O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI TA’LIM VA ILM-FAN VAZIRLIGI

SAMARQAND DAVLAT VETERINARIYA MEDITSINASI, CHORVACHILIK VA BIOTEXNOLOGIYALAR UNIVERSITETI

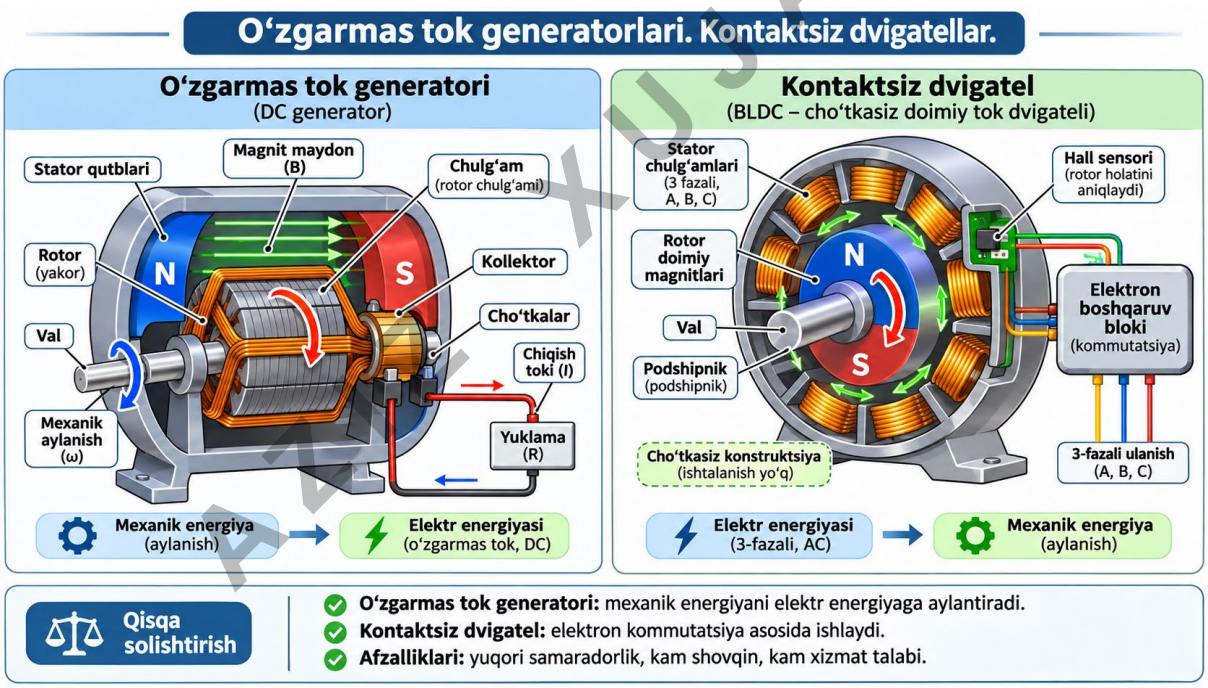
CHORVACHILIK VA TEXNOLOGIYALAR FAKULTETI

“Mahsulotlarni ishlab chiqarish, saqlash va qayta ishlash texnologiyasi” kafedrasi

60710900 - Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish ta’lim yo‘nalishi 2-bosqich 205-guruh talabalari uchun

“Boshqarish tizimlarining elementlari va qurilmalari” fanidan “O‘zgarmas tok generatorlari. Kontaktsiz dvigatellar.” mavzusidagi ma’ruza mashg‘uloti ochiq darsi

ISHLANMASI



AZIZ XUJANOV

Samarqand – 2026

Tuzuvchi:

A.Sh.Xujanov - “Mahsulotlarni ishlab chiqarish, saqlash va qayta ishlash texnologiyasi” kafedrasi assistenti

Taqrizchilar:

Z. Abduganiyev - Samarqand DVMCHBU “Mahsulotlarni ishlab chiqarish, saqlash va qayta ishlash texnologiyasi” kafedrasi dotsenti, t.f.n.

I.U.Safarov - Sharof Rashidov nomidagi SamDU Muhandislik fizikasi institute, “Nazariy va injinerlik mexanikasi” kafedrasi katta o’qituvchi.

AZIZ XUJANOV

“O‘zgarmas tok generatorlari. Kontaktsiz dvigatellar.” mavzusidagi ma’ruza mashg‘ulot darsini o‘qitish texnologiyasi

Vaqt: 2 soat	*Talabalar soni: 6 nafar*
O‘quv mashg‘ulotining shakli	Ma’ruza mashg‘ulot darsi
O‘quv mashg‘ulotining rejasi	1. *O‘zgarmas tok generatori va tasnifi.* *2. Kontaktsiz dvigatellar.O‘zgaruvchan tokli ijro etuvchi dvigatellar.* *3. Boshqarish sistemasi ish rejimi. Boshqarish sxemalarining tuzilishi.* *4. Asinxron elektr dvigatelni ishga tushirish va to‘xtatish.*
Darsning maqsadi: O‘zgarmas tok generatorlari. Kontaktsiz dvigatellarni o’rganish.	
Pedagogik vazifalar: *- O‘zgarmas tok generatori va tasnifini o’rgatish.* *- Kontaktsiz dvigatellar.O‘zgaruvchan tokli ijro etuvchi dvigatellarni tushuntirish.* *- Boshqarish sistemasi ish rejimi. Boshqarish sxemalarining tuzilishini tushuntirish.* *- Asinxron elektr dvigatelni ishga tushirish va to‘xtatishni o’rgatish.*	*O‘quv faoliyati natijalari:* Talabalar: *- O‘zgarmas tok generatori va tasnifini o’rganish.* *- Kontaktsiz dvigatellar.O‘zgaruvchan tokli ijro etuvchi dvigatellarni tushunib olish.* *- Boshqarish sistemasi ish rejimi. Boshqarish sxemalarining tuzilishini o’rganish* *- Asinxron elektr dvigatelni ishga tushirish va to‘xtatishni o’rganish.*
Ta’lim usullari	Ma’ruza mashg‘ulot darslarida muammoli savollar bilan guruhlarda ishlash, aqliy hujum savollarini berish, nostandart testlardan foydlanish.
Ta’limni shakllantirish shakli	Jamoaviy guruhli, auditoriyani jonlantirish
Ta’lim vositalari	Ma’ruza mashg‘ulot darslarida mavzu bo‘yicha darsga tegishli videoroliklar, ishlanma, videoproyektor, mashg‘ulot ishlanmalari, taqdimot, me’yoriy hujjatlar.
Ta’lim berish usullari	Texnik vositalar bilan jihozlangan auditoriya, axborot kommunikatsiya texnologiyalari
Monitoring va baholash	Og‘zaki so‘rov: tezkor – so‘rov, test.

AZIZ XUJAMOV

Mashg‘ulot darsining texnologik xaritasi

Ish bosqichlari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	Ta’lim beruvchi	Ta’lim oluvchi
1 – bosqich. O‘quv mashg‘ulotiga kirish (10 daq.)	1.1. Salomlashish, davomotni aniqlash, talabalarning darsga tayyorligini tekshirish. 1.2. Mavzu mohiyati, uning maqsadi, o‘quv mashg‘ulotidan kutilayotgan natijalar ma’lum qilinadi. 1.3. O’tilgam mashg’ulotni takrorlash.	Eshitadi, yozib oladi.
2 – bosqich. Asosiy (60 daq.)	2.1. Talabalar e’tiborini kichik guruhlarni shakllantirish asosida aniq sxema bo‘yicha amalga oshiriladi. (“*Aqliy hujum” metodi* 1-ilova) 2.2. Talabalarga muayyan mavzular bo‘yicha bilimlari darajasini baholay olish imkonini beradi. (“*Venn diagrammasi” grafik organayzeri* 2-ilova) 2.3. Talabalarga mavzuning asosiy tushunchalariga e’tibor qilishni uqtiradi va yozib olishlari muhimligini ta’kidlaydi. . (Bilaman. Bilishni xohlayman. Bilib oldim grafik organayzeri (BBB) foydalangan holda 3-ilova) 2.4. O‘qituvchi auditoriyada talabalar bilimini mustahkamlash maqsadida muammoli savollar berib, yo‘l-yo‘riq ko‘rsatib boradi va uni nazorat qiladi.	2.1. Eshitadi. O‘ylaydi, mustaqil fikrlaydi. 2.2. Sxema va jadvallar mazmunini muhokama qiladi. Savollar berib, asosiy joylarini yozib oladi. 2.3. Eslab qoladi, yozadi.
3 –bosqich. Yakuniy (10 daq.)	3.1. Mavzuni yakun qiladi, qilingan ishlarni kelgusida kasbiy faoliyatlarida ahamiyatga ega ekanligiga talabalar e’tiborini qaratadi. 3.2. Talabalarning ishini baholaydi va bilim saviyasini nazorat qiladi. 3.3. Mavzuga taalluqli adabiyotlardan samarali foydalanish uchun topshiriq beradi va baholash mezonlari bilan tanishtiradi.	O‘z–o‘zini, o‘zaro baho-lashni o‘tkaza-dilar. Savol beradilar. Topshiriqni yozadilar.

