

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI MAKTABGACHA VA
MAKTAB TA’LIMI VAZIRLIGI**

NAMANGAN DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI

**ELEKTROTEXNIKA, ELEKTRONIKA VA
ELEKTRYURITMALAR FANIDAN**

O’QUV-USLUBIY

MAJMUA

Namangan – 2026

Tuzuvchilar:

G.T.Ziyamova – Namangan davlat pedagogika institutining “Intelektual fanlar va axborot texnologiyasi” kafedrasi, o’qituvchi

Taqrizchilar:

D.Yusupov – p.f.f.d., (PhD) katta o’qituvchi, Namangan davlat pedagogika institutining “Intelektual fanlar va axborot texnologiyasi” kafedrasi

A.B. Nabiyeu - t.f.f.d., (PhD) dotsent, Namangan davlat universiteti “San’atshunoslik” kafedrasi

1. **MAVZU: O'zgarmas tok qonunlari. O'zgaruvchan tokni hosil qilish, uzatish va taqsimlash. O'zgaruvchan tokning effektiv va o'rtacha qiymatlari. Aktiv, induktiv va sig'im qarshiliklar. O'zgaruvchan tok zanjirlari uchun Om qonuni. Vektor diagrammalar.**

Reja

1. O'zgarmas tok qonunlari: Om, Kirxgof va Joul–Lens qonunlari.
2. O'zgaruvchan tokni hosil qilish, uzatish va taqsimlash. Tokning effektiv va o'rtacha qiymatlari.
3. Aktiv, induktiv va sig'im qarshiliklar.
4. O'zgaruvchan tok zanjirlari uchun Om qonuni. Vektor diagrammalar.

Tayanch so'z va iboralar: Tok kuchi, kuchlanish, EYuK, qarshilik, Om qonuni, Kirxgof qonunlari, Joul–Lens qonuni, o'zgaruvchan tok, sinusoidal EYuK, davr, chastota, burchak chastota, faza, boshlang'ich faza, amplituda, oniy qiymat, effektiv qiymat, o'rtacha qiymat, aktiv qarshilik, induktiv qarshilik, sig'im qarshilik, to'la qarshilik (impedans), reaktans, vektor diagramma, fazalar siljishi.

1. O'zgarmas tok qonunlari: Om, Kirxgof va Joul–Lens qonunlari

Vaqt o'tishi bilan kattaligi ham, yo'nalishi ham o'zgarmaydigan elektr toki **o'zgarmas tok** deyiladi. Elektr toki — zaryadlangan zarralarning tartibli harakatidir. Tok kuchi o'tkazgich ko'ndalang kesimidan vaqt birligida o'tgan zaryad miqdori bilan o'lchanadi:

$$I = \frac{q}{t}, \quad [I] = \text{A (amper)}.$$

Zanjirda tok hosil bo'lishi uchun tok manbai (batareya, generator) kerak bo'ladi. Manbaning tashqi kuchlari zaryadni ko'chirishda bajargan ishining ko'chirilgan zaryadga nisbati **elektr yurituvchi kuch (EYuK)** deb ataladi: $E = A_t/q$ (birligi — volt, V). Zanjir qismining ikki uchi orasidagi potensiallar farqi esa **kuchlanish** U deb yuritiladi.

Zanjir qismi uchun Om qonuni. Bir jinsli o'tkazgichdagi tok kuchi unga qo'yilgan kuchlanishga to'g'ri proporsional, o'tkazgich qarshiligiga teskari proporsionaldir:

$$I = \frac{U}{R}.$$

O'tkazgich qarshiligi uning o'lchamlari va materialiga bog'liq:

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

bu yerda ρ — solishtirma qarshilik ($\Omega \cdot m$), l — o'tkazgich uzunligi, S — ko'ndalang kesim yuzi. Qarshilikning birligi — om (Ω).

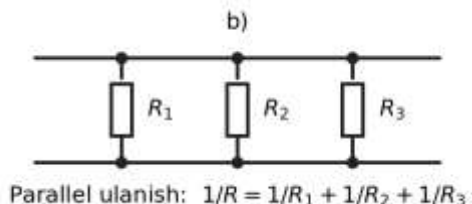
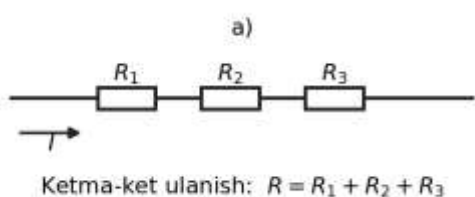
To'liq zanjir uchun Om qonuni. Manbaning ichki qarshiligi r bo'lgan yopiq zanjirda tok kuchi

$$I = \frac{E}{R + r}$$

formula bilan aniqlanadi. Bunda manba qismalaridagi kuchlanish $U = E - Ir$ ga teng bo'ladi.

Qarshiliklarni ulash. Rezistorlar ketma-ket ulanganda ularning umumiy qarshiligi qo'shiladi, tok kuchi barcha rezistorlarda bir xil bo'ladi; parallel ulanganda esa o'tkazuvchanliklar qo'shiladi, kuchlanish barcha shoxobchalarda bir xil bo'ladi (1-rasm):

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n \text{ (ketma-ket),} \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \text{ (parallel).}$$



1-rasm. Rezistorlarning ketma-ket (a) va parallel (b) ulanishi

Kirxgof qonunlari. Murakkab (tarmoqlangan) zanjirlarni hisoblashda Kirxgofning ikki qonunidan foydalaniladi.

Birinchi qonun (tugun qonuni): zanjirning istalgan tuguniga kiruvchi toklarning algebraik yig'indisi nolga teng:

$$\sum_k I_k = 0.$$

Ikkinchi qonun (kontur qonuni): har qanday yopiq konturda EYuKlarning algebraik yig'indisi shu konturdagi kuchlanish pasayishlarining algebraik yig'indisiga teng:

$$\sum_k E_k = \sum_k I_k R_k.$$

Joul–Lens qonuni. O'tkazgichdan tok o'tganda ajralib chiqadigan issiqlik miqdori tok kuchining kvadratiga, o'tkazgich qarshiligiga va tok o'tish vaqtiga proporsional bo'ladi:

$$Q = I^2 R t.$$

Elektr quvvati — vaqt birligida bajarilgan ish:

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}, \quad [P] = \text{W (vatt)}.$$

2. O'zgaruvchan tokni hosil qilish, uzatish va taqsimlash. Tokning effektiv va o'rtacha qiymatlari

Kattaligi va yo'nalishi vaqt davomida davriy ravishda o'zgarib turadigan tok **o'zgaruvchan tok** deyiladi. Amalda eng ko'p ishlatiladigan o'zgaruvchan tok — vaqt bo'yicha sinusoidal qonun bilan o'zgaradigan tokdir.

Hosil qilish. O'zgaruvchan tok generatorlarining ishlashi elektromagnit induksiya hodisasiga asoslangan. Induksion magnit maydonida B burchak tezligi ω bilan aylanayotgan, S yuzali va N o'ramli ramkaga ta'sir etuvchi magnit oqimi $\Phi = BS \cos \omega t$ qonuni bo'yicha o'zgaradi. Faradey qonuniga ko'ra ramkada hosil bo'ladigan EYuK

$$e = -N \frac{d\Phi}{dt} = NBS\omega \sin \omega t = E_m \sin \omega t, \quad E_m = NBS\omega.$$

Bu yerda e — EYuKning oniy qiymati, E_m — amplituda (maksimal qiymat). Umumiy holda tok va kuchlanish quyidagicha yoziladi:

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi_i), \quad u = U_m \sin(\omega t + \psi_u).$$

$\omega t + \psi$ — **faza**, ψ — boshlang'ich faza. O'zgaruvchan tokning asosiy parametrlari orasidagi bog'lanish:

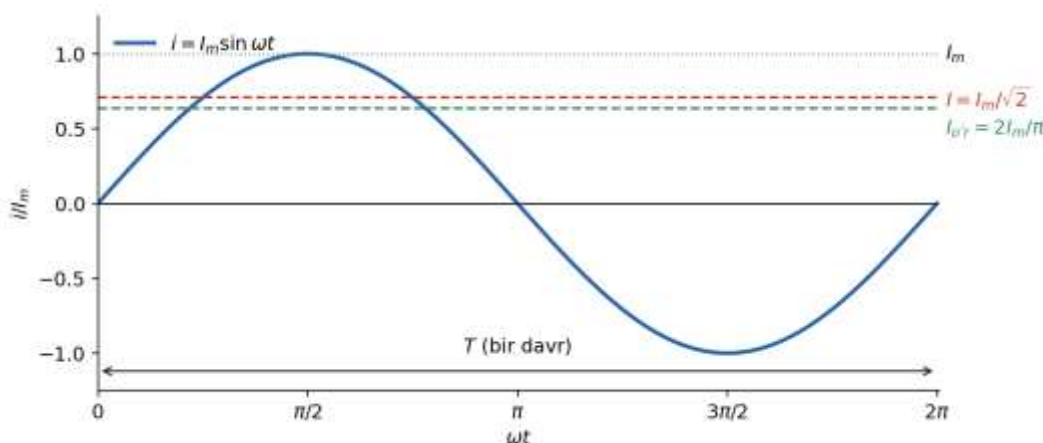
$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}, \quad f = \frac{1}{T}.$$

Bunda T — davr (s), f — chastota (Hz), ω — burchak chastota (rad/s). O'zbekistonda sanoat chastotasi $f = 50$ Hz ni, ya'ni $\omega = 314$ rad/s ni tashkil etadi.

Uzatish va taqsimlash. Elektr energiyasi iste'molchilardan uzoqda joylashgan elektr stansiyalarda ishlab chiqariladi. Liniya orqali uzatilayotgan quvvat $P = UI \cos \varphi$ bo'lgani uchun, quvvat o'zgarmas bo'lganda kuchlanish ortishi bilan tok kamayadi, simlardagi issiqlik isrofi $\Delta P = I^2 R_l$ esa tokning kvadratiga proporsional ravishda kamayadi. Shu sababli energiya yuqori kuchlanishda (110, 220, 500 kV) uzatiladi. Bunda ko'taruvchi va pasaytiruvchi transformatorlardan foydalaniladi: stansiya generatorida olingan kuchlanish ko'taruvchi podstansiyada oshiriladi,

yuqori kuchlanishli liniya orqali uzatiladi, pasaytiruvchi podstantsiyalarda esa taqsimlash tarmoqlari kuchlanishigacha (masalan, 10 yoki 6 kV) va nihoyat iste'molchi kuchlanishigacha (380/220 V) kamaytiriladi. O'zgaruvchan tokning o'zgarmas tokka nisbatan asosiy afzalligi aynan kuchlanishni transformator yordamida oson o'zgartirish imkoniyatidir.

Effektiv va o'rtacha qiymatlar. O'zgaruvchan tok oniy qiymati vaqt bo'yicha o'zgarib turgani sababli, uning ta'sirini baholash uchun maxsus qiymatlar kiritiladi (2-rasm).



2-rasm. Sinusoidal tokning amplituda, effektiv va o'rtacha qiymatlari

Effektiv (ta'sir etuvchi) qiymat — shunday o'zgarmas tok kuchiga tengki, u shu o'zgaruvchan tok bilan bir davr ichida bir xil qarshilikda bir xil miqdorda issiqlik ajratadi: $I^2 RT = \int_0^T i^2 R dt$. Sinusoidal tok uchun:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707 I_m, \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}, \quad E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}.$$

Elektr o'lchash asboblari odatda effektiv qiymatni ko'rsatadi. Masalan, tarmoq kuchlanishi 220 V deganda effektiv qiymat nazarda tutiladi, amplituda esa $220\sqrt{2} \approx 311$ V bo'ladi.

O'rtacha qiymat. Sinusoidal tokning bir davr ichidagi o'rtacha qiymati nolga teng, shuning uchun o'rtacha qiymat yarim davr uchun aniqlanadi:

$$I_{or} = \frac{2}{\pi} I_m \approx 0,637 I_m.$$

Effektiv va o'rtacha qiymatlarning nisbati *shakl koeffitsiyenti* deyiladi: $k_{sh} = \frac{I}{I_{or}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 1,11$.

3. Aktiv, induktiv va sig'im qarshiliklar

O'zgaruvchan tok zanjirida tokka qarshilik faqat o'tkazgichning aktiv qarshiligi bilangina emas, balki zanjirdagi induktivlik va sig'im bilan ham aniqlanadi.

Aktiv qarshilik (R). Elektr energiyasi issiqlik yoki boshqa energiya turiga qaytmas aylanadigan elementlar (cho'g'lanma lampa, isitish elementlari, rezistorlar) aktiv qarshilikka ega. Faqat aktiv qarshilikli zanjirda $u = iR$, tok va kuchlanish fazalari mos tushadi ($\varphi = 0$):

$$i = \frac{U_m}{R} \sin \omega t, \quad I = \frac{U}{R}.$$

Aktiv qarshilikda iste'mol qilinadigan quvvat $P = I^2 R$ bo'ladi.

Induktiv qarshilik (X_L). Induktivligi L bo'lgan g'altak orqali o'zgaruvchan tok o'tganda, unda o'zinduksiya EYuKi hosil bo'ladi va u tok o'zgarishiga to'sqinlik qiladi. G'altak uchlaridagi kuchlanish $u_L = L \frac{di}{dt}$ ga teng. Agar $i = I_m \sin \omega t$ bo'lsa, $u_L = \omega L I_m \cos \omega t = \omega L I_m \sin(\omega t + 90^\circ)$. Demak, **induktivlikda kuchlanish tokdan faza bo'yicha 90° oldinda yuradi**. Induktiv qarshilik:

$$X_L = \omega L = 2\pi f L, \quad [X_L] = \Omega, \quad I = \frac{U_L}{X_L}.$$

Chastota ortgan sari X_L ortadi; o'zgarmas tokda ($f = 0$) ideal g'altakning induktiv qarshiligi nolga teng.

Sig'im qarshilik (X_C). Sig'imi C bo'lgan kondensatorda tok $i = C \frac{du}{dt}$ munosabat bilan aniqlanadi. Agar $u = U_m \sin \omega t$ bo'lsa, $i = \omega C U_m \sin(\omega t + 90^\circ)$. Demak, **kondensatorda tok kuchlanishdan 90° oldinda yuradi** (yoki kuchlanish tokdan 90° orqada qoladi). Sig'im qarshilik:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}, \quad [X_C] = \Omega, \quad I = \frac{U_C}{X_C}.$$

Chastota ortgan sari X_C kamayadi; o'zgarmas tokda kondensator tokni o'tkazmaydi ($X_C \rightarrow \infty$).

Induktiv va sig'im qarshiliklar **reaktiv qarshiliklar** deyiladi: ularda energiya issiqlikka aylanmaydi, balki magnit yoki elektr maydon energiyasi sifatida to'planib, so'ngra manbaga qaytariladi. Shuning uchun ideal L yoki C elementdagi o'rtacha quvvat nolga teng.

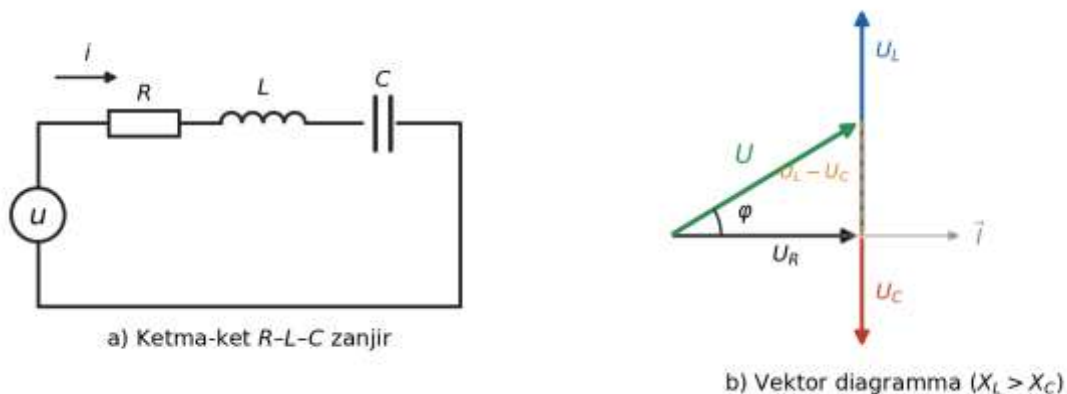
Element	Qarshilik	Tok va kuchlanish orasidagi faza siljishi	O'rtacha quvvat
Aktiv (R)	R	$\varphi = 0$ (fazalar mos)	$P = I^2 R$

Element	Qarshilik	Tok va kuchlanish orasidagi faza siljishi	O'rtacha quvvat
Induktiv (L)	$X_L = \omega L$	kuchlanish tokdan 90° oldinda	0
Sig'im (C)	$X_C = 1/(\omega C)$	kuchlanish tokdan 90° orqada	0

4. O'zgaruvchan tok zanjirlari uchun Om qonuni. Vektor diagrammalar

Vektor diagramma. Bir xil chastotali sinusoidal kattaliklarni (tok, kuchlanish, EYuK) aylanuvchi vektorlar sifatida tasvirlash mumkin: vektor uzunligi effektiv (yoki amplituda) qiymatga, boshlang'ich burchagi boshlang'ich fazaga teng bo'ladi. Bir zanjirdagi kattaliklarning o'zaro joylashuvini ko'rsatuvchi vektorlar to'plami **vektor diagramma** deb ataladi. Bu usul trigonometrik hisoblashlarni geometrik qurish va Pifagor teoremasi bilan almashtirishga imkon beradi.

Ketma-ket $R-L-C$ zanjir. Aktiv qarshilik, g'altak va kondensator ketma-ket ulangan zanjirda (3-a rasm) tok barcha elementlarda bir xil bo'ladi, shuning uchun vektor diagramma tok vektorini boshlang'ich yo'nalish qilib qurishdan boshlanadi (3-b rasm): $\dot{U}_R$ tok bilan bir yo'nalishda, $\dot{U}_L$ tokdan 90° oldinda, $\dot{U}_C$ esa tokdan 90° orqada joylashadi.



3-rasm. Ketma-ket $R-L-C$ zanjir (a) va uning vektor diagrammasi (b)

Kirxgofning ikkinchi qonuniga ko'ra, kuchlanishlarning vektor yig'indisi $\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C$. Vektor diagrammadagi to'g'ri burchakli uchburchakdan (kuchlanishlar uchburchagi):

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}.$$

Bu yerga $U_R = IR$, $U_L = IX_L$, $U_C = IX_C$ ni qo'yib, **o'zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonunini** olamiz:

$$I = \frac{U}{Z}, \quad Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + X^2}.$$

Bunda Z — zanjirning to‘la qarshiligi (impedans), $X = X_L - X_C$ — reaktiv qarshilik (reaktans). Tok va kuchlanish orasidagi faza siljishi burchagi:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{X_L - X_C}{R}, \quad \cos\varphi = \frac{R}{Z}.$$

Agar $X_L > X_C$ bo‘lsa, zanjir induktiv xarakterga ega ($\varphi > 0$, kuchlanish tokdan oldinda); $X_L < X_C$ bo‘lsa — sig‘im xarakterga ega ($\varphi < 0$); $X_L = X_C$ bo‘lsa, zanjir faqat aktiv qarshilik kabi tutadi ($\varphi = 0$) — bu rezonans holati bo‘lib, uni keyingi ma’ruzada ko‘rib chiqamiz.

