

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

NAMANGAN MUHANDISLIK-QURILISH INSTITUTI

ENERGETIKA KAFEDRASI



«60710600 – Elektr energetikasi» yo`nalishlari uchun

«O’TKINCHI JARAYONLAR»

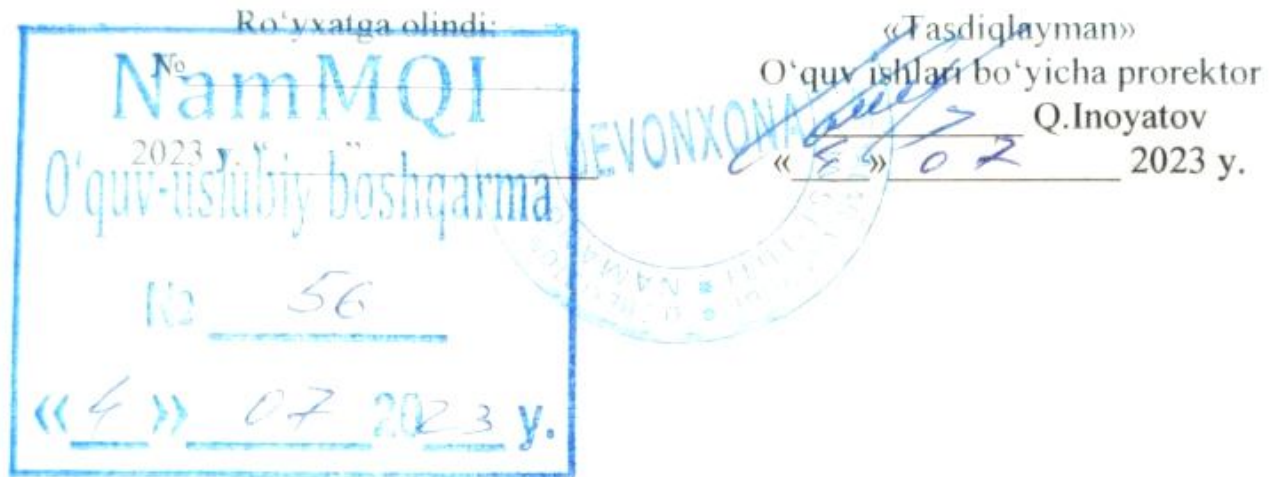
fanidan

O’QUV USLUBIY MAJMUA

Namangan 2023

O'TKINCHI JARAYONLAR

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
NAMANGAN MUHANDISLIK-QURILISH INSTITUTI



Energetika kafedrası

O'tkinchi jarayonlar

fanidan

O'QUV USLUBIY MAJMUA

Namangan 2023

O'TKINCHI JARAYONLAR

“O'tkinchi jarayonlar” fanidan o'quv-uslubiy majmua.

Namangan: NamMQI – 2023 y. 231 bet

Ushbu o'quv-uslubiy majmua “O'tkinchi jarayonlar” fani bo'yicha ma'ruza, tajriba, amaliy mashg'ulotlar asosida yaratilgan bo'lib, unda ma'ruza, amaliy mashg'ulotlarni o'rganish bo'yicha 60710600 – Elektr energetikasi ta'lim yo'nalishi uchun fanning o'quv dasturi, ishchi o'quv dasturi, ma'ruzalar matni, tajriba va amaliy mashg'ulotlariga uslubiy ko'rsatmalar, ta'lim texnologiyasi, vizual va ko'rgazmali taqdimot slaydlari, savol-javoblar, test savollari jamlangan.

Mazkur o'quv-uslubiy majmua oliy o'quv yurtlari talabalari uchun tavsiya etiladi. Shu bilan birga o'quv-uslubiy majmuadan professor-o'qituvchilar, ilmiy xodimlar, tadqiqotchilar va korxonalarining mutaxassislari foydalanishlari mumkin.

Tuzuvchilar: M.To'ychiyeva Energetika kafedrasini, dotsenti

Taqrizchi: D.Yusupov-Energetika kafedrasini, dotsenti

Fanning o'quv-uslubiy majmuasi Elektr energetikasi kafedrasining 2023 yil “__3__” __07__ dagi “_11/23__”-sonli yigilishida muhokamadan o'tgan va fakultet ilmiy-uslubiy kengashi uchun muhokamaga tavsiya etilgan.

Ushbu o'quv-uslubiy majmua Muhandislik-texnika fakulteti ilmiy-uslubiy kengashining 2023 yil “__4__” __07__ dagi “_13/23__”-sonli yigilishida muhokama qilingan va institut ilmiy-uslubiy kengashi uchun muhokamaga tavsiya etilgan.

O'TKINCHI JARAYONLAR

MUNDARIJA

I.	SILLABUS	5
II.	FANNI O'QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTREFAOL TA'LIM METODLARI	14
III.	NAZARIY MATERIALLAR	33
IV.	TAJRIBA VA AMALIY MASHG'ULOT MATERIALLARI	135
V.	KURS ISHI MAVZULARI	186
VI.	KEYSLAR BANKI	217
VII.	MUSTAQIL TA'LIM MAVZULARI	222
VIII.	GLOSSARIY	225

O'TKINCHI JARAYONLAR

I. 60710600– Elektr energetikasi (tarmoqlar va yo'nalishlar bo'yicha) bakalavriat ta'lim yo'nalishlari talabalari uchun

“O'tkinchi jarayonlar” fanidan

SILLABUS

Fanning dolzarbligi. Ishlab chiqarishning energetik sohalarida faoliyat olib borayotgan bakalavriaturani bitirgan mutaxassislar elektr sistemasi elementlarida sodir bo'ladigan jarayonlarni taxlil qilishni bilishlari shart. Elektr energetik sistema (EES)da uzatilayotgan aktiv quvvat chegaralarini aniqlash bilan birga sistemaning statik va dinamik turg'unligini, xamda yuklamalar turg'unligini baholash usullarini, sistema statik va dinamik turg'unligi zaxirasini oshirish va yaxshilash tadbirlarini, shuning uchun ham ushbu fan dolzarbdir.

Fanning o'quv rejadagi boshqa fanlar bilan o'zaro bog'liqligi va uslubiy jihatdan uzviyligi. «O'tkinchi jarayonlar» fani 4-5 semestrlarda o'qitiladi. Dasturni amalga oshirish o'quv rejasida rejalashtirilgan matematik va tabiiy (oliy matematika, fizika, nazariy mexanika), umumkasbiy (elektr mexanika; elektr texnikaning nazariy asoslari; elektr texnik materiallar; metrologiya, standartlashtirish va sertifikatlash; elektr energetika asoslari (o'ta kuchlanish va izolyatsiya; o'tkinchi jarayonlar; elektr tarmoqlari va tizimlari; releli himoya va avtomatikasi x.k.) va ixtisoslik (elektr energiyani ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash; elektr stantsiyalari va tarmoqlarni ishlatish; elektr stantsiyalari va elektr energetika tizimlarining avtomatikasi) va x.k fanlaridan yetarli bilim va ko'nikmalarga ega bulishlik talab etiladi.

Fanning ilm-fan, iqtisodiyot va ishlab chiqarishdagi o'rni. Ushbu fan elektr energetika tizimlarini loyihalash, ishlatish va holatlarini boshqarishda uning elementlarining xarakteristikalarini bilish, almashtirish sxemalarini qurish, normal va avariyaadan keyingi holatlarinining statik turg'unligini hamda avariya rejimidagi dinamik turg'unligini baholash va hisoblash, hamda taxlil qilish uchun zarurdir.

Ushbu fan talabaga yuqoridagi vazifalarni bajarish uchun zaruriy bilimlarni beradi. SHuning uchun ushbu fan asosiy umumkasbiy fani xisoblanib, ishlab chiqarish texnologik tizimining ajralmas bo'g'inidir.

Fanni o'qitishdagi zamonaviy axborot va pedagogik texnologiyalar, hamda o'quv mashg'ulotlarini loyihalash. Talabalarining “O'tkinchi jarayonlar” fanini o'zlashtirishlari uchun o'qitishning yangi informatsion-pedagogik texnologiyalarni tatbiq qilish muhim ahamiyatga egadir. Fanni o'zlashtirishda darslik, o'quv va uslubiy qo'llanmalar, ma'ruza matnlari, tarqatma materiallar, elektron materiallar, keys-texnologiyalaridan foydalaniladi. Ma'ruza va amaliy mashg'ulotlarida o'qitishning interaktiv usullari (vizual, muammoli, mualliflik ma'ruzalari, ikki tomonlama tahlil, Insert, klaster, “Venna”, Sinkveyn va boshqalar)dan foydalaniladi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

O'quv kursining statusi	Umumkasbiy fanlar
Dastlabki tayyorgarlik:	Kurs «Matematika», «Fizika» «Elektromexanika» va «Elektrotexnika nazariy asoslari» fanlarining o'zlashtirilgan bilimlariga asoslanadi.
Fanning predmeti va mazmuni: – talabalarga “O'tkinchi jarayonlar” fanining asosiy tushunchalari va kategoriyalarini, qonunlarini o'rgatish, hamda amalda tatbiq etish ko'nikmasini hosil qilishning nazariy va amaliy tomonlarini o'rganishga yo'naltirilgan.	
Fanni o'qitishdan maqsad – elektr sistema elementlarining holatlarini hisoblash va taxlil qilish uchun ularning almashtirish sxemasini tuzishni, elektr sistemalari elementlarida kechadigan elektr magnit va elektr mexanik o'tish jarayonlarini, ularni xolatlarini o'rganishda ularda kechadigan o'tish jarayonlariga turli faktorlarning ta'sirini taxlil qilish uchun ko'llaniladigan asosiy tenglamalarni tuzishni, ularni yechishda xisoblash usullaridan hamda hisoblash texnikasidan foydalanishni o'rgatishdir.	
Fanni vazifasi – talabalarga: - avtomatik boshqarish vositalarini; - releli himoya elementlarini tanlab olish uchun turli qisqa tutashuv toklarini aniqlash; - elektr energetik sistema (EES)da uzatilayotgan aktiv quvvat chegaralarini aniqlash bilan birga sistemaning statik, dinamik va natijaviy turg'unligini, hamda yuklamalar turg'unligini baholash va yaxshilash usullarini chukur o'rganish va amaliy kunikmalarni xosil qilish.	
- elektr sistema elementlarining almashtirish sxemalarini qurish, hisob parametrlarini topish va ularni nisbiy va nomlangan birliklarda ifodalash haqida tasavvurga ega bo'lishi; - elektr sistemada uzatilayotgan aktiv quvvatning uzatilish chegarasiga sistemada kuchlanishning o'zgarishini, qo'zg'atishni avtomatik rostlagichning, kompensatsiyalovchi qurilmalarning ta'sirini hisoblashni va taxlil qilishni bilishi, sistemaning statik, dinamik, natijaviy va yuklama turg'unligini baholashda hisoblash usullaridan foydalanishni, hamda sistema turg'unligini oshirishda qo'llaniladigan rejimiy va sistemaviy tadbirlarni bilishi va ulardan foydalana olishi; - sistemaning statik, dinamik, natijaviy va yuklama turg'unligini baholashda hisoblash usullaridan foydalanishni, hamda sistema turg'unligini oshirishda qullaniladigan rejimiy va sistemaviy tadbirlarni, sistema turg'unligiga yuklamalarning rostdash effektlarining ta'sirini tahlil qilishni, sistema rejimini baholashda unga turli faktorlarning ta'sirini to'g'ri taxlil qilish to'g'risida ko'nikmalariga ega bo'lishi kerak; - sistema turg'unligiga yuklamalarning rostdash effektlarining ta'sirini tahlil qilishni, sistema rejimini baholashda unga turli faktorlarning ta'sirini to'g'ri taxlil qilish to'g'risida, elektr sistema elementlarida kechayotgan elektr magnit va elektr mexanik o'tish jarayonlarini, sistemaning statik va dinamik turg'unligini baholash hamda hisoblashda ko'llaniladigan hisoblash usullari to'g'risida malakalariga ega bo'lishi kerak.	

O'TKINCHI JARAYONLAR

KURSNING TEMATIK TARKIBI VA MAZMUNI									
T/r	Mavzu	Talabaning o'quv yuklamasi (soatlarda)							
		Umu miy yukla ma hajmi	Auditoriya mashg'ulotlari (soatlar)						Mustaqil ta'lim
			Jami	Ma'ruza	Axborot mashg'ulot	Tajriba ishi	Seminar	Kurs loyihasi	
1.	EES elementlarining almashtirish sxemalari (generatorlar, transformatorlar, Elektr uzatish yo'llari, yuklamalar va ularning parametrlari.)		4	6	2	-	-	-	6
2.	Nisbiy birlik sistemalari.	6	4	6	2	-	-	-	2
3.	Sistema elementlarining rejim va sistema parametrlarini nisbiy birliklarda ifodalash tartiblari	6	4	6		-	-	-	4
4.	Sistema elementlarining konturlarida kechayotgan o'tkinchi jarayonlarning to'la va soddalashtirilgan tenglamalari . Bu tenglamalarning va holat parametrlarining faza va aylanuvchi koordinatalardagi ko'rinishi.	6	4	6	2	-	-	-	4
5.	O'zgaruvchan tokning oniy va samarali (effektiv) qiymatlari.	6	4	6	2	-	-	-	4
6.	Qisqa tutashuvlarni hisoblash masalalari. To'satdan holat buzilishlarining boshlang'ich lahzasi.	6	4	6	2	-	-	-	2
7.	Qisqa tutashuvning barqarorlashgan xolati. Sistema	6	4	6	2	-	-	-	4

O'TKINCHI JARAYONLAR

	elementlarning tenglamalari va ularni hisoblash usullari.								
8.	O'tkinchi va o'ta o'tkinchi qarshiliklar va elektr yurituvchi kuchlar(EYuK)	8	4	6	2	-	-	-	4
9.	Qisqa tutashuvni hisoblashning amaliy usullari: ustma-ust qo'yish (super-pozitsiya), tugun kuchlanishlari tenglamalari va ularni hisoblash usullari	6	4	6	2	-	-	-	2
10.	Tizimning ko'ndalang va buylama nosimmetrik holatlari va o'tish jarayonlari. Asosiy tushunchalar.	6	4	6	2	-	-	-	2
11.	Simmetrik tashkil etuvchilar usuli; tizim elementlarining to'g'ri, teskari va nolinch ketma - ketliklar uchun almashtirish sxemalari va parametrlari	8	4	4	2	-	-	-	4
12.	Tizimning xolatlariga mos keluvchi almashtirish sxemalari; kompleks almashtirish sxemalari; to'g'ri ketma - ketlikni ekvivalentligi qoidasi; nosimmetrik qisqa tutashuvni hisoblash usullari	6	4	6	2	-	-	-	2
13.	O'tish jarayonlarining kechish vaqti. Elektr sistema statik elementlarining zanjirlaridagi (EUY, transformatorlar) o'tish jarayonlar	8	4	4	2	-	-	-	4
14.	Aylanuvchi mashinalarning zanjirlarida o'tish jarayonlarining tenglamalari va ularni hisoblash xaqida qisqa ma'lumotlar	8	4	6	2	-	-	-	4
15.	O'tish jarayonlariga qo'zg'atish tokini avtomatik rostlagichning (QAR) va qo'zg'atish tokini jadallashtirish(forsirovkani) ta'siri.	8		6	2	2	-		4

O'TKINCHI JARAYONLAR

	Vaqt bo'yicha qisqa tutashuv tokini hisoblash usullari.								
Jami:		314	180	90	54	36	-	-	134
Ta'lim berish va o'qitish uslubi:		Ma'ruza, amaliy mashg'ulot, mustaqil ta'lim (aylana stol, keys stadi, master-klasslar)							
Mustaqil ishlar:		O'quv loyihalar, guruhli taqdimot, referat-lar, keyslar dokladlar, krossvordlar, poster, prospekt, esse va h.z.							
Bilimlarni baholash usullari, mezonlari va tartibi:									
JN va ON ning ballari ishchi dasturda beriladi									
Baholash usullari		Testlar, yozma ishlar, og'zaki so'rov, prezentatsiyalar va h.z.							
Fan bo'yicha talabalar bilimini nazorat qilish va baholash		Nazorat shakllari: Baholash turlari fan xususiyatidan kelib chiqqan holda so'rovlar, og'zaki savol-javob, yozma ish, test sinovlari yoki boshqa ko'rinishda o'tkazilishi mumkin. Fan bo'yicha talabalar bilimini baholash mezonlari							

Asosiy adabiyotlar:	- Allaev K.R Elektromexanik utkinchi jarayonlar Toshkent –«Moliya»-2007 - K.R.Allaev Elektromexanicheskie 'erexodno'e 'rotsesso' Tashkent-Moliya»2007. - Крючков И. П., Старшинов В. А., Гусев М. В., Пираторов. Переходные процессы в электрических системах. Учебник для вузов. -М.: Издательский дом МЭИ, 2008. - Под редакцией В.А.Строева. Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов. - М.: ЗНАК, 1996. - Power System Transients: Theory and Applications Akihiro Ametani, Naoto Nagaoka, Yoshihiro Baba, Teruo Ohno October 14, 2013 by CRC Press Reference - 516 Pages - 265 B/W Illustrations ISBN 9781466577848 - CAT# K16810
	1.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Qo'shimcha adabiyotlar:	1. Аллаев Қ. Р., Мирзабоев А. М. Малые колебания электрических систем (матричный подход). -Т.: «Fan va texnologiya», 2011. 2. Куликов Ю. А. Переходные процессы в электрических системах: Учебное пособие. -М.: Мир: ООО «Издательство АСТ», 2003. 3. Махмудов Т.Ф., Хабибулина А.Т. Переходные процессы. Конспект лекций. – Т.: ТашГТУ, 2014.
Elektron resurslar:	1. Сайт: www.energystrategy.ru 2. Сайт: www.kniga.info.ru 3. Сайт: www.twirpx.com. 4. Сайт: www.uzenergy.uzpak.uz 5. Сайт: www.ZiyoNet.uz

O'TKINCHI JARAYONLAR

II. FANNI O'QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTREFAOL TA'LIM METODLARI

Maruzalar o'tish modeli va texnologik xaritasi:

“Insert” metodi

Metodning maqsadi: Mazkur metod talabalarda yangi axborotlar tizimini qabul qilish va bilimlarni o'zlashtirilishini yengillashtirish maqsadida qo'llaniladi, shuningdek, bu metod talabalar uchun xotira mashqi vazifasini ham o'taydi.

Metodni amalga oshirish tartibi:

- o'qituvchi mashg'ulotga qadar mavzuning asosiy tushunchalari mazmuni yoritilgan input-matnni tarqatma yoki taqdimot ko'rinishida tayyorlaydi;
- yangi mavzu mohiyatini yorituvchi matn ta'lim oluvchilarga tarqatiladi yoki taqdimot ko'rinishida namoyish etiladi;
- ta'lim oluvchilar individual tarzda matn bilan tanishib chiqib, o'z shaxsiy qarashlarini maxsus belgilar orqali ifodalaydilar. Matn bilan ishlashda talabalarga quyidagi maxsus belgilardan foydalanish tavsiya etiladi:

1-jadval

“Insert” metodi

Matnda belgilash tizimi

(V) - men bilaman deganni tasdiqlovchi belgi;

(+) - yangi axborot belgisi;

(-) - meni bilganlarimga, zid belgisi;

(?) - meni o'ylantirib qo'ydi. Bu bo'yicha menga qo'shimcha axborot kerak belgisi.

V	+	—	?

Belgilangan vaqt yakunlangach, ta'lim oluvchilar uchun notanish va tushunarsiz bo'lgan ma'lumotlar o'qituvchi tomonidan tahlil qilinib, izohlanadi va ularning mohiyati to'liq yoritiladi. Savollarga javob berilib mashg'ulot yakunlanadi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

I. Maruzalar o'tish modeli va texnologik xaritasi:

Mavzu 1.	Kirish. Fanning asosiy rivojlanish istiqboli va vazifalari EES elementlarining almashtirish sxemalari (generatorlar, transformatorlar, Elektr uzatish yo'llari)	
1.1. Ma'ruzada o'qitish texnologiyasi modeli		
Talabalar soni: 20-60	Vakt 2 soat	
Mashg'ulot shakli	Mavzuga doir ma'ruza.	
Ma'ruza rejasi	1. Fanning maqsad va vazifalari. 2. Elektr sistemasi elementlari va ulardagi o'tkinchi jarayon turlari. 3. EES elementlarining almashtirish sxemalari	
O'quv mashg'ulotining vazifasi: O'tkinchi jarayonlar fanining rivojlanishi, fanining maqsadi va vazifalari va boshqa fanlar bilan bog'likligi to'g'risida to'liq tushuncha shakllantirish.		
<u>Pedagogning vazifalari:</u> -O'tkinchi jarayon tushunchasi va mazmuni bilan tanishtirish; - Fanning predmeti va vazifalari bilan tanishtirish; - Fanning asoschilari xaqida qisqacha ma'lumot berish; - « O'tkinchi jarayon» fanining boshqa fanlar bilan alokasini tushuntirish. - fan bo'yicha nazorat ko'rsatgichlari bilan tanishtirish.	<u>O'quv faoliyati natijalari:</u> Talaba bilishi lozim: - O'quv fanining asosiy maqsadi va vazifalarini bilish; - Boshqa fanlar bilan uzluksiz bog'langanligini bilish; - Bu fanning asosiy bo'limlarini; - Bu fanni rivojlanishida O'zbekistonlik olimlarning qo'shgan xissalari; - Fanning rivojlanishdagi istiqbol rejalari.	
Ta'lim berish usullari	ko'rgazmali ma'ruza, savol-javob, suxbat.	
Ta'lim berish vositalari	O'quv qo'llanma, plakatlar, proektor.	
Ta'lim berish shakllari	Ommaviy, jamoaviy, yakkama-yakka.	
Monitoring va baxolash	Test, og'zaki, savol-javob.	

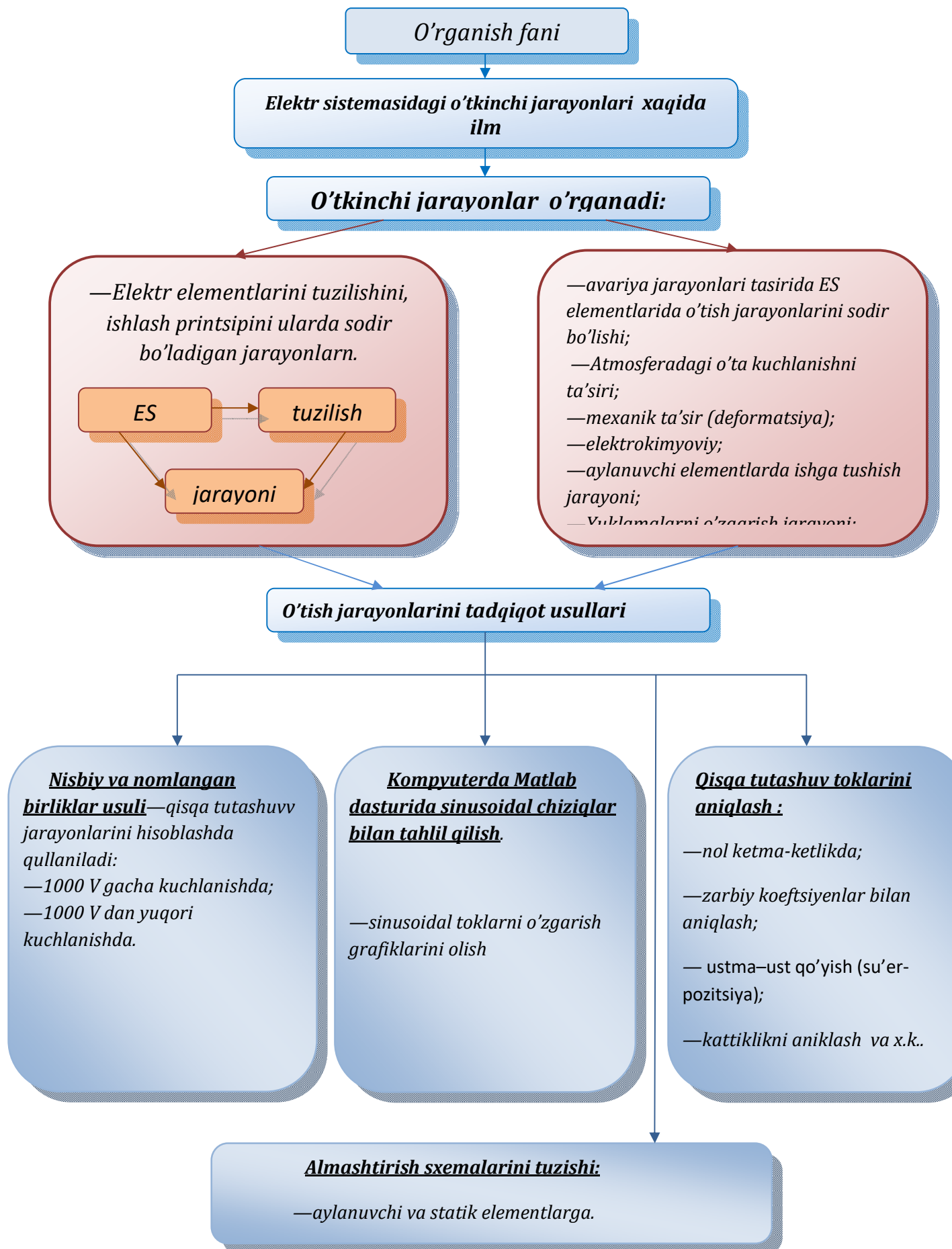
Ma'ruzaning texnologik xaritasi (1-mashg'ulot)

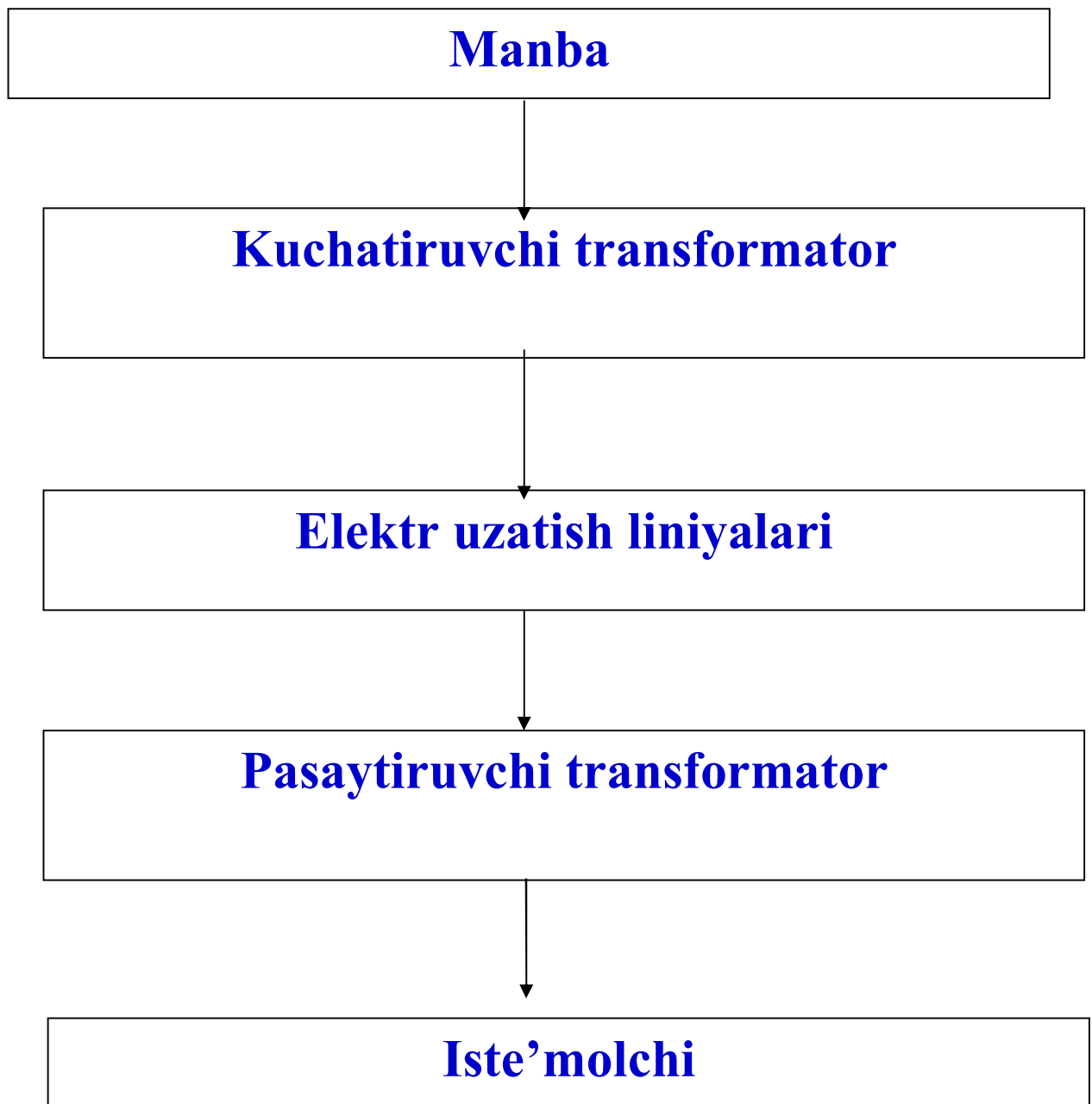
Ish bosqichlari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	Ta'lim beruvchi	talabalar
1 bosqich	1.1.O'quv fani nomini to'la mazmunan tushuntirish. Fanning stukturasini qisqacha tushuntirish. fan bo'limlari	Tinglaydilar

O'TKINCHI JARAYONLAR

Kirish (10min.)	ro'yxatini berish, qisqacha ta'rifi bilan. 1.2.Mashg'ulot mavzusi, uni maqsadi, yakuniy maqsadi tushuntiriladi. 1.3.Baxolash mezonlari bilan tanishtirish. 1.4.Gapirilgan, tushuntirilgan mavzu bo'yicha talabalar bilimini aniqlash.	
2 bosqich Asosiy bosqich (40min.)	1.1. EXM yordamida slaydlarni namoyish etish, tarixiy ketma-ketlikda rivojlanishni tushuntirib berish: slayd №1. 1.2.Fanning asosiy vazifasi va maqsadi tushuntiriladi. SHu jixatdan talabalarni qanday masalalarni xal qilishga tayyor bo'lishlari belgilanadi: slayd №2. 1.3.Fanning asosiy natijlari va qonunlari qaerda ishlatilishi ko'rsatiladi. 1.4.O'zbekiston respublikasi oliy ta'lim tizimida bakalavriyat bosqichida mexanika mashinasozlik yo'nalishlaridagi "O'tkinchi jarayonlar" fanini ahamiyati va o'rni tushuntiriladi. 1.5.Talabalarga savollar beriladi	2.1. № 1 slaydni mazmuni bilan tanishadilar va fanning ro'li va mohiyati to'g'risida o'z fikr va muloxazalarini bildiradilar. 2.2.Reyting nazoratini talablarini yozadilar, savol beradilar.
3 bosqich Yakuniy bosqich (10 min.)	1.1.Mavzu bo'yicha xulosa qilinadi. Talabalar savollariga javob beriladi. Uyda mustaqil ishlash uchun vazifa-savol beriladi: - Fanning tutgan o'rni - Qisqacha rivojlanish tarixi. - " O'tkinchi jarayon " fani nimani o'rganadi? Davomat tekshiriladi.	Savollar beradilar. Vazifani yozib oladilar.

O'TKINCHI JARAYONLAR





O'TKINCHI JARAYONLAR

“Xulosalash” (Rezyume, Veer) metodi

Metodning maqsadi: Bu metod murakkab, ko'p tarmoqli, mumkin qadar, muammoli xarakteridagi mavzularni o'rganishga qaratilgan. Metodning mohiyati shundan iboratki, bunda mavzuning turli tarmoqlari bo'yicha bir xil axborot beriladi va ayni paytda, ularning har biri alohida aspektlarda muhokama etiladi. Masalan, muammo ijobiy va salbiy tomonlari, afzallik, fazilat va kamchiliklari, foyda va zararlari bo'yicha o'rganiladi. Bu interfaol metod tanqidiy, tahliliy, aniq mantiqiy fikrlashni muvaffaqiyatli rivojlantirishga hamda o'quvchilarning mustaqil g'oyalari, fikrlarini yozma va og'zaki shaklda tizimli bayon etish, himoya qilishga imkoniyat yaratadi. “Xulosalash” metodidan ma'ruza mashg'ulotlarida individual va juftliklardagi ish shaklida, amaliy va seminar mashg'ulotlarida kichik guruhlardagi ish shaklida mavzu yuzasidan bilimlarni mustahkamlash, tahlili qilish va taqqoslash maqsadida foydalanish mumkin.

“Xulosalash” metodi

Metodni amalga oshirish tartibi:



trener-o'qituvchi ishtirokchilarni 5-6 kishidan iborat kichik guruhlariga ajratadi;



trening maqsadi, shartlari va tartibi bilan ishtirokchilarni tanishtirgach, har bir guruhga umumiy muammoni tahlil



har bir guruh o'ziga berilgan muammoni atroflicha tahlil qilib, o'z mulohazalarini tavsiya etilaётgan sxema bo'yicha tarqatmaga



navbatdagi bosqichda barcha guruhlar o'z taqdimotlarini o'tkazadilar. SHundan so'ng, trener tomonidan tahlillar

O'TKINCHI JARAYONLAR

Maruzalar o'tish modeli va texnologik xaritasi:

Mavzu 6.	Qisqa tutashuvlarni hisoblash masalalari. To'satdan holat buzilishlarining boshlang'ich lahzasi.		
6.1. Ma'ruzada o'qitish texnologiyasi			
Talabalar soni: 20-60		Vaqt 2 soat	
Mashg'ulot shakli		Ma'ruza	
Ma'ruza rejasi:	1. Elektr sistemada yuklamalarini ulash va uzish; 2. Elektr sistemada sodir bo'ladigan qisqa tutashuv(QT)ning barcha turlari; 3. Elektr sistemada turg'unlashmagan (QT) ni uchirish; 4. Avariya xolatida uchirilgan elementlarni.		
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Elektr sistemada yuklamalarini ulash va uzish ish rejimlari Elektr sistemada sodir bo'ladigan qisqa tutashuv(QT)ning barcha turlari Elektr sistemada turg'unlashmagan (QT) ni uchirish to'g'risida to'liq tushuncha hosil qilish			
<u>Pedagogning vazifalari:</u> - Elektr sistemada yuklamalarini ulash va uzish; - Elektr sistemada sodir bo'ladigan qisqa tutashuv(QT)ning barcha turlari; - Elektr sistemada turg'unlashmagan (QT) ni uchirishni tushuntirish; - Avariya xolatida uchirilgan elementlarni ta'riflash;		<u>O'quv jarayonining natijalari:</u> Talaba bilishi lozim: - Elektr sistemada yuklamalariga ta'rif berish; - Elektr sistemada sodir bo'ladigan qisqa tutashuv(QT)ning barcha turlariga izox berish; - Elektr sistemada turg'unlashmagan (QT) ni uchirishni tushuntirish;	
Ta'lim Berish usullari		Ko'rgazmali ma'ruza, savol-javob, suxbat.	
Ta'lim berish vositalari		O'quv qo'llanma, plakatlar, proektor, komp'yuter.	
Ta'lim berish shakllari		Ommaviy, jamoaviy, yakkama-yakka.	

Ma'ruzaning texnologik xaritasi (3-mashg'ulot)

Ish bosqichlari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	Ta'lim beruvchi	Ta'lim oluvchi
1 bosqich Kirish (15min.)	1.1.Oldingi mashg'ulotda o'tilgan mavzu bo'yicha talabalarga savol berib qoldik bilim darajalarini belgilash. 1.2. Ayrim talabalar uchun bilim darajalarini jurnalga belgilash.	Tinglaydilar, javob beradilar.
2 bosqich Asosiy bosqich (50min.)	2.1.Navbatdagi mavzuni e'lon qilish; 2.2 Elektr sistemada yuklamalarini ulash va uzish nimadan iborat; 2.2. Elektr sistemada sodir bo'ladigan qisqa tutashuv(QT)ning barcha turlari 2.3. Avariya xolatida uchirilgan elementlar; 2.4.Gapirilgan, tushuntirilgan bo'lim bo'yicha talabalar bilimini aniqlash maqsadida "tushundizmi?" deb so'rash.	2.1. Savollarga javob beradilar, slayd №3-ni ko'radilar. 2.2. Muxokama qiladilar va javoblar beradilar.
3 bosqich yakuniy bosqich (15 min.)	3.1.Mavzu bo'yicha xulosa qilinadi. Talabalar savollariga javob beriladi. Uyda mustaqil ishlash uchun vazifa-savol beriladi: Davomat tekshiriladi.	Savollar beradilar. Vazifani yozib oladilar.

“Keys-stadi” metodi

O'TKINCHI JARAYONLAR

«**Keys-stadi**» - inglizcha soʻz boʻlib, («case» – aniq vaziyat, hodisa, «stadi» – oʻrganmoq, tahlil qilmoq) aniq vaziyatlarni oʻrganish, tahlil qilish asosida oʻqitishni amalga oshirishga qaratilgan metod hisoblanadi. Mazkur metod dastlab 1921 yil Garvard universitetida amaliy vaziyatlardan iqtisodiy boshqaruv fanlarini oʻrganishda foydalanish tartibida qoʻllanilgan. Keysda ochiq axborotlardan yoki aniq voqea-hodisadan vaziyat sifatida tahlil uchun foydalanish mumkin. Keys harakatlari oʻz ichiga quyidagilarni qamrab oladi: Kim (Who), Qachon (When), Qaerda (Where), Nima uchun (Why), Qanday, Qanaqa (How), Nima-natija (What).

“Keys metodi” ni amalga oshirish bosqichlari

Ish bosqichlari	Faoliyat shakli va mazmuni
1-bosqich: Keys va uning axborot taʼminoti bilan tanishtirish	✓ yakka tartibdagi audio-vizual ish; ✓ keys bilan tanishish(matnli, audio yoki media shaklda); ✓ axborotni umumlashtirish; ✓ axborot tahlili; ✓ muammolarni aniqlash
2-bosqich: Keysni aniqlashtirish va oʻquv topshiriqni belgilash	✓ individual va guruhda ishlash; ✓ muammolarni dolzarblik ierarxiasini aniqlash; ✓ asosiy muammoli vaziyatni belgilash
3-bosqich: Keysdagi asosiy muammoni tahlil etish orqali oʻquv topshiriqining yechimini izlash, hal etish yoʻllarini ishlab chiqish	✓ individual va guruhda ishlash; ✓ muqobil yechim yoʻllarini ishlab chiqish; ✓ har bir yechimning imkoniyatlari va toʻsiqlarni tahlil qilish; ✓ muqobil yechimlarni tanlash
4-bosqich: Keys yechimini chimini shakllantirish va asoslash, taqdimot.	✓ yakka va guruhda ishlash; ✓ muqobil variantlarni amalga qoʻllash imkoniyatlarini asoslash; ✓ ijodiy-loyiha taqdimotini tayyorlash; ✓ yakuniy xulosa va vaziyat yechimining amaliy aspektlarini yoritish

O'TKINCHI JARAYONLAR

Maruzalar o'tish modeli va texnologik xaritasi:

Mavzu 7.	Qisqa tutashuvning barqarorlashgan xolati. Sistema elementlarning tenglamalari va ularni xisoblash usullari.	
7.1. Ma’ruzada o’qitish texnologiyasi		
Talabalar soni: 20-60 kishi	Ta’lim berish vaqti 2 soat	
Ta’lim shakli	Ma’ruza mavzusi	
Ma’ruza rejasi:	1. Qisqa tutashuv. 2. barqarorlashgan xolati 3. Sistema elementlarning tenglamalari	
O’quv mashg’ulotining maqsadi: transformator, ferromagnit o’zak, birlamchi chulg’am, ikkilamchi chulg’am, pasaytiruvchi transformator, kuchaytiruvchi transformator, kuch transformatori, bir fazali transformator, transformatorli podstantsiyalar, uch fazali transformator, transformatorning nominal quvvatitog’risida batafsil ma’lumot berish.		
Pedagog vazifasi: • Qisqa tutashuv ni tushuntirish; • barqarorlashgan xolatni tushuntirish; • Sistema elementlarning tenglamalari ta’rif berish;	O’quv ta’limi natijalari: Talaba bilishi lozim: • qisqa tutashuvlarning nominal kuchlanishlari, QTlarning nominal toklari, tok chastotasi, fazalar soni, transformator tipi, tok transformatori, kuchlanish transformatori, transformatorning salt ishlashi, transformatorning yuklama bilan ishlashi, transformatorning qisqa tutashuv rejimi, transformatorning ishlash printsipi.	
Ta’lim berish usullari	Ko’rgazmali ma’ruza, savol-javob, suxbat.	
Ta’lim berish vositalari	O’quv qo’llanma, plakatlar, proektor, komp’yuter.	
Ta’lim berish shakllari	Ommaviy, jamoaviy, yakkama-yakka.	

Ma'ruzaning texnologik xaritasi (7-mashg'ulot)

Ish bosqichlari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	Ta'lim beruvchi	Ta'lim oluvchi
1 bosqich Kirish (5min.)	1.1. Oldingi mashg'ulotda o'tilgan mavzu bo'yicha talabalarga savol berib qoldik bilim darajalarini belgilash 1.2. Ayrim talabalar uchun bilim darajalarini jurnalga belgilash.	1.1. Savollarga javob beradilar.
2 bosqich Asosiy bosqich (45min.)	2.1. Mavzuning rejasidagi savollarni yoritadi slaydlarni namoish etadi. • Qisqa tutashuv larini tushuntirish; • barqarorlashgan xolatni tushuntirish; • Sistema elementlarning tenglamalariga ta'rif berish; •	2.1. Tinglaydilar, savol beradilar va yozadilar.
3 bosqich YAkuniy bosqich (10 min.)	3.1. "xa-yo'q" texnikasini qo'llab savollar beradi. Ma'ruza mavzusi bo'yicha izox beradi. 3.2. Uyga mustaqil ish uchun vazifa beradi.	3.1. Savollarga javob beradilar. 3.2. Vazifani yozib oladilar.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Maruzalar o'tish modeli va texnologik xaritasi:

Mavzu 9.	Qisqa tutashuvni hisoblashning amaliy usullari: ustma–ust qo’yish (super-pozitsiya), tugun kuchlanishlari tenglamalari va hisoblash usullari	
9.1. Ma’ruzada o’qitish texnologiyasi		
Talabalar soni : 20-60 kishi	Ta’lim berish vaqti 2 soat	
Ta’lim shakli	Mavzuga doir ma’ruza	
Ma’ruza rejasi	1.Hisoblashning amaliy usullari. 2.Ustma–ust qo’yish (super-pozitsiya), va tugun kuchlanishlari tenglamalari 3.Hisoblash usullari tugun kuchlanishlari tenglamalari	
O’quv mashg’ulotining maqsadi: metall va qotishmalarni fizik, mexanik va texnologik xossalari va ularni aniqlash usullari to’g’risida to’liq tushuncha hosil qilish.		
Pedagogni vazifasi: •Uch fazali tutashuvni tushuntirish; • kelib chiqish sabablarini aniqlash usullarini izoxlash; • oldini olish chora tadbirlarini tushuntirish;		O’quv faoliyat natijalari: Talaba bilishi lozim: • uch fazali qisqa tutashuv, ularni kelib chiqish sabablarini to’liq izoh berish
Ta’lim berish usullari		Ko’rgazmali ma’ruza, savol-javob, suxbat.
Ta’lim berish vositalari		O’quv qo’llanma, plakatlar, proektor, komp’yuter.
Ta’lim berish shakllari		Ommaviy, jamoaviy, yakkama-yakka.

