikni almashtirish mumkin.

$$R=R_1 * R_2 / (R_1 + R_2).$$

Olingan ifodani shunday ta'riflash mumkin: ikkita parallel ulangan energiya iste'molchisining umumiy qarshiligi shu iste'molchilar qarshiliklari ko'paytmasini qarshiliklar yig'indisi nisbatiga teng.

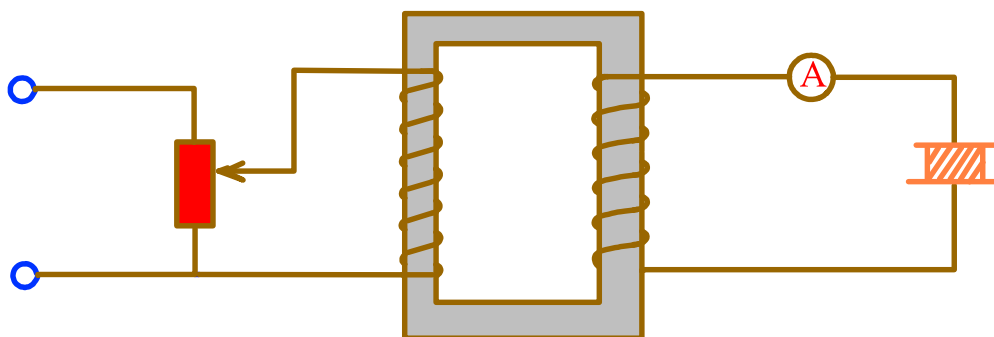
Zanjirda qarshiliklar parallel hamda ketma-ket ulangan bo'lsa, bunday ulanish **aralash** ulash deyiladi (4-rasm).



4-rasm

4. Dielektrikning elektr mustahkamligini aniqlash usuli

Elektr tokini o'tkazadigan materiallar **o'tkazgichlar** deb ataladi. Ular jumlasiga metallar, ko'mir, grafit, tuz, kislota, ishqor eritmaları kiradi. Qattiq o'tkazgichlar birinchi tur o'tkazgichlar, suyuq o'tkazgichlar esa ikkinchi tur o'tkazgichlar deb ataladi. Elektr tokini o'tkazmaydigan materiallar dielektriklar yoki izolyatorlar deb ataladi. Dielektrlarda tok hosil qiluvchi erkin elektronlar juda oz bo'ladi yoki mutlaqo bo'lmaydi. Dielektrlardan elektr mashinalari va transformator chulg'amlarini, kabel va simlarni qoplash uchun va umuman elektr izolyatsion material sifatida foydalaniladi.

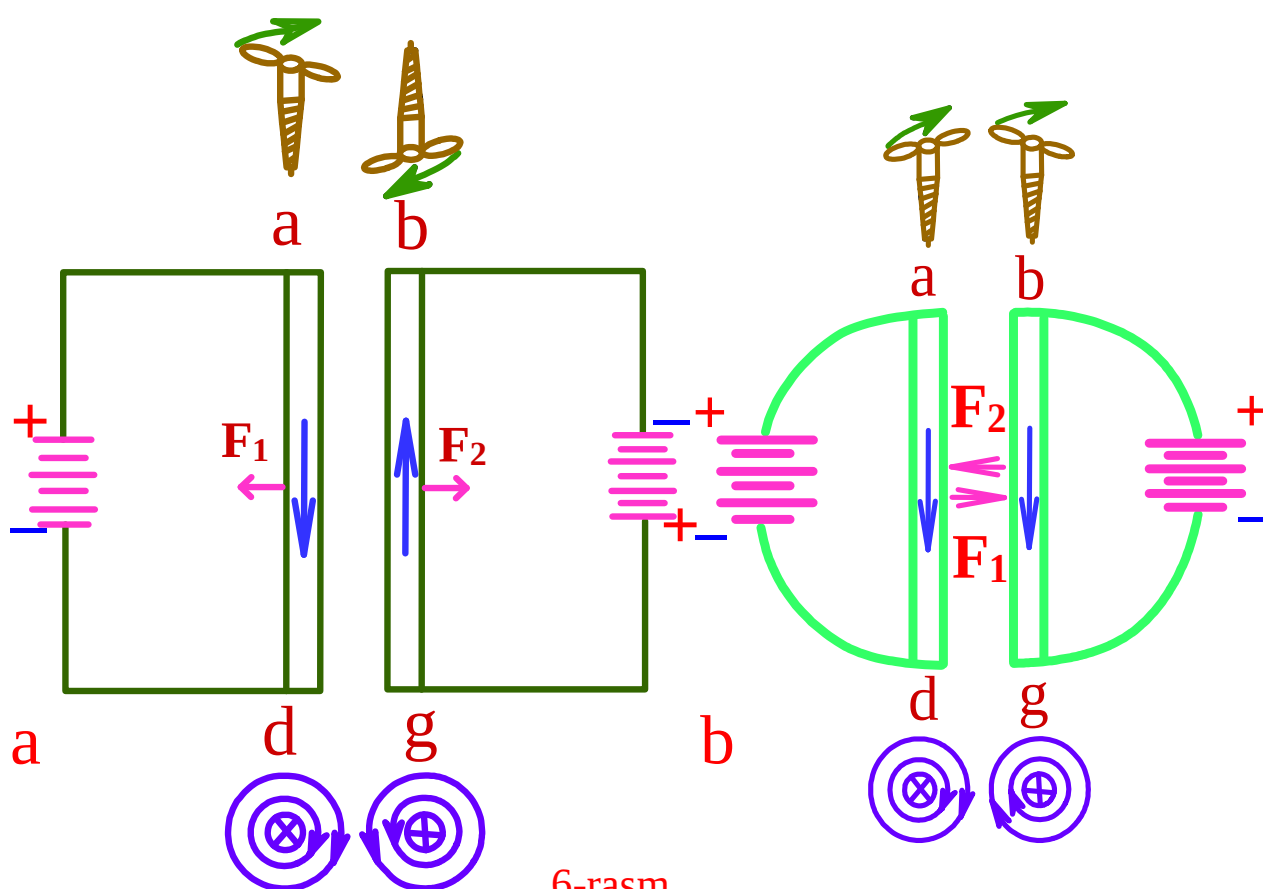


5-rasm

5- rasmni tushuntiramiz, birinchi holda, A ampermetr nolni ko'rsatadi, chunki dielektrik tokni o'tkazmaydi, potensiometr yordamida tokning qiymatini yana oshiramiz, tokning qiymatini ma'lum chegaragacha oshirib borganimizda A ampermetr strelkasi ma'lum bir burchakka og'ganligini ko'ramiz, ya'ni zanjirdan tok o'tayotganligiga amin bo'lamiz. Demak dielektrlarning ham tok o'tkazish chegarasi bo'lib ular shu chegaradan o'tgach tok o'tkazishi mumkin ekan. Shuning uchun har bir dielektrik materialning tok o'tkazish chegarasi aniqlab chiqilgan bo'lib ishlab chiqarishda bunga albatta e'tibor beriladi.

5. Tokli ikki o`tkazgichda o`zinduksiya hodisasi

Radiotexnika va elektrotexnikada ham har qanday iste`molchilarga elektr energiyasi yetkazish uchun hamma vaqt o`zaro parallel ikkita o`tkazgichdan foydalanamiz. Parallel ikki o`tkazgich tokning yo`nalishiga qarab bir-biriga tortiladi yoki bir-biridan qochadi. O`tkazgichlarning o`zaro ta`siriga sabab, har bir o`tkazgichda undan tok oqib o`tayotgan paytda, uning atrofida magnit maydon hosil bo`ladi. Tokning yo`nalishiga qarab magnit maydon yo`nalishi ham o`zgaradi.

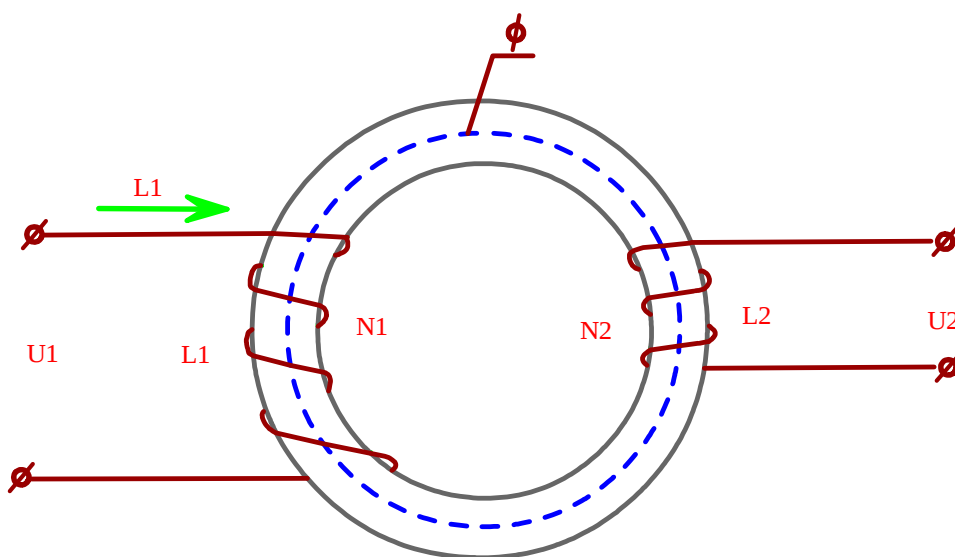


6-rasmda qarama-qarshii yo`nalishdagi (a) va bir xil yo`nalishdagi (b) tokli o`tkazgichlarning o`zaro ta`siri keltirilgan.

Tok qarama-qarshi yo`nalishda o`tayotgan ikkita a d va b g (6-rasm, a) o`tkazgichlar atrofida magnit maydonlar mavjud. Rasmning yuqori qismida parma dastasining harakat yunalishi keltirilgan. Pastki qismida esa o`tkazgich atrofida hosil bo`lgan magnit maydoni tasvirlangan. Har qaysi o`tkazgich atrofida magnit maydon vujudga keladi. Parma qoidasiga muvofiq, bu maydonlarning magnit chiziqlari rasmning pastki qismida ko`rsatilganidek yo`nalgan. a d o`tkazgich atrofidagi magnit chiziqlari

soat strelkasining harakat yoʻnalishida, **b g** oʻtkazgich atrofida magnit chiziqlari esa, soat strelkasiga teskari yoʻnalishda boʻladi. Oʻtkazgichlar orasidagi boʻshliqda magnit maydon kuch chiziqlari bir xil yoʻnalishga ega boʻlib, xuddi magnitlarning bir xil ishorali qutblari kabi bir-biridan qochadi. Agar (6-rasm b) dagi kabi, oʻtkazgichlar orqali bir xil yoʻnalishdagi toklar oʻtkazilsa, oʻtkazgichlar atrofida vujudga keladigan magnit maydonlar chiziqlari oʻtkazgichlar orasidagi boʻshliqda qarama-qarshi tomonga harakatlanadi. Shuning uchun oʻtkazgichlar bir-biriga tortiladi.

Birinchi oʻtkazgichning atrofida paydo boʻlgan magnit maydon kuch chiziqlarining maʼlum bir qismi ikkinchi oʻtkazgichni kesib oʻtadi. Xuddi shunday ikkinchi oʻtkazgichning atrofida paydo boʻlgan magnit maydon kuch chiziqlarining maʼlum bir qismi birinchi oʻtkazgichni kesib oʻtadi va natijasida ular oʻzaro taʼsirlashadi. Mana shu taʼsirlashish oʻzinduksiya deb ataladi. Oʻzinduksiya tufayli qisqa vaqt oraligʻida EYuK (elektr yurituvchi kuch) vujudga keladi. Masalan, zanjir uzilganda va ulanganda oʻzinduksiya hodisasini kuzatish mumkin. Tok zanjiri uzilgan paytda magnit oqimi yoʻqolishi natijasida unda oʻzinduksiya EYuK induksiyanib, tokning oʻzrarmas qiymatini tutib turishga intiladi. Zanjir ulangan paytda undan oʻtayotgan tok vujudga keltiradigan magnit oqimi koʻpayadi, hosil boʻlgan oʻzinduksiya EYuK esa tokning koʻpayishiga toʻsqinlik qiladi. Shunday qilib, zanjir ulanganda oʻzinduksiya EYuK aks taʼsir qilishi natijasida zanjirda tok darhol emas, balki asta-sekin oʻzgaradi.



7-rasm

O`zinduksiyadan hodisasidan elektrotexnikada va radiotexnikada foydalanish.

Elektr zanjirdagi tokning o`zgarishidan shu zanjirda EYuK ning hosil bo`lishi o`zinduksiya deb ataladi. Undagi EYuK esa o`zinduksiya elektr yurituvchi kuchi deyiladi. 7-rasmda o`zinduksiya hodisasidan tegishli xulosa chiqarish uchun: temir o`zak magnit yumshoq materiallardan tayyorlangan. Magnit kuch chiziqlari o`zak orqali tutashadi. O`ramlar soni N_1 bo`lgan g`altakka i_1 tok berilsa, o`zakda magnit oqimi hosil bo`ladi. Agar tok qiymati o`zgarsa, birinchi va ikkinchi g`altaklar bilan ilashgan umumiy f magnit oqimlari ham o`zgaradi. Natijada elektromagnit induksiya qonuniga binoan bu g`altaklarda EYuK lar hosil bo`ladi. Agar faqat birinchi g`altakdagi tok o`zgarsa, bu g`altakda o`zinduksiya hodisasi ro`y beradi. Bunda shu g`altakning har bir o`ramida hosil bo`lgan o`zinduksiya elektr yurituvchi kuchi

$$e_0 = -d\phi/dt = -\mu \mu_0 SN/l * di_1/dt,$$

butun g`altakdagi o`zinduksiya EYUK esa

$$e_L = e_0 N_1 = -\mu \mu_0 SN/l * di_1/dt = -L di_1/dt \text{ bo`ladi. Bu yerda}$$

μ – o`zakning nisbiy magnit singdiruvchanligi;

μ_0 – vakuumning magnit singdiruvchanligi;

S – o`zakning kesim yuzi;

N – o`ramlar soni;

l – g`altakning aktiv uzunligi;

di_1/dt – birlik vaqtdagi birinchi g`altakdagi tok o`zgarishi;

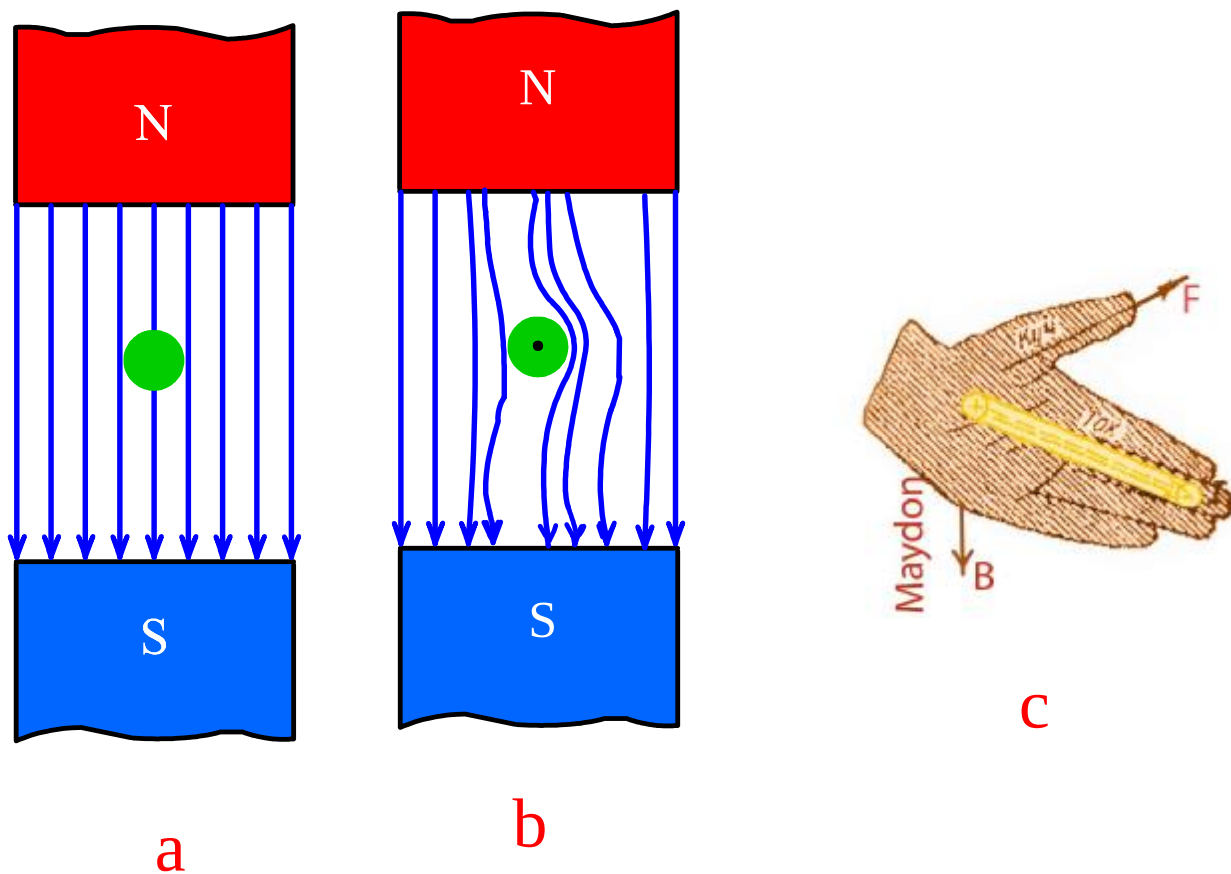
L – g`altakning induktivligi;

f - temir o`zakdan o`tuvchi magnit oqimi.