Kompleks shaklda Om qonuni $\dot{I} = \dot{U}/\underline{Z}$ ko‘rinishida yoziladi, bunda $\underline{Z} = R + j(X_L - X_C)$, $j = \sqrt{-1}$.

Alohida hollar. Faqat R va L ketma-ket bo‘lsa: $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$; faqat R va C bo‘lsa: $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$.

Parallel zanjir. Parallel ulangan R , L , C shoxobchalarida kuchlanish umumiy bo‘lib, tok vektor yig‘indisi bilan aniqlanadi: $I = U\sqrt{G^2 + (B_L - B_C)^2}$, bu yerda $G = 1/R$ — aktiv, $B_L = 1/(\omega L)$ — induktiv, $B_C = \omega C$ — sig‘im o‘tkazuvchanliklar.

Masala namunasi. Ketma-ket R – L – C zanjirda $R = 30 \, \Omega$, $X_L = 60 \, \Omega$, $X_C = 20 \, \Omega$, $U = 220 \, \text{V}$. To‘la qarshilik $Z = \sqrt{30^2 + (60 - 20)^2} = 50 \, \Omega$; tok $I = 220/50 = 4,4 \, \text{A}$; $\cos\varphi = 30/50 = 0,6$; zanjir induktiv xarakterga ega, chunki $X_L > X_C$.

Asosiy formulalar

Kattalik	Formula
Zanjir qismi uchun Om qonuni	$I = U/R$
To‘liq zanjir uchun Om qonuni	$I = E/(R + r)$
Kirxgof qonunlari	$\sum I_k = 0, \quad \sum E_k = \sum I_k R_k$
Joul–Lens qonuni	$Q = I^2 R t$
Sinusoidal EYuK	$e = E_m \sin(\omega t + \psi)$
Burchak chastota	$\omega = 2\pi f = 2\pi/T$
Effektiv qiymat	$I = I_m/\sqrt{2}$
O‘rtacha qiymat	$I_{o'r} = 2I_m/\pi$
Induktiv qarshilik	$X_L = \omega L$
Sig‘im qarshilik	$X_C = 1/(\omega C)$
To‘la qarshilik	$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$

Kattalik	Formula
O'zgaruvchan tok uchun Om qonuni	$I = U/Z$
Faza siljishi	$\operatorname{tg}\varphi = (X_L - X_C)/R$

Glossariy

Atama	Ma'nosi
O'zgarmas tok	Kattaligi va yo'nalishi vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydigan elektr toki
O'zgaruvchan tok	Kattaligi va yo'nalishi davriy ravishda o'zgarib turadigan elektr toki
EYuK	Tok manbaida tashqi kuchlarning birlik zaryadni ko'chirishda bajargan ishi; birligi — volt
Kuchlanish	Zanjir qismi uchlari orasidagi potentsiallar farqi
Davr (T)	O'zgaruvchan tok bir marta to'liq o'zgarishi uchun ketgan vaqt
Chastota (f)	Bir sekundda sodir bo'ladigan to'liq o'zgarishlar soni; birligi — gers (Hz)
Faza	Sinusoidal kattalikning istalgan vaqtdagi holatini belgilovchi $\omega t + \psi$ burchak
Effektiv qiymat	O'zgaruvchan tokning issiqlik ta'siri jihatidan unga teng bo'lgan o'zgarmas tok qiymati
O'rtacha qiymat	Sinusoidal tokning yarim davr ichidagi o'rtacha qiymati
Aktiv qarshilik	Elektr energiyasini issiqlik va boshqa energiyaga qaytmas aylantiruvchi qarshilik
Induktiv qarshilik	G'altakning o'zgaruvchan tokka ko'rsatadigan reaktiv qarshiligi, $X_L = \omega L$
Sig'im qarshilik	Kondensatorning o'zgaruvchan tokka ko'rsatadigan reaktiv qarshiligi, $X_C = 1/(\omega C)$
Impedans (Z)	Aktiv va reaktiv qarshiliklardan iborat zanjirning to'la qarshiligi
Vektor diagramma	Sinusoidal kattaliklarning o'zaro joylashuvini aylanuvchi vektorlar orqali tasvirlash

- 2. MAVZU: Uch fazali tokni hosil qilish. Uch fazali tok generatorining tuzilishi va ishlash prinsipi. Tok va EYuK tenglamalari, grafiklari va vektor diagrammalari. Aylanuvchan magnit maydon. Generator chulgʻamlarini yulduz va uchburchak usullarida ulash. Liniya va faza kuchlanishlari.**

Reja

1. Uch fazali tokni hosil qilish va uning afzalliklari.
2. Uch fazali tok generatorining tuzilishi va ishlash prinsipi. Tok va EYuK tenglamalari, grafiklari va vektor diagrammalari.
3. Aylanuvchan magnit maydon.
4. Generator chulgʻamlarini yulduz va uchburchak usullarida ulash. Liniya va faza kuchlanishlari.

Tayanch soʻzlar va iboralar:

Uch fazali tok, faza, fazalar siljishi, simmetrik sistema, generator, stator, rotor, chulgʻam, faza EYuKi, aylanuvchan magnit maydon, sinxron tezlik, qutblar jufti, yulduz ulanish, uchburchak ulanish, neytral (nol) sim, liniya sim, faza kuchlanishi, liniya kuchlanishi, faza toki, liniya toki, simmetrik yuklama.

1. Uch fazali tokni hosil qilish va uning afzalliklari

Uch fazali tok sistemasi — chastotalari bir xil, amplitudalari teng va fazalari bir-biriga nisbatan 120° (davrning uchdan biriga) siljigan uchta sinusoidal EYuK (kuchlanish, tok) majmuasidir. Sistemaning har bir tarmogʻi **faza** deb ataladi. Uch fazali tok sistemasining sanoat miqyosida qoʻllanilishi XIX asr oxirida rus muhandisi M.O.Dolivo-Dobrovolskiy tomonidan asoslangan va hozirgi kunda butun dunyo elektr energetikasining asosini tashkil etadi.

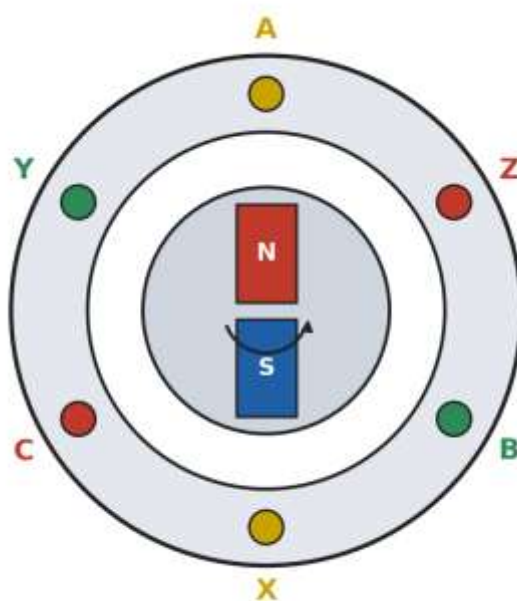
Uch fazali sistemaning bir fazali sistemaga nisbatan asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

- elektr energiyasini uzatishda sim materialining tejalishi: uch fazali energiya uch yoki toʻrt sim orqali uzatiladi, bir fazali uchta alohida zanjir esa olti sim talab qilar edi;
- bitta generator va bitta tarmoqdan ikki xil kuchlanish (liniya va faza) olish imkoniyati, masalan, 380 V va 220 V;
- aylanuvchan magnit maydonni oson hosil qilish imkoniyati; bu asinxron dvigatellarning sodda, arzon va ishonchli boʻlishini taʼminlaydi;

- simmetrik yuklamada uch fazaning oniy quvvatlari yig'indisi vaqt bo'yicha o'zgarmas bo'lishi (quvvat pulsatsiyasi yo'qligi), bu esa generator va dvigatel valiga tekis yuklama tushishini ta'minlaydi;
- bir xil quvvatda uch fazali mashina va transformatorlarning o'lchami va massasi kichik bo'lishi.

2. Uch fazali tok generatorining tuzilishi va ishlash prinsipi. Tok va EYuK tenglamalari, grafiklari va vektor diagrammalari

Tuzilishi. Uch fazali sinxron generator ikki asosiy qismdan iborat: qo'zg'almas **stator** va aylanuvchi **rotor**. Stator po'lat listlardan yig'ilgan bo'lib, uning pazlariga bir-biriga nisbatan fazoda 120° ga siljitib joylashtirilgan uchta bir xil chulg'am (faza chulg'ami) o'rnatiladi. Chulg'amlarning boshlanishi A, B, C, oxiri esa X, Y, Z harflari bilan belgilanadi. Rotor — doimiy yoki o'zgarmas tok bilan qo'zg'atiladigan elektromagnit bo'lib, uni bug' yoki gaz turbinasi, gidroturbina yoki boshqa birlamchi dvigatel aylantiradi (4-rasm).



Stator (A-X, B-Y, C-Z chulg'amlari) va rotor

4-rasm. Uch fazali generatorning sxematik tuzilishi

Ishlash prinsipi. Rotor aylanganda uning magnit maydon kuch chiziqlari stator chulg'amlarining o'tkazgichlarini ketma-ket kesib o'tadi va elektromagnit induksiya qonuniga muvofiq har bir chulg'amda sinusoidal EYuK induksiyalanadi. Chulg'amlar fazoda 120° ga siljigani uchun EYuKlar ham vaqt bo'yicha 120° ($T/3$ davr) ga siljigan bo'ladi. Agar A fazadagi EYuKning boshlang'ich fazasini nolga teng deb olsak:

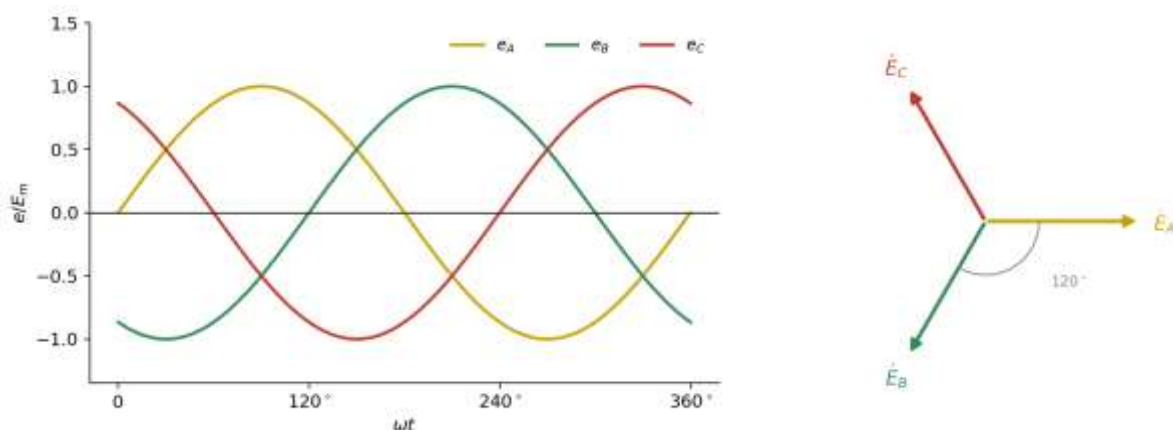
$$e_A = E_m \sin \omega t, \quad e_B = E_m \sin(\omega t - 120^\circ), \quad e_C = E_m \sin(\omega t - 240^\circ) \\ = E_m \sin(\omega t + 120^\circ).$$

Vaqtning istalgan lahzasida uch fazali simmetrik sistemaning oniy EYuKlari yig'indisi nolga teng:

$$e_A + e_B + e_C = 0.$$

EYuKning effektiv qiymati $E_f = E_m/\sqrt{2}$ bo'lib, uchala fazada bir xil. Fazalarning galma-gal ketma-ketligi **fazalar ketma-ketligi** deb yuritiladi: A–B–C tartibda EYuKlar ketma-ket maksimumga erishadi.

EYuKlarning vaqt bo'yicha grafiklari va aylanuvchi vektorlar yordamida qurilgan vektor diagrammasi 5-rasmda ko'rsatilgan. Vektor diagrammada $\vec{E}_A$, $\vec{E}_B$, $\vec{E}_C$ vektorlari uzunligi bo'yicha teng, o'zaro 120° burchak hosil qiladi va geometrik yig'indisi nolga teng.



5-rasm. Uch fazali EYuKlarning vaqt bo'yicha grafiklari va vektor diagrammasi

Fazalarga yuklama ulanganda ularda mos ravishda i_A , i_B , i_C toklar paydo bo'ladi. Simmetrik aktiv-induktiv yuklamada toklar ham amplituda jihatidan teng va o'zaro 120° ga siljigan bo'ladi:

$$i_A = I_m \sin(\omega t - \varphi), \quad i_B = I_m \sin(\omega t - 120^\circ - \varphi), \quad i_C \\ = I_m \sin(\omega t + 120^\circ - \varphi).$$

3. Aylanuvchan magnit maydon

Uch fazali tokning eng muhim xususiyatlaridan biri — u **aylanuvchan magnit maydon** hosil qilish imkonini beradi. Stator pazlariga fazoda 120° ga siljitib joylashtirilgan uchta chulg'amdan vaqt bo'yicha 120° ga siljigan uch fazali tok o'tkazilsa, har bir chulg'am o'z o'qi bo'yicha pulsatsiyalanuvchi magnit maydon hosil qiladi; bu maydonlarning induksiyalari fazoda 120° ga, vaqt bo'yicha ham 120° ga siljigan:

$$B_A = B_m \sin \omega t, \quad B_B = B_m \sin(\omega t - 120^\circ), \quad B_C = B_m \sin(\omega t + 120^\circ).$$

Uch pulsatsiyalanuvchi maydonning geometrik yig'indisi **kattaligi o'zgarmas, burchak tezligi ω bo'lgan aylanuvchi maydonni** beradi. Natijaviy maydonning induksiyasi bitta fazaning maksimal induksiyasidan 1,5 marta katta bo'ladi:

$$B = \frac{3}{2} B_m = \text{const.}$$

Magnit maydonning aylanish tezligi (sinxron tezlik) tok chastotasi va qutblar jufti soniga bog'liq:

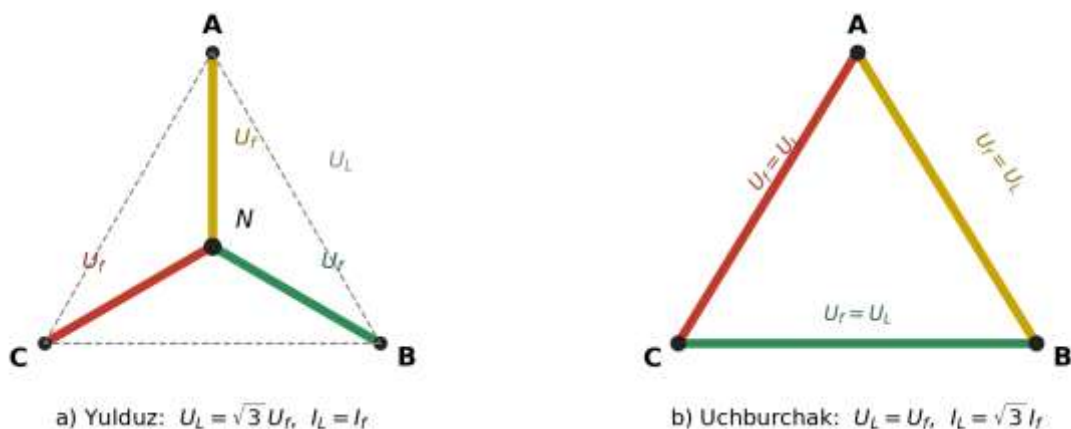
$$n_1 = \frac{60f}{p} \text{ (ayl/min).}$$

Masalan, $f = 50 \text{ Hz}$ da bir juft qutbli ($p = 1$) mashinada $n_1 = 3000 \text{ ayl/min}$, ikki juft qutbli ($p = 2$) mashinada $n_1 = 1500 \text{ ayl/min}$ bo'ladi.

Aylanuvchan maydonning aylanish yo'nalishi fazalar ketma-ketligiga bog'liq: statorning istalgan ikki fazasiga ulangan simlarning o'rnini almashtirish maydonning (demak, dvigatel rotorining ham) aylanish yo'nalishini teskarisiga o'zgartiradi (reversirlash). Bu holat asinxron va sinxron dvigatellar ishlashining asosini tashkil etadi.

4. Generator chulg'amlarini yulduz va uchburchak usullarida ulash. Liniya va faza kuchlanishlari

Agar generatorning uchta chulg'ami o'zaro bog'lanmasdan olti sim bilan iste'molchiga ulansa, bunday sistema *bog'lanmagan* deyiladi va amalda qo'llanilmaydi. Amalda chulg'amlar ikki usulda — yulduz yoki uchburchak usulida ulanadi (6-rasm).



6-rasm. Chulg'amlarni yulduz (a) va uchburchak (b) usullarida ulash

Yulduz ulanish. Chulgʻamlarning oxirlari (X, Y, Z) umumiy nuqtaga — **neytral (nol) nuqtaga** N ulanadi, boshlanishlaridan (A, B, C) esa **liniya simlari** chiqariladi. Neytral nuqtadan chiqarilgan sim **neytral (nol) sim** deb ataladi. Quyidagi tushunchalar farqlanadi:

- *faza kuchlanishi* U_f — liniya simi bilan neytral sim orasidagi kuchlanish (U_A, U_B, U_C), yaʼni bitta faza chulgʻami uchlaridagi kuchlanish;
- *liniya kuchlanishi* U_L — ikki liniya simi orasidagi kuchlanish (U_{AB}, U_{BC}, U_{CA});
- *faza toki* I_f — faza chulgʻamidan oʻtuvchi tok; *liniya toki* I_L — liniya simidan oʻtuvchi tok.

Yulduz ulanishda liniya toki faza tokiga teng, liniya kuchlanishi esa mos faza kuchlanishlarining vektor ayirmasiga teng:

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_A - \dot{U}_B, \quad I_L = I_f, \quad U_L = \sqrt{3} U_f.$$

$U_L = \sqrt{3} U_f$ munosabat vektor diagrammadagi teng yonli uchburchakdan kelib chiqadi: $U_{AB} = 2U_f \cos 30^\circ = \sqrt{3} U_f$. Masalan, $U_f = 220 \text{ V}$ boʻlsa, $U_L = \sqrt{3} \cdot 220 \approx 380 \text{ V}$ boʻladi. Shu sababli past kuchlanishli tarmoqlarda 380/220 V standart kuchlanishlar qoʻllaniladi.

Neytral simli sistema (*toʻrt simli*) fazalardagi yuklamalar teng boʻlmaganda ham isteʼmolchi faza kuchlanishlarini deyarli bir xil saqlaydi; shu sababli neytral simga saqlagich (predoxranitel) va uzgich oʻrnatilmaydi. Simmetrik yuklamada neytral simdagi tok nolga teng boʻladi: $\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$.