O‘quv elementlari: O‘zgarmas tok generatorlari. Kontaktsiz dvigatellar.

AZIZ XUJANOV

O’qituvchi_A.Sh.Xujanov

Fan: Boshqarish tizimlarining elementlari va qurilmalari

MA’RUZA MASHG‘ULOTINING DARS ISHLANMASI *(2 soat, bakalavriat)*

10-Mavzu: O‘zgarmas tok generatorlari. Kontaktsiz dvigatellar.

Reja:

1. *O‘zgarmas tok generatori va tasnifi.*
2. *Kontaktsiz dvigatellar.O‘zgaruvchan tokli ijro etuvchi dvigatellar.*
3. *Boshqarish sistemasi ish rejimi. Boshqarish sxemalarining tuzilishi.*
4. *Asinxron elektr dvigatelni ishga tushirish va to‘xtatish.*

Fan	Boshqarish tizimlarining elementlari va qurilmalari
Mavzu	Boshqarish sistemalarini sozlash
Bilim sohasi	Muhandislik, ishlov berish va qurilish sohalari
Ta’lim sohasi	Muhandislik ishi
Ta’lim yo‘nalishi	Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish

O’TILGAN DARSNI TAKRORLASH

Takrorlash mavzusi

9-Mavzu: Boshqarish sistemalarini sozlash.

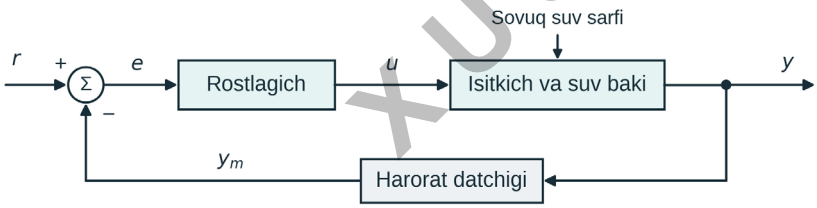
Rejasi:

1. Avtomat boshqarish sistemalarini sozlash. Avtomatik boshqarish sistemalarini qurish prinsiplari.

2. Gidravlik va pnevmatik dvigatellar, ishlash prinsipi, konstruktiv tuzilishi asosiy tavsiflari, qo‘llanish chegaralari.

1. Boshqarish konturini qurish va sozlash. Yopiq tizim.

Sut idishlarini yuvish uchun suv isitiladigan bakni olaylik. Ochiq tizimda taymer isitkichni belgilangan vaqtga yoqadi. Bakka sovuq suv qo‘shilsa ham, taymer shu dastur bo‘yicha ishlaydi. Yopiq tizimda datchik haroratni o‘lchaydi. Rostlagich berilgan harorat r bilan o‘lchangan harorat y_m orasidagi $e = r - y_m$ xatoga qarab quvvatni o‘zgartiradi.



1-rasm. Suv bakida haroratni manfiy teskari aloqa bilan rostlash.

Sxemada u — isitkich quvvati uchun buyruq, y — suvning haqiqiy harorati. Sovuq suv sarfi ham o‘lchansa, quvvatni harorat pasayishidan oldin oshirish mumkin. Bu g‘alayon bo‘yicha boshqarishdir. Uni teskari aloqa bilan birga qo‘llash mumkin.

Sozlash tartibi. Maqsad — haroratni talab etilgan aniqlik va tezlikda rostlash. Avval sxema va ish chegaralarini o‘rganing. Datchikning 4–20 mA signalini va ijro qurilmasining ta’sir yo‘nalishini alohida tekshiring. Konturni yig‘ing. Qo‘l rejimida quvvatni bir qadamga oshirib, harorat javobini yozing. Rostlagich parametrlarini tanlang. Yopiq konturda tebranishning so‘nishini, qoldiq xatoni, belgilangan haroratdan eng katta oshishni va ruxsat etilgan oraliqda o‘rnashish vaqtini baholang.

Rostlagich qismlari. Mutanosib qism (P) joriy xatoga javob beradi. Integral qism (I) xatoni vaqt bo‘yicha yig‘adi va barqaror konturda quvvat yetarli bo‘lsa, doimiy topshiriqdagi qoldiq xatoni yo‘qotadi. Differensial qism (D) o‘zgarish tezligiga javob beradi. O‘lchash shovqinining ta’sirini kamaytirish uchun hosila signali filtrlanadi.

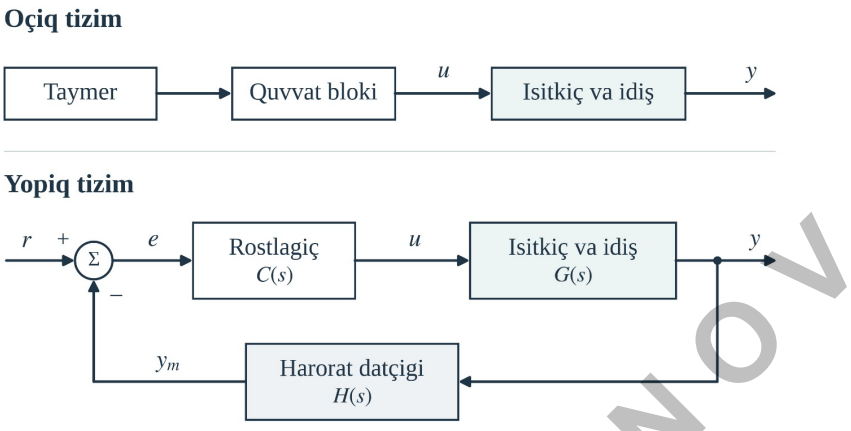
Sozlash tarixidan. 1942-yilda J. G. Zigler va N. B. Nikols rostlagich parametrlarini obyektning tajribada o‘lchangan javobidan tanlash qoidalarini e’lon qildilar.

1 - reja. **1.2. Sozlash ishlarining mazmuni va bosqichlari**

№	Bosqich	Mazmuni va natijasi
1	**Tayyorgarlik**	Loyiha, sxemalar va texnologik reglamentni o‘rganish; montaj sifatini ko‘zdan kechirish; izolyatsiya qarshiligi va yerga ulashni o‘lchash; asboblar va imitatorlarni tayyorlash. **Natija:** sozlash dasturi, montaj tayyorligi dalolatnomasi.

AZIZ XUJANOV

№	Bosqich	Mazmuni va natijasi
2	**Avtonom sozlash**	Har bir element alohida tekshiriladi: datchik va o‘zgartirgichlarni kalibrovkalash (masalan, 4–20 mA signalning 0 % va 100 % nuqtalari), kontroller kanallari, ijro qurilmasining to‘liq yurishi va ta’sir yo‘nalishi. **Natija:** kalibrovka protokollari.
3	**Kompleks sozlash**	Kontur birlashtirilib, signal yo‘li imitator bilan tekshiriladi; qo‘lda ↔ avtomat rejimiga zarbasiz o‘tish; ob‘ekt dinamikasi (pog‘onali javob) bo‘yicha k, T, τ aniqlanadi. **Natija:** ishlaydigan kontur, ob‘ekt parametrlari.
4	**Parametrik sozlash**	Rostlagich parametrlari tanlanadi (Zigler–Nikols usullari, simulyatsiya), so‘ng ob‘ektda sifat ko‘rsatkichlari — ortiq rostlash, o‘tish vaqti, statik xato — bo‘yicha aniqlashtiriladi. **Natija:** parametrlar jadvali.
5	**Sinash va topshirish**	Ish rejimida kompleks sinash, g‘alayon berib tekshirish, hujjatlarni rasmiylashtirish; muddat loyiha va buyurtmachi bilan kelishiladi. **Natija:** topshirish dalolatnomasi, sozlash protokoli.



1-rasm. Suv isitişning oçiq va yopiq boşqariş sxemalari.

Sxemada r — berilgan harorat, y — haqiqiy harorat, y_m — datçik körsatişi, e — rostlaş xatosi, u — isitkiç quvvati. C, G va H — rostlagiç, obyekt va datçikning uzatiş funksiyalari. Y va R — çiqiş va topşiriqning Laplas tasvirlari, s — Laplas özgaruvçisi. Boşlanğiç oğişlar nol, taşqi ta’sir yöq deb olamiz.

$$e(t) = r(t) - y_m(t), \quad \frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{C(s)G(s)}{1 + C(s)G(s)H(s)}$$

PID rostlagiçi. Mutanosib qism (P) joriy xatoga, integral qism (I) esa xatoning vaqt böyiça yiğindisiga javob beradi. Barqaror tizimda quvvat yetarli bölsa, I qism doimiy topşiriqdagi qoldiq xatoni yöqotadi. Differensial qism (D) signalning özgariş tezligiga javob beradi. Ölçaş şovqini hosilada kuçaygani uçun amalda D qism filtrlanadi.

Ideal PID rostlagiçning parallel körinişi $C(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s$. Isitkiç quvvat çegarasiga yetganda xato şu yönalişda yiğilaversa, harorat keyinroq ortiqça kötarilişi mumkin. Bunday paytda integral qismning yiğilişini çeklaymiz.