7-rasmda birinchi g`altakdagi tokning o`zgarishida har ikkala g`altak bilan ham ilashgan umumiy magnit oqimi o`zgaradi va elektromagnit induksiyasi qonuniga muvofiq, ikkinchi g`altakda ham EYuK hosil bo`ladi. Bunday hodisa o`zinduksiya hodisasi, bundagi EYuK esa o`zinduksiya EYuK deyiladi. Parallel o`tkazgichlarda induksion toklarning hosil bo`lish hodisasi o`zaro induksiya deb ataladi. Shunday qilib, zanjir ulanganda o`zinduksiya EYuK aks ta`sir qilishi natijasida zanjirda tok darhol emas, balki asta-sekin o`zgaradi.

6. Magnit induksiyasi

Magnit induksiyasi deb, magnit maydonning shu maydonda magnit chiziqlari yo`nalishiga tik y`onalishda harakatlanuvchi birlik zaryadga ko`rsatadigan ta`sir kuchiga aytiladi.



8-rasm

8-rasm. Magnit maydonda tokli o`tkazgichning harakati va chap qo`l qoidasi.

- Qutblar va tokli o`tkazgich;
- Natijaviy magnit maydon;
- Chap qo`l qoidasi.

(8-rasm, a) magnit NS qutblarining maydonida o`tkazgich joylashgan, undan tok o`tadi. O`tkazgich atrofida magnit maydoni hosil bo`ladi. Parma qoidasidan foydalanib, o`tkazgich atrofidagi magnit chiziqlari yo`nalishi soat strelkasining harakat yo`nalishiga mos kelishiga ishonch hosil qilish mumkin. Magnit maydon va tok hosil qilgan maydon o`zaro ta`sirlashganda (8-rasm b) natijaviy magnit maydon tasvirlangan. Natijaviy magnit maydon chiziqlarining zichligi o`tkazgichning ikkala tomonida har xil bo`ladi. O`tkazgichning o`ng tomonida magnit maydonlar bir xil yo`nalishga ega bo`lib, o`zaro qo`shiladi, chap tomonida esa bir-biriga

qarama-qarshi yo`nalib, natijada qisman bir-birini yo`qotadi. Demak, o`tkazgichga o`ngdan kattaroq va chapdan kichikroq kuch ta`sir qiladi. O`tkazgich F kuch yo`nalishida siljiydi. O`tkazgichda tok yo`nalishining o`zgarishi uning atrofidagi magnit chiziqlarining yo`nalishini ham o`zgartiradi, natijada o`tkazgichning siljish yo`nalishi ham o`zgaradi.

Magnit maydonida o`tkazgichning harakat yo`nalishini aniqlash uchun chap qo`l qoidasidan foydalanadi. Bu qoida quyidagicha ta`riflanadi: chap qo`limizni magnit maydonda shunday tutamizki, magnit chiziqlari kaftimizga kiradigan, yoyilgan to`rtta barmog`imizning yo`nalishi o`tkazgichdagi tok yo`nalishini ko`rsatadigan bo`lsin, shunda ochilib turgan bosh barmog`imiz o`tkazgichning harakat yo`nalishini bildiradi (8-rasm b).

Magnit maydonidagi tokli o`tkazgichga ta`sir qiladigan kuch o`tkazgichdagi tokning kattaligiga, magnit maydon intensivligi (magnit chiziqlari zichligi) ga ham bog`liq bo`ladi. Magnit maydon intensivligini xarakterlaydigan asosiy kattalik magnit induksiyasi hisoblanadi. Magnit induksiyasining o`lchov birligi - T e s l a

$$Tl = B \cdot s / m^2 .$$

Uzunligi 1m va tok kuchi 1A li o`tkazgichda 1N (Nyuton) kuch ta`sir qilsa, bunday maydonning magnit induksiyasi 1Tl (Tesla) ga teng.

Magnit maydonidagi tokli o`tkazgichga ta`sir qiladigan F kuch magnit induksiyasi B , o`tkazgichdagi tok  $I$  va o`tkazgich uzunligi l ga proporsionaldir, ya`ni

$$\vec{F} = \left[\vec{B} I \vec{l} \right]$$

Magnit maydoniga kiritilgan tokli o`tkazgichga uni maydon tashqarisi tomon itaruvchi elektromagnit  $F$  kuch ta`sir etadi (asm, 6). Bu F kuchi magnit induksiyasi B ga, o`tkazgichning magnit induksiyasi ta`siridagi aktiv uzunligi l ga va o`tkazgichdagi tok kuchi  $I$  ga magnit induksiya vektori va tokli o`tkazgich orasidagi burchakka to`g`ri proporsional, ya`ni

$$F = B I l \sin \alpha$$

Bu formula elektromagnit kuchlar qonuni yoki AMPER qonuni deyiladi. Bu kuchning yo`nalishi chap qo`l qoidasiga binoan topiladi. Elektr motorlarining ishlash prinsipi shu qonunga asoslangan.

7. Diamagnetik va ferromagnetik jismlar

Moddalarning magnit xossalari

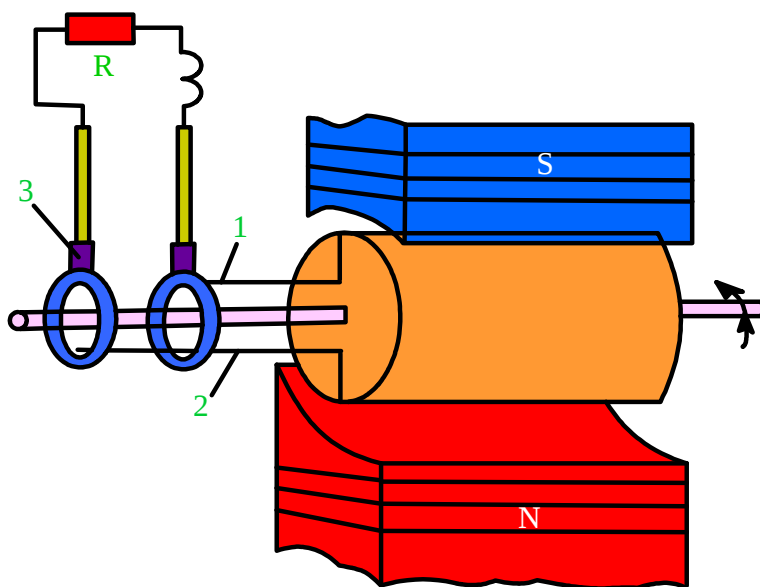
Tabiatda tabiiy qattiq magnitik va magnitik xususiyatga ega bo'lmagan jismlar mavjud. Tabiiy magnitik xususiyatga ega bo'lgan jismlarga ferromagnet kiradi. Temir, nikel va boshqa metall zarrachalarini o'ziga tortish va o'zida tutib turish xususiyatiga ega bo'lgan jismlar magnitlar deb ataladi. Moddalarning magnit maydonida magnit xususiyatiga ega bo'lishi magnitlanish deyiladi. Magnitlanuvchi moddalar esa magnetiklar deb ataladi. Temir, kobalt, nikel, gadoliniiy va ularning qotishmalaridan iborat magnetiklar ferromagnetiklar deb yuritiladi. Magnetiklar atrofida magnit maydoni hosil bo'ladi. Magnitlangan jismlarda magnit maydon atom yadrosi va uning atrofida aylanadigan elektronlar harakatlenganda vujudga keladi. Elektronlar orbita bo'ylab harakatdan tashqari o'zining o'qi atrofida ham aylanadi. Elektronlar atomlar atrofida aylanish orbitalari va o'z o'qlari atrofida aylanishi bir-biriga nisbatan har xil vaziyatni egallashi mumkin. Shuning uchun harakatlanayotgan elektronlar uyg'otadigan magnit maydonlar har xil vaziyatlarda bo'ladi. Magnit maydonlarining o'zaro joylashishiga qarab ular qo'shilishi yoki ayrilishi mumkin. Birinchi holda atom magnit maydonga yoki magnit momentiga ega bo'ladi, ikkinchi holda esa ega bo'lmaydi. Atomlari magnit momentiga ega bo'lmagan va magnitlab bo'lmaydigan materiallar diamagnet materiallar deb ataladi. Ularga tabiatda uchraydigan ko'pgina moddalar va ba'zi metallar (mis, qo'rg'oshin, rux, kumush va boshqalar) kiradi. Atomlari ma'lum magnit momentiga ega bo'ladigan va magnitlanishi mumkin bo'lgan materiallar paramagnet materiallar deb ataladi. Ularga alyuminiy, qalay, marganes va boshqalar kiradi.

Atomlari katta magnit momentiga ega bo'ladigan va osongina magnitlanadigan materiallar ferromagnet materiallar deyiladi. Ularga temir, po'lat, cho'yan, nikel, kobalt, gadoliniiy va ularning qotishmalari shunday materiallar jumlasiga kiradi. Magnitlangan jismlar atrofida magnit maydoni hosil bo'ladi.

Doimiy magnit va tokli o'tkazgich atrofida yoki tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi maydon bo'ladi. Bu maydon magnit maydoni deb ataladi. Magnit maydonining mavjudligini 1820 yili Daniyalik fizik olim ERSTED aniqlagan.

8. O'zgaruvchan tok generatorining E.Yu.K.

Ma'lumki, o'zgarmas tok metallarda erkin elektronlarning barqaror ilgarilanma harakatidan iborat. Agar shu elektronlar ilgarilanma harakat o'rniga tebranma harakatlansa, u holda teng vaqt oralig'ida tokning kattaligi ham, yo'nalishi ham o'zgarib turadi. Bunday tok ozgaruvchan tok deyiladi. Buni qo'yidagicha ham ta'riflash mumkin: EYuK kuchlanishi, tokning qiymati va yo'nalishi sinusoidal qonun asosida davriy ozgaruvchi elektr zanjirlari sinusoidal tok, ba'zida esa ozgaruvchan tok zanjirlari deyiladi.



9-rasm

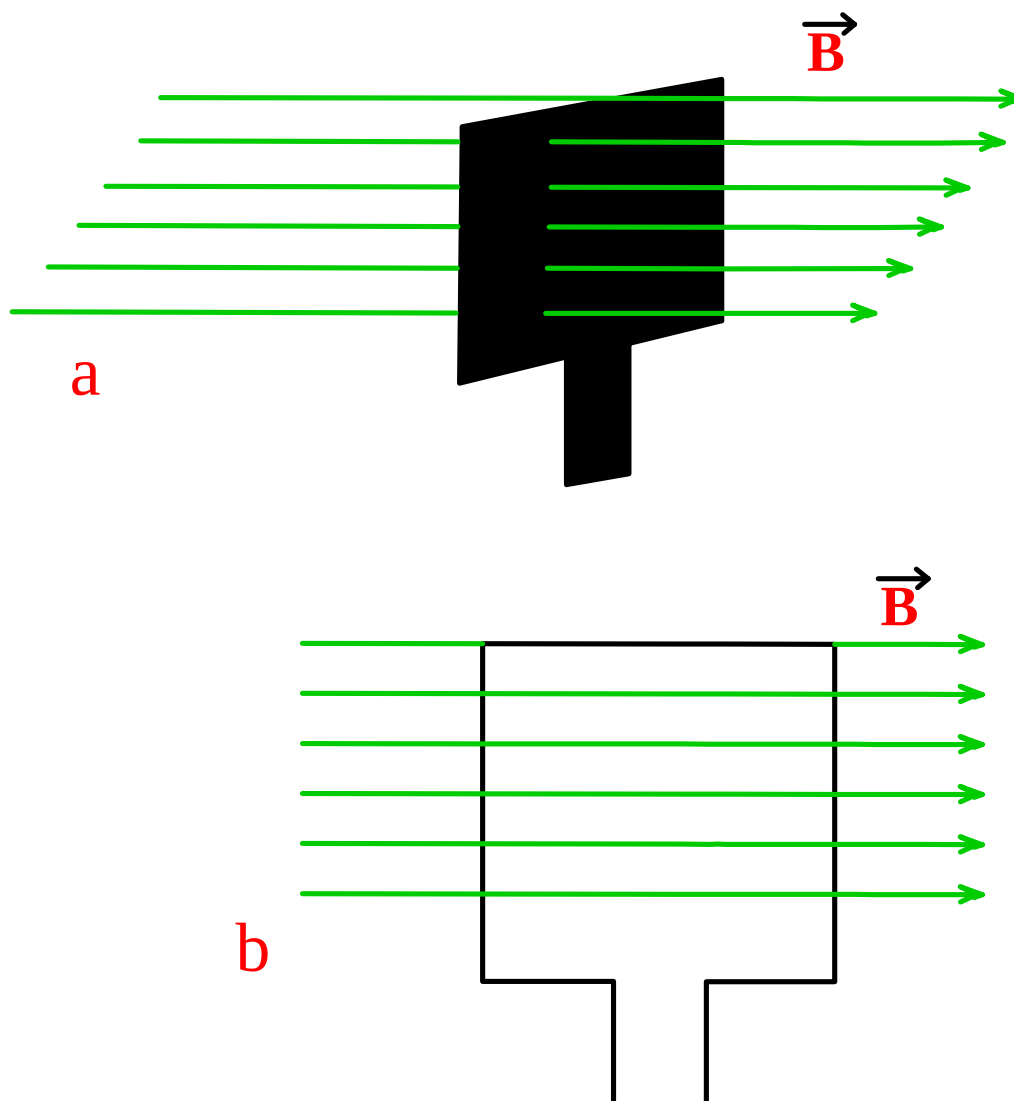
9-rasmda oddiy o'zgaruvchan tok generatorlarining tuzilish sxemasi keltirilgan 1 va 2- o'tkazgichlar, 3-cho'tka.