Uchburchak ulanish. Bir fazaning oxiri keyingi fazaning boshlanishi bilan ketma-ket ulanadi (X–B, Y–C, Z–A), ulanish nuqtalaridan liniya simlari chiqariladi. Bunda liniya kuchlanishi mos faza kuchlanishiga teng, liniya toki esa faza toklarining vektor ayirmasiga teng boʻladi:

$$U_L = U_f, \quad \dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}, \quad I_L = \sqrt{3} I_f \text{ (simmetrik yuklamada)}.$$

Uchburchak ulanishda neytral sim boʻlmaydi (uch simli sistema), chunki simmetrik sistemada fazalar EYuKlarining yigʻindisi nolga teng boʻlgani uchun berk konturda tok oʻtmaydi.

Masala namunasi. Yulduz usulida ulangan isteʼmolchining har bir fazasi $R = 22 \Omega$ aktiv qarshilikka ega, tarmoqning liniya kuchlanishi $U_L = 380 \text{ V}$. Faza kuchlanishi $U_f = 380/\sqrt{3} \approx 220 \text{ V}$; faza toki $I_f = U_f/R = 220/22 = 10 \text{ A}$; liniya toki $I_L = I_f = 10 \text{ A}$. Xuddi shu isteʼmolchi uchburchak usulida ulansa, $U_f = 380$

$V, I_f = 380/22 \approx 17,3 \text{ A}, I_L = \sqrt{3} \cdot 17,3 \approx 30 \text{ A}$ bo'ladi, ya'ni tok uch marta ortadi.

Asosiy formulalar

Kattalik	Formula
Faza EYuKlari	$e_A = E_m \sin \omega t, e_B = E_m \sin(\omega t - 120^\circ), e_C = E_m \sin(\omega t + 120^\circ)$
Oniy EYuKlar yig'indisi	$e_A + e_B + e_C = 0$
Aylanuvchan maydon tezligi	$n_1 = 60f/p$
Yulduz ulanish	$U_L = \sqrt{3} U_f, I_L = I_f$
Uchburchak ulanish	$U_L = U_f, I_L = \sqrt{3} I_f$
Liniya kuchlanishi (vektor)	$\vec{U}_{AB} = \vec{U}_A - \vec{U}_B$
Neytral simdagi tok	$\vec{I}_N = \vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C$

Glossariy

Atama	Ma'nosi
Uch fazali tok	Chastotasi bir xil, fazalari o'zaro 120° ga siljigan uch sinusoidal tok sistemasi
Faza	Uch fazali sistemaning alohida tarmog'i (chulg'ami, simi)
Stator	Generator yoki elektr dvigatelning qo'zg'almas qismi
Rotor	Generator yoki elektr dvigatelning aylanuvchi qismi
Sinxron generator	Rotorining aylanish tezligi stator maydonining aylanish tezligiga teng bo'lgan generator
Aylanuvchan magnit maydon	Uch fazali tok chulg'amlari hosil qiladigan, kattaligi o'zgarmas va aylanib turuvchi magnit maydon
Qutblar jufti (p)	Mashinadagi shimoliy va janubiy qutblar jufti soni
Yulduz ulanish	Faza chulg'amlarining oxirlarini umumiy nuqtaga ulash usuli
Uchburchak ulanish	Faza chulg'amlarini ketma-ket berk uchburchak shaklida ulash usuli
Neytral (nol) sim	Yulduz ulanishning umumiy nuqtasidan chiqarilgan sim
Faza kuchlanishi	Liniya simi bilan neytral sim orasidagi kuchlanish
Liniya kuchlanishi	Ikki liniya simi orasidagi kuchlanish
Simmetrik yuklama	Barcha fazalarda qarshiliklar va faza siljishlari bir xil bo'lgan yuklama

3. Mavzu: Uch fazali tokning quvvati. Aktiv, reaktiv va to‘la quvvat. Quvvat koeffitsiyenti va uning ahamiyati. Tok va kuchlanish rezonansi. Ketma-ket va parallel rezonans ifodalari. Elektromagnit to‘lqinlarni qabul qilishda rezonans hodisasining ahamiyati.

Reja

1. Uch fazali tokning quvvati. Aktiv, reaktiv va to‘la quvvat.
2. Quvvat koeffitsiyenti va uning ahamiyati.
3. Ketma-ket zanjirda kuchlanish rezonansi.
4. Parallel zanjirda tok rezonansi. Elektromagnit to‘lqinlarni qabul qilishda rezonans hodisasining ahamiyati.

Tayanch so‘zlar va iboralar

Aktiv quvvat, reaktiv quvvat, to‘la quvvat, quvvatlar uchburchagi, quvvat koeffitsiyenti ($\cos\varphi$), kompensatsiya, kondensatorlar batareyasi, rezonans, kuchlanish rezonansi, tok rezonansi, rezonans chastotasi, to‘lqin qarshilik, kontur asliligi (dobrotnost), o‘tkazish polosasi, tebranish konturi, selektivl

1. Uch fazali tokning quvvati. Aktiv, reaktiv va to‘la quvvat

Sinusoidal tok zanjirida oniy quvvat $p = ui$ vaqt bo‘yicha o‘zgaradi. Bir fazali zanjirning energetik ko‘rsatkichlari uchta quvvat bilan tavsiflanadi.

Aktiv quvvat P — bir davr ichidagi o‘rtacha quvvat bo‘lib, zanjirda qaytmas ravishda issiqlik, mexanik va boshqa foydali energiyaga aylanayotgan quvvatni bildiradi:

$$P = UI\cos\varphi = I^2R, \quad [P] = W \text{ (vatt)}.$$

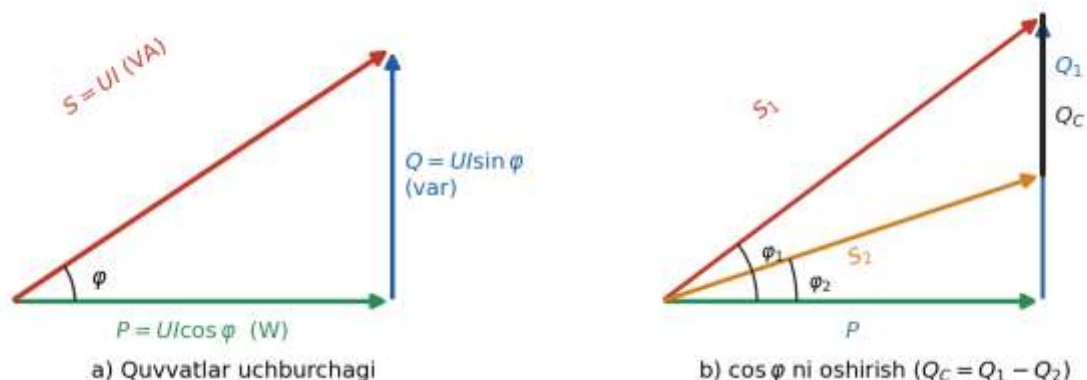
Reaktiv quvvat Q — induktiv va sig‘im elementlarida energiyaning manba bilan magnit (elektr) maydon o‘rtasida almashinuvini xarakterlaydi. Bu energiya foydali ishga aylanmaydi, ammo zanjirda magnit maydon hosil qilish uchun (transformator, dvigatellarda) zarur:

$$Q = UI\sin\varphi = I^2(X_L - X_C), \quad [Q] = \text{var (reaktiv volt-amper)}.$$

To‘la quvvat S — manbaning (generator, transformatorning) umumiy yuklanishini ko‘rsatadi:

$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad [S] = \text{VA (volt-amper)}.$$

Bu uch quvvat to'g'ri burchakli **quvvatlar uchburchagini** tashkil qiladi (7-a rasm), unda $\cos\varphi = P/S$, $\operatorname{tg}\varphi = Q/P$.



7-rasm. Quvvatlar uchburchagi (a) va $\cos\varphi$ ni oshirish (b)

Uch fazali zanjirning quvvati. Uch fazali zanjirning aktiv quvvati har bir fazadagi aktiv quvvatlarning yig'indisiga teng: $P = P_A + P_B + P_C$. Simmetrik yuklamada barcha fazalar quvvati bir xil bo'lgani uchun:

$$P = 3U_f I_f \cos\varphi, \quad Q = 3U_f I_f \sin\varphi, \quad S = 3U_f I_f.$$

Yulduz va uchburchak ulanishlar uchun U_L , I_L orqali ifodalash qulayroq (ular liniyada o'lchanadi). $U_f = U_L/\sqrt{3}$, $I_f = I_L$ (yulduz) yoki $U_f = U_L$, $I_f = I_L/\sqrt{3}$ (uchburchak) ni qo'yilsa, ikkala ulanish uchun bir xil ifoda hosil bo'ladi:

$$P = \sqrt{3} U_L I_L \cos\varphi, \quad Q = \sqrt{3} U_L I_L \sin\varphi, \quad S = \sqrt{3} U_L I_L.$$

Bu yerda φ — **faza** kuchlanishi va **faza** toki orasidagi burchakdir. Nosimmetrik yuklamada quvvat har bir fazaning quvvatini alohida hisoblab qo'shish yo'li bilan topiladi. Uch fazali iste'molchining aktiv quvvatini o'lchash uchun vattmetrlardan foydalaniladi; to'rt simli zanjirda — uchta, uch simli zanjirda esa ikkita vattmetr (Aron sxemasi) bilan.

2. Quvvat koeffitsiyenti va uning ahamiyati

Aktiv quvvatning to'la quvvatga nisbati **quvvat koeffitsiyenti** deb ataladi:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S}, \quad 0 \leq \cos\varphi \leq 1.$$

U iste'molchi manbadan olinayotgan quvvatdan qanchalik samarali foydalanayotganini ko'rsatadi. Sanoatdagi asosiy iste'molchilar — asinxron dvigatellar, transformatorlar, payvandlash apparatlari va lyuminessent lampalar — induktiv xarakterga ega, shuning uchun ularning $\cos\varphi$ qiymati birdan kichik bo'ladi. Salt ishlayotgan asinxron dvigatelda $\cos\varphi \approx 0,1 \dots 0,3$ gacha tushishi mumkin.

Past $\cos\varphi$ ning zararlari. Iste'molchi o'zgarmas aktiv quvvat P ni olayotgan bo'lsin. Liniyadagi tok

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} U_L \cos\varphi}$$

ifodadan aniqlanadi: $\cos\varphi$ kamaysa tok ortadi. Natijada:

- liniya simlari va transformator chulg'amlarida isrof $\Delta P = 3I_L^2 R_l$ ortadi;
- simlardagi kuchlanish pasayishi ortadi, iste'molchi kuchlanishi kamayadi;
- generator va transformatorlarning to'la quvvati S reaktiv tokni uzatishga sarflanadi, ya'ni ulardan foydali quvvat olish imkoniyati kamayadi;
- uzatish liniyalari uchun ko'proq ko'ndalang kesimli simlar talab qilinadi.

Shu sababli energetika tizimlarida $\cos\varphi$ ni oshirish (reaktiv quvvatni kompensatsiyalash) muhim iqtisodiy va texnik vazifa hisoblanadi.

Quvvat koeffitsiyentini oshirish usullari. Asosiy usul — iste'molchiga parallel ravishda **kondensatorlar batareyasini** ulash (7-b rasm). Kondensator sig'im xarakterli reaktiv quvvat hosil qiladi va u induktiv reaktiv quvvatni to'liq yoki qisman kompensatsiyalaydi. Boshqa usullar: dvigatellarni to'la yuklama bilan ishlatish, salt ishlashga yo'l qo'yimaslik, sinxron kompensatorlardan foydalanish.

Aktiv quvvat P ni o'zgartirmagan holda $\cos\varphi_1$ dan $\cos\varphi_2$ ga o'tish uchun zarur kondensator quvvati:

$$Q_C = P (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2).$$

Uch fazali batareyaning har bir fazasidagi sig'im, kondensator uchlaridagi kuchlanish U_k bo'lganda:

$$C = \frac{Q_C}{3 \omega U_k^2}.$$

Kondensatorlar yulduz usulida ulansa $U_k = U_L / \sqrt{3}$, uchburchak usulida ulansa $U_k = U_L$ bo'ladi; shu sababli uchburchak ulanishda talab etiladigan sig'im uch marta kichik bo'ladi.

Masala namunasi. Aktiv quvvati $P = 100$ kW bo'lgan sexda $\cos\varphi_1 = 0,7$ ni $\cos\varphi_2 = 0,95$ gacha oshirish kerak. $\operatorname{tg}\varphi_1 = 1,02$; $\operatorname{tg}\varphi_2 = 0,33$. Zarur kondensator quvvati: $Q_C = 100 (1,02 - 0,33) \approx 69$ kvar.

3. Ketma-ket zanjirda kuchlanish rezonansi

Induktiv va sig'im elementlarni o'z ichiga olgan zanjirda shunday holat yuzaga kelishi mumkinki, unda zanjirning reaktiv qarshiligi nolga teng bo'ladi, tok va

kuchlanish fazalari mos tushadi ($\varphi = 0$) va zanjir manba uchun sof aktiv yuklama kabi tutadi. Bunday holat **rezonans** deyiladi.

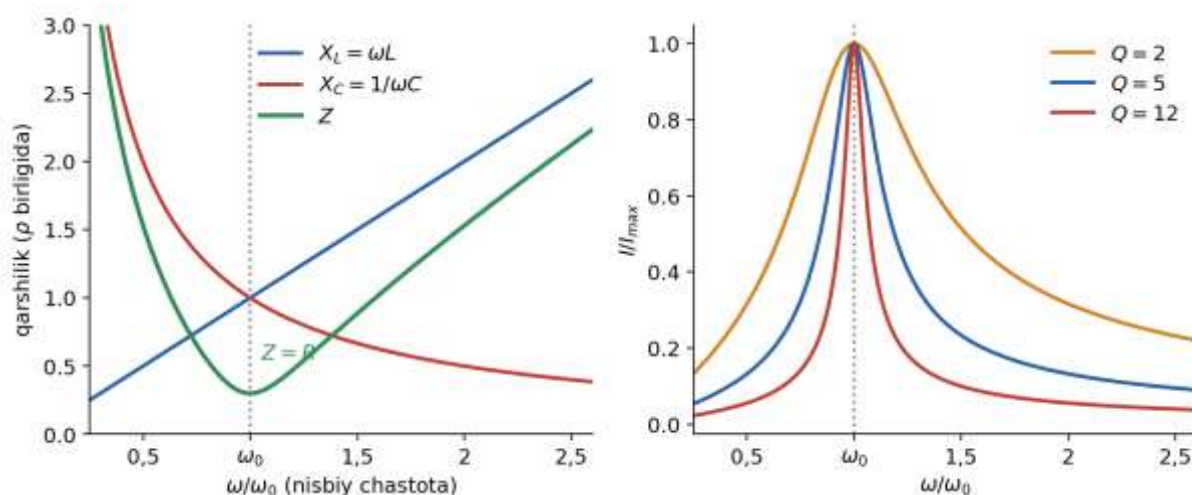
Ketma-ket $R-L-C$ zanjirda rezonans shartlari:

$$X_L = X_C \Rightarrow \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C}.$$

Bundan **rezonans chastotasi** (Tomson formulasi):

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \quad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Rezonans ω (chastota), L yoki C ni o'zgartirib hosil qilinadi. 8-rasmda X_L , X_C va Z ning chastotaga bog'liqligi, shuningdek turli aslilikdagi zanjirlar uchun tokning rezonans egri chiziqlari keltirilgan.



8-rasm. Ketma-ket zanjirda X_L , X_C , Z ning chastotaga bog'liqligi (chapda) va rezonans egri
c

hiziqlari (o'ngda)

Rezonansdagi zanjirning xususiyatlari:

- to'la qarshilik eng kichik qiymatga ega: $Z = Z_{min} = R$;
- tok eng katta qiymatga erishadi: $I_0 = U/R$;
- $\cos\varphi = 1$, $\varphi = 0$;
- reaktiv quvvat zanjir bo'yicha nolga teng ($Q = 0$): induktivning reaktiv quvvati kondensatorning reaktiv quvvatini to'liq kompensatsiyalaydi, energiya faqat L va C o'rtasida almashinadi;
- L va C dagi kuchlanishlar kattaligi bo'yicha teng va fazasi bo'yicha qarama-qarshi: $U_L = U_C$; ular manba kuchlanishidan bir necha marta katta bo'lishi mumkin.

Shu sababli ketma-ket rezonans **kuchlanishlar rezonansi** deb ham ataladi. Reaktiv elementlardagi kuchlanish

$$U_L = U_C = I_0 X_L = Q_k U, \quad Q_k = \frac{\rho}{R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad \rho = \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

bo'ladi, bu yerda ρ — konturning **to'liqin qarshiligi**, Q_k — kontur asliligi (dobrotnost). Rezonans egri chizig'ining kengligi (o'tkazish polosasi) $\Delta f = f_0/Q_k$ bo'lib, asillik qanchalik katta bo'lsa, kontur shunchalik tanlovchan (selektiv) bo'ladi.

Amaliy ahamiyati. Radiotexnikada kuchlanishlar rezonansi kerakli signalni ajratib olish va kuchaytirish uchun qo'llaniladi. Elektr energetikasida esa u xavfli hodisa: kabel liniyalari va induktiv elementlarda kuchlanishning keskin ortishi izolyatsiya teshilishiga olib kelishi mumkin; shuning uchun bunday tarmoqlarda rezonans holatiga yo'l qo'ymaslik chora-tadbirlari ko'riladi.