Ma'ruzani texnologik xaritasi (4-mashg'ulot)

Ish bosqichlari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	Ta'lim beruvchi	Ta'lim oluvchi
1 bosqich Kirish (20min.)	1.1.Oldingi mashg'ulotda o'tilgan mavzu bo'yicha talabalarga savol berib qoldik bilim darajalarini belgilash 1.2. Ayrim talabalar uchun bilim darajalarini jurnalga belgilash.	1.1. Savollarga javob beradilar.
2 bosqich Asosiy bosqich (45min.)	2.1. Mavzuning rejasidagi savollarni yoritadi slaydlarni namoish etadi. uch fazali transformator, transformatorning nominal quvvati, transformatorlarning nominal kuchlanishlari, transformatorning nominal toklari, tok chastotasi, fazalar soni, transformator tipi izoxlanadi. Mavzuning asosiy tushunchalariga aloxida e'tibor berishni aytadi va ta'rif va tushunchalarni yozdiradi.	2.1. Tinglaydilar, savol beradilar va yozadilar.
3 bosqich YAkuniy bosqich (15 min.)	3.1. "xa-yo'q" texnikasini qo'llab savollar beradi. Ma'ruza mavzusi bo'yicha izox beradi. 3.2. Uyga mustaqil ish uchun vazifa beradi.	3.1. Savollarga javob beradilar. 3.2. Vazifani yozib oladilar.

Venn Diagrammasi metodi

Metodning maqsadi: Bu metod grafik tasvir orqali o'qitishni tashkil etish shakli bo'lib, u ikkita o'zaro kesishgan aylana tasviri orqali ifodalanadi. Mazkur metod turli tushunchalar, asoslar, tasavvurlarning analiz va sintezini ikki aspekt orqali ko'rib chiqish, ularning umumiy va farqlovchi jihatlarini aniqlash, taqqoslash imkonini beradi.

Metodni amalga oshirish tartibi:

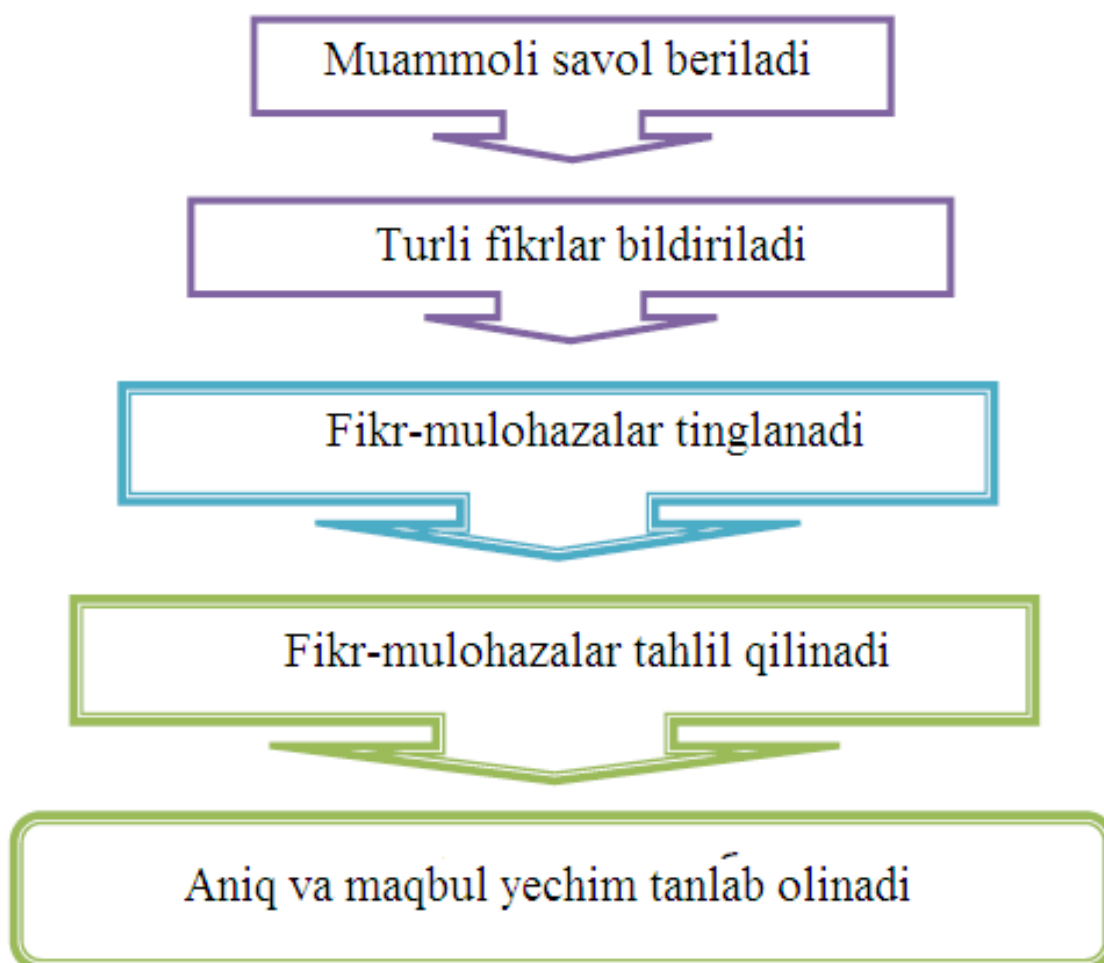
- ishtirokchilar ikki kishidan iborat juftliklarga birlashtiriladilar va ularga ko'rib chiqilayotgan tushuncha yoki asosning o'ziga xos, farqli jihatlarini (yoki aksi) doiralar ichiga yozib chiqish taklif etiladi;
- navbatdagi bosqichda ishtirokchilar to'rt kishidan iborat kichik guruhlariga birlashtiriladi va har bir juftlik o'z tahlili bilan guruh a'zolarini tanishtiradilar;
- juftliklarning tahlili eshitilgach, ular birgalashib, ko'rib chiqilayotgan muammo yohud tushunchalarning umumiy jihatlarini (yoki farqli) izlab topadilar, umumlashtiradilar va doirachalarning kesishgan qismiga yozadilar.

O'TKINCHI JARAYONLAR

“Bahs-munozara” metodi

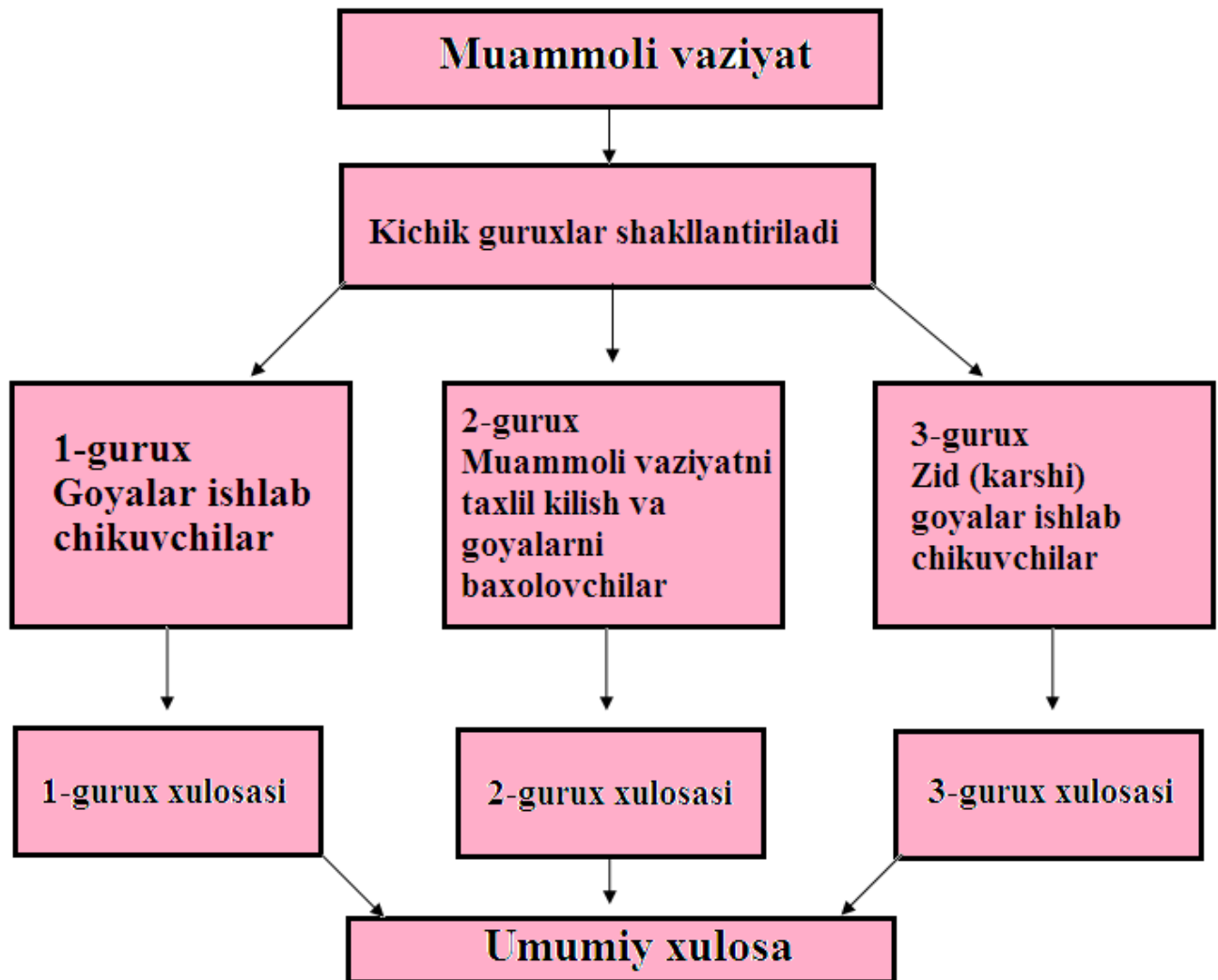
“Bahs –munozara” metodi- biror mavzu bo'yicha ta'lim oluvchilar bilan o'zaro bahs-munozara va fikr almashuv tarzida o'tkaziladigan metoddir.

«BAHS-MUNOZARA» metodining tuzilmasi



O'TKINCHI JARAYONLAR

Muammoli vaziyat” metodi



O'TKINCHI JARAYONLAR

Maruzalar o'tish modeli va texnologik xaritasi:

Mavzu 10.	Tizimning ko'ndalang va buylama nosimmetrik holatlari va o'tish jarayonlari. Asosiy tushunchalar		
10. Ma'ruzada o'qitish texnologiyasi			
Talabalar soni: 20-60 kishi		Ta'lim berish vaqti 2 soat	
Ta'lim shakli		Ma'ruza mavzusi	
Ma'ruza rejasi		1. Tizimning ko'ndalang va buylama nosimmetrik holatlari. 2. Asosiy tushunchalar. 3. nosimmetrik holatlari va o'tish jarayonlari.	
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Tizimning ko'ndalang va buylama nosimmetrik holatlari va o'tish jarayonlari. Asosiy tushunchalar to'g'risida tushuncha va ko'nikmalar hosil qilish.			
Pedagog vazifasi: • nosimmetrik holatlari shartini tushuntirish; • ta'riflab berish. • Qisqa tutashuv kuchlanishlari bir xil bo'lish sharti ni tushuntirish.		O'quv mashg'uloti natijalari: Talaba bilishi lozim: • nosimmetrik holatlari shartini bo'lish sharti. • Asosiy tushunchalar shartini. • Qisqa tutashuv kuchlanishlari bir xil bo'lish sharti.	
Ta'lim berish usullari		Ko'rgazmali ma'ruza, savol-javob, suxbat.	
Ta'lim berish vositalari		O'quv qo'llanma, plakatlar, proektor, komp'yuter.	
Ta'lim berish shakllari		Ommaviy, jamoaviy, yakkama-yakka.	

Ma'ruzaning texnologik xaritasi (10-mashg'ulot)

Ish bosqichlari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	pedagog	talabalar
1 bosqich Kirish (5min.)	1.1. Mavzu maqsadi, mashg'ulot rejasi bilan tanishtiradi.	1.1. Tinglaydilar,yozadilar
2 bosqich. Bilimlarni aktuallashtirish (10 min.)	2.1. Avvalgi mashg'ulotlarda olgan bilimlarni tekshirish uchun savollar beradi va blits- so'rov o'tqazadi. • Transformator chulg'amlarini ulanish guruhlari bir xil bo'lish sharti. • Transformatsiyalash koeffitsientlari bir xil bo'lish sharti. • Qisqa tutashuv kuchlanishlari bir xil bo'lish sharti. 2.2. Mavzu bo'yicha ma'lumotlarni umumlashtiradi, va yakunlaydi.	2.1. Savollarga javob beradilar.
3 bosqich. Asosiy boskich (50 min.)	3.1. Ma'ruza materialini ma'lum ketma-ketlikda reja bo'yicha yoritadi, ko'rsatma materiallardan foydalanadi, blits-so'rov texnikasini qo'llaydi. Reja bo'yicha savollar beriladi. Mavzuni asosiy momentlariga e'tiborni jalb etadi va yozib olishni tavsiya qiladi.	3.1. O'z fikrlarini bildiradilar, tinglaydilar,yozadilar.
4 bosqich Yakuniy bosqich (20 min.)	4.1. "xa-yo'q" texnikasini qo'llab savollar beradi. Ma'ruza mavzusi bo'yicha izox beradi. 4.2. Uyga mustaqil ish uchun vazifa beradi.	4.1. Savollarga javob beradilar. 4.2. Vazifani yozib oladilar.

O'TKINCHI JARAYONLAR

O'quv topshirig'i :

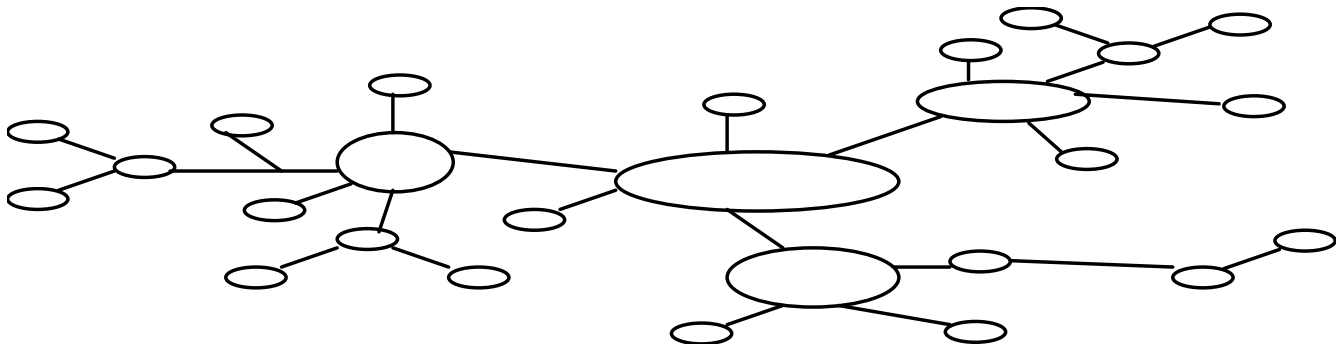
1- Guruh: nosimmetrik so'ziga doir klaster tuzing?

2- Guruh: qisqa tutashuv so'ziga doir klaster tuzing?

3- Guruh: O'tkinchi jarayon so'ziga doir klaster tuzing?

(Topshiriq guruhlarga beriladi)

Klaster



Toifali jadval



<i>Toifalar</i>				

Toifali sharhini tuzish qoidalari

1. Toifalar bo'yicha ma'lumotlarni taqsimlashning yagonausuli mavjud emas.
2. Bitta mini-guruhda toifalarga ajratish boshqa guruhda ajratilgan toifalardan farq qilishi mumkin.
3. O'rganuvchilarga oldindan tayyorlab qo'yilgan toifalarni berish mumkin emas: bu ularning mustaqil tanlovi bo'la qolsin.
4. Toifali sharhni yaratish yakuniy mahsul sifatida emas, balki jarayon sifatida muhim.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Maruzalar o'tish modeli va texnologik xaritasi:

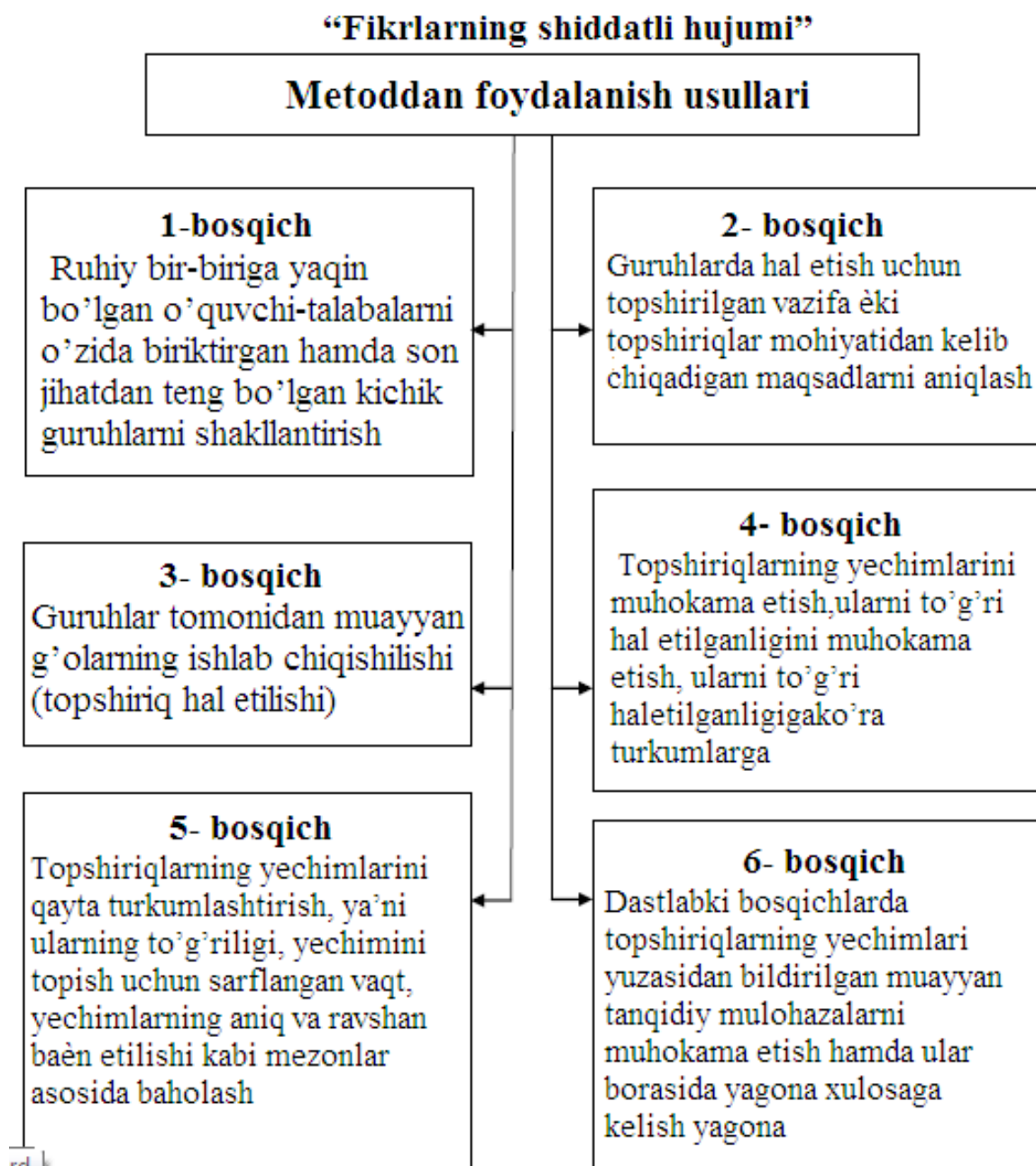
Mavzu 11.	Simmetrik tashkil etuvchilar usuli; tizim elementlarining to'g'ri, teskari va nolinchi ketma - ketliklar uchun almashtirish sxemalari va parametrlari
11.1. Ma'ruzada o'qitish texnologiyasi	
Talabalar soni: 20-60 kishi	Mashg'ulot vaqti 2soat
Ta'lim shakli	Ma'ruza
Ma'ruza rejasi:	1. Tizim elementlarining to'g'ri ketma - ketliklari haqida umumiy tushunchalar. 2. Tizim elementlarining teskari ketma - ketliklari. 3. Almashtirish sxemalari va parametrlari
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Simmetrik tashkil etuvchilar, tizim elementlari, to'g'ri, teskari va nolinchi ketma – ketliklar, almashtirish sxemalari va parametrlari.	
Pedagogning vazifalari: • Simmetrik tashkil etuvchilar haqida tushuntirish; • Tizim elementlarining teskari ketma - ketliklari tuzilishini tushuntirish; • Almashtirish sxemalari va parametrlari keltirish;	O'quv mashg'ulotini natijalari: Talaba bilishi lozim: • Simmetrik tashkil etuvchilar haqida umumiy tushunchalar. • Tizim elementlarining teskari ketma - ketliklari ishlash printsipi • Almashtirish sxemalari va parametrlarini biladi
Ta'lim berish usullari	Ko'rgazmali ma'ruza, savol-javob, suxbat.
Ta'lim berish vositalari	O'quv qo'llanma, plakatlar, proektor, komp'yuter.
Ta'lim berish shakllari	Ommaviy, jamoaviy, yakkama-yakka.

Ma'ruzani texnologik xaritasi (8-mashg'ulot)

Ish bosqichlari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	Ta'lim beruvchi	Talabalar
1 bosqich Kirish (5min.)	1.1. Mavzu maqsadi, mashg'ulot rejasi bilan tanishtiradi.	1.1. Tinglaydilar, yozadilar
2 bosqich. Bilimlarni aktuallashtirish (15 min.)	2.1. Avvalgi mashg'ulotlarda olingan bilimlarni tekshirish uchun savollar beriladi va blits-so'rov o'tqaziladi. • Simmetrik tashkil etuvchilar haqida umumiy tushunchalar. • Tizim elementlarining teskari ketma - ketliklari ishlash printsipi tuzilishi. • Almashtirish sxemalari va parametrlarini printsipi 2.2. Ma'lumotlarni umimlashtiradi va izohlaydi.	2.1. Savollarga javob beradilar.
3 bosqich. Asosiy bosqich (45 min.)	3.1. Ma'ruza materialini ma'lum ketma-ketlikdareja bo'yicha yoritadi, ko'rsatma materiallardan foydalanadi, blits-so'rov texnikasini qo'llaydi. Ma'ruza rejasi bo'yicha savollar yoritiladi: • Tizim elementlarini turlarga bo'lish • To'g'ri, teskari va nolinchi ketma-ketliklar • Almashtirish sxemalari	3.1. O'z fikrlarini bildiradilar, tinglaydilar, yozadilar.
4 bosqich YAkuniy bosqich (15 min.)	4.1. "xa-yo'q" texnikasini qo'llab savollar beradi. Ma'ruza mavzusi bo'yicha izox beradi. 4.2. Uyga mustaqil ish uchun vazifa beradi.	4.1. Savollarga javob beradilar. 4.2. Vazifani yozib oladilar.

O'TKINCHI JARAYONLAR

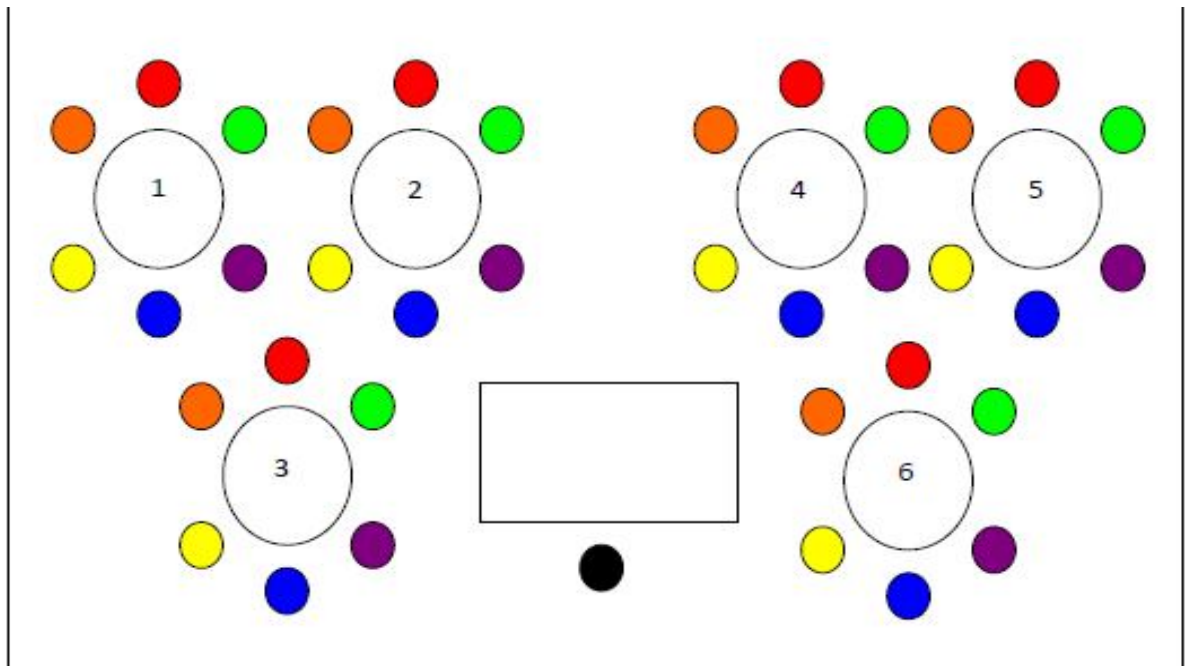
“ Fikrlarning shiddatli hujumi ” metodi



O'TKINCHI JARAYONLAR

6x6x6" metodi

Bu metod yordamida bir vaqtning o'zida 36 nafar o'quvchi-talabani muayyan faoliyatga jalb etish orqali maolom topshiriq yoki masalani hal etish, shuningdek, guruhlarining har bir a'zosi imkoniyatlarini aniqlash, ularning qarashlarini bilib olish mumkin. —6x6x6" metodi asosida tashkil etilayotgan mashg'ulotda har birida 6 nafardan ishtirokchi bo'lgan 6 ta guruh o'qituvchi tomonidan o'rta tashlangan muammo (masala)ni muhokama qiladi



Belgilangan vaqt nihoyasiga yetgach, o'qituvchi 6 ta guruhni qayta shakllantiradi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

III. NAZARIY MATERIALLAR

Ma'ruza № 1

Tayanch konspekt

Kirish. Fanning asosiy rivojlanish istiqboli va vazifalari EES elementlarining almashtirish sxemalari (generatorlar, transformatorlar, Elektr uzatish yo'llari)

«Elektr tizimda o'tkinchi jarayonlar» fanida o'rganiladigan asosiy ob'ekt energetika sistemasi xisoblanadi.

Elektr tizim – elektr energetikani elektr qismi bo'lib, unda elektr energiya ishlab chiqaruvchi (ES), o'zgartiruvchi (transformatorlar), uzatuvchi (xavo elektr uzatish yollari (XEUYO) va kabel liniyalari (KL)) va iste'mol qiluvchi elementlar majmuasi tushiniladi.

Elektr energiyani ishlab chiqarishda o'zgartirishda uzatishda va iste'mol qilishda qatnashadigan tizim elementlarini shartli ravishda bo'lish mumkin:

- Asosiy elementlarga (turbinalar, sinxron va asinxron generatorlar, transformatorlar, elektr uzatish yo'llari, kompensatsialovchi qurilmalar, elektr dvigatellari);
- Boshqaruv elementlari (turbinalar tezligini avtomatik rostlagich, sinxron generator va sinxron kompensatorlar qo'zgatish tokini avtomatik rostlagichlar, kommutatsiya qurilmalari, Releli ximoya elementlari, avariyaqa qarshi avtomatikasi va boshqa avtomatik rostlagich va boshqarish qurilmalari);
- Ximoya elementlari (yashin qaytargichlar, razryadlagichlar, reaktorlar, eruvchan saqlagichlar).

Elektr sistemada ayoni muayan hayotda kechadigan jarayonlar majmuasiga uning xolati (rejimi) deyiladi. Uning rejimini son va sifat jixatdan xarakterlovchi kursatkichlarga – xolat parametrlari deyiladi. Bu ko'rsatkichlarga sistemada ishlab chiqarilayotgan va iste'mol qilinayotgan aktiv va reaktiv quvvat (R , Q), tugunlardagi kuchlanish (U), iste'mol qilinayotgan tok (I), tok va kuchlanishning o'zgarish chastotasi (f), parallel ishlayotgan generatorlar rotorli orasidagi burchak siljishi (δ_{ij}), generatorlarning sirpanish koeffitsienti (S_{sg}), generatorlarning absolyut yuklanish burchagi (δ_G), generatorlarning qo'zgatish toki (i_f) kiradi. Xolat parametrlari sistema rejimi o'zgarganda uzgaradi va uzaro nochiziq bog'lanishda bo'ladi.

Elektr sistema rejimlari bo'linadi:

- Turg'unlashgan baqarorlashgan rejim;
- o'tkinchi rejim.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Sistemada ba'zi bir sabablarga yoki avtomatik qurilmalarning noto'g'ri ishlashi tufayli paydo bo'ladigan o'tkinchi rejim – o'tkinchi jarayonlarning paydo bo'lishi bilan bog'liq bo'lib, elektr sistema elementlarining xolatining o'zgarishi kuzatiladi.

Elektr sistemada xar xil sabablarga ko'ra paydo bo'ladigan turtkilar (vozmusheniya) ta'sirida bir qancha rejim parametrlarining vaqt bo'yicha o'zgarishi kuzatiladi.

O'tkinchi jarayonlar ularning paydo bo'lish sabablari va kechadigan jarayonlari bo'yicha: to'liq, elektromagnit va elektromexanik qismlarga ajraladi.

O'tkinchi jarayonlar deb elektr sistemasining bir barqarorlashgan xolatdan boshqa barqarorlashgan xolatga o'tishiga aytiladi. Elektr sistemasining fizikaviy xususiyatlariga bog'liq ravishda bu jarayonning tabiati yagona ajralmasdir va shu jarayon uchun uning matematik tasnifi ishlatiladi. Lekin ko'pgina amaliy masalalarda o'tkinchi jarayonlar bir necha ketma - ket utuvchi va EES bir guruh ma'lum parametrlarining o'zgarishini tavsiflovchi jarayonlardan tashkil topgan deb qoraladi.

Elektr tizimida o'tkinchi jarayon elektromagnit va mexanik o'zgarishlari bilan xarakterlanadi. Aylanuvchi elektr mashinalarning rotorlari anchagina katta mexanik (kinetik) energiyaga ega bo'lganligi sababli, dastlabki o'tkinchi jarayon elektr magnit o'zgarishlar orqali xarakterlanadi. Shuning uchun o'tkinchi jarayonini boshlang'ich davri elektromagnit o'tish jarayoni deb nomlanadi. Keyinchalik bu jarayonga mexanik ta'sirlar qo'shilganda bu o'tkinchi jarayon elektromexanik deb nomlanadi.

Nisbiy birlik sistemalari. Sistema elementlarining to'la va soddalashtirilgan tenglamalari.

Nisbiy birliklar sistemasi texnikada shu jumladan elektrotexnikada juda katta rol o'ynaydi. Xar qanday fizikaviy kattaliklarni nisbiy, o'lchovsiz birliklarda o'lchash, nazariy taxlillashning va xisoblash ishlarining ko'pchiligini anchagina soddalashtirishga olib keladi. Kattaliklarni bunday taqdim qilinishi natijalarni ko'rinishini yaxshilab, aniqlanayotgan qiymatlarning darajalarini tezkor chamalashga imkon beradi.

Birorta fizikaviy kattalikni nisbiy miqdori deb uni birlik sifatida qabul qilingan, boshqa nomdosh fizikaviy kattalikka nisbatiga aytiladi. SHunday ekan, ayrim kattaliklarni nisbiy birlikda ta'riflash uchun eng avvalo o'lchov birligi sifatida ishlatiluvchi kattaliklarni tanlash kerak, yoki boshqacha qilib aytganda, bazis shartlarini tanlash lozim.

Bazis tok I_b va bazis fazalararo kuchlanish U_b kattaliklari qabul qilingan bo'lsin. Unda bazis quvvat

$$S = \sqrt{3} U_h I_h$$

Bazis qarshilik esa

$$Z_0 = \frac{U_0}{\sqrt{3} I_0} = \frac{U_0^2}{S_0}$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

formuladan topiladi.

Ko'rib chiqilgan to'rtta bazis kattalikdan faqatgina ikkitasi ixtiyoriy qabul qilinishi mumkin, qolganlari esa ularga bog'liqdir.

Tanlangan bazis shartlarga asosan EYUK, kuchlanish, tok, quvvat va qarshilik nisbiy miqdorlari quyidagicha bo'ladi:

$$E_{*\delta} = \frac{E}{U_{\delta}}; U_{*\delta} = \frac{U}{U_{\delta}}; I_{*\delta} = \frac{I}{I_{\delta}}; S_{*\delta} = \frac{S}{S_{\delta}}; Z_{*\delta} = \frac{Z}{Z_{\delta}};$$

bu yerda «*» indeksi mikdor nisbiy birlikda ifodalanganligini, «b» indeks esa – u bazis sharoitga keltirilganini kursatadi.

Ixtiyoriy tanlab olingan bazis shartlari sifatida S_b va U_b olingan bo'lsin. Unda

$$I_{*\delta} = \frac{I}{I_{\delta}}(K\mathcal{I}) = \frac{I}{\frac{S_{\delta}}{\sqrt{3}U_{\delta}}} = I \cdot \frac{\sqrt{3}U_{\delta}}{S_{\delta}};$$

$$Z_{*\delta} = \frac{Z}{Z_{\delta}}(O\mathcal{M}) = \frac{Z}{\frac{U_{\delta}}{\sqrt{3}I_{\delta}}} = Z \cdot \frac{\sqrt{3}I_{\delta}}{U_{\delta}} = Z \cdot \frac{\sqrt{3}I_{\delta}U_{\delta}}{U_{\delta}^2} = Z \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\delta}^2}$$

Odatda generatorlar, transformatorlar va boshqa elementlarning pasportida ularning qarshiliklari nisbiy birliklarda ularning nominal parametrlariga keltirilgan bo'lib beriladi, ya'ni $S_b = S_n$,

$U_b = U_n$.

Qarshiliklarni Om da topish uchun quyidagi formuladan foydalanish kerak:

$$Z = Z_{*\delta} \frac{U_{\delta}^2}{S_{\delta}} = Z_{*H} \cdot \frac{U_H^2}{S_H}, [O\mathcal{M}]$$

Elektr tizim elementlarini nominal shartlarga doir berilgan nisbiy qarshiliklarini ixtiyoriy bazis shartlarga keltirish uchun quyidagi formulani qo'llash kerak:

$$Z_{*\delta} = \frac{Z}{Z_{\delta}} = \frac{Z_{*H} \cdot \frac{U_H^2}{S_H}}{\frac{U_{\delta}^2}{S_{\delta}}} = Z_{*H} \cdot \frac{U_H^2}{S_H} \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\delta}^2} = Z_{*H} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_H} \cdot \frac{U_H^2}{U_{\delta}^2}$$

Xuddi shunday:

$$E_{*\delta} = E_{*H} \frac{U_H}{U_{\delta}}.$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

Goxida ba'zi bir elementlarning, masalan transformatorlarning qarshiligi protsentlarda beriladi. Protsenlar va nisbiy birliklar orasidagi bog'lanish quyidagi ifoda bo'yicha aniqlanadi: $z=z\%/100$.

Bazis shartlarni tanlashda xisoblash ishlarini kamaytirish ko'zda tutilishi lozim. Uning uchun amalda S_b sifatida ko'rinarli son (100 yoki 1000 MVA) U_b sifatida esa - U_n yoki unga yaqin son qabul qilinadi.

Yuqorida ko'rib chiqilgan qiymatlar oddiy elektrik xisoblarni bajarishda qo'llaniladi. Lekin nisbiy birliklar sistemasida ixtiyoriy fizik kattaliklarni ta'riflash mumkin, shu jumladan noelektrik kattaliklarni xam. Masalan, elektr mashinalarini aylanma tezligini o'lchov birligi sifatida sinxron aylanma tezlik ω_s , qabul qilinadi, ya'ni $\omega_b=\omega_s$ ($f=50$ Gts bo'lganda $\omega_s=2\cdot\pi\cdot50=314$ rad/sek). Unda ixtiyoriy aylanma tezlik nisbiy o'lchovda:

$$\varpi_{*o} = \frac{\varpi}{\varpi_o} = \frac{\varpi}{\varpi_c} \text{ bo'ladi.}$$

$X=\omega L$ dan L_b bazis induktivlikni topish mumkin:

$$L_o = \frac{Z_o}{\varpi_o} = \frac{Z_o}{\varpi_c}.$$

L_b va I_b aniq bo'lgan xolda ψ_b ni topish mumkin:

$$\psi_b=L_b\cdot I_b.$$

Yuqoridagi ifodadan oqim tutashish: $\Psi_o = L_o I_o = \frac{Z_o}{\varpi_o} I_o = \frac{U_o}{\varpi_o} = \frac{U_o}{\varpi_c}$, ya'ni bazis oqim tutashish qabul qilinganki, u ba'zi aylanma tezlikda bazis kuchlanishni induksiyalaydi (vujudga keltiradi).

Yuqoridagi ko'rilgan bazis shartlar ostida o'zgarmas sinxron tezlik uchun:

$$x_{*o} = \frac{x}{Z_o} = \frac{\omega_o \cdot L}{Z_o} = \frac{L}{L_o} = L_{*o}$$
$$\left[\Psi_{*o} = \frac{\Psi}{\Psi_o} = \frac{LI}{L_o I_o} = L_{*o} I_{*o}; \quad E_{*o} = \frac{E}{U_o} = \frac{\omega_c \Psi}{U_o} = \frac{\Psi}{\Psi_o} = \Psi_* \right]$$

Bazis vaqt sifatida $t_o = \frac{1}{\omega_o} = \frac{1}{314} \Rightarrow t_{*o} = \frac{t}{t_o} = 314t$ ni qabul qilish qulaydir.

Sinov savollari

O'TKINCHI JARAYONLAR

1. QT tokini nisbiy birliklarda xisoblashning kulayliklari.
2. Bizis quvvat kandy tanlanadi?
3. Bazis kuchlanish sifatida nima qabul qilinadi?
4. Fizik qiymatlarning nisbiy miqdori deganda nima tushuniladi?

Qisqa tutashuvlarni hisoblash masalalari. To'satdan holat buzilishlarining boshlang'ich lahzasi.

Elektr tizimidagi kechadigan elektromagnit o'tkinchi jarayonlar sodir bo'lishiga olib keladigan turtkilar turlaridan eng ko'p uchraydiganlari quyidagi sabablar tufayli paydo bo'lishi mumkin:

1. Elektr sistemada yuklamalarini ulash va uzish;
2. Elektr sistemada sodir bo'ladigan qisqa tutashuv(QT)ning barcha turlari;
3. Elektr sistemada turg'unlashmagan (QT) ni uchirish;
4. Avariya xolatida uchirilgan elementlarni. Zanjirni va fazani ka yota ulash;
5. Elektr sistemada kuzatiladigan maxaliy bo'ylama nosimmetriklarni paydo bo'lishi;
6. Sinxron generatorlarni o'z-o'zini sinxronlash va sinxronlash shartini bajarmasdan sistemaga parallel ishlashga ulash;
7. Sinxron generatorlar va sinxron kompensatorlar qo'zgatish tokini jadal (forsirovka) oshirish va kayota kamaytirish (rasforsirovka);
8. Elektr sistemada kuzatiladigan QT–ni o'chirishda kuzatiladigan o'chirgichlar kontaktlarida kechikish;
9. Elektr sistemadagi turli kommutatsiyalar.

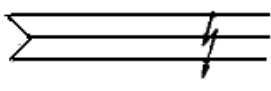
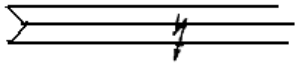
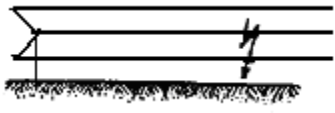
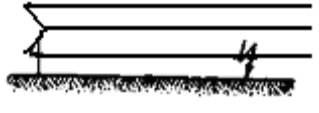
Elektr sistemada simmetrik va nosimmetrik qisqa tutashuv deb sistemaning normal ishlash xolatlariga muvofiq bo'lmagan xar qanday fazalararo qisqa tutashuv va neytrali zaminlangan sistemalarda esa bita yoki bir nechta fazalarning yerga tutashishiga ayotiladi.

Ma'lumki elektr sistemada kuchlanishi 35 kV –gacha bo'lgan tarmoqlar va tark elementlari neytrali izolyatsiyalangan (zaminlanmagan) yoki moslovchi induktiv qarshilik orkali zaminlangan bo'ladi. Kuchlanishi 35 kV undan yuqori kuchlanishli sistemalarda esa sistemaning neytrali zaminlangan bo'ladi. SHunga e'tibor berish lozimki, tokning no'linchi ketma – keligiga bo'lgan induktiv qarshilikning to'g'ri ketma – ketlik induktiv qarshiligiga bo'lgan nisbati doimo quyidagi shartni bajarishi lozim ($X_0/X_1 \leq 3$ bo'lishi kerak). Neytrali zaminlangan sistemaning birorta fazasining yerga tutashishi oddiy QT deb nomlanadi. Ko'pincha QT nuqtasida elektromagnit o'tkinchi jarayon ta'sirini e'tiborga oluvchi o'tkinchi induktiv qarshilik vujudka keladi. Bu qarshilik QT paytida paydo bo'lgan elektr yoyining yonish sharoitiga qarab uning qarshiligining o'zgarishini xisobga olsak, o'tkinchi qarshilik fazalararo yoki faza bilan yer arosidagi qarshiliklardan tashkil topgan xollarda elektromagnit o'tkinchi jarayon taxlilini yengillashtirish maqsadida o'tkinchi qarshilik miqdori anchagina kichik bo'lishi mumkin deb faraz qabul qilinadi. Shuning uchun ayrim xollarda sistemada qisqa tutashuv paytidagi elektromagnit o'tkinchi jarayonni taxlil qilishda e'tiborga olmasa xam bo'ladi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Elektr sistemada sodir bo'ladigan qisqa tutiashuvlarning turlari va ularning paydo bo'lish ehtimoli 1-jadvalda keltirilgan.

Jadval 1.