O'zgaruvchan tok kuchlanishini transformator o'zgartirish (transformasiyalanish) xususiyatiga ega. Ana shu xususiyati elektr energiyasini uzoq masofalarga tejamli uzatish imkonini beradi. Bundan tashqari, o'zgaruvchan tok dvigatellari oddiy tuzilganligi va ixchamligi bilan ajralib turadi. Shuning uchun o'zgaruvchan tok juda keng qo'llaniladi; elektr enenrgiyasining deyarli hammasi o'zgaruvchan tok generatorlari hosil qilinadi.

9-rasmda oddiy o'zgaruvchan tok generatorining tuzilish sxemasi ko'rsatilgan. O'zgarmas magnit maydon NS qutblar orasidagi magnit maydonida 1 va 2 o'tkazgichlardan iborat chulg'am o'rami joylashtirilgan. O'ramning uchlari bir-biridan va korpusdan izolyasiyalangan metall halqalarga ulangan. Halqalar o'ram bilan birga aylanadi. Halqalarga

o`rnatilgan qo`zg`almas cho`tkalar 3 yordamida o`ram tashqi nagruzka qarshiligiga ulanishi mumkin.

Qutblar orasidagi magnit maydon bir xil, ya`ni magnit induksiya kattaligi va yo`nalishi jihatidan hamma joyda bir xil, deb faraz qilaylik. Bir aylanish vaqtida o`ram tekisligi  $360^\circ$  burchakka aylanadi. O`ram tekisligi magnit chiziqlari yo`nalishiga perpendikulyar yotgan payt I- vaziyatda, oram konturini eng katta magnit oqimi  $\Phi_1$  kesib o`tadi 10 a-rasm.



10-rasm

O`tkazgich o`ram magnitning kuch chiziqlari bo`yicha mos yo`nalganda (10 b-rasm) demak, o`tkazgichlarning magnit chiziqlarini kesib o`tmaydi, shuning uchun o`ram konturini kesib o`tadigan magnit oqimi o`zgarmaydi va EYUK nolga teng bo`ladi.

O`zgaruvchi elektr hosil bo`lishini 16-rasmdan ham ko`rishimiz mumkin: sinusoidal tok generatorining magnit qutblari orasiga o`rnatilgan yakor N ta o`ramli chulg`amga ega. Bu chulg`amning uchlari kontakt halqalari va cho`tkalar orqali iste`molchi zanjiriga ulangan. Qutb

boshmoqlari bilan yakor o'rtasidagi havo oralig'ida $B = B_M \sin \alpha$ magnit induksiyasi hosil bo'ladi. Bunda α - neytral chiziq 0-0 bilan chulg'am orasidagi burchak. Agar yakor biror o'zgaras burchak ω chastota bilan harakatga keltirilsa, elektromagnit induksiya qonuniga muvofiq chulg'am o'ramlarining har bir aktiv tomonida $e_o = B l v \sin \alpha = B_M l v \sin \omega t$ ga teng sinusoidal EYUK hosil bo'ladi. Har bir o'ram ikki aktiv tomonga ega. Shu sababli o'ramga ega bo'lgan cho'lg'amda hosil bo'lgan sinusoidal EYUK :

$$e = 2e_o = 2N B_M l v \sin \omega t = E_M \sin \omega t \text{ bo'ladi.}$$

N- chulg'amning o'ramlar soni;

l – yakorning uzunligi;

v – yakorning chiziqli tezligi.

Bunda, $E_M = 2 B_M N l v$ -sinusoidal EYuKning maksimal (amplituda) qiymati. Sinusoidal EYuKli bunday generator zanjiriga iste'molchi ulansa sinusoidal

$$i = I_M \sin \omega t$$

tok hosil bo'ladi. O'zgaruvchan tokning bitta to'liq tebranishi uchun zarur bo'lgan vaqt oralig'i tebranishlar davri deb ataladi. Davr T bilan belgilanib, sekunda o'lchanadi.

Bir sekunddagi davr soni (yoki davrga teskari kattalik) tebranish chastotasi yoki qisqacha chastota deb ataladi. Chastota $f = 1/T$ bilan belgilanadi va Gers (Gs) da o'lchanadi. Chastota bilan davr orasida ushbu munosabat mavjud:

$$f = 1/T \text{ yoki } T = 1/f.$$

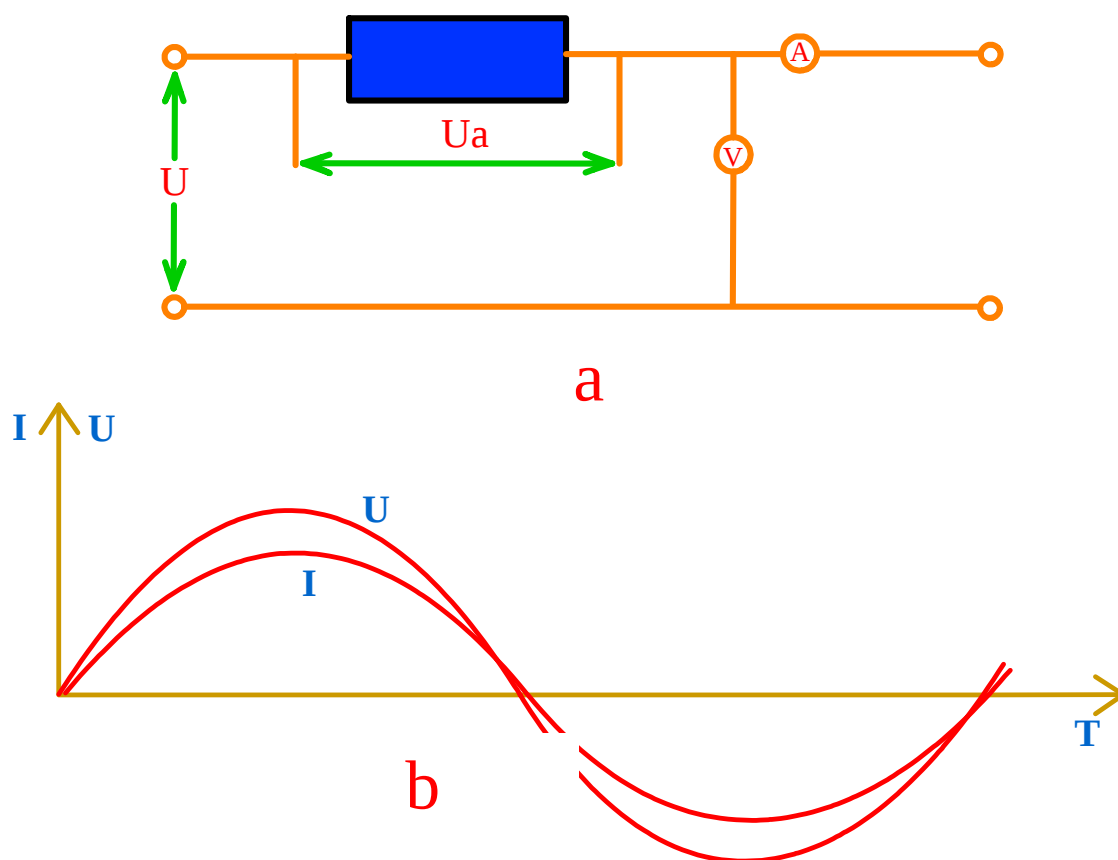
Sinusoidal tokning asosiy kattaliklari-davr, chastota, faza, fazalar siljishi, boshlang'ich hamda oniy, effektiv, o'rtacha va amplitudaviy qiymatlardir. Sinusoidal tok, kuchlanish yoki EYuKning bir marta o'zgarish vaqti $t=T$ davr deyiladi. Sinusoidal tok, kuchlanish yoki EYuKning bir sekunddagi davrlar soni $f = 1/T$ chastota deyiladi. SI sistemasida chastotaning o'lchov birligi $f=1/T$ birligi $1/s=Gs$ (Gers). Bizda davlat standartiga muvofiq 50 Gersli sinusoidal tok foydalaniladi. Sinusoidal kattaliklarning o'zgarish qonuniyati ifodasidagi sinus argumenti $(\omega t + \varphi)$ faza deyiladi. $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$ (rad/s)-sinusoidal kattalikning burchak chastotasi deyiladi.

9. O'zgaruvchan tok zanjiriga aktiv qarshilik ulanganda tok va kuchlanish orasidagi faza

O'zgaruvchan tok zanjiriga aktiv qarshilik ulanganda elektr energiya issiqlik energiyasiga o'tadi. Aktiv qarshilikka qizigan lampalar, rezistorlar, isituvchi asboblarni misol bo'la oladi. Faraz qilaylik R qarshilikli zanjirga sinusoidal o'zgaruvchi kuchlanishga ega manba ulangan 11a-rasm.

$$U = U_m \sin \omega t$$

U - kuchlanishning oniy qiymati, U_m - kuchlanishning amplitudasi, ωt - kuchlanish fazasi.



11-rasm

Bu zanjirda Ohm qonuniga asosan tokning oniy qiymati

$$i = \frac{U}{R} = \frac{U_m \sin \omega t}{R} = I_m \sin \omega t$$

ya'ni $I_m = \frac{U_m}{R}$ tokning amplitudasi.

O'zgaruvchan kuchlanish va tok ifodalarini o'zaro taqqoslasak, ularning fazalari bir xil. Natijada aktiv qarshilikli zanjirda kuchlanish va tok fazalari birday o'zgaradi (11b-rasm).

$I_m = \frac{U_m}{R}$ ifodasining ikki tomonini $\sqrt{2}$ bo'lsak, ularning amaliy qiymatlari hosil bo'ladi.

Quvvatning oniy qiymati kuchlanishning oniy qiymatini tokning oniy qiymatiga ko'paytmasiga teng.

$$p = u \cdot i = U_m \sin \omega t \cdot I_m \sin \omega t = U_m I_m \sin^2 \omega t = U_m I_m \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} =$$

$$\frac{U_m I_m}{2} - \frac{U_m I_m}{2} \cos 2\omega t = UI - UI \cos 2\omega t$$

Davrning birinchi yarmida kuchlanish oshishi bilan tok va quvvat oshadi. Quvvatning oniy qiymati $U_m I_m$ amplitudaga erishgandan so'ng, quvvat qiymati nolgacha kamayadi. Davrning ikkinchi qiymati yana oshadi. Quvvatning musbat ishorasi elektr energiya va issiqlik energiyasiga o'tishini bildiradi.

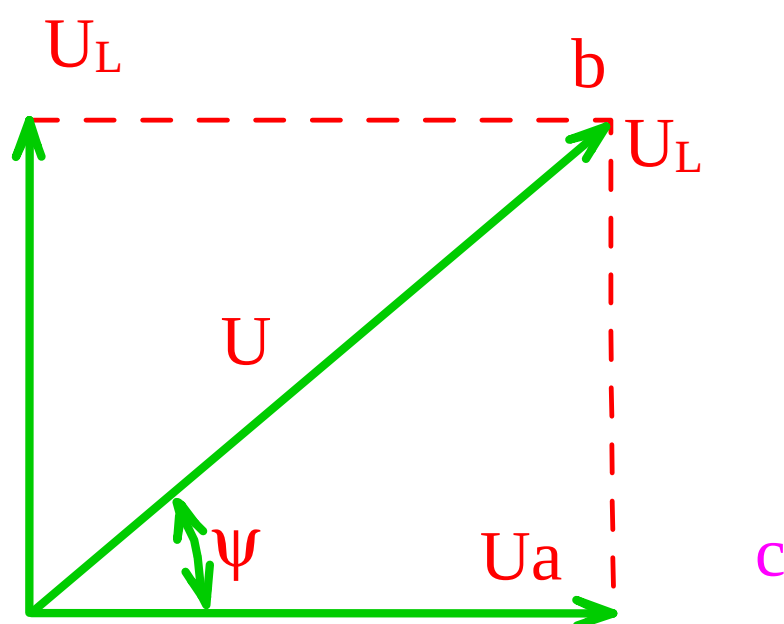
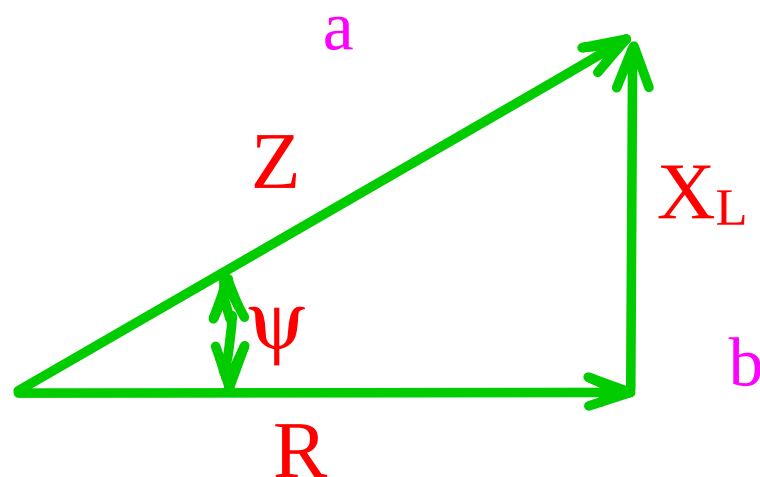
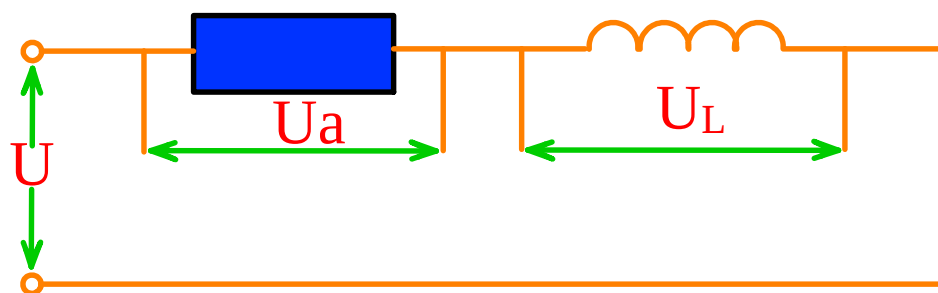
10. O'zgaruvchan tok zanjiriga g'altak va qarshilik ulanganda tok bilan kuchlanish orasida fazalar farqi

Amplituda U_M li o'zgaruvchan kuchlanish, induktivlik L (G) juda kichik aktiv qarshilik qisqichlariga qo'yilgan bo'lsin (12a-rasm). Agar o'sha g'altakka o'zgarmas kuchlanish berilganda aktiv qarshilik juda kichikligi tufayli zanjirdagi tok eng katta qiymatga ega bo'ladi. O'zgaruvchan kuchlanishda esa g'altakdagi tok kichik qiymatga ega bo'ladi. Bunga sabab shuki, o'zgaruvchan kuchlanishda g'altakda o'zinduksiya tufayli o'zgaruvchan EYuK vujudga keladi, u berilgan kuchlanish bilan geometrik qo'shiladi va natijada tokka ta'sir qiladi.

Ma'lumki o'zinduksiya EYuK quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$e_L = - L di/dt$$

bu yerda di/dt – tokning vaqt bo'yicha o'zgarish tezligi.



12-rasm

12-rasm. O'zgaruvchan tok janjiridagi induktivlik va aktiv qarshilikning a-sxemasi, b-tok va kuchlanishning o'zgarish grafigi va c- vektor diagrammasi.