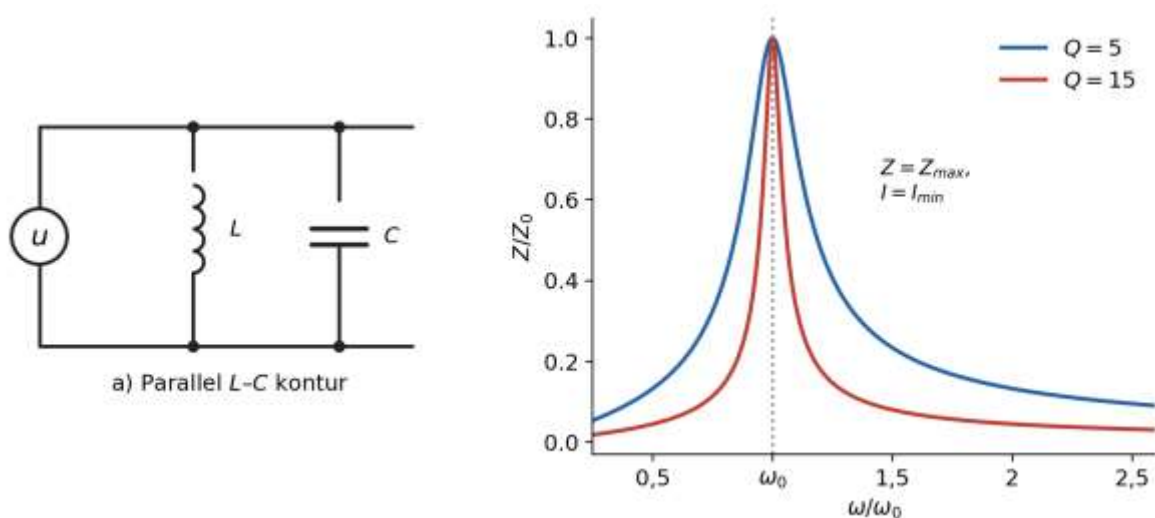
4. Parallel zanjirda tok rezonansi. Elektromagnit to'liqlarni qabul qilishda rezonans hodisasining ahamiyati

Induktiv g'altak va kondensator parallel ulangan zanjirda (9-a rasm) manba chastotasi konturning xususiy chastotasiga teng bo'lganda **toklar rezonansi** yuzaga keladi. Rezonans sharti: induktiv va sig'im o'tkazuvchanliklari teng, ya'ni $B_L = B_C$:

$$\frac{1}{\omega_0 L} = \omega_0 C \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \quad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Ideal ($R = 0$) parallel konturda shoxobchalardagi toklar kattaligi bo'yicha teng, fazasi bo'yicha qarama-qarshi bo'ladi ($I_L = I_C$), ular bir-birini kompensatsiyalaydi, manbadan olinadigan umumiy tok nolga yaqinlashadi, ya'ni zanjirning to'la qarshiligi cheksiz katta bo'ladi. Real konturda g'altakning aktiv qarshiligi R hisobiga qarshilik cheklangan:

$$Z_0 = \frac{L}{RC} = Q_k \rho = \frac{\rho^2}{R}.$$



9-rasm. Parallel LC kontur (a) va uning qarshiligining chastotaga bog‘liqligi (b)

Parallel rezonansning xususiyatlari:

- rezonansda zanjirning to‘la qarshiligi eng katta, manbadan olinadigan tok eng kichik bo‘ladi ($I = I_{min}$);
- $\cos\varphi = 1$;
- konturning shoxobchalaridagi toklar manba tokidan Q_k marta katta bo‘lishi mumkin: $I_L \approx I_C = Q_k I$.

Energetikada parallel rezonans hodisasi (toklar rezonansi) kondensatorlar batareyasi ulangan tarmoqlarda yuqori garmonikalar tufayli ortiqcha toklar paydo bo‘lishiga olib kelishi mumkin; radiotexnikada esa u foydali hodisa sifatida keng qo‘llaniladi.

Elektromagnit to‘lqinlarni qabul qilishda rezonansning ahamiyati. Radio, televideniye va aloqa vositalarining qabul qilgichlari uchun antennaga bir vaqtning o‘zida juda ko‘p turli chastotali stansiyalarning elektromagnit to‘lqinlari ta’sir etadi. Qabul qilgichning kirish qismida tebranish konturi joylashgan bo‘lib, uning sig‘imi (yoki induktivligi) o‘zgartirilib, xususiy chastotasi kerakli stansiya chastotasiga **sozlanadi** (rezonansga keltiriladi). Rezonans chastotasidagi signal konturda eng katta kuchlanish hosil qiladi, boshqa chastotalardagi signallar esa kuchsiz o‘tadi; natijada kerakli stansiya boshqalardan ajratib olinadi. Bu xususiyat **selektivlik** deyiladi va u kontur asilligi Q_k qanchalik katta bo‘lsa, shunchalik yuqori bo‘ladi.

Masala namunasi. Konturning induktivligi $L = 200 \mu\text{H}$ bo‘lsa, $f_0 = 1 \text{ MHz}$ chastotali stansiyaga sozlash uchun sig‘im $C = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 L} = \frac{1}{(6,28 \cdot 10^6)^2 \cdot 200 \cdot 10^{-6}} \approx 127 \text{ pF}$ bo‘lishi kerak.

Asosiy formulalar

Kattalik	Formula
Aktiv quvvat (bir faza)	$P = UI \cos \varphi$
Reaktiv quvvat (bir faza)	$Q = UI \sin \varphi$
To'la quvvat	$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}$
Uch fazali zanjirning aktiv quvvati	$P = \sqrt{3} U_L I_L \cos \varphi$
Uch fazali zanjirning reaktiv quvvati	$Q = \sqrt{3} U_L I_L \sin \varphi$
Uch fazali zanjirning to'la quvvati	$S = \sqrt{3} U_L I_L$
Quvvat koeffitsiyenti	$\cos \varphi = P/S$
Kompensatsiyalovchi quvvat	$Q_c = P(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2)$
Rezonans chastotasi	$f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$
To'lqin qarshilik	$\rho = \sqrt{L/C}$
Kontur asilligi	$Q_k = \rho/R$
Parallel konturning rezonans qarshiligi	$Z_0 = L/(RC)$

Glossariy

Atama	Ma'nosi
Aktiv quvvat	Zanjirda foydali ishga (issiqlik, mexanik ish va h.k.) aylanadigan o'rtacha quvvat, birligi — vatt
Reaktiv quvvat	Manba va reaktiv elementlar orasida almashinadigan quvvat, birligi — var
To'la quvvat	Aktiv va reaktiv quvvatlarning geometrik yig'indisi, birligi — volt-amper
Quvvat koeffitsiyenti	Aktiv quvvatning to'la quvvatga nisbati, $\cos \varphi = P/S$
Kompensatsiya	Iste'molchining reaktiv quvvatini kamaytirib, $\cos \varphi$ ni oshirish
Rezonans	Zanjirning reaktiv qarshiligi nolga teng bo'ladigan, tok va kuchlanish fazalari mos tushadigan holat
Kuchlanish rezonansi	Ketma-ket zanjirda $X_L = X_C$ bo'lganda yuzaga keladigan rezonans
Tok rezonansi	Parallel zanjirda induktiv va sig'im o'tkazuvchanliklar teng bo'lganda yuzaga keladigan rezonans
Rezonans chastotasi	Rezonans yuzaga keladigan chastota, $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$
To'lqin qarshilik	Rezonansda konturning induktiv (yoki sig'im) qarshiligi, $\rho = \sqrt{L/C}$
Kontur asilligi	Rezonansda reaktiv elementdagi kuchlanishning manba kuchlanishiga nisbati, $Q_k = \rho/R$

Atama	Ma'nosi
Selektivlik	Konturning kerakli chastotali signalni boshqalaridan ajratib olish qobiliyati

MAVZU: Transformatorlar. Bir fazali transformatorning tuzilishi va ishlash prinsipi. Sxematik tuzilishi, oniy va haqiqiy EYuK qiymatlari, transformatsiya koeffitsiyenti, magnit induksiya va magnit oqimi. Salt ish rejimi, yuklama ostida ishlashi, quvvat isroflari va foydali ish koeffitsiyenti. Uch fazali transformatorlar, avtotransformatorlar va o'lchash transformatorlari.

Reja:

1. Bir fazali transformatorning tuzilishi va ishlash prinsipi. EYuKning oniy va haqiqiy qiymatlari, transformatsiya koeffitsiyenti.
2. Transformatorning salt ish rejimi.
3. Transformatorning yuklama ostida ishlashi, quvvat isroflari va foydali ish koeffitsiyenti.
4. Uch fazali transformatorlar, avtotransformatorlar va o'lchash transformatorlari.

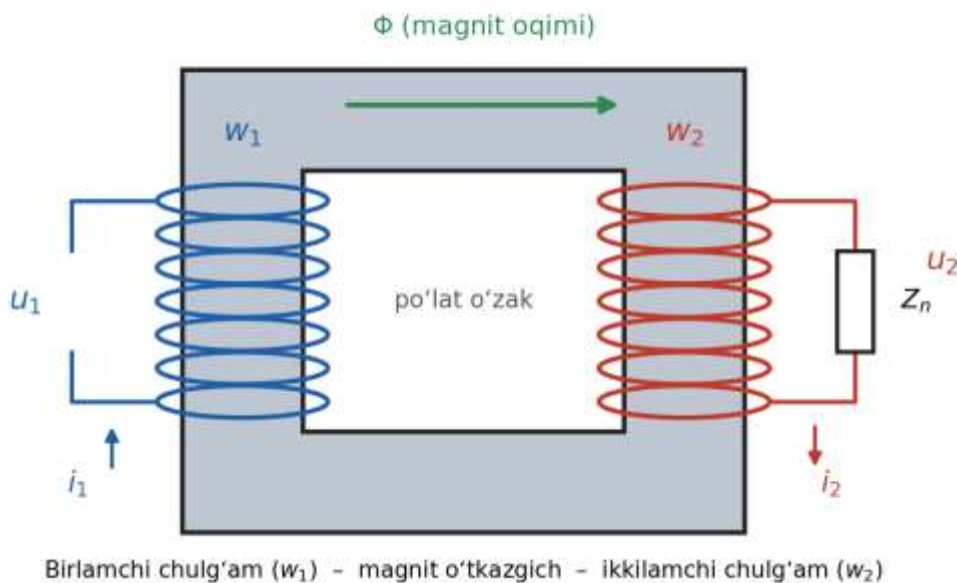
Tayanch so'zlar va iboralar

Transformator, magnit o'tkazgich (o'zak), birlamchi chulg'am, ikkilamchi chulg'am, o'ramlar soni, magnit oqimi, magnit induksiya, transformatsiya koeffitsiyenti, salt ish rejimi, yuklama rejimi, qisqa tutashuv rejimi, po'lat isrofi, mis isrofi, foydali ish koeffitsiyenti (FIK), uch fazali transformator, avtotransformator, kuchlanish transformatori, tok transformatori.

1. Bir fazali transformatorning tuzilishi va ishlash prinsipi

Transformator — o'zgaruvchan tok energiyasini chastotasini o'zgartirmagan holda bir kuchlanishdan boshqa kuchlanishga o'zgartirib beruvchi statik (qo'zg'almas qismlari yo'q) elektromagnit qurilmadir. Transformatorlar elektr energiyasini uzoq masofaga uzatishda, taqsimlashda, shuningdek, elektr jihozlarini ta'minlashda (zaryadlash qurilmalari, payvandlash apparatlari, ta'minot bloklari) keng qo'llaniladi.

Tuzilishi. Bir fazali transformator ikki asosiy qismdan iborat: (1) elektrotexnik po'latdan yupqa (0,2–0,5 mm) izolyatsiyalangan listlardan yig'ilgan yopiq **magnit o'tkazgich** (o'zak) — u uyurma toklar isrofni kamaytiradi; (2) o'zakda joylashgan, bir-biridan elektr jihatdan izolyatsiyalangan ikkita **chulg'am**. Tok manbaiga ulanadigan chulg'am **birlamchi** (o'ramlar soni w_1), iste'molchiga ulanadigan chulg'am **ikkilamchi** (w_2) deb ataladi (10-rasm).



10-rasm. Bir fazali transformatorning sxematik tuzilishi

Ishlash prinsipi. Transformatorning ishlashi elektromagnit induksiya qonuniga asoslangan. Birlamchi chulg'amga o'zgaruvchan kuchlanish u_1 berilganda uning orqali o'zgaruvchan tok o'tadi va o'zakda o'zgaruvchan magnit oqimi Φ hosil bo'ladi. Bu oqim ikkala chulg'am o'ramlarini kesib o'tib, ularda EYuK induksiyalaydi. Ikkilamchi chulg'amga yuklama ulansa, undan tok o'tadi va energiya birlamchi zanjirdan ikkilamchi zanjirga faqat magnit maydon orqali, galvanik bog'lanishsiz uzatiladi.

EYuKning oniy va haqiqiy qiymatlari. Magnit oqimi sinusoidal qonun bilan o'zgarsin: $\Phi = \Phi_m \sin \omega t$. Faradey qonuniga ko'ra chulg'amlarda induksiyanuvchi EYuKning oniy qiymatlari:

$$e_1 = -w_1 \frac{d\Phi}{dt} = -w_1 \omega \Phi_m \cos \omega t, \quad e_2 = -w_2 \frac{d\Phi}{dt} = -w_2 \omega \Phi_m \cos \omega t.$$

Ularning amplitudalari $E_{1m} = w_1 \omega \Phi_m$, $E_{2m} = w_2 \omega \Phi_m$, haqiqiy (effektiv) qiymatlari esa $E = E_m / \sqrt{2}$ bo'lgani uchun, $\omega = 2\pi f$ ni hisobga olsak:

$$E_1 = 4,44 f w_1 \Phi_m, \quad E_2 = 4,44 f w_2 \Phi_m.$$

Magnit oqimi $\Phi_m = B_m S$ bo'lgani uchun (B_m — o'zakdagi maksimal magnit induksiya, S — o'zakning ko'ndalang kesim yuzi): $E = 4,44 f w B_m S$. Demak, berilgan kuchlanish va chastotada o'zakdagi magnit oqimi (B_m) chulg'am o'ramlari soniga teskari proporsional bo'ladi.

Transformatsiya koeffitsiyenti. Birlamchi va ikkilamchi chulg'amlar EYuKlarining nisbati **transformatsiya koeffitsiyenti** deb ataladi:

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2}.$$

$k > 1$ bo'lsa, transformator pasaytiruvchi, $k < 1$ bo'lsa — oshiruvchi bo'ladi. Qurilmaning ish rejimiga qarab $U_1 \approx E_1$, $U_2 \approx E_2$ bo'lgani uchun $k \approx U_1/U_2$, shuningdek ideal transformatorlarda quvvat o'zgarmagani sababli $U_1 I_1 \approx U_2 I_2$ ya'ni $k \approx I_2/I_1$.

2. Transformatorning salt ish rejimi

Salt ish rejimi — ikkilamchi chulg'am uchlari ochiq bo'lgan ($I_2 = 0$), birlamchi chulg'amga esa nominal kuchlanish berilgan rejimdir. Bunda faqat birlamchi chulg'amdanda **salt ish toki** I_0 o'tadi, u o'zakni magnitlash uchun zarur bo'lgan magnitlovchi tokdan va po'latdagi isroflarni qoplovchi aktiv tokdan tashkil topadi. Quvvatli transformatorlarda I_0 nominal tokning bir necha foizini (taxminan 3–10 %, katta quvvatlilarda undan ham kam) tashkil etadi.

Salt ish rejimida ikkilamchi kuchlanish $U_{20} = E_2$ bo'ladi va quyidagi munosabat to'g'ri:

$$\frac{U_1}{U_{20}} \approx \frac{E_1}{E_2} = k.$$

Salt ish rejimida transformator tarmoqdan olayotgan quvvat P_0 asosan o'zakdagi **po'lat isroflarini** (gisterezis va uyurma toklar isroflari) qoplaydi; mis simdagi isrof $I_0^2 R_1$ juda kichik bo'lgani uchun e'tiborga olinmaydi:

$$P_0 \approx P_{po'lat}.$$

Salt ish tajribasida U_1 , I_0 va P_0 o'lchanib, k , $\cos\varphi_0 = \frac{P_0}{U_1 I_0}$ va po'lat isroflari aniqlanadi. Po'lat isrofi U_1 ning kvadratiga proporsional bo'lib, yuklamaga bog'liq emas (o'zgarmas isrof).

3. Transformatorning yuklama ostida ishlashi, quvvat isroflari va foydali ish koeffitsiyenti

Yuklama rejimi. Ikkilamchi chulg'amga yuklama Z_n ulansa, undan I_2 tok o'tadi. Bu tok o'zakda o'z magnit oqimini hosil qilib, asosiy oqimni kamaytirishga intiladi; natijada birlamchi chulg'amdagi tok shunday ortadiki, asosiy magnit oqimi deyarli o'zgarmas qoladi. Magnit yurituvchi kuchlar tengligi:

$$\dot{I}_1 w_1 + \dot{I}_2 w_2 = \dot{I}_0 w_1.$$

Nominal yuklamada $I_0 \ll I_1$ bo'lgani uchun $I_1 w_1 \approx I_2 w_2$, ya'ni

$$\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{w_2}{w_1} = \frac{1}{k}.$$

Ya'ni transformator kuchlanishni necha marta oshirsa, tokni shuncha marta kamaytiradi (va aksincha). Yuklama ortishi bilan ikkilamchi kuchlanish chulg'amlardagi kuchlanish pasayishi hisobiga bir oz kamayadi.

Qisqa tutashuv tajribasi. Ikkilamchi chulg'am qisqa tutashtirilib, birlamchi chulg'amga shunday past kuchlanish beriladiki, undagi tok nominal qiymatga teng bo'lsin. Bu holda o'zakdagi magnit oqimi juda kichik bo'lgani uchun po'lat isroflarini e'tiborga olmasa bo'ladi va iste'mol qilinayotgan quvvat P_k chulg'amlardagi **mis isroflarini** ifodalaydi. Qisqa tutashuv kuchlanishi u_k nominal kuchlanishning bir necha foizini tashkil etadi.

Quvvat isroflari. Transformatorida ikki turdagi isrof mavjud:

- *po'lat isrofi* P_0 — o'zakdagi gisterezis va uyurma toklar isrofi, yuklamaga bog'liq emas;
- *mis isrofi* $P_{mis} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2$ — chulg'amlarning aktiv qarshiligidagi isrof; tokning kvadratiga proporsional. Yuklama koeffitsiyenti $\beta = I_2/I_{2n}$ bilan ifodalansa: $P_{mis} = \beta^2 P_k$.

Jami isrof: $\Delta P = P_0 + \beta^2 P_k$.

Foydali ish koeffitsiyenti (FIK). Transformatorning FIKi foydali (iste'molchiga berilgan) quvvatning iste'mol qilinayotgan quvvatga nisbatiga teng:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_0 + \beta^2 P_k}, \quad P_2 = \beta S_n \cos \varphi_2.$$

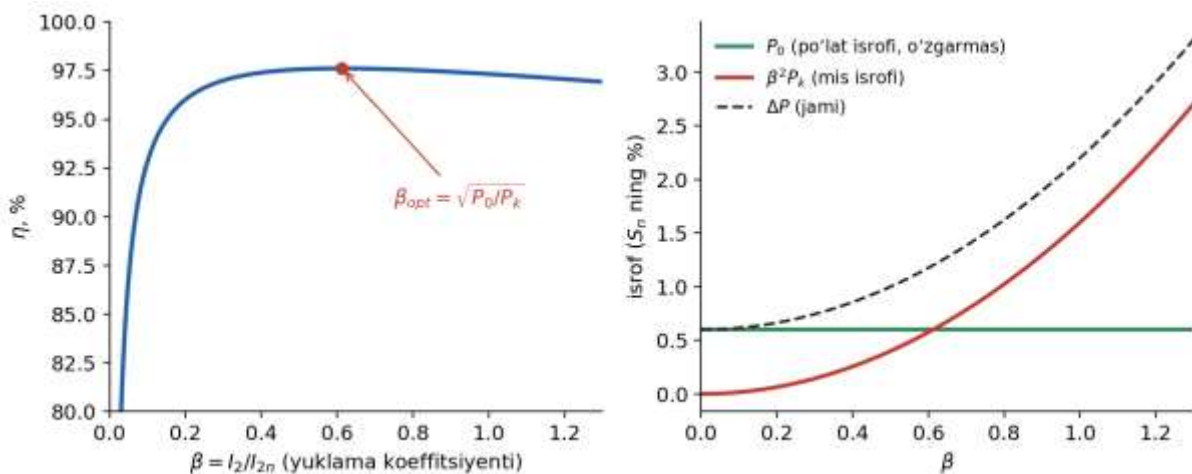
Demak,

$$\eta = \frac{\beta S_n \cos \varphi_2}{\beta S_n \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_k}.$$

η ning β ga bog'liqligini tekshirish natijasida FIK eng katta qiymatga po'lat va mis isroflari teng bo'lganda ($P_0 = \beta^2 P_k$) erishishi ma'lum bo'ladi:

$$\beta_{opt} = \sqrt{\frac{P_0}{P_k}}.$$

Odatda quvvatli transformatorlarda eng yuqori FIK nominal yuklamaning 50–70 % da kuzatiladi. Nominal rejimda quvvatli transformatorlar FIKi 95–99 % ga yetadi (11-rasm).