Yangi texnik xabarlar (2020–2026)

1) 2024-yil yanvarda *Frontiers in Robotics and AI* jurnalida Navas va hammualliflar mayda mevalarni (rezavorlar) terish uchun 3D-bosma, pnevmatik yuritmali yumshoq tutqichni e’lon qildi: u moslashuvchan termoplastik elastomerdan tayyorlangan, arzon, ixcham va almashtiriladigan.

2) 2024-yilda R. De Keyser va hamkasblari qisqa rele sinovidan olingan ma’lumotlar bilan PID parametrlarini avtomatik tanladi. Usul ikki idişli qurilmada va yuk, prujina hamda söndirgiçdan tuzilgan mexanik tizimda sinovdan ötdi.

Tarixiy faktlar.

1) XVII asrda Blez Paskal yopiq suyuqlikda bosim hamma yo‘nalishda bir xil uzatilishini ta’riflagan; shu qonunga tayanib 1795-yilda Jozef Brama gidravlik press uchun patent oldi — gidravlik yuritmalarning boshlanishi.

2) 1942-yilda Dj. Zigler va N. Nikols rostlagich parametrlarini tajriba orqali tanlash qoidalarini e’lon qildilar; bu qoidalar hozir ham sozlash amaliyotining asosi.

AZIZ XUJANOV

Avtomatik tizimlar, elementlar va moslamalarning montaj, sozlash, rostlash, ekspluatatsiya qilish kabi ish jarayonlarni bajarish maqsadida avtomatik sxemalardan foydalaniladi. Avtomatika sxemalari asosiy xujjat hisoblanadi va ular куйидаги турларга бўлинади



NAZORAT TESTLARI.

1. ***Yopiq tizimda datçik signalini qayerga uzatamiz?***

A) Isitkiçning quvvat kirişiga.
B) Soliştiriş tugunining manfiy kirişiga. *
D) Taymerning ta'minot manbayiga.
E) Faqat kuzatuv ekraniga.

2. ***Barqaror PI tizimida quvvat yetarli bölsa, qaysi qism doimiy topşiriqdagi qoldiq xatoni yöqotadi?***

A) Mutanosib qism.
B) Hosila oluvçi qism.
D) Integral qism. *
E) Ölçaş filtri.

3. ***Uzluksiz, çiziqli va vaqt böyiça özgarmas tizimda qutblarning haqiqiy qismlari qanday bölsa, boşlanğiç oğiş sönadi?***

A) Barçasi manfiy. *
B) Barçasi nol.
D) Kamida bittasi musbat.
E) Barçasi musbat.

D) Porshenning to‘liq doiraviy yuzasiga.
E) Gilzaning tashqi yuzasiga.

Mustaqil ish va nazorat.

1. Don tashuvchi shnek konveyerining gidromotori: $V_0 = 50$ sm³/ayl., $\Delta p = 12$ MPa, $Q = 40$ l/min, $\eta_m = 0{,}90$, $\eta_v = 0{,}95$. Moment, aylanish chastotasi va foydali quvvatni aniqlang.

Yechish. 1) Birliklarni SI ga o‘tkazamiz: $V_0 = 50 \cdot 10^{-6}$ m³; $\Delta p = 12 \cdot 10^{6}$ Pa; $Q = 40 \cdot 10^{-3}/60 = 6{,}667 \cdot 10^{-4}$ m³/s. 2) Moment:

$$M = \frac{\Delta p V_0 \eta_m}{2\pi} = \frac{12 \cdot 10^{6} \cdot 50 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}9}{6{,}283} \approx 85{,}9 \text{ N·m}$$

3) Aylanish chastotasi:

$$n = \frac{Q\eta_v}{V_0} = \frac{6{,}667 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}95}{50 \cdot 10^{-6}} \approx 12{,}67 \text{ ayl/s} \approx 760 \text{ ayl/min}$$

4) Foydali quvvat: $N = 2\pi n M = 2 \cdot 3{,}1416 \cdot 12{,}67 \cdot 85{,}9 \approx 6840$ W. Tekshiruv: $\Delta p \cdot Q \cdot \eta_m \eta_v = 8000 \cdot 0{,}855 = 6840$ W.

Javob: M ≈ 85,9 N·m; n ≈ 760 ayl/min; N ≈ 6,84 kW.

AZIZ XUJANOV

9-mavzuda foydalanilgan adabiyotlar.

1. A. Voxidov, R. Gaziyeva. «Avtomatika asoslari va işlab çiqariş jarayonlarini avtomatlaştiriş».
2. N. R. Yusupbekov. «Texnologik jarayonlarni avtomatlaştiriş va boşqariş».

YANGI MAVZU

O‘ZGARMAS TOK GENERATORLARI. KONTAKTSIZ DVIGATELLAR

Ma’ruza dars ishlanmasi (10-mavzu)

Ko‘rsatkich	Ma’lumot
Fan	Boshqarish tizimlarining elementlari va qurilmalari
Mavzu	10-mavzu. O‘zgarmas tok generatorlari. Kontaktsiz dvigatellar
Bilim sohasi	Muhandislik, ishlov berish va qurilish sohalari
Ta’lim sohasi	Muhandislik ishi
Ta’lim yo‘nalishi	Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish
Dars turi va hajmi	Ma’ruza, 2 soat (bakalavr bosqichi)

Reja

1. O‘zgarmas tok generatori va tasnifi.
2. Kontaktsiz dvigatellar. O‘zgaruvchan tokli ijro etuvchi dvigatellar.
3. Boshqarish sistemasi ish rejimi. Boshqarish sxemalarining tuzilishi.
4. Asinxron elektr dvigatelni ishga tushirish va to‘xtatish.

Ma’ruzaning maqsadi. Talabalar generator va dvigatellarning ishlash tamoyilini, asosiy formulalarini va boshqarish tizimidagi o‘rnini o‘rganadi; oddiy hisoblarni bajarish hamda magnit starter sxemasini o‘qish ko‘nikmasini egallaydi.

Tayanch iboralar: yakor, kollektor, qo‘zg‘atish, EYuK, kontaktsiz dvigatel (BLDC), invertor, rotor holati datchigi, ijro dvigateli, teskari aloqa, o‘tkinchi jarayon, sirpanish, magnit starter.

1. O‘zgarmas tok generatori va tasnifi

Vazifasi va tuzilishi. Generator mexanik energiyani elektr energiyaga aylantiradi. Boshqarish tizimlarida o‘zgarmas tok generatori uch vazifada uchraydi: o‘zgarmas tok dvigatelini ta’minlovchi rostlanuvchi manba (generator–dvigatel tizimi), aylanish tezligi datchigi (taxogenerator) va yirik mashinalarning qo‘zg‘atgichi sifatida. Mashina **statordan** (qutblar, qo‘zg‘atish chulg‘ami, yarmo) va **rotordan** (yakor o‘zagi va chulg‘ami, kollektor) iborat; tok cho‘tkalar orqali tashqi zanjirga uzatiladi.

Ishlash tamoyili. Faradey induksiya qonuniga ko‘ra, magnit maydonda harakatlanayotgan o‘tkazgichda EYuK induksiyalanadi:

$$e = B\,l\,v$$

bu yerda B – magnit induksiya, T; l – o‘tkazgichning faol uzunligi, m; v – o‘tkazgichning maydonga nisbatan tezligi, m/s. Yakor chulg‘amida hosil bo‘ladigan EYuK o‘zgaruvchan bo‘ladi; kollektor va cho‘tkalar mexanik to‘g‘rilagich vazifasini bajarib, tashqi zanjirda bir yo‘nalishli tok hosil qiladi. Yakor chulg‘amining EYuKi va elektromagnit momenti:

$$E = \frac{pN}{60a}\,\Phi\,n = c_e\,\Phi\,n$$

$$M = c_M\,\Phi\,I_a, \qquad c_M = \frac{pN}{2\pi a} = \frac{60}{2\pi}\,c_e$$

AZIZ XUJANOV

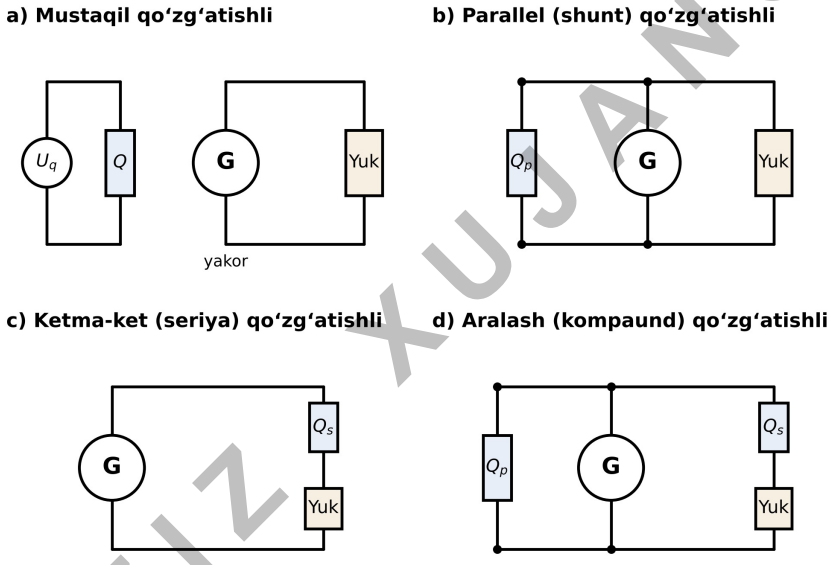
bu yerda p – qutblar juftlari soni; N – yakor chulg‘amining faol o‘tkazgichlari soni; a – parallel tarmoqlar juftlari soni; Φ – bir qutbning magnit oqimi, Vb; n – aylanish chastotasi, ayl/min; I_a – yakor toki, A. Generator rejimida yakor zanjiri tenglamasi:

$$U = E - I_a R_a$$

bu yerda U – generator qisqichlaridagi kuchlanish, V; R_a – yakor zanjiri qarshiligi, Ω.