QT turi	Printsiptal sxemasi	Belgila-nishi	Nisbiy sodir bo'lish ehtimolligi %
Uch fazali		$K^{(3)}$	5
Ikki fazali		$K^{(2)}$	20
Ikki fazali yerga		$K^{(1,1)}$	10
Bir fazali		$K^{(1)}$	65

Sistemada elektromagnit o'tkinchi jarayonlarni hisoblashda va taxlil qilishda uni soddalashtirish maqsadida qisqa tutashuvning asosiy turlarini quyidagicha belgilaymiz:

- Uch fazali simmetrik QT - $K^{(3)}$;
- Ikki fazali fazalararo QT - $K^{(2)}$;
- Bir fazali yerga yoki sistema neytraliga - $K^{(1)}$;
- Ikki fazali yerga QT - $K^{(1,1)}$.

Elektr sistemasida qisqa tutashuv paytida kechadigan elektromagnit o'tkinchi jarayonga sinxron generatorlarda qo'zgatishni avtomatik rostlagichning ta'siri izoxlovchi qisqa tutashuv tokining tipik ostsillogrammasi keltirilgan (rasm 1). Elektromagnit o'tkinchi jarayonning boshlanish davrida ikkala ostsillogrammadagi qisqa tutashuv tokining o'zgarishi deyarli bir xil bo'ladi. Buni shunday izoxlash mumkinki qisqa tutashuv tokining aperiodik tashkil etuvchisining paydo bo'lishi va uning sinishi stator chulg'aminin T vaqt doimiyosiga ko'ra tezlikda bo'lsa, ikkinchi tomondan qo'zgatish chulg'ami va xosil qilayotgan davriy tashkil etuvchining

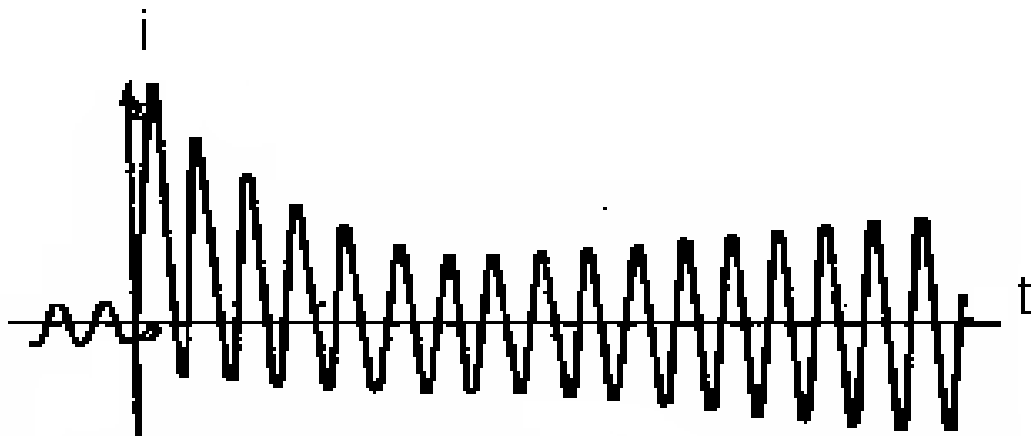
O'TKINCHI JARAYONLAR

o'zgarishi qo'zgatish cho'lg'ami va qo'zg'atgichning qo'zg'atish cho'lg'aminging elektromagnit inertsiyaligi (T_{do}).

SHu sababdan elektromagnit jarayonning boshlang'ich davrida qo'zg'atishni avtomatik rostlagichning (KAR) uncha sezilmaydi. Keyinchalik esa elektromagnit o'tkinchi jarayonning kechishi sinxron generatorda KAR urnatilmagan yoki urnatilishiga qarab xar xil kechadi. Sistemadagi sinxron generatorda KAR urnatilmagan bo'lsa qisqa tutashuv tokining aperiodik tashkil etuvchisi so'ngandan keyin statordagi qisqa tutashuv toki turg'unlashgan qiymatga keladi va uning amplitudasi qo'zg'atish tokining qiymati bilan belgilanadi. Sinxron generatorda KAR uskunasi urnatilgan xoldda esa ma'lum KARning inertsiyaligi bilan baxolanadigan vaqt o'tgandan so'ng qisqa tutashuv toki uzining yangi turg'unlashgan xolatiga erishadi. Uning amplitudasi KARning qo'zgatish tokini o'zgartirish darajasiga bog'liq.



a)



b)

Rasm 1. To'satdan sodir bo'lgan uch fazali qisqa tutashuvda stator chulg'amidagi tokning o'zgarish ostsillogrammasi.

a – sinxron generatorda KAR urnatilmagan;

O'TKINCHI JARAYONLAR

b – sinxron generatorda KAR uskunasini urnatilgan.

Qisqa tutashuvning paydo bo'lish sabablari va uning oqibatlari.

Qisqa tutashuvning elektr sistemada paydo bo'lish sabablariga qarab metalik va yoyoli kurinishlarga bulinadi:

1. Stantsiya va nimstantsiya shinalariga, sinxron genenrator chiqishlariga tok o'tkazuvchi elementlarning tushishi;

1. Sistema elementlarning izolyatsiyaning eskirishi tufayli nominal ishchi kuchlanishda teshilishi;
2. Sistemada sodir bo'ladigan kommutatsiya ichki o'ta kuchlanishidan izolyatsiyaning teshilishi;
3. Tashqi atmosfera o'ta kuchlanishlardan izolyatsiyaning shikastlanishi;
4. Elektr uskunalarni o'z vaqtida profilaktik sinovdan utkazmaslik;
5. texnik operativ xodimlarning xatolari;
6. Uskunalarda mexanik shikastlanishlar (10 kV dan past kuchlanishli tarmoqlarda).

To'satdan QT -dan tashqari elektr tizimida ataylab qisqa tutashtirgich deb ataluvchi apparat yordamida bajarilgan QTlar xam mavjuddir.

Qisqa tutashuvning oqibatlari uning paydo bo'lish joyiga va davom etish vaqtiga bog'liqdir. Ular ta'siri bo'yicha mahalliy xarakterga va butun tizim ishiga ta'sir etuvchi bo'lishi mumkin. Elektr manbalariga yaqin bo'lgan QT generatorlarni sistema bilan paralel ishlashini buzishi, ya'ni ularni sinxronizmdan chiqib ketishiga olib keladi.

Qisqa tutashuv davomida shikastlanish nuqtasidagi qisqa tutashuv toklarning zarbaviy qiymati tokning nominal qiymatidan bir necha barobar kattadir. SHuning uchun QT toki elementlarning tok o'tkazuvchi qismlari orkali qisqa vaqt davomida oqib o'tsada, elementlarni ruxsat etilgandan yuqori qizishiga olib keladi (QT tokining termik ta'siri). Bundan tashqari QT toklari o'tkazgichlar orasid ayniqsa shinalar orasida katta elektrodinamik kuchlarni paydo bo'lishiga olib keladi. Bu kuchlar elementlar tok utkazuvchi qismlarida mexanik shikastlanishga olib keladi. QT toklari uzining maksimal qiymatiga o'tkinchi jarayonning boshang'ich davrida erishadi (QT tokining dinamik ta'siri). Agar o'tkazgichlar yoki ularning maxkamlash moslamalari kerakli darajada mustaxkam bo'lmasa, QT jarayonida shikastlanishi mumkin. QT davomida kuchlanishning juda pasayib ketishi, sanoat korxonalaridagi elektr motorlarni to'ntarilishiga va to'xtashiga olib kelishi natijasida xalq xo'jaligiga katta zarar yetkazishi mumkin. QT o'chirilmay qolib, ruxsat etilgandan uzoq vaqt davom etsa, u elektr tizimining dinamik turg'unligining buzilishiga olib kelishi mumkin. Bu esa elektr sistemasi uchun QTning eng og'ir oqibatlaridan biridir.

Qisqa tutashuv toklarini xisoblashning maqsadi:

O'TKINCHI JARAYONLAR

1. Elektr stantsiyasi va podstantsiyasini sxemalari solishtirish, baxolash va tanlash;
2. Elektr apparat va o'tkazgichlarni tanlash, ularni termik va dinamik mustaxkamligi va chidamliligini tekshirish;
3. Releli ximoya va avtomatika qurilmalarini loyixalash va sozlash;
4. Shikastlanish xolatida iste'molchilarning ishlashini taxlil qilish;
5. Generatorlar qo'zgatish tizimini tanlash va baxolash;
6. Ximoyalash uchun yerga ulash qurilmalarini loyixalash;
7. Razryadlagichlar xarakteristikasini tanlash;
8. Elektr tizimining statik va dinamik turg'unligini xisoblash;
9. Bo'lib o'tgan shikastlanishni taxlil qilish;
10. Elektr uzatish yo'llarining aloqa va signalizatsiya simlariga ta'sirini aniqlash.

QT tokini xisoblashda qabul qilinadigan asosiy farazlar.

Zamonaviy elektr tizimidagi barcha mavjud shartlarni e'tiborga olib, elektromagnit o'tish jarayonlarini xisoblash juda qiyin va amalda bajarib bo'lmaydi. Xisoblash uchun bir qator farazlar kiritiladi. Bu farazlar yechiladigan masalaning xarakteriga bog'lik. Qisqa tutashuv toki va kuchlanishini aniqlash bilan bog'liq ko'pgina amaliy masalalarni echishda odatda quyidagi taxminlar qabul qilinadi:

1. Elektr apparatlarning magnit tizimlari to'yinmagandir, ya'ni sxemadagi qarshiliklar chiziqlidir ($L=\text{const}$, $M=\text{const}$);
2. Transformatorni magnitlanish toklari xisobga olinmaydi ($i_\mu=0$);
3. Elektr liniyasi sig'imi o'tkazuvchanligi xisobga olinmaydi ($v_s=0$), bu 500 kV va yuqori kuchlanishli elektr uzatish yo'llariga tegishli emas;
4. Xavo elektr uzatish yo'lining aktiv qarshiliklari xisobga olinmaydi ($r=0$), bu past kuchlanishli tarmoqlar va kabel liniyalari uchun tegishli emas;
5. Uch fazali tizim simmetrikdir;
6. YUklamalar taxmini xisobga olinadi;
7. Sinxron mashinalarning davriy tezligi o'zgarmasdir ($\omega=\omega_s=\text{const}$).

Sinov savollari

1. Elektr tizimida sodir bo'ladiga o'tkinchi jarayonlar turlari. Ularning asosiy farqlanadigan ko'rsatkichlari.
2. Elektromagnit o'tkinchi jarayonlarni xosil bo'lish sabablari.
3. QT turlarining klassifikatsiyalari.
4. QT belgilanishi.
5. QTni xisoblash va taxlil qilishning asosiy usullari.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Elektromagnit o'tish jarayoning xisoblashni maqsadi va xisoblash uchun qabul qilinadigan asosiy farazlar va ularni izoxlash.

O'tkinchi va o'ta o'tkinchi qarshiliklar va elektr yurituvchi kuchlar(EYuK)

Elektro energetik tizim (ETT) asosiy elementlariga elektr energiyani ishlab chiqarishda (turbogeneratorlar (TG) va gidrogeneratorlar (GG)), o'zgartirishda (transformatorlar va avtotransformatorlar), taqsimlashda (kabel va xavo elektr uzatish yollari KEUYO va XEUYO) va turli xarakterdagi yuklamalar (sinxron va asinxron dvigatellar, yoritish uskunolari, to'g'rilagichlar va pechlar) kiradi. YUklamalar qarshilik qiymatlari bo'yicha ekvivalent o'zgarmas deb xisobga olinadi. Xuddi $t=0$ uchun $X_{*nag}=0,35$, xamda barqarorlashgan xolat uchun $X_{*nag}=1.2$ kabi.

To'liq dempfer chulg'amli gidrogeneratorlar va turbogeneratorlar elektromagnit o'tkinchi jarayonini taxlil qilishda G – shakldagi almashtirish sxemasi bilan ifodalanadi va quyidagi parametrlari bilan xarakterlanadi:

X_d – sinxron generatorning bo'ylama o'q bo'yicha sinxron induktiv qarshiligi;

X_q - sinxron generatorning ko'ndalang o'q bo'yicha sinxron induktiv qarshiligi;

X'_d - sinxron generatorning bo'ylama o'q bo'yicha o'tkinchi induktiv qarshiligi;

X''_d - sinxron generatorning bo'ylama o'q bo'yicha o'ta o'tkinchi induktiv qarshiligi;

E_q – sinxron generatorning ichki elektr yurituvchi kuchi;

E'_q - sinxron generatorning o'tkinchi elektr yurituvchi kuchi;

E''_q - sinxron generatorning o'ta o'tkinchi elektr yurituvchi kuchi;

X_2 - stator chulg'amining tokning teskari ketma-ketligiga bo'lgan induktiv qarshiligi;

$$X_2 = \frac{X_d X'_d}{X_d - X'_d}$$
 sinxron turbogenerator uchun ekvivalent dempfer chulg'ami xisobga olinmagandagi;

$$X_2 = \frac{X'_d X''_d}{X'_d - X''_d}$$
 - sinxron turbogenerator uchun ekvivalent dempfer chulg'ami xisobga olingandagi;

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$X_2 = \frac{X_q X_q''}{X_q - X_q''} - \text{ayon qutbli to'liq dempfer cho'lg'amli sinxron generator.}$$

o'tkinchi jarayoning boshlang'ich momenti uchun sinxron generator o'zining o'ta o'tkinchi EYUK (E_q'') va o'ta o'tkinchi qarshilik (X_d'') bilan ifodalanadi.

Barqaror turg'unlashgan xolat uchun sinxron generatorlar o'zining ichki EYUK (E_q) va qarshilik (X_d) bilan ifodalanadi.

Kuch transformatorlari nominal quvvati, chulg'amlar soni, qisqa tutashish kuchlanishi $U_k\%$ va taransformatsiya koeffitsienti QT bilan xarakterlanadi.

Elektr uzatish liniyasi o'tkinchi jarayoni taxlil qilishda T yoki P shakldagi almashtirish sxemasi bilan ifodalanib quyidagi parametrlari bilan beriladi:

X_0 – liniyaning xar bir km uzunligigi to'g'ri keluvchi solishtirma induktiv qarshiligi;

r_0 - liniyaning xar bir km uzunligigi to'g'ri keluvchi solishtirma induktiv qarshiligi;

b_0 - liniyaning xar bir km uzunligigi to'g'ri keluvchi solishtirma sig'im o'tkazuvchanligi.

Xavo elektr uzatish yo'lining uzunligi 300 km –gacha bo'lsa uning parametrlari quyidagi ifodalar bilan topiladi:

$$Z_n = r_n + jX_n;$$

$$r_1 = r_0 l;$$

$$X_1 = X_0 l;$$

$$Y_1 = b_0 l.$$

Liniyaning uzunligi 300 – 1000 km –gacha bo'lsa uning parametrlarini xisoblashda tuzatish koeffitsientlari e'tiborga olinadi:

$$r_1 = K_r r_0 l;$$

$$X_1 = K_x X_0 l;$$

$$Y_1 = K_b b_0 l.$$

$$\text{Bu yerda } K_r = 1 - \frac{l^2}{3} X_0 b_0;$$

$$K_x = 1 - \frac{l^2}{6} (X_0 b_0 - r_0^2 \frac{b_0}{X_0})$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$K_b = 0.5 \frac{3 + K_r}{1 + K_r}$$

Sinxron dvigatellarning parametrlari sinxron generatorlarning parametrlariga mos bo'ladi.

Umumlashgan yuklama nominal quvvati va yuqorida keltirilgan $t=0$ va $t=\infty$ uchun qarshiliklari bilan ifodalanadi.

Reaktorlar – bu o'zaksiz induktiv chulg'amdir. Reaktor QT va yurg'izish toklarini chegaralash uchun, xamda stantsiya va podstantsiya shinalarida qoldiq kuchlanishni rostlash uchun qo'llaniladi. Reaktor U_{nom} [kV], I_{nom} [A] va qarshilik x_r [Om] ifodalanadi. Ishlatishda chiziqli va ikkilangan reaktorlar ko'llaniladi.

S_{nom} - sistema elementlarning nominal to'la quvvati (generatorning, transformatorning, qabul qiluvchi energo sistemaning), birligi MVA; S_b – nisbiy birlikga o'tkazish uchun qabul qilinadigan bazis sharti ya'ni bazis quvvat, MVA; S_k — tekshirilayotgan energo sistemani qisqa tutashuv quvvati, MBA; $I_{nom.otk}$ – sistemada qo'llaniladigan o'chirgichlarning uzish nominal toki, kA; X_{S^*} - energo sistemani nisbiy birlikda ifodalangan nominal induktiv qarshiligi; $U_K\%$ kuch transformatorni qisqa tutashuv kuchlanishi; I_b – bazis shartlaridan biri, bazis toki, kA; U_{sr} - sistema elementlarining parametrlari keltirilgan kuchlanishning o'rtacha pag'onasi, kV;

. Qisqa tutashuvni hisoblashning amaliy usullari: ustma–ust qo'vish (super-pozitsiya), tugun kuchlanishlari tenglamalari va hisoblash usullari

Murakkab elektr sistema uchun shikastlangan shaxobchadagi uch fazali qisqa tutashuv tokini hisoblash quyidagicha ketma – ketlikda bajariladi:

- o'tkinchi jarayonlarni soddalashtirilgan ko'rinishidan foyodalanishga imkon bYeruvchi asosiy hisoblash farazlari ifodalanadi;

- Hisoblashning maqsadli yo'nalishiga mos keluvchi hisoblash shartlari aniqlaniladi;

- qabul qilingan farazlarga mos ravishda elektr sistemaning almashtirish sxemasi tuziladi va uning elementlarining parametrlari topiladi;

- ba'zi xollarda aloxida talabga ko'ra sistema elementlari orasidagi transformator aloqa xisobga olinmaydi, ya'ni kuchlanishning bir pog'onasiga keltiriladi.

- sistemaning almashtirish sxemasi ketma – ket o'zgartirishlar yordamida odiy ko'rinishga keltiriladi;

- qisqa tutashuv tokining pYeriodik tashkil etuvchisi aniklaniladi, tokning apYeriodik tashkil etuvchisining ekvivalent vaqt doimiysini aniqlashda shikastlangan shaxobchaning biror fazasida qisqa tutashuv tokining apYeriodik tashkil etuvchisi maksimal deb olinadi;

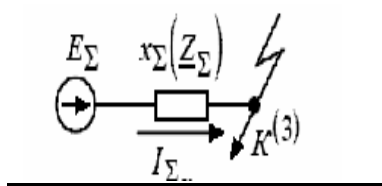
O'TKINCHI JARAYONLAR

- shikastlangan shaxobchaning biror tanlangan fazasida qisqa tutashuv tokining zarbaviy qiymati xisoblaniladi;

- talabga ko'ra elektr sistema almashtirish sxemasida qisqa tutashuv tokining taqsimlanishi topiladi.

Xisoblash shartlari

Elektromagnit o'tkinchi jarayonni xisoblash maqsadiga bog'liq ravishda xisoblash shartlari turli tuman bo'lishi mumkin. Masalan elektr qurilmalarini tanlash uchun qisqa tutashuv sodir bo'lgan nuqtadagi tokning maksimal qiymatini aniqlansa, rele ximoyasini va tizim avtomatikasini mostlash uchun qisqa tutashuv tokining minimal qiymati aniklaniladi.



Rasm 3. Murrakab elektr sistemaning ekvivalent (natijaviy)

almashtirish sxemasi

Elektr sistemasining o'zgartirilgan almashtirish sxemasi uchun qisqa tutashuv tokining pYeriodik tashkil etuvchisi (rasm 3) quyidagi formula yordamida topiladi:

$$I_{\Sigma K} = \frac{E_{\Sigma}}{X_{\Sigma}(Z_{\Sigma})}$$

Qisqa tutashuv tokining maksimal qiymati – zarbaviy tok quyidagicha aniklaniladi:

$$i_y = \sqrt{2} k_y I_{\Sigma K},$$

Ko'plab ES rejimlari nosimmetrik jarayonlar bilan bog'liqdir. Nosimmetriya ko'ndalang (tutashuv, qisqa tutashuv) va bo'ylama (faza elementlarida kuchlanishning o'zgarishi – uzilish, o'chirilishi va b.) bo'lishi mumkin. Bu bo'limda diqqat bir karrali nosimmetriya rejimlariga qaratilgan, ya'ni bular shunday rejimlarki, ularda nosimmetrik xolatga faqat bir jism bo'ladi (bir nuqta), ES ning qolgan barcha qismi simmetrik xolatda bo'ladi.

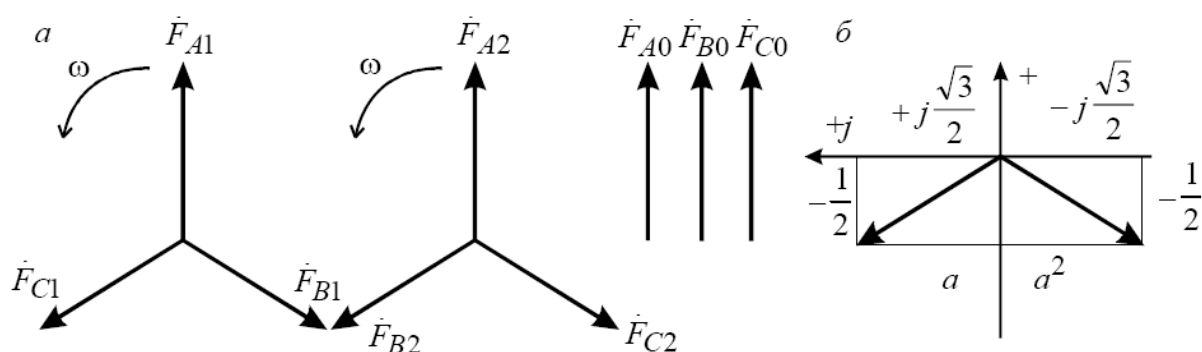
Bir karrali nosimmetriyani tekshirishda simmetrik tashkil etuvchilar uslubini qo'llanilishi

Elektr qurilmalarini nosimmetrik rejimlarini taxlil qilish uchun simmetrik tashqil etuvchilar uslubidan foyodalaniladi, bundan:

$$\dot{F}_A = \dot{F}_{A0} + \dot{F}_{A1} + \dot{F}_{A2}; \dot{F}_B = \dot{F}_{B0} + \dot{F}_{B1} + \dot{F}_{B2}; \dot{F}_C = \dot{F}_{C0} + \dot{F}_{C1} + \dot{F}_{C2}, \quad (9.1)$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

Bu yerda F_A, F_V, F_S – nosimmetrik faza kattaliklari; $F_{A0}, F_{A1}, \dots, F_{S2}$ – fazaning simmetrik tashkil etuvchilari (9.1 rasm, a).



Rasm. 9.1. Uch fazali sistemaning simmetrik tashkil etuvchilarning vektorlari(a) va aylanuvchi vektorlar (b)

9.1 tenglamani soddalashtirish uchun aylanuvchi vektorlarni kiritish zarur (9.1 rasm, b)

$$a = e^{j\frac{2\pi}{3}} = e^{j\rho}; \quad a^2 = e^{j2\rho} = e^{-j\rho};$$

$$F_{B1} = a^2 F_{A1}; F_{B2} = a F_{A2}; F_{C1} = a F_{A1}; F_{C2} = a^2 F_{A2}.$$

Bu xolda matritsa ko'rinishida:

$$F_f = \mathbf{S} F_s, \quad (9.2)$$

bunda F_f – fazali kattliklarning vektori; $\mathbf{S}$ – simmetrik tashkil etuvchilarning koeffitsienti matritsasi; F_s – simmetrik tashkil etuvchilar vektori.

Teskari o'zgartirish usulini qo'llab, quyidagini olamiz:

$$F_s = \mathbf{S}^{-1} F_f, \quad (9.3)$$

bunda $\mathbf{S}^{-1}$ – koeffitsientlarning teskari matritsasi:

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{S}^{-1} = \frac{1}{3} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \quad (9.4)$$

Nosimmetrik o'tish jarayoni fizik suratini SM da ko'rib chiqib, simmetrik tashkil etuvchilar usulini to'g'ridan-to'g'ri qo'llab bo'lmasligi namoyon bo'ladi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

So'nggi xolat shu bilan shartlanadiki, bunda turli ketma-ketliklardagi toklar bir-birlari bilan cheksiz garmonik spektr orqali bog'langan. Tokning to'la spektr garmonik SM da fazalardagi asosiy garmonikaning toklarini nosimmetrik bo'lishi va SM ning nosimmetrik bo'lishi sababidir.

Yuqorida keltirilgan qiyinchiliklar sababli amaliyotda tok va kuchlanishlarning asosiy garmonikalarini xisobga olish bilan kifoyalaniladi, va bunday usul ko'p xollarda ruxsat etilgan xatolik nuqtai nazaridan qulaydir.

Agar elektr qurilmalarning turli ketma-ketliklardagi toklarga qarshiliklari ma'lum bo'lsa, ya'ni Z_1 – to'g'ri, Z_0 – nol, Z_2 – teskari ketma-ketliklardagi qarshiliklar, unda nosimmetriya nuqtasi uchun quyidagini yozish mumkin:

$$\Delta \dot{U}_0 = \underline{Z}_0 \dot{I}_0; \quad \Delta \dot{U}_1 = \underline{Z}_1 \dot{I}_1; \quad \Delta \dot{U}_2 = \underline{Z}_2 \dot{I}_2. \quad (9.5)$$

(9.5) dagi manbalarni xisobga olganda tenglamaga mos ketma-ketliklardagi EYUK larni kiritish lozim. Ma'lumki, SM da barcha ketma-ketlikdagi EYUK sodir bo'ladi: teskari E_2 va nolli E_0 , SM ning statordagi oquvchi nolli I_0 va teskari I_2 toklarning ketma-ketligiga ta'siridir. SHunday qilib, E_0 va E_2 EYUK larni kuchlanish tushishi shaklida qabul qilish qulayroq xisoblanadi.

Bu xolda barcha SM larning KAR lari faqatgina asosiy garmonikadan ta'sirlanadi, ya'ni to'g'ridan-to'g'ri ketma-ketlikdagi filtrlar orqali yoqilgan.

Demak, ko'ndalang nosimmetriya uchun quyidagi yozish mumkin:

$$\dot{U}_0 = 0 - \underline{Z}_{0\Sigma} \dot{I}_0; \quad \dot{U}_1 = \dot{E}_{1\Sigma} - \underline{Z}_{1\Sigma} \dot{I}_1; \quad \dot{U}_2 = 0 - \underline{Z}_{2\Sigma} \dot{I}_2,$$

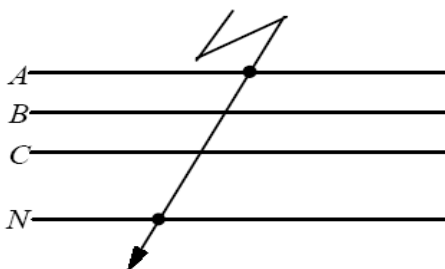
bunda U_0 , U_1 , U_2 , i I_0 , I_1 , I_2 – nosimmetrik nuqtadagi kuchlanish va tokning simmetrik tashkil etuvchilari; $E_{1\Sigma}$ – EYUK ning to'g'ridan-to'g'ri ketma-ketlikdagi natijaviysi; $Z_{0\Sigma}$, $Z_{1\Sigma}$, $Z_{2\Sigma}$ – nosimmetriya nuqtasiga nisbatan qarshilikning nol, to'g'ri va teskari tartibdagi natijaviysi. Ko'ndalang nosimmetriyada U kuchlanish ΔU ga almashtiriladi.

Turli tartibdagi ketma-ketliklar uchun tenglamalar bir-birlariga bog'liq emas ekan, EYUK va ekvivalent qarshiliklarni aniqlash uchun xar bir tartib uchun uchta aloxida almashish sxemasini tuzish mumkin.

Tug'ri tartib tenglamasi $E_{1\Sigma}$ o'ziga oladi, shuning uchun tok I_1 EYUK manbaidan nosimmetriya nuqtasiga qarab oqadi. I_0 va I_2 toklari nosimmetriya nuqtasidan oqadi.

Bir fazali qisqa tutashuvni nosimmetriya joyidagi chegaraviy shartlarni qo'llash orqali analiz qilish. To'g'ri tartibdagi toklarning

ekvivalentlik qoidasi.



O'TKINCHI JARAYONLAR

Tizimning ko'ndalang va buylama nosimmetrik holatlari va o'tish jarayonlari. Asosiy tushunchalar.

Nosimmetrik rejimlarning amaliy xisobida, uch fazali qisqa tutashuvda qabul qilingan taxlillardan foydalaniladi. Ekvivalent parametrlarni topish asosida ketma-ketliklarning almashinishi sxemasi tuzib chiqiladi. So'ngra to'g'ri ketma-ketliklari ekvivalentligi qoidasi asosida, boshlang'ich momenti $t=0$ vaqt uchun, to'g'ri ketma-ketligidagi tok xisoblanadi.(9.11) qisqa tutashuv tokining nodavriy tashkil etuvchisi $K^{(3)}$ analogiyasida bajariladi, nosimmetrik holatiga asosan, aktiv va reaktiv esa quyidagi formulalar orqali topiladi:

$$\begin{aligned}x_{\Sigma}^{(n)} &= x_{1\Sigma} + x_{\Delta}^{(n)}, \\r_{\Sigma}^{(n)} &= r_{1\Sigma} + r_{\Delta}^{(n)}.\end{aligned}\tag{13.1}$$

Boshqa ketma-ketlikdagi tok va kuchlanishlarni hisoblashda, ketma-ketliklarning ulanish universal sxemasida topilgan formulasidan foydalaniladi.(13.1)

Nosimmetrik qisqa tutashuvdagi kuchlanish E.T bog'laridagi kuchlanishga nisbatan yuqori bo'lganligi sababli, $K^{(3)}$ ga, nisbatan yuklanishni ko'chishga taminlash darajasi pasayadi, shuning uchun qisqa tutashuv nuqtasiga ulangan yuklanmani hisobga olish maqsadga muvofiq bo'ladi.

Qisqa tutashuv vaqtidagi tok o'zgarishini hisoblash.

Ma'lumki, qisqa to'g'ri ketma-ketlikdagi tok, aynan uch fazali qisqa tutashuvdagi tok kabi aniqlanadi, faqat z_{Δ} qarshilik hisobiga olinishi kerak. Bu qarshilik ushbu qarshilik o'rganilayotgan elektr tarmog'idagi orqaga qaytish $z_{2\Sigma}$ va nol $z_{0\Sigma}$ ketma-ketliklarni ekvivalent qarshiliklarini paralel va ketma-ket hisoblaydigan yo'l orqali hisoblanadi. Shunday qilib z_{Δ} -qarshilik vaqt oralig'ida o'zgarmaydi, to'g'ri ketma-ketlikdagi tokning o'zgarish qonuni $K^{(3)}$ dagi kabi, $z_{1\Sigma}(t)$ Σ va $E_{1\Sigma}(t)$ fnksiyalari orqali aniqlanadi. Bundan vaqt oralig'idagi o'zgaruvchan tok $I_k^{(3)}$ hisobi, $I_{kl}^{(n)}$ hisobiga mos ravishda bo'ladi. Shunday qilib, to'g'ri ketma-ketlikdagi tokning vaqt oralig'idagi o'zgarishini hisoblashda eg'ri chiziqli namunadan foydalanish mumkin.

Qolgan ketma-ketlikdagi tok va kuchlanishlar, bizga ma'lum bo'lgan to'g'ri ketma-ketlikdagi (9.13) istalgan vaqt momentidagi funksiya orqali aniqlanadi. Simmetrik tashkil qiluvchilarini bilgan holda xossalaridagi tok va kuchlanishni topish qiyinchilik tug'dirmaydi.

ET elementlari bo'ylab tok va kuchlanishlarining tarqalishi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Nosimmetrik rejimdagi tarmoqlardagi tok va kuchlanishlarni aniqlash uchun, ularga mos keluvchi simmetrik tashkil etuvchilarini bilish kerak, ya'ni simmetrik tashkil etuvchilar sxemasiga mos holda tok va kuchlanishning tarqalishini hisobga olish kerak. Nosimmetrik nuqtadagi tok va kuchlanishni hisoblash oson, shuningdek $t=0$ momentdagi tok va yuklamalarning tarqalishini ham oson hisoblash mumkin, chunki bunda ketma-ketliklar sxemasi parametrlari ma'lum. Qarshi va nolavoy ketma-ketlikdagi istalgan vaqt momentida tok va yuklamalarni ham shu yo'l bilan topish mumkin. Bu xolatda tok taqsimlash koeffitsientidan foydalanish mumkin.

To'g'ri ketma-ketlikda bu hisoblar ancha mushkil chunki unda EDS va qarshilik vaqt oralig'ida o'zgaruvchandir. Bunday xolatlarda 1975-yilgi uch fazali tutashuvdagi egri chiziqli xisobdan foydalaniladi.

Fazali kataliklarni xisobga olib, simmetrik tashkil etuvchilarni ketma-ketliklar transformatsiyalanganda, ular xar hil burchaklarga qayiriladi. Boshqa so'z bilan aytganda toklar uchun umumiy transformatsiyalash koeffitsientiga xisobga olinishi kerak:

$$k_1 = ke^{-j30N}, \quad k_2 = ke^{j30N}, \quad (13.2)$$

unda k_1 – to'g'ri ketma-ketlik uchun, k_2 – orqaga qaytish ketma-ketligi, N – ulanishlar guruhi, k – transformatsiyalash koeffitsienti moduli.

Xar xil qisqa tutashuvlarni taqqoslash.

Faraz qilaylik xar xil xolatdagi qisqa tutashuvlar bir nuqtasida va bir xil boshlang'ich shartlar amalga oshadi.

U xolda ketma-ketliklar ulanishlarning unversal sxemasiga va (13.1) jadvaliga (13.3) quyidagi bog'ni yozish mumkin:

$$z_{\Delta}^{(3)} < z_{\Delta}^{(1.1)} < z_{\Delta}^{(2)} < z_{\Delta}^{(1)}, \quad \dot{I}_1^{(3)} > \dot{I}_1^{(1.1)} > \dot{I}_1^{(2)} > \dot{I}_1^{(1)}.$$

Undan,

$$\dot{U}_1^{(3)} < \dot{U}_1^{(1.1)} < \dot{U}_1^{(2)} < \dot{U}_1^{(1)}. \quad (13.4)$$

Jadval. 13.1

$z_{\Delta}^{(n)}$ va $m^{(n)}$ kattaliklarini xar xil xolatdagi qisqa tutashuvlarda taqqoslash.

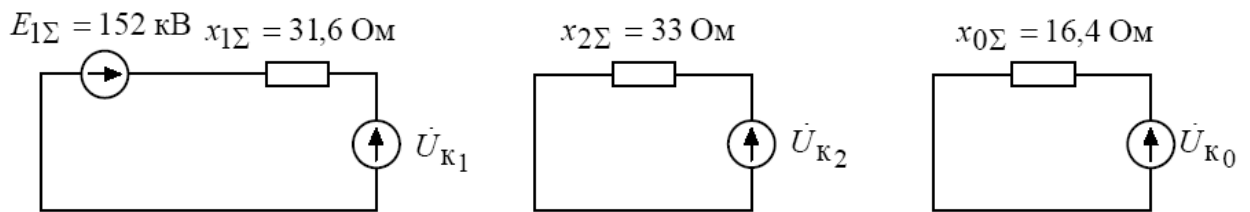
O'TKINCHI JARAYONLAR

В и д к . з .	$z_{\Delta}^{(n)}$	$m^{(n)}$
$K^{(1)}$	$z_{0\Sigma} + z_{2\Sigma}$	3
$K^{(2)}$	$z_{2\Sigma}$	$\sqrt{3}$
$K^{(1,1)}$	$\left(\frac{1}{z_{0\Sigma}} + \frac{1}{z_{2\Sigma}} \right)^{-1}$	$a^2 - \frac{x_{2\Sigma} + ax_{0\Sigma}}{x_{2\Sigma} + x_{0\Sigma}}$
$K^{(3)}$	0	1

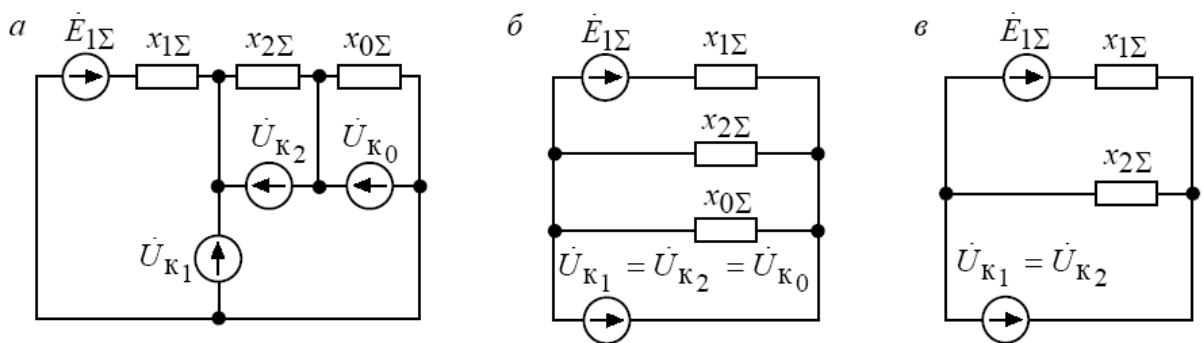
Demferlovchi chulg'amga ega generatorning qisqa tutashuv toki bodavriy tashkil etuvchisining vaqt doimiysini so'nishi, quyidagi ifoda bilan bog'langan:

$$T_d' = T_f \cdot \frac{x_{d\Sigma}' + x_{\Delta}^{(n)}}{x_{d\Sigma} + x_{\Delta}^{(n)}},$$

13.1.Misol Elektro tarmoqning ayrim ko'ndanang nosimmetrik xolatini taxlil uchun mo'ljallangan. 2.Uchta ketma-ketlikdan so'ng ko'rsatilgan ekvivalentlar hosil boladi.



13.1-rasm Ketma-ket sxemalar ekvivalente.



13.2 rasm ketma ketliklar sxemasi: $K^{(1)}$ (a), $K^{(1,1)}$ (b), $K^{(2)}$ (e)

xolatlari uchun, fazalardagi qisqa tutashuv nuqtasida tok va kuchlanishni aniqlash.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Bir fazali yerga qisqa tutashuv 13.1, a sxemasiga mos ravishda:

$$x_{\Delta}^{(1)} = x_{2\Sigma} + x_{0\Sigma} = 33 + 16,4 = 49,4 \text{ OM};$$

$$\dot{I}_{K_1}^{(1)} = \frac{\dot{E}_1}{j(x_{2\Sigma} + x_{\Delta}^{(1)})} = \frac{152}{j(31,6 + 49,4)} = \frac{152}{j81} = -j1,88 \text{ kA};$$

$$\dot{I}_{K_2}^{(1)} = \dot{I}_{K_0}^{(1)} = \dot{I}_{K_1}^{(1)} = -j1,88 \text{ kA};$$

$$\dot{U}_{K_1}^{(1)} = \dot{I}_{K_1}^{(1)} \cdot jx_{\Delta}^{(1)} = -j1,88 \cdot j49,4 = 92,87 \text{ kV};$$

$$\dot{U}_{K_2}^{(1)} = -\dot{I}_{K_2}^{(1)} \cdot jx_{2\Sigma} = j1,88 \cdot j33 = -62,07 \text{ kV};$$

$$\dot{U}_{K_0}^{(1)} = -\dot{I}_{K_0}^{(1)} \cdot jx_{0\Sigma} = j1,88 \cdot j16,4 = -30,8 \text{ kV}.$$

Fazaviy kattaliklar:

$$\dot{I}_A^{(1)} = \dot{I}_{K_0}^{(1)} + \dot{I}_{K_1}^{(1)} + \dot{I}_{K_2}^{(1)} = 3\dot{I}_{K_1}^{(1)} = 3 \cdot (-j1,88) = -j5,64 \text{ kA};$$

$$\dot{I}_B^{(1)} = \dot{I}_{K_0}^{(1)} + a^2 \dot{I}_{K_1}^{(1)} + a \dot{I}_{K_2}^{(1)} = 3\dot{I}_{K_1}^{(1)} = \left(1 + a^2 + a\right) \dot{I}_{K_1}^{(1)} = \left(-1 - \frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \dot{I}_{K_1}^{(1)} \equiv 0;$$

$$\dot{I}_C^{(1)} \equiv 0;$$

$$\dot{U}_A^{(1)} = \dot{U}_{K_0}^{(1)} + \dot{U}_{K_1}^{(1)} + \dot{U}_{K_2}^{(1)} = 92,87 - 62,07 - 30,8 = 0;$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_B^{(1)} &= \dot{U}_{K_0}^{(1)} + a^2 \dot{U}_{K_1}^{(1)} + a \dot{U}_{K_2}^{(1)} = -30,8 + \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \cdot 92,87 - \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \cdot 62,07 = \\ &= -46,2 - j134,2 = 141,9 \angle -108,9^\circ \text{ kV}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_C^{(1)} &= \dot{U}_{K_0}^{(1)} + a \dot{U}_{K_1}^{(1)} + a^2 \dot{U}_{K_2}^{(1)} = -30,8 + \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \cdot 92,87 - \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \cdot 62,07 = \\ &= -46,2 + j134,2 = 141,9 \angle 108,9^\circ \text{ kV}. \end{aligned}$$

Ikki fazali yerga qisqa tutashuv 13.1, b sxemaga mos ravishda:

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$x_{\Delta}^{(1.1)} = \left(\frac{1}{x_{1\Sigma}} + \frac{1}{x_{2\Sigma}} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{33} + \frac{1}{16,4} \right)^{-1} = 10,96 \text{ Ом};$$

$$I_{K_1}^{(1.1)} = \frac{152}{j(31,6 + 10,96)} = -j3,57 \text{ кА};$$

$$U_{K_1}^{(1.1)} = I_{K_1}^{(1.1)} \cdot jx_{\Delta}^{(1.1)} = -j3,57 \cdot j10,96 = 39,13 \text{ кВ};$$

$$U_{K_0}^{(1.1)} = U_{K_2}^{(1.1)} = U_{K_1}^{(1.1)} = 39,13 \text{ кВ};$$

$$I_{K_2}^{(1.1)} = \frac{-U_{K_2}^{(1.1)}}{jx_{2\Sigma}} = \frac{-39,13}{j33} = -j1,19 \text{ кА};$$

$$I_{K_0}^{(1.1)} = \frac{-U_{K_0}^{(1.1)}}{jx_{0\Sigma}} = \frac{-39,13}{j16,4} = j2,38 \text{ кА}.$$

Fazaviy kattaliklar:

$$I_A^{(1.1)} = -j3,57 + j1,19 + j2,38 = 0;$$

$$\begin{aligned} I_B^{(1.1)} &= j2,38 + \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cdot (-j3,57) + \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cdot j1,19 = \\ &= -4,12 + j3,57 = 5,45 \angle 139,1^\circ \text{ кА}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_C^{(1.1)} &= j2,38 + \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cdot (-j3,57) + \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cdot j1,19 = \\ &= 4,12 + j3,57 = 5,45 \angle 40,9^\circ \text{ кА}; \end{aligned}$$

$$U_{K_A}^{(1.1)} = 3U_{K_1}^{(1.1)} = 3 \cdot 39,13 = 117,4 \text{ кВ};$$

$$U_{K_B}^{(1.1)} = U_{K_C}^{(1.1)} = 0.$$

Ikki fazaviy tutashuv. 13.1, v mos ravishda:

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$x_{\Delta}^{(2)} = x_{2\Sigma} = 33 \text{ OM};$$

$$\dot{I}_{K_1}^{(2)} = \frac{152}{j(31,6 + 33)} = -j2,35 \text{ KA};$$

$$\dot{U}_{K_1}^{(2)} = \dot{I}_{K_1}^{(2)} \cdot jx_{\Delta}^{(2)} = -j2,35 \cdot j33 = 77,6 \text{ KB};$$

$$\dot{U}_{K_2}^{(2)} = \dot{U}_{K_1}^{(2)} = 77,6 \text{ KB};$$

$$\dot{I}_{K_2}^{(2)} = \frac{-\dot{U}_{K_2}^{(2)}}{jx_{2\Sigma}} = \frac{-77,6}{j33} = j2,35 \text{ KA} = -\dot{I}_{K_1}^{(2)}.$$

Fazaviy kattaliklar:

$$\dot{I}_A^{(2)} \equiv 0;$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_B^{(2)} &= \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \dot{I}_{K_1}^{(2)} + \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \dot{I}_{K_2}^{(2)} = \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \dot{I}_{K_1}^{(2)} = \\ &= -j\sqrt{3} \dot{I}_{K_1}^{(2)} = -j2,35 \cdot (-j\sqrt{3}) = -4,07 \text{ KA}; \end{aligned}$$

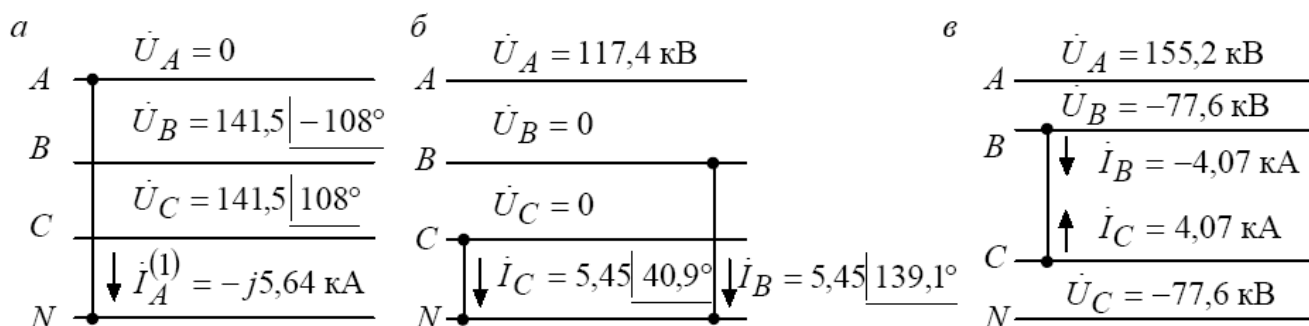
$$\dot{I}_C^{(2)} = -\dot{I}_B^{(2)} = 4,07 \text{ KA};$$

$$\dot{U}_A^{(2)} = \dot{U}_{K_1}^{(2)} + \dot{U}_{K_2}^{(2)} = 2 \dot{U}_{K_1}^{(2)} = 77,6 \cdot 2 = 155,2 \text{ KB};$$

$$\dot{U}_C^{(2)} = \dot{U}_B^{(2)} = -77,62 \text{ KB}.$$

Xisoblash natijalari 13.3. rasmda ko'rsatilgan.