Zanjirdagi tok, energiya manbai kuchlanishi U hamda L -g'altakda tok o'zgarishi natijasida zanjirda vujudga keladigan o'zinduksiya E_{YuK} e_L ta'sirida oqadi, ya'ni $i = (u + e_L)/R$ bundan $u = (-e_L) + iR$.

Biz ko'rib chiqayotgan holda $R \approx 0$ deb faraz qilsak, $u = -e_L = -L di/dt = L d(I_M \sin \omega t)/dt = \omega L I_M \sin(\omega t + 90^\circ) = U_M \sin(\omega t + 90^\circ)$ bo'ladi. Bundan, $I_M \omega L = U_M$ yoki $I \omega L = U$ kelib chiqadi. Bu formula o'zgaruvchan tok zanjiri uchun Ohm qonunining ifodasidir. Demak, induktivli zanjirdagi tokning fazasi kuchlanish fazasidan 90° orqada bo'ladi.

Zanjirda $R \neq 0$ bo'lsa, aktiv qarshilikdagi kuchlanish faza bo'yicha tokka mos keladi. Shuning uchun kuchlanish vektori U_a diagrammada tok vektori I yo'nalishida yasalgan. U_a kuchlanishning aktiv pasayishi deb ataladi. Biz ko'rib chiqayotgan zanjir induktivlikka ham ega bo'lgani uchun o'zinduksiya E_{YuK} ni yengishga kuchlanish

$$U_L = I X_L$$

talab qilinadi. U_L kuchlanishning induktiv pasayishi deb ataladi.

Induktivlikdagi kuchlanish tokdan faza bo'yicha 90° burchakka ilgarilaydi. (11c-rasm). Shuning uchun kuchlanish vektori U_L ilgarilash tomonga 90° burchak ostida yasalgan. Demak, zanjir qisqichlaridagi kuchlanish vektorlarning geometrik yig'indisiga teng:

$$U_a = IR \text{ va } U_L = I X_L$$

Bu vektorlarni geometrik qo'shib o'z kattaligi va yo'nalishi bilan zanjirdagi generator kuchlanishining ta'sir etuvchi qiymatini aniqlaydigan kuchlanish vektori U ni hosil qilamiz.

Ya'ni, bunday zanjirdagi tok va kuchlanishlarning vektor diagrammasini tuzish uchun asosiy vektor qilib tok vektori I olinadi. So'ngra tok vektori yo'nalishida U_a kuchlanish vektori qo'yiladi. Bu vektor oxiridan 90° ga o'zuvchi qilib U_L vektori o'tkaziladi. Va ularning yig'indisi $U_a + U_L$ dan zanjirdagi kuchlanish vektori U topiladi. Ya'ni

$$U = U_a + U_L$$

Vektor I vektor U dan ma'lum ϕ burchakka orqada qoladi. Bundan tashqari, vektor U kuchlanish uchburchagi deb ataladigan to'g'ri burchakli oab (12c-rasm)ning gipotenuzasi hisoblanadi. Uchburchak kateti oa vektor U_a ga, kateti ab esa vektor U_L ga teng. Shuning uchun biz quyidagini yoza olamiz (11b-rasm):

$U^2 = U_a^2 + U_L^2$ yoki $U^2 = (IR)^2 + (IX_L)^2 = I^2(R^2 + X_L^2)$
Keyingi tenglikning ikkala qismidan kvadrat ildiz chiqarsak

$$U = I\sqrt{R^2 + X_L^2} \text{ bundan } I = U / \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

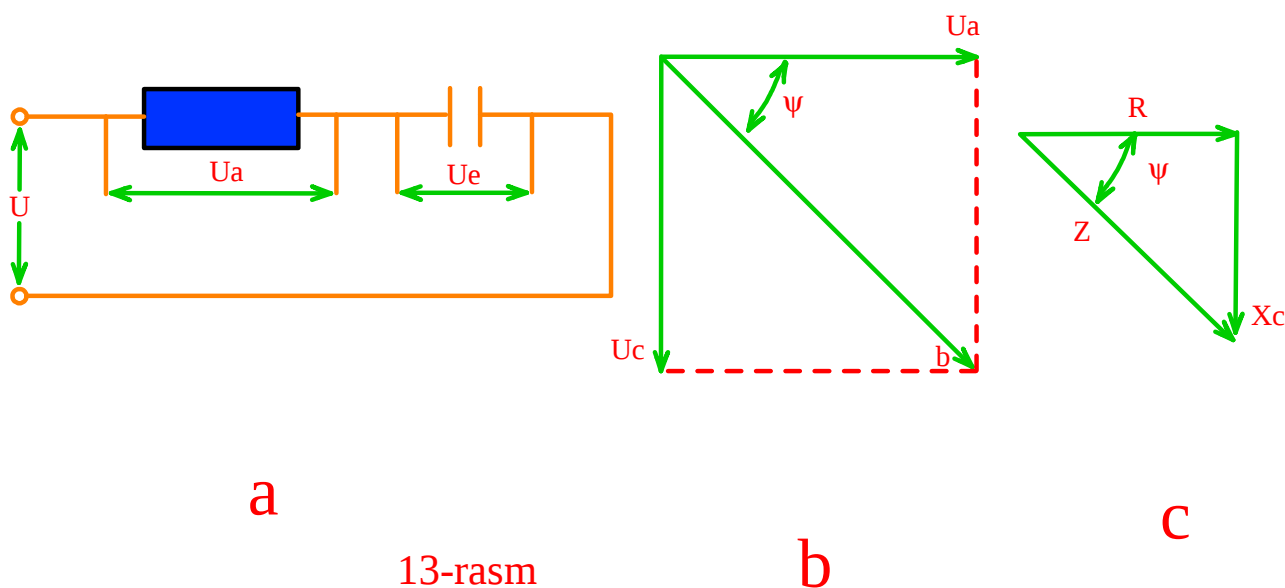
Bu formula aktiv va induktiv qarshilikli o'zgaruvchan tok zanjiri uchun Ohm qonunini ifodalaydi. Ushbu ifodada maxraj Z bilan belgilanadi va zanjirning t'oliq qarshiligi deb ataladi (12b-rasm) :

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

Shu tenglikka asoslanib, katetlari R va $X_L = \omega L$ hamda gipotenuzasi Z bo'lgan to'g'ri burchakli uchburchakni yasash mumkin (12b-rasm). U aktiv va induktiv qarshilikli zanjirning qarshiliklar uchburchagi deb ataladi.

11. O'zgaruvchan tok zanjiriga qarshilik va kondensatorni ulanganda tok bilan kuchlanish orasida fazalar farqi

Aktiv qarshiligi R hamda sig'im C li kondensatori bo'lgan zanjirdan burchak chastotasi ω li va I o'zgaruvchan tok o'tayotgan bo'lsin. I tok, R aktiv qarshilik orqali o'tib, kuchlanish pasayishi $U_a = IR$ ni vujudga keltiradi. Aktiv qarshilikdagi kuchlanish tokka faza bo'yicha mos keladi (13a - rasm). Bizga ma'lumki, kuchlanish vektori U_a kuchlanishning aktiv pasayishi deb ataladi.



Biz ko`rib chiqayotgan zanjir, aktiv qarshilikdan tashqari sig`im qarshilik $X_c = 1/\omega C$ ga ham ega bo`lgani uchun I tok  $X_c$  sig`im qarshilikli kondensator orqali o`tib kuchlanish  $U_c = IX_c$  ni ham hosil qiladi.  $U_c$  kuchlanishning sig`im pasayishi deb ataladi.

(13b - rasm) kondensatordagi kuchlanish undagi tokdan faza bo`yicha 90° burchak orqada qoladi

$$U^2 = U_a^2 + U_c^2 \text{ yoki } U^2 = (IR)^2 + (IX_c)^2 = I^2 (R^2 + X_c^2)$$

Oxirgi tenglikning ikkala qismidan kvadrat ildiz chiqarib

$U = I\sqrt{R^2 + X_c^2}$ bundan $I = U / \sqrt{R_c^2 + X_c^2} = U^2 / \sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2}$ ushbu formula aktiv va sig`im qarshilikli o`zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonunini ifodalaydi (13c-rasm).

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2} = \sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2}$$

ushbu ifodadagi Z zanjirning to`liq qarshiligi deb ataladi.

Bu aktiv va sig`im qarshilikli zanjirning qarshiliklar uchburchagi deb ataladi. Qarshiliklar uchburchagidan zanjirdagi tok bilan unga berilgan kuchlanish orasidagi fazalarning siljish burchagi γ ni aniqlashimiz mumkin. Ifodasi

$$\cos \gamma = R_a / Z = R / \sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2}$$

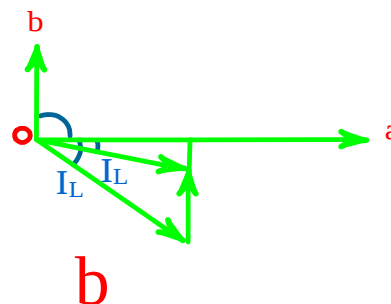
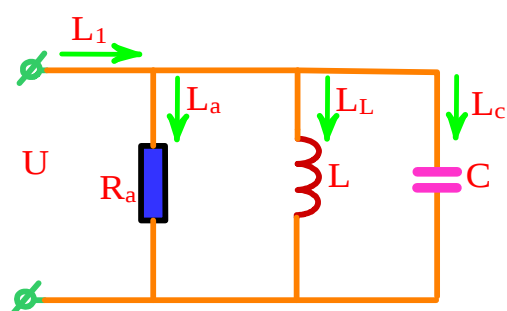
12. O`zgaruvchan tok zanjiriga R_a , L, C qarshiliklarni parallel ulash

O`zgaruvchan tok zanjiriga parallel ulangan (14a-rasm).

R_a - qarshilik; L – induktiv g`altak; C – kondensator.

Kuchlanishi U bo`lgan o`zgaruvchan tok manbasining induktivlikli tarmoqdagi tok kattaligi $I_L = U / \omega L$ bo`lib, kuchlanishdan faza bo`yicha φ_1 burchakka orqada qoladi.

Kondensatorli tarmoqdagi tok kattaligi $I_c = U / (1/\omega C) = U\omega C$ ifoda bilan aniqlanib, tok I_c kuchlanish U dan faza bo`yicha  $90^\circ$  burchakka ilgariylaydi, bu vektor diagrammada ko`rsatilgan (14b-rasm).



14-rasm

a

14-rasm. R,L,C qarshiliklarni parallel ulash. a-sxemasi; b) vektor diagrammasi.

14a-rasmdagi elektr zanjirda induktiv va sig'imiyl o'tkazuvchanliklar teng bo'lsa, toklar rezonansi hodisasi ro'y beradi. Bunda

$I = \sqrt{I_a^2 + (I_L - I_c)^2} = I_a = UR_a$ bo'lib, tok o'zining maksimum I_a ga erishadi.

Quvvat koefitsienti esa,

$$\cos \varphi = R_a/Z = R_a / R_a = 1 \text{ ga erishadi.}$$

$$\cos \varphi = g_a/y = g_a / g_a = 1$$

g_a – tarmoqlarning aktiv o'tkazuvchanligi;

y – zanjirning to'la o'tkazuvchanligi.

b_L – g'altakning o'tkazuvchanligi;

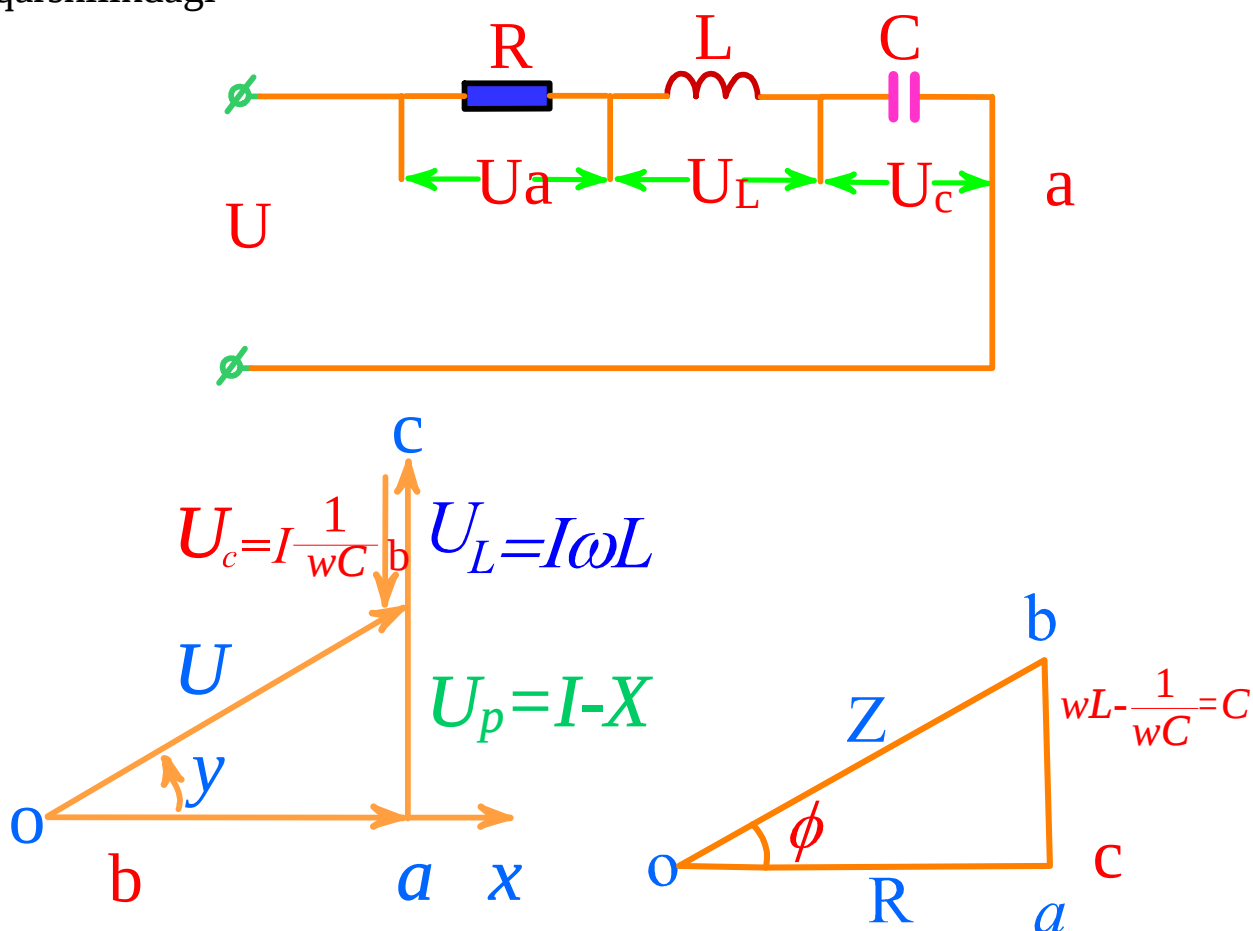
b_c – sig'im o'tkazuvchanligi.