Tarixdan lavha № 1. 1866-yilda nemis muhandisi Verner Simens (keyinroq fon Simens) generatorning o‘z-o‘zini qo‘zg‘atish tamoyilini («dinamoelektrik tamoyil») kashf etdi va 1867-yil 17-yanvarda Berlin Fanlar akademiyasida bu haqda ma’ruza qildi: qo‘zg‘atish chulg‘ami mashinaning o‘z yakor toki bilan ta’minlanadi, doimiy magnit talab qilinmaydi. Xuddi shu yillarda bir nechta olim (jumladan, Ch. Uitston, S. Varli, A. Yedlik) o‘xshash g‘oyaga mustaqil kelgan, ammo Simens uning sanoat ahamiyatini birinchilardan bo‘lib anglagan. Aynan shu tamoyil o‘zgarmas tok generatorini arzon va amaliy qurilmaga aylantirdi.

Qo‘zg‘atish usuli bo‘yicha tasnif. Magnit oqimi Φ qanday hosil qilinishiga qarab o‘zgarmas tok generatorlari 1-rasmda ko‘rsatilgan turlarga bo‘linadi (belgilar: G – yakor, Q_p – parallel, Q_s – ketma-ket qo‘zg‘atish chulg‘ami, U_q – qo‘zg‘atish manbai).



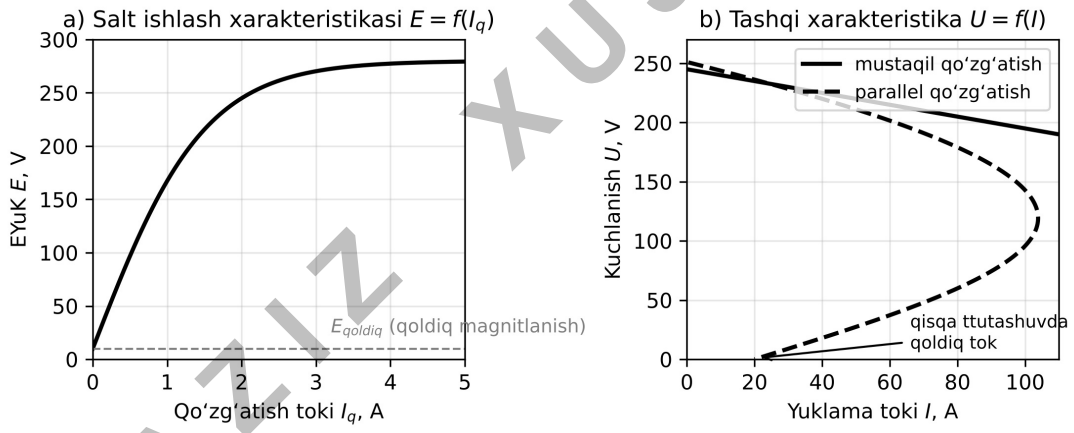
1-rasm. O‘zgarmas tok generatorlarini qo‘zg‘atish usullari sxemalari

AZIZ XUJANOV

1-jadval. O‘zgarmas tok generatorlarining asosiy turlari

Turi	Toklar munosabati	Tashqi xarakteristika	Qo‘llanilishi
Mustaqil qo‘zg‘atishli	$I_a = I$	Yuklama oshganda kuchlanish kam pasayadi	Kuchlanishi keng chegarada rostlanadigan manba, generator–dvigatel tizimi
Parallel qo‘zg‘atishli	$I_a = I + I_q$	Pasayish sezilarli; juda katta tokda kuchlanish keskin tushadi	Akkumulyator zaryadlash, kichik avtonom manbalar
Ketma-ket qo‘zg‘atishli	$I_a = I_q = I$	Yuklama bilan kuchlanish dastlab ortadi, shuning uchun manba sifatida kam ishlatiladi	Maxsus qurilmalar
Aralash qo‘zg‘atishli	$I_a = I + I_q$ (ketma-ket chulg‘am yuk tokidan o‘tadi)	Kuchlanish barqaror (kompaundlash)	Yuklamasi o‘zgaruvchan avtonom manbalar
Doimiy magnitli	$\Phi \approx \text{const}$	$U \approx c_e \Phi n - I R_a$, tezlikka deyarli to‘g‘ri proporsional	Taxogenerator, kichik quvvatli datchiklar

Xarakteristikalar. Salt ishlash xarakteristikasi $E = f(I_q)$ ($n = \text{const}$ da) magnit zanjirning to‘yinishi tufayli egri chiziq bo‘ladi va $I_q = 0$ da qoldiq magnitlanish EYuKini ko‘rsatadi (2a-rasm). Tashqi xarakteristika $U = f(I)$ yuklama oshganda kuchlanish qanday o‘zgarishini ko‘rsatadi (2b-rasm). Mustaqil qo‘zg‘atishda qo‘zg‘atish toki o‘zgarmas, shuning uchun kuchlanish asosan $I_a R_a$ pasayishi hisobiga kamayadi. Parallel qo‘zg‘atishda esa kuchlanish pasaygan sari $I_q = U/R_q$ ham kamayadi, oqim va EYuK ham kamayadi, shu sababli egri chiziq ko‘proq pasayadi va katta tokda orqaga qayriladi.



2-rasm. Generatorning salt ishlash (a) va tashqi (b) xarakteristikalari (sifat ko‘rinishi)

Parallel qo‘zg‘atishli generator **o‘z-o‘zidan qo‘zg‘alishi** uchun uchta shart bajarilishi kerak: (1) qutblarda qoldiq magnitlanish bo‘lishi; (2) qo‘zg‘atish chulg‘amining oqimi qoldiq oqimni kuchaytiradigan qilib ulanishi; (3) qo‘zg‘atish zanjirining qarshiligi kritik qiymatdan kichik bo‘lishi.

Generatorning sifati kuchlanish o‘zgarishi va foydali ish koeffitsienti (FIK) bilan baholanadi:

AZIZ XUJANOV

$$\Delta U = \frac{U_0 - U_n}{U_n} \cdot 100\,\%$$

$$P_1 = P_2 + \sum \Delta P, \qquad \eta = \frac{P_2}{P_1}$$

bu yerda U_0 – salt ishlash, U_n – nominal kuchlanish; P_1 – valdagi mexanik quvvat; $P_2 = UI$ – foydali elektr quvvat; $\sum \Delta P$ – elektr ($I_a^2 R_a$, $I_q^2 R_q$), magnit, mexanik va qo‘shimcha yo‘qotishlar yig‘indisi.

Kamchiligi. Kollektor va cho‘tkalar orasidagi sirpanuvchi kontakt uchqun hosil qiladi, yeyiladi, muntazam xizmat talab qiladi va tezlik hamda quvvatni cheklaydi. Aynan shu kamchilik ikkinchi savoldagi kontaktsiz mashinalarning paydo bo‘lishiga sabab bo‘ldi.

2. Kontaktsiz dvigatellar. O‘zgaruvchan tokli ijro etuvchi dvigatellar.

Kontaktsiz dvigatel g‘oyasi. Oddiy o‘zgarmas tok dvigatelida tok yo‘nalishini yakor chulg‘amida mexanik kommutator (kollektor va cho‘tkalar) almashtiradi. Kontaktsiz dvigatelda bu vazifani yarim o‘tkazgichli kalitlardan iborat **elektron kommutator** bajaradi, shuning uchun sirpanuvchi kontakt yo‘q. Magnit maydon rotorda doimiy magnitlar yordamida hosil qilinadi, chulg‘am esa statorda joylashadi (issiqlik tashqariga yaxshi tarqaladi).

Tarixdan lavha № 2. 1962-yilda AQShning Dyuk universitetidan T. G. Uilson va P. X. Trikki «O‘zgarmas tok mashinasi yarim o‘tkazgichli komutatsiya bilan» (D-C machine with solid-state commutation) maqolasini e’lon qildilar (AIEE konferensiyasi, 1962-yil oktyabr; «Electrical Engineering» jurnali, 1962-yil noyabr). Kontaktsiz o‘zgarmas tok dvigatelining birinchi tajriba namunasi shu ishda tahlil qilingan va ko‘pchilik manbalarda BLDC dvigatelining boshlanishi deb hisoblanadi.

Tuzilishi. Kontaktsiz o‘zgarmas tok dvigateli (inglizcha BLDC) to‘rt qismdan iborat: (1) statordagi uch fazali chulg‘am; (2) rotordagi doimiy magnitlar; (3) rotor holati datchigi (Xoll datchiklari, enkoder yoki chulg‘amdagi teskari EYuK bo‘yicha datchiksiz usul); (4) olti kalitli invertor (MOSFET yoki IGBT) va boshqarish mantig‘i (3-rasmga qarang).