O'TKINCHI JARAYONLAR



13.3-rasm. $K^{(1)}$ a, $K^{(1.1)}$ b, $K^{(2)}$ c xolatlar uchun fazadagi tok va kuchlanishlar xisobining natijalari.

Simmetrik tashkil etuvchilar usuli; tizim elementlarining ketma - ketliklar uchun almashtirish sxemalari va parametrlari to'g'ri, teskari va nol inchi

Nosimmetrik rejimlarning amaliy xisobida, uch fazali qisqa tutashuvda qabul qilingan taxlillardan foydalaniladi. Ekvivalent parametrlarni topish asosida ketma-ketliklarning almashinishi sxemasi tuzib chiqiladi. So'ngra to'g'ri ketma-ketliklari ekvivalentligi qoidasi asosida, boshlang'ich momenti $t=0$ vaqt uchun, to'g'ri ketma-ketligidagi tok xisoblanadi. (9.11) qisqa tutashuv tokining nodavriy tashkil etuvchisi $K^{(3)}$ analogiyasida bajariladi, nosimmetrik holatiga asosan, aktiv va reaktiv esa quyidagi formulalar orqali topiladi:

$$\begin{aligned} x_{\Sigma}^{(n)} &= x_{1\Sigma} + x_{\Delta}^{(n)}, \\ r_{\Sigma}^{(n)} &= r_{1\Sigma} + r_{\Delta}^{(n)}. \end{aligned} \quad (13.1)$$

Boshqa ketma-ketlikdagi tok va kuchlanishlarni hisoblashda, ketma-ketliklarning ulanish universal sxemasida topilgan formulasidan foydalaniladi. (13.1)

Nosimmetrik qisqa tutashuvdagi kuchlanish E.T bog'laridagi kuchlanishga nisbatan yuqori bo'lganligi sababli, $K^{(3)}$ ga, nisbatan yuklanishni ko'chishga taminlash darajasi pasayadi, shuning uchun qisqa tutashuv nuqtasiga ulangan yuklanmani hisobga olish maqsadga muvofiq bo'ladi.

Qisqa tutashuv vaqtidagi tok o'zgarishini hisoblash.

Ma'lumki, qisqa to'g'ri ketma-ketlikdagi tok, aynan uch fazali qisqa tutashuvdagi tok kabi aniqlanadi, faqat z_{Δ} qarshilik hisobiga olinishi kerak. Bu qarshilik ushbu qarshilik o'rganilayotgan elektr tarmog'idagi orqaga qaytish $z_{2\Sigma}$ va nol $z_{0\Sigma}$ ketma-ketliklarni ekvivalent qarshiliklarini paralel va ketma-ket hisoblaydigan yo'l orqali hisoblanadi. Shunday qilib z_{Δ} -qarshilik vaqt oralig'ida o'zgarmaydi, to'g'ri ketma-ketlikdagi tokning o'zgarish qonuni $K^{(3)}$ dagi

O'TKINCHI JARAYONLAR

kabi, $z_{1\Sigma}(t)$ Σ va $E_{1\Sigma}(t)$ fnksiyalari orqali aniqlanadi. Bundan vaqt oralig'idagi o'zgaruvchan tok $I_k^{(3)}$ hisobi, $I_{kl}^{(n)}$ hisobiga mos ravishda bo'ladi. Shunday qilib, to'g'ri ketma-ketlikdagi tokning vaqt oralig'idagi o'zgarishini hisoblashda eg'ri chiziqli namunadan foydalanish mumkin.

Qolgan ketma-ketlikdagi tok va kuchlanishlar, bizga ma'lum bo'lgan to'g'ri ketma-ketlikdagi (9.13) istalgan vaqt momentidagi funksiya orqali aniqlanadi. Simmetrik tashkil qiluvchilarini bilgan holda xossaligidagi tok va kuchlanishni topish qiyinchilik tug'dirmaydi.

ET elementlari bo'ylab tok va kuchlanishlarining tarqalishi.

Nosimmetrik rejimdagi tarmoqlardagi tok va kuchlanishlarni aniqlash uchun, ularga mos keluvchi simmetrik tashkil etuvchilarini bilish kerak, ya'ni simmetrik tashkil etuvchilar sxemasiga mos holda tok va kuchlanishning tarqalishini hisobga olish kerak. Nosimmetrik nuqtadagi tok va kuchlanishni hisoblash oson, shuningdek $t=0$ momentdagi tok va yuklamalarning tarqalishini ham oson hisoblash mumkin, chunki bunda ketma-ketliklar sxemasi parametrlari ma'lum. Qarshi va nolavoy ketma -ketlikdagi istalgan vaqt momentida tok va yuklamalarni ham shu yo'l bilan topish mumkin. Bu xolatda tok taqsimlash koeffitsientidan foydalanish mumkin.

To'g'ri ketma-ketlikda bu hisoblar ancha mushkil chunki unda EDS va qarshilik vaqt oralig'ida o'zgaruvchandir. Bunday xolatlarda 1975-yilgi uch fazali tutashuvdagi egri chiziqli xisobdan foydalaniladi.

Fazali kataliklarni hisobga olib, simmetrik tashkil etuvchilarni ketma-ketliklar transformatsiyalanganda, ular xar hil burchaklarga qayiriladi. Boshqa so'z bilan aytganda toklar uchun umumiy transformatsiyalash koeffitsientiga hisobga olinishi kerak:

$$k_1 = ke^{-j30N}, \quad k_2 = ke^{j30N}, \quad (13.2)$$

unda k_1 – to'g'ri ketma-ketlik uchun, k_2 – orqaga qaytish ketma-ketligi, N – ulanishlar guruhi, k – transformatsiyalash koeffitsienti moduli.

Xar xil qisqa tutashuvlarni taqqoslash.

Faraz qilaylik xar xil xolatdagi qisqa tutashuvlar bir nuqtasida va bir xil boshlang'ich shartlar amalga oshadi.

U xolda ketma-ketliklar ulanishlarning unversal sxemasiga va (13.1) jadvaliga (13.3) quyidagi bog'ni yozish mumkin:

$$z_{\Delta}^{(3)} < z_{\Delta}^{(1.1)} < z_{\Delta}^{(2)} < z_{\Delta}^{(1)}, \quad \dot{I}_1^{(3)} > \dot{I}_1^{(1.1)} > \dot{I}_1^{(2)} > \dot{I}_1^{(1)}.$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

Undan,

$$\dot{U}_1^{(3)} < \dot{U}_1^{(1.1)} < \dot{U}_1^{(2)} < \dot{U}_1^{(1)}. \quad (13.4)$$

Jadval. 13.1

$z_{\Delta}^{(n)}$ va $m^{(n)}$ kattaliklarini xar xil xolatdagi qisqa tutashuvlarda taqqoslash.

В и д к . з .	$z_{\Delta}^{(n)}$	$m^{(n)}$
$K^{(1)}$	$z_{0\Sigma} + z_{2\Sigma}$	3
$K^{(2)}$	$z_{2\Sigma}$	$\sqrt{3}$
$K^{(1.1)}$	$\left(\frac{1}{z_{0\Sigma}} + \frac{1}{z_{2\Sigma}} \right)^{-1}$	$a^2 - \frac{x_{2\Sigma} + ax_{0\Sigma}}{x_{2\Sigma} + x_{0\Sigma}}$
$K^{(3)}$	0	1

(13.5)

Demferlovchi chulg'amga ega generatorning qisqa tutashuv toki bodavriy etuvchisining vaqt doimiysini so'nishi, quyidagi ifoda bilan bog'langan:

$$T_d' = T_f \cdot \frac{x_{d\Sigma}' + x_{\Delta}^{(n)}}{x_{d\Sigma} + x_{\Delta}^{(n)}},$$

Tizimning xolatlariga mos keluvchi almashtirish sxemalari; kom'leks almashtirish sxemalari; to'g'ri ketma – ketlikni ekvivalentligi qoidasi; nosimmetrik qisqa tutashuvni hisoblash usullari

Elementlarni shartli ravishda uch turga bo'lamiz.

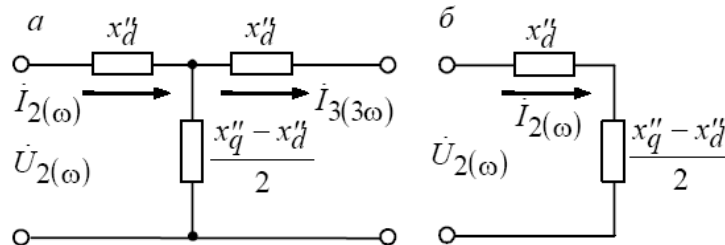
1. Fazalari o'rtasida elektromagnit bog'lanish yo'q bo'lgan elementlar. Bunda quyidagi shartlar bajariladi: $x_0 = x_1 = x_2$; $r_0 = r_1 = r_2$.
2. Bir-biriga nisbatan siljimaydigan fazalari elektromagnit bog'langan elementlar. Bunda $x_1 = x_2$, $r_1 = r_2$. Nol tartibdagi qarshilik tog'ri tartibdagi qarshilikdan sezilarli farq qilishi mumkin.

O'TKINCHI JARAYONLAR

3. Fazalari bir-biriga elektromagnit bog'langan va bir-biriga nisbatan o'zgaruvchan bo'lgan elementlar.

Sinxron mashinalar

Teskari tartibdagi toklar SM ning chulg'amalridan oqadi agarda zajimlarga teskari tartibdagi kuchlanish manbaini ulasak. Bunda xosil



Rasm. 12.1 X_2 qarshiliknini aniqlash uchun almashtirish sxemasi (cheksiz manbaga ulaganda)

bo'ladigan magnit oqim statorda tokning toq garmonikasini xosil qiladi. Boshqacha qilib ayotganda, teskari tartibdagi induktivlik ishning tashqi shartlariga bog'liq. Bir necha konkret xolatlarini ko'rib chiqamiz.

1. Teskari tartibning kuchlanishi cheksiz quvvatli manbadan o'tkazilgan. SM da maydonning yuqori garmoniklari xosil bo'ladi. Ma'lumki x_2 qarshilik o'rinlash sxemasidan aniqlansa bo'ladi, 4.4 rasmga mos ravishda, 3-garmonikani xisob olgan xolda.

$$x_2 = \frac{U_2(\omega)}{I_2(\omega)} = \frac{2x_d''x_q''}{x_d'' + x_q''}. \quad (12.1)$$

2. Teskari tartibning kuchlanish qo'shimcha tashqi kuchlanish ortida joylashgan; bu xolda butun zanjir uchun qarshilik:

$$x_{2\Sigma} = \frac{2(x_d'' + x)(x_q'' + x)}{x_d'' + x_q'' + 2x}. \quad (12.2)$$

SM ning bir qismi uchun qarshilik:

$$x_2 = x_{2\Sigma} - x = \frac{2x_d''x_q'' + x(x_d'' + x_q'')}{x_d'' + x_q'' + 2x}, \quad (12.3)$$

Bu qarshilik yaqqol tashqi shartlarga bog'liq. Real ES larda SM q.t. nuqtasida sezilarli uzoqlikda joylashgan bo'ladi. Bu taxminan $x \rightarrow \infty$ deb xisoblasak bo'ladi degani:

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$\lim_{x \rightarrow \infty} x = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2x_d''x_q'' + x(x_d'' + x_q'')}{x_d'' + x_q'' + 2x} = \frac{x_d'' + x_q''}{2}.$$

Oxirgi tenglik. 12.1, *b* rasmdagi sxemaga tog'ri keladi. Ko'rib turganidek, bu yerda 3-garmonika mavjud emas.

3. Teskari tartibdagi kuchlanish so'nggi quvvat manbaiga ulangan. Bu xolda SM statorida toq garmonik manbalarining to'la spektri mavjud bo'ladi. O'rnatilish sxemasi bu xolda cheksiz bo'ladi. 12.1 rasm. Sxemaning natijaviy qarshiligi quyidagicha:

$$x_2 = \sqrt{x_d'' \cdot x_q''}. \quad (12.3)$$

agar SM ni simmetrik rotor bilan ko'rib chiqsak, ya'ni $x_d'' = x_q''$, unda barcha variantlarda $x_2 = x_d''$. Dempferli chulg'amlarni xisobga olmagan xoldagi xisoblarda, 12.3 formulada x_d' o'rniga x_d'' va x_q'' o'rniga x_d' qo'yiladi.

Amaliytda SM larning dempferli emas chulg'amlarida $x_2 = 1,45 x_d'$ deb qabul qilish tavsiya qilinadi, dempferli chulg'amlarda $x_2 = 1,22 x_d'$. Agar q.t. SM dan olib tashlangan bo'lsa, ya'ni $x \neq 0$, u xolda $x_2 = x_d''$.

Nolavoy tartibdagi toklar SM dan faqat shu xoda o'tishi mumkinki, qachonki, neytral zazemleniya xolatida bo'lsa. SM ning neytral bilan zazemleniya qilinganidan stator chulg'amlaridan nolavoy tartibdagi tok o'tganda kattaligi bo'yicha bir xil va vaqt bo'yicha mos keluvchi magnit oqimlar paydo bo'ladi. Statorning faza chulg'amlari fazoda 120° oralig'ida ekan mashinaning rastochkasidagi natijaviy oqimni nolga teng deb olsa bo'ladi. Demak, SM ning nolavoy tartibdagi qarshiligini tarqalish mayodoni orqali aniqlash mumkin, qaysiki chulg'amlarning konstruksiyasiga juda bog'liqdir, va katta oraliqlarda o'zgaradi.

$$x_0 = (0,19 \dots 0,6) x_d''. \quad (12.3)$$

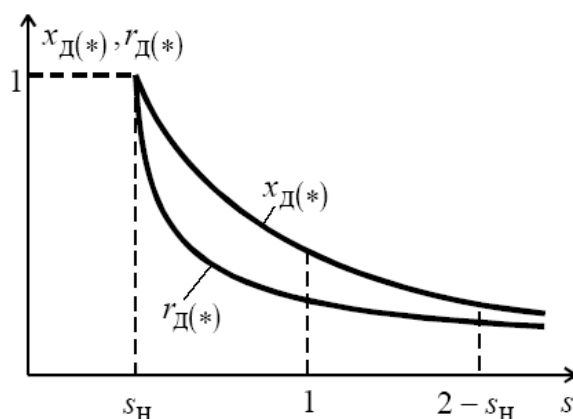
Asinxron mashinalar

Tasavvur qilaylik, normal rejimda asinxron yuritkich (AYU) S_n sirpanish bilan ishlaydi. Fazalarning teskari tartibdagi oqimlariga nisbatan bu rejim $S=2-S_n$ bilan xarakterlanadi. O'z-o'zidan, x_2 qarshilik AYU uchun $S=2-S_n$ sirpanishdagi qarshilik deb qabul qilsa bo'ladi.

12.3 rasmdagi bog'liqlikda AYU ning nisbiy qarshiligi o'zgarishini sirpanish funksiyasidagi xarakterini tasvirlangan. S kattalashishi sari qarshilik boshida tezkor ravishda kamayadi, keyin esa deyarli o'zgarmas bo'lib qoladi. Ushbu xususiyat yetarli darajada aniqlik bilan $(S=1) \approx X_{0(S=2-S_n)}$ ekanligini xisoblash imkonini beradi. Teskari tartibdagi qarshilik puskdagi qarshilikka teng ekanligi kelib chiqadi.

$$x_2 = x_{0(S=1)} = x_K = U_H / I \quad (12.4)$$

O'TKINCHI JARAYONLAR



Rasm. 12.3

AD ning qarshiliklar

o'zgarishi

AYU larning nolavoy tartibdagisining reaktiv qarshiligi chudg'amning konstruksiyasiga asosan aniqlanadi. SHuning uchun turli dvigatellar uchun x_0 kattalik tezkor ravishda farqlanadi. Parametrning qiyomati pasport ma'lumotlariga qarab yoki tajriba orqali aniqlanadi.

Umumlashgan yuklama

ET yuklamalarining katta tugunlari odatda turli iste'molchilardan iborat bo'ladi, shuning uchun umumlashgan yuklamaning teskari tartibdagi qarshiligi elektrenergiya iste'molchilari strukturasiga, ularning konkret tugunlardagi xarakteristikalariga bog'liq.

Soddalashgan amaliy xisoblarda quyidagi ma'lumotlardan foydalangan ma'qul:

– $U_N = 6 - 10$ kV kuchlanishdagi tugunlar uchun $z_{2(*)} = 0,18 + j0,24$;

– $U_N = 35$ kV kuchlanishdagi tugunlar uchun $z_{2(*)} = 0,14 + j0,36$;

Agar xisobda aktiv qarshilik e'tiborga olinmasa, unda $z_{2(*)} = 0,35$ va $z_{2(*)} = 0,45$ mos kuchlanish uchun.

Umumlashgan yuklamaning nolavoy tartibdagi qarshiligi birinchi navbatda transformator bilan aniqlanadi. CHulg'amlari bog'lanishi odatda shunday bo'ladiki, bunda nolavoy tartibdagi toklar yuklamaga tushmaydi.

Transformatorlar va avtotransformatorlar

Transformatorlarning chulg'amlari odatda elektromagnit bog'liklarga ega, ammo barcha konturlari xarakatsiz. Bu elementlar uchun ushbu $x_2 = x_1$ i $r_2 = r_1$ shartlar bajariladi.

Nol tartibdagi qarshiliklar birinchi navbatda transformatorlar chulg'amlari bog'lanish sxemalariga bog'liq. Bir necha variantlar bo'lishi mumkin:

O'TKINCHI JARAYONLAR

1. Birlamchi chulg'am yulduz usulda bog'langan neytral yerga zaminlangan bilan, ikkilamchi chulg'am esa uchburchak usulda.

Tasavvur qilaylik, nosimmetriya birlamchi tomonda sodir bo'ldi (12.4 a rasm)

Yulduz shaklda ulangan birlamchi faza chulg'amlarini magnit o'qlari fazoviy siljishga ega emas, shuning uchun uchta tok (bir-biriga nisbatan fazaviy siljishi bo'lmaganlari xam) uchala faza orqali neytral tomonga oqadi va u yerda jamlanadi.

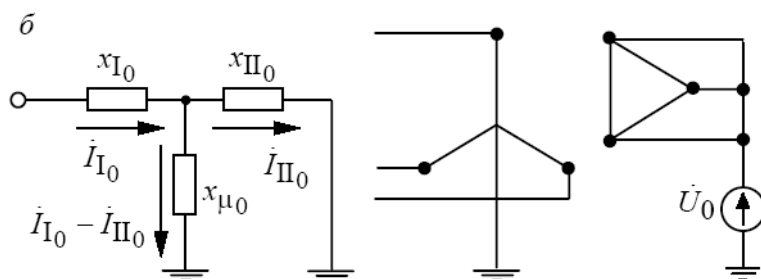
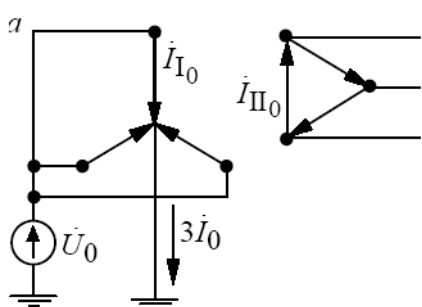
Bu xolda transformator orqali olingan quvvat magnitlanishga sarflanadi va ikkilamchi chulg'amga uzatiladi. Ikkilamchi faza chulg'amlari o'zaro uchburchak shaklda ulangan ekanlarning magnit o'qlari fazada 120° oralig'ida siljigan bo'ladi, shunday ekan chulg'amda induksiyanayotgan toklar xam shu burchaklarga siljiydilar. Uchburchakda tutashib kattaligi jixatidan teng toklar jamlanganda nolni b'Yeradi. Bu shartlar bir liniyalı sxemalarda qarshilikni kamaytirilishiga o'xshaydi (12.4 b rasm). Sxemaning qolgan qismlariga toklar uchburchakdan oqib o'tmaydi.

SHuni ta'kidlash kerakki, birlamchi chulg'amlardagi toklar faqat ikki sharoitda oqib o'tadi: birinchidan, zanjir yerga ulangan neytral orqali tutashgan bo'lishi kerak; ikkinchidan toklar ikkilamchi chulg'am orqali yoki magnitlangan zanjir orqali oqishi kerak.

Yuqoridagi sxemani olamiz, lekin bunda nosimmetriya nuqtasini ikkilamchi chulg'amda olamiz (12.5 rasm). Ikkilamchi chulg'amda qisqichlaridagi kuchlanishlar kattaligi va fazasi bilan bir-biriga mos kelar ekan tok oqmaydi. Bu xolda transformator cheksiz katta qarshilikka ega.

Avvalgi sxemaga qaytamiz va neytralni reaktor orqali yerga ulaymiz (12.6 a rasm). Neytralda tok oqadi. Ushbu farqni xisobga olish uchun bir liniyalı sxemaga reaktorning qarshiligi $3x_p$ ulanadi (12.6 b rasm) va nolavoy tartibdagi qarshilik quyidagiga teng:

$$x_0 = x_1 + 3x_p + \left(\frac{1}{x_{II}} + \frac{1}{x_{\mu 0}} \right)^{-1}.$$



Rasm. 12.4. Yulduz-uchburchak shaklda ulangan

transformator chulg'amlari sxemasi (a), va
birlamchi chulg'am tomonidan nosimmetrik

sodir bo'lganida almashtirish sxemasi (b)

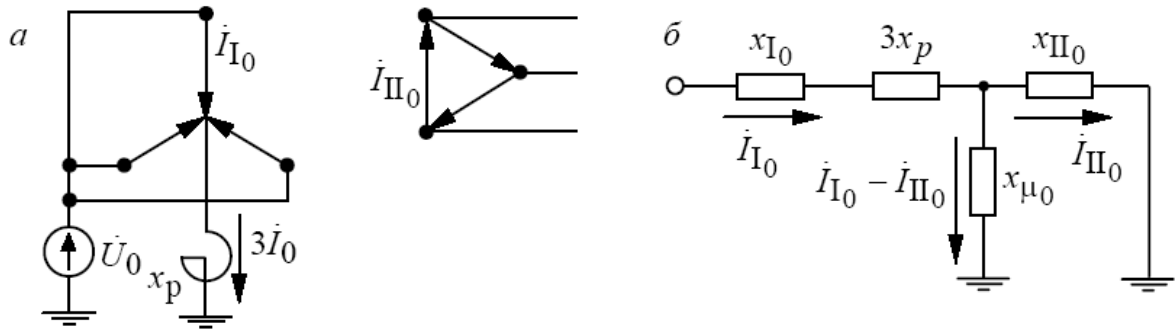
Rasm. 12.5 Ikkilamchi

chulg'am tomonidan no-
simmetrik sodir bo'lganda

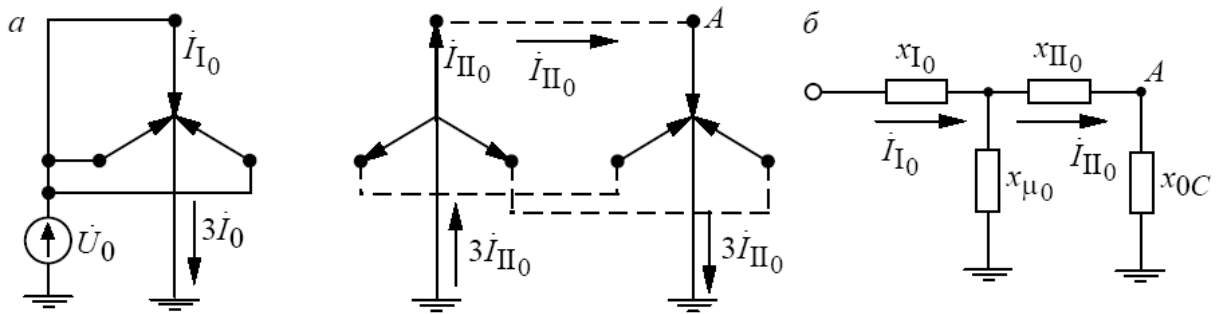
almashtirish sxemasi

O'TKINCHI JARAYONLAR

2. Birlamchi va ikkilamchi chulg'amlar yerga ulangan neytral bilan yulduz-yulduz sxemasi orqali ulangan. Tasavvur qilamiz, nosimetriya birlamchi chulg'am tomonida sodir bo'ldi (12.7 rasm). Tok I_0 shu xolda o'tadiki, bunda elektr sxemaning boshqa qismlarida $x_{0C} \neq \infty$ shart bajarilgan bo'lsa. Aks xolda sxema A nuqtada uziladi.



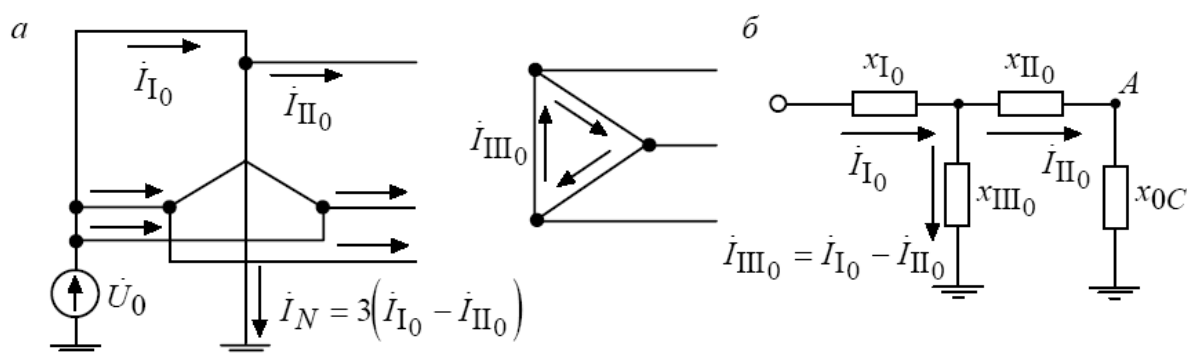
Rasm. 12.6 Neytralni reaktor orqali yerga za'minlangan transformator chulg'amlari ulanishi sxemasi (a) va almashtirish sxemasi (b)



Rasm. 12.7. Yulduz-yulduz shaklda transformatorning chulg'amlari ulanishi sxemasi (a) va almashtirish sxemasi (b)

Avtotransformatorlarning transformatorlardan asl farqi ular birlamchi va ikkilamchi chulg'amlar orasida elektrik bog'liqlik borligidadir. Avtotransformatorlar uch chulg'amli qilib ishlab chiqariladi, bunda birlamchi va ikkilamchi chulg'amlar neytrali tovushsiz yerga ulangan, uchlamchi chulg'am esa uchburchak sxemasida ulangan. (12.8 a rasm). Ulanish sxemasi uch chulg'amli transformator kabi bo'ladi, ammo neytralidagi tok $I_N = 3(I_{I0} - I_{II0})$ va I_{I0} , I_{II0} toklar xar biri o'zining kuchlanishi darajasida xisoblanadi

O'TKINCHI JARAYONLAR



Rasm. 12.8. Avtotransformator chulg'amlari ulanish sxemasi (a) va almashtirish sxemasi (b)

Vaqt bo'yicha o'tish jarayonlar. Elektr sistema statik elementlarining zanjirlaridagi (EUY, transformatorlar) o'tish jarayonlar

Ta'minot manbasi elektr sistema almashtirish sxemasiga sinxron generatorlar va enenrgetik sistema, manba EYUK va bir necha qarshiliklari bilan kiritiladi. Sinxron generatorlarning EYUK va qarshiliklarining qiymatlari, QT tokini xisoblashda qabul qilingan taxminlarga bog'liq.

Sinxron generatorlar dempfer (so'ndiruvchi) chulg'amga ega bo'lsa, almashtirish sxemasida QT boshlang'ich laxzasini xisoblash uchun ($t = 0$) o'ta o'tkinchi EYUK E_q'' va X_d'' o'ta o'tkinchi qarshilik bilan kiritiladi.

Agar dempfer chulg'ami xisobga olinmasa o'tkinchi EYUK E' va o'tkinchi qarshilik x_d' muvofiq qabul qilinadi.

Xavo uzatish liniyasining almashtirish sxemasi parametrlari elektr tizimida kuchlanishning qiymatiga bog'liq.

Qoidaga muvofiq, liniyaning aktiv qarshiligi xisobga olinmaydi.

Kabel liniyasi uchun aktiv qarshilik albatta e'tiboga olinadi.

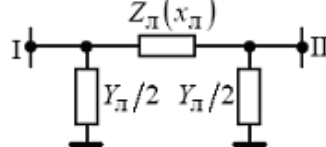
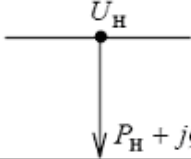
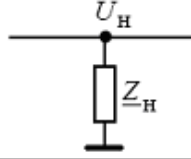
Ta'minot manbasi, elektr uzatish liniyasi, yuklama va reaktorlarning odatdagi tipini almashtirish sxemasi 1 jadvalda keltirilgan.

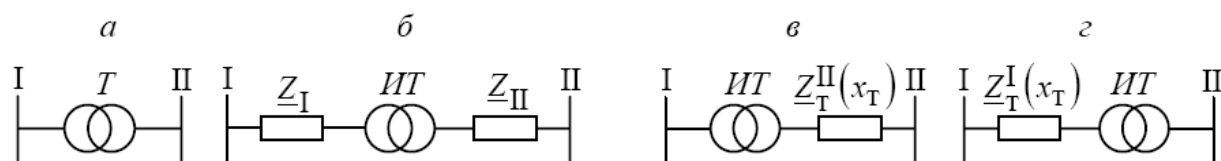
Ikki chulg'amli transformatorning almashtirish sxemasida (rasm 1,b) ikki chulg'am kuchlanishi U_I va U_{II} orasida elektromagnit bog'liqlikni ko'rsatib turuvchi ideal tarnsformatorga ega.

Jadval 1

O'TKINCHI JARAYONLAR

ES elementlarining almashtirish sxemalari

Элементлар номи	Схемада тасвирланиши	
	Принципаль	Алмаштириш
Синхрон генератор -чексиз кувватли манбаа		
Электр узатиш йули: Хаво электр узатиш йули Кабель электр узатиш йули	 	
Юклама		
Ўоддий турдаги реакторлар		



Rasm. 1. Ikki chulg'amli transformator sxemalari: a-umumiy; b-almashtirish; v-g-birinchi va ikkinchi pog'ona kuchlanishiga keltirilgan almashtirish sxemasi.

Ikkinchi pog'ona parametrlarini Z_{II} birinchiga keltirish Z_{II}^I yoki birinchi pog'ona Z_I parametrlarini ikkinchi Z_{II}^I pog'onaga keltirish tarnsformatsiya koeffitsienti orqali amalga oshiriladi va quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$k_T = \frac{U_{II}}{U_I} = \frac{I_I}{I_{II}},$$

bu yerda U_I , I_I , U_{II} , I_{II} – birinchi va ikkinchi pog'onalarining tok va kuchlanishlarining xaqiqiy qiymatlari. Transformator parametrlarini yagona pog'onaga keltirishdan so'ng:

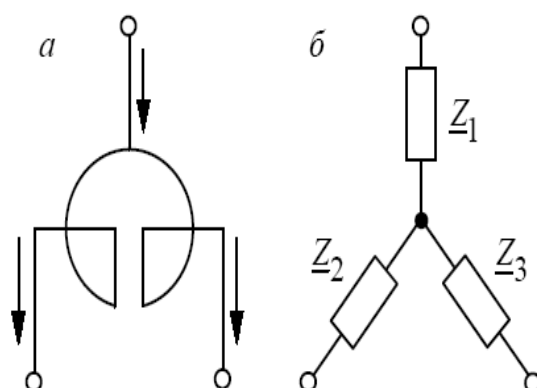
O'TKINCHI JARAYONLAR

$$\underline{Z}_{\text{I}}^{\text{II}} \cdot \frac{U_{\text{I}}^{\text{II}}}{I_{\text{I}}^{\text{II}}} = \frac{U_{\text{I}} \cdot k_{\text{T}}}{I_{\text{I}}/k_{\text{T}}} = \frac{U_{\text{I}}}{I_{\text{I}}} \cdot k_{\text{T}}^2 = \underline{Z}_{\text{I}} \cdot k_{\text{T}}^2,$$

$$\text{Бирламчига} \quad \underline{Z}_{\text{II}} = \frac{U_{\text{II}}}{I_{\text{II}}} \cdot \frac{1}{k_{\text{T}}^2} = \frac{\underline{Z}_{\text{II}}}{k_{\text{T}}^2},$$

ikki chulg'amli transformatorning almashtirish sxemalari 1,v,g-rasmda keltirilgan ko'rinishda bo'ladi.

Transformator qarshiligi $x_{\text{T}}^{(\text{II})}$ umumiy xolatda magnitlanish tokini xisobga olinmay, QT kuchlanishi i_k orqali xarakterlanadi.



Расм. 2. Иккиланган реакторни принципиал схема (а) ва алмаштириш схемаси

Ikkilangan reaktor almashtirish sxemasi yulduz ko'rinishida bo'ladi (rasm. 2). Parametrlari shaxobcha X_L induktiv qarshiligi orqali ifodalanadi.

$$\underline{Z}_1 = -kX_L; \underline{Z}_2 = \underline{Z}_3 = (1+k)X_L,$$

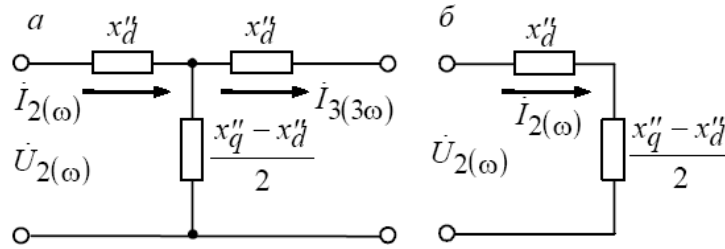
Bu yerda K – reaktor shaxobchalari orasida elektromagnit bog'lanishni o'rnatish koeffitsienti. koeffitsient, ustanavlivayushiy nalichie elektromagnitny svyazi mejdu vetvyami reaktora. Znacheniya velichin X_L i k yavlyayutsya spravochnimi dannimi. urtacha qiymati $k \approx 0,5$ teng

O'TKINCHI JARAYONLAR

Aylanuvchi mashinalarning zanjirlarida o'tish jarayonlarining tenglamalari va ularni hisoblash xaqida qisqa ma'lumotlar

Sinxron mashinalar

Teskari tartibdagi toklar SM ning chulg'amalridan oqadi agarda zajimlarga teskari tartibdagi kuchlanish manbaini ulasak. Bunda xosil



Rasm. 12.1 X_2 qarshiliknini aniqlash uchun almashtirish sxemasi (cheksiz manbaga ulaganda)

bo'ladigan magnit oqim statorda tokning toq garmonikasini xosil qiladi. Boshqacha qilib ayotganda, teskari tartibdagi induktivlik ishning tashqi shartlariga bog'liq. Bir necha konkret xolatlarni ko'rib chiqamiz.

1. Teskari tartibning kuchlanishi cheksiz quvvatli manbadan o'tkazilgan. SM da maydonning yuqori garmoniklari xosil bo'ladi. Ma'lumki x_2 qarshilik o'rinish sxemasidan aniqlansa bo'ladi, 4.4 rasmga mos ravishda, 3-garmonikani xisobga olgan xolda.

$$x_2 = \frac{\dot{U}_2(\omega)}{\dot{I}_2(\omega)} = \frac{2x_d''x_q''}{x_d'' + x_q''}. \quad (12.1)$$

2. Teskari tartibning kuchlanish qo'shimcha tashqi kuchlanish ortida joylashgan; bu xolda butun zanjir uchun qarshilik:

$$x_{2\Sigma} = \frac{2(x_d'' + x)(x_q'' + x)}{x_d'' + x_q'' + 2x}. \quad (12.2)$$

SM ning bir qismi uchun qarshilik:

$$x_2 = x_{2\Sigma} - x = \frac{2x_d''x_q'' + x(x_d'' + x_q'')}{x_d'' + x_q'' + 2x}, \quad (12.3)$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

Bu qarshilik yaqqol tashqi shartlarga bog'liq. Real ES larda SM q.t. nuqtasida sezilarli uzoqlikda joylashgan bo'ladi. Bu taxminan $x \rightarrow \infty$ deb xisoblasak bo'ladi degani:

$$\lim_{x \rightarrow \infty} x = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2x_d''x_q'' + x(x_d'' + x_q'')}{x_d'' + x_q'' + 2x} = \frac{x_d'' + x_q''}{2}.$$

Oxirgi tenglik. 12.1, b rasmdagi sxemaga tog'ri keladi. Ko'rib turganidek, bu yerda 3-garmonika mavjud emas.

4. Teskari tartibdagi kuchlanish so'nggi quvvat manbaiga ulangan. Bu xolda SM statorida toq garmonik manbalarining to'la spektri mavjud bo'ladi. O'rnatilish sxemasi bu xolda cheksiz bo'ladi. 12.1 rasm. Sxemaning natijaviy qarshiligi quyidagicha:

$$x_2 = \sqrt{x_d'' \cdot x_q''}. \quad (12.3)$$

agar SM ni simmetrik rotor bilan ko'rib chiqsak, ya'ni $x_d'' = x_q''$, unda barcha variantlarda $x_2 = x_d''$. Dempferli chulg'amlarni xisobga olmagan xoldagi xisoblarda, 12.3 formulada x_d' o'rniga x_d'' va x_q'' o'rniga x_d' qo'yiladi.

Amaliytda SM larning dempferli emas chulg'amlarida $x_2 = 1,45 x_d'$ deb qabul qilish tavsiya qilinadi, dempferli chulg'amlarda $x_2 = 1,22 x_d'$. Agar q.t. SM dan olib tashlangan bo'lsa, ya'ni $x \neq 0$, u xolda $x_2 = x_d''$.

Nolavoy tartibdagi toklar SM dan faqat shu xoda o'tishi mumkinki, qachonki, neytral zazemleniya xolatida bo'lsa. SM ning neytral bilan zazemleniya qilinganidan stator chulg'amlaridan nolavoy tartibdagi tok o'tganda kattaligi bo'yicha bir xil va vaqt bo'yicha mos keluvchi magnit oqimlar paydo bo'ladi. Statorning faza chulg'amlari fazoda 120° oralig'ida ekan mashinaning rastochkasidagi natijaviy oqimni nolga teng deb olsa bo'ladi. Demak, SM ning nolavoy tartibdagi qarshiligini tarqalish mayodoni orqali aniqlash mumkin, qaysiki chulg'amlarning konstruksiyasiga juda bog'liqdir, va katta oraliqlarda o'zgaradi.

$$x_0 = (0,19 \dots 0,6) x_d''. \quad (12.3)$$

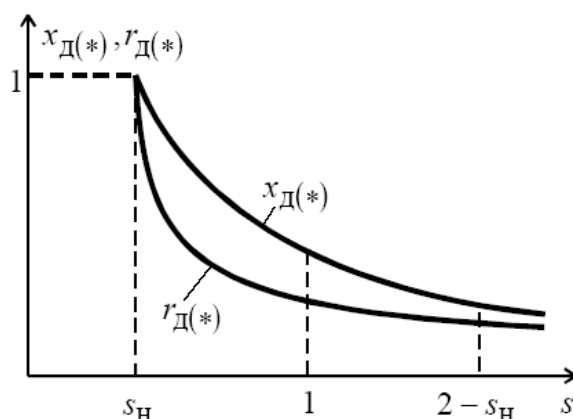
Asinxron mashinalar

Tasavvur qilaylik, normal rejimda asinxron yuritkich (AYU) S_n sirpanish bilan ishlaydi. Fazalarning teskari tartibdagi oqimlariga nisbatan bu rejim $S=2-S_n$ bilan xarakterlanadi. O'z-o'zidan, x_2 qarshilik AYU uchun $S=2-S_n$ sirpanishdagi qarshilik deb qabul qilsa bo'ladi.