$I_L = I_c = Ub_L = Ub_c = I$ b_L/b_c dan induktiv I_L va sig'imiyl I_c toklarning qiymati zanjirdagi umumiy I tokdan b_L/g_a yoki b_L/g_a marta katta bo'lishi mumkin. Shuning uchun bu hodisa mexanik tebranish rezonansiga o'xshatiladi va toklar rezonansi deb yuritiladi. Bunda $I_L = -I_c$ bo'lgani sababli, $Q_L = -Q_c$ bo'ladi. Q_L – g'altakdan o'tuvchi zaryad; Q_c – kondensatorda to'plangan zaryad. Demak, har bir onda mazkur konturning magnit maydoni energiyasi elektr maydonida to'plangan energiyaning kamayishi hisobiga oshadi va aksincha. Bunda ham elektr tarmog'idan ilinadigan energiya faqat aktiv qarshilikni qizdirishga sarflanadi, g'altak va kondensator maydonlarida to'plangan energiya esa o'zaro almashinib (tebranib) turadi. Toklar rezonansi hodidasidan elektrotexnik qurilmalarning quvvat koefitsiyenti $\cos \varphi$ ni oshirish uchun keng foydalaniladi.

13. O'zgaruvchan tok zanjiriga R,L,C qarshiliklarni ketma-ket ulangan

Ketma-ket ulangan aktiv qarshilik R, induktiv qarshilik L va sig'im kondensatori C dan iborat o'zgaruvchan tok zanjirini ko'rib chiqamiz (15-

rasm a). Berilgan kuchlanish U ta'sirida tok I o'tadi. Kuchlanish U aktiv qarshilikdagi



15-rasm

15-rasm. Aktiv, induktiv va sig'imiylar qarshilikli o'zgaruvchan tok zanjiri a-sxemasi; b-vektor diagrammasi; g-qarshiliklar uchburchagi.

$U_a = IR$, induktiv qarshilikdagi $U_L = I \omega L$ va sig'im qarshilikdagi $U_c = 1/\omega C$ kuchlanish pasayishini qoplashi lozim.

Bu kuchlanishlar uchun vektor diagramma yasaymiz (14-rasm b, C). Tok I ni gorizontall kesma ko'rinishida qo'yib, uning yo'nalishida kuchlanishning aktiv yasovchisi X - o'qi bo'yicha $U_a = IR$ ni qo'yamiz, bunda U faza bo'yicha tokka mos kelishini ko'zda tutamiz. Induktivning kuchlanishi U_L tok I dan faza bo'yicha 90° burchakka ilgarilagani uchun tok yo'nalishiga perpendikulyar chiqarib, unga kuchlanishning induktiv pasayishi $U_L = I \omega L$ ni ab kesma ko'rinishida qo'yamiz. Kuchlanishning sig'im pasayishi U_c tok I dan faza bo'yicha 90° burchak orqada qoladi, shuning uchun ac kesmadan (c nuqtadan) tok vektoriga perpendikulyar tushirib, unga $U_c = 1/\omega C$ ni bg kesma ko'rinishida qo'yamiz.

O va b nuqtalarni tutashtirib, Ob vektorni hosil qilamiz. Bu vektor kattaligi va y`onalishi biz ko`rib chiqayotgan zanjirga berilgan kuchlanish U ni aniqlaydi.

To`g`ri burchakli uchburchak Oab ketma-ket ulangan aktiv, induktiv va sig`im qarshilikli zanjir uchun kuchlanishlar uchburchagi deb ataladi. Katet ab kuchlanishlar uchburchagi deb ataladi. Katet ab kuchlanishning induktiv  $U_L$  va sig`im U_C pasayishlarining ayirmasidan iborat. Demak, o`zgaruvchan tok zanjiri uchun ushbu tenglikni yozishimiz mumkin:

$$U^2 = U_a^2 + (U_L - U_C)^2, \text{ yoki}$$

$$U^2 = (IR)^2 + I(\omega L - 1/\omega C)^2 = I^2/R^2 + I/(\omega L - 1/\omega C)^2, \text{ bundan}$$

$$U = I\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} \text{ yoki}$$

$$I = U / \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}$$

Oxirgi formula aktiv, induktiv va sig`im qarshilikli o`zgaruvchan tok zanjiri uchun Ohm qonunini ifodalaydi. Bu ifodadagi maxraj Z bilan belgilanadi va zanjirning to`liq qarshiligi deb ataladi.

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

Shu tenglikka asoslanib, katetlari R va $\omega L - 1/\omega C$ va gipotenuzasi Z bo`lgan to`g`ri burchakli uchburchak Oab ni yasashimiz mumkin. Bu uchburchak aktiv, induktiv va sig`im qarshilikli qarshiliklar uchburchagi deb ataladi.

Qarshiliklar uchburchagidan zanjirdagi kuchlanish va tok orasidagi fazalarning siljish burchagini (fazalar ayirmasini) aniqlashimiz mumkin.

$$\cos j = R_a / Z = R / \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}$$

14-rasmda zanjirda induktiv va sig`im qarshiliklar teng, yani,  $\omega L = 1/\omega C$  bo`lsa kuchlanishlar rezonansi ro`y beradi. Kuchlanishlar rezonansida zanjirning to`la qarshiligi $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} = R_a$, tok esa o`zining maksimumi  $I = U/Z = U/R_a$  ga erishadi. Bunda quvvat koefitsiyentini ketma-ket ulashning xususiy holini ko`rib chiqamiz.

$$\cos \varphi = R_a / Z = R_a / R_a = 1,$$

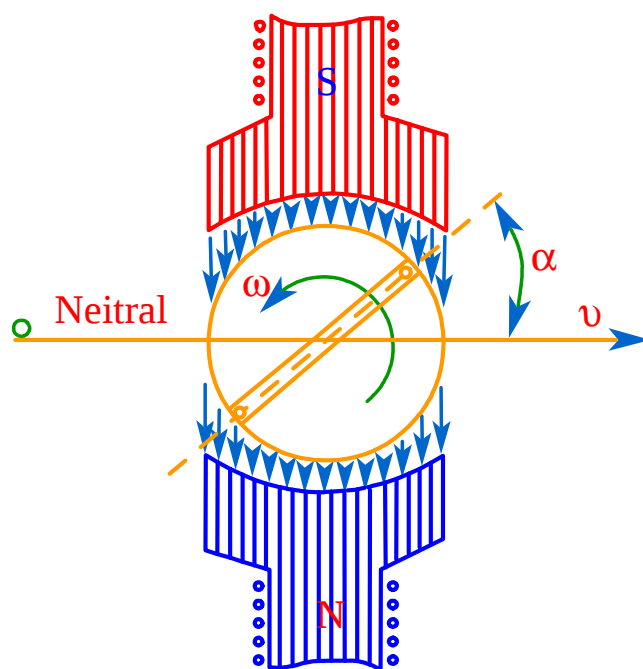
zanjirdagi kuchlanish esa $U_L = U_C = IX_L = IX_C$ bo`ladi.

Demak, kuchlanishlar rezonansi hodisasida zanjir elementlaridagi induktiv U_L kuchlanish yoki sig`imiy kuchlanish  $U_C$  ning qiymati umumiy U kuchlanishga nisbatan  $X_L/R_a$  yoki  $X_C/R_a$  marta ortib ketadi. Natijada g`altak va kondensator

izolyatsiyalariga xavf tug'ilishi mumkin. Kuchlanishlar rezonansida elektr tarmog'idan olinayotgan energiya faqat R_a aktiv qarshilikni qizdirishga sarflanadi. Bunda g'altak magnit maydonining energiyasi kondensatorning zaryadsizlanishi hisobiga oshadi, kondensatordagi elektr maydon energiyasi esa g'altakda to'plangan magnit maydon energiyasining kondensatorga berilishidan yuzaga keladi. Demak, elektr tarmog'idan olingan energiyaning bir qismi g'altak va kondensator maydonlarida o'zaro almashinib (tebranib) turadi. Shu sababli bu hodisa mexanik tebranishlar rezonansiga o'xshatiladi va kuchlanishlar rezonansi deb yuritiladi. Kuchlanishlar rezonansi ifodasidan $2\pi f_0 L = 1/2\pi f_0 C$ topilgan $f_0 = 1/2\pi \sqrt{LC}$ chastota rezonans chastotasi deyiladi. Kuchlanishlar rezonansidan radiotexnikada foydalaniladi.

14. O'zgaruvchan tok generatori

Elektr kuchlanishini hosil qilishda magnit maydonida joylashgan aylanuvchi ramkadan foydalanganda (16 - rasm), induksiya kuchlanishi o'zgaruvchan bo'lib, magnit maydonida ramkaning oniy vaziyatiga



16-rasm

bog'liq. Sababi kuchlanish ramkadan o'tuvchi magnit oqimiga bog'liq.

Ifodasi $U = \frac{\Delta f}{\Delta t}$ (1).

Δf - magnit oqimining o'zgarishi;

Δt - magnit oqimining o'zgarish vaqti.

Magnit oqimi ramka yuzasidan o'tuvchi magnit induksiya kuch chiziqlariga bog'liq. Umumiy holda magnit oqim ifodasi $f = BS \cos j$ (2).

$\vec{B}$ - magnit induksiya vektori;

S – ramkaning kesim yuzasi.

j - ramkaning kesim yuzasi va magnit induksiya vektorlari orasidagi burchak.

Yuqorida keltirilgan ifodalar g'altak uchun ham o'rinli. Magnit maydonida joylashgan g'altak tez aylanganda (g'altak tashkil etuvchi ramka yuzasi ham tez aylanadi), induksion kuchlanish hosil bo'ladi (16-rasm).

Uning ifodasini (1) va (2) ifodalar asosida quyidagicha yozamiz:

$$U = -N \frac{d\Phi}{dt} = -N \frac{d(BS \cos j)}{dt} = -NBS \frac{d(\cos wt)}{dt} = NBS\omega \cdot \sin wt \quad (3).$$

N – g'altakdagi o'ramlar soni;

ω - burchak chastotasi.

Induksiya kuchlanishi sinusoidal qonun bilan o'zgaradi. Uning ishorasi bir davrda ikki marta o'zgaradi. Shuning uchun o'zgaruvchan kuchlanish deyiladi.

Induksion kuchlanishning eng katta qiymat ifodasi

$$U_m = NBS\omega \quad (4)$$

Agarda aylanuvchi g'altak qisqichlariga tashqi elektr zanjir ulansa, unda sinusoidal tok hosil bo'ladi.

O'zgaruvchan tok ifodasi $i = I_m \sin wt$ (5)

i – tokning oniy qiymati;

I_m – tok amplitudasi;

ω - burchak chastotasi.

Har qanday o'zgaruvchan tok generatorida yetarlicha magnit maydonini hosil qiluvchi magnit bor. Kam quvvatli generatorlarda doimiy magnetik jismlar, katta quvvatlida elektromagnitdan foydalaniladi. Yuqori kuchlanishni hosil qilishda ko'p o'ramli chulg'amlar va temir o'zak qo'llaniladi. Generatorning aylanuvchi qismi rotor, aylanmaydigan qismi stator deyiladi.

15. Uch fazali tokni xosil qilish

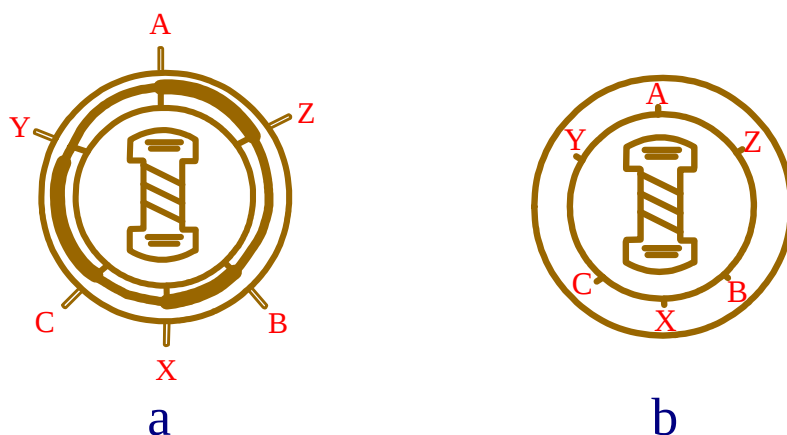
Bir xil chastotali o'zaro siljigan uchta EYUKli elektr zanjiri sistemasidagi tok uch fazali tok deyiladi. Uch fazali tok bir fazali tokka nisbatan qo'yidagi asosiy afzalliklarga ega:

1. Tuzilishi jihatidan oddiy, yaxshi ish tavsiflariga ega bo'lgan, ishlashda ishonchli va arzon hamda bir necha vatt dan 10 ming kVt va undan ham katta quvvatli uch fazali motorlar yaratish imkonini beradi;

2. Uni uzatishda bir fazali tokni uzatishdagiga nisbatan rangli metall taxminan 25 foiz tejaladi;

3. Uch faza va to'rt simli sistemada bir-biridan $\sqrt{3}$ ga farqlanuvchi ikkita kuchlanishdan foydalanish mumkin.

Uch fazali tokni uch fazali generator yordamida hosil qilinadi. Uch fazali generatorda uchta bir xil chulg'amlar bir-biriga nisbatan 120^0 burchakka siljigan (17a-rasm).



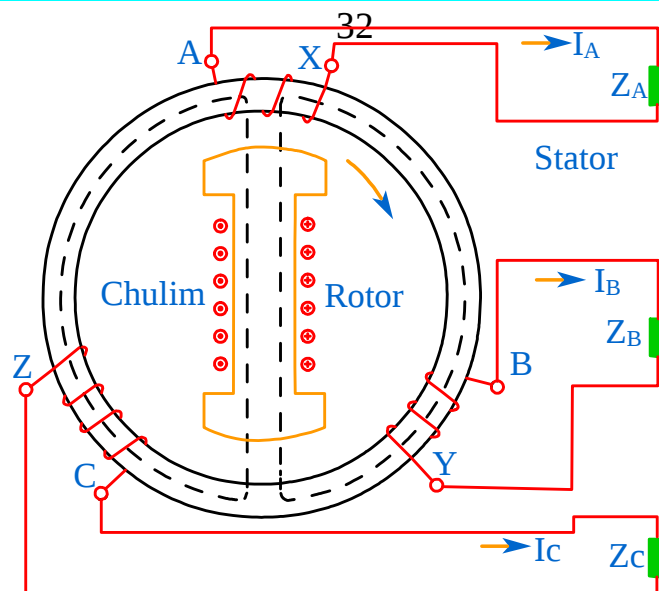
17-rasm

Generatorning chulg'amlar joylashgan qismini stator deyiladi. Har bitta faza bitta o'ram bo'lib, chulg'amlarning boshlari A,B,C oxirlari esa X,Y,Z harflar bilan belgilangan. Rotor va uning chulg'ami doimiy magnit holda bo'ladi. Rotor aylanayotganda uning magnit maydoni stator chulg'amlarini kesib o'tadi va ularda 120^0 siljigan o'zgaruvchan kuchlanish hosil bo'ladi. Bu –uch fazali tok.

$U = U_m (\sin wt + \sin(wt - 120^0) \sin(wt - 240^0)) = 0$ munosabatda quyidagicha xulosa chiqarish mumkin:

Tayinli vaqtda uchta kuchlanishlarning algebraik yig'indisi nolga teng.

Uch fazali tokni iste'molchilarga uzatishda o'tkazgichlar sonini kamaytirish maqsadida, generator chulg'amlarini ikkita usulda ulaydi.