Olti qadamli komutatsiya. Rotor har 60° elektr burchakka burilganda invertor chulg‘amlarni navbatdagi juftlikka ulaydi: bir vaqtda ikki faza tok o‘tkazadi, uchinchisi uzilgan bo‘ladi (2-jadval). Natijada stator maydoni rotor maydoniga nisbatan doim taxminan 90° oldinda turadi va moment maksimal bo‘ladi.

2-jadval. Uch fazali BLDC dvigatelining olti qadamli komutatsiya ketma-ketligi

Sektor (elektr burchagi)	Plyus ulangan faza	Minus ulangan faza	Uzilgan faza
I (0°–60°)	A	B	C
II (60°–120°)	A	C	B
III (120°–180°)	B	C	A
IV (180°–240°)	B	A	C
V (240°–300°)	C	A	B
VI (300°–360°)	C	B	A

AZIZ XUJANOV

Izoh: Xoll datchiklarining uch razryadli kodi va sektorlar o‘rtasidagi moslik datchiklarning joylashuviga bog‘liq, shuning uchun uni aniq dvigatelning pasportidan olish kerak.

Matematik model. Ulangan ikki faza ketma-ket zanjir sifatida qaraladi, shuning uchun o‘zgarmas tok dvigateliga o‘xshash tenglamalar o‘rinli:

$$U = E + IR, \qquad E = k_e\,\omega, \qquad M = k_M\,I, \qquad \omega = \frac{2\pi n}{60}$$

bu yerda R – ulangan ikki fazaning umumiy qarshiligi, Ω; k_e – EYuK koeffitsienti, V·s/rad; k_M – moment koeffitsienti, N·m/A; ω – burchak tezlik, rad/s. SI birliklarida $k_e = k_M$ (ideal holda). Bundan mexanik xarakteristika va asosiy nuqtalar kelib chiqadi:

$$\omega = \frac{U}{k_e} - \frac{R}{k_e k_M}\,M, \qquad \omega_0 = \frac{U}{k_e}, \qquad M_b = \frac{k_M\,U}{R}$$

bu yerda ω_0 – salt ishlash tezligi, M_b – to‘xtab turgan holatdagi (boshlang‘ich) moment. Xarakteristika to‘g‘ri chiziqli bo‘lgani uchun tezlikni kuchlanish bilan oddiy va aniq rostlash mumkin.

Afzalliklari: yuqori FIK, uzoq xizmat muddati (cho‘tka yo‘q), kam shovqin va elektr uchqun yo‘qligi, keng tezlik diapazoni. **Kamchiliklari:** murakkab boshqarish sxemasi, datchik va invertor zarurligi, doimiy magnit narxi.

O‘zgaruvchan tokli ijro etuvchi dvigatellar. Ijro dvigateli boshqarish signalini mexanik harakatga (burchak, tezlik, siljish) aylantiradi va regulyator buyrug‘ini tez, aniq bajarishi kerak. Ularga qo‘yiladigan talablar: keng tezlik rostlash diapazoni, kichik mexanik inersiya (tezkorlik), boshqarish signali bo‘lmaganda **o‘z-o‘zidan aylanmaslik** va signal bo‘yicha chiziqli xarakteristika. Asosiy turlari:

- Ikki fazali asinxron ijro dvigateli. Statorda fazoda 90° siljigan ikkita chulg‘am bor: qo‘zg‘atish chulg‘ami (amplitudasi o‘zgarmas kuchlanish U_q) va boshqarish chulg‘ami (kuchlanish U_b). Rotor kovak (stakan) shaklida yoki qisqa tutashgan, aktiv qarshiligi katta, ya’ni kritik sirpanish $s_{kr} > 1$; shu tufayli boshqarish signali o‘chirilganda dvigatel to‘xtaydi. Boshqarish usullari: amplituda (amplituda U_b o‘zgartiriladi), faza (U_b va U_q orasidagi burchak o‘zgartiriladi) va amplituda-faza (kondensator orqali).

- Sinxron servodvigatel (PMSM). Rotori doimiy magnitli, statorga sinusoidal toklar beriladi; rotor burchagi enkoder bilan o‘lchanadi. Aniq joylashtirish talab qilinadigan mexanizmlarda qo‘llanadi.

- Qadamli dvigatel. Har bir boshqarish impulsiga rotor qat’iy burchakka buriladi.

Asinxron va sinxron mashinalar uchun asosiy kattaliklar – aylanuvchi maydonning sinxron tezligi va sirpanish:

$$n_1 = \frac{60\,f}{p}, \qquad s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

Qadamli dvigatelda bir qadamning burchagi va aylanish chastotasi:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{z}, \qquad n = \frac{60\,f_q}{z}$$

AZIZ KUJANOV

bu yerda f – tarmoq chastotasi, Hz; z – bir aylanishdagi qadamlar soni; f_q – qadam chastotasi, qadam/s. Masalan, $z = 200$ bo‘lsa, $\alpha = 1{,}8^\circ$.

3-jadval. Ijro dvigatellarining qisqacha taqqoslanishi

Dvigatel	Boshqarish	Afzalligi	Qo‘llanish misoli
Ikki fazali asinxron ijro dvigateli	Amplituda, faza yoki amplituda-faza	Oddiy, ishonchli, o‘z-o‘zidan aylanmaydi	Kichik quvvatli klapan va zaslonka yuritmalari
Sinxron servodvigatel (PMSM)	Invertor, vektor boshqarish, enkoder	Yuqori aniqlik va tezkorlik	Robot, aniq dozalash qurilmalari
Qadamli dvigatel	Impulslar ketma-ketligi	Datchiksiz joylashtirish	Dozator, klapan, 3D-printer

3. Boshqarish sistemasi ish rejimi. Boshqarish sxemalarining tuzilishi.

Ish rejimlari. Avtomatik boshqarish sistemasi (ABS) ikki asosiy rejimda ishlaydi. **Statik (turg‘un) rejimda** kirish va chiqish kattaliklari vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmaydi ($\dot{y} = 0$); sifat ko‘rsatkichi – statik xato. **Dinamik (o‘tkinchi) rejimda** sistema bir turg‘un holatdan boshqasiga o‘tadi; sifat ko‘rsatkichlari – o‘tish vaqti, rostlashning oshib ketishi (o‘ta rostlash) va tebranishlar soni. Boshqarish usuli bo‘yicha sistemalar qo‘lda, yarim avtomatik va avtomatik; tuzilishi bo‘yicha **ochiq** (teskari aloqasiz) va **yopiq** (teskari aloqali) sistemalarga bo‘linadi. Yopiq sistemada rostlanuvchi kattalik datchik orqali o‘lchanib, berilgan qiymat bilan solishtiriladi:

$$e(t) = g(t) - y(t)$$

$$\sigma = \frac{y_{\max} - y_{\text{ust}}}{y_{\text{ust}}} \cdot 100\,\%$$

bu yerda $g(t)$ – berilgan (topshiriq) qiymat, $y(t)$ – chiqish kattaligi, $e(t)$ – xato, σ – o‘ta rostlash, $y_{\max}$ – o‘tkinchi jarayondagi eng katta qiymat, y_{ust} – turg‘unlashgan qiymat. Birlik manfiy teskari aloqali yopiq sistemaning uzatish funksiyasi ochiq sistema uzatish funksiyasi $W(s)$ orqali quyidagicha yoziladi:

$$W_{\text{yop}}(s) = \frac{W(s)}{1 + W(s)}$$

Dvigatel – boshqarish ob’ekti sifatida. Yakor zanjiridagi induktivlik hisobga olinmaganda, kuchlanish bo‘yicha boshqariladigan dvigatel (o‘zgarmas tok yoki BLDC) birinchi tartibli bo‘g‘in bo‘ladi:

$$W_d(s) = \frac{\omega(s)}{U(s)} = \frac{1/k_e}{T_m s + 1}, \qquad T_m = \frac{J R}{k_e k_M}$$

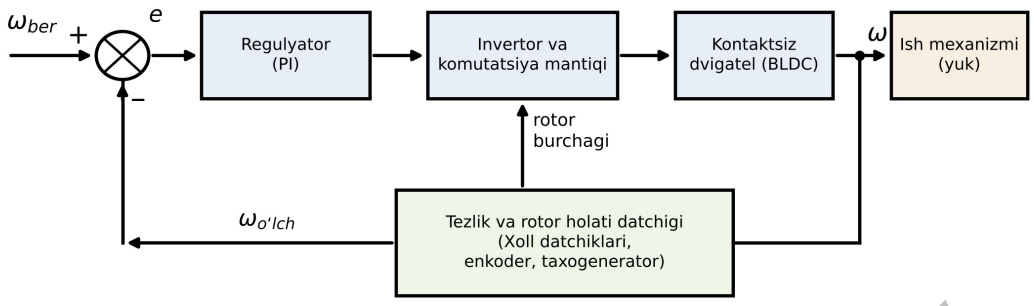
bu yerda J – inersiya momenti, kg·m²; T_m – elektromexanik vaqt doimiysi, s. T_m qancha kichik bo‘lsa, ijro dvigateli shuncha tezkor.