12.3 rasmdagi bog'liqlikda AYU ning nisbiy qarshiligi o'zgarishini sirpanish funksiyasidagi xarakterini tasvirlangan. S kattalashishi sari qarshilik boshida tezkor ravishda kamayadi, keyin esa deyarli o'zgarmas bo'lib qoladi. Ushbu xususiyat yetarli darajada aniqlik bilan $(S=1) \approx X_0(S=2-S_n)$ ekanligini xisoblash imkonini beradi. Teskari tartibdagi qarshilik puskdagi qarshilikka teng ekanligi kelib chiqadi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$x_2 = x_{o(s=1)} = x_K = U_H / I \quad (12.4)$$



Rasm. 12.3

o'zgarishi

AD ning qarshiliklar

AYU larning nolavoy tartibdagisining reaktiv qarshiligi chudg'amning konstruksiyasiga asosan aniqlanadi. SHuning uchun turli dvigatellar uchun x_0 kattalik tezkor ravishda farqlanadi. Parametrning qiyomati pasport ma'lumotlariga qarab yoki tajriba orqali aniqlanadi.

Sinxron generatorlarning qo'zg'atish sistemalari

Sinxron mashinalarning qo'zg'atish va rostlash sistemasi – bu qo'zg'atish tokini hosil qiluvchi va ularni boshqaruvchi mashina va apparatlardir. Sinxron mashinalarning qo'zg'atish sistemasi generator yoki motor rotorining chulg'ami, rotor chulg'amiga beriluvchi o'zgarmas tok kuchlanish manbasi va kommutatsion apparaturalardan iboratdir. Qo'zg'atish sistemasini o'rnatishdan asosiy maqsad – mashinada magnit maydoni tashkil qilishdir.

Qo'zg'atish sistemasining o'tkinchi jarayon xarakteriga ta'siri juda katta. Shu sababli generatorlarning qo'zg'atkichlari quyidagilarni ta'minlashi shart:

- normal va avariya holatlarida lozim bo'lgan qo'zg'atish quvvatini ta'minlash;
- qo'zg'atishni avtomatik yoki rostlashda rotor tokini berilgan qonun bo'yicha o'zgartirish;
- imkon boricha yuqori qo'zg'atishning darajasini ta'minlash;
- ulkan generatorlar uchun muhim hisoblangan rotor tokini ortib borish tezligining imkon boricha maksimal bo'lishi.

Biroq holat parametrlari tez o'zgarganda (masalan, qisqa tutashuv paytida U ning tushib ketishi) qo'zg'atish sistemasining ishlashi kechikadi, chunki qo'zg'atkich va generatorning qo'zg'atish chulg'amlari induksiyaga – elektromagnit inersiyaga ega bo'lib, buning ta'sirida ulardagi tok eksponensial qonun bo'yicha o'zgaradi (3.1-rasm).

Qo'zg'atish sistemalari konstruktiv yasalishi bo'yicha turlarga bo'linadi:

elektr mashinali ($N=5\div 100$ MVt nominal quvvatli agregatlar uchun);

statik tiristorli sistemalar ($N=200\div 500$ MVt va undan yuqori nominal quvvatli agregatlar uchun) va qo'zg'atkichning turi bo'yicha:

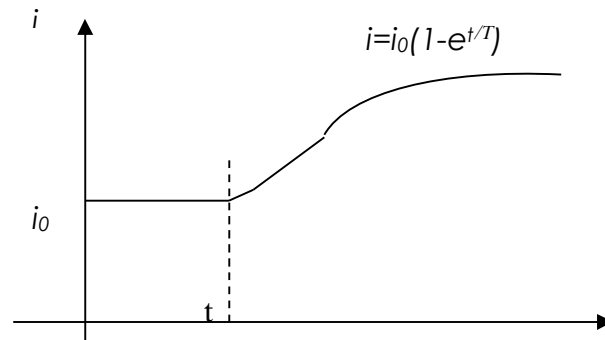
o'z-o'zini qo'zg'atishli;

mustaqil qo'zg'atishli.

Sinxron generatorining qo'zg'atish toki eksponensial tarzda o'zgaradi (1.13-rasm).

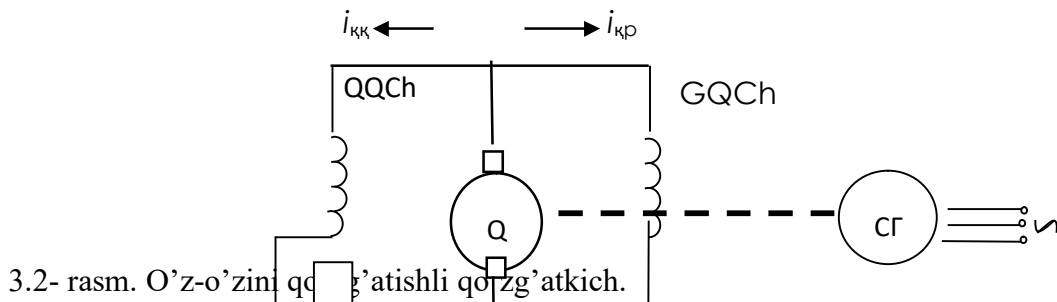
O'TKINCHI JARAYONLAR

Bu erda $T=L/R$ bo'lib, chulg'amning induktivligi va aktiv qarshiligi uni inersionligini xarakterlaydi va vaqt doimiysi deb ataladi. Hozirgi paytda ushbu kamchiliklardan holi bo'lgan to'g'rilovchi sxemali qo'zg'atish sistemalari qo'llaniladi.



3.1- rasm. Sinxron generator qo'zg'atish tokining o'zgarishi

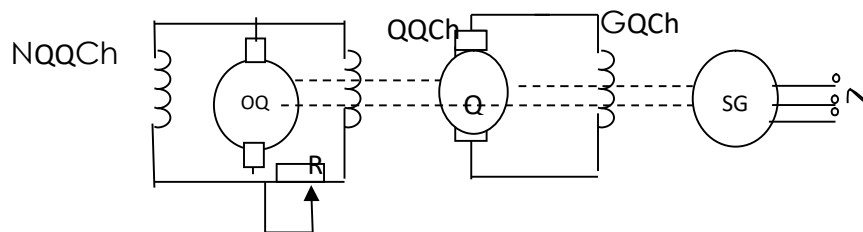
Bunday qo'zg'atish sistemalarini qisqacha ko'rib o'tamiz. O'z-o'zini qo'zg'atishli qo'zg'atkich.



3.2- rasm. O'z-o'zini qo'zg'atishli qo'zg'atkich.

Atalishidan ko'rinib turibdiki, generator o'z-o'zini qo'zg'atadi, ya'ni qo'zg'atkich (o'zgarmas tok generatori) generator (rotor) bilan bitta valda joylashgan. Qo'zg'atkich va sinxron generator kuchlanishini o'zgartirish rostlagich R yordamida amalga oshiriladi (bu erda SG – sinxron generator, Q – sinxron generatorning qo'zg'atichi, QQCH – qo'zg'atkichning qo'zg'atish chulg'ami, GQCH – generatorning qo'zg'atish chulg'ami, iqq, iqr – qo'zg'atkich va sinxron generatorning qo'zg'atish toklari).

Mustaqil qo'zg'atishli qo'zg'atkich.



3.3- rasm. Mustaqil qo'zg'atishli qo'zg'atkich.

Bu sxemada qo'zg'atish uchun qo'shimcha o'zgarmas tok generatori (OQ – ostki qo'zg'atkich) o'rnatiladi. Bunda avvalo nimqo'zg'atkich (NQ) qo'zg'atichni (Q) qo'zg'atadi va so'ngra, o'z navbatida, qo'zg'atkich sinxron generatorni qo'zg'atadi. Ushbu sxema bo'yicha OQ va Q generator bilan bitta valda joylashadi, biroq OQ alohida manbadan ta'minlanishi mumkin. Generator kuchlanishini zgartirilishi rostlagich R yordamida amalga oshiriladi. Yuqorida

O'TKINCHI JARAYONLAR

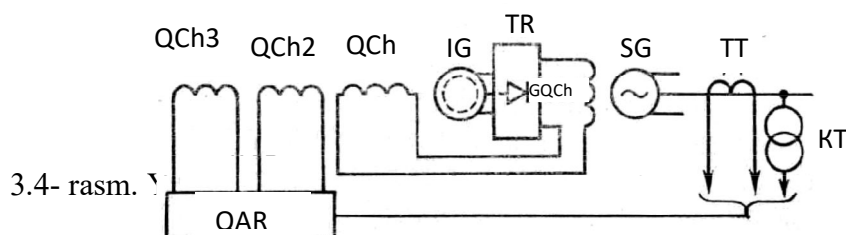
ko'rilgan elektr mashinali qo'zg'atgichlar elektromagnit inersiyaga ega, va shu sababli quvvati katta bo'lmagan sinxron generatorlarda qo'llaniladi.

Statik tiristorli qo'zg'atish sistemalari

Statik tiristorli sistemalar asosidagi qo'zg'atish sistemasini ko'rib o'tamiz.

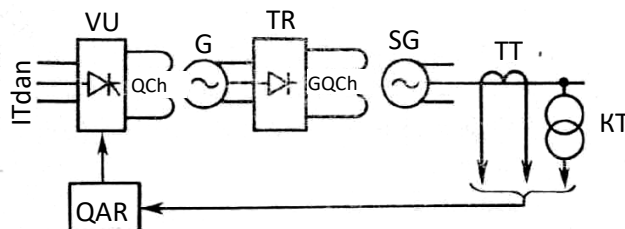
Hozirgi davrda 200 MVt va undan yuqori quvvatli generatorlar qo'zg'atish sistemalarining asosi bo'lib boshqarilmaydigan to'g'rilagichli o'zgaruvchan tok mashinalari yoki yuqori chastotali, schotkasiz va tiristorli boshqariluvchi to'g'rilagichlar hisoblanadi.

Yuqori chastotali sistema qo'zg'atgich sifatida sinxron generatorning valida joylashib, uni qo'zg'atish chulg'amini (GQCH) rostlanmaydigan to'g'rilagich (TR) orqali ta'minlovchi yuqori chastotali (500 Gs) induktorli generator (IG)ga ega (3.4- rasm). IGning uchta qo'zg'atish chulg'amidan ikkitasi qo'zg'atish tokini berilgan qonun bo'yicha rostlab, uni hosil qilib turuvchi qo'zg'atishni avtomatik rostlagichi (QAR)ga ulanadi. Yuqori chastotali qo'zg'atish sistemasining vaqt doimiysi $0,3 \div 0,4$ s. ni tashkil etadi.



SGning rotorida kontakt laqalalarining mavjudligi qo'zg'atish tokining qiymatini chegaralaydi. Shu sababli generatorning quvvati 300 MVt va undan yuqori bo'lgan hollarda aylanuvchi kontaktlarga ega bo'lmagan shchetkasiz qo'zg'atish sistemalari qo'llaniladi (3.5-rasm).

Qo'zg'atgich sifatida asosiy generator bilan bitta valda joylashgan teskari sinxron generator (G) foydalaniladi. Bu erda QAR tiristorlarning yuqori chastotali induktiv generator (IT)dan manbalanuvchi zgartkich tiristorlarining boshqarish sistemasiga ta'sir etadi. Bu sistemada ekvivalent vaqt doimiysi $0,1 \div 0,15$ s.ni tashkil etadi.

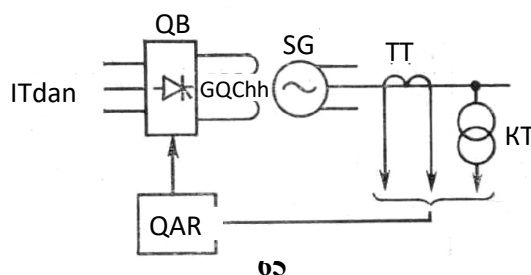


3.5- rasm. Schotkasiz

Tiristorli qo'zg'atish

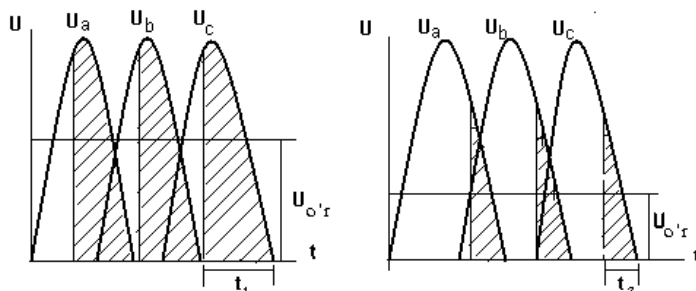
tli gidrogenerator va turbogeneratorlarda qo'llaniladi. Tiristorli sistemaning yuqorida ko'rib o'tilgan sistemalardan farqi asosiy generatorning qo'zg'atish tokini boshqarish konturida aylanib ishlovchi mashinaning mavjud emasligidir (3.6-rasm). Uning ishlash vaqti $0,02 \div 0,04$ s.ni tashkil etadi.

To'g'rilangan kuchlanishni o'zgartirish ventillarning yonish vaqtini rostlash orqali amalga oshirilishi mumkin. Ventillarning to'riga ma'lum miqdordagi yopuvchi manfiy kuchlanish beriladi. Lozim bo'lgan lahzada bu kuchlanishga maxsus pik-generator yordamida hosil qilinadigan ochuvchi musbat impuls qo'shiladi. Bu jarayon (3.7-rasm)da keltirilgan.



O'TKINCHI JARAYONLAR

3.6- rasm. Tiristorli qo'zg'atish sistemasi.



3.7- rasm. Kuchlanishni o'zgartirish ventillarning yonish vaqtini rostlash

Bu diagrammalardan ko'rinadiki, ventillarning ochilish vaqti qanchalik katta bo'lsa, to'g'rilangan kuchlanishning qiymati shunchalik katta bo'ladi. Bunday sistemalarda vaqt doimiysi elektr mashinali qo'zg'atish sistemalaridagiga nisbatan ancha kam bo'ladi.

Qo'zg'atish sistemalari quyidagi ko'rsatkichlar bilan xarakterlanadi:

- qo'zg'atishning nominal kuchlanishi. Odatda uning qiymati $U_{nq}=200-400$ V oralig'ida bo'ladi;

- qo'zg'atishning nominal toki (inq);

- salt ishlash holatidagi vaqt doimiysi T_{d0} ;

- qo'zg'atkich chulg'amining vaqt doimiysi T_e ;

- qo'zg'atish sistemasining quvvati. U odatda agregat umumiy quvvatining 0,2-0,8% ni tashkil etadi.

Tok va kuchlanishning uzoq vaqt oshgan miqdorda bo'lishi mos chulg'amlarning qizishiga, ularning izolyasiyasini ishdan chiqishiga, chulg'amlarning shikastlanish ehtimolini oshishi orqali ishonchliligini pasayishiga olib keladi. Shu sababli, qo'zg'atish sxemalari qo'zg'atkich toki va kuchlanishining eng yuqori chegaralari bilan xarakterlanadi.

Kuchlanish bo'yicha eng yuqori chegara yuqori chegara kuchlanishi U_{chy} ning qo'zg'atkichning nominal kuchlanishi U_{nq} ga nisbati sifatida aniqlanadi. Ushbu nisbat:

turbogeneratorlar uchun ≥ 2 ;

gidrogeneratorlar uchun $(1,8 \div 4)$.

Kuchlanishning yuqori qiymati kuchlanishni eng yuqori belgilangan miqdordan kichik qo'zg'atkichning quvvati va uning to'yinishiga bog'liq holda osha olmasligi bilan aniqlanadi. Bundan tashqari, kuchlanishni juda katta oshishi kollektorni ishdan chiqishiga olib keladi.

Tokning yuqori qiymati ostki qo'zg'atkich va qo'zg'atkich chulg'amlaridan uzoq ruxsat etilgan tok oqishiga bog'liq.

Qo'zg'atkich sanab o'tilgan xarakteristikalar bilan birga kuchlanish oshishining tezligi bilan ham xarakterlanadi (3.8 rasm).

Turkilarda sinxron generatorlarning turg'unligini taminlash uchun qo'zg'atish sistemasi kuchlanish oshishini ta'minlashi shart.

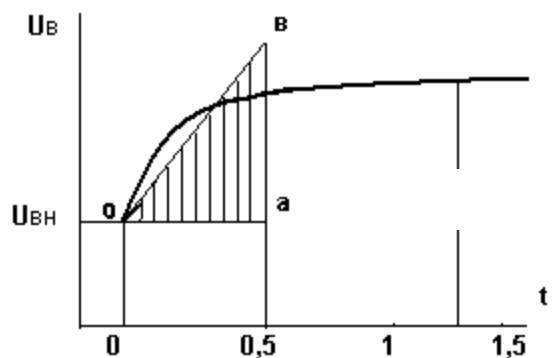
Qo'zg'atish kuchlanishining oshish tezligi qo'zg'atkichning karrali qo'zg'atishiga bog'liq.

U_Q

U_{NQ}

U_{YuQ}

O'TKINCHI JARAYONLAR



3.8 rasm. Qo'zg'atkich kuchlanishining oshish tezligi

UQ kuchlanishning o'rtacha ko'tarilish vaqti 0.5 sekund bilan chegaralangan to'g'ri chiziqning tangens burchagi θ_{ab} yuzaga mos va kuchlanishning haqiqiy ortish egri chizig'i bilan aniqlanadi;

$$\left(\frac{dU_K}{dt} \right)_{o'r} = \frac{B - a}{0,5 \cdot U_{nk}} = (2000 \div 3000) \frac{V}{s} \quad (3.1)$$

Qo'zg'atish sistemasi shikastlanish holatlarida, maydonni o'chirish lozim bo'lganda tezlik bilan qo'zg'atishni to'xtatish va kamaytirish xususiyatiga ega bo'lishi shart. Qo'zg'atish sistemasi barcha tur rostlagichlar bilan ishlay olishi, ishlatishda ishonchli bo'lishi, xizmat ko'rsatishda sodda bo'lishi va to'la avtomatlashtirish imkoniga ega bo'lishi kerak. Ushbu talablar uzun EULga quvvat berayotgan katta generatorli elektr stansiyalar uchun muhim talablardan biridir.

Sinov savollari

1. Sinxron mashinalarda qo'zg'atish tizimi nima uchun kerak?
2. Qo'zg'atish tizimlarga taqdim qilinadigan talablar.
3. Qo'zg'atish tizimlarni turlarini aytib chiqing.
4. Qo'zg'atish tizimlari qaysi parametrlar bo'yicha xarakterlanadi?
5. Tok va kuchlanishning yuqori qiymati bo'yicha tushuncha.
6. Elektr mashinali qo'zg'atish tizimi.
7. Mustaqil qo'zg'atishli qo'zg'atish tizimi.
8. Statik tiristorli qo'zg'atish tizimi.

Ma'ruza 4. Sinxron generatorlarning qo'zg'atishni avtomatik rostlash sistemalari

Qo'zg'atishni avtomatik rostlagichlar (QAR) generator kuchlanish miqdorini yuklamaning turli tebranish o'zgarishlariga qaramasdan imkon qadar o'zgartirmasliklari va elektr sistemalarini va aloxida generatorlarni turli tebranishlar va sakrashlarda turg'un ish holatlarini ishonchli taminlashlari lozim.

QARning strukturaviy sxemasi bilan tanishamiz (4.1 rasm).

Faraz qilaylik, biror sababga ko'ra generatorning kuchlanishi UG kamaydi. Ushbu o'zgarish aylantirish elementiga (AE) uzatiladi. Uzatilgan kuchlanish o'zgarmas kattalikka aylantiriladi va

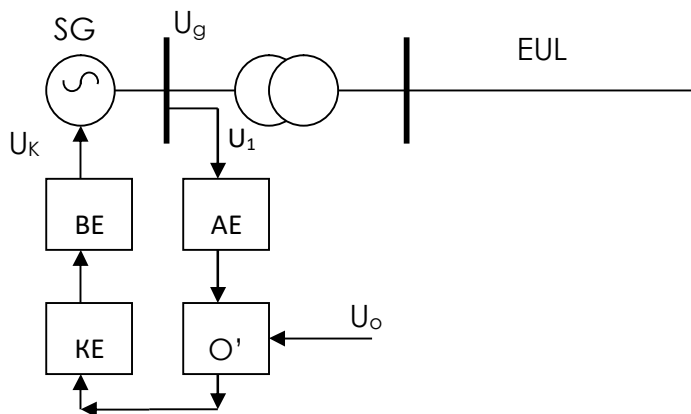
O'TKINCHI JARAYONLAR

o'lchov elementiga (O'E) uzatilib, real kuchlanish U_0 , etalon yoki nominal kuchlanish bilan solishtiriladi va $\Delta U = U_G - U_0$, ya'ni kuchlanishlar farqi topiladi. ΔU ning kattaligi va ishorasiga bog'liq ravishda kuchaytirish elementi (KE) bilan qayta ishlanuvchi signal ishlab chiqariladi, keyin esa tasir bajaruvchi elementga (BE) uzatiladi. Generatorning qo'zg'atish toki kuchlanishini rostlash $\Delta U = 0$ shart bajarilguncha davom etadi, ya'ni generator kuchlanishi nominal (etalon) yoki boshlang'ich holatga qaytguncha davom etadi. Etiborga olish kerakki, rostlash sistemasining turidan qat'iy nazar kuchaytirish elementi – ostki qo'zg'atkich, bajaruvchi element esa qo'zg'atkichdir.

Agar o'lchov elementi U_G kuchlanishning xar qanday kichik o'zgarishini sezsa, ya'ni yuqori sezgirlikka ega bo'lsa, bu QAR sezmaslik zonasi mavjud bo'lmagan sistema deb yuritiladi.

Agar o'lchov elementi mexanik qurilmalarni o'z ichiga olsa va inersionligi hisobiga U_G ning kichik o'zgarishlarini sezmasa, u holda ushbu QAR sezmaslik zonasiga ega sistema deb yuritiladi.

Ko'rsatib o'tish kerakki, mexanik xarakatlanuvchi qismli rostlagichlar albatta sezmaslik zonasiga ega bo'ladi.



4.1 rasm. Sinxron generator qo'zg'atishini avtomatik rostlashning strukturaviy sxemasi.

Holatning rostlanayotgan parametrining ishorasi va kattaligini sezuvchi avtomatik qo'zg'atishli rostlagichlar (QAR-P) proporsional tipdagi rostlagichlar deyiladi.

Energetika sistemalari bilan uzun EUL orqali bog'langan zamonoviy katta elektr stansiyalari generatorlarida ancha murakkab QAR, ya'ni (QAR-K) kuchli tasir etuvchi rostlagichlar qo'llaniladi. Ushbu QAR generatorning qo'zg'atish toki va kuchlanishini murakkab qonun bo'yicha rostlaydi. Ular U_G va I ning nafaqat ishorasi va kattaligi, balki ularning o'zgarish tezligini va tezlanishini ham sezadi.

Yana bir qurilma borki, u stator tokining belgilangan miqdordan chetga og'ishini sezadi. Bu qurilma qo'zg'atishni kompaundlash qurilmasi deyiladi. Kompaundlashning prinsipi qo'zg'atkichning qo'zg'atish chulg'amini qo'shimcha tok bilan taminlash asosida izoxlanadi. Umumiy tok kompaundlash va qo'zg'atkichning qo'zg'atish chulg'ami tokidan iborat bo'ladi.

QARni elektr sistemasining turg'unligiga va holatiga tasirini kursning keyingi qismlarida o'rganamiz.

Qo'zg'atishning avtomatik rostlagichlari qo'zg'atish holatini va elektr sistemasining turg'unlikni ta'minlaydigan holatini boshqarishning talab etilgan qonunini tanlash imkonini beradi. Ayrim xollarda hisoblash uchun QARni qandaydir qarshilik ortidagi turlicha o'zgarma e.yu.k. ko'rinishida ifodalash mumkin. Yuqorida biz QAR sistemasini umumiy jixatdan ko'rib

O'TKINCHI JARAYONLAR

chiqqan edik. Biroq, ularning xususiyatlari va elektr sistemasi holatiga ta'sirining tahlili ancha qat'iy ifodani talab etadi.

Ulni xulosalarini maksimal qisqartirib, biroq jarayonning fizik jixatlarini aniqlashga zarar bermasdan ko'rib o'tamiz va matematik ifodalaymiz.

a) Proporsional tipdagi qo'zg'atishni rostlash (QAR-P).

Ushbu toifaga mansub qo'zg'atishning avtomatik rostlagichlari holat parametrlarining o'zgarishiga muvofiq ishlaydi va shu sababli «proporsional tipdagi qo'zg'atishni rostlash» deb yuritiladi (4.1-rasm). Fizik jixatdan bu generatorning, ortidagi e.yu.k.ni o'zgarimas deb hisoblash mumkin bo'lgan, reaktiv qarshiligini kompensatsiyalashni bildiradi.

Ushbu holatda bu o'tkinchi qarshilik ortidagi o'tkinchi e.yu.k.dir. Hisoblarda bu xol quyidagicha yoziladi: $E' = \text{const}$, $X'd$

QAR sxemasidagi xar bir element rostlagichning dinamik xossasini xarakterlovchi xususiy vaqt doimiysi va kuchaytirish koeffitsientiga ega.

O'tish holatlarida e.yu.k.ni ikkita tashkil etuvchidan iborat qilib tasvirlash mumkin:

$$\Delta E_q = \Delta E_{qsv} + \Delta E_{qe} \quad (4.1)$$

Bu erda $\Delta E_{qsv} = T_{dc} \cdot p \Delta E'_q$ – erkin toklar xosil qiluvchi e.yu.k.; ΔE_{qe} – qo'zg'atkichning qo'zg'atish chulg'amiga qo'yilgan e.yu.k.

Quyidagini yozish mumkin:

$$\Delta E_{qe} = E_{qo} - E_{qe} = -\Delta U_v = K_v \Delta i_{qq} \quad (4.2)$$

Bu qo'zg'atkichning qo'zg'atish chulg'amiga qo'yilgan e.yu.k. va bu chulg'amdagi tok iqq ning o'zgarishi natijasida generatorning qo'zg'atish tokini o'zgarishini hisobga oladi.

iqq va e.yu.k.ning o'zgarishi quyidagi munosabatga muvofiq amalga oshadi:

$$\Delta e = R_e \Delta i_{ss} + L \cdot \frac{d(\Delta i_{ss})}{dt} = \Delta i_{ss} (R_e + L_e p)$$

Bu erda R_e , L_e – qo'zg'atish chulg'amining parametrlari (bajaruvchi element).

Yuqoridagidan:

$$\Delta i_{ss} = \frac{\Delta e}{(R_e + L_e \cdot p)} = \frac{\Delta e}{R_e (1 + T_e \cdot p)} \quad (4.3)$$

$$T_e = \frac{L_e}{R_e}$$

Bu erda T_e – qo'zg'atkich qo'zg'atish chulg'amining ekvivalent vaqt doimiysi.

(4.3) ni (4.2) ga qo'yib, quyidagini xosil qilamiz:

$$\Delta E_{qe} = \frac{k_e \cdot \Delta e}{R_e (1 + T_e \cdot p)} = \frac{k_e \cdot \Delta e}{(1 + T_e \cdot p)} \quad (4.3a)$$

$$k_e = \frac{k_b}{R_e}$$

Bu erda k_e – bajaruvchi elementning kuchaytirish koeffitsienti.

Kuchaytirgich shuningdek, vaqt doimiysi T_u va kuchaytirish koeffitsienti K_u parametrlariga ega bo'lgan inersion elementdir. Bunga mos ravishda

$$\Delta e = \frac{K_u \cdot \Delta U}{1 + T_u \cdot p} \quad (4.4)$$

Bundan keyin o'lchash, almashtirish va o'zgartirish elementlarini mos kuchaytirish koeffitsienti K_n va vaqt doimiysi T_u bilan bir butun va

$$\Delta U = \frac{K_n \cdot (-\Delta U_r)}{1 + T_u \cdot p} \quad (4.5)$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

deb qarash mumkin.

(4.5) va (4.4) ni (4.3a) ga qyib, quyidagini xosil qilamiz:

$$\Delta E_{qe} = \frac{K_u \cdot (-\Delta U_r) \cdot K_n \cdot K_e}{(1 + T_u \cdot p) \cdot (1 + T_n \cdot p) \cdot (1 + T_e \cdot p)} = \frac{K_{ou}(-\Delta U_r)}{(1 + T_u \cdot p) \cdot (1 + T_n \cdot p) \cdot (1 + T_e \cdot p)} ;$$

$$\Delta E_{qe} = \gamma(p) \cdot \Delta U_r . \quad (4.6)$$

$$\gamma(p) = \frac{-K_{ou}}{(1 + T_u \cdot p) \cdot (1 + T_n \cdot p) \cdot (1 + T_e \cdot p)}$$

Bu erda bog'liq bo'lgan funksiya.

$K_{ou} = K_u \cdot K_n \cdot K_e$ – sistemaning kuchaytirish koeffitsienti.

Barqaror holatda holat parametrlarining, rostlash sistemasini ishga tushiruvchi, og'ishlari mavjud emas ($r=0$). Shu sababli

$$\Delta E_{qe} = -K_{ou} \cdot \Delta U_r ; \quad \Delta U_r = U_r - U_{r0} .$$

$\Delta E_{qe} = E_{q0} - E_{qe}$ bo'lganligi sababli kuchaytirish koeffitsientini quyidagicha topish mumkin:

$$K_{ou} = \frac{-\Delta E_{qe}}{\Delta U_r} = \frac{E_{qe} - E_{q0}}{\Delta U_r} . \quad (4.7)$$

$$E_{qe} = E_{q0} - \frac{\partial E_q}{\partial U_r} \cdot \Delta U_r$$

bo'lganligi sababli sistemaning kuchaytirish koeffitsienti

$$K_{ou} = -\frac{\partial E_q}{\partial U_r}$$

Bunday K_{ou} ga ega bo'lgan rostlagichli sistema turg'un ishlay olishi mumkinligini tekshirish uchun rostlanuvchi sistema ishini ifodalovchi tenglamalarni turg'unlik bo'yicha tahlil qilish lozim.

$$\Delta E_q = \Delta E_{q_{cb}} + \Delta E_{qe} = T_{do} p \cdot \Delta E'_q + \gamma(p) \cdot \Delta U_r$$

$$T_j p^2 \Delta \delta = -\Delta P ;$$

$$\Delta P = \frac{\partial P_{Eq}}{\partial \delta} \cdot \Delta \delta + \frac{\partial P_{Eq}}{\partial E_q} \cdot \Delta E_q = c_1 \cdot \Delta \delta + b_1 \cdot \Delta E_q . \quad (4.8)$$

$$\Delta P = \frac{\partial P_{Eq}}{\partial \delta} \cdot \Delta \delta + \frac{\partial P_{Eq}}{\partial E'_q} \cdot \Delta E'_q = c_2 \cdot \Delta \delta + b_2 \cdot \Delta E'_q$$

$$\Delta P = \frac{\partial P_{Ur}}{\partial \delta} \cdot \Delta \delta + \frac{\partial P_{Ur}}{\partial U_r} \cdot \Delta U_r = c_3 \cdot \Delta \delta + b_3 \cdot \Delta U_r$$

Bu

erda

$$c_1 = \frac{\partial P_{Eq}}{\partial \delta} ; \quad b_1 = \frac{\partial P_{Eq}}{\partial E_q} ; \quad c_2 = \frac{\partial P_{Eq}}{\partial \delta} ; \quad b_2 = \frac{\partial P_{Eq}}{\partial E'_q} ; \quad c_3 = \frac{\partial P_{Uq}}{\partial \delta} ; \quad b_3 = \frac{\partial P_{Uq}}{\partial U_q}$$

generatorning salt ishlash e.yu.k., o'tkinchi e.yu.k. va kuchlanish orqali ifodalangan quvvatining xosilalari.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Bu erda tenglamalar beshta bo'lib, noma'lumlar ham beshta: $\Delta\delta$, ΔE_q , $\Delta E'_q$, ΔU_g , ΔP . Bunga mos holda tenglamalar sistemasi echiladi. $T_u=0$ va $T_n=0$ deb hisoblaymiz, ya'ni o'lchagich va rostlagichlarning inersionligini hisobga olmaymiz. Bunday holda soddalashtirilgan xarakteristik tenglama quyidagi to'rtinchi tartibli ko'rinishda bo'ladi:

$$T_e T'_d T_j \cdot p^4 + T_j \cdot (T'_d + T_e) \cdot p^3 + (T_j + T'_d \cdot T_e \cdot c_2 + K_{ou} \cdot T_j \cdot \frac{B_1}{B_2}) p^2 + (T'_d c_2 + T_e \cdot c_1) p + (c_1 + K_{ou} \cdot c_3 \cdot \frac{B_1}{B_3}) = 0 \quad (4.9)$$

yoki

$$a_0 p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4 = 0 \quad (4.10)$$

Bu erda $a_0 = T_e T'_d T_j$, $a_1 = T_j (T'_d + T_e)$, $a_2 = T_j + T'_d T_e c_2 + K_{ou} \frac{b_1}{b_3} T_j$,
 $a_3 = T'_d c_2 + T_e c_1$, $a_4 = c_1 + K_{ou} c_3 \frac{b_1}{b_3}$,

Ushbu tenglamani Gurvits mezonini bo'yicha tadqiq qilamiz. Agar $T'_d > 0$ bo'lsa a_0 va a_1 doimo musbat bo'ladi. $s_2 > 0$ va $K_{ou} > 0$ bo'lganda $a_2 > 0$ shart doimo bajariladi. $a_3 = T'_d c_2 + T_e c_1 > 0$

bo'lishi uchun $c_2 > -c_1 \cdot \frac{T_e}{T'_d}$ bo'lishi zarur. s_1 manfiy bo'lganda (chegaraviy holatlarda) $s_2 > 0$ bo'ladi.

$$a_4 = c_1 + K_{ou} c_3 \frac{B_1}{B_3} > 0 \quad \text{shart} \quad K_{ou \min} = \frac{(-c_1) B_3}{c_3 B_1} \quad \text{bo'lishini talab etadi, ya'ni qiymati qandaydir minimal ruxsat etilgan qiymatdan katta bo'lgan kuchaytirish koeffitsienti o'rnatilgan bo'lishi talab etiladi.}$$

Ug ni tutib turish uchun katta qiymatga ega bo'lgan kuchaytirish koeffitsienti $K_{ou \max}$ kerak bo'ladi, biroq K_{ou} ning xaddan tashqari ortib ketishi Δg urning kamayishiga olib keladi. Shu sababli qo'zg'atishni kuchaytirish koeffitsientini

$$K_{ou \min} \leq K_{ou} \leq K_{ou \max} \quad (4.11)$$

oraliqda olish lozim.

$$\text{Bu erda } K_{ou \min} = \frac{|-c_1|}{c_3} \cdot \frac{b_3}{b_1},$$

$$K_{ou \max} = \left[\frac{(c_2 - c_1)}{(c_3 - c_2)} \cdot \frac{b_3}{b_1} \left(1 + \frac{T_e^2}{T_j} \cdot \frac{(T'_d c_2 + T_e c_1)}{(T'_d + T_e)} \right) \right] / \left(1 + \frac{T_e}{T'_d} \cdot \frac{(c_3 - c_1)}{(c_3 - c_2)} \right) \quad (4.12)$$

Agar kuchlanishning og'ishiga bog'liq holda ishlovchi QAR mavjud bo'lganda $K_{ou} < K_{ou \min}$ bo'lsa, u holda burchakning monoton oshib borishi bilan xarakterlanuvchi turg'unlikning elektromexanik buzilishi, ya'ni turg'unlikning aperiodik buzilishi sodir bo'ladi.

$K_{ou} > K_{ou \max}$ bo'lganda ham statik turg'unlikning elektromexanik buzilishi sodir bo'lib, u tebranuvchan xarakterda bo'ladi, ya'ni sistema o'z-zidan chayqaladi.

Belgilash lozimki, proporsional tipdagi QARni ishlatish tajribalari asosida bu koeffitsientning, generatorni xar xil holatlarida kuchlanishni tutib turishning katta aniqligi va

O'TKINCHI JARAYONLAR

uzatiluvchi quvvat chegarasining ortishi ta'minlanadigan qiymatlari $K_{ou} \geq 25-50$ (qo'zg'atish birligi/kuchlanish birligi) oraliqda aniqlangan.

Kuchlanishning birligi sifatida generatorning nominal kuchlanishi, qo'zg'atish birligi sifatida, salt ishlash holatida kuchlanishning nominal qiymati U_G ni ta'minlovchi, generator qo'zg'atishining stator chulg'amiga keltirilgan qiymati qabul qilinadi.

Elektr sistemalarining holatlarini, xususan og'ir holatlarini, tadqiq qilishda proporsional tipdagi QARning mavjudligi, soddalashtirish maqsadida, o'tkinchi qarshilik ortidagi o'zgarmas o'tkinchi e.yu.k. orqali tasvirlanadi. Bunday QARning mavjudligi generatorning ichki qarshiligini qisman kompensatsiyalashga ekvivalent bo'lib, u sinxron generatorning burchak xarakteristikasi maksimumini ortishida ifodalanadi.

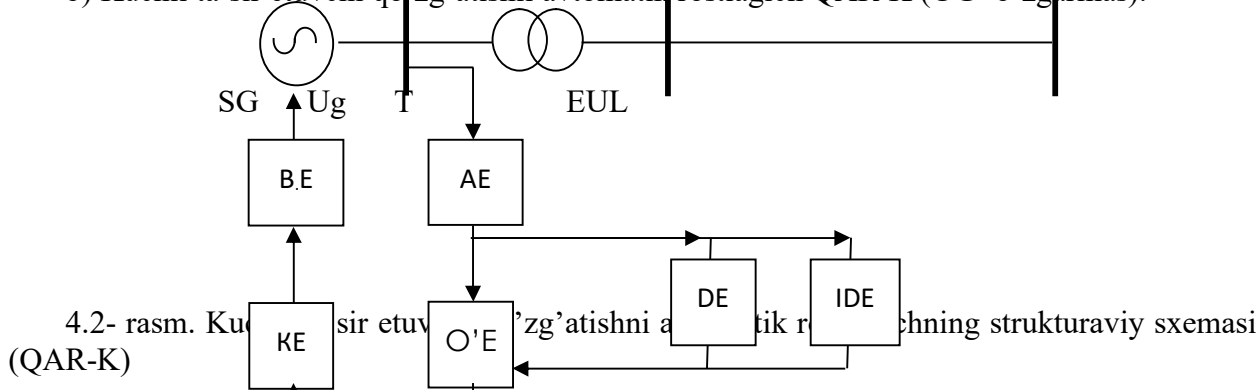
Shunday qilib, proporsional tipdagi QARga ega bo'lgan generatorning turg'un ishlashi uchun holat parametrlarining og'ishi bo'yicha rostlash kanallaridagi kuchaytirish koeffitsientlari

$$K_{op\ min} < K_{op} < K_{op\ max}$$

shart bo'yicha tanlanishi lozim.

Bu shartning buzilishi turg'unlikning aperiodik ($K_{op} < K_{op\ min}$) yoki tebranma ($K_{op} > K_{op\ max}$) buzilishiga olib keladi.

b) Kuchli ta'sir etuvchi qo'zg'atishli avtomatik rostlagich QAR-K ($U_G = o'zgarmas$).



Holat parametrlarining nafaqat og'ishi, balki ularning o'zgarish tezligi, ya'ni ularning birinchi va ikkinchi tartibli xosilalari bo'yicha ishlovchi qo'zg'atishning avtomatik rostlagichlari kuchli ta'sir etuvchi qo'zg'atishni avtomatik rostlagichlar deb yuritiladi (QAR-K) (4.2- rasm). Bunday QARni «kuchli» deb yuritilishiga sabab shundan iboratki, ular berilgan holat parametrini, masalan generator kuchlanishini, generatorning ichki qarshiligini to'liq kompensatsiyalab o'zgarmas tutib tura oladi. Shu sababli hisoblashlarda QAR-K generator kuchlanishining o'zgarasligi bilan tasvirlanadi.

QAR-K elektr sistemasining statik turg'unligini katta miqdorga yaxshilash imkonini beradi. QAR-P va QAR-K larning strukturaviy sxemalarini solishtirib, kuchli ta'sir etuvchi rostlagichlarda holat parametrlarining ($\Delta U'$, $\Delta I'$, $\Delta f'$, $\Delta U''$, $\Delta I''$, $\Delta f''$) birinchi (DE) va ikkinchi (IDE) xosilalariga mos signallar ishlab chiqaruvchi qo'shimcha kanallar mavjudligini ko'ramiz.

Albatta, yangi kanallarning paydo bo'lishi va QAR sistemasining qo'shimcha elementlarini Hisobga olish tenglamalar tuzishdagi mexnat xajmini, ularning tartibini oshiradi va, eng asosiysi, ularni analitik tadqiq qilish, xattoki bitta sinxron generator mavjud bo'lganda ham, imkonini yo'qotadi.

Masalan, generator kuchlanishi va tokining og'ishi (ΔU , ΔI), ularning birinchi va ikkinchi tartibli xosilalari bo'yicha ishlovchi QAR-k, rostlagichning differensiallovchi va ikki marta differensiallovchi vaqt doimiylari teng bo'lgan taqdirda $T_1 = T_2 = T_p$, ettinchi darajali xarakteristik tenglamaga ega bo'ladi. Agar o'lchash va kuchaytirish elementlarining inersionligini hisobga olmasak $T_n = T_u = 0$, u holda xarakteristik tenglama beshinchi darajali bo'ladi:

$$a_0 p^5 + a_1 p^4 + a_2 p^3 + a_3 p^2 + a_4 p + a_5 = 0 \quad (4.13)$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

Bu erda

$$a_0 = T_j \cdot T_d \cdot T_e \cdot T_p ;$$

$$a_1 = T_j (T_d \cdot T_e + T_d \cdot T_p + T_e \cdot T_p) + k_{2i} \cdot h_1 ;$$

$$a_2 = T_j (T_d + T_e + T_p) + T_d \cdot T_e \cdot T_p \cdot c_2 \cdot k_{1i} \cdot h_1 ;$$

$$a_3 = T_j \cdot T_e \cdot T_p \cdot c_1 + T_d (T_e + T_p) \cdot c_2 + k_{ou} T_j \frac{b_1}{b_3} + k_{oi} \cdot h_1 + k_{2i} \cdot h_2 ;$$

$$a_4 = (T_e + T_p) \cdot c_1 + T_d \cdot c_2 + k_{1i} \cdot h_2 ;$$

$$a_5 = c_1 + k_{ou} \cdot c_3 + k_{oi} \cdot h_2 ;$$

$$h_1 = -T_j \frac{(E_q - U \cdot \cos \delta)}{I \cdot X_{d\Sigma}^2}$$

$$h_2 = b_1 \frac{U}{X_{d\Sigma}} (I_q \cdot \cos \delta + I_d \cdot \sin \delta)$$

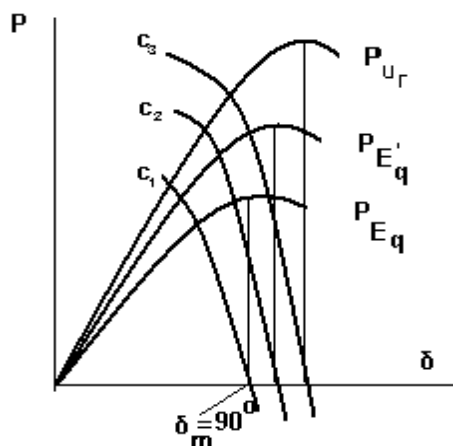
$$I_d = \frac{E_q - U \cos \delta}{X_{d\Sigma}} ; \quad I_q = \frac{U}{X_{d\Sigma}} \cdot \sin \delta$$

(I, I_d, I_q) koeffitsientlarga kiruvchi holat parametrlari sinxron generatorning vektor diagrammasidan aniqlanadi. Bu erda koi– generator statori tokining og'ish kanali bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti [qo'zg'.birl./nom.tok birl.], k_{1i}- stator tokining birinchi xosilasi kanali bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti [qo'zg'.birl./nom.tok birl./sek.], k_{2i} – stator tokining ikkinchi xosilasi kanali bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti [quzg'.birl./nom.tok birl./sek²]. Belgilab qo'yish lozimki, QAR-k da kuchlanish og'ishi bo'yicha kuchaytiruvchi koeffitsientlar qiymati kou=(100-200) [qo'zg'. birl./kuchlanish birl.] oralig'ida joylashgan.