11-rasm. Transformator FIKining yuklama koeffitsiyentiga bog‘liqligi (chapda) va isroflar (o‘ngda)

4. Uch fazali transformatorlar, avtotransformatorlar va o‘lchash transformatorlari

Uch fazali transformatorlar. Uch fazali tok tarmoqlarida uch fazali transformatorlar qo‘llaniladi. Ular uch o‘zakli magnit o‘tkazgichga ega bo‘lib, har bir o‘zakda bir fazaning birlamchi va ikkilamchi chulg‘amlari joylashadi. Chulg‘amlar yulduz (Y yoki Y_0 — neytral simli) yoki uchburchak (Δ) usulida ulanadi. Chulg‘amlarning ulanish usuliga qarab liniya kuchlanishlari nisbati o‘zgaradi:

$$Y/Y: \frac{U_{1L}}{U_{2L}} = \frac{w_1}{w_2}, \quad \Delta/Y: \frac{U_{1L}}{U_{2L}} = \frac{w_1}{\sqrt{3} w_2}, \quad Y/\Delta: \frac{U_{1L}}{U_{2L}} = \frac{\sqrt{3} w_1}{w_2}.$$

Taqsimlash tarmoqlarida ko‘pincha Y/Y_0 yoki Δ/Y_0 sxemalari ishlatiladi — ular 380/220 V ta‘minoti uchun neytral sim beradi. Uch fazali transformator to‘la quvvati $S_n = \sqrt{3} U_L I_L$ bilan aniqlanadi. Katta quvvatli transformatorlar issiqlikni yaxshiroq chiqarish va izolyatsiya uchun transformator moyi bilan to‘ldirilgan bakka joylashtiriladi.

Avtotransformatorlar. Avtotransformatorda bitta chulg‘am bo‘lib, uning bir qismi ham birlamchi, ham ikkilamchi zanjirga umumiy bo‘ladi. Shu sababli birlamchi va ikkilamchi zanjirlar orasida nafaqat magnit, balki galvanik (elektr) bog‘lanish ham mavjud. Transformatsiya koeffitsiyenti $k = U_1/U_2 = w_1/w_2$ formuladan topiladi. Avtotransformatorning asosiy afzalliklari: kam mis va po‘lat sarflanishi, kichik o‘lcham, yuqori FIK. k birga qanchalik yaqin bo‘lsa, bu afzalliklar shunchalik yaqqol bo‘ladi. Kamchiligi: zanjirlar orasida galvanik bog‘lanish borligi sababli yuqori kuchlanish ikkilamchi zanjirga o‘tish xavfi mavjud, shuning uchun xavfsizlik talablari qat’iyroq. Avtotransformatorning tipik (hisobiy) quvvati o‘tkazilayotgan quvvatdan kichik:

$$S_{tip} = S \left(1 - \frac{1}{k} \right) \quad (k > 1).$$

Laboratoriyalarda kuchlanishni silliq rostlash uchun (LATR) ham avtotransformatorlardan foydalaniladi.

O'lchash transformatorlari. Yuqori kuchlanish va katta toklarni o'lchash asboblari bilan bevosita o'lchab bo'lmaydi. Bunday hollarda o'lchash transformatorlari qo'llanadi; ular o'lchash asboblari yuqori kuchlanishli zanjirdan galvanik ajratadi va o'lchanayotgan kattalikni standart chegaraga keltiradi.

- *Kuchlanish transformatori (KT)* — birlamchi chulg'ami o'lchanayotgan kuchlanishga parallel ulanadi, ikkilamchisiga voltmetr (vattmetrlarning kuchlanish g'altaklari) ulanadi; ikkilamchi kuchlanish odatda 100 V. Bu transformator salt ish rejimiga yaqin ishlaydi, shuning uchun uning ikkilamchi chulg'ami **qisqa tutashtirilmasligi** lozim. $U_1 = k_U U_2$.
- *Tok transformatori (TT)* — birlamchi chulg'ami o'lchanayotgan zanjirga ketma-ket ulanadi, ikkilamchisiga ampermetr (vattmetrlarning tok g'altaklari) ulanadi; ikkilamchi tok odatda 5 A (yoki 1 A). Bu transformator qisqa tutashuvga yaqin rejimda ishlaydi, shuning uchun uning ikkilamchi chulg'ami **ochiq qoldirilmasligi** kerak (o'zakda keskin oshib ketgan magnit oqimi yuqori kuchlanish va qizishga olib keladi). $I_1 = k_I I_2$.

Xavfsizlik nuqtai nazaridan o'lchash transformatorlarining ikkilamchi chulg'ami va korpusi yerga ulanadi.

Asosiy formulalar

Kattalik	Formula
EYuKning oniy qiymati	$e = -w d\Phi/dt$
EYuKning haqiqiy qiymati	$E = 4,44 f w \Phi_m = 4,44 f w B_m S$
Transformatsiya koeffitsiyenti	$k = E_1/E_2 = w_1/w_2 \approx U_1/U_2 \approx I_2/I_1$
Magnit yurituvchi kuchlar tengligi	$\dot{I}_1 w_1 + \dot{I}_2 w_2 = \dot{I}_0 w_1$
Yuklama koeffitsiyenti	$\beta = I_2/I_{2n}$
Jami isrof	$\Delta P = P_0 + \beta^2 P_k$
FIK	$\eta = \frac{\beta S_n \cos \varphi_2}{\beta S_n \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_k}$
FIK maksimal bo'lgandagi yuklama	$\beta_{opt} = \sqrt{P_0/P_k}$
Avtotransformator tipik quvvati	$S_{tip} = S(1 - 1/k)$
Uch fazali transformator quvvati	$S_n = \sqrt{3} U_L I_L$

Glossariy

Atama	Ma'nosi
Transformator	O'zgaruvchan tok kuchlanishini chastotasini o'zgartirmasdan o'zgartiruvchi statik elektromagnit qurilma
Magnit o'tkazgich (o'zak)	Magnit oqimini o'tkazish uchun xizmat qiluvchi izolyatsiyalangan po'lat listlardan yig'ilgan qism
Birlamchi chulg'am	Tok manbaiga ulanadigan transformator chulg'ami
Ikkilamchi chulg'am	Iste'molchiga (yuklamaga) ulanadigan transformator chulg'ami
Magnit oqimi	Magnit induksiyaning sirt yuzi bo'yicha integrali, $\Phi = BS$
Transformatsiya koeffitsiyenti	Birlamchi va ikkilamchi chulg'amlar EYuKlari (o'ramlari soni) nisbati
Salt ish rejimi	Ikkilamchi chulg'am ochiq bo'lgan rejim ($I_2 = 0$)
Qisqa tutashuv rejimi	Ikkilamchi chulg'am qisqa tutashtirilgan rejim
Po'lat isrofi	O'zardagi gisterezis va uyurma toklar tufayli yuzaga keladigan isrof
Mis isrofi	Chulg'amlarning aktiv qarshiligida issiqlikka aylanadigan quvvat isrofi
FIK	Foydali quvvatning iste'mol qilingan quvvatga nisbati, $\eta = P_2/P_1$
Avtotransformator	Bitta chulg'amli, birlamchi va ikkilamchi zanjirlari galvanik bog'langan transformator
Kuchlanish transformatori	Yuqori kuchlanishni o'lchash uchun mo'ljallangan, salt ish rejimiga yaqin ishlovchi o'lchash transformatori
Tok transformatori	Katta toklarni o'lchash uchun mo'ljallangan, qisqa tutashuv rejimiga yaqin ishlovchi o'lchash transformatori

**5.MAVZU : Elektr o'lchash asboblari va ularning ishlash prinsiplari.
Absolyut xatoliklar va shartli belgilar. Magnitoelektrik, elektromagnit,
elektrodinamik, ferrodinamik va induksion tizimli asboblari.**

Reja

1. Elektr o'lchash asboblari va ularning ishlash prinsiplari. Absolyut xatoliklar va shartli belgilar.
2. Magnitoelektrik, elektromagnit, elektrodinamik, ferrodinamik va induksion tizimli asboblari.
3. O'zgaruvchan tok elektr mashinalari va asinxron dvigatellar: tuzilishi, ishlash prinsipi, aylantiruvchi moment, sirpanish, quvvat isrofi, mexanik xarakteristika.
4. Elektr ta'minoti: radial va magistral taqsimot, elektr energiyasi sifati va ta'minot ishonchliligi.

Tayanch so'zlar va iboralar

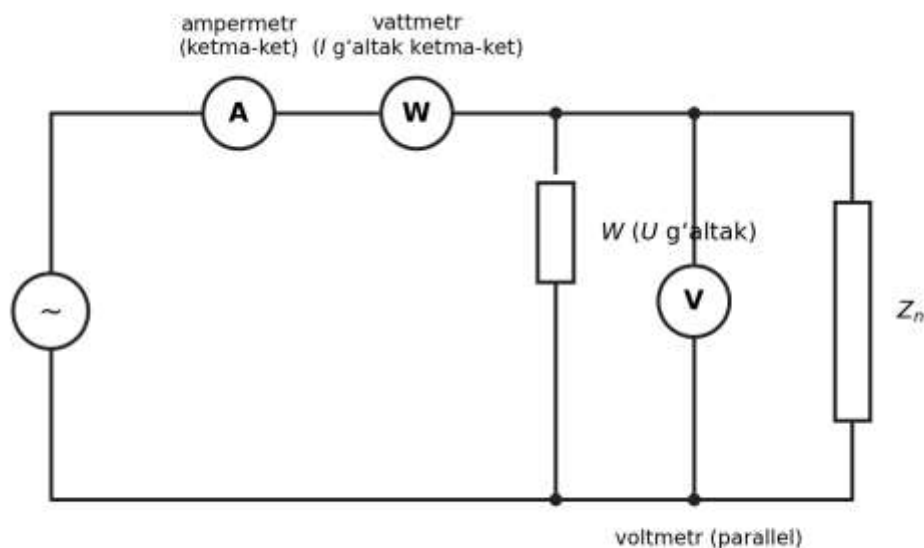
O'lchash asbobi, o'lchash xatoligi, absolyut va nisbiy xatolik, aniqlik klassi, shartli belgi, magnitoelektrik tizim, elektromagnit tizim, elektrodinamik tizim, ferrodinamik tizim, induksion tizim, asinxron dvigatel, stator, rotor, qisqa tutashgan rotor, fazali rotor, sirpanish, aylantiruvchi moment, mexanik xarakteristika, elektr ta'minoti, radial sxema, magistral sxema, elektr energiyasi sifati, ta'minot ishonchliligi.

1. Elektr o'lchash asboblari va ularning ishlash prinsiplari. Absolyut xatoliklar va shartli belgilar

Elektr kattaliklarni (tok, kuchlanish, quvvat, qarshilik, energiya, chastota) o'lchash uchun mo'ljallangan qurilmalar **elektr o'lchash asboblari** deb ataladi. Ishlash prinsipiga ko'ra ular **analog** (ko'rsatkich strelkasi bilan) va **raqamli** asboblarga bo'linadi. Analog asboblari o'lchanayotgan kattalik hosil qiladigan elektromagnit kuchlarning ta'siri ostida qo'zg'aluvchan qismning og'ishiga asoslangan. Asbobda qo'zg'aluvchan qismga ikkita moment ta'sir etadi: o'lchanayotgan kattalikka bog'liq bo'lgan **aylantiruvchi moment** M_a va og'ish burchagi α ga proporsional bo'lgan, prujina hosil qiladigan **qarshilik momenti** $M_q = D\alpha$. Muvozanat sharti $M_a = M_q$ bo'lganda strelka tinchlanadi.

Asboblarning ulanishi. Ampermetr o'lchanayotgan zanjirga *ketma-ket*, voltmetr *parallel* ulanadi; vattmetr ikki g'altakka ega bo'lib, tok g'altagi ketma-ket, kuchlanish g'altagi parallel ulanadi (12-rasm). Ampermetrning o'lchash chegarasini

kengaytirish uchun unga parallel **shunt** ($R_{sh} = R_a/(n - 1)$), voltmetr chegarasini kengaytirish uchun esa unga ketma-ket **qo'shimcha rezistor** ($R_q = R_v(m - 1)$) ulanadi. Bu yerda n va m — o'lchash chegarasining kengayish karraliklari, R_a va R_v — asboblarning ichki qarshiliklari.



12-rasm. Ampermetr, voltmetr va vattmetrni ulash sxemasi

O'lchash xatoliklari. Hech bir o'lchash mutlaqo aniq emas, o'lchash natijasi haqiqiy qiymatdan farq qiladi. Xatoliklar quyidagicha ifodalanadi:

- *absolyut xatolik* — asbob ko'rsatishi $A_{o'l}$ bilan o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati A_h orasidagi farq:

$$\Delta A = A_{o'l} - A_h;$$

- *nisbiy xatolik* — absolyut xatolikning haqiqiy qiymatga nisbati:

$$\delta = \frac{\Delta A}{A_h} \cdot 100\%;$$

- *keltirilgan xatolik* — absolyut xatolikning asbobning o'lchash chegarasiga (nominal qiymatiga) nisbati:

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_{nom}} \cdot 100\%.$$

Asbobning **aniqlik klassi** — uning ruxsat etilgan eng katta keltirilgan xatoligiga teng bo'lgan son: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Masalan, o'lchash chegarasi 10 A va aniqlik klassi 1,5 bo'lgan ampermetrning eng katta absolyut xatoligi $\Delta A = \frac{1,5 \cdot 10}{100} = 0,15$ A ni tashkil etadi. Shkalaning oxiriga yaqin o'lchash nisbiy xatolikni kamaytiradi, shuning uchun asbobning o'lchash chegarasini shkalaning 2/3 qismidan oshadigan qilib tanlash maqsadga muvofiq.

Shartli belgilar. Asbob shkalasida uning tizimi, tok turi, aniqlik klassi, ish vaziyati va izolyatsiya sinov kuchlanishi haqida ma'lumot beruvchi shartli belgilar tushirilgan:

Belgi bo'yicha ma'lumot	Izoh
O'lchash tizimi	Har bir tizim o'ziga xos grafik belgi bilan beriladi (magnitoelektrik, elektromagnit, elektrodinamik, ferrodinamik, induksion)
Tok turi	To'g'ri chiziq (—) — o'zgarmas tok, to'liqsimon chiziq (~) — o'zgaruvchan tok, ikkalasi birgalikda — o'zgarmas va o'zgaruvchan tok
Aniqlik klassi	Shkala yonida son bilan beriladi (masalan, 1,5)
Asbobning ish vaziyati	Shkalaning gorizontaal yoki vertikal joylashuvi belgilanadi
Sinov kuchlanishi	Yulduzcha ichidagi son — izolyatsiya sinalgan kuchlanish (kV)

2. Magnitoelektrik, elektromagnit, elektrodinamik, ferrodinamik va induksion tizimli asboblarda

Magnitoelektrik tizim. Doimiy magnit maydonida joylashgan, tok o'tuvchi qo'zg'aluvchan ramka (g'altak) ga maydon tomonidan ta'sir etuvchi kuch momentiga asoslangan: $M = BwSI$. Og'ish burchagi tokka to'g'ri proporsional ($\alpha = S_I I$), shuning uchun skala tekis (chiziqli). Afzalliklari: yuqori sezgirlik va aniqlik, kam quvvat iste'moli, tashqi maydonlarga kam ta'sirlanish. Kamchiliklari: faqat o'zgarmas tokda ishlaydi (o'zgaruvchan tokni o'lchash uchun to'g'rilagich bilan ishlatiladi), ortiqcha yuklanishga sezgir.

Elektromagnit tizim. O'lchanayotgan tok o'tuvchi qo'zg'almas g'altak maydoni ferromagnit o'zakni (plastinkani) g'altak ichiga tortadi. Aylantiruvchi moment tok kvadratiga proporsional ($M \sim I^2$), shuning uchun skala notekis (kvadratik) bo'lib, boshlanishida siqilgan bo'ladi. Asbob o'zgarmas va o'zgaruvchan tokda ishlaydi va effektiv qiymatni ko'rsatadi. Afzalliklari: sodda, mustahkam, ortiqcha yuklanishga chidamli, arzon. Kamchiliklari: aniqligi nisbatan past, tashqi magnit maydoniga sezgir, o'zi ko'proq quvvat iste'mol qiladi. Sanoat shchitlarida keng ishlatiladi.

Elektrodinamik tizim. Ikki g'altak — qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan — o'rtasidagi o'zaro ta'sir kuchiga asoslangan. Aylantiruvchi moment toklar ko'paytmasiga bog'liq: $M \sim I_1 I_2 \cos\psi$, bu yerda ψ — toklar orasidagi faza siljishi. Asbob o'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlarida yuqori aniqlik bilan ishlaydi, ko'pincha **vattmetr** sifatida qo'llaniladi ($P = UI \cos\varphi$): qo'zg'almas g'altak tok zanjiriga, qo'zg'aluvchan g'altak esa qo'shimcha rezistor orqali kuchlanishga ulanadi. Kamchiliklari: kuchsiz o'z magnit maydoni tufayli tashqi maydonlarga sezgir, ortiqcha yuklanishga chidamsiz.

Ferrodinamik tizim. Elektrodinamik tizimning takomillashgan ko‘rinishi: g‘altaklar ferromagnit o‘zakka joylashtiriladi. Magnit maydon kuchayishi hisobiga aylantiruvchi moment katta bo‘ladi, tashqi maydonlar ta’siri kamayadi. Yozuvchi (o‘zi yozar) asboblari va shchit vattmetrlarida qo‘llaniladi. Aniqlik klassi odatda elektrodinamik tizimnikidan past bo‘ladi.

Induksion tizim. Asbobda o‘zgaruvchan tokning ikkita (yoki bir necha) elektromagniti hosil qiladigan, fazasi bo‘yicha siljigan o‘zgaruvchan magnit oqimlari alyuminiy diskda uyurma toklar induksiyalaydi. Magnit oqimlarining uyurma toklar bilan o‘zaro ta’siridan diskni aylantiruvchi moment hosil bo‘ladi. Asbob faqat o‘zgaruvchan tokda ishlaydi. Induksion tizim **elektr energiyasi hisoblagichlari** (schetchiklar) uchun asos bo‘lib xizmat qiladi: diskning aylanishlari soni N iste’mol qilingan energiya W ga proporsional, $W = C \cdot N$, bunda C — hisoblagich doimiysi (kVt·soat/aylanish).