Boshqarish sxemalarining turlari va tuzilishi. Sxemalar vazifasiga qarab farqlanadi:

- **tuzilish (blok) sxema** – sistema elementlari va ular orasidagi signal yo‘nalishlari;
- **funksional sxema** – avtomatlashtirilgan jarayonning asboblar va qurilmalar bilan bog‘lanishi;
- **prinsipial elektr sxema** – barcha elementlar standart shartli grafik belgilar (IEC 60617) bilan to‘liq elektr bog‘lanishda;
- **montaj (ulanish) sxemasi** – simlar va qisqichlarning amaliy ulanishi.

AZIZ XUJANOV

3-rasmda kontaktsiz dvigatel asosidagi tezlik bo‘yicha yopiq sistemaning tuzilish sxemasi berilgan. Topshiriq ω_{ber} o‘lchangan tezlik $\omega_{\text{o‘lch}}$ bilan solishtiriladi, hosil bo‘lgan xato e regulyatorga (odatda PI) beriladi; regulyator chiqishi invertor orqali dvigatel kuchlanishini o‘zgartiradi. Datchik ham tezlikni, ham rotor burchagini o‘lchaydi: burchak komutatsiya mantig‘iga, tezlik esa teskari aloqaga uzatiladi. Tezlik datchigi sifatida kichik doimiy magnitli o‘zgarmas tok generatori – taxogenerator ham ishlatiladi, uning kuchlanishi $U_t = k_t\,\omega$ tezlikka proporsional.



3-rasm. Kontaktsiz dvigatelli tezlikni rostlash sistemasining tuzilish sxemasi

4. Asinxron elektr dvigatelni ishga tushirish va to‘xtatish.

Boshlang‘ich holat. Asinxron dvigatelning statorida aylanuvchi magnit maydon hosil bo‘ladi, uning tezligi $n_1 = 60f/p$. Rotor shu maydondan sirpanish s bilan orqada qoladi. Ishga tushish onida rotor qo‘zg‘almas ($n = 0$, $s = 1$), rotor chulg‘amidagi EYuK eng katta bo‘ladi va tarmoqdan nominal tokdan ancha katta **boshlang‘ich tok** olinadi. Qisqa tutashgan rotorli dvigatellarda u odatda $I_b = (5 \ldots 7)\,I_n$ ga teng. Bu tarmoq kuchlanishini pasaytiradi va chulg‘amlarni qizdiradi, shuning uchun ishga tushirish usuli tanlanadi. Moment sirpanish bo‘yicha Kloss formulasi bilan ifodalanadi, va kuchlanish kvadratiga proporsional:

$$M = \frac{2\,M_{\text{kr}}}{\frac{s}{s_{\text{kr}}} + \frac{s_{\text{kr}}}{s}}, \qquad M \sim U^2$$

bu yerda M_{kr} – kritik (eng katta) moment, s_{kr} – kritik sirpanish. Kuchlanish kamaytirilsa, boshlang‘ich tok kamayadi, ammo moment undan tezroq kamayadi.

AZIZ XUJANOV

4-jadval. Asinxron dvigatelni ishga tushirish usullari

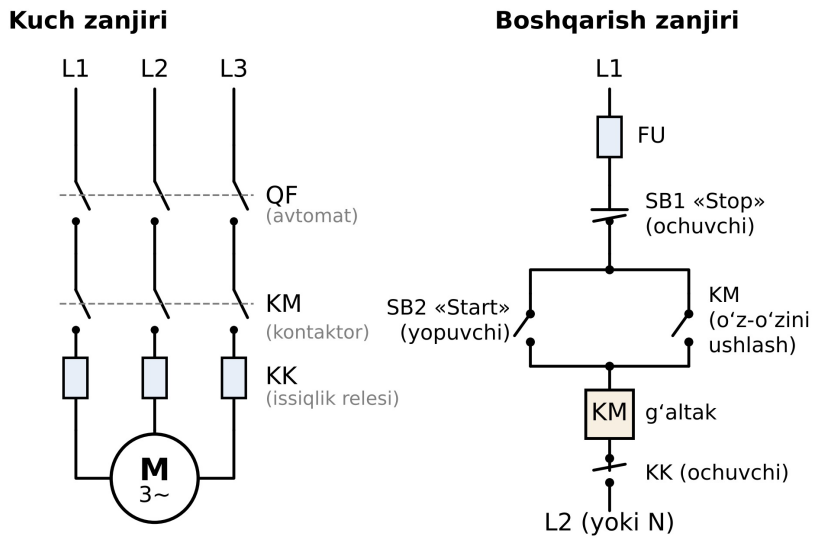
Usul	Boshlang‘ich tok	Boshlang‘ich moment	Izoh
To‘g‘ridan-to‘g‘ri ulash	$(5 \dots 7)\, I_n$	To‘liq M_b	Eng oddiy; tarmoq quvvati yetarli bo‘lganda
Yulduz–uchburchak (Y–Δ)	$I_Y = I_\Delta/3$	$M_Y = M_\Delta/3$	Dvigatel tarmoq kuchlanishida Δ ga mo‘ljallangan bo‘lishi shart; yengil yuklama
Avtotransformator	$k^2 I_b$	$k^2 M_b$	$k = U_{dv}/U_n < 1$; yuklama bilan ishga tushirishga mos
Yumshoq starter	Sozlanadi	Sozlanadi	Tiristorlar kuchlanishni silliq oshiradi; silliq to‘xtatish ham mumkin
Chastota o‘zgartirgich	Nominal tok atrofida cheklanadi	Katta, sozlanadi	U/f nisbat saqlanadi; tezlik ham rostlanadi

Yulduz–uchburchak usulining isboti. Yulduzda faza kuchlanishi $U/\sqrt{3}$ ga teng, shuning uchun faza toki $\sqrt{3}$ marta kamayadi. Yulduzda chiziq toki faza tokiga teng, uchburchakda esa faza tokining $\sqrt{3}$ barobariga teng. Demak:

$$\frac{I_Y}{I_\Delta} = \frac{1/\sqrt{3}}{\sqrt{3}} = \frac{1}{3}, \qquad \frac{M_Y}{M_\Delta} = \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2 = \frac{1}{3}$$

Magnit starter sxemasi. Eng ko‘p tarqalgan boshqarish sxemasi 4-rasmda ko‘rsatilgan. Ishlash tartibi: (1) QF avtomat yoqilganda kuch kontaktlariga kuchlanish keladi; (2) «Start» (SB2) tugmasi bosilganda KM kontaktor g‘altagi tok oladi va kuch kontaktlarini yopib, dvigatelni ulaydi; (3) KM ning yordamchi kontakti SB2 ni shuntlaydi, shuning uchun tugma qo‘yib yuborilsa ham g‘altak tok olishda davom etadi (o‘z-o‘zini ushlash); (4) «Stop» (SB1) tugmasi zanjirni uzadi, KM tushadi va dvigatel o‘chadi; (5) uzoq muddatli ortiqcha yuklanishda KK issiqlik relesi o‘zining ochuvchi kontakti orqali boshqarish zanjirini uzadi; (6) FU saqlagich va QF avtomat qisqa tutashuvdan himoyalaydi. Kuchlanish yo‘qolib, keyin qaytganda dvigatel o‘z-o‘zidan ishga tushmaydi – bu **nol himoya** hisoblanadi va xavfsizlik uchun muhim.

AZIZ XUJANOV



4-rasm. Asinxron dvigatelni magnit starter orqali ishga tushirish va to‘xtatish sxemasi

To‘xtatish usullari.

Erkin to‘xtash – dvigatel tarmoqdan uziladi va inersiya hisobiga to‘xtaydi; to‘xtash vaqti yuklamaga bog‘liq.

Mexanik (elektromagnit) tormoz – to‘xtatish tez va aniq, tormoz kolodkalari yeyiladi.

Dinamik tormozlash – stator tarmoqdan uzilib, chulg‘amga o‘zgarmas tok beriladi; rotor qo‘zg‘almas maydonda tormozlanadi.

Teskari ulash (qarama-qarshi ulash) – ikki fazaning o‘rni almashtiriladi; sirpanish dastlab 2 ga yaqin bo‘ladi va to‘xtash paytida 1 gacha kamayadi, tok katta bo‘ladi, shuning uchun tezlik nolga yetganda dvigatelni tarmoqdan uzish kerak (aks holda dvigatel teskari yo‘nalishda aylana boshlaydi).

Rekuperativ tormozlash – rotor tezligi n_1 dan oshganda mashina generator rejimiga o‘tib, energiyani tarmoqqa qaytaradi.

Yumshoq to‘xtatish (yumshoq starter yoki chastota o‘zgartirgich) – nasos agregatlarida gidravlik zarbani oldini olish uchun qo‘llanadi.

Auditoriyada bajariladigan topshiriqlar

1-topshiriq. Qishloq xo‘jaligidagi avtonom ta’minot qurilmasida parallel qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok generatori ishlaydi. Nominal rejimda $U = 230$ V, yuklama toki $I = 40$ A, yakor zanjiri qarshiligi $R_a = 0{,}25\ \Omega$, qo‘zg‘atish chulg‘ami qarshiligi $R_q = 115\ \Omega$. Qo‘zg‘atish tokini I_q, yakor tokini I_a, yakor EYuKi E, foydali quvvat P_2, yakor va qo‘zg‘atish chulg‘amlaridagi yo‘qotishlarni hamda elektromagnit quvvat P_{em} ni toping.