Ko'rinib turibdiki, xarakteristik tenglamaning koeffitsientlari holat, sistema parametrlari va QAR kanallari bo'yicha kuchaytirish koeffitsientlariga bog'liq.

Keltirilgan munosabatlardan ko'rinadiki, qabul qilingan soddalashtirishlarda xarakteristik tenglama koeffitsientlari, xatto bitta generator mavjud bo'lganda, murakkablashadi va natijada ularni analitik tadqiq qilish mumkin bo'lmay qoladi.

Shu sababli, xususan qo'zg'atish tokini bir nechta holat parametrlari bo'yicha rostlash vaziyatlarida QARning optimal kuchaytirish koeffitsientlarini aniqlashda sonli usullar qo'llaniladi.



O'TKINCHI JARAYONLAR

4.3-rasm. QAR turlicha bo'lganda burchak xarakteristikalari va sinxronlovchi quvvatlarni solishtirish

Mexanik elementlarda lyuftning mavjudligi ta'sirida va inersionlik ta'sirida paydo bo'luvchi sezmaslik sohasini hisobga olish, tenglamalarni tuzish va tahlil qilishni yanada murakkablashtiradi. Biroq, bu faktorlar generatorning turg'un ishlash shartlariga kuchli ta'sir etishi mumkin. Ularni noto'g'ri hisobga olish QARning noto'g'ri ishlashi natijasida sinxron generator turg'unligining buzilishiga sabab bo'lishi mumkin.

QAR-K ning mavjud bo'lishi burchak xarakteristikasining maksimumini oshiradi, chunki u $U_g = \text{const}$ va $X_G = 0$ sharti bilan ifodalanadi (4.3- rasm).

Sinov savollari

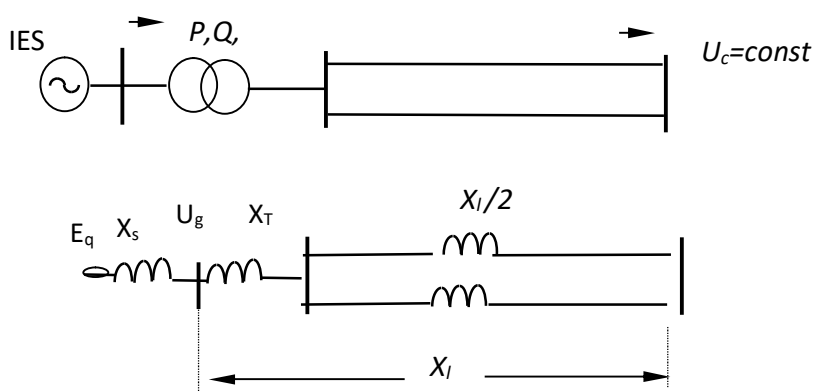
1. Qo'zg'atishni avtomatik rostlagichlarga ko'rsatilgan talablar.
2. Proporsional ta'sirli qo'zg'atishni avtomatik rostlagichlarni strukturaviy sxemasi.
3. Kuchli ta'sirli qo'zg'atishni avtomatik rostlagichlarni strukturaviy sxemasi.
4. SGning qo'zg'atishni avtomatik rostlagichlar tizimning qaysi parametrlariga ta'sir qiladi?
5. Qo'zg'atishni kuchaytirish koeffitsient bo'yicha tushuncha.
6. Har xil turdagi QARlar o'rnatilgan holda sinxron generatorning burchak xarakteristikalarini solishtirib tahlil qiling.

Ma'ruza 5. Ayon va noayon qutbli generatorlarning vektor diagrammalari va quvvat xarakteristikalari

Bo'lim materiallarining boshlanishida noayon qutbli generatorlarning vektor diagrammalarini tahlil qilamiz.

Sodda sxemani qabul qilamiz (5.1- rasm).

Generator X_s qarshilik orqali cheksiz quvvatli sistema ($U = \text{const}$, $f = \text{const}$) - shinasiga ishlaydi, yani unga energiya uzatadi.



5.1 rasm. Sodda elektr sistemaning berilgan sxemasi

Ulangan generatorlarning holatlarini turli o'zgarishlarida kuchlanish va chastotasini doimiy deb hisoblash mumkin bo'lgan tarmoq shinasiga cheksiz quvvat shinasiga deb hisoblanadi. Amaliy jixatdan ushbu holat quyidagini anglatadi: tarmoqning umumiy quvvati ulangan generatorning quvvatidan shunchalar kattaki, mashinaning ish holatini o'zgarishi tarmoq kuchlanishi va chastotasiga tasir qilmaydi.

Jarayonlarni o'rganishda, ayniqsa turli turg'un holatlarning elektromagnit va mexanik parametrlarini o'zaro bog'lashda vektor diagrammalar kuchli qurol hisoblanadi. Vektor

O'TKINCHI JARAYONLAR

diagrammalarini qurish sistemaning berilgan uzatiluvchi aktiv va reaktiv quvvatlari, kuchlanish kattaligi va chastotasi asosida amalga oshiriladi.

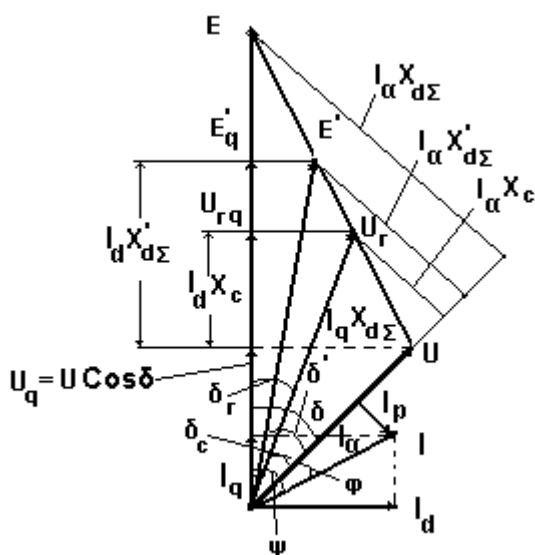
Generator kuchlanishi U_g qo'zg'atish toki induksiyalagan e.yu.k.dan X_{ad} , X_{aq} o'zaro induksiya qarshiliklaridagi, mashina induktiv sochilish qarshiligidagi kuchlanish tushuvlarini ayirmasiga teng. Agar bu erga $X_s = X_l + X_T$ va $r_e = r_T + r_l$ ni hisobga olib, sistemaning aktiv va induktiv qarshiliklaridagi kuchlanish tushuvlarini qo'shsak, u holda EUL oxiridagi U kuchlanishni topamiz. Quyida vektor diagramma qurishni soddalashtirish uchun aktiv qarshilikni hisobga olmaymiz.

Ushbu munosabat to'g'ri hisoblanadi:

$$\dot{U}_c = E_q - jX_{d\Sigma} I_a - jX_{d\Sigma} I_p. \quad (5.1)$$

Berilgan P , Q , U lar asosida faza burchagi φ ni aniqlab, so'ngra sistema kuchlanishi qiymatini mos masshtabda qo'yamiz va uni aktiv va reaktiv tashkil etuvchilarga ajratib, E_q , E' , U_g va boshqa vektorlarni topamiz.

Shuni nazarda tutish kerakki, U va E_q vektorlari orasidagi burchak δ ($\delta = \angle(U, E_q)$) sakrab o'zgara olmaydi, chunki u rotor bilan bog'langan va shuning uchun sistemaning elektromexanik holatini xarakterlovchi asosiy parametr hisob bo'lanadi, yani sistemaning va generatorning turg'unligini belgilaydi, $\delta_c = \angle(U, E_q)$, $\delta_r = \angle(U, E_q)$, $\delta' = \angle(U, E')$ - burchaklar esa sakrab o'zgarishlari mumkin va ular faqat mashinaning elektromagnit holatini belgilaydi.



5.2 rasm. Noayon qutbli generatorning vektor diagrammasi

Bu yerda

$$X_{d\Sigma} = X_d + X_c;$$

$$X'_{d\Sigma} = X'_d + X_c;$$

E_q – salt ishlash e.yu.k.

Ushbu diagramma asosida ma'lum munosabatlarni keltirib chiqarish mumkin $P = f(E_q, \delta)$, $P = f(E', \delta')$, $P = f(U, \delta)$ va xokazo.

Aktiv quvvat tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$P=UI_a=E_q I_q. \quad (5.2)$$

Vektor diagrammadan yozish mumkin:

$$\begin{aligned} \sin \delta &= \frac{I_a \cdot X_{d\Sigma}}{E_q}; \rightarrow I_a = \frac{E_q}{X_{d\Sigma}} \cdot \sin \delta \\ \sin \delta' &= \frac{I_a \cdot X'_{d\Sigma}}{E'}; \rightarrow I_a = \frac{E'}{X'_{d\Sigma}} \cdot \sin \delta' \\ \sin \delta_c &= \frac{I_a \cdot X_c}{U_\Gamma}; \rightarrow I_a = \frac{U_\Gamma}{X_c} \cdot \sin \delta_c \end{aligned} \quad (5.3)$$

Bu erda $I_a = I \cdot \cos \varphi$ - generator stator tokining aktiv tashkil etuvchisi.

Quvvatni turli e.yu.k.lar bilan ifodalaymiz:

$$\begin{aligned} P_{Eq} &= U \cdot I_a = \frac{E_q \cdot U}{X_{d\Sigma}} \cdot \sin \delta \\ P_{E'q} &= \frac{U \cdot E'_q}{X_{d\Sigma}} \cdot \sin \delta \\ P_{U_c} &= \frac{U \cdot U_\Gamma}{X_c} \cdot \sin \delta_c \end{aligned} \quad (5.4)$$

δ' , δ_s burchaklarni formulalar yordamida δ burchak bilan ifodalaymiz. Unda ushbu munosabat to'g'ri bo'ladi:

$$\begin{aligned} P &= U \cdot I \cdot \cos \varphi = U \cdot I \cdot \cos(\Psi - \delta) = \\ &= UI \cos \Psi \cdot \cos \delta + U \cdot I \cdot \sin \Psi \cdot \sin \delta = \\ &= U \cdot I_q \cdot \cos \delta + U \cdot I_d \cdot \sin \delta \end{aligned} \quad (5.5)$$

Bu erda $I_q = I \cdot \cos \varphi$ $I_d = I \cdot \sin \varphi$.

Vektor diagrammadan quyidagilarni yozishimiz mumkin:

$$I_q \cdot X_{d\Sigma} = U \cdot \sin \delta; \quad I_q = \frac{U}{X_{d\Sigma}} \cdot \sin \delta; \quad (5.6)$$

$$I_d \cdot X_c = E_q - U \cdot \cos \delta; \quad I_d = \frac{E_q - U \cdot \cos \delta}{X_{d\Sigma}}; \quad (5.7)$$

Ushbu toklarning tenglamasini (5.5) tenglamaga qo'yib, quyidagini xosil qilamiz:

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$\begin{aligned}
 P &= U \cdot \frac{U}{X_{d\Sigma}} \cdot \sin \delta \cdot \cos \delta + U \cdot \frac{E'_q - U \cdot \cos \delta}{X'_{d\Sigma}} \sin \delta = \\
 &= \frac{U^2}{2 \cdot X_{d\Sigma}} \sin 2\delta + \frac{U \cdot E'_q}{X'_{d\Sigma}} \sin \delta - \frac{U^2}{2 \cdot X'_{d\Sigma}} \cdot \cos \delta \cdot \sin \delta = \\
 &= \frac{U \cdot E'_q}{X'_{d\Sigma}} \cdot \sin \delta - \frac{U^2}{2} \cdot \frac{(X_d - X'_d)}{X_{d\Sigma} \cdot X'_{d\Sigma}} \cdot \sin 2\delta
 \end{aligned}
 \tag{5.8}$$

ya'ni quvvat formulasi E'_q orqali ifodalanadi.

Vektor diagrammadan:

$$I_d \cdot X_c = U_{\Gamma q} - U_c \cdot \cos \delta; \quad I_d = \frac{U_{\Gamma q} - U_c \cdot \cos \delta}{X_c};$$

$$I_q \cdot X_{d\Sigma} = U_c \cdot \sin \delta; \quad I_q = \frac{U_c}{X_{d\Sigma}} \cdot \sin \delta;$$

Ushbu tenglamalarni (5.5) tenglamaga qo'yamiz

$$\begin{aligned}
 P &= U_c \cdot I_q \cdot \cos \delta + U_c \cdot I_d \cdot \sin \delta = \\
 &= U_c \cdot \frac{U_c}{X_{d\Sigma}} \cdot \sin \delta \cdot \cos \delta + U_c \cdot \frac{U_{\Gamma q} - U_c \cdot \cos \delta}{X_c} \cdot \sin \delta = \\
 &= \frac{U_c^2}{X_{d\Sigma}} \cdot \frac{\sin 2\delta}{2} + \frac{U_c \cdot U_{\Gamma q}}{X_c} \cdot \sin \delta - \frac{U_c^2}{X_c} \cdot \frac{\sin 2\delta}{2}
 \end{aligned}
 \tag{5.9}$$

va natijada

$$P_{U_{\Gamma q}} = \frac{U_c \cdot U_{\Gamma q}}{X_c} \cdot \sin \delta - \frac{U_c^2}{2} \cdot \frac{X_d}{X_{d\Sigma} \cdot X_c} \cdot \sin 2\delta;$$

Quvvat formulasi generator kuchlanishining bo'ylama tashkil etuvchisi $U_q = U \cdot \cos \delta$ bilan ifodalanadi.

Endi sinxron generatorning reaktiv quvvati uchun tenglamani xosil qilamiz. Ichki reaktiv quvvat quyidagi tenglamadan olinadi:

$$Q_{E_q} = E_q \cdot I_d \tag{5.10}$$

Vektor diagrammadan:

$$\begin{aligned}
 I_d \cdot X_{d\Sigma} &= E_q - U_c \cdot \cos \delta \quad I_d = \frac{E_q - U \cdot \cos \delta}{X_{d\Sigma}} \\
 Q_{E_q} &= \frac{E_q^2}{X_{d\Sigma}} - \frac{E_q \cdot U}{X_{d\Sigma}} \cdot \cos \delta
 \end{aligned}
 \tag{5.11}$$

Generatorning ichki reaktiv quvvati.

Generator ishlab chiqarayotgan reaktiv quvvat:

$$Q_G = U_G \cdot I_{pG}; \quad (5.3 \text{ rasm});$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

bu yerda $I_{pG} \cdot X_s = U_G - U \cdot c$

$$I_{pG} = \frac{U_G - U \cdot \cos \delta_s}{X_s};$$

$$Q_G = \frac{U_G^2}{X_s} - \frac{U_G \cdot U}{X_s} \cdot \cos \delta_s \quad (5.12)$$

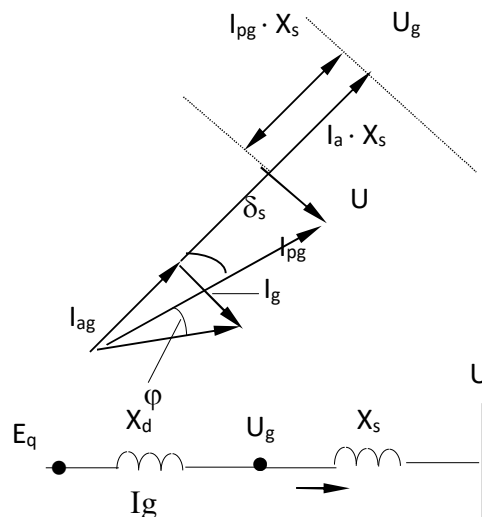
Vektor diagrammadan Eq generator salt ishlash e.yu.k.ning analitik tenglamasini ham topish mumkin:

$$E_q^2 = (U_\Gamma + I_p \cdot X_d)^2 + (I_a \cdot X_d)^2$$

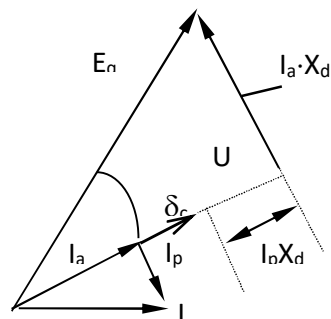
chunki $QG = UG \cdot I_p$, $PG = I_a \cdot U_g$

Shakl almashtirishlardan so'ng quyidagini xosil qilamiz:

$$E_q = \sqrt{(U_G + \frac{Q_G \cdot X_d}{U_G})^2 + (\frac{P_G \cdot X_d}{U_G})^2}$$



5.3-rasm Sinxron generatorning vektor diagrammasi



5.4 rasm Sinxron generatorning vektor diagrammasi

Generatorning ichki burchagini aniqlaymiz:

O'TKINCHI JARAYONLAR

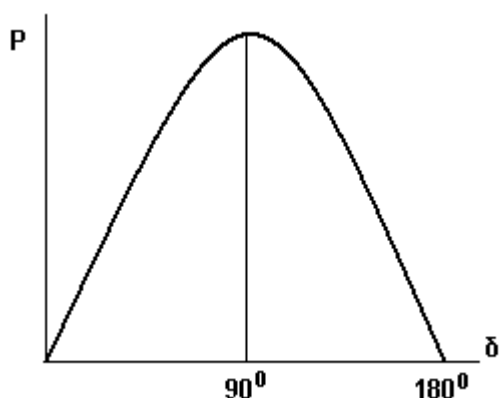
$$\operatorname{tg} \delta_G = \frac{P_G \cdot X_d}{U_G^2 + Q_G \cdot X_d}$$

$$\delta_G = \operatorname{arctg} \frac{P_G \cdot X_d}{U_G^2 + Q_G \cdot X_d};$$

va

$$P_{E_q} = \frac{E_q \cdot U}{X_{d\Sigma}} \sin \delta$$

- tenglama generator va holat parametr (E_q , U , $X_{d\Sigma}$) larining o'zgarmas qiymatlarida sinxron mashinaning asosiy xarakteristikasi bo'lib, u burchak xarakteristikasi deyiladi va u faqat δ burchakka bog'liq bo'lib, sinusoidal xarakteristikani namoyon qiladi.



5.5- rasm. Noayon qutbli generatorning burchak xarakteristikasi

Ushbu xarakteristikaning maksimumi $\delta=90^\circ$ burchakda ta'minlanadi va quyidagiga teng:

$$P_m = \frac{E_q \cdot U}{X_{d\Sigma}} \quad P_{Eq} = P_m \cdot \sin \delta \quad (5.13)$$

Ushbu ifodadan maksimum sistema va holatning qaysi parametrlariga bog'liq ekanligi ko'rinib turibdi. E_q yoki qo'zg'atish toki qanchalik katta, shuningdek, induktiv qarshilik kichik bo'lsa uning qiymati shunchalik katta bo'ladi.

Endi ayon qutbli sinxron generatorning vektor diagrammasini ko'rib chiqamiz:

$$X_{d\Sigma} = X_d + X_c$$

$$X_{q\Sigma} = X_q + X_c$$

$$X'_{d\Sigma} = X'_d + X_c$$

EQ – hisobiy e.yu.k.

Vektor diagramma xuddi yuqoridagidek P , Q , U larning berilgan qiymatlarida quriladi.

Holatlarni, xususan, turg'unlikni hisoblashda ayon qutbli generator hisobiy e.yu.k. EQ li fiktiv noayon qutbli generator bilan almashtiriladi, bunda energetik jarayonlar real mashinaning jarayonlari bilan bir xil bo'ladi. Bunda $X_{d \text{ fik.}} = X_{q \text{ fik.}} = X_{q \text{ xak.}}$ Fiktiv mashinaning P , Q , δ kattaliklari real mashinaning kattaliklari bilan bir xil bo'ladi (5.5-rasm).

Hisobiy e.yu.k. orqali belgilangan generator quvvatini topamiz:

$$P = EQI_q = \frac{E_q U_c}{X_{q\Sigma}} \cdot \sin \delta \quad (5.14)$$

Generator berayotgan aktiv quvvat

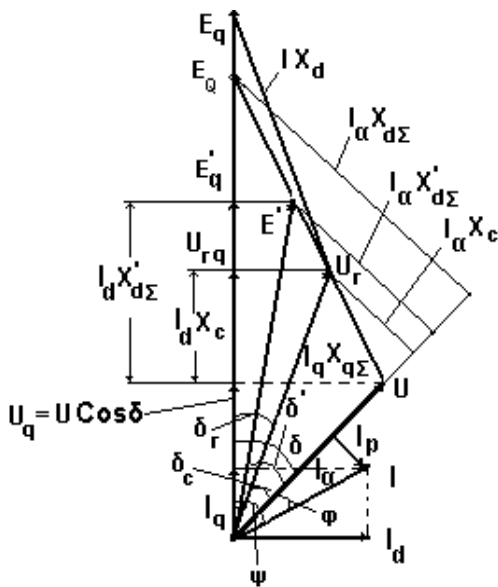
O'TKINCHI JARAYONLAR

$$P = U_c \cdot I_a = U_c \cdot I_q \cdot \cos \delta + U_c \cdot I_d \cdot \sin \delta;$$

$$I_q \cdot X_{q\Sigma} = U_c \cdot \sin \delta; \quad I_q = \frac{U_c}{X_{q\Sigma}} \cdot \sin \delta;$$

$$I_d \cdot X_{d\Sigma} = E_q - U_c \cdot \cos \delta; \quad I_d = \frac{E_q - U_c \cdot \cos \delta}{X_{d\Sigma}};$$

$$\begin{aligned} P &= U_c \cdot \frac{U_c}{X_{q\Sigma}} \cdot \sin \delta \cdot \cos \delta + U_c \cdot \sin \delta \cdot \frac{E_q - U_c \cdot \cos \delta}{X_{d\Sigma}} = \\ &= \frac{U_c^2}{2} \cdot \frac{1}{X_{q\Sigma}} \sin 2\delta + \frac{U_c \cdot E_q}{X_{d\Sigma}} \cdot \sin \delta - \frac{U_c^2}{2} \cdot \frac{\sin 2\delta}{X_{d\Sigma}} = \\ P_{E_q} &= \frac{E_q \cdot U_c}{X_{d\Sigma}} \cdot \sin \delta + \frac{U_c^2}{2} \cdot \frac{X_d - X_q}{X_{d\Sigma} \cdot X_{q\Sigma}} \cdot \sin 2\delta. \end{aligned}$$



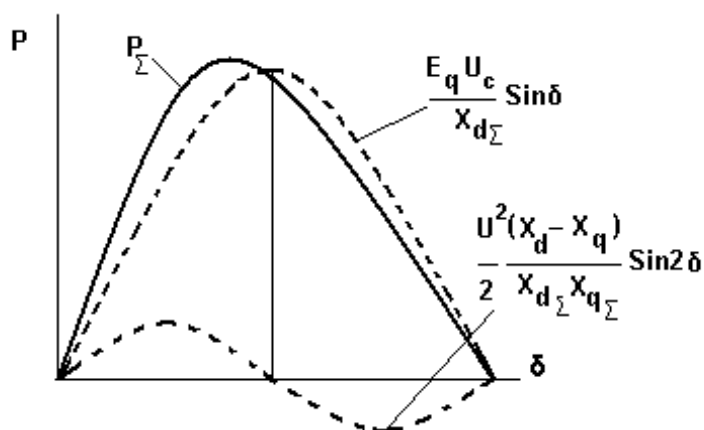
5.6- rasm. Ayon qutbli generatorning vektor diagrammasi

Demak, real E_q bilan ifodalangan ayon qutbli mashinaning burchak xarakteristikasi ikkita sinusoidaning yig'in-disi shaklida bo'ladi, va xolanki $X_d = X_q$ bo'lganda, ikkinchi qo'shiluvchi nolga teng bo'ladi, yani ayon qutblilik ikkinchi qo'shiluvchi bilan hisobga olinadi (5.7 rasm).

Ayon qutbli mashinaning quvvat formulasini E_q orqali ifodalaymiz:

$$P_{E_q} = \frac{E'_q \cdot U}{X'_{d\Sigma}} \cdot \sin \delta - \frac{U^2}{2} \cdot \frac{X_q - X'_d}{X_{q\Sigma} \cdot X'_{d\Sigma}} \cdot \sin 2\delta$$

O'TKINCHI JARAYONLAR



5.7- rasm. Ayon qutbli generatorning burchak xarakteristikasi

Ayon qutbli generatorning shinasidagi reaktiv quvvat:

$$Q_{E_q} = \frac{E_q \cdot U}{X_{d\Sigma}} \cdot \cos \delta - \frac{U^2}{2} \cdot \frac{X_{d\Sigma} + X_{q\Sigma}}{X_{d\Sigma} \cdot X_{q\Sigma}} + \frac{U^2}{2} \cdot \frac{X_d - X_q}{X_{d\Sigma} \cdot X_{q\Sigma}} \cdot \cos 2\delta$$

Endi barcha e.yu.k.larni bog'lovchi tenglamani tuzamiz. Vektor diagrammadan quyidagilarni yozish mumkin:

$$E_q = E_Q + I_d (X_{\Sigma} - X_{\Phi})$$

$$E_Q = E'_q + I_d (X_{\Phi} - X'_{\Sigma}).$$

$$I_d = \frac{E_Q}{X_q - X'_d} - \frac{E'_q}{X_q - X'_d}$$

Uni (1.57) ga qo'yib, quyidagini xosil qilamiz:

$$E_q = E_Q \cdot \frac{X_d - X'_d}{X_q - X'_d} - E'_q \cdot \frac{X_d - X_q}{X_q - X'_d};$$

Shunday qilib, vektor diagrammadan barcha zarur holat parametrlarini olish mumkin.

Sinxron generatorning xosil qilingan elektromagnit quvvatini va uning boshqa holat parametrlarini aniqlashning analitik ko'rinishi nafaqat elektr parametrlar, balki mexanik parametr – yuklama burchagi deb nomlanuvchi burchak δ bilan ham amalga oshirilgan. Ushbu xol mashinadagi elektromexanik o'tkinchi jarayonlarni – mashinaning turg'unligini sistemada turli tasirlar bo'lganda ham tadqiq etish imkonini beradi.

Etiborga olish kerakki, sinxron generatorlar rotori magnit oqimi vektorining fazoviy holati an'anaviy tuzilishlarda bo'ylama o'qda qo'zg'atish chulg'ami joylashishi bilan qattik bog'langan. Buning natijasida, ushbu holatni xarakterlovchi salt ishlash e.yu.k. E_q va sistema kuchlanishi U_s orasidagi burchak δ rotorning mexanik inersionligi tufayli sakrab o'zgara olmaydi, shuning uchun ushbu burchak generator rotorining aylanuvchi o'q bilan sinxron xarakatini va uning turg'unligini aniqlovchi holatning asosiy parametridir.

Bu yerda quyidagilar kelib chiqadi:

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$\frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{d\Delta\omega}{dt} = \frac{d(\omega_p - \omega_0)}{dt} = 0$$

- agar bo'lsa, $\delta = \text{const}$ bo'lib, bu erda ω_p – rotorning aylanish tezligi turg'un holatda u sinxron tezlikka teng, ya'ni $\omega_p = \omega_0$.

$$\frac{d^2\delta}{dt^2} \neq 0$$

- agar bo'lsa, u holda $\omega_p \neq \omega_0$, $\delta \neq \text{const}$ bo'lib, u generator sinxron ishining buzilishi natijasida o'tkinchi jarayonlarning paydo bo'lishini bildiradi. Holatni tadqiq etib, natijada quyidagi bog'liqliklarni aniqlash mumkin:

$\delta = f(t)$, $P = f(\delta, t)$, $U = f(t)$ va xokazo.

Shu bilan bir vaqtda boshqa burchaklar δ_s , δ_G , φ va xokazolar sakrab o'zgarishi mumkin, chunki ular mashinaning elektromagnit holatini belgilaydilar.

Salt ishlash e.yu.k. Eq mashina rotorining qo'zg'atish toki bilan bog'liq bo'lib, o'tkinchi holatda sakrab o'zgarishi mumkin, shuning sababli birlamchi yaqinlashishda e.yu.k. birdan o'zgaradi deb qabul qilish mumkin o'tkinchi e.yu.k. E' qo'zg'atish chulg'aming ψ_{nat} natijaviy to'la oqim ilashishiga bog'liq. ψ_{nat} oqim ilashishining doimiyligi nazariyasiga bog'liq holda aytish mumkinki, o'tkinchi jarayonning boshlang'ich momentida e.yu.k. $E'_q = \text{const}$ o'zgarmasdan qoladi. Ushbu tasdiq juda muhimdir, chunki u jarayonlarning holatni buzilishigacha va buzilishidan keyingi holatlarini bog'laydi.

Ayon qutbli generatorda EQ hisoblashlarni soddalashtiruvchi hisobiy kattalik bo'lib, ayon qutbli generatorning hisobiy sxemasiga kiritiladi. Bunda sodir bo'layotgan energetik jarayonlar real jarayonni ko'rsatadi.

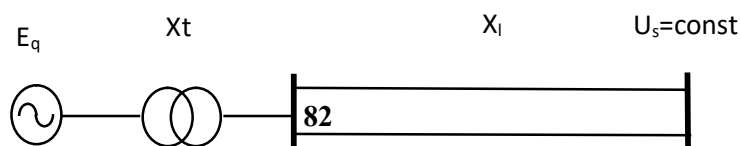
Kursning boshqa materiallari bilan tanishishda ushbu bobning materiallariga bir necha bor murojaat qilamiz, chunki ular bazaviy materiallardir. o'quvchi – talabgor jarayonlarni fizikasini tushinishda bazi aniqliklari muhim bo'lgan bo'limlarni chuqur, mustaqil, qayta - qayta katta etibor bilan o'rganib chiqishi zarur deb hisoblaymiz.

Sinov savollari

1. Cheksiz quvvatli elektr tizim nimaligini tushuntiring.
2. Sinxron generatorlarning vektor diagrammalarini qurishdan maqsad.
3. Noayon qutubli generatorning vektor diagrammasi.
4. Noayon qutubli generator vektor diagrammasidan kelib chiqilayotgan asosiy tenglamalar.
5. Yayon qutubli generatorning vektor diagrammasi.
6. Ayon qutubli generator vektor diagrammasidan kelib chiqilayotgan asosiy tenglamalar.
7. Ayon va noayon sinxron generatorlarni burchak xarakteristikalarida farqi.

Ma'ruza. Oddiy elektr tizimining statik turg'unlik zaxirasi, va uni oshirish choralari. Statik turg'unligining mezon

Elektr energetikasining asosiy vazifasi istemolchilarni elektr energiya bilan uzluksiz va turg'un ta'minlashdan iborat. Qanday sharoitlarda generatorlarning turg'un ishlashini ta'minlash mumkinligini, elektr uzatish liniyasi orqali qanday miqdordagi quvvatni uzatish mumkinligini, turg'unlikni ta'minlash qanday faktorlarga bog'liqligini, normal ishlayotgan sinxron generatorlarning turg'un, parallel ishlashi nima sababdan buzilishini aniqlash lozim. Bu masalalarni ko'rib chiqishga kirishamiz.



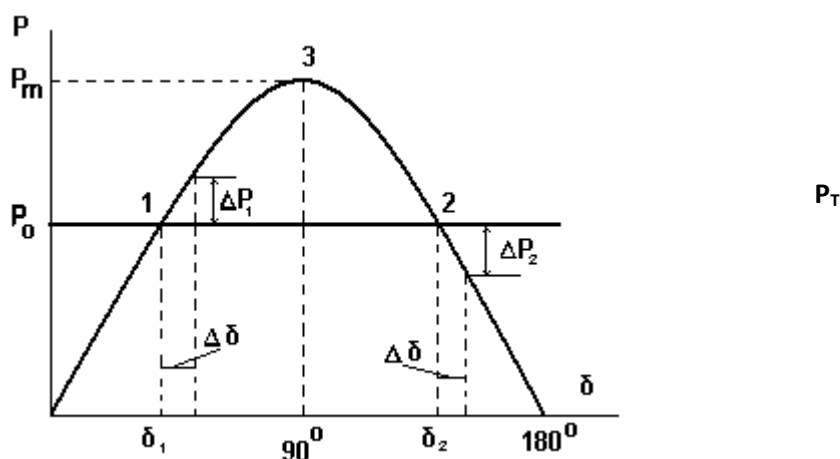
O'TKINCHI JARAYONLAR

6.1- rasm Oddiy sistemaning prinsipial sxemasi.

Bundan oldingi bo'limda 6.1-rasmda tasvirlangan elektr uzatish sxemasi uchun burchak xarakteristikasi deb yuritiluvchi elektr quvvatining e.yu.k. Eq va qabul qiluvchi shinalar kuchlanishi U vektorlari orasidagi burchakka bog'liq ifodasi keltirib chiqarilgan edi:

$$P_G = \frac{E_q U_c}{X_{d\Sigma}} \cdot \sin \delta \quad (6.1)$$

Eq, U, XdΣ larning qiymatlari berilgan holda generatorning quvvati burchakning funksiyasi bo'lib, bu bog'lanish egri chiziqli – sinusoidaldir. To'liq bo'lishi uchun ushbu grafikning o'zida turbina quvvati PT ning xarakteristikasi qurilib, u δ burchakka bog'liq bo'lmaganligi sababli to'g'ri chiziq ko'rinishida tasvirlanadi (6.2- rasm).



6.2- rasm. Oddiy sistemaning burchak xarakteristikasi.

Generatorning valida quvvatlar balansi PG=PT saqlanganda, ya'ni turbinaning aylantiruvchi mexanik quvvati (momenti) va generatorning tormozlovchi elektromagnit quvvati (momenti) teng bo'lganda sinxron ishlash ta'minlanadi. Ushbu tasdiq, shuningdek, sinxron mashina rotorini nisbiy harakatining oldingi paragrafda ko'rib o'tilgan differensial tenglamasidan ham xosil bo'ladi:

$$\frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{\Delta P}{T_j} = \frac{1}{T_j} (P_T - P_G) \quad (6.2)$$

Agar PG=PT, δ=o'zgarmas bo'ladi va bu shart turg'unlikni ta'minlaydi. 6.2- rasmdagi grafikdan ko'rinadiki, PG=PT shart δ1 va δ2 burchaklar mos keluvchi ikkita 1 va 2 nuqtalarda bajariladi. Bu nuqtalarning qaysi birida generator turg'un ishlashini aniqlash lozim.

Faraz qilaylik, qandaydir ta'sir natijasida 1 nuqtada burchak kichik miqdor Δδ ga og'di. Bunda generatorning elektromagnit quvvati va elektr uzatish liniyasi orqali uzatiluvchi quvvat ΔP1 ga ortib, turbinaning mexanik quvvati inersiya tufayli o'zgarishsiz qoldi. Pg1 + ΔP1 > PT bo'lib qolganligi sababli valda quvvatlar (momentlar) balansi buzildi. Bunda tormozlovchi moment katta bo'lganligi sababli generatorning rotorini tormozlanadi. Natijada burchak kamayib

O'TKINCHI JARAYONLAR

boradi, ya'ni $\Delta\delta \rightarrow 0$, va rotor momentlar muvozanati ta'minlanuvchi 1 nuqtaga qaytadi. Bu nuqtada burchak $\Delta\delta$ ga kamaygan holda ham shu kabi jarayon – 1 nuqtaga qaytish yuz beradi.

Agar burchakning $\Delta\delta$ miqdorga ortishi 2 nuqtada yuz bersa, u holda $P_{G2} - \Delta P_2 < P_T$ bo'lganligi sababli valda ortiqcha tezashtiruvchi moment xosil bo'ladi. Natijada rotorning aylanish tezligi ortib, u burchakning yanada ortishiga olib keladi. Burchakning ortishi z navbatida valdagi ortiqcha tezashtiruvchi momentni yanada oshiradi va x.k. Shunday qilib, rotor va mos ravishda holat 2 nuqtaga qaytmaydi. Burchak kamayganda ham shu kabi jarayon kuzatiladi va u rotorning 1 nuqtaga qaytishi bilan tugaydi.

Yuqoridagiga mos ravishda 1 nuqtadagi holat turg'un hisoblanadi, chunki kichik og'ishlar sodir bo'lganda rotor dastlabki nuqtaga qaytadi. Boshlang'ich yoki unga yaqin bo'lgan holatning qayta tiklanishi sinxron generator va mos ravishda elektr sistemasini turg'un ishlashining asosiy ko'rsatkichi ekanligini yodda tutish lozim.

Turbina quvvati va mos ravishda liniya orqali uzatiluvchi quvvatning grafikka muvofiq ortib borishi bilan δ burchak ham ortib, holat 3 nuqtaga yaqinlashib boradi. Bu nuqta, bir tomondan, generatorning $\delta_m=900$ bo'lgan holda berishi mumkin bo'lgan maksimal aktiv quvvatni ko'rsatadi:

$$P_G = \frac{E_q U}{X_{d\Sigma}} \cdot \sin \delta = P_m \cdot \sin \delta, \quad (6.3)$$

bu erda $P_m = \frac{E_q U}{X_{d\Sigma}}$ - maksimal quvvat. Boshqa tomondan 3 nuqta generatorning turg'un va noturg'un ish sohalarini ajratuvchi chegara hisoblanadi.

Burchakning

- $\delta = 0 \div 900$ oralig'i sinxron generatorning turg'un ishlash sohasi;
- $\delta > 900$ bo'lgan qiymatlari generatorning noturg'un ishlash sohasi ekanligini yodda tutish lozim.

$\frac{E_q U}{X_{d\Sigma}}$ maksimal quvvat U kuchlanishning o'zgarmas qiymatiga mos kelib, uzatiluvchi quvvatning ideal statik chegarasi deb yuritiladi.

Amaliy hisoblashlarda statik turg'unlik darajasini (kichik og'ishlardagi turg'unlikni) miqdoriy jixatdan baholash maqsadida quyidagi munosabat bo'yicha aniqlanuvchi statik turg'unlikning zaxira koeffitsienti tushunchasi kiritiladi:

$$K_s = \frac{P_m - P_0}{P_0} \cdot 100\% \quad (6.4)$$

K_s ning qiymati

- normal holatlarda 20%;
- avariya dan keyingi holatlarda 8% belgilanadi.

Yuqorida sinxron generatorning turg'un ishlashi burchak va quvvat ortirma $\Delta\delta$ va $\Delta P = P_T \pm P_G$ larning ishorolari bir xil bo'lgan holdagina ta'minlanishi ko'rsatilgan edi. Bunday holda og'ishlar uchun quyidagilarni yozish mumkin:

$$\frac{\Delta P}{\Delta \delta} > 0$$

yoki xosilalarga o'tsak,

$$\frac{d\Delta P}{d\delta} = \frac{d(P_T - P_G)}{d\delta} = \frac{dP}{d\delta} > 0, \text{ chunki } P_T = \text{o'zgarmas.}$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

Shunday qilib, statik turg'unlik

$$\frac{dP}{d\delta} > 0 \quad (6.5)$$

shart bajarilgan holda ta'minlanadi.

Bu shart sinxron mashina statik turg'unligining matematik mezoni hisoblanadi. Kichik turtkilarda turg'unlik muammosi va ma'nosi ushbu shartni bajarish uchun choralar ko'rishga keltiriladi. Ular keyinroq ko'rib o'tiladi.

Yana bir bor ta'kidlab o'tish lozimki, elektr uzatish liniyasi orqali aktiv quvvatni uzatish imkoniyati aynan e.yu.k. Eq va qabul qiluvchi sistema kuchlanishi vektorlari orasida δ burchak, boshqacha aytganimizda, uzatmaning chekkalaridagi kuchlanish vektorlari orasida burchak mavjud bo'lishi bilan bog'liqdir. Shunday qilib, turbinaga kiritiluvchi energiya tashuvchining (bug' yoki suv) miqdori va ularning mexanik quvvatlarini o'zgarishi uzatmaning elektr holatlarida uning turg'unligi va chegaraviy holatini xarakterlovchi miqdor hisoblanuvchi δ burchakning o'zgarishi orqali aks etadi.

Elektr sistemasining statik turg'unligi zaxirasini ta'minlash choralari

Elektr sistemasining statik turg'unligi – bu sistemaning holat parametrlarini kichik turtkilardan so'ng, iste'molchilarni lozim bo'lgan aktiv va reaktiv quvvatlar bilan ta'minlagan holda, dastlabki holatiga qaytish imkoniyatidir.

Elektr sistemasi statik turg'unligining buzilishini oldini olish maqsadida quyidagi shartlarning bajarilishi lozim:

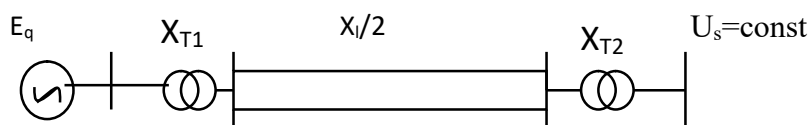
- elektr uzatish liniyalari orqali uzatiluvchi eng katta quvvatlar ularning ruxsat etilgan qiymatlaridan oshmasligi shart. Bu generator rotorlarining chegaraviy siljish burchaklarini rnatishga teng kuchlidir;

- kuchlanish darajalari, xususan yuklama tugunlarida, ruxsat etilganidan kam bo'lmasligi shart.

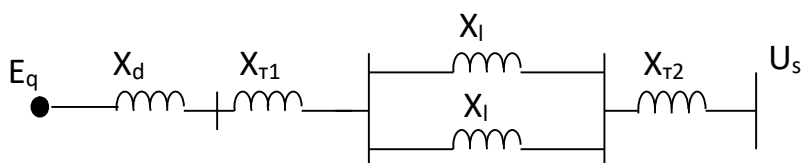
Bu shartlarning ta'minlanishi elektr sistemasini ishlatish va loyixalash jarayonlarida mos jixozlarni tanlab amalga oshiriladi, chunki ularning parametrlari bu shartlardan kelib chiqib tanlanishi lozim.

Yuqoridagi shartlardan kelib chiqib, statik turg'unlik zaxirasi qiymati salmoqli amaliy ahamiyatga ega, uni ta'minlash va oshirish esa ko'plab faktorlarga bog'liq.

Ulardan eng muhimlarini ko'rib o'tamiz. Elektr sistemasining sodda sxemasi berilgan bo'lsin (6.3- rasm).