Tizim	Moment bog‘liqligi	Tok turi	Shkala	Asosiy qo‘llanilishi
Magnitoelektrik	$M \sim I$	o‘zgarmas	tekis	aniq ampermetr, voltmetr, ommetr
Elektromagnit	$M \sim I^2$	o‘zgarmas va o‘zgaruvchan	notekis	shchit ampermetri, voltmetri
Elektrodinamik	$M \sim I_1 I_2 \cos \psi$	o‘zgarmas va o‘zgaruvchan	notekis (vattmetrda tekis)	laboratoriya vattmetrlari
Ferrodinamik	$M \sim I_1 I_2 \cos \psi$	o‘zgarmas va o‘zgaruvchan	notekis	shchit va yozuvchi asboblari
Induksion	$M \sim \Phi_1 \Phi_2 \sin \psi$	o‘zgaruvchan	—	energiya hisoblagichlari

3. O‘zgaruvchan tok elektr mashinalari va asinxron dvigatellar

Elektr mashinalari energiya aylantirish prinsipiga ko‘ra *generatorlar* (mexanik energiyani elektr energiyasiga) va *dvigatellar* (elektr energiyasini mexanik energiyaga) ga bo‘linadi. O‘zgaruvchan tok mashinalari ikki asosiy turga ajratiladi: **sinxron** va **asinxron** mashinalar. Sanoatda eng ko‘p tarqalgan elektr yuritma dvigateli — uch fazali asinxron dvigatel bo‘lib, u sodda tuzilishi, arzonligi va ishonchliligi bilan ajralib turadi.

Tuzilishi. Asinxron dvigatel ikki asosiy qismdan iborat:

- *stator* — qo‘zg‘almas qism; elektrotexnik po‘lat listlaridan yig‘ilgan silindrik o‘zakdan iborat bo‘lib, uning pazlariga fazoda 120° ga siljirilgan uch fazali chulg‘am joylashtirilgan;

- *rotor* — aylanuvchi qism; u ikki turda tayyorlanadi: **qisqa tutashgan rotor** («olmaxon g'ildiragi») — pazlariga alyuminiy yoki mis sterjenlar joylashtirilib, uchlari halqalar bilan tutashtirilgan; **fazali rotor** — pazlarida uch fazali chulg'am bo'lib, uchlari kontakt halqalar va cho'tkalar orqali tashqi reostatga ulanadi.

Ishlash prinsipi. Stator chulg'amiga uch fazali kuchlanish berilganda statorda sinxron tezlik $n_1 = 60f/p$ bilan aylanuvchi magnit maydon hosil bo'ladi (2-ma'ruza). Bu maydon rotor sterjenlarini kesib o'tib, ularda EYuK induksiyalaydi; rotor chulg'ami berk bo'lgani uchun unda tok paydo bo'ladi. Aylanuvchan magnit maydon bilan rotor toki o'zaro ta'sirlashib, rotorni maydon yo'nalishida aylantiruvchi elektromagnit moment hosil qiladi. Rotor aylanish tezligi n_2 har doim maydon tezligi n_1 dan *kichik* bo'ladi ($n_2 < n_1$): agar $n_2 = n_1$ bo'lsa, rotor chulg'ami maydonni kesmas, unda EYuK va tok bo'lmas edi. Tezliklar o'rtasidagi bu nomuvofiqlik tufayli dvigatel *asinxron* (notekis, mos kelmaydigan) deb ataladi.

Sirpanish. Maydon va rotor tezliklari orasidagi nisbiy farq **sirpanish** deb ataladi:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}.$$

Dvigatel ishga tushayotgan paytda $n_2 = 0$, ya'ni $s = 1$; salt ishlaganda $s \approx 0$; nominal yuklamada s_n odatda bir necha foizni (taxminan 1–6 %) tashkil qiladi. Rotor chulg'amidagi toklar chastotasi $f_2 = sf_1$ ga teng. Rotor tezligi $n_2 = n_1(1 - s) = \frac{60f}{p}(1 - s)$ dan aniqlanadi.

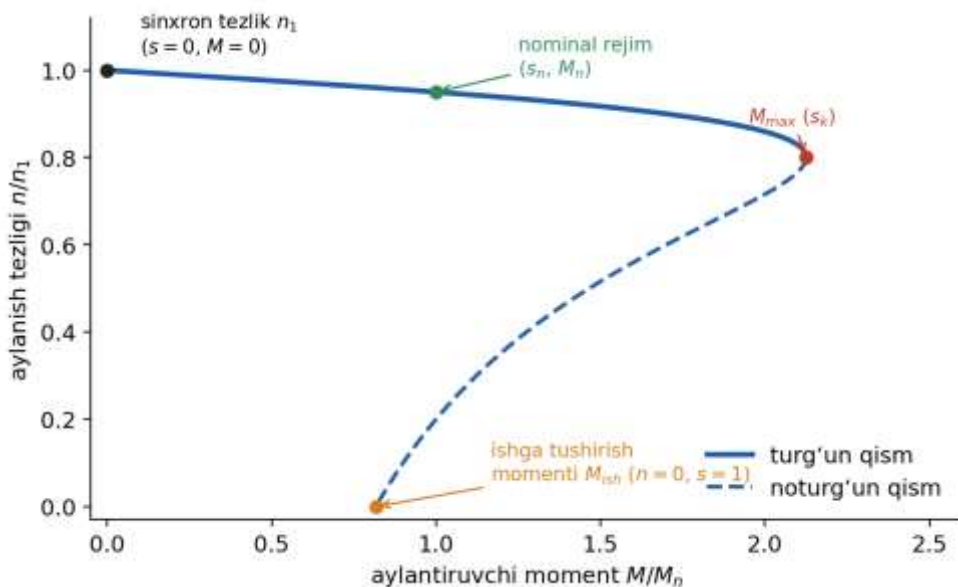
Aylantiruvchi moment. Dvigatelning elektromagnit momenti magnit oqimi Φ , rotor toki I_2 va uning faza siljishiga bog'liq: $M = c_M \Phi I_2 \cos\psi_2$. Sirpanishga bog'liq holda moment (Kloss formulasi):

$$M = \frac{2M_{max}}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}},$$

bunda M_{max} — maksimal (kritik) moment, s_k — kritik sirpanish. Maksimal moment tarmoq kuchlanishining kvadratiga proporsional ($M \sim U_1^2$), shuning uchun kuchlanish pasayganda dvigatel momenti keskin kamayadi. Nominal moment (N·m) dvigatelning nominal quvvati P_n (kVt) va aylanish tezligi n_2 (ayl/min) orqali topiladi:

$$M_n = 9550 \frac{P_n}{n_2}.$$

Mexanik xarakteristika. Rotor aylanish tezligining aylantiruvchi momentga bog‘liqligi $n_2 = f(M)$ dvigatelning **mexanik xarakteristikasi** deb ataladi (13-rasm). Xarakteristikaning $0 < s < s_k$ qismi (nominal rejim joylashgan qism) turg‘un ishlash sohasi bo‘lib, bu yerda yuklama momenti ortishi bilan tezlik bir oz kamayadi, ya’ni xarakteristika «qattiq». Ishga tushirish momenti M_{ish} $s = 1$ ($n = 0$) nuqtaga to‘g‘ri keladi; M_{max}/M_n nisbat dvigatelning ortiqcha yuklanishga **chidamliligini** (ko‘pincha 2–2,5) ifodalaydi. Rasm sxematik tarzda berilgan.



13-rasm. Asinxron dvigatelning mexanik xarakteristikasi (sxematik)

Qisqa tutashgan rotorli dvigatelni to‘g‘ridan-to‘g‘ri tarmoqqa ulab ishga tushirishda ishga tushirish toki nominal tokdan 5–7 marta katta bo‘ladi. Uni kamaytirish uchun statorni yulduz usulida ishga tushirib, so‘ng uchburchakka o‘tkazish (Y/Δ , bunda tok taxminan 3 marta kamayadi), avtotransformator yoki fazali rotorda reostat qo‘llash usullari ishlatiladi. Statorga ulangan uch simdan ikkitasining o‘rnini almashtirish dvigatelning aylanish yo‘nalishini o‘zgartiradi (reversirlash).

Quvvat isroflari va FIK. Dvigatel tarmoqdan iste’mol qilgan quvvat

$$P_1 = \sqrt{3} U_L I_L \cos \varphi_1.$$

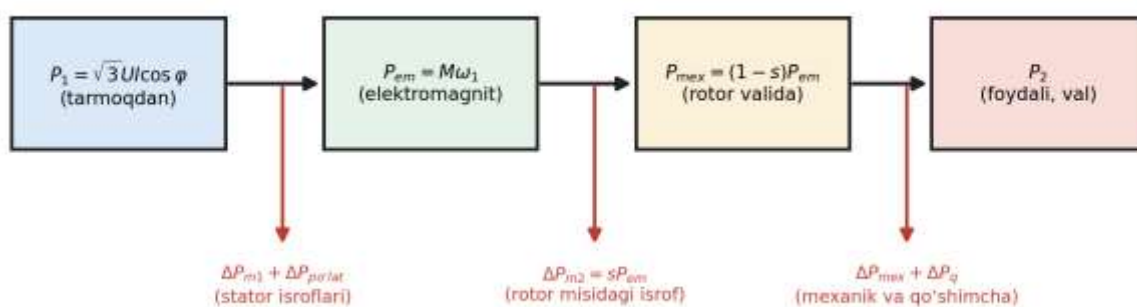
Bu quvvatning bir qismi stator chulg‘amidagi mis isrofi ΔP_{m1} va statorning po‘latidagi isrof $\Delta P_{po'lat}$ ga sarflanadi, qolgani magnit maydon orqali rotorga elektromagnit quvvat $P_{em} = M \omega_1$ sifatida uzatiladi. Rotor misidagi isrof $\Delta P_{m2} = s P_{em}$, shundan keyin rotorning mexanik quvvati

$$P_{mex} = (1 - s) P_{em}.$$

Mexanik va qo'shimcha isroflar (ΔP_{mex} , ΔP_q) ayirilgandan so'ng valdagi foydali quvvat P_2 qoladi. FIK:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}.$$

Nominal yuklamada asinxron dvigatelning FIKi quvvatiga qarab taxminan 0,75–0,95 oralig'ida bo'ladi; $\cos\varphi_1$ salt ishlashda past, nominal yuklamada esa 0,8–0,9 atrofida bo'ladi. Quvvat oqimi 14-rasmda ko'rsatilgan.



14-rasm. Asinxron dvigatelda quvvat oqimi va isroflar

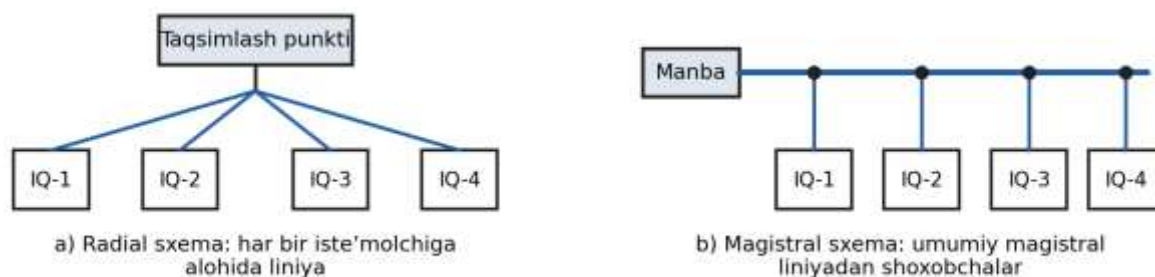
4. Elektr ta'minoti: radial va magistral taqsimot, elektr energiyasi sifati va ta'minot ishonchliligi

Elektr ta'minoti tizimi. Elektr energiyasi elektr stansiyalarida ishlab chiqariladi, **ko'taruvchi podstansiyalar** orqali yuqori kuchlanishli liniyalarga uzatiladi, **pasaytiruvchi podstansiyalarda** taqsimlash kuchlanishiga keltiriladi va taqsimlash tarmoqlari orqali iste'molchilarga yetkaziladi. Elektr ta'minoti sxemasini tanlash iste'molchilarning quvvati, joylashuvi va ishonchlilik talablariga bog'liq.

Radial sxema. Har bir iste'molchi (yoki iste'molchilar guruhi) taqsimlash punktidan alohida liniya bilan ta'minlanadi (15-a rasm). Afzalliklari: ishonchlilik yuqori — bitta liniyadagi avariya faqat bitta iste'molchini o'chiradi; himoya va avtomatikani amalga oshirish oson. Kamchiliklari: ko'p kabel va uzgich talab etiladi, kapital xarajatlar yuqori. Radial sxemalar yuqori ishonchlilikni talab qiluvchi yoki katta quvvatli iste'molchilarda qo'llaniladi.

Magistral sxema. Taqsimlash punktidan umumiy magistral liniya o'tkaziladi va undan iste'molchilarga shoxobchalar olinadi (15-b rasm). Afzalliklari: sim va kabel sarfi kam, arzon, yangi iste'molchilarni ulash oson. Kamchiliklari: magistralda avariya bo'lsa, unga ulangan barcha iste'molchilar o'chib qoladi, ishonchlilik nisbatan past. Magistral sxemalar bir tekisda joylashgan kichik va o'rta quvvatli

iste'molchilarda (sexlar, uy-joy massivlari) qo'llaniladi. Amalda ikkala sxemaning aralash (halqali) ko'rinishlari ham ishlatiladi.



15-rasm. Radial (a) va magistral (b) taqsimlash sxemalari

Ta'minot ishonchliligi. Iste'molchilar elektr ta'minoti uzilishining oqibatlariga qarab ishonchlilik toifalariga bo'linadi:

- *I toifa* — ta'minot uzilishi odamlar hayotiga xavf, katta iqtisodiy zarar yoki murakkab texnologik jarayonning buzilishiga olib keladigan iste'molchilar (masalan, jarrohlik xonalari, ayrim ishlab chiqarishlar). Ular ikkita mustaqil manbadan ta'minlanadi, zaxira avtomatik ulanadi;
- *II toifa* — uzilish mahsulot ishlab chiqarilishining kamayishiga, mexanizmlarning to'xtab qolishiga olib keladigan iste'molchilar; zaxira manbaga qisqa vaqtda (navbatchi xodim yoki avtomatika bilan) o'tkaziladi;
- *III toifa* — qolgan barcha iste'molchilar (masalan, yordamchi ishlab chiqarish, uy-joy); ular uchun bitta manba yetarli, ta'minot qisqa muddat uzilishi mumkin.

Ishonchlilik uzilishlar soni va ularning davomiyligi bilan baholanadi.

Elektr energiyasi sifati. Elektr energiyasi sifati iste'molchi qismalaridagi kuchlanish va chastota parametrlarining belgilangan me'yoriy qiymatlarga mosligi bilan tavsiflanadi. Asosiy sifat ko'rsatkichlari:

- kuchlanishning nominal qiymatdan chetlanishi;
- chastotaning (50 Hz) chetlanishi;
- kuchlanish tebranishlari (miltillashi);
- kuchlanish egri chizig'ining sinusoidallikdan chetlanishi (nosinusoidallik);
- uch fazali kuchlanishlarning nosimmetrikligi;
- kuchlanishning qisqa muddatli pasayishi va uzilishlari.

Me'yoriy hujjatlarga ko'ra, kuchlanishning normal chetlanishi taxminan nominal qiymatning $\pm 5\%$ i, chastotani esa $\pm 0,2$ Hz ni tashkil etadi; aniq me'yorlar amaldagi davlat standartlaridan aniqlanadi. Sifatning pasayishi dvigatellarning qizishi va FIK kamayishiga, yoritish qurilmalarining miltillashiga,

o'lchash va elektron asboblarning noto'g'ri ishlashiga olib keladi. Shuning uchun elektr ta'minoti tizimlarini loyihalashda kuchlanish rostlash, reaktiv quvvatni kompensatsiyalash (3-ma'ruza), simmetriyani ta'minlash va filtrlash choralari ko'riladi.

Asosiy formulalar

Kattalik	Formula
Absolyut xatolik	$\Delta A = A_{o'l} - A_h$
Nisbiy xatolik	$\delta = \frac{\Delta A}{A_h} \cdot 100\%$
Keltirilgan xatolik	$\gamma = \frac{\Delta A}{A_{nom}} \cdot 100\%$
Ampermetr shunti	$R_{sh} = R_a / (n - 1)$
Voltmetrning qo'shimcha rezistori	$R_q = R_v (m - 1)$
Aylanuvchan maydon tezligi	$n_1 = 60f/p$
Sirpanish	$s = (n_1 - n_2)/n_1$
Rotor toki chastotasi	$f_2 = sf_1$
Aylantiruvchi moment (Kloss formulasi)	$M = \frac{2M_{max}}{s/s_k + s_k/s}$
Nominal moment	$M_n = 9550 P_n / n_2$
Dvigatelning iste'mol quvvati	$P_1 = \sqrt{3} U_L I_L \cos \varphi_1$
Rotor mexanik quvvati	$P_{mex} = (1 - s) P_{em}$
FIK	$\eta = P_2 / P_1$

Test savollari

Har bir savolda to'rtta javob varianti berilgan, ulardan faqat bittasi to'g'ri. To'g'ri javoblar bo'lim oxiridagi javoblar kalitida keltirilgan.