Yechilishi. Qo‘zg‘atish toki:

$$I_q = \frac{U}{R_q} = \frac{230}{115} = 2\ \text{A}$$

Parallel qo‘zg‘atishda $I_a = I + I_q = 40 + 2 = 42$ A. Yakor zanjiri tenglamasidan:

$$E = U + I_a R_a = 230 + 42 \cdot 0{,}25 = 240{,}5\ \text{V}$$

AZIZ XUJANOV

Foydali quvvat va yo‘qotishlar:

$P_2 = UI = 230 \cdot 40 = 9200$ W, $\Delta P_a = I_a^2 R_a = 42^2 \cdot 0{,}25 = 441$ W, $\Delta P_q = I_q^2 R_q = 2^2 \cdot 115 = 460$ W

Elektromagnit quvvat va quvvatlar balansi tekshiruvi:

$P_{\text{em}} = EI_a = 240{,}5 \cdot 42 = 10101$ W, $P_2 + \Delta P_a + \Delta P_q = 9200 + 441 + 460 = 10101$ W

Quvvatlar balansi bajarildi.

Javob: $I_q = 2$ A; $I_a = 42$ A; $E = 240{,}5$ V; $P_2 = 9200$ W; $\Delta P_a = 441$ W; $\Delta P_q = 460$ W; $P_{\text{em}} = 10101$ W.

2-topshiriq. Dala monitoringi uchun mobil robotning g‘ildirak yuritmasida kontaktsiz (BLDC) dvigatel ishlatiladi: $U = 24$ V, ulangan fazalarning umumiy qarshiligi $R = 0{,}5\ \Omega$, $k_e = 0{,}04$ V·s/rad. Toping: salt ishlash tezligi ω_0 va n_0; boshlang‘ich moment M_b; yuklama momenti $M = 0{,}3$ N·m da tok I, tezlik ω, n, valdagi quvvat P_{val} va FIK η.

Yechilishi. SI birliklarida $k_M = k_e = 0{,}04$ N·m/A.

$$\omega_0 = \frac{U}{k_e} = \frac{24}{0{,}04} = 600 \text{ rad/s}, \qquad n_0 = \frac{60\,\omega_0}{2\pi} = \frac{60 \cdot 600}{2\pi} \approx 5730 \text{ ayl/min}$$

$$M_b = \frac{k_M U}{R} = \frac{0{,}04 \cdot 24}{0{,}5} = 1{,}92 \text{ N·m}$$

Yuklama $M = 0{,}3$ N·m da tok, tezlik va quvvat:

$$I = \frac{M}{k_M} = \frac{0{,}3}{0{,}04} = 7{,}5 \text{ A}, \qquad \omega = \frac{U - IR}{k_e} = \frac{24 - 7{,}5 \cdot 0{,}5}{0{,}04} = 506{,}25 \text{ rad/s}, \qquad n = \frac{60 \cdot 506{,}25}{2\pi} \approx 4834 \text{ ayl/min}$$

$$P_{\text{val}} = M\,\omega = 0{,}3 \cdot 506{,}25 \approx 151{,}9 \text{ W}, \qquad P_1 = UI = 24 \cdot 7{,}5 = 180 \text{ W}, \qquad \eta = \frac{P_{\text{val}}}{P_1} = \frac{151{,}9}{180} \approx 0{,}844$$

Tekshiruv: chulg‘amdagi yo‘qotish $I^2R = 7{,}5^2 \cdot 0{,}5 = 28{,}1$ W; $151{,}9 + 28{,}1 = 180$ W (mexanik va magnit yo‘qotishlar hisobga olinmagan).

Javob: $\omega_0 = 600$ rad/s ($n_0 \approx 5730$ ayl/min); $M_b = 1{,}92$ N·m; $I = 7{,}5$ A; $\omega = 506{,}25$ rad/s ($n \approx 4834$ ayl/min); $P_{\text{val}} \approx 151{,}9$ W; $\eta \approx 84{,}4$ %.

Xulosa.

O‘zgarmas tok generatorining ishi $E = c_e \Phi n$ va $U = E - I_a R_a$ tenglamalari bilan ifodalanadi; qo‘zg‘atish usuli uning tashqi xarakteristikasini belgilaydi. Kollektor–cho‘tka tugunining kamchiliklari elektron komutatorli kontaktsiz dvigatellarga o‘tishni taqozo etdi; BLDC dvigatelining chiziqli xarakteristikasi $\omega = U/k_e - RM/(k_e k_M)$ uni ijro dvigateli sifatida qulay qiladi. Yopiq boshqarish sistemasida dvigatel birinchi tartibli bo‘g‘in sifatida modellashtiriladi, asinxron dvigatelni esa magnit starter, yulduz–uchburchak, yumshoq starter yoki chastota o‘zgartirgich orqali ishga tushirish va to‘xtatish mumkin.

ILOVA. Mustaqil ish va nazorat.

AZIZ XUJANOV

Mustaqil bajarish uchun qo‘shimcha topshiriqlar

1-topshiriq. Mustaqil qo‘zg‘atishli generator $n_1 = 1000$ ayl/min da $E_1 = 220$ V EYuK beradi. Qo‘zg‘atish toki o‘zgarmas bo‘lib, tezlik $n_2 = 1200$ ayl/min ga oshirildi. Yangi EYuK E_2 ni toping. Yakor toki $I_a = 30$ A, $R_a = 0{,}3\ \Omega$ bo‘lsa, qisqichlardagi kuchlanish U qancha bo‘ladi?

Yechilishi. $\Phi = \text{const}$ bo‘lgani uchun $E \sim n$:

$$E_2 = E_1 \frac{n_2}{n_1} = 220 \cdot \frac{1200}{1000} = 264 \text{ V}, \qquad U = E_2 - I_a R_a = 264 - 30 \cdot 0{,}3 = 255 \text{ V}$$

Javob: $E_2 = 264$ V; $U = 255$ V.

2-topshiriq. To‘rt qutbli ($p = 2$) asinxron dvigatel $f = 50$ Hz tarmoqqa ulangan, rotor tezligi $n = 1440$ ayl/min. Sinxron tezlik n_1, sirpanish s va rotor toki chastotasi $f_2 = sf$ ni toping. To‘g‘ridan-to‘g‘ri ishga tushirishda tarmoqdan 56 A tok olinsa, Y–Δ usulida ishga tushirishda boshlang‘ich tok qancha bo‘ladi?

Yechilishi.

$$n_1 = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ ayl/min}, \qquad s = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{1500 - 1440}{1500}$$

$$= 0{,}04, \qquad f_2 = sf = 0{,}04 \cdot 50 = 2 \text{ Hz}$$

$$I_Y = \frac{I_\Delta}{3} = \frac{56}{3} \approx 18{,}7 \text{ A}$$

Javob: $n_1 = 1500$ ayl/min; $s = 0{,}04$ (4 %); $f_2 = 2$ Hz; $I_Y \approx 18{,}7$ A.

Test savollari (to‘g‘ri javob * belgisi bilan ko‘rsatilgan)

1. Parallel qo‘zg‘atishli generatorda yakor toki I_a, yuklama toki I va qo‘zg‘atish toki I_q orasidagi to‘g‘ri bog‘lanish qaysi?

A) $I_a = I - I_q$
B) $I_a = I + I_q$ *
D) $I_a = I_q - I$
E) $I_a = I \cdot I_q$

2. Kontaktsiz o‘zgarmas tok dvigatelida kollektor va cho‘tkalarning vazifasini nima bajaradi?

A) Issiqlik relesi
B) Taxogenerator
D) Rotor holati datchigi bilan boshqariladigan elektron invertor *
E) Qo‘zg‘atish reostati

3. Asinxron dvigatelni yulduz–uchburchak usulida ishga tushirishda (yulduz ulanishida) tarmoqdan olinadigan tok uchburchak ulanishda to‘g‘ridan-to‘g‘ri ulashdagi tokka nisbatan necha marta kamayadi?

A) 3 marta *
B) $\sqrt{3}$ marta
D) 2 marta
E) O‘zgarmaydi

Amaliy masala. Nominal quvvati $P_n = 11$ kW, tarmoq kuchlanishi $U = 380$ V,

AZIZ XUJANOV

$\eta = 0{,}88$, $\cos\varphi = 0{,}85$, nominal tezligi $n_n = 1460$ ayl/min bo‘lgan asinxron dvigatel nasos agregatini yuritadi. Boshlang‘ich tokning karraligi $I_b/I_n = 7$, boshlang‘ich momentning karraligi $M_b/M_n = 1{,}8$ (to‘g‘ridan-to‘g‘ri ulashda). Toping: nominal tok I_n va moment M_n; to‘g‘ridan-to‘g‘ri va Y–Δ usulida boshlang‘ich tok hamda boshlang‘ich moment. Nasos valida ishga tushirish paytidagi qarshilik momenti 50 N·m bo‘lsa, Y–Δ usuli yaroqlimi?