6.3- rasm Oddiy elektr tizimining prinsipial sxemasi



6.4- rasm Oddiy elektr tizimining almashtirish sxemasi

O'TKINCHI JARAYONLAR

Generatoridan uzatiluvchi quvvat quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$P_1 = \frac{E_q^2}{Z_{11}} \sin \alpha_{11} + \frac{E_q \cdot U_c}{Z_{12}} \sin(\delta - \alpha_{12}) \quad (6.6)$$

Elektr tarmoq elementlarining aktiv qarshiliklari hisobga olinmaganda ($r_i=0$) bu formula soddalashadi:

$$P_G = \frac{E_q \cdot U_s}{X_{d\Sigma}} \cdot \sin \delta = P_m \cdot \sin \delta \quad (6.7)$$

$$P_m = \frac{E_q U_s}{X_{d\Sigma}}, \quad X_{d\Sigma} = X_d + X_{T1} + \frac{X_l}{2} + X_{T2}$$

Bu erda

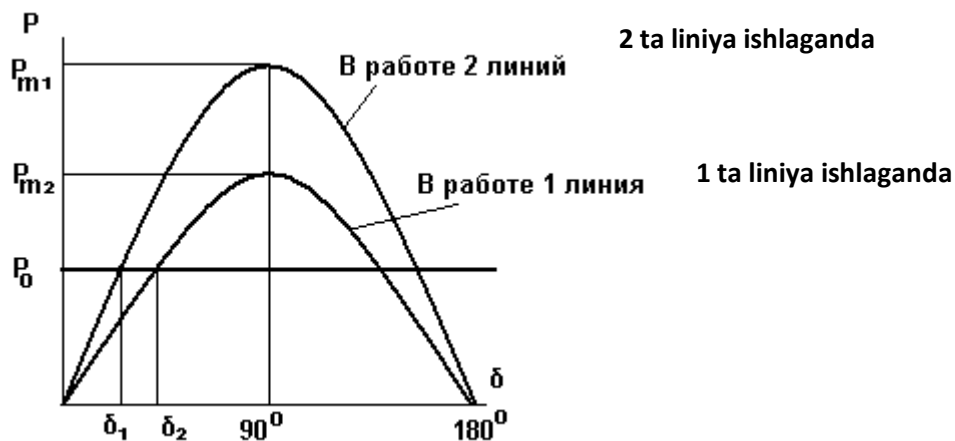
Formulaning tuzilishidan ko'rinadiki, P_m ning ifodasiga kiruvchi miqdorlarga ta'sir etish yoki ularni o'zgartirish orqali xarakteristikaning maksimumini oshirish, ya'ni uzatilishi mumkin bo'lgan eng katta quvvatni oshirish va shu orqali quyidagi munosabatdan aniqlanuvchi statik turg'unlik zaxirasini oshirish mumkin:

$$K_s = \frac{P_m - P_o}{P_o} 100\% \quad (6.8)$$

Ularni aloxida ko'rib o'tamiz va ularning o'zgarish imkoniyatlarini aniqlaymiz. Induktiv qarshiliklardan boshlaymiz.

Qarshiliklar. Transformatorlarning qarshiliklari va ularning o'zgarishi apparatning konstruktiv xususiyatlari bilan belgilanadi, shu sababli ishlatish davrida transformator statik turg'unlikni hisoblashda nominal ma'lumotlar – quvvat, darajalarning qisqa tutashuv kuchlanishlari bilan aniqlanuvchi berilgan qarshilik ko'rinishida ifodalanadi. Elektr uzatish liniyalarining formulaga kiruvchi qarshiliklari zanjirlardan biri. X_l quvvat ifodasining maxrajiga kirganligi sababli mos holda burchak xarakteristikasining maksimumi o'zgaradi: zanjirlardan biri uzilganda uning qiymati P_{m1} dan P_{m2} gacha kamayadi, normal holatga mos keluvchi burchakning qiymati esa, δ_1 dan δ_2 gacha oshadi. P_m ni oshirish maqsadida yangi zanjir qshiladi.

E'tiborga olish lozimki, uzatilishi mumkin bo'lgan eng katta quvvat va statik turg'unlik zaxirasini oshirish maqsadida elektr uzatish liniyalarining parallel zanjirlari sonini oshirish qimmat turuvchi tadbir hisoblanadi.

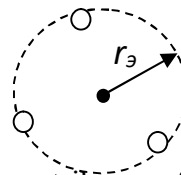


O'TKINCHI JARAYONLAR

6.5- rasm. Uzatmaning bitta zanjiri uzilgan holda (6.3- rasm) quvvatning burchak xarakteristikasi.

Shu sababli uzun liniyalarda faza o'tkazgichlarini parchalash tadbiri qo'llaniladi (kuchlanishning yuqoriroq sinfiga o'tishdan tashqari). Ma'lumki, liniyaning 1 km uzunligiga keltirilgan solishtirma induktiv qarshilik quyidagicha aniqlanadi:

$$X_o = 0.144 \lg \frac{D_{o'r}}{r_e},$$



Bu erda $D_{o'r}$ – faza o'tkazgichlari oralaridagi o'rtacha geometrik masofa; r_e – ekvivalent radius.

Faza o'tkazgichlari parchalanganda induktiv qarshilikning kamayishi o'tkazgichlarning magnit maydonlarini qayta taqsimlanishi bilan tushuntiriladi: parchalangan o'tkazgichlar oralaridagi maydon zaiflashadi va gyo material sarfi o'zgarmagan holda o'tkazgich kesim yuzasini oshirib, tashqariga siqib chiqariladi. Belgilash lozimki, o'tkazgichni parchalashda xar bir qo'shimcha o'tkazgich yanada kamroq va kamroq samara beradi. Masalan, fazada ikkita o'tkazgich bo'lganda induktiv qarshilik 19% ga kamayadi, uchta bo'lganda – 28% ga, to'rtta bo'lganda – 32% ga va x.k.

Parchalash natijasida solishtirma induktiv qarshilik qiymatlari 0,41÷0,42 om/km dan 0,26 ÷0,29 om/km gacha o'zgaradi. Faza o'tkazgichi ikkita, uchta, to'rtta va undan ko'p parallel ulangan o'tkazgichlarga parchalanadi. Masalan, fazada liniya kuchlanishi 330 kV bo'lganda – 2 ta, 500 kV da – 3 ta, 750 kV da – 5 ta va 1150 kV da – 8 ta o'tkazgich mavjud bo'ladi. Shu sababli bunday chora o'tkazgich materiali sarfini oshirmasdan (chunki, uning umumiy kesim yuzasi oshmaydi) uzatiluvchi maksimal chegaraviy quvvatni oshishiga olib keladi..

Yuklamani o'zgarmas qarshilik bilan hisobga olish umumiy qarshilikni oshiradi va shu sababli xarakteristikaning maksimumini pasaytiradi.

Sinxron generatorlarning induktiv qarshiliklari ko'p faktorlarga bog'liq.

Mashina parametrlarining miqdorlari va ularning narxi o'rtasida ma'lum aloqa mavjud, chunki induktiv qarshiliklar elektromagnit yuklamalar miqdori bilan aniqlanadi. Sinxron generatorning induktiv qarshiliklarini, xususan X_d ni kamaytirish mashina gabaritlarini oshirish va foydali ish koeffitsientini kamaytirish bilan bog'liq bo'lgan qiyin va qimmat yo'ldir. Bu masalani to'liqroq ko'rib o'tamiz.

Ma'lumki, sinxron induktiv qarshiliklarning qiymatlari mashinaning stator va rotor xavo oralig'i miqdoriga teskari proporsionaldir:

$$X_d \equiv \frac{1}{\varepsilon} \quad X_q \equiv \frac{1}{\varepsilon}.$$

Bu erda ε - stator va rotor orasidagi xavo oralig'i.

Shu bilan bir vaqtda X_d ham qo'zg'atish tokiga teskari proporsional:

$$X_d \equiv \frac{1}{i_f}.$$

Bu munosabatlardan ko'rinib turibdiki, sinxron induktiv qarshilikni kamaytirish uchun xavo oralig'i va qo'zg'atish tokini oshirish lozim. Bu oshib boruvchi energetik jarayonlarni ta'minlovchi qo'shimcha magnit oqimini vujudga keltirish uchun zarur. Mos holda, bunda qo'zg'atish quvvatini oshirish, quzg'atish va boshqa chulg'amlarni kuchaytirish (u material sarfining ortishi bilan bog'liq) zarurati paydo bo'ladi. Qo'zg'atish chulg'amini joylashtirishning

O'TKINCHI JARAYONLAR

qiyinligi munosabati bilan bu generatorning gabaritlarini oshishiga olib keladi. Shu sababli X_d va X_q larning kamayishi mashinaning qimmatlashishiga olib keladi.

Sinxron generatorning o'tish induktivliklari X_d' , X_q' larning kamayishi chulg'amdagi tokning zichligini oshirish hisobiga bo'lishi mumkin. Bu o'z navbatida isroflarning oshishi, foydali ish ko'effitsientining kamayishi, generatorning og'irligiga va mos holda narxini ortishiga olib keladi.

Belgilangan muammolar zamonaviy, quvvati 200-1200 MVt bo'lgan generatorlarni qurishda ta muhim hisoblanadi. Ularda turli tipdagi QARlarni qo'llash samaraliroq hisoblanib, amalda ular yordamida generatorlarning sinxron va o'tish induktivliklarini kompensatsiyalash amalga oshadi.

E.yu.k. va kuchlanish. Generatorning e.yu.k.ni o'zgarishi (ko'rilayotgan holatda E_q) ikkita muhim parametrlar – quvvat ko'effitsienti va mashina shinalaridagi kuchlanishning o'zgarishiga olib keladi. Zamonaviy yuqori darajada foydalaniluvchi sinxron generatorlar nominal quvvat ko'effitsientlarining yuqori qiymatlari $\cos\varphi=0,9-1$ bilan quriladi.

Berilgan aktiv quvvatda nominal quvvat ko'effitsientining oshishi nominal reaktiv quvvatning kamayishiga, generatorning gabaritlari va narxini kamayishiga olib keladi, chunki,

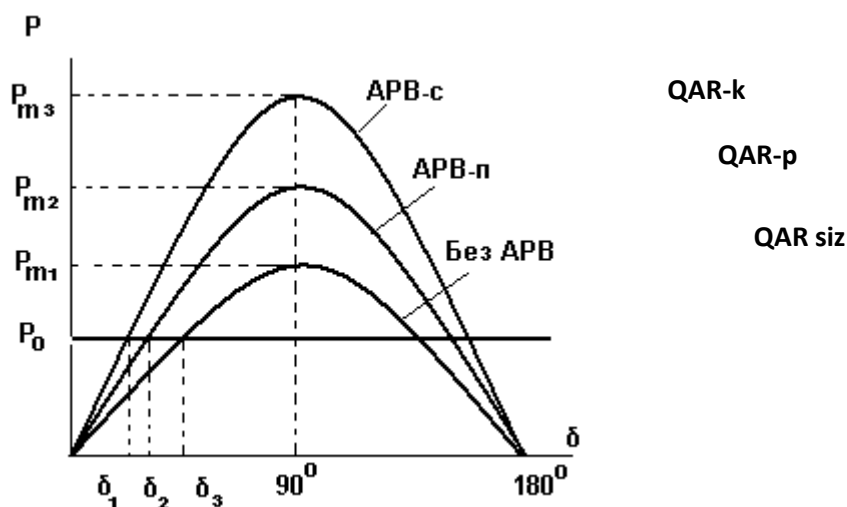
$$\cos\varphi_n = \frac{P_{GN}}{S_{GN}}$$

bunda mashinaning to'la quvvati kamayadi (S_{GN}) va mos holda aktiv va konstruktiv material sarfi kam bo'ladi. Boshqa tomondan $\cos\varphi$ ning ortishi e.yu.k. E_q ning kamayishiga olib kelib, bu statik turg'unlik zaxirasini kamaytiradi. Bundan tashqari, generatorda ishlab chiqariluvchi reaktiv quvvatni uzatishning iqtisodiy jixatdan optimal uzunligi 25-70 km masofa bilan cheklanadi. Yuklama uchun zarur bo'lgan reaktiv quvvat iste'mol qilish joyida ishlab chiqarilishi shart.

Masalan QAR-k mavjud bo'lganda sinxron generatorning ichki qarshiligi, transformatorning qarshiligi X_{T1} , generatorning kuchlanishini o'zgarmasligini ($U_G=\text{const}$) ta'minlaydigan qo'zg'atishini mos holda rostdash hisobiga kompensatsiyalanishi mumkin. Bu holatda burchak xarakteristikasining maksimumi quyidagi munosabatdan aniqlanishi mumkin:

$$P_{m1} = \frac{U_G \cdot U_s}{X_1 + X_{T2}} \quad (6.9)$$

Solishtirish uchun 6.6-rasmda turli tipdagi QAR mavjud bo'lganda burchak xarakteristikalari keltirilgan.



6.6- rasm. Turli tipdagi QAR mavjud bo'lganda soddalashtirilgan

O'TKINCHI JARAYONLAR

burchak xarakteristikallari

Aktiv quvvat formulasi (6.9) dan ko'rinadiki, uning qiymati generator e.yu.k.si va sistemaning kuchlanishi ko'paytmasi bilan belgilanadi, yoki, umumiy ko'rinishda, kuchlanishning kvadratiga bog'liqdir. Shu sababli birinchi yaqinlashishda liniya kuchlanishining ikki marta ortishi uzatish zanjirlari sonini to'rt marta ortishiga teng kuchli deb hisoblash mumkin. Bundan uzatish mumkin bo'lgan eng katta quvvatni oshirish uchun uzatma kuchlanishini oshirish uzatma zanjirlari sonini oshirishga nisbatan yanada iqtisodiy hisoblanishi ayon bo'ladi.

Liniya parametrlarini kamaytirish. Elektr uzatish liniyalari parametrlarining bo'ylama va ko'ndalang kompensatsiyalash ham uzatish mumkin bo'lgan eng katta quvvatni va statik turg'unlik zaxirasini oshirish chorasini hisoblanadi.

Bo'ylama kompensatsiya kondensatorlarni liniyaga ketma-ket ulashni bildirib, bunda qarshilik miqdori X_l dan $X_l - X_s$ gacha kamayadi (bu erda X_s – kondensatorning sig'im qarshiligi). Bu chora, xususan, uzun elektr uzatish liniyalari bo'lganda samaralidir.

Ko'ndalang kompensatsiya sida uzatish liniyasiga transformator orqali ulangan sinxron kompensator (SK)ni ifodalaydi. SK ulanish nuqtasida kuchlanishni tutib turib, liniya uzunligi va mos holda uning qarshiligini kamaytirish effektini beradi.

Xozirgi davrda reaktiv quvvatning ta samarali, tez ishlovchi, ishlash vaqti 0,02-0,06 sek bo'lgan, statik manbalari (reaktiv quvvatning statik manbasi - RQSM) qo'llaniladi. Bu qurilmalar rostlanuvchi reaktor va rostlanmaydigan kondensator hamda boshqarish sistemasiga ega. Ular quvvatni oshirishdan tashqari, keng doiradagi vazifalarni bajaradi: holat parametrlarini fazalar bo'yicha rostlashni amalga oshiradi, o'ta kuchlanishlarni bartaraf etadi, kuchlanishni keng diapazonda rostlaydi, statik va dinamik turg'unlik zaxirasini oshiradi.

Kompensatorlar oilasiga, shuningdek, elektr uzatish liniyalarining sig'imlarini kompensatsiyalovchi va ulanish nuqtasida kuchlanishni, zakning to'yinish xarakteristikasini egri chiziqliligi hisobiga, tutib turuvchi rostlanuvchi va rostlanmaydigan reaktorlar ham kiradi.

Sinxron generatorning statik turg'unlik mezoni bo'lib $\frac{dP}{d\delta} > 0$ shart hisoblanishi va uzatiluvchi maksimal quvvat R_m da sinxronlovchi quvvat nolga teng bo'lib qolishini yana bir bor eslatib o'tish lozim.

Shu sababli amaliy sharoitlarda bu quvvatni uzatish mumkin emas, chunki yuklamaning kichik miqdorga turtulishi generatorning sinxronizmdan chiqib ketishiga olib keladi, shuning uchun normal uzatiluvchi P_0 quvvat P_{max} ga nisbatan kichik bo'lishi shart. Uning miqdori sistemaning statik turg'unligi zaxira koeffitsientidan kelib chiqib aniqlanadi.

Yuqorida bayon etilganlardan quyidagi xulosani xosil qilish mumkin:

1. Uzatiluvchi quvvatning ideal chegarasi deb qabul qiluvchi shinalardagi kuchlanishlar o'zgarmas deb qaralganda sistemaga uzatiluvchi maksimal quvvatga aytiladi.

2. Sodda sistemaning statik turg'unligi mezoni bo'lib uzatiluvchi quvvatning generator e.yu.k. uzatmaning qabul qiluvchi chekkasidagi kuchlanish o'rtasidagi burchak bo'yicha

$\frac{dP}{d\delta} > 0$ xosilaning musbatligi hisoblanadi, $\frac{dP}{d\delta} > 0$.

3. Statik turg'unlikning zaxira koeffitsienti elektr sistemasi turg'unligining buzilishini oldini olish uchun stansiyadan tarmoqqa uzatiluvchi quvvatni qancha miqdorga oshirish mumkinligini ko'rsatadi.

4. Qo'zg'atishning zamonaviy avtomatik rostlagichlari (QAR-k, QAR-p) elementlarning induktiv qarshiliklarini, sinxron generatorning induktiv qarshiligini ham qo'shib hisoblaganda,

O'TKINCHI JARAYONLAR

qo'zg'atish sistemasini elektr sistemasi parametrlariga bog'liq holda samarali rostdlash hisobiga kompensatsiyalashi mumkin.

Quvvatning statik chegarasini oshirishning keltirilgan barcha choralari baxolab, eng iqtisodiy choralar generator va yuklamalar shinalaridagi kuchlanishlarni o'zgarmas tutib turishga yo'naltirilgan choralar deb xulosa xosil qilish mumkin. Generatorlarda turli tipdagi QARlar va reaktiv quvvatning zamonaviy tez ishlovchi statik manbalarini qo'llash amalda, aloxida uzatma va butun elektr sistemasida uzatiluvchi quvvat chegaralari va statik turg'unlik zaxirasini oshirishning eng ratsional va iqtisodiy chorasi hisoblanadi

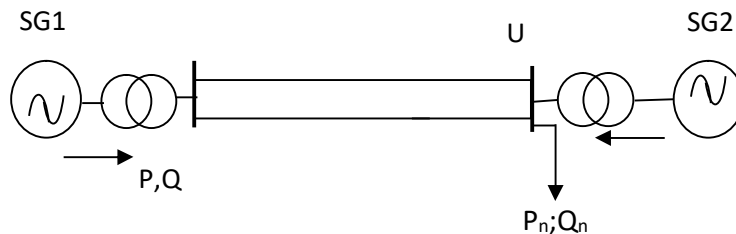
Sinov savollari

1. Sinxron generatorni turg'un ishlash shartlarini burchak xarakteristikasida tushuntiring.
2. Sinxron mashinani turg'un va noturg'un ishlash zonasini burchak xarakteristikasida tushuntiring.
3. Sinxron generatorni quvvat formulasini keltiring.
4. Statik turg'unlikni zaxira koeffitsienti formulasini aniqlash.
5. Statik turg'unlikni matematik mezon.
6. Elektr sistemasining statik turg'unligi zaxirasini ta'minlash choralari.
7. Uzatish liniyaning kesimini va sonini o'zgartirish yo'li bilan statik turg'unlik zaxirasini ko'paytirish.
8. Xar xil turdagi qo'zg'atishni avtomatik rostlagichlari bilan foydalanib statik turg'unlik zaxirasini ko'paytirish.

Ma'ruza. Maksimal uzatilayotgan kuvvatga kuchlanish pasayishi ta'siri

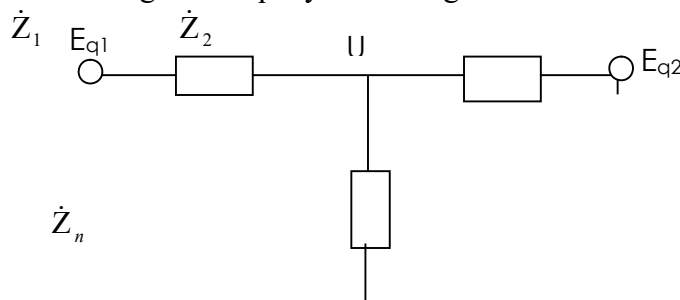
Ikkita stansiyadan tashkil topgan sistemaning sxemasini ko'rib o'tamiz.

Birinchi stansiyadan uzatilishi mumkin bo'lgan maksimal quvvatni aniqlash talab etiladi.



7.1- rasm. Oddiy elektr tizimni prinsipial sxemasi

Sxemani 7.2-rasmda tasvirlanganidek qulay ko'rinishga keltirish mumkin.



7.2- rasm. Oddiy elektr tizimni almashtirish sxemasi

O'TKINCHI JARAYONLAR

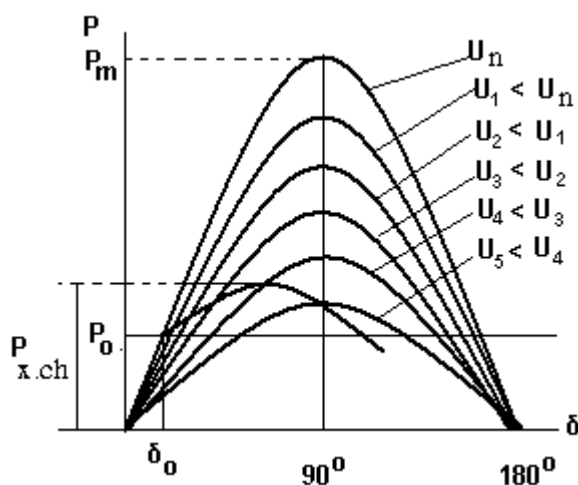
Kompleks qarshiliklarning aktiv tashkil etuvchilari reaktiv tashkil etuvchilariga nisbatan juda kichik deb hisoblaymiz. Bunday holda

$$Z_1 = X_{G_1} + X_{T_1} + \frac{X_1}{2} = X_1$$

$$Z_2 = X_{G_2} + X_{T_2} = X_2$$

$$Z_n = \frac{U^2}{S_n} (\cos \varphi_n + j \sin \varphi_n) = X_n$$

$$Z_{12} = X_{12} = X_1 + X_2 + \frac{X_1 \cdot X_2}{X_n}$$



7.3- rasm. Quvvatning haqiqiy chegarasi

Generatorning burchak xarakteristikasi $P=f(\delta)$ ni yuklama shinasida kuchlanish turlicha bo'lgan xollar uchun quyidagi formula asosida quramiz

$$P = \frac{E_q \cdot U}{X_1} \sin \delta \quad (7.1)$$

Bu erda $U=U_N$ – yuklamadagi joriy kuchlanish (nominal holatda $U_N=U_{NO}$).

Uzatiluvchi quvvat qandaydir miqdorga oshganda yuklamadagi kuchlanish $U_1 < U_N$ gacha pasayadi va bu kuchlanishga mos keluvchi burchak xarakteristikasining maksimumi pastroq $P_{m1} < P_{m2}$ bo'ladi. Agar bu jarayonni davom ettirsak xarakteristikalar to'plami xosil bo'ladi (7.3-rasm).

Qurilgan xarakteristikalar xar bir konkret holat uchun yuklama shinasidagi kuchlanish o'zgarmas bo'lgan holat $U_i = o'zgarmas$ uchun xosil qilingan. Bu sharoit ideallashtirilgan bo'lib, amalda uzatiluvchi quvvat oshganda generatorlar, transformatorlar va liniyalarning qarshiliklaridagi kuchlanish pasayishi oshadi va bunga mos ravishda yuklama shinasidagi kuchlanish U kamayadi. Biz xarakteristikani U ning kamayishini hisobga olib qurishimiz mumkin. Bu xarakteristikaning maksimumi $U = o'zgarmas$ deb qabul qilingan holatdagiga nisbatan pastroqdan o'tadi.

Yuklama shinasidagi kuchlanish o'zgarmas $U = o'zgarmas$ bo'lgan sharoitda qurilgan xarakteristika ideal xarakteristika deb yuritiladi. Bu xarakteristikaning maksimumi esa quvvatning ideal chegarasi deb yuritiladi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Yuklama shinasidagi kuchlanishning o'zgarishi hisobga olinib qurilgan xarakteristika haqiqiy xarakteristika deb yuritiladi. Bu xarakteristikaning maksimumi esa quvvatning haqiqiy chegarasi deb yuritiladi. Bu xarakteristikaning maksimumini (haqiqiy chegarasini) quyidagi formula bo'yicha topishimiz mumkin:

$$P_G = \frac{E_q^2}{Z_{11}} \cdot \sin \alpha_{11} + \frac{E_q \cdot U_c}{Z_{12}} \cdot \sin(\delta - \alpha_{12}) \quad (7.2)$$

$$P_{x.ch.} = \frac{E_{q1} \cdot E_{q2}}{Z_{12}}$$

$\delta - \alpha_{12} = 90^\circ$, $\sin(\delta - \alpha_{12}) = 1$; va $U_c = E_{q2}$ ekanligini hisobga olsak, xosil bo'ladi.

Uzatiluvchi quvvatning haqiqiy chegarasi formulasi $Z_n = o'zgaras$ bo'lgan holat uchun, ya'ni kuchlanish o'zgarganda yuklama qarshiliga o'zgaras deb qaralib, xosil qilingan.

Amalda kuchlanishning o'zgarishi bilan yuklama qarshiligi ham o'zgaradi va bu yuklama va butun sistemaning turg'unlik shartlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

Sinov savollari

1. Ideal va haqiqiy uzatilayotgan quvvat farqini tushuntiring.
2. Yuklamada kuchlanish o'zgarishi haqiqiy uzatilayotgan quvvatga qanday ta'sir etadi?
3. Uzatilayotgan quvvat burchak xarakteristikasi haqiqiy chegarasini qurib bering.
4. Oddiy elektr tizim misolida tizim elementlarining parametrlarini aniqlash uchun tenglamalarni yozib bering.
5. Uzatilayotgan quvvat haqiqiy chegarasini aniqlash uchun formulasini ko'rsating.

Ma'ruza. Elekt tizimni statik turg'unligini xarakterlovchi tenglama orqali aniqlash

Rostlanmaydigan sistemaning qo'zg'atish chulg'amidagi o'tkinchi jarayonlarni hisobga olmagan holdagi statik turg'unligi

Elektr sistemalarini ishlatish tajribalari burchakning nazoratsiz ortishi (monoton yoki tebranuvchan) natijasida sinxron generator ayon bo'lmagan sabablarga ko'ra sinxronizmdan chiqib ketishi yoki sinxron tezlikda generatorning kuchlanishi xavfli qiymatlarga o'rtib ketishi holatlarini ko'rsatadi. Bunday hodisalar elektr sistemalarining generatorlar quvvatlari katta bo'lmagan boshlang'ich bosqichida kuzatilar edi. Xosil qilingan tenglamalar asosida bunday hodisalarning sabablarini ko'rib o'tamiz. Jarayonlarning fizikasini aniqlash uchun avvalo rostlanmaydigan mashinani ko'rib chiqamiz.

Dempfer momentini hisobga oluvchi kichik tebranishlar tenglamasidan foylanamiz.

Differensiallash simvolini p operatori bilan almashtirib, ya'ni $\frac{d}{dt} = p$ belgilash kiritib, p ni algebraik miqdor sifatida qaraymiz. U holda

$$T_j \cdot p^2 \cdot \Delta\delta + P_d \cdot p \cdot \Delta\delta + c_1 \cdot \Delta\delta = 0 \quad (8.1)$$

o'rganilayotgan sistemaning quyidagi ko'rinishga ega bo'lgan xarakteristik tenglamasini tuzamiz:

$$T_j \cdot p^2 + P_d \cdot p + c_1 = 0 \quad (8.2)$$

Uning ildizlari quyidagicha aniqlanadi:

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$p_{1,2} = \frac{-P_d \pm \sqrt{P_d^2 - 4T_j \cdot c_1}}{2 \cdot T_j} = \pm \sqrt{\frac{P_d^2}{4T_j^2} - \frac{c_1}{T_j}} - \frac{P_d}{2T_j} = \alpha \pm j \cdot \gamma_D$$

$\frac{-P_d}{2T_j}$ - so'nish dekrementi, $\gamma_D = \sqrt{\frac{c_1}{T_j} - \alpha^2}$ - sinxron generator rotorining xususiy tebranishlar chastotasi.

Ma'lumki, (8.1) tenglamaning echimi quyidagi ko'rinishga ega:

$$\Delta\delta = A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t} \quad (8.3)$$

A1 va A2 larni berilgan holat va sistemaning parametrlari orqali aniqlab, $\Delta\delta=f(t)$ bog'lanishni topish mumkin. Biroq, odatda, bu bog'lanishni sonli ko'rinishda xosil qilmasdan, uning xarakterini, ya'ni δ aperiodik monoton o'zgaruvchan yoki tebranuvchan bo'lishini, bunda so'nuvchan yoki ortib boruvchan bo'lishini aniqlashga xarakat qilinadi.

Bu erda quyidagilarni e'tiborga olish lozim. Xatto kompyuterdan foydalanilganda ham o'ta yoki nisbatan kam murakkablikdagi elektr sxemasi uchun o'tkinchi jarayonlar tenglamalari sistemalarini tuzish va echish juda ko'p mexnat talab qiluvchi masala hisoblanadi, chunki tenglamalar soni yuzlab va minglab bo'lishi mumkin. Shu sababli o'tkinchi jarayonlarning tenglamalarini echmasdan turib, elektr sistemasi turg'un yoki noturg'un ekanligini aniqlash imkonini beruvchi matematik usullar ishlab chiqilgan. Elektr sistemasining statik turg'un-ligini tadqiq qilishda chiziqlashtirilgan tenglamalar asosida xarakteristik tenglama (yoki aniqlovchi) tuziladi va uning ildizlari ishoralari tahlil qilinib, qiziqtiruvchi ma'lumot olinadi.

Statik turg'unlikning zaruriy va etarli sharti o'rganiluvchi sistema xarakteristik tenglamasi

$$D(p)=a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \dots + a_n = 0 \quad (8.4)$$

ning barcha ildizlari manfiy haqiqiy qismga ega bo'lganda bajariladi. (8.2) yoki (8.4) larning koeffitsientlari elektr sistemasi uchun sistema parametrlari bilan belgilanganligi va doimo haqiqiy bo'lganligi sababli xarakteristik tenglamaning ildizlari haqiqiy yoki kompleks-qo'shma bo'lishi mumkin.

Ma'lumki, bir jinsli chiziqli differensial tenglamalar sistemasining echimi quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$X = A_1 \cdot e^{p_1 t} + A_2 \cdot e^{p_2 t} \dots + A_n \cdot e^{p_n t} \quad (8.5)$$

Bu erda A1, A2,... - boshlang'ich shartlardan aniqlanuvchi o'zgarmaslar; p1, p2,...pn – xarakteristik tenglamaning ildizlari. Ko'rinish turibdiki, agar (8.4) ning ildizlaridan birortasi haqiqiy musbat bo'lsa, u holda (8.5) ga muvofiq vaqt o'tishi bilan X(t) monoton tarzda cheksiz ortib boradi. Bu o'rganilayotgan jarayonning turg'un emasligini bildiradi. Agar kompleks-qo'shma ildizlar musbat haqiqiy qismga ega bo'lsa, u holda X(t) ning ortib borishi tebranishlar ko'rinishida bo'ladi. Bunga mos ravishda turg'unlikning ta'minlanishi uchun barcha ildizlar manfiy haqiqiy qismga ega bo'lishi shart. Shu sababli o'rganilayotgan sistemaning statik turg'unligini tadqiq qilish uchun qo'llaniluvchi barcha usullar xarakteristik tenglama ildizlari haqiqiy qismlarining ishoralarini tekshirishga keltiriladi. Xarakteristik tenglamaning koeffitsientlari holat parametrlari va sistema elementlaridan foydalanib tuzilgan, shu sababli, agar elektr sistemasida turg'unlikning buzilgan holati kuzatilsa, ularga ta'sir etish orqali elektr sistemasini turg'un holatga qaytarish mumkin.

Ildizlarning ishoralarini va xususan ularning manfiy haqiqiy qismlarga ega ekanligini tekshirish imkonini beruvchi qoida turg'unlik mezonini deb yuritiladi.

Turg'unlik mezonlari ikki guruxga – algebraik va chastotali guruxlarga bo'linadi. Eng keng tarqalgan algebraik mezonlar – bu Gurvits va Rauss mezonlari, chastotali mezonlar esa – D –

O'TKINCHI JARAYONLAR

taqsimlash va Mixaylov mezonlaridir (bu mezonlarning ayrimlari kursni bayon etish davomida, qolganlari esa – tajriba ishlarini yoki nazorat topshiriqlarini bajarishda ko'rib chiqiladi).

Yana bir bor belgilaymizki, jarayonning xarakterini aniqlash va uning turg'unligini tekshirish quyidagicha amalga oshirilishi mumkin:

a) xarakteristik tenglama ildizlarining son qiymatlarini topish orqali;

b) turg'unlikning matematik mezonlaridan foydalanib, xarakteristik tenglama ildizlari haqiqiy qismlarining ishoralarini aniqlash orqali. Bu usul nisbatan ko'rgazmali hisoblanadi.

Tenglama ikkinchi darajaga ega bo'lgan (8.2) ko'rilayotgan holat uchun xarakteristik tenglama ildizlarining ishoralari va jarayonning dinamikasi o'rtasidagi bog'liqlik xaqida xar qanday darajali tenglama uchun o'rinli bo'lgan yorqin tasavvurni xosil qilish mumkin.

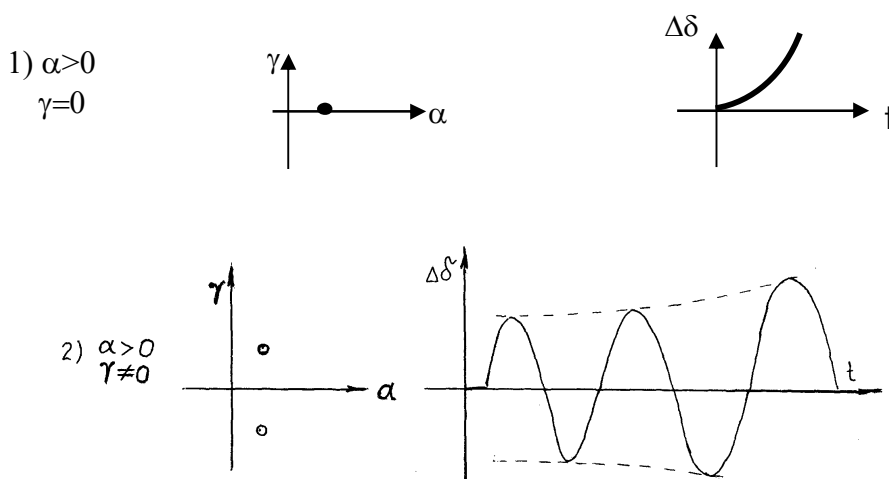
Eyler formulasi $e^{j\gamma} = \cos\gamma + j\sin\gamma$ dan foylanib, xarakteristik tenglama (8.4) ning echimini mos shakl almashtirishlardan so'ng quyidagicha yozish mumkin:

$$\Delta\delta = A_0 \cdot e^{\alpha t} \cdot \cos(\gamma \cdot t) \quad (8.6)$$

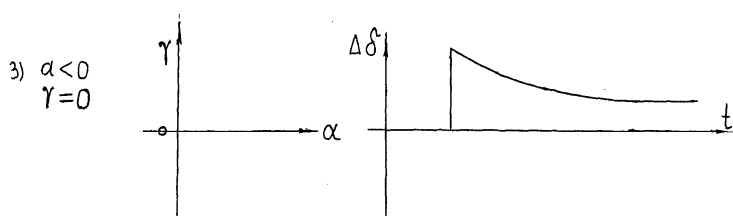
Bu yerda A_0 boshlang'ich shartlardan topiladi.

Ildizlarning haqiqiy qismlari va o'tkinchi jarayonning xarakterini belgilovchi $\Delta\delta = f(t)$ bog'lanish o'rtasida qanday bog'liqlik mavjudligini ko'rib o'tamiz. Buning uchun ildizlar tekisligini so'nish dekrementi va tebranishlar chastotasi $\gamma \rightarrow \alpha$ tekisligida quramiz. Ularning ishoralari turlich bo'lgan xollarda bu tekislikda joylashuvini ko'rib o'tamiz (2.5-rasm).

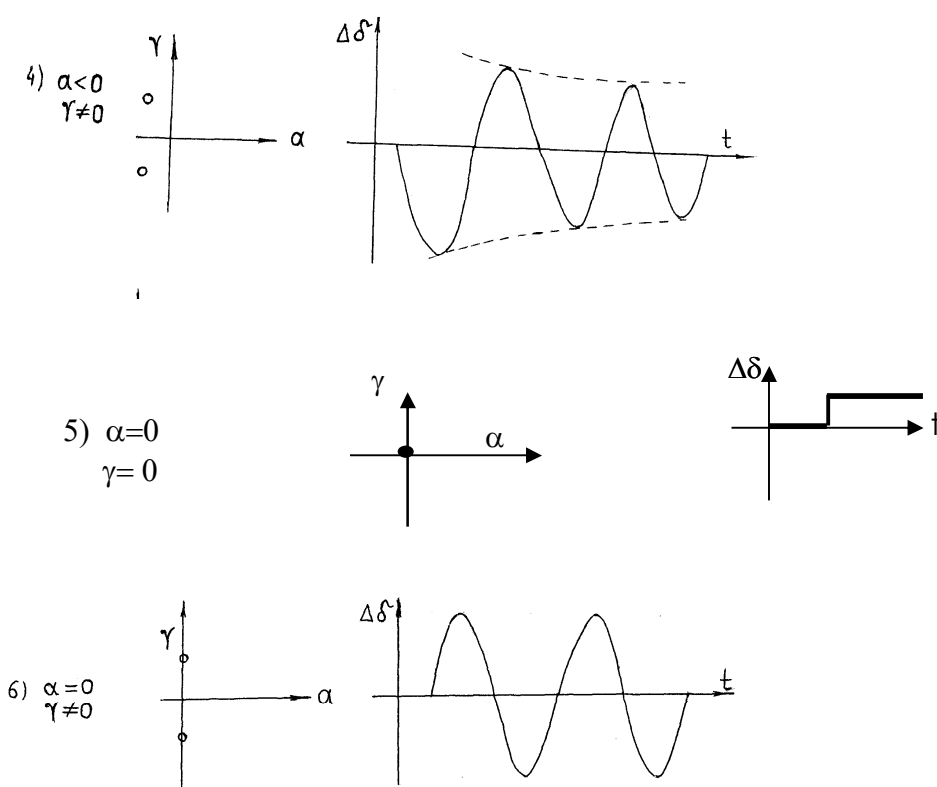
Ildizlarning xarakteri. Jarayonning xarakteri



8.1- rasm. Xarakteristik tenglama ildizlarining ishoralari va jarayonning xarakteri o'rtasidagi bog'liqlik



O'TKINCHI JARAYONLAR



8.1- rasmning davomi.

Keltirilgan grafiklarni ko'rib chiqib, elektr sistemasida kichik turtki sodir bo'lgan holatda o'tkinchi jarayonning xarakterini sifat jixatidan aniqlashimiz va uni xarakteristik tenglama ildizlari ishoralarining xarakteri bilan bog'lashimiz mumkin:

1. Agar ildizning haqiqiy qismi manfiy bo'lsa ($\alpha < 0$), sistema turg'un bo'ladi va holat doimo dastlabki vaziyatigi qaytadi ($\Delta\delta \rightarrow 0$). Bunda o'tkinchi jarayonning so'nishi monoton aperiodik ($\gamma = 0$) yoki tebranma ($\gamma \neq 0$) bo'lishi mumkin.

2. Agar ildizning haqiqiy qismi musbat bo'lsa ($\alpha > 0$), sistema noturg'un bo'ladi va $\Delta\delta(t)$ ning uzluksiz ortishi kuzatiladi, hamda holat dastlabki vaziyatigi qaytmaydi. Bunda turg'unlikning buzilishi monoton aperiodik ($\gamma = 0$) yoki tebranma ($\gamma \neq 0$) bo'lishi mumkin.

3. $\alpha = 0$ bo'lgan vaziyatlarda jarayon o'zgarmas so'nmaydigan ($\gamma = 0$) yoki o'zgarmas amplitudali tebranma bo'lishi mumkin ($\gamma \neq 0$).

4. Sinxron generatorda dempfer sistemasining mavjud bo'lishi $P_d \neq 0$ tebranishlarni so'ndirishga yordam beradi, mashinaning turg'unligini oshiradi.

Xosil qilingan tasdiqlar umumiy bo'lib, ular elektr sistemasining murakkabligiga va mos holda uni ifodalovchi tenglamalarning darajasiga bog'liq emasligini e'tiborga olish lozim.

Rostlanmaydigan sistemaning qo'zg'atish chulg'amidagi o'tkinchi jarayonlarni hisobga olgan holdagi statik turg'unligi

Qo'zg'atish chulg'amidagi o'tkinchi jarayonlarni hisobga olish va uni elektr sistemasining turg'unligiga ta'sirini aniqlash maqsadida oldingi bo'limda xosil qilingan tenglamalarni to'ldiramiz.

Qo'zg'atish chulg'ami uchun

$$U_f = i_f r_f + \frac{d\psi_{fd}}{dt}$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

yoki

(8.7)

$$i_{fe} = i_f + \frac{1}{r_f} \cdot \frac{d\psi_{ffd}}{dt}$$

$$i_{fe} = \frac{U_f}{r_f}$$

tenglik o'rinlidir. Bu erda r_f - qo'yilgan kuchlanish U_f ta'sirida qo'zg'atish chulg'amida oquvchi barqaror majburiy tok; ψ_{ffd} - qo'zg'atish chulg'aming bo'ylama q bo'yicha kesib o'tuvchi natijaviy oqimi; i_f - rotorning ayni laxzadagi toki; r_f - qo'zg'atish chulg'aming aktiv qarshiligi.

Oxirgi ifodaning xar ikkala tomonini bo'ylama q bo'yicha stator va rotor konturlari o'rtasidagi o'zaro induksiya induktiv qarshiligi X_{afd} ga ko'paytiramiz:

$$X_{afd}(i_{fe} - i_f) = \frac{X_{afd}}{r_f} \cdot \frac{d\psi_{ffd}}{dt} = \frac{X_{ffd}}{r_f} \cdot \frac{X_{afd}}{X_{ffd}} \cdot \frac{d\psi_{ffd}}{dt} \quad (8.8)$$

yoki $E_{qe} - E_q = T_{do} \cdot \frac{dE'_q}{dt}$

va og'ishlarda $-\Delta E_q = T_{do} \cdot \frac{d(\Delta E'_q)}{dt}$

$$\frac{X_{ffd}}{r_f}$$

Bu erda $E_{qe}=i_{fe} \cdot X_{afd}$, $E_q=i_f \cdot X_{afd}$, $T_{do}=\frac{r_f}{X_{ffd}}$ qo'zg'atish chulg'aming dempfer sistemasi hisobga olinmagan holdagi vaqt doimiysi. Stator chulg'ami ochiq bo'lganda uning qiymati generatorning tipi va quvvatigi bog'liq ravishda 2-14 sekund oralig'ida bo'ladi;

$$E'_q = \psi_{ffd} \frac{X_{afd}}{X_{ffd}} \quad \text{- o'tkinchi e.yu.k.}$$

Yana ikkita parametr uchun o'tkinchi jarayonni xarakterlovchi ifodani keltiramiz:

$$T'_d = T_{do} \cdot \frac{X'_d}{X_d}$$

- stator chulg'ami yopiq bo'lganda qo'zg'atish chulg'aming vaqt doimiysi bo'lib, u 0,4-3 sekund oralig'ida o'zgaradi; T''_d - stator chulg'ami yopiq bo'lganda dempfer chulg'aming o'ta tez o'tkinchi vaqti doimiysi bo'lib, u 0,03-0,08 sekund oralig'ida o'zgaradi.