1-mavzu. O'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlari, aktiv, induktiv va sig'im qarshiliklar (1–20-savollar)

1. O'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi qaysi formula bilan aniqlanadi?

- A) $I = q \cdot t$
- B) $I = U \cdot R$
- C) $I = q/t$
- D) $I = t/q$

2. Zanjir qismi uchun Om qonuni qaysi ifodada to'g'ri berilgan?
- A) $I = U \cdot R$
 - B) $I = R/U$
 - C) $I = U - R$
 - D) $I = U/R$
3. Manbaning ichki qarshiligi r bo'lgan to'liq zanjir uchun Om qonuni qanday yoziladi?
- A) $I = E/R$
 - B) $I = E/(R - r)$
 - C) $I = (R + r)/E$
 - D) $I = E/(R + r)$
4. Elektr yurituvchi kuch (EYuK) nima?
- A) Zanjir qismi uchlari orasidagi potentsiallar farqi
 - B) Vaqt birligida o'tkazgich kesimidan o'tgan zaryad miqdori
 - C) Manbaning tashqi kuchlari zaryadni ko'chirishda bajargan ishining ko'chirilgan zaryadga nisbati
 - D) Vaqt birligida bajarilgan ish
5. Kirxgofning birinchi qonuni qaysi javobda to'g'ri ifodalangan?
- A) Tugunga kiruvchi toklarning algebraik yig'indisi nolga teng
 - B) Yopiq konturda EYuKlarning algebraik yig'indisi kuchlanish pasayishlarining algebraik yig'indisiga teng
 - C) Tok kuchi kuchlanishga to'g'ri, qarshilikka teskari proporsional
 - D) Tokdan ajralib chiqadigan issiqlik miqdori tok kuchining kvadratiga proporsional
6. O'tkazgichdan tok o'tganda ajralib chiqadigan issiqlik miqdori (Joul–Lens qonuni) qaysi formula bilan topiladi?
- A) $Q = I^2 R t$
 - B) $Q = I R t$
 - C) $Q = I R^2 t$
 - D) $Q = I^2 R / t$
7. Ketma-ket R–L–C zanjirning vektor diagrammasini qurish qaysi vektordan boshlanadi?
- A) Manba kuchlanishi vektoridan, chunki u eng katta
 - B) Tok vektoridan, chunki tok barcha elementlarda bir xil
 - C) Induktiv kuchlanish vektoridan, chunki u tokdan oldinda yuradi
 - D) Sig'im kuchlanishi vektoridan, chunki u tokdan orqada qoladi
8. Sanoat chastotasi $f = 50$ Hz bo'lganda burchak chastota ω taxminan nimaga teng?
- A) 50 rad/s
 - B) 314 rad/s
 - C) 157 rad/s
 - D) 628 rad/s

9. Sinusoidal tokning effektiv qiymati amplituda qiymati bilan qanday bog'langan?
- A) $I = I_m/\sqrt{2}$
 - B) $I = I_m \cdot \sqrt{2}$
 - C) $I = 2I_m/\pi$
 - D) $I = I_m/2$
10. Tarmoq kuchlanishining effektiv qiymati 220 V bo'lsa, uning amplituda qiymati taxminan qancha?
- A) 156 V
 - B) 220 V
 - C) 380 V
 - D) 311 V
11. Sinusoidal tokning yarim davr uchun o'rtacha qiymati amplituda orqali qanday ifodalanadi?
- A) $I_{o'r} = I_m/\sqrt{2} \approx 0,707 I_m$
 - B) $I_{o'r} = 2I_m/\pi \approx 0,637 I_m$
 - C) $I_{o'r} = I_m/2 = 0,5 I_m$
 - D) $I_{o'r} = \pi I_m/2 \approx 1,57 I_m$
12. Sinusoidal tok uchun shakl koeffitsiyenti (effektiv va o'rtacha qiymatlar nisbati) taxminan nimaga teng?
- A) 1,11
 - B) 0,637
 - C) 1,41
 - D) 0,707
13. Induktiv qarshilik qaysi formula bilan hisoblanadi?
- A) $X_L = 1/(\omega L)$
 - B) $X_L = \omega L$
 - C) $X_L = \omega C$
 - D) $X_L = L/\omega$
14. Kondensatorning o'zgarmas tok zanjiridagi ($f = 0$) sig'im qarshiligi qanday bo'ladi?
- A) Nolga teng, kondensator tokni to'liq o'tkazadi
 - B) Sig'imga teng
 - C) Cheksiz katta, kondensator tokni o'tkazmaydi
 - D) Aktiv qarshilikka teng
15. Ideal induktivlikdan iborat zanjirda tok va kuchlanish orasidagi faza munosabati qanday?
- A) Kuchlanish tokdan 90° oldinda yuradi
 - B) Kuchlanish tokdan 90° orqada qoladi
 - C) Tok va kuchlanish fazalari mos tushadi
 - D) Kuchlanish tokdan 180° oldinda yuradi

16. **Kondensatorli zanjirda tok va kuchlanish orasidagi faza munosabati qanday?**
 A) Kuchlanish tokdan 90° oldinda yuradi
 B) Tok va kuchlanish fazalari mos tushadi
 C) Tok kuchlanishdan 90° oldinda yuradi
 D) Tok kuchlanishdan 180° orqada qoladi
17. **Elektr energiyasi nima uchun yuqori kuchlanishda uzatiladi?**
 A) Kuchlanish ortganda liniya simlaridagi tok ortadi va isrof kamayadi
 B) Yuqori kuchlanishda tok chastotasi ortadi
 C) Quvvat o'zgarmas bo'lganda kuchlanish ortishi bilan tok kamayadi va simlardagi issiqlik isrofi kamayadi
 D) Yuqori kuchlanish iste'molchiga to'g'ridan-to'g'ri berish uchun qulay
18. **Ketma-ket R–L–C zanjirning to'la qarshiligi (impedans) qaysi formula bilan topiladi?**
 A) $Z = R + X_L + X_C$
 B) $Z = \sqrt{R^2 + (X_L + X_C)^2}$
 C) $Z = \sqrt{R^2 - (X_L - X_C)^2}$
 D) $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$
19. **Ketma-ket R–L–C zanjirda $R = 6 \Omega$, $X_L = 12 \Omega$, $X_C = 4 \Omega$ bo'lsa, to'la qarshilik Z qancha?**
 A) 22Ω
 B) 10Ω
 C) 14Ω
 D) 8Ω
20. **Ketma-ket R–L–C zanjirda $X_L > X_C$ bo'lsa, zanjir qanday xarakterga ega bo'ladi?**
 A) Sig'im xarakterga ega, $\varphi < 0$
 B) Faqat aktiv xarakterga ega, $\varphi = 0$ (rezonans)
 C) Zanjirda tok o'tmaydi
 D) Induktiv xarakterga ega, $\varphi > 0$

2-mavzu. Uch fazali tok, aylanuvchan magnit maydon, yulduz va uchburchak ulanish (21–40-savollar)

21. **Uch fazali tok sistemasi nima?**
 A) Chastotalari bir xil, amplitudalari teng, fazalari o'zaro 90° ga siljigan uchta sinusoidal EYuK majmuasi
 B) Chastotalari turlicha, amplitudalari teng, fazalari o'zaro 120° ga siljigan uchta sinusoidal EYuK majmuasi
 C) Chastotalari bir xil, amplitudalari teng, fazalari o'zaro 120° ga siljigan uchta sinusoidal EYuK majmuasi
 D) Fazalari bir xil, amplitudalari teng uchta o'zgarmas EYuK majmuasi

22. Uch fazali tok hosil qiladigan aylanuvchan magnit maydonning natijaviy induksiyasi bitta fazaning maksimal induksiyasidan necha marta katta?
- 3 marta
 - 2 marta
 - $\sqrt{3}$ marta
 - 1,5 marta
23. Uch fazali sistemaning bir fazali sistemaga nisbatan afzalligi qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?
- Sim materialini ko'proq sarflanadi
 - Aylanuvchan magnit maydonni hosil qilib bo'lmaydi
 - Simmetrik yuklamada oniy quvvat kuchli pulsatsiyalanadi
 - Bitta tarmoqdan ikki xil kuchlanish (liniya va faza), masalan, 380 V va 220 V olish mumkin
24. Uch fazali sinxron generatorning qo'zg'almas qismi nima deb ataladi?
- Rotor
 - Yakor
 - Stator
 - Kontakt halqa
25. Stator pazlariga joylashtirilgan uchta faza chulg'ami fazoda bir-biriga nisbatan qanday burchakka siljirilgan?
- 120°
 - 60°
 - 90°
 - 180°
26. Generator faza chulg'amlarining boshlanishi va oxirlari qanday harflar bilan belgilanadi?
- Boshlanishi A, B, C; oxiri X, Y, Z
 - Boshlanishi X, Y, Z; oxiri A, B, C
 - Boshlanishi A, B, C; oxiri N
 - Boshlanishi R, S, T; oxiri M
27. Generatorning B fazasidagi EYuK oniy qiymati (A fazaga nisbatan) qanday yoziladi?
- $e_B = E_m \sin(\omega t + 120^\circ)$
 - $e_B = E_m \sin(\omega t - 120^\circ)$
 - $e_B = E_m \sin(\omega t - 90^\circ)$
 - $e_B = E_m \sin(\omega t - 60^\circ)$
28. Uch fazali simmetrik sistemada oniy EYuKlar yig'indisi $e_A + e_B + e_C$ nimaga teng?
- E_m ga teng
 - Vaqtning istalgan lahzasida nolga teng
 - $3E_m$ ga teng
 - Vaqt bo'yicha sinusoidal o'zgaradi

29. Uch fazali sinxron generatorning rotorini nima aylantiradi?
- A) Birlamchi dvigatel (bug‘ yoki gaz turbinasi, gidroturbina)
 - B) Stator chulg‘amidagi aylanuvchan magnit maydon
 - C) Uch fazali tarmoq kuchlanishi
 - D) Neytral simdagi tok
30. Fazalari 120° ga siljigan uch fazali tok stator chulg‘amlaridan o‘tganda hosil bo‘ladigan natijaviy magnit maydon qanday xususiyatga ega?
- A) Kattaligi sinusoidal o‘zgaradi, fazoda qo‘zg‘almas
 - B) Kattaligi nolga teng
 - C) Faqat bitta fazaning o‘qi bo‘ylab pulsatsiyalanadi
 - D) Kattaligi o‘zgaras, burchak tezligi ω bilan aylanadi
31. Tok chastotasi $f = 50$ Hz va qutblar jufti $p = 3$ bo‘lsa, aylanuvchan maydonning sinxron tezligi qancha?
- A) 3000 ayl/min
 - B) 1000 ayl/min
 - C) 1500 ayl/min
 - D) 500 ayl/min
32. Aylanuvchan magnit maydonning aylanish yo‘nalishini teskarisiga o‘zgartirish (reversirlash) uchun nima qilinadi?
- A) Statorning istalgan ikki fazasiga ulangan simlarning o‘rni almashtiriladi
 - B) Tok chastotasi oshiriladi
 - C) Neytral sim o‘chiriladi
 - D) Kuchlanish ikki marta oshiriladi
33. Chulg‘amlar yulduz usulida ulanganda liniya va faza kattaliklari orasidagi munosabat qanday?
- A) $U_L = U_f, I_L = \sqrt{3} \cdot I_f$
 - B) $U_L = \sqrt{3} \cdot U_f, I_L = I_f$
 - C) $U_L = U_f, I_L = I_f$
 - D) $U_L = \sqrt{3} \cdot U_f, I_L = \sqrt{3} \cdot I_f$
34. Chulg‘amlar uchburchak usulida ulanganda (simmetrik yuklamada) liniya va faza kattaliklari orasidagi munosabat qanday?
- A) $U_L = \sqrt{3} \cdot U_f, I_L = I_f$
 - B) $U_L = 3U_f, I_L = I_f$
 - C) $U_L = U_f, I_L = \sqrt{3} \cdot I_f$
 - D) $U_L = U_f, I_L = 3I_f$
35. Yulduz ulangan sistemada faza kuchlanishi $U_f = 220$ V bo‘lsa, liniya kuchlanishi taxminan qancha?
- A) 380 V
 - B) 127 V
 - C) 220 V
 - D) 660 V

36. Simmetrik yuklamali yulduz ulanishda neytral simdagi tok nimaga teng?
- Faza tokiga teng
 - Faza tokining $\sqrt{3}$ barobariga teng
 - Nolga teng
 - Liniya tokining uch barobariga teng
37. To'rt simli (neytral simli) sistemaning asosiy xususiyati nima?
- Faqat uchburchak ulanishda qo'llaniladi
 - Neytral simga albatta saqlagich va uzgich o'rnatiladi
 - Fazalardagi yuklamalar teng bo'lmaganda ham iste'molchi faza kuchlanishlarini deyarli bir xil saqlaydi
 - Liniya kuchlanishini faza kuchlanishiga tenglashtiradi
38. Yulduz usulida ulangan iste'molchining har bir fazasi $R = 22 \Omega$, liniya kuchlanishi $U_L = 380 \text{ V}$ bo'lsa, liniya toki qancha?
- 17,3 A
 - 30 A
 - 22 A
 - 10 A
39. Xuddi shu iste'molchi ($R = 22 \Omega$) uchburchak usulida ulansa va $U_L = 380 \text{ V}$ bo'lsa, liniya toki taxminan qancha bo'ladi?
- 10 A
 - 30 A
 - 17,3 A
 - 52 A
40. Yulduz ulanishda faza kuchlanishi deb qaysi kuchlanishga aytiladi?
- Ikki liniya simi orasidagi kuchlanishga
 - Uchala fazaning kuchlanishlari yig'indisiga
 - Generator qismalaridagi eng katta kuchlanishga
 - Liniya simi bilan neytral sim orasidagi kuchlanishga

3-mavzu. Uch fazali tok quvvati, quvvat koeffitsiyenti va rezonans (41–60-savollar)

41. Quvvat birliklari qaysi qatorda to'g'ri berilgan?
- Aktiv quvvat — var, reaktiv quvvat — VA, to'la quvvat — W
 - Aktiv quvvat — VA, reaktiv quvvat — W, to'la quvvat — var
 - Aktiv quvvat — vatt (W), reaktiv quvvat — var, to'la quvvat — volt-amper (VA)
 - Aktiv quvvat — W, reaktiv quvvat — VA, to'la quvvat — var
42. Bir fazali zanjirning aktiv quvvati qaysi formula bilan topiladi?
- $P = UI \cdot \sin \varphi$
 - $P = UI$
 - $P = UI \cdot \cos \varphi$
 - $P = UI / \cos \varphi$

43. **To'la quvvat aktiv va reaktiv quvvatlar bilan qanday bog'langan?**
- A) $S = P + Q$
 - B) $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$
 - C) $S = \sqrt{P^2 - Q^2}$
 - D) $S = P \cdot Q$
44. **Quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi$ nimaga teng?**
- A) Aktiv quvvatning to'la quvvatga nisbatiga (P/S)
 - B) Reaktiv quvvatning to'la quvvatga nisbatiga (Q/S)
 - C) To'la quvvatning aktiv quvvatga nisbatiga (S/P)
 - D) Aktiv quvvatning reaktiv quvvatga nisbatiga (P/Q)
45. **Simmetrik uch fazali zanjirning aktiv quvvati liniya kattaliklari orqali qanday ifodalanadi?**
- A) $P = 3 \cdot U_L I_L \cdot \cos\varphi$
 - B) $P = U_L I_L \cdot \cos\varphi$
 - C) $P = \sqrt{3} \cdot U_L I_L \cdot \sin\varphi$
 - D) $P = \sqrt{3} \cdot U_L I_L \cdot \cos\varphi$
46. **Simmetrik uch fazali iste'molchida $U_L = 380 \text{ V}$, $I_L = 10 \text{ A}$, $\cos\varphi = 0,8$ bo'lsa, aktiv quvvat taxminan qancha?**
- A) 5,3 kW
 - B) 3,0 kW
 - C) 6,6 kW
 - D) 9,1 kW
47. **Uch simli uch fazali zanjirda aktiv quvvatni o'lchash uchun nechta vattmetr (Aron sxemasi) ishlatiladi?**
- A) Bitta
 - B) Uchta
 - C) To'rtta
 - D) Ikkita
48. **Past $\cos\varphi$ ning asosiy zarari qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?**
- A) Liniya toki ortadi, natijada simlar va transformatorlardagi isrof hamda kuchlanish pasayishi ortadi
 - B) Aktiv quvvat o'z-o'zidan ortib ketadi
 - C) Tarmoq chastotasi pasayadi
 - D) Liniya simlarining ko'ndalang kesimini kamaytirish talab etiladi
49. **Quvvat koeffitsiyentini oshirishning asosiy usuli qaysi?**
- A) Iste'molchiga ketma-ket g'altak ulash
 - B) Iste'molchiga parallel ravishda kondensatorlar batareyasini ulash
 - C) Dvigatellarni salt ishlash rejimida ishlatish
 - D) Tarmoq kuchlanishini pasaytirish

- 50. Salt ishlayotgan asinxron dvigatelda $\cos\phi$ qiymati taxminan qancha bo'lishi mumkin?**
- A) 0,1 ... 0,3
 - B) 0,8 ... 0,9
 - C) 0,95 ... 1
 - D) 1,2 ... 1,5
- 51. Selektivlik nima?**
- A) Konturning kuchlanishni transformatsiyalash qobiliyati
 - B) Kondensatorning zaryad to'plash qobiliyati
 - C) Zanjirning aktiv quvvatni oshirish xususiyati
 - D) Konturning kerakli chastotali signalni boshqa chastotalardagi signallardan ajratib olish qobiliyati
- 52. Aktiv quvvati $P = 200 \text{ kW}$ bo'lgan iste'molchida $\text{tg}\phi_1 = 1,0$ ni $\text{tg}\phi_2 = 0,4$ gacha kamaytirish uchun zarur kompensatsiyalovchi quvvat qancha?**
- A) 80 kvar
 - B) 280 kvar
 - C) 120 kvar
 - D) 200 kvar
- 53. Ketma-ket R–L–C zanjirda kuchlanishlar rezonansi sharti qanday?**
- A) $X_L = R$
 - B) $X_L = X_C$
 - C) $X_L > X_C$
 - D) $R = X_C$
- 54. Rezonans chastotasi (Tomson formulasi) qanday ifodalanadi?**
- A) $f_0 = 2\pi\sqrt{LC}$
 - B) $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$
 - C) $f_0 = 1/(2\pi \cdot LC)$
 - D) $f_0 = \sqrt{LC}/(2\pi)$
- 55. Ketma-ket zanjirda rezonans vaqtida qaysi tasdiq to'g'ri?**
- A) To'la qarshilik eng katta, tok eng kichik
 - B) $\cos\phi = 0$, reaktiv quvvat eng katta
 - C) Zanjirdan tok o'tmaydi
 - D) To'la qarshilik eng kichik ($Z = R$), tok eng katta ($I = U/R$), $\cos\phi = 1$
- 56. Kuchlanishlar rezonansida induktivlik va sig'imdagi kuchlanishlar qanday bo'ladi?**
- A) Ikkalasi ham nolga teng
 - B) Kattaligi teng, fazasi mos tushadi va manba kuchlanishidan doim kichik
 - C) Kattaligi teng, fazasi qarama-qarshi; ular manba kuchlanishidan bir necha marta katta bo'lishi mumkin
 - D) Faqat sig'imda kuchlanish mavjud, induktivlikda nolga teng

57. Konturning to'liqin qarshiligi ρ va asilligi Q_k qaysi juftlikda to'g'ri berilgan?
- A) $\rho = \sqrt{C/L}$, $Q_k = \rho/R$
 - B) $\rho = \sqrt{L/C}$, $Q_k = R/\rho$
 - C) $\rho = L/C$, $Q_k = \rho \cdot R$
 - D) $\rho = \sqrt{L/C}$, $Q_k = \rho/R$
58. Parallel L–C konturda toklar rezonansida manbadan olinadigan tok va zanjirning to'la qarshiligi qanday bo'ladi?
- A) Tok eng katta, to'la qarshilik eng kichik
 - B) Tok eng kichik, to'la qarshilik eng katta
 - C) Tok ham, qarshilik ham nolga teng
 - D) Tok ham, qarshilik ham o'zgarmaydi
59. Radioqabul qilgichning kirish konturida sig'im (yoki induktivlik) o'zgartirilishidan maqsad nima?
- A) Antennadagi tokni nolga tushirish
 - B) Barcha stansiyalarni bir vaqtda bir xil kuch bilan qabul qilish
 - C) Konturning xususiy chastotasini kerakli stansiya chastotasiga moslash (rezonansga keltirish)
 - D) Tarmoq kuchlanishini kuchaytirish
60. Induktivligi $L = 100 \mu\text{H}$ bo'lgan kontur $f_0 = 1 \text{ MHz}$ chastotali stansiyaga sozlanishi uchun sig'im taxminan qancha bo'lishi kerak?
- A) 253 pF
 - B) 127 pF
 - C) 63 pF
 - D) 506 pF

4-mavzu. Transformatorlar (61–80-savollar)