Yechilishi. Nominal tok:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3}\,U\,\eta\cos\varphi} = \frac{11000}{1{,}732 \cdot 380 \cdot 0{,}88 \cdot 0{,}85} \approx 22{,}3 \text{ A}$$

Nominal moment:

$$\omega_n = \frac{2\pi n_n}{60} = \frac{2\pi \cdot 1460}{60} \approx 152{,}9 \text{ rad/s}, \qquad M_n = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{11000}{152{,}9} \approx 72{,}0 \text{ N·m}$$

To‘g‘ridan-to‘g‘ri ulashda:

$$I_\Delta = 7 \cdot 22{,}3 \approx 156 \text{ A}, \qquad M_\Delta = 1{,}8 \cdot 72{,}0 \approx 129{,}5 \text{ N·m}$$

Y–Δ usulida (uchdan bir qismi):

$$I_Y = \frac{156}{3} \approx 52 \text{ A}, \qquad M_Y = \frac{129{,}5}{3} \approx 43{,}2 \text{ N·m}$$

$M_Y = 43{,}2$ N·m < 50 N·m, ya’ni dvigatel yulduz ulanishida ishga tusha olmaydi (boshlang‘ich moment qarshilik momentidan kichik).

Javob: $I_n \approx 22{,}3$ A; $M_n \approx 72{,}0$ N·m; to‘g‘ridan-to‘g‘ri ulashda $I \approx 156$ A, $M \approx 129{,}5$ N·m; Y–Δ da $I \approx 52$ A, $M \approx 43{,}2$ N·m. Berilgan yuklamada Y–Δ usuli yaroqsiz: yumshoq starter yoki chastota o‘zgartirgich tanlash kerak.

Savol: **Nima uchun ..... ?** NIMA UCHUN DIAGRAMMASI

O’tilgan mavzuni takrorlash.

MUSTAQIL BAJARISH UCHUN TOPSHIRIQLAR

Topshiriq 1

Issiqxonada 2 tonna tuproqni 10 °C ga qizdirish uchun qancha energiya kerak?

Berilgan:

Uyga Topshiriq 2

Induksion isitishning qarshilik pechidan ustun tomonlarini yozma tahlil qiling.

2-ilova

AZIZ XUJANOV

Aqliy hujum metodi

"Aqliy hujum" metodi uchun savollar va javoblar

1-savol: ……?
Javob: ……...
Qo‘llanilishi: …….

2-savol: ……?
Javob: ……...
Qo‘llanilishi: ……..

3-savol: ……?
Javob: …….
Qo‘llanilishi: ……..

4-savol: ……?
Javob: ……..
Qo‘llanilishi: ……

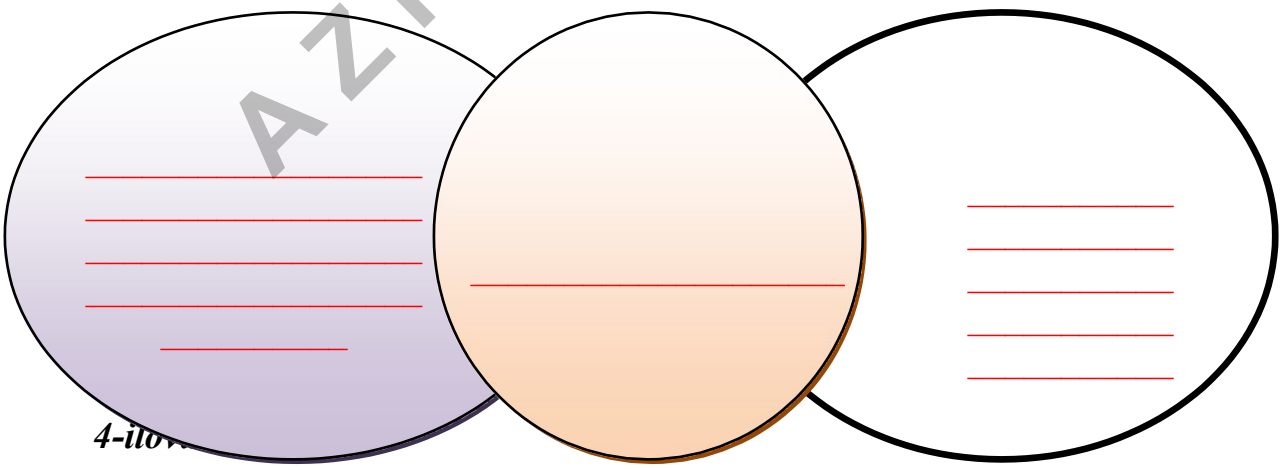
3-ilova

“VENN DIAGRAMMASI” GRAFIK ORGANAYZERI (GO)

Ta’lim oluvchilarda mavzuga nisbatan tahliliy yondashuv, ayrim qismlar negizida mavzuning umumiy mohiyatini o‘zlashtirish (sintezlash) ko‘nikmalarini hosil qilishga yo‘naltiriladi. U kichik guruhlarni shakllantirish asosida aniq sxema bo‘yicha amalga oshiriladi.

Grafik organayzer ta’lim oluvchilar tomonidan o‘zlashtirilgan o‘zaro yaqin nazariy bilim, ma’lumot yoki dalillarni qiyosiy tahlil etishga yordam beradi. Undan muayyan bo‘lim yoki boblar bo‘yicha yakuniy darslarni tashkil etishda foydalanish yanada samaralidir.

“VENN DIAGRAMMASI” GRAFIK ORGANAYZERI (GO)

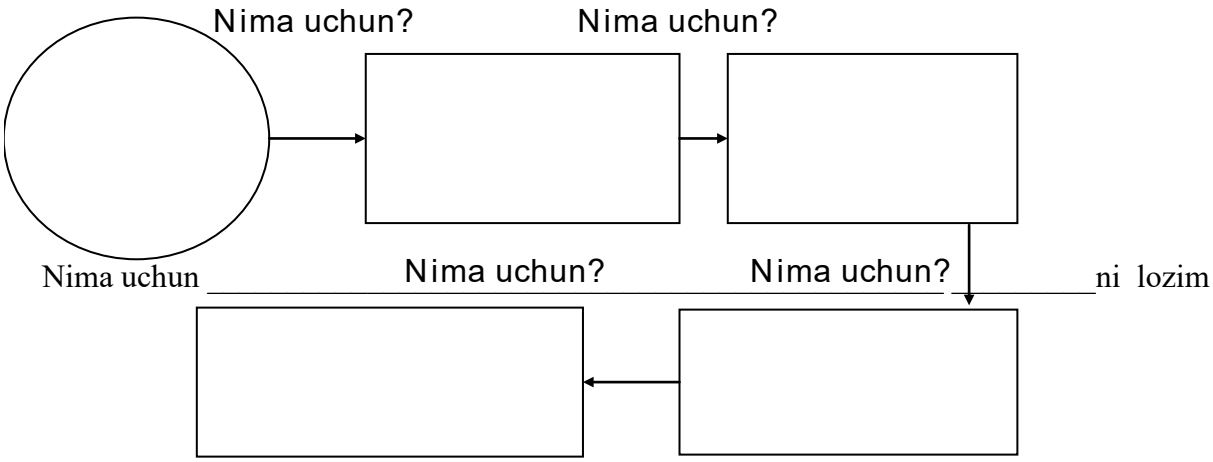


4-ilov

“Nima uchun” sxemasi

AZIZ XUJANOV

“Nima uchun” sxemasi



5-ilova

Bilaman. Bilishni xohlayman. Bilib oldim grafik organayzeri (BBB)

O‘quv faoliyati bevosita yozuv taxtasi yoki ish qog‘ozida o‘z aksini topgan quyidagi sxema asosida tashkil etiladi:

Talabalarga muayyan mavzular bo‘yicha bilimlari darajasini baholay olish imkonini beradi. Uni qo‘llashda talabalar guruh yoki jamoada ishlashlari mumkin. Guruhda ishlashda mashg‘ulot yakunida guruhlar tomonidan bajarilgan ishlar tahlil qilinadi.

AZIZ XUJANOV

Bilaman	Bilishni xohlayman	Bilib oldim
		%
		%
		%

Nazorat savollari.

1. Mikroiqlim hosil qilish.
2. Mikroiqlim hosil qilishda rostlash.
3. Elektrotermik uskunalar.

6-ilova

Mavzuga oid test savollari.

"Yoritish texnikasi va elektrotexnologiya" fanidan test savollari

1. …….

6 ……

Asosiy adabiyotlar

1. Abdurauf M.S., To‘lqin.Sh.G‘., Sulliyev.A.X., “Elektr tarmoqlari va tizimlari”. Darslik. “Ta’lim texnologiyalari”. Toshkent, 2020. – 272 sahiva.
2. Bayzakov T.M., Yusupov SH.B., Babaev A.G., Aripov A.O., Berdishev A.S., “Elektr yoritish va nurlatish”. Darslik. UDK63:535.21 (075.8) Toshkent, 2023.
3. Toshpo‘latov. N.T., Qodirov.D.B., “Qayta tiklanuvchi energiya manbalari”, o’quv qo’llanma, Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti 2021 yil. –181 sahiva.

Axborot manbaalari

4.www.gov.uz- milliy bazasi.
5. http www amazon ru
6 httpwww.teh books ru
7. http www ziyonet uz

AZIZ XUJANOV