18-rasm

18-rasmda uch fazali sinxron generatorining soddalashtirilgan sxemasi keltirilgan. Statorda uchta fazalar deyiladigan, stator chulg'amlari joylashgan. Ular o'zaro 120^0 gradus burchakka siljigan. Har bitta faza bitta o'ram shaklida ko'rsatilgan. Chulg'amlarning boshlari A, B, C ohirlariga esa X, Y, Z harflar bilan belgilangan. Rotor va uning chulg'ami doimiy magnit holda chizilgan. Rotor aylanib o'tganda uning magnit maydoni stator chulg'amlarini kesib o'tadi va ularda bir xil chastotali sinusoidal EYUKlar induksiyalanadi. Boshlang'ich vaqtda $t=0$ faza A nuqtada induksiyalangan EYUK ifodasi

$$e_A = E_m \sin \omega t \quad (1)$$

Faza B ning EYUK A nuqtadan faza EYUK dan $1/3$ davrga orqada qoladi. Yning ifodasi

$$e_B = E_m \sin(\omega t - 120^0) \quad (2)$$

C fazali EYUK B fazaning EYUK $1/3$ davrga orqada qoladi. Uning ifodasi

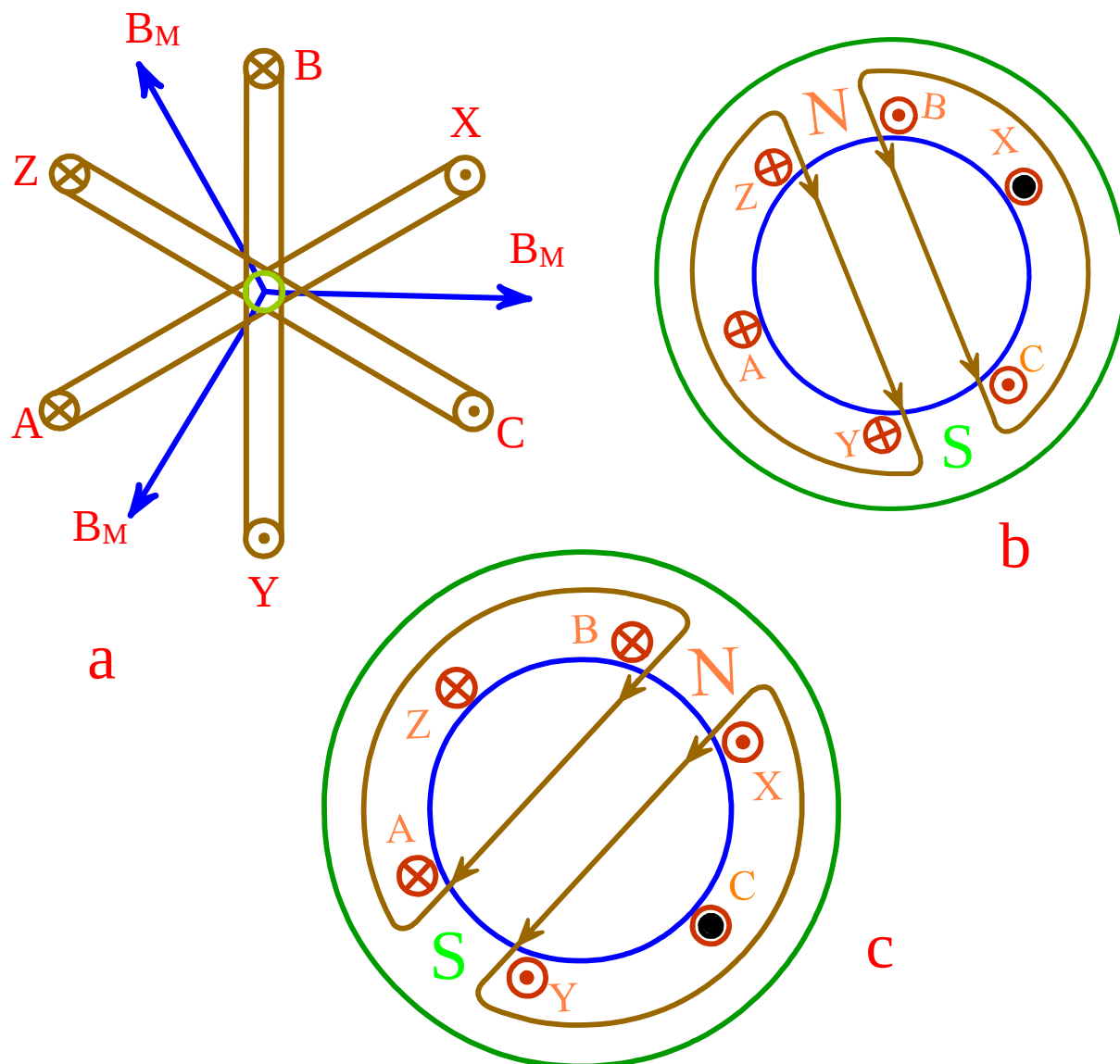
$$e_C = E_m \sin(\omega t - 240^0) \quad (3)$$

Faza EYUKlarning amplitudalari va ular orasidagi faza silgish burchaklari bir xil bo'lgan uch fazali tizimga simmetrik EYUK tizimi deyiladi.

Uch fazali generatorning chulg'amlari o'zaro yulduz yoki uchburchak usulida ulanadi.

16. Aylanuvchi magnit maydoni

Fazoda biror $\omega = \text{const}$ chastotada aylanuvchi o'zgarmas qiymatli magnit oqimi aylanuvchi magnit maydoni deyiladi. 19-rasmda uch fazali sinusoidal tokdan hosil bo'ladigan aylanuvchi magnit maydoniga doir tasvirlar ko'rsatilgan.



19-rasm

19-rasm. Aylanuvchi magnit maydoniga doir tasvirlar

Agar o'zaro 120° burchakka surilgan uchta chulg'amga uch fazali tok berilsa, har bir chulg'amdagi oniy toklardan hosil bo'lgan va B_M amplituda pulsatsiyalanadigan magnit induksiya oqimi vektorlar o'zaro qo'shilib, $1,5 B_M = \text{const}$ li magnit madoni yuzaga keladi. O'zgarmas qiymatli bunday magnit induksiya maydoni aylanuvchi xarakterga ega bo'ladi va sinusoidal tokning har bir to'la o'zgarish T davrida 360°

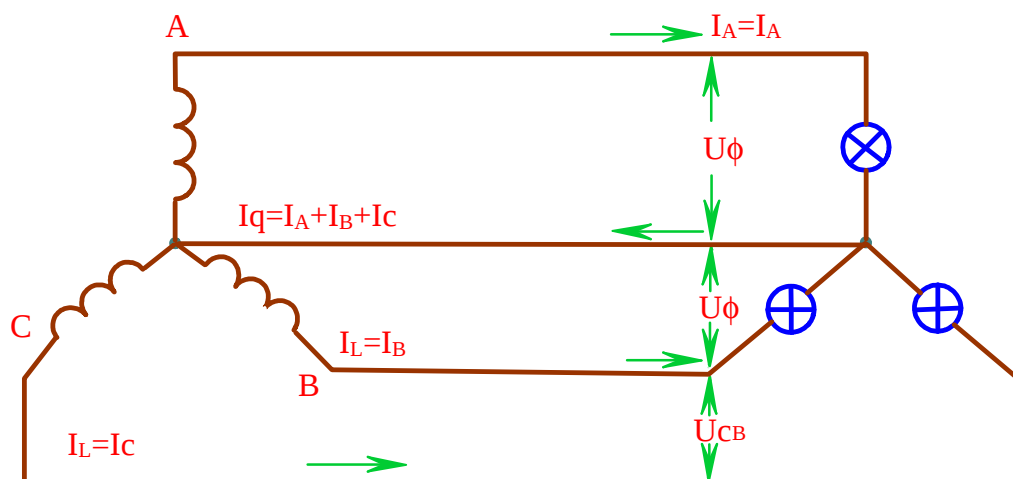
buriladi. 19 b,c-rasmda tok o'zgarishining $t=t_1$; va $t=t_2$ davrlarida magnit maydonining qanday burchaklarga burilishi ko'rsatilgan. Bunda magnit maydon N va S dan iborat bir juft qutb ($p=1$) ga ega bo'ladi. Bu magnit maydonining aylanishlar soni n , bir sekunddagi davrlar soniga, ya'ni tok chastotasi f ga teng:

$$f=1/T$$

Agar juft qutblar soni $P=2$ ga teng qilinsa, bir T davr davomida magnit maydoni 180° ga buriladi, xolos. Demak, magnit maydonning bir minutdagi aylanishlar soni $n = 60f/ P$ bo'ladi. Bunda $f=50$ gs-tok chastotasi, P -magnit maydonning juft qutblar soni. P ning qiymati faza chulg'amidagi g'altaklar soni va ularning ketma-ket yoki parallel ulanishiga bog'liq. Magnit maydonning aylanish yo'nalishi tok fazalarining ketma-ketligi bilan aniqlanadi va chulg'amlarga beriladigan har qanday ikki fazadagi tokning o'zni o'zaro almashtirilsa, magnit maydoni teskariga aylanadi. Aylanuvchi magnit maydonini ikki fazali tok ham hosil qilishi mumkin. Buning uchun, ikkita o'zaro 90° burchakka surilgan chulg'amga qiymatlari teng, fazalari esa 90° ga surilgan ikki fazali tok berilishi kerak. Natijada, yana $n = 60f/ P$ chastotali aylanuvchi magnit maydoni hosil bo'ladi. Bunda ham aylanish yo'nalishini o'zgartirish uchun chulg'amlarga beriladigan toklarning o'zni o'zaro almashtirilishi kerak.

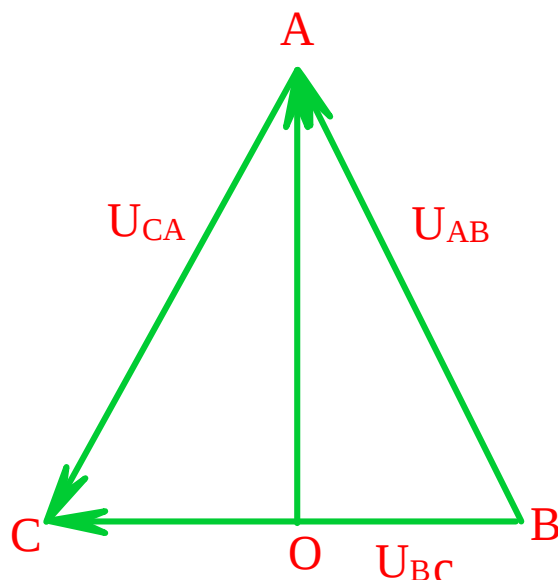
17. Uch fazali generatorni tashqi zanjirga yulduz usulda ulash

Generator chulg'amlarini yulduz usulida ulashda barcha uchta fazaning oxirlari umumiy O nuqtaga ulanadi (20-rasm), ularning boshiga esa tarmoqqa energiya ketadigan simlar ulanadi. Bu uchta sim liniya simlari deb, istalgan ikkita liniya simi orasidagi kuchlanish esa liniya kuchlanishi U_1 deb ataladi. Uchta fazaning oxiri ulangan umumiy nuqtadan (yulduzning nolinch nuqtasidan) nol sim deb ataladigan to'rtinchi sim tortilishi mumkin. Uchta liniya simining har qaysisi bilan nol simi orasidagi kuchlanish bir fazaning boshi bilan oxiri orasidagi kuchlanishga, yani faza kuchlanishi U_f ga teng.



20-rasm

Odatda, generator chulg`aming barcha fazalari bir xil qilib ishlanadi, shuning uchun fazalardagi EYUKning ta`sir etuvchi qiymatlari bir xil bo`ladi, ya'ni  $E_A = E_B = E_C$ . Agar generatorning har qaysi faza zanjiriga nagruzka ulansa, shu zanjirlardan tok o`tadi. Iste`molchining barcha uchta fazasi kattaligi va qarshilik xarakteri bo`yicha bir xil bo`lganda, ya'ni nagruzka bir tekis bo`lganda, fazalardagi toklar kattalik jihatidan teng va o`z kuchlanishlariga nisbatan faza bo`yicha bir xil ϕ burchakka siljigan bo`ladi. Nagruzka bir tekis bo`lganda faza kuchlanishlarining maksimal hamda ta`sir etuvchi qiymatlari teng bo`ladi, ya`ni $U_A = U_B = U_C$ (20a-rasm).



20a-rasm

Bu kuchlanishlar vektor diagrammada ko`rsatilganidek 120° siljigan. Sxemaning istalgan nuqtalari orasidagi kuchlanishlar (20a-rasm) shu nuqtalar orasidagi vektorlarga mos. Masalan, sxemaning A va O nuqtalari orasidagi kuchlanish (faza kuchlanishi U_A) diagramma vektori A-oga, sxemaning liniya simlari A va B orasidagi kuchlanish esa diagrammaning

liniya kuchlanishi vektori A-B ga mos. Vektor diagrammaga qarab, liniya va faza kuchlanishlari orasidagi munosabatni aniqlash oson. Uchburchak AOB dan quyidagi munosabatni yozish mumkin:

$$1/2 U_l = U_f \cdot \cos 30^\circ = U_\phi \sqrt{3}/2, \text{ bundan}$$

$$U_l = \sqrt{3} U_\phi \text{ yoki } U_f = U_l / \sqrt{3},$$

ya'ni simmetrik generator chulg'amlari yulduz usulida ulanganda liniya kuchlanishi faza kuchlanishidan $\sqrt{3} = 1,73$ marta katta bo'ladi.

Uch fazali generator kuchlanishni foydalanishda yulduzcha usulda uchta o'tkazgichlarni qo'llash generator chulg'amlari yulduz usulida ulanganda liniya simidagi tok generator fazalaridagi tokka teng bo'ladi, ya'ni

$$I_l = I_f$$

Kirxgofning birinchi qonuniga muvofiq nol simdagi tok generator fazalaridagi toklarning geometrik yig'indisiga teng:

$$I_o = I_A + I_B + I_C$$

Nagruzka bir tekis bo'lganda generator fazalaridagi toklar bir-biriga teng va faza bo'yicha davrning 1/3 qismi siljigan bo'ladi 20-rasm. Bu holda uchta fazadagi toklarning geometrik yig'indisi nolga teng, ya'ni nol simda tok bo'lmaydi.

Shuning uchun simmetrik nagruzkada nol sim bo'lmasligi mumkin. Nosimmetrik nagruzkada nol simdagi tok nolga teng emas. Odatda, nol simning kesimi liniya simining kesimidan kichik bo'ladi.

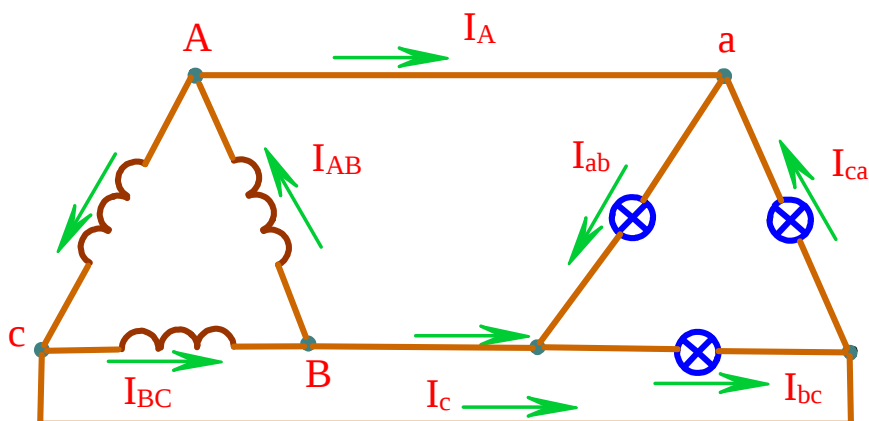
18. Uch fazali generatorni tashqi zanjirga ulashda uchburchak usuli

Generator chulg'amlarini uchburchak usulida ulashda har bir fazaning boshi ikkinchi uchiga ulanadi. Shunday qilib, generatorning uchta fazasi berk konturni hosil qiladi. Generator fazalaridagi EYUK teng va faza bo'yicha davrning 1/3 qismicha siljigani uchun ularning geometrik yig'indisi nolga teng bo'ladi va demak, uchburchak usulida ulangan uch fazali sistemaning berk konturida tashqi nagruzka bo'lmasa, tok ham bo'lmaydi.