61. Transformator nima?
- A) O'zgaras tokni o'zgaruvchan tokka aylantiruvchi aylanuvchi mashina
 - B) O'zgaruvchan tok chastotasini o'zgartiruvchi qurilma
 - C) Mexanik energiyani elektr energiyasiga aylantiruvchi qurilma
 - D) O'zgaruvchan tok kuchlanishini chastotasini o'zgartirmasdan o'zgartirib beruvchi statik elektromagnit qurilma
62. Transformatorning ishlashi qaysi fizik hodisaga asoslangan?
- A) Joul–Lens qonuni
 - B) Elektromagnit induksiya
 - C) Zaryadning saqlanish qonuni
 - D) Fotoeffekt
63. Transformatorning magnit o'tkazgichi (o'zagi) nima uchun yupqa izolyatsiyalangan po'lat listlardan yig'iladi?
- A) Mis isrofini oshirish uchun
 - B) Chulg'amlarni galvanik bog'lash uchun
 - C) Tok chastotasini oshirish uchun
 - D) Uyurma toklar isrofini kamaytirish uchun

64. Uch fazali transformatorlarda chulgʻamlar Y/Y usulida ulanganda liniya kuchlanishlari nisbati U_{1L}/U_{2L} nimaga teng?
- A) $\sqrt{3} \cdot w_1/w_2$
 B) w_1/w_2
 C) $w_1/(\sqrt{3} \cdot w_2)$
 D) w_2/w_1
65. Transformator chulgʻamidagi EYuKning haqiqiy (effektiv) qiymati qaysi formula bilan topiladi?
- A) $E = 2,22 \cdot f \cdot w \cdot \Phi_m$
 B) $E = 4,44 \cdot w \cdot \Phi_m/f$
 C) $E = 4,44 \cdot f \cdot w \cdot \Phi_m$
 D) $E = 1,41 \cdot f \cdot \Phi_m/w$
66. Transformatsiya koeffitsiyenti qanday aniqlanadi va $k > 1$ boʻlsa transformator qanday boʻladi?
- A) $k = w_1/w_2$; pasaytiruvchi
 B) $k = w_1/w_2$; oshiruvchi
 C) $k = w_2/w_1$; pasaytiruvchi
 D) $k = w_1 \cdot w_2$; oshiruvchi
67. Birlamchi chulgʻamning oʻramlar soni $w_1 = 1000$, ikkilamchisidagi $w_2 = 100$. Birlamchi kuchlanish $U_1 = 2200$ V boʻlsa, salt ishdagi ikkilamchi kuchlanish U_2 qancha?
- A) 220 V
 B) 22 V
 C) 2200 V
 D) 22 000 V
68. Transformatsiya koeffitsiyenti $k = 10$ boʻlgan transformatorning ikkilamchi toki $I_2 = 50$ A boʻlsa, birlamchi toki I_1 qancha?
- A) 500 A
 B) 50 A
 C) 0,5 A
 D) 5 A
69. Transformatorning salt ish rejimi qaysi holatda boʻladi?
- A) Ikkilamchi chulgʻam qisqa tutashtirilgan
 B) Ikkilamchi chulgʻamga nominal yuklama ulangan
 C) Birlamchi chulgʻam uchlari ochiq, ikkilamchiga kuchlanish beriladi
 D) Ikkilamchi chulgʻam uchlari ochiq ($I_2 = 0$), birlamchi chulgʻamga nominal kuchlanish beriladi
70. Salt ish rejimida transformatorning tarmoqdan olayotgan quvvati asosan nimaga sarflanadi?
- A) Chulgʻamlardagi mis isroflarini qoplashga
 B) Isteʼmolchiga foydali quvvat berishga
 C) Oʻzakdagi poʻlat isroflarini (gisterzis va uyurma toklar) qoplashga
 D) Ikkilamchi chulgʻamni qizdirishga

71. **Po'lat isrofi haqida qaysi tasdiq to'g'ri?**
 A) U yuklama tokining kvadratiga proporsional
 B) U faqat chulg'amlarning aktiv qarshiligida yuzaga keladi
 C) U yuklama ortishi bilan kamayadi
 D) U yuklamaga bog'liq emas (o'zgarmas isrof) va U_1 kvadratiga proporsional
72. **Qisqa tutashuv tajribasida transformator iste'mol qilgan quvvat P_k nimani ifodalaydi?**
 A) Chulg'amlardagi mis isroflarini
 B) O'zakdagi po'lat isroflarini
 C) Iste'molchiga berilgan foydali quvvatni
 D) Reaktiv quvvatni
73. **Transformator mis isrofi yuklama koeffitsiyenti β bilan qanday bog'langan?**
 A) $P_{\text{mis}} = \beta \cdot P_k$
 B) $P_{\text{mis}} = P_k / \beta$
 C) $P_{\text{mis}} = \beta^2 \cdot P_k$
 D) $P_{\text{mis}} = P_k / \beta^2$
74. **Transformatorning foydali ish koeffitsiyenti (FIK) qanday aniqlanadi?**
 A) $\eta = P_1 / P_2$
 B) $\eta = P_2 / P_1$, ya'ni foydali quvvatning iste'mol qilingan quvvatga nisbati
 C) $\eta = P_0 / P_k$
 D) $\eta = P_2 - P_1$
75. **Transformatorning FIKi eng katta qiymatga qachon erishadi?**
 A) Salt ish rejimida
 B) Po'lat va mis isroflari o'zaro teng bo'lganda ($P_0 = \beta^2 \cdot P_k$)
 C) Qisqa tutashuv rejimida
 D) Mis isrofi po'lat isrofidan ikki marta katta bo'lganda
76. **$P_0 = 400 \text{ W}$, $P_k = 1600 \text{ W}$ bo'lsa, FIK maksimal bo'ladigan yuklama koeffitsiyenti β_{opt} qancha?**
 A) 0,25
 B) 2
 C) 0,5
 D) 4
77. **Nominal rejimda quvvatli transformatorlarning FIKi taxminan qancha oraliqda bo'ladi?**
 A) 95–99 %
 B) 20–40 %
 C) 50–60 %
 D) 70–80 %

- 78. Avtotransformatorning o'ziga xos belgisi qaysi?**
- A) Bitta chulg'amga ega, birlamchi va ikkilamchi zanjirlar galvanik bog'langan
 - B) Ikki chulg'amga ega, zanjirlar galvanik ajratilgan
 - C) Faqat o'zgarmas tokda ishlaydi
 - D) Tok chastotasini o'zgartiradi
- 79. Tok transformatori qanday ulanadi va uning ikkilamchi chulg'ami haqida qaysi tasdiq to'g'ri?**
- A) Birlamchi chulg'ami parallel ulanadi; ikkilamchisi ochiq qoldirilishi kerak
 - B) Birlamchi chulg'ami zanjirga ketma-ket ulanadi; ikkilamchisini ochiq qoldirib bo'lmaydi
 - C) Birlamchisi ketma-ket ulanadi; ikkilamchisi qisqa tutashtirilmasligi kerak
 - D) Birlamchisi parallel ulanadi; ikkilamchisi qisqa tutashtirilishi kerak
- 80. Kuchlanish transformatori haqida qaysi tasdiq to'g'ri?**
- A) Birlamchi chulg'ami ketma-ket ulanadi va ikkilamchisi ochiq qoldirilmaydi
 - B) Ikki chulg'ami tok odatda 5 A bo'ladi va qisqa tutashuv rejimiga yaqin ishlaydi
 - C) Birlamchi chulg'ami o'lchanayotgan kuchlanishga parallel ulanadi, salt ish rejimiga yaqin ishlaydi, ikkilamchisi qisqa tutashtirilmasligi lozim
 - D) Faqat o'zgarmas tok zanjirlarida qo'llaniladi

5-mavzu. O'lchash asboblari, asinxron dvigatellar va elektr ta'minoti (81–100-savollar)

- 81. Ampermetr va voltmeter o'lchanayotgan zanjirga qanday ulanadi?**
- A) Ampermetr parallel, voltmeter ketma-ket
 - B) Ikki asboblari ham ketma-ket
 - C) Ikki asboblari ham parallel
 - D) Ampermetr ketma-ket, voltmeter parallel
- 82. Analog asbobning strelkasi qachon tinchlanadi?**
- A) Aylantiruvchi moment qarshilik momentidan katta bo'lganda ($M_a > M_q$)
 - B) Aylantiruvchi moment nolga teng bo'lganda
 - C) Qarshilik momenti nolga teng bo'lganda
 - D) Aylantiruvchi moment qarshilik momentiga teng bo'lganda ($M_a = M_q$)
- 83. Ampermetr va voltmeterning o'lchash chegarasini kengaytirish uchun nima ulanadi?**
- A) Ampermetrga parallel shunt, voltmeterga ketma-ket qo'shimcha rezistor
 - B) Ampermetrga ketma-ket shunt, voltmeterga parallel qo'shimcha rezistor
 - C) Ikki asbobga ham parallel qo'shimcha rezistor
 - D) Ikki asbobga ham ketma-ket shunt
- 84. Absolyut xatolik qanday aniqlanadi?**
- A) $\Delta A = A_{o'l} - A_h$, ya'ni asbob ko'rsatishi bilan haqiqiy qiymat orasidagi farq
 - B) Absolyut xatolikning haqiqiy qiymatga nisbati (foizda)
 - C) Absolyut xatolikning asbob o'lchash chegarasiga nisbati (foizda)
 - D) $\Delta A = A_{o'l} \cdot A_h$

85. O'lchash chegarasi 50 V va aniqlik klassi 1,0 bo'lgan voltmetrning eng katta absolyut xatoligi qancha?
- A) 5 V
 - B) 0,5 V
 - C) 0,05 V
 - D) 1 V
86. Magnitoelektrik tizimli asbob haqida qaysi tasdiq to'g'ri?
- A) Moment tok kvadratiga proporsional, shkala notekis, o'zgaras va o'zgaruvchan tokda ishlaydi
 - B) Aylantiruvchi moment tokka to'g'ri proporsional, shkala tekis, faqat o'zgaras tokda ishlaydi
 - C) Faqat o'zgaruvchan tokda ishlaydi, alyuminiy diskdagi uyurma toklarga asoslangan
 - D) Moment toklar ko'paytmasiga bog'liq, vattmetr sifatida qo'llaniladi
87. Elektromagnit tizimli asbobning shkalasi qanday bo'ladi va u qanday tokda ishlaydi?
- A) Tekis; faqat o'zgaras tokda
 - B) Tekis; faqat o'zgaruvchan tokda
 - C) Notekis (kvadratik); o'zgaras va o'zgaruvchan tokda, effektiv qiymatni ko'rsatadi
 - D) Notekis; faqat o'zgaras tokda
88. Qaysi tizimli asbob ko'pincha vattmetr sifatida qo'llaniladi?
- A) Magnitoelektrik
 - B) Elektrodinamik
 - C) Elektromagnit
 - D) Induksion
89. Elektr energiyasi hisoblagichlari (schetchiklar) qaysi tizimga asoslangan?
- A) Magnitoelektrik tizim
 - B) Elektromagnit tizim
 - C) Ferrodinamik tizim
 - D) Induksion tizim
90. Asinxron dvigatelning rotor qanday turlarda tayyorlanadi?
- A) Qisqa tutashgan va fazali rotor
 - B) Doimiy magnitli va kollektorli rotor
 - C) Faqat bir fazali va ikki fazali rotor
 - D) Ko'taruvchi va pasaytiruvchi rotor
91. Asinxron dvigatelda rotor tezligi n_2 nima uchun maydon tezligi n_1 dan har doim kichik bo'ladi?
- A) Chastota ortishi uchun
 - B) Stator chulg'ami uchburchak usulida ulangani uchun
 - C) Rotorda doimiy magnit bo'lgani uchun
 - D) $n_2 = n_1$ bo'lsa, rotor chulg'ami maydonni kesmas, unda EYuK va tok hosil bo'lmas edi

92. **Sirpanish qaysi formula bilan aniqlanadi?**
 A) $s = (n_1 - n_2)/n_2$
 B) $s = n_2/n_1$
 C) $s = (n_1 - n_2)/n_1$
 D) $s = n_1 \cdot n_2$
93. **Aylanuvchan maydon tezligi $n_1 = 1500$ ayl/min, rotor tezligi $n_2 = 1440$ ayl/min bo'lsa, sirpanish qancha?**
 A) 0,04
 B) 0,4
 C) 0,96
 D) 0,06
94. **Dvigatel ishga tushayotgan paytda ($n_2 = 0$) sirpanish s nimaga teng?**
 A) 0
 B) 0,5
 C) 1
 D) Cheksiz katta
95. **Nominal quvvati $P_n = 11$ kW, aylanish tezligi $n_2 = 1000$ ayl/min bo'lgan dvigatelning nominal momenti M_n taxminan qancha?**
 A) 10,5 N·m
 B) 1050 N·m
 C) 11 N·m
 D) 105 N·m
96. **Radial taqsimlash sxemasining asosiy afzalligi nima?**
 A) Kabel va uzgichlar sarfi eng kam
 B) Avariya barcha iste'molchilar bir vaqtda o'chadi
 C) Ishonchlilik yuqori: bitta liniyadagi avariya faqat bitta iste'molchini o'chiradi
 D) Kapital xarajatlar eng past
97. **Magistral sxemaning kamchiligi qaysi?**
 A) Kabel va uzgich sarfi juda ko'p
 B) Yangi iste'molchini ulash qiyin
 C) Magistralda avariya bo'lsa, unga ulangan barcha iste'molchilar o'chib qoladi
 D) Har bir iste'molchiga alohida liniya tortish kerak
98. **I toifa iste'molchilar elektr energiyasi bilan qanday ta'minlanadi?**
 A) Bitta manbadan, uzilish ruxsat etiladi
 B) Ikkita mustaqil manbadan, zaxira avtomatik ulanadi
 C) Faqat bitta liniyadan, navbatchi xodim yordamida
 D) Zaxirasiz, qisqa muddatli uzilishlarga yo'l qo'yiladi
99. **Elektr energiyasi sifati ko'rsatkichlariga qaysi biri kiradi?**
 A) Transformatorning o'ramlar soni
 B) Kuchlanishning nominal qiymatdan va chastotaning 50 Hz dan chetlanishi
 C) Dvigatel rotorining aylanish yo'nalishi
 D) Kabel izolyatsiyasining rangi

100. Qisqa tutashgan rotorli asinxron dvigatelning ishga tushirish toki qanday va uni kamaytirish uchun qaysi usul qo'llaniladi?

- A) Nominal tokdan 5–7 marta katta; statorni yulduz usulida ishga tushirib, so'ng uchburchakka o'tkazish
- B) Nominal tokdan 5–7 marta kichik; statorni avval uchburchak, so'ng yulduz usuliga o'tkazish
- C) Nominal tokka teng; tok chastotasini oshirish
- D) Nominal tokdan 50 marta katta; neytral simni uzish

Javoblar kaliti

Mavzu	To'g'ri javoblar
1-mavzu	1-C, 2-D, 3-D, 4-C, 5-A, 6-A, 7-B, 8-B, 9-A, 10-D, 11-B, 12-A, 13-B, 14-C, 15-A, 16-C, 17-C, 18-D, 19-B, 20-D
2-mavzu	21-C, 22-D, 23-D, 24-C, 25-A, 26-A, 27-B, 28-B, 29-A, 30-D, 31-B, 32-A, 33-B, 34-C, 35-A, 36-C, 37-C, 38-D, 39-B, 40-D
3-mavzu	41-C, 42-C, 43-B, 44-A, 45-D, 46-A, 47-D, 48-A, 49-B, 50-A, 51-D, 52-C, 53-B, 54-B, 55-D, 56-C, 57-D, 58-B, 59-C, 60-A
4-mavzu	61-D, 62-B, 63-D, 64-B, 65-C, 66-A, 67-A, 68-D, 69-D, 70-C, 71-D, 72-A, 73-C, 74-B, 75-B, 76-C, 77-A, 78-A, 79-B, 80-C
5-mavzu	81-D, 82-D, 83-A, 84-A, 85-B, 86-B, 87-C, 88-B, 89-D, 90-A, 91-D, 92-C, 93-A, 94-C, 95-D, 96-C, 97-C, 98-B, 99-B, 100-A

Glossariy

Atama	Ma'nosi
Elektr o'lchash asbobi	Elektr kattaliklarning qiymatini aniqlash uchun mo'ljallangan qurilma
Absolyut xatolik	Asbob ko'rsatishi bilan kattalikning haqiqiy qiymati orasidagi farq
Nisbiy xatolik	Absolyut xatolikning haqiqiy qiymatga nisbati, foizlarda
Aniqlik klassi	Asbobning ruxsat etilgan eng katta keltirilgan xatoligini ifodalovchi son
Shunt	Ampermetrning o'lchash chegarasini kengaytirish uchun unga parallel ulanadigan qarshilik
Magnitoelektrik tizim	Doimiy magnit maydoni va tok o'tuvchi ramkaning o'zaro ta'siriga asoslangan asbob tizimi
Elektromagnit tizim	G'altak maydonining ferromagnit o'zakni tortishiga asoslangan asbob tizimi
Elektrodinamik tizim	Ikki g'altak toklarining o'zaro ta'siriga asoslangan asbob tizimi
Ferrodinamik tizim	Ferromagnit o'zakli elektrodinamik tizim
Induksion tizim	O'zgaruvchan magnit oqimlarining diskdagi uyurma toklar bilan ta'siriga asoslangan tizim

Atama	Ma'nosi
Asinxron dvigatel	Rotorining aylanish tezligi stator maydoni tezligidan kichik bo'lgan o'zgaruvchan tok dvigateli
Sirpanish	Maydon va rotor tezliklari farqining maydon tezligiga nisbati
Mexanik xarakteristika	Dvigatel aylanish tezligining aylantiruvchi momentga bog'liqligi
Radial sxema	Har bir iste'molchiga alohida liniyadan ta'minot beriladigan sxema
Magistral sxema	Umumiy magistrall liniyadan shoxobchalar orqali ta'minlanadigan sxema
Elektr energiyasi sifati	Kuchlanish va chastota parametrlarining me'yoriy talablarga mosligi
Ta'minot ishonchliligi	Iste'molchiga elektr energiyasining uzluksiz yetkazilishini ta'minlash xususiyati

Foydalanilgan adabiyotlar

Asosiy adabiyotlar

1. N.A.Sultonov. "Fizika kursi" darsligi. Toshkent, 2007. 328 b.
2. O.Q.Nazarov. "Umumiy fizika kursi", II-jild. Elektr va magnetizm. O'quv qo'llanma. Toshkent–O'zbekiston, 2002. 256 b.
3. Duglas C.Giancoli. Fizik tamoyillari va qo'llanilishi. 2014. 917 p.
4. Jearl Walker, David Xallidey, R.Resnick. Fizika asoslari. ISBN 978-8808-08797, 2014. 1450 p.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. Kamolxo'jaev Sh.M., Gaibov A.G., Eshqulov A. «Elektr va magnetizm» qismidan laboratoriya ishlari to'plami. Toshkent: ToshDTU, 2005.

Axborot manbalari

1. www.tdpu.uz
2. www.edu.uz
3. www.ziynet.uz – Ziyonet axborot-ta'lim resurslari portali
4. <http://fn.bmstu.ru/data-electro/lec/index.html> – Bauman Moskow State Technical University elektrotexnika ma'ruzalari