Uchburchak usulida ulashda liniya simlari bir fazaning boshi ikkinchi fazaning uchiga ulangan nuqtalarga ulanadi. Liniya simlari orasidagi kuchlanish bir fazaning boshi bilan oxiri orasidagi kuchlanishga teng. Shunday qilib, generator chulg'amlari uchburchak usulida ulanganda liniya kuchlanishi faza kuchlanishiga teng bo'ladi, ya'ni $U_l = U_f$

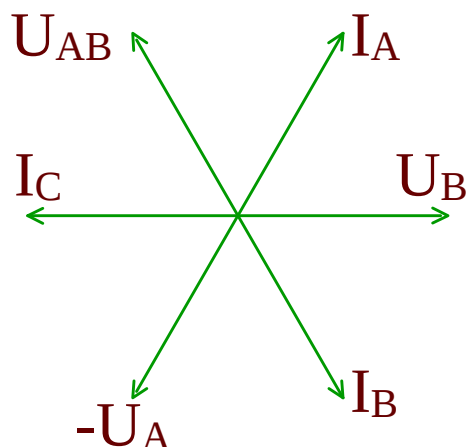
Nagruzka bir tekis bo'lganda generator chulg'amlari fazalarida teng, lekin faza kuchlanishlariga nisbatan bir xil φ burchakka siljigan toklar o'tadi, (21-rasm)

$$\text{ya'ni } I_{AB} = I_{BC} = I_{CA}.$$



21-rasm

Faza kuchlanishlari va toklarining vektor diagrammasi 22-rasmda tasvirlangan. Faza va liniya toklarining yo'nalishini musbat yo'nalish deb olib, toklarning oniy qiymatlari uchun Kirxgofning birinchi qonuni asosida qo'yidagicha ifodalashimiz mumkin:



22-rasm

$$i_A = i_{AB} - i_{CA}; \quad i_B = i_{BC} - i_{AB}; \quad i_C = i_{CA} - i_{BC};$$

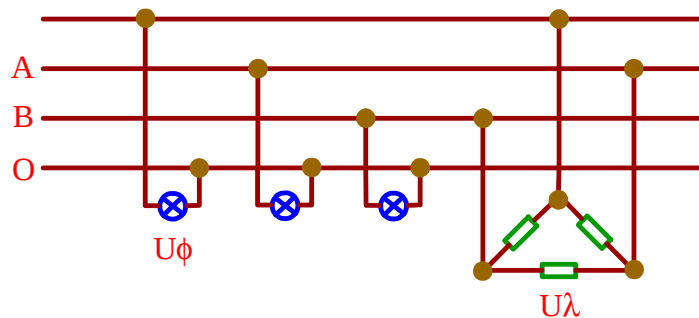
rasmda ko'rsatilgan vektor diafragmmadan generator chulg'amlari uchburchak usulida ulanganda liniya va faza toklari orasidagi munosabatni aniqlash oson.

$$1/2 I_l = I_f / \cos 30^\circ = I_f \sqrt{3}/2, \text{ bundan } I_l = \sqrt{3} I_f = 1,73 I_f$$

ya'ni generator chulg'amlari uchburchak usulida ulanganda liniya toki faza tokidan $3 = 1,73$ marta katta bo'ladi.

19. Uch fazali tok tarmog'iga yuklama ulash

Energiya iste'molchilari tarmoqqa “yulduz” va “uchburchak” sxemasida ulanishi mumkin.



23-rasm

To'rt simli sistemaga yulduz usulida ulangan energiya iste'molchilari bir simi bilan liniya simiga, ikkinchi simi bilan nol simga ulangan (20-rasm). Yulduz usulida ulangan chulg'amlarda yuklama bir tekis bo'lganda kuchlanish hamda toklarning liniya va faza qiymatlari orasidagi munosabat

$$U_l = \sqrt{3}U_f \text{ va } I_l = I_f \text{ bo'lishini aniqlagan edik.}$$

Nol simning uchta fazadagi toklarning geometrik yig'indisiga teng toki (20-rasm) nagruzka bir tekis bo'lganda nolga teng bo'ladi. Demak, nol simdan tok o'tmaydi va unga ehtiyoj qolmaydi. Shuning ychun nagruzka bir tekis bo'lganda uch fazali o'zgaruvchan tok dvigatellari tarmoqqa yulduz usulida nol simsiz ulanadi.

Nagruzka bir tekis bo'lmaganda nol simdagi tok nolga teng emas, shuning uchun u to'rt simli sistemada bo'lishi shart. Lekin bunda uning ko'ndalang kesimi liniya simining ko'ndalang kesimidan kichik qilinadi. Nol sim bo'lmasa yoki uzilib qolsa, bir tekis nagruzkada iste'molchi fazalarida kuchlanish keskin o'zgaradi. Masalan, A fazada nagruzka bo'lmasa, B va C fazalardagi nagruzkalar bir xil bo'lsa, nol sim bo'lmaganda B va C fazalardagi nagruzkalar liniya kuchlanishiga ketma-ket ulanib qoladi. Shunda liniya kuchlanishi ularning orasida teng taqsimlanadi. Demak, B va C fazalarda nagruzkalar qarshiligi liniya kuchlanishi yarmiga teng kuchlanish ostida qoladi, ya'ni

$$U_B = U_C = U_l / 2 = \sqrt{3} / 2 * U_f$$

Yulduzning neytral nuqtasi O nuqtaga siljib A faza kuchlanishi $U_A = 1,5U_f$ ga tenglashadi.

Shunday qilib, nagruzka bir tekis bo'lmaganda nol simni uzish mumkin emas. Shuning uchun nol sin har doim “berk” qilinadi, ya'ni unga saqlagichlar, qo'yilmaydi.

Iste'molchilar uch fazali tok tarmog'iga uchburchak sxemasida ulanganda har qaysi qarshiliklar gruppasi ikkita liniya simi orasiga ulanadi. Yuqorida aytilganidek, energiya iste'molchilari uchburchak usulida ulanganda va nagruzka bir tekis bo'lganda kuchlanish va toklarning liniya hamda faza qiymatlari orasidagi munosabat qo'yidagicha:

$$U_l = U_f \text{ va } I_l = \sqrt{3}I_f$$

To'rt simli sistemaning eng muhim xossasi ikki kuchlanish olish mumkinligidadir. Energiya iste'molchilarini liniya simi bilan nol sim

orasiga ulab, ular yulduz usulida tutashtiriladi (23-rasm). Bu iste'mochilar faza kuchlanishiga ulanib qoladi. Boshqa iste'molchilar uchburchak usulida shunday ulanadiki, ular faqat liniya simlari orasida ulanib, faza kuchlanishidan $\sqrt{3}$ marta katta liniya kuchlanishi ostida qoladi.

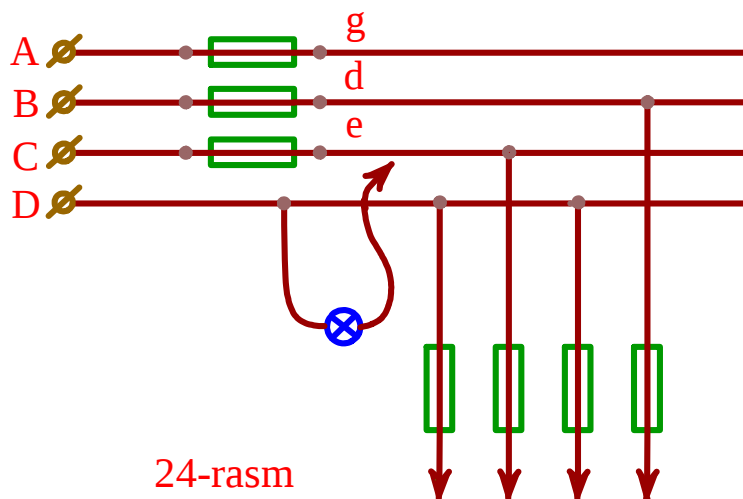
To'rt simli sistema aralash yoritish nagruzkalarini elektr bilan ta'minlashda keng qo'llaniladi. Yoritish nagruzkalari faza kuchlanishiga, kuch nagruzkalari (elektr motor(dvigatel)lar) liniya kuchlanishiga ulanadi.

20. Uch fazali tok tarmoqni saqlagichlar bilan himoyalash

Uch fazali tarmoqni qisqa tutashuv toklari va o'ta nagruzkalanishdan himoyalash uchun liniya simlariga eruvchan saqlagichlar ulanadi.

Agar uch fazali tarmoqdan bir fazali ikki simli liniya ko'rinishida tarmoq chiqarilgan b'olsa, saqlagichlar har qaysi tok o'tkazuvchi simga o'rnatiladi.

Saqlagichning benuqsonligini tekshirish va shikastlangan saqlagichni topish uchun kontrol lampa yoki neon indikatoridan foydalaniladi. Birinchi holda kontrol lampaning bir uchi nol simga ulanadi, boshqa uchi(shchup) esa kontaktlar a, 6 va b ga tekkizib ko'riladi. Agar kontrol lampa yonsa, barcha fazalarda kuchlanish bo'ladi. Shchupni kontaktlar r, d, e ga tekkizib ko'rilganda, fazalar A,B,C dagi saqlagichlar tekshiriladi (24-rasm).



24-rasm

24-rasm. Saqlagichlarni kontrol lampa bilan tekshirish sxemasi

Agar shchup biror kontaktga tekkizilganda lampa yonmasa, shu fazadagi saqlagich ko'ygani bo'ladi; uni almashtirish lozim. Saqlagichlarni neon indikator yordamida tekshirish ham shunga o'xshaydi. Neon

indikator yozuv ruchkali ko`rinishida tayyorlangan plastmassa korpus ichiga joylangan ixcham neon lampadan iborat.

Agar energiya iste`molchilari uch faza kuchlanishlariga (liniya simi va nol sim orasiga) ulangan bo`lsa, liniya saqlagichi kuyganda bir fazada nagruzka uziladi, boshqa ikki fazadagi nagruzka esa faza kuchlanishi ostida qoladi va ular normal ishlayveradi. Iste`molchilar uch yoki to`rt simli uch fazali tarmoqdagi liniya kuchlanishiga (liniya simlari orasiga) ulanganda liniya saqlagichining kuyishi ikkita iste`molchining liniya kuchlanishiga ketma-ket ulanib qolishiga olib keladi va har qaysi iste`molchidagi kuchlanish nominal qiymatidan kamroq bo`ladi.

Uch fazali tarmoqdagi liniya kuchlanishlari faza kuchlanishlaridan $\sqrt{3}=1,73$ marta farq qiladi, shuning uchun faza va liniya kuchlanishlarini voltmetsiz, kichik (15-2 Vt li) kontrol lampa yordamida aniqlash mumkin. Bunday lampalar qisqa muddatli katta kuchlanishlarga yaxshi chidaydi va portlamaydi. Odatda, kontrol lampalar 220V li nominal kuchlanishga tanlanadi.

21. Uch fazali tok zanjirning quvvati

Nagruzka uch fazali tok tarmog`idan iste`mol qiladigan quvvat ayrim fazalardagi quvvatlar yig`indisiga teng, ya`ni

$$P = P_A + P_B + P_C$$

Nagruzka bir tekis bo`lganda har bir faza iste`mol qiladigan quvvat

$$P_f = U_f I_f \cos \varphi$$

Bu erda: U_f -faza kuchlanishi, I_f -faza toki, $\cos \varphi$ - nagruzkaning quvvat koeffisienti.

Uchala faza iste`mol qiladigan quvvat

$$P = 3 U_f I_f \cos \varphi$$

Energiya iste`molchilari yulduz usulida ulanganda kuchlanish va toklarning liniya hamda faza qiymatlari orasidagi munosabat quyidagicha:

$$U_l = \sqrt{3} U_f \text{ va } I_l = I_f$$

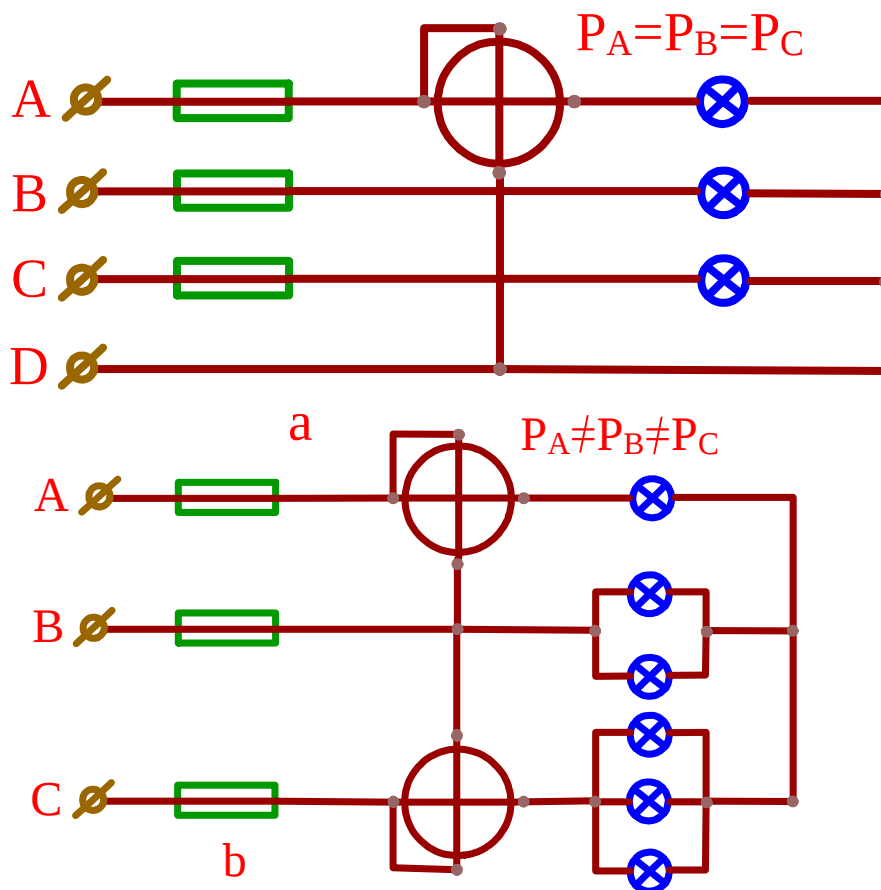
Demak, nagruzka uch fazali tok tarmog`dan iste`mol qiladigan quvvat

$$P = 3 U_l / \sqrt{3} I_l \cos \varphi = \sqrt{3} U_l I_l \cos \varphi$$

Energiya iste'molchilari uchburchak usulida ulanganda kuchlanish va toklarning liniya hamda faza qiymatlari orasidagi munosabat quyidagicha:

$$U_l = U_f \text{ va } I_l = \sqrt{3} I_f$$

Demak, nagruzka uch fazali tok tarmog'dan iste'mol qiladigan quvvat



25-rasm

25-rasm. Elektr energiyasi iste'molchilarini faza va liniya kuchlanishli to'rt va uch simli tarmoqqa ulash sxemasi.

$$P = 3 U_l / \sqrt{3} I_l \cos \varphi = \sqrt{3} U_l I_l \cos \varphi.$$

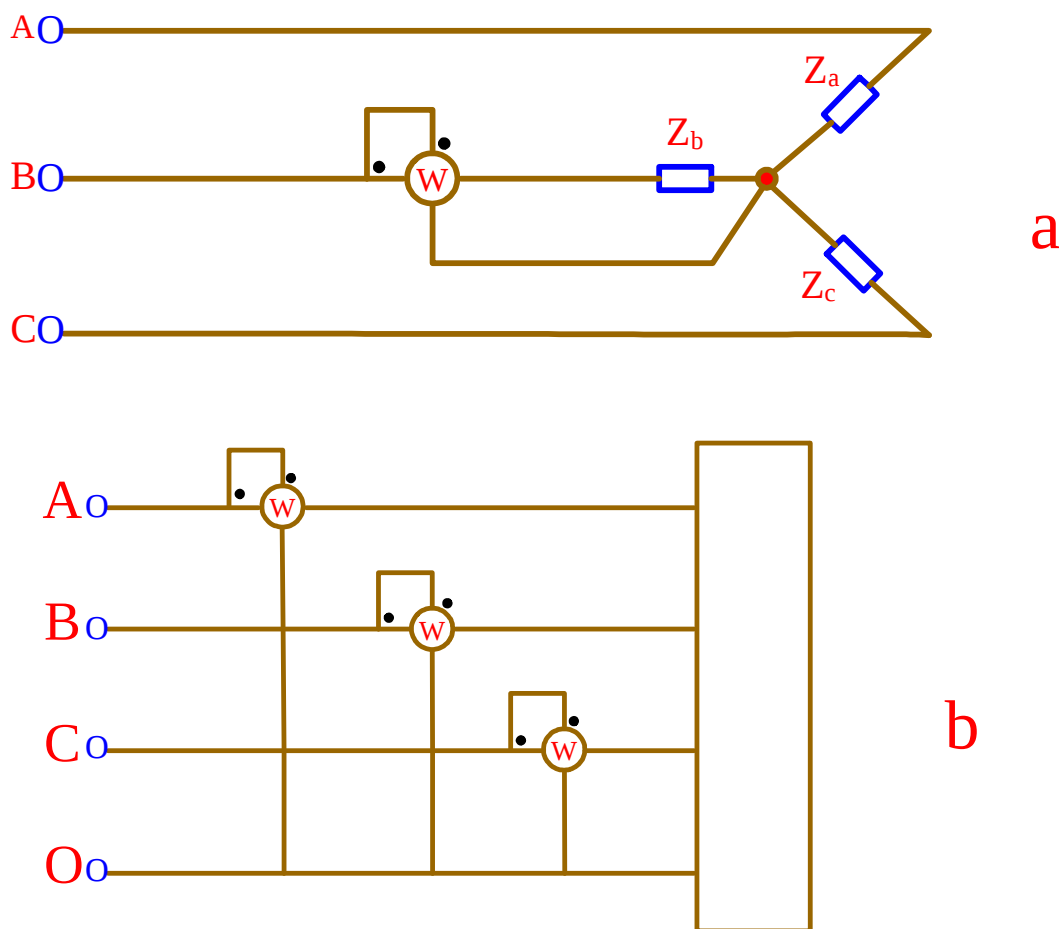
Shunday qilib, nagruzka bir tekis bo'lganda, nagruzka qanday usulda ulanishidan qat'iy nazar, uch fazali tokdan iste'mol qilinadigan quvvat qo'yidagi formula bilan ifodalanadi:

$$P = \sqrt{3} U_l I_l \cos \varphi$$

22. Quvvatni o`lchash uchun vattmetrdan foydalaniladi.

Nagruzka simmetrik yoki bir tekis bo`lganda uch fazali sistemadan iste`mol qilinadigan quvvatni bir fazali vattmetr bilan aniqlanishi mumkin. Uch fazali tok sistemada vattmetrning tok chulg`ami liniya simlaridan biriga ketma-ket ulanadi, kuchlanish esa o`sha liniya simlari bilan nol sim orasiga ulanadi (26-rasm, a). Vattmetr bunday ulanganda u bitta fazadagi quvvat P_f ni ko`rsatadi, nagruzka bir tekis bo`lganda fazalarning quvvati bir xil bo`lgani uchun uch fazali sistemaning quvvatlar yig`indisi $P = 3 P_f$

Nagruzka nosimmetrik bo`lganda uch fazali sistemadan iste`mol qilinadigan quvvatni aniqlash uchun bir fazali vattmetr yetarli emas. To`rt simli sistemada uchta vattmetrdan foydalanish zarur. Ularning kuchlanish chulg`amlari nol sim bilan tegishli liniya simi orasiga ulanadi. Har qaysi vattmetr bitta faza quvvatini o`lchaydi. Uch fazali



26-rasm

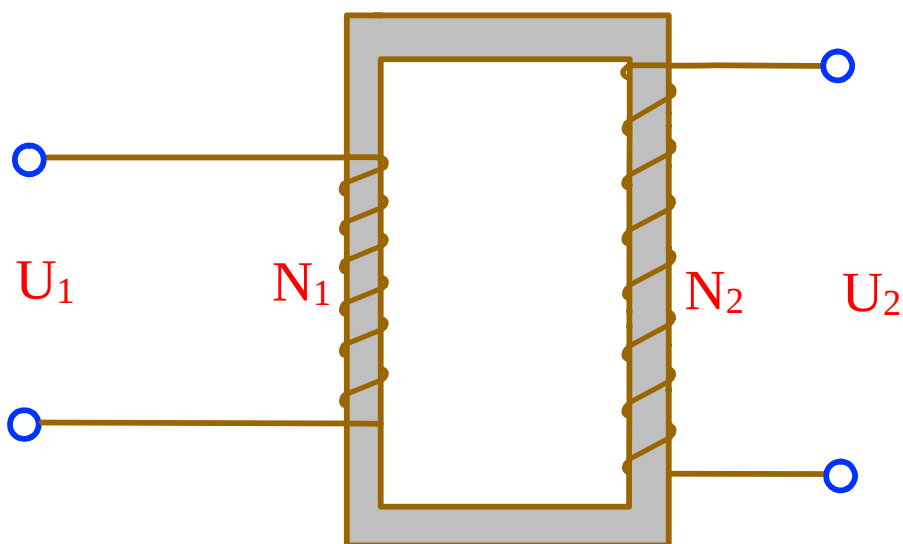
sistemaning quvvati uchta vattmetr ko'rsatishlarining yig'indisiga teng, ya'ni $P = P_1 + P_2 + P_3$. Nagruzka nosimmetrik bo'lganda uch simli sistemada ko'pincha ikkita vattmetr sxemasidan foydalaniladi (26-rasm, b). Bu sxema to'rt simli sistema uchun yaramaydi. Ikkita vattmetr sxemasida har qaysi vattmetrning kuchlanish chulg'amlari tok chulg'aming kirish qisqichlariga va bo'sh qolgan liniya simiga ulanadi. Uch fazali sistemaning to'liq quvvati vattmetrlar ko'rsatishlarining yig'indisiga teng, ya'ni $P = P_1 + P_2$.

Kuchlanish bilan tok orasidagi fazalarning siljish burchaklari katta bo'lganda vattmetrlardan birining ko'rsatishlari manfiy bo'lishi mumkin. Bu holda jami quvvat vattmetrlar ko'rsatishlarining ayirmasiga teng, ya'ni $P = P_1 - P_2$.

Uch fazali sistemadagi energiya ham bir fazali, ham uch fazali elektr energiya schyotchiklari bilan o'lchanadi. Bir fazali schyotchiklar uch fazali tarmoqqa xuddi vattmetr kabi ulanadi.

23. Transformator

O'zgarmas chastotaga o'zgaruvchan tok kuchlanishini boshqa kuchlanishga o'tkazuvchi stetik elektromagnit qurilmaga transformator deyiladi. Transformator po'lat o'zakka o'ralgan, o'ramlar soni N_1 va N_2 teng ikkita to'plamlardan iborat (27-rasm).



27-rasm

Uning ishlashi o'zaro induksiya hodisasiga asoslangan. Transformatorning birinchi chulg'amiga U_1 kuchlanish berilganda, undan I_1 o'zgaruvchan tok o'tadi. Oqibatda o'zakda o'zgaruvchan f magnit oqimi hosil bo'ladi.

f o'zgaruvchan magnit oqimi chulg'amlardan o'tganda E_1 va E_2 induksion EYuK vujudga keladi. Induksion EYuK oniy qiymatlari $e_1 = -N_1 \frac{af}{at}$; $e_2 = -N_2 \frac{af}{at}$. Amaliy (effektiv) qiymatiga $E_1 = \frac{2pnN_1f_m}{\sqrt{2}}$; $E_2 = \frac{2pnN_2f_m}{\sqrt{2}}$;

Induksion EYuK amaliy qiymatlarining nisbati, o'ramlar nisbatiga teng. Bu nisbatni transformatsiya koeffitsiyenti deyiladi.

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Chulg'amlarda kichik kuchlanish tushishni hisobga olinmasa EYUK ular nisbati o'rniga kuchlanishlar nisbati olinmaydi, ya'ni $k = \frac{U_1}{U_2}$;

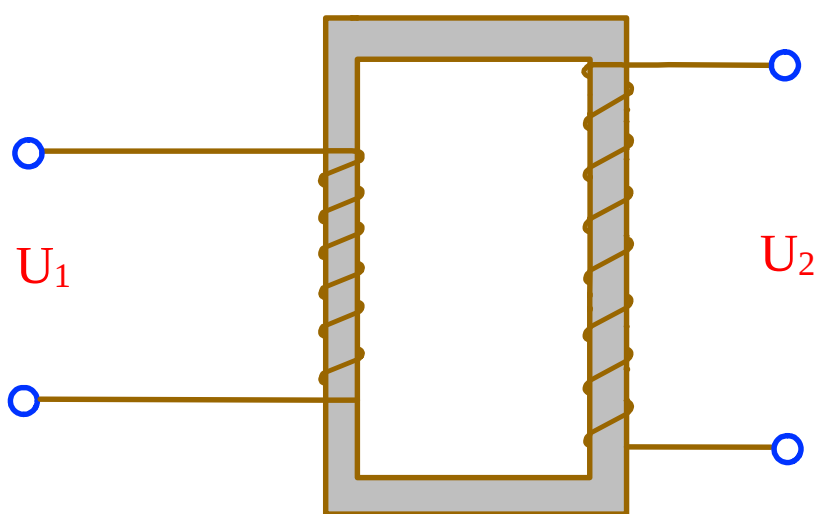
Ikkilamchi chulg'am kuchlanishi $U_2 = U_1 / k$.

Ikki xil transformatorlar mavjud: kuchaytiruvchi transformator $N_2 > N_1$ va $U_2 > U_1$, pasaytiruvchi transformator $N_2 < N_1$ va $U_2 < U_1$.

Transformator chulg'amlarini bosh uchlari A, B, C va a, b, c oxirgi uchlari esa X, Y, Z va x, y, z harflar bilan belgilanadi.

24. Transformatorning salt yurishi

Transformatorning ikkilamchi chulg'amiga yuklama ulanmagan holda ish rejimi salt yurishi deyiladi (28-rasm).



28-rasm

Transformatorning salt yurish sxemasi.

Transformatorning ikkilamchi chulg'amining qisqichlari ochiq holda bo'ladi. Shuning uchun ikkilamchi chulg'amning toki $I_2 = 0$ bo'ladi.

Transformator salt rejimda ishlaganda uning birlamchi chulg'amdagi toki salt yurish toki deyiladi. Salt yurish toki birlamchi chulg'amning magnitlovchi kuchi Jn_1 ni hosil qiladi.

Bu kuch asosiy magnit oqimi f ni vujudga keltiradi.

Magnit oqim f ikki qismdan iborat. Birinchi magnit f_1 qismi po'lat o'zak bo'ylab tutashadi va ikkala chulg'amni kesib o'tib, ularda E_1 va E_2 EYUK vujudga keltiradi.

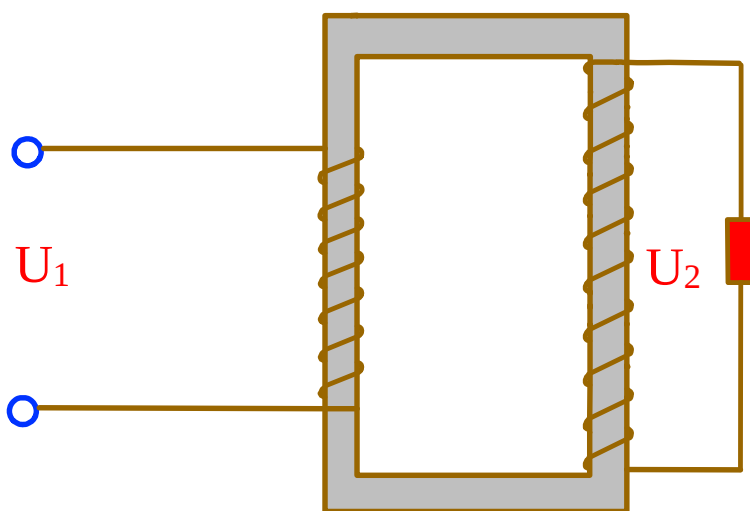
Ikkinchi qismi f_2 havoda tutashadi va sochilish oqimi deyiladi. U faqat birlamchi chulg'am o'ramlarini kesib o'tadi va unda sochilish EYUK hosil qilindi.

Salt yurish toki kichik bo'lib, birlamchi chulg'amning nominal tokini (3-5%) tashkil qiladi.

Shuning uchun birlamchi chulg'amni qizdirishga sarflangan quvvat sarfini nazarga olinmaydi.

25. Yuklangan transformatorning ishi

Ikkilangan chulg'amga iste'molchi ulaganda transformatorning ikkilamchi zanjirida I_2 tok hosil bo'ladi (29-rasm). Lents qoidasiga asosan bu tok transformator o'zagidagi magnit oqimining o'zgarishiga qarama-qarshi yo'llanadi. I_1 tok birlamchi chulg'amning boshidan oxiriga qarab yo'llangan bo'lsa, I_2 tok ikkilamchi chulg'amning oxiridan boshi tomonga yo'nalgan (29-rasm). Birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarda hosil bo'lgan sochilish toklari kichik bo'lganligi uchun hisobga olinmaydi.



29-rasm

I_2 tok ortsa, I_1 tok ham mos ravithda ortadi. Bu holda f magnit oqimi $F_1 = I_1 n_1$ va $F_2 = I_2 n_2$ magnitlovchi kuchlarning birgalikdagi ta'siridan hosil bo'ladi.

Transformatorning birlamchi chulg'ami iste'molchi rejasida ishlaydi. Undagi kuchlanish ifodasi $U_1 = E_1 + I_1 X_1 + I_1 R_1$ ko'rinishda yozamiz.

$I_1 X_1$ va $I_1 R_1$ - birlamchi chulg'amda induktiv va aktiv kuchlanish tushishi.

Transformatorning ikkilamchi chulg'ami generator rejimida ishlaydi. Kuchlanish ifodasi $U_2 = E_2 - I_2 X_2 - I_2 R_2$ ko'rinishda yozamiz.

$I_2 X_2$ va $I_2 R_2$ - ikkilamchi chulg'amda reaktiv va aktiv kuchlanish tushishi.

Amalda chulg'amlardagi aktiv va reaktiv kuchlanish tushishi e'tiborga olinmaydi.

Natijada $U_1 = E$; $U_2 = E_2$ bundan

$F_1 = F_2$ yoki $I_1 n_1 = I_2 n_2$ natija kuzatiladi.

Oqibatda

$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$ nisbat o'rinli bo'ladi va bu yuklanish transformatorining transformatsiyalash koeffisienti bo'ladi.