Rotorning nisbiy xarakat tenglamasi

$$T_j \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_T - P_r \quad (8.9)$$

ni dempfer sistemasi va turbina quvvatining o'zgarishlarini hisobga olib og'ishlar orqali ifodalaymiz:

$$T_j \cdot p^2 \cdot \Delta \delta + \Delta P_c + P_d \cdot p \cdot \Delta \delta = 0 \quad (8.10)$$

$\Delta P_s = P_T - P_G = \Delta P_g$ miqdorni E_q yoki E'_q orqali ifodalash mumkin:

$$\Delta P_c = \frac{dP_{E_q}}{d\delta} \Delta \delta + \frac{dP_{E_q}}{dE_q} \cdot \Delta E_q = c_1 \cdot \Delta \delta + b_1 \cdot \Delta E_q \quad (8.11)$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$\Delta P_c = \frac{dP_{E_q}}{d\delta} \Delta\delta + \frac{dP_{E_q}}{dE_q'} \cdot \Delta E_q' = c_2 \cdot \Delta\delta + b_2 \cdot \Delta E_q' \quad (8.12)$$

c_1, c_2, b_1, b_2 koeffitsientlar holat parametrlarining o'zgarishlarini ketma-ket ko'rib o'tganimizda o'zgarishsiz qoladi.

Quyidagi munosabat (8.8) asosida o'rinalidir:

$$\Delta E_q = -T_{do} \cdot p \cdot \Delta E_q' \quad (8.13)$$

Tenglamalar sistemasini tuzamiz:

$$\begin{aligned} (T_j p^2 + P_d \cdot p) \cdot \Delta\delta + \Delta P_c + 0 + 0 &= 0 \\ c_1 \cdot \Delta\delta - \Delta P_c + b_1 \cdot \Delta E_q + 0 &= 0 \\ c_2 \cdot \Delta\delta - \Delta P_c + 0 + b_2 \cdot \Delta E_q' &= 0 \\ 0 + 0 + \Delta E_q + T_{do} p \cdot \Delta E_q' &= 0 \end{aligned} \quad (8.14)$$

Bu tenglamalarda $\Delta\delta, \Delta P_c, \Delta E_q, \Delta E_q'$ lar noma'lumlar hisoblanadi. $\Delta\delta = f(t)$ va boshqa holat parametrlarining o'zgarish xarakterini aniqlash uchun (8.14) ni $\Delta\delta$ ga nisbatan echamiz:

Ma'lumki, $\Delta\delta \rightarrow 0/D(p)$ bo'lib,

$$D(p) = \begin{vmatrix} T_j p^2 + P_d p & 1 & 0 & 0 \\ c_1 & -1 & b_1 & 0 \\ c_2 & -1 & 0 & b_2 \\ 0 & 0 & 1 & T_{do} p \end{vmatrix}$$

$D(p)=0$ bo'lsa, (8.14) sistema echimga ega bo'ladi.

$D(p)$ ni xarakteristik tenglama (yoki aniqlovchi) sifatida qarash, uning ildizlarini topish va ularning xarakteri bo'yicha sistemaning turg'unligi va turg'unmasligini baholash mumkin. p ni darajalar bo'yicha ochganimizdan so'ng quyidagi tenglama xosil bo'ladi:

$$D(p) = T_j T_{do} p^3 + (T_j b_2 + P_d T_{do} b_1) p^2 + (c_2 T_{do} b_1 + P_d b_2) p + c_1 b_2 = 0. \quad (8.15)$$

$$\frac{b_1}{b_2} = \frac{X'_{d\Sigma}}{X_{d\Sigma}} = \frac{X'_d + X_d}{X_d + X_c} \quad \text{va} \quad \frac{b}{b_2} \cdot T_{do} = T'_d$$

munosabatni hisobga olib,

$$T_j T'_d p^3 + (T_j + T'_d P_d) p^2 + (c_2 T'_d + P_d) p + c_1 = 0 \quad (8.16)$$

ni xosil qilamiz.

Ushbu tenglamaning ildizlari xarakterini tadqiq qilamiz. Buning uchun Gurvits qoidasi (turg'unlikning algebraik mezonidan) foydalanamiz. Unga muvofiq musbat ildizlarning mavjud bo'lmasligi uchun xarakteristik tenglamaning barcha koeffitsientlari va Gurvits aniqlovchilari Δ urning musbat bo'lishi talab etiladi. Qanday xollarda Gurvits shartining buzilishi va musbat yoki haqiqiy qismlari musbat bo'lgan kompleks ildizlarning paydo bo'lishini aniqlash lozim. Eng avvalo, keltirilgan munosabatlarni shakllantirish kerak. Buning uchun xarakteristik tenglamani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$a_0 p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3 = 0. \quad (8.17)$$

$$\text{Bu erda } a_0 = T_j \cdot T'_d, \quad a_1 = T_j + T'_d P_d, \quad a_2 = P_d + c_2 T'_d, \quad a_3 = c_1.$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

Gurvits aniqlovchisi ma'lum qoida bo'yicha tuziladi: birinchi qator va ustunning kesishish joyiga ushbu tenglamadagi eng katta daraja ko'rsatkichiga nisbatan birga kichik bo'lgan tashkil etuvchi oldidagi koeffitsient yoziladi. Diagonal bo'yi-cha qolgan koeffitsientlar indekslarining ortib borishi tartibida yoziladi. Aniqlovchining diagonalidan yuqorida joylashgan elementlari bo'lib indekslari birga katta, pastda esa, birga kichik bo'lgan koeffitsientlar hisoblanadi.

(8.4) tenglama uchun Gurvits aniqlovchisi va turg'unlik sharti quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\Delta_{\text{GUR}} = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & a_7 & - & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & a_6 & - & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & a_5 & - & 0 \\ - & - & - & - & - & 0 \\ 0 & 0 & - & - & a_{n-1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & - & a_{n-2} & a_n \end{vmatrix}, \quad (8.18)$$

$$\Delta_1 = a_1 > 0, \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} > 0, \dots, \Delta_n > 0 \quad (8.19)$$

Oxirgi aniqlovchida butun Gurvits matritsasi mavjud bo'lib, agar uni oxirgi ustun elementlari bo'yicha ochsak, u holda quyidagini yozish mumkin:

$$\Delta_n = a_n \cdot \Delta_{n-1}.$$

Bu erda Δ_{n-1} - Gurvitsning oxiridan bitta oldingi aniqlovchisi.

Agar xarakteristik tenglama koeffitsientlari turg'unlikning buzilishi tomoniga o'zgartirilganda, nol orqali birinchi bo'lib Δ_n ning o'tishi aniqlangan. Bunda agar $\Delta_{n-1} > 0$ bo'lsa, u holda nol orqali $a_n = 0$ o'tadi, ya'ni bu shart turg'unlik chegarasi hisoblanadi. Agar $a_n > 0$ bo'lganda $\Delta_{n-1} = 0$ bo'lsa, u holda bu turg'unlikning boshqa chegarasini ko'rsatadi.

Ifodalangan qoida bo'yicha (8.17) uchun Gurvits aniqlovchisini tuzamiz:

$$\Delta_G = \begin{vmatrix} a_1 & c_3 & 0 \\ a_0 & c_2 & 0 \\ 0 & c_1 & a_3 \end{vmatrix}$$

Biz ko'rib o'tayotgan uchinchi darajali tenglama (8.17) uchun turg'unlik shartini aniqlaymiz.

Turg'unlikning algebraik mezonlariga muvofiq xarakteristik tenglama ildizlarining haqiqiy qismlarini manfiyligini ta'minlovchi shart quyidagilar hisoblanadi:

1) koeffitsientlarning musbatligi, ya'ni

$$a_0 = T'd \cdot T_j > 0, \quad a_1 = (T_j + T'dPd) > 0, \quad a_2 = (Pd + c_2 T'd) > 0, \quad \text{va} \quad a_3 = s_1 > 0;$$

2) Gurvitsning oxiridan bitta oldingi aniqlovchisining musbatligi:

$$\Delta_{\text{GUR}} = \begin{vmatrix} T_j + P_d \cdot T'_d & c_1 \\ T_j \cdot T'_d & c_2 \cdot T'_d + P_d \end{vmatrix} > 0$$

Xarakteristik tenglama koeffitsientlari holat va sistema parametrlari bilan belgilanganligi uchun ularning o'zgarishi koeffitsientlarning musbatligini buzilishiga olib keluvchi shartlarini topamiz.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Sinov savollari

1. Sinxron mashinaning rotorning nisbiy xarakat tenglamasidan xarakterlovchi tenglama ildizlarini chiqarib bering.
2. Statik turg'unlikni tahlil qilish uchun meyyorlarni aytib bering.
3. Xarakterlovchi tenglama ildizlari bo'yicha statik turg'unlikni tahlil qilish.
4. Xarakterlovchi tenglama ildizlarini aniqlaganda qiyinchiliklar.
5. Xarakterlovchi tenglama ildizlari xakteri bo'yicha o'tkinchi jarayon o'zgarishini grafik usulida ko'rsating.
6. Qaysi holatlarda elektr tizimning statik turg'unligi ta'minlanadi ?
7. Statik turg'unlikni Gurvits usulida tekshirganda matritsa tuzulishini tushuntiring.

Ma'ruza . Dinamik turg'unlikni hisoblashda qabul

qilinadigan asosiy farazlar. Qisqa tutashuv va noto'liq fazali holatlarida almashtirish sxemasi

Sistemaning dinamik turg'unligini o'rganishda differensial tenglamani echish orqali asosan generator e.yu.k. Eq bilan sistema kuchlanishi U_0 orasidagi burchak $\delta = f(t)$ va boshqa parametrlarning vaqt bo'yicha o'zgarishi aniqlanadi.

O'rganilayotgan jarayonning murakkabligini hisobga olib, dinamik turg'unlikni hisoblashni soddalashtirish maqsadida quyidagi farazlarni qabul qilamiz:

- o'tish jarayoni davrida energetika sistemasi sxemalarining o'zgarishi uning xususiy va o'zaro qarshiliqlarining o'zgarishi orqali hisobga olinadi;
- qisqa tutashuv davrida stator qisqa tutashuv tokining aperiodik tashkil etuvchisi va rotorning magnit maydoni xosil qiluvchi tormozlovchi moment generator shinasiga yaqin joyda sodir bo'ladigan 3- fazali qisqa tutashuvda mashinaning aylantiruvchi momentini taxminan 15%-ga kamaytirish orqali hisobga olinadi. Uch fazali qisqa tutashuv nuqtasi shinadan uzoqda bo'lganida bu tormozlovchi momentning qiymati kamligi sababli umuman hisobga olinmaydi. O'tish jarayoni davrida stator po'latidagi isrof o'ta magnitlanish hisobiga oshadi. Bu quvvat isrofining oshishi stator aktiv qarshiligini 1,2-2 baravarga oshirish bilan hisobga olinadi;
- nosimmetrik holatlar simmetrik tashkil etuvchilar usuli yordamida simmetrik holatlar bilan almashtiriladi;
- nosimmetrik qisqa tutashuvda paydo bo'luvchi tokning nolunchi tashkil etuvchisi generator orqali oqmagani sababli tormozlovchi moment xosil qilmaydi;
- generatorlar va transformatorlarning to'yinishi ularning reaktiv qarshiliklarini taxminan 20-30% ga kamaytirish orqali hisobga olinadi. Barcha katologlarda, odatda, generatorlar va transformatorlar qarshiliklarining to'yinmagan qiymatlari beriladi;
- taxminiy hisoblashlarda QARning ta'siri o'tkinchi X'd qarshilikdan keyin qo'yiluvchi o'tkinchi e.yu.k. E' ni o'zgarmas deb qarash orqali hisobga olinadi;
- generatorning elektr quvvati oniy ravishda o'zgarsa, turbinaning quvvati o'tish jarayonining boshlang'ich laxzasida o'zgarmasdan qolib, faqat 0,2 – 0,3 sekunddan keyin tezlik rostlagich ta'sirida o'zgarib boshlaydi;
- teskari ketma-ketlik toklari rotor aylanishiga teskari yulanishda aylanuvchi magnit maydonini xosil qiladi va bu maydonning ikkilangan chastota bilan aylanishi natijasida ikkilangan chastota bilan o'zgaruvchi moment xosil bo'ladi. Rotorning mexanik inersiyasi katta bo'lganligi sababli rotorning tezligi teskari ketma-ketlik toki xosil qiluvchi momentning o'zgarishiga ergasha olmaydi. Shu sababli natijaviy quvvat nolga teng bo'ladi. Teskari ketma-ketlik toki xosil qiluvchi quvvat isrofi almashtirish sxemasiga tegishli qarshilikni kiritish orqali hisobga olinadi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

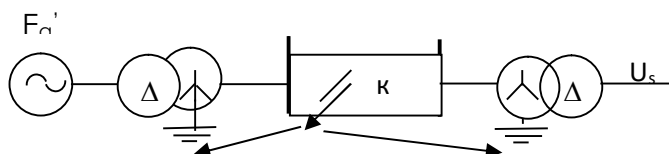
9.1- rasmda keltirilgan sxemani ko'rib o'tamiz. Bunda generatorda proporsional ta'sir etuvchi QAR o'rnatilgan, ya'ni X'd qarshilik ortidagi o'tkinchi e.yu.k. E'q o'zgarmas deb hisoblaymiz.

Burchak xarakteristikasi va holat parametrlarini shartli ravishda quyidagicha belgilaymiz:

I – normal holat;

II – avariya dan keyingi holat;

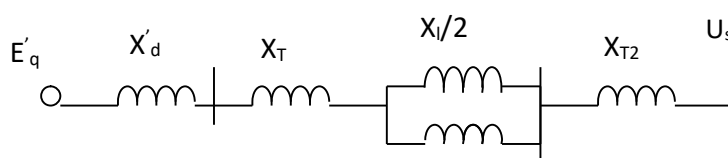
III - avariya holati.



9.1- rasm. Elektr sistemasining sxemasi

Normal holat.

Normal holat uchun sxema (9.2-rasm):



9.2- rasm Elektr sistemasining almashtirish sxemasi

Sistemaning summaviy qarshiligi:

$$X'_{d_{\Sigma I}} = X'_d + X_{T_1} + X_{T_2} + \frac{X_l}{2} \quad (9.1)$$

Normal holat burchak xarakteristikasining maksimumi:

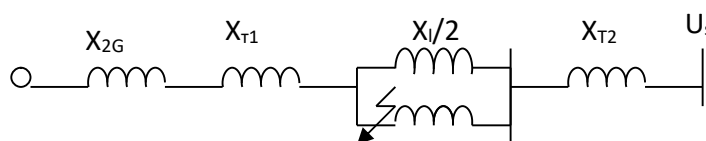
$$P_{m_1} = \frac{E'_q \cdot U_s}{X_{ld_{\Sigma I}}} \quad (9.2)$$

Avariya holati.

Faraz qilamiz, xavo elektr uzatish liniyasining boshlanishida nosimmetrik qisqa tutashuv sodir bo'ldi. Avariya holatining qarshiligini topish uchun simmetrik tashkil etuvchilar usulidan foydalanamiz.

Ushbu usulga ko'ra, odatda, nosimmetrik qisqa tutashuvni «avariya shunti» deb ataluvchi qushimcha qarshiliq ortida sodir bo'lgan simmetrik qisqa tutashuv bilan almashtiriladi. Buning uchun tokning to'g'ri, teskari va nolunchi tashkil etuvchilari uchun almashtirish sxemasini tuzish zarur. To'g'ri ketma- ketlik toki uchun boshlang'ich sxemadan foydalaniladi.

Teskari ketma ketlik toki uchun sxema 9.3- rasmda tasvirlangan.



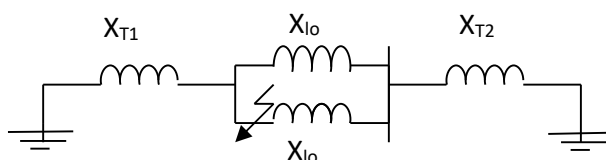
9.3- rasm Elektr sistemasining almashtirish sxemasi

O'TKINCHI JARAYONLAR

Teskari ketma-ketlikning summaviy qarshiligi:

$$X_{2z} = \frac{(X_{2G} + X_{T1}) \cdot \left(\frac{X_1}{2} + X_{T2} \right)}{X_{2G} + X_{T1} + \frac{X_1}{2} + X_{T2}} \quad (9.3)$$

Nolinchi ketma-ketlik toki uchun sxema 9.4- rasmda tasvirlangan.



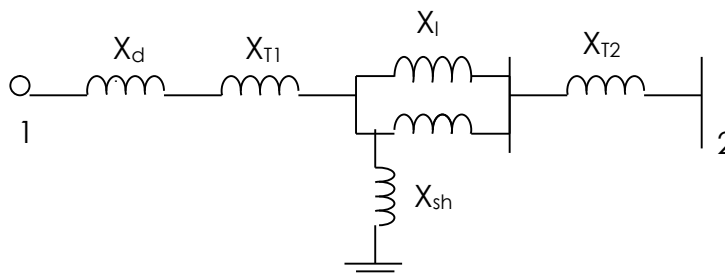
9.4- rasm Elektr sistemasining almashtirish sxemasi

Nolinchi ketma-ketlik toki uchun summaviy qarshilik:

$$X_{0z} = \frac{X_{T1} \cdot \left(\frac{X_{l0}}{2} + X_{T2} \right)}{X_{T1} + \frac{X_{l0}}{2} + X_{T2}} \quad (9.4)$$

Liniyaning nolinchi ketma-ketlik qarshiligi: $X_{l0} = (2/3)X_l$.

Avariya holati uchun kompleks sxema avariya shuntini hisobga olib tuziladi (9.5- rasm).



9.5- rasm Elektr sistemasining almashtirish sxemasi

Bu sxemani ekvivalent uchburchakka o'zgartirish orqali 1 va 2 nuqtalar orasidagi, avariya holati uchun summaviy qarshiliq hisoblanuvchi qarshilikni topamiz:

$$X_{\Sigma III} = (X'_d + X_{T1}) + \left(\frac{X_l}{2} + X_{T2} \right) + \frac{(X'_d + X_{T1}) \cdot \left(\frac{X_l}{2} + X_{T2} \right)}{X_{sh}}; \quad (9.5)$$

Avariya shuntining qiymati quyidagicha qabul qilinadi:

- bir fazali qisqa tutashuv uchun $X_{sh} = X_{2\Sigma} + X_{20}$;
- ikki fazali qisqa tutashuv uchun $X_{sh} = X_{2\Sigma}$;
- er orqali ikki fazali qisqa tutashuv uchun

O'TKINCHI JARAYONLAR

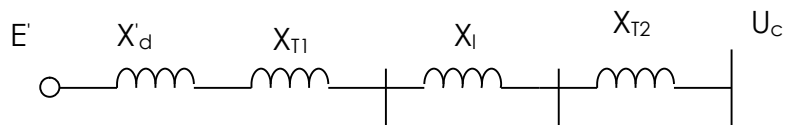
$$X_{sh} = \frac{X_{2\Sigma} \cdot X_{\Sigma o}}{X_{2\Sigma} + X_{\Sigma o}} \quad (9.6)$$

Avariya holati uchun burchak xarakteristikasining maksimumi:

$$P_{m_{III}} = \frac{E'_q \cdot U_c}{X_{\Sigma III}} \quad (9.7)$$

Avariya dan keyingi holat. Liniyaning bitta zanjiri uzilgan avariya dan keyingi holatning summaviy qarshiligi:

$$X_{d\Sigma II} = X'_d + X_{T1} + X_l + X_{T2} \quad (9.8)$$

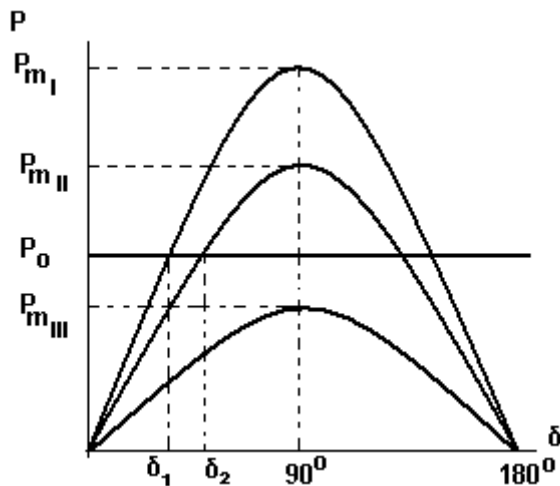


9.6- rasm Elektr sistemasining almashtirish sxemasi

Avariya dan keyingi holat uchun burchak xarakteristikasining maksimumi:

$$P_{m_{II}} = \frac{E'_q \cdot U_c}{X_{d\Sigma II}} \quad (9.9)$$

Shunday qilib, qabul qilingan shartlarga ko'ra oddiy elektr sistemasining dinamik turg'unligini hisoblash yuqorida ko'rilgan almashtirish sxemasidan kelib chiqib bajariladi. Agar qisqa tutashuv joyi, turi va avariya shuntining qiymati etarlicha aniq topilgan bo'lsa, u holda olinuvchi natijalar elektromexanik o'tish jarayonlarini, asosan to'g'ri, ifodalaydi. Chunki elektr sistemasining aylanuvchi elementlari – generator, dvigatel, kompensator va x.k.larda jamlangan energiyaning qayta taqsimlanishi bunga bog'liqdir.



9.7- rasm. Normal (I), avariya dan keyingi (II) va avariya (III) holatlarining burchak xarakteristikasi

Sinov savollari

1. Elektr tizimni dinamik turg'unligini tushuntiring.
2. Dinamik turg'unlikni hisoblaganda qabul qilinadigan asosiy farazlar.

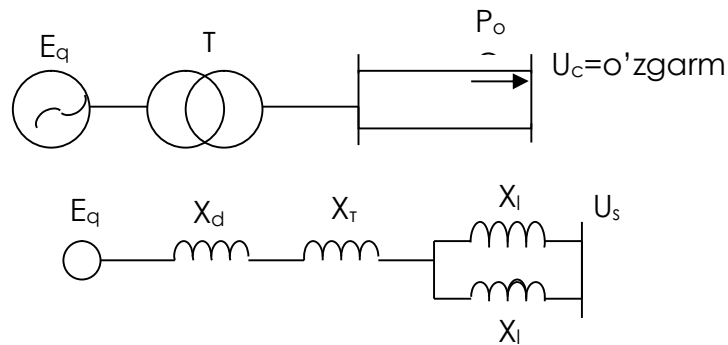
O'TKINCHI JARAYONLAR

3. Noto'lik fazali qisqa tutashuvlarga tegishli almashtirish sxemalarni aytib bering.
4. Avariya shunti ma'nosini tushuntiring.
5. Nolinchi ketma-ketlik uchun elektr tizimning almashtirish sxemasi.
6. Avariya dan keyingi holat uchun elektr tizimning almashtirish sxemasi.
7. Avariya dan keyingi, avariya va normal holatlari uchun sinxron generatorning burchak xarakteristikalarini qurib bering.

Ma'ruza. Elektr tizim dinamik turg'unligiga qisqa tutashuv vaqti, qisqa tutashuv turi va uzatilayotgan aktiv quvvat ta'siri

Holatning keskin o'zgarishi yoki katta turtkilar sistema holatining salmoqli o'zgarishini, ya'ni uning elementlarida, sxemasida va holatida sistema, uning aloxida elementlari orqali uzatilayotgan va istemolchilar olayotgan aktiv quvvatning tez va sezilarli o'zgarishiga olib keluvchi o'zgarishlar yuz berganligini bildiradi.

Parallel zanjirli elektr uzatmada liniyaning boshlanishida qisqa tutashuv sodir bo'lganda holatning dinamik buzilishi qanday sodir bo'lishini ko'rib o'tamiz. QAR mavjud bo'lmagan holatni olamiz (10.1- rasm).



10.1- rasm Elektr tizimning prinsipial va almashtirish sxemalari

Agar P_o , Q_o , U_s aniq bulsa, u holda:

$$E_q = \sqrt{\left(U_s + \frac{Q_o \cdot X_{d\Sigma}}{U_s}\right)^2 + \left(\frac{P_o \cdot X_{d\Sigma}}{U_s}\right)^2} \quad (10.1)$$

E_q bilan U_o orasidagi burchak:

$$\delta_o = \arctg \frac{P_o \cdot X_{d\Sigma}}{U_c^2 + Q_o \cdot X_{d\Sigma}} \quad (10.2)$$

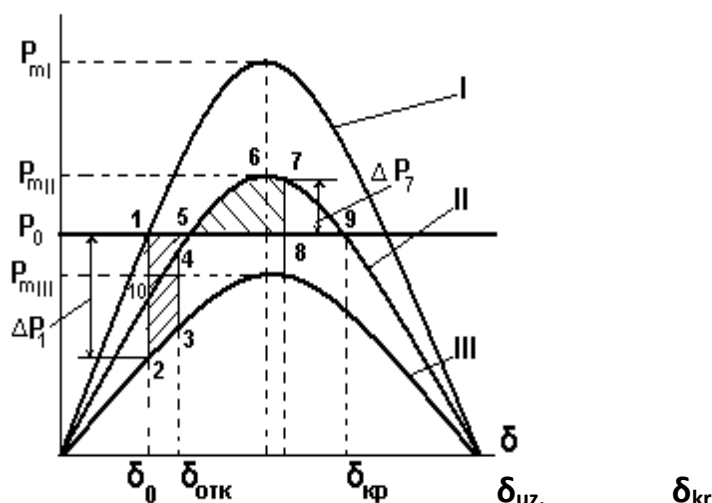
Sistemaning boshlang'ich holatiga mos keluvchi burchak xarakteristikasi quyidagi munosabat bo'yicha aniqlaniladi:

$$P = \frac{E_q U_s}{X_{d\Sigma 1}} \sin \delta \quad (10.3)$$

Xarakteristikaning maksimumi:

$$P_{m1} = \frac{E_q \cdot U_0}{X_{d\Sigma 1}} \quad (10.4)$$

O'TKINCHI JARAYONLAR



10.2- rasm. Maydonlar usulini tushuntirishga doir sinxron generatorning burchak xarakteristikalar

Bu yerda $X_{d\Sigma I} = X_d + X_T + X_l / 2$

Faraz qilamiz, elektr uzatish liniyasining bitta zanjiri qisqa tutashuvni uzish bilan bir paytda o'chirildi. Bu holatda quvvat formulasining maxraji quyidagiga teng bo'ladi:

$$X_{d\Sigma u} = X_d + X_T + X_l \quad (10.5)$$

va avariya dan keyingi holat xarakteristikasining maksimumi

$$P_{mII} = \frac{E_q \cdot U_0}{X_{d\Sigma II}} \quad (10.6)$$

Normal holat xarakteristikasidan (I) avariya holat xarakteristikasiga (III) o'tish (10.2- rasm) burchakning normal holatdagi qiymati δ_0 da sodir bo'ladi (1 nuqtadan 2 nuqtaga).

Generatorning valida paydo bo'ladigan balanslashmagan moment $\Delta P = P_T - P_G$ tezlashtiruvchi bo'ladi, chunki bunda turbinaning quvvati inersionligi tufayli o'zgarmasdan qolib, generatorning tormozlovchi quvvati kamayadi. Natijada rotor tezlashadi va uning tezligi sinxron tezlikka nisbatan kattalashib boradi.

Burchak uzluksiz kattalashib boradi va 3 nuqtada qisqa tutashuv uzilib sistemaning holati avariya dan keyingi holat xarakteristikasidagi 4 nuqtaga o'tadi.

4 nuqtada $\Delta P > 0$, ya'ni $P_T > P_G$ bo'lganligi sababli rotorning tezlashishi davom etib, generatorning holati avariya dan keyingi holat xarakteristikasi bilan aniqlaniladi. Tezlashtiruvchi moment ta'sirida holat ketma-ket tarzda 5, 6, 7 nuqtalardan o'tib boradi.

5 nuqtadan boshlab generator o'qida ortiqcha tormozlovchi moment paydo bo'ladi, chunki bu nuqtadan keyin $\Delta P < 0$, ya'ni $P_T < P_G$ va 7 nuqtada rotorning nisbiy xarakati tugaydi va uning tezligi yana sinxron tezlikka tenglashadi. Bu nuqtada holat noturg'un, chunki $\Delta P < 0$ ($P_T < P_G$) bo'lganligi sababli generator valida tormozlovchi xarakterga ega bo'lgan ortiqcha quvvat ustunlik qiladi va uning ta'sirida burchak kamaya boshlaydi, generatorning holati ketma-ket tarzda 7, 6, 5, 4, 10, nuqtalar bilan aniqlanib, avariya dan keyingi xarakteristika II bo'ylab pastga yo'naladi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Shunday qilib, jarayon tebranuvchan bo'ladi va doimo so'nib boradi. Rotor 2 nuqtadan 3 nuqttagacha bo'lgan oraliqda tezlashadi va 5 nuqtadan 7 nuqttagacha bo'lgan oraliqda tormozlanadi. Shuning uchun 1-2-3-4-5 maydon tezlanish maydoni, 5-6-7-8 maydon esa tormozlanish maydoni deyiladi. 5-6-7-9-8-5 maydon mumkin bo'lgan tormozlanish maydoni deyiladi. Rotor bir nechta tebranishlardan so'ng 5 nuqtaga qaytadi. Bunday holat dinamik turg'un holat deyiladi.

Agar 1-2-3-4-5 maydon chegarasida rotor olgan energiyasini 5-6-7-9-8-5 maydon chegarasida qisman sarflasa, qolgan energiya hisobiga u 9 nuqtadan o'tib ketadi va tezlanishini davom etiradi. Burchak hamma vaqt o'shib boradi. Bunday holat noturg'un holat deyiladi. Dinamik o'tish jarayoni turg'un bo'lishi uchun tezlanish maydoni mumkin bo'lgan tormozlanish maydondan kichik bo'lishi shart. Boshqa so'z bilan aytganda, rotorning tezlanishda olgan qo'shimcha kinetik energiyasi tormozlanish davrida to'laligicha sarflanishi lozim.

Shunday qilib, dinamik turg'unlik saqlanishi uchun qo'yidagi shart bajarilishi lozim

$$STM > STEZ \quad (10.7)$$

Bu erda STM, STEZ - mumkin bo'lgan tormozlanish va tezlanish maydonlari.

Ko'rib chiqilgan jarayon energetik bo'lib, adabiyotlarda turg'unlikni aniqlashning bu usuli maydonlar usuli yoki maydonlar prinsipi deb yuritiladi.

Keyinchalik bu usul batafsilroq qarab chiqiladi.

Rotorning nisbiy xarakat tenglamasi

$$T_j \cdot \frac{d^2 \delta}{dt} = P_o - P_m \cdot \sin \delta \quad (10.8)$$

egri chiziqli hisoblanadi va u umumiy echimga ega emas. Shu sababli uni echish uchun maydonlar usulini qo'llash mumkin.

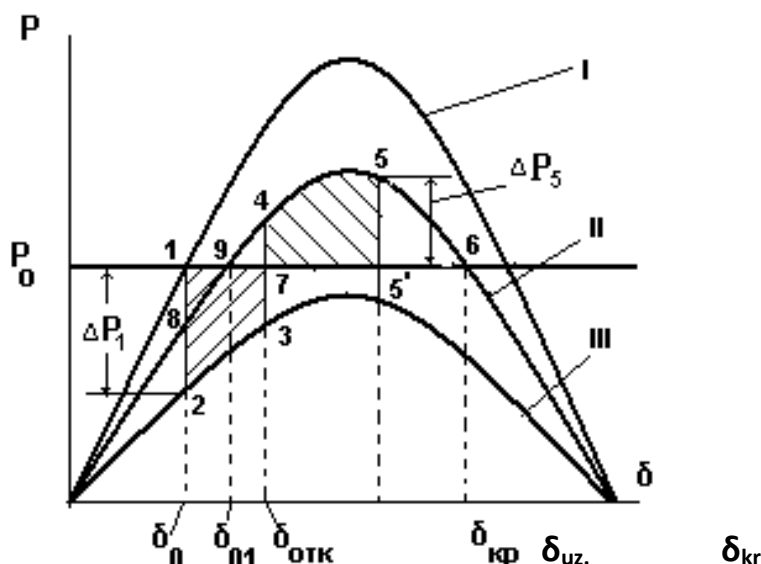
Bu holatda generator rotor xarakatining xarakterini va $\delta=f(t)$ bog'lanishni rotorning nisbiy xarakat differensial tenglamasini echmasdan, uning mexanik energiyasi o'zgarishini ko'rib chiqish orqali aniqlash mumkin.

Nosimmetrik yoki uzoqlashgan qisqa tutashuv uchun dinamik turg'unlikning buzilish jarayonini yana bir bor ko'rib o'tamiz va shu misolda burchakning vaqt bo'yicha o'zgarish xarakteristikasi $\delta=f(t)$ ni quramiz.

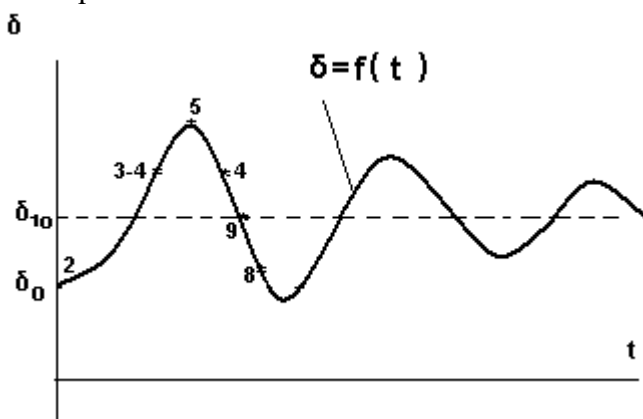
Generator valida momentlar balansining buzilishi natijasida paydo bo'luvchi quvvat ortirmasi $\Delta P=PT - PG=P0$ – burchak $\delta=f(t)$ ning o'zgarish xarakterini aniqlaydi va burchakning vaqt bo'yicha o'zgarishi o'z navbatida ΔP ning o'zgarishiga olib keladi.

Yuqoridagi 10.1-rasmda keltirilgan sxema sharoitida liniyaning boshlanishida nosimmetrik qisqa tutashuv sodir bo'ldi deb faraz qilaylik. Paydo bo'lgan $\Delta P1=PT-PG$ quvvat ortirmasi ta'sirida rotor tezlashadi (10.3-rasm). 3 nuqtada qisqa tutashuv uzilgandan keyin holat avariya dan keyingi 4 nuqtaga o'tadi va inersionlik tufayli rotor tezligining ortib borishi olingan kinetik energiya tormozlanish hisobiga to'liq sarflanib bo'lgan 5 nuqttagacha davom etadi. Biroq 5 nuqtada $\Delta P5=PT-PG<0$ va rotor validagi tormozlovchi moment ortiqcha bo'lganligi sababli holat noturg'un bo'ladi.

O'TKINCHI JARAYONLAR



10.3- rasm. $\delta=f(t)$ bog'lanishni aniqlash uchun maydonlar usulini qo'llash.



10.4- rasm. Maydonlar usulida aniqlangan burchakning vaqt bo'yicha o'zgarishi.

5 nuqtada rotorning nisbiy tezligi nolga teng, ya'ni uning absolyut tezligi yana sinxron tezlikga tenglashadi. Ortiqcha tormozlovchi moment ta'sirida burchak kamaya boshlaydi va generatorning holati avariya dan keyingi II holat xarakteristikasi bo'ylab ketma-ket 5-4-9-8 va undan pastki nuqtalarga mos keluvchi holatlar bilan aniqlanadi.

Agar rotorning 1-2-3-7-1 nuqtalar bilan chegaralangan maydon bilan belgilanuvchi tezlanishida olgan qo'shimcha energiyasi 7-4-5-6-7 maydonda tormozlanishga sarflanuvchi energiyadan kichik bo'lsa, dinamik jarayon turg'un bo'ladi. Aks holda generator turg'unligini yo'qotadi. Bu tebranuvchan «tezlanish – tormozlanish» jarayoni davom etadi va turg'unlik saqlangan holatda burchakning vaqt bo'yicha o'zgarish amplitudasi davrdan-davrga kichiklashib borib, 9 nuqtada yangi normal holat o'rnatiladi. Bunda burchakning vaqtga bog'liq holda o'zgarish jarayoni $\delta=f(t)$ 10.4- rasmda tasvirlanganidek ko'rinishda bo'ladi. Bu rasmdagi 3-4, 5, 4, 9, 8 nuqtalar 10.3-rasmdagiga mos keladi.

Burchak δ_0 dan δ_{01} gacha ortganda rotorning tezlashishi natijasida unda jamlangan energiya quyidagicha aniqlanadi:

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$A_{\text{TEZ}} = \int_{\delta_0}^{\delta_{01}} \Delta P_1 d\delta = \text{maydon } 123791 = S_{\text{TEZ}} \quad (10.9)$$

Shunday qilib rotorning tezlashishida unda jamlangan qo'shimcha kinetik energiya tezlanish maydoniga ekvivalentdir.

Tormozlanishda sarflanadigan energiya quyidagi ifoda orqali aniqlaniladi:

$$A_{\text{TOR}} = \int_{\delta_{01}}^{\delta_5} \Delta P_5 d\delta = \text{maydon } 7455'7 = S_{\text{TOR}} \quad (10.10)$$

5 nuqtada rotorning tezlashish natijasida olgan kinetik energiyasi to'liq sarf etilib, uning nisbiy tezligi nolga teng, ya'ni $\Delta\omega = 0$ yoki $\omega R = \omega_0$ bo'ladi

5 nuqtadan boshlab tormozlovchi moment ΔP_5 ta'sirida rotorning tezligi sinxron tezlikka nisbatan kamayib boradi.

Maydonlar qoidasiga muvofiq turg'unlik sharti bo'lib quyidagilar hisoblanadi:

$$A_{\text{TEZ}} < A_{\text{TOR}} \quad (10.11)$$

yoki

$$S_{\text{TEZ}} \leq S_{\text{TM}}. \quad (10.12)$$

Maydon 7 4 5 6 7 mumkin bo'lgan tormozlanish maydoni deyiladi, chunki bu maydon chegarasida ortiqcha energiya tormozlanishga sarflanadi.

6 nuqta – kritik nuqta. 6 nuqtaning noturg'unligi shu bilan aniqlanadiki, rotorning kichikkina og'ishi ham rotorning tormozlanishiga yoki δ burchakning uzluksiz o'shishiga olib keladi.

Shunday qilib, maydonlar usuli katta turtkilarda turg'unlikni aniqlaydigan energetik usul bo'lib, u rotorning tezlanishida to'plovchi va tormozlanishida sarflovchi energiyalarni aniqlashga asoslangan. Chunki burchak δ rotor bilan chambarchas bog'langan bo'lib, uning tebranishini burchak xarakteristikasidan aniqlash va $\delta=f(t)$ bog'lanishni o'rnatish mumkin, ya'ni dinamik turtki natijasida turg'unlikning saqlanishini yoki uning yo'qolishini aniqlash mumkin.

Sinov savollari

1. Holat keskin o'zgarishi elektr tizimga qanday ta'sir etadi.
2. Dinamik turg'unlikni tahlil qilishda maydonlar usuli.
3. Tormozlanish va tezlanish maydonchalarni aniqlash.
4. Dinamik turg'unlikni maydonlar usulida tahlil qilishda burchak xarakteristikalarini qurish.
5. Holat keskin o'zgarishda burchak xarakteristikada o'zgarishlarni ko'rsating.
6. Burchak vaqt bo'yicha o'zgarishi $\delta=f(t)$ xarakteristikasini tushuntirib bering.

Ma'ruza. Elektr tizim dinamik turg'unligiga

QAR va AQUning ta'siri

O'tkinchi jarayonning paydo bo'lishi va sinxron generator turg'un ishlashi buzilishining asosiy sababchisi mashinalar validagi momentlar balansining buzilishi hisoblanadi. $P_t = P_g$ muvozanatning buzilishi xar xil sabablar, jumladan, qisqa tutashuvlar, yuklama va generatorlarning bir qismini uzish va xakozolar, natijasida yuz berishi mumkin. Generatorlarning shinalariga yaqin bo'lgan joyda yuz beruvchi uch fazali qisqa tutashuv eng og'ir oqibatlariga olib keladi. Shu sababli, generatorlar va mos holda elektr sistemasining turg'unligini saqlash uchun qo'llaniladigan tadbirlar ushbu balansni ta'minlashga yo'naltirilgan.

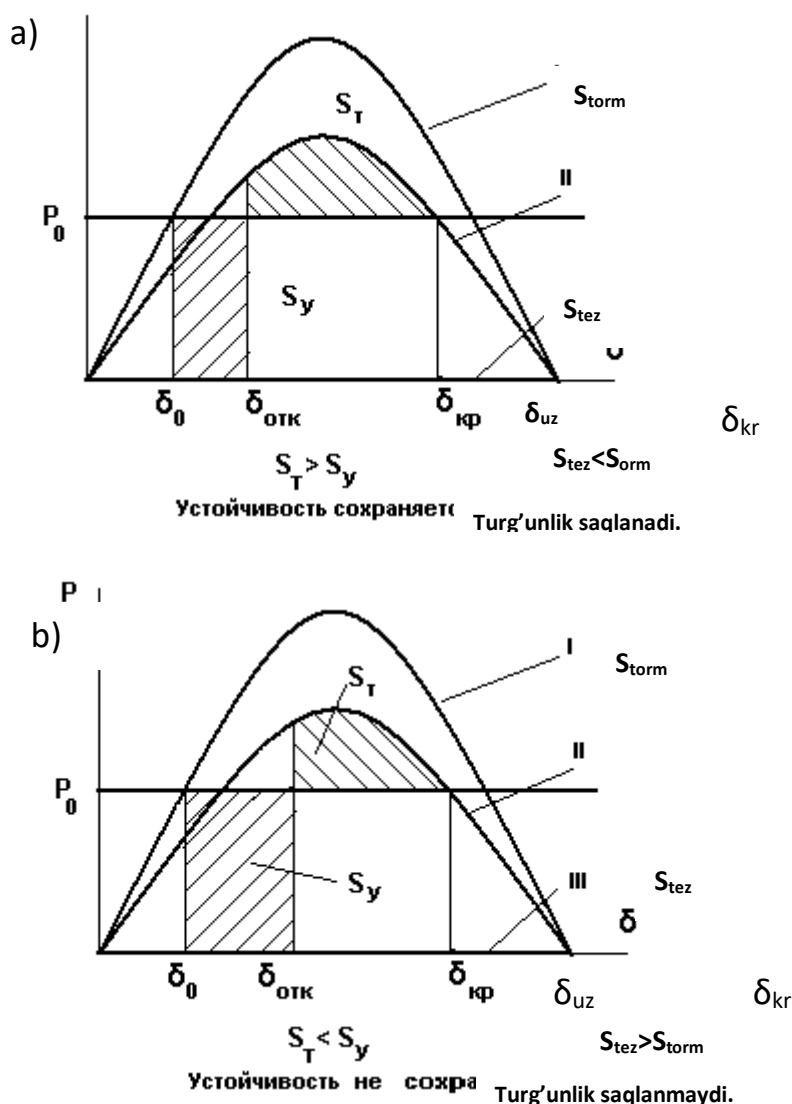
Elektr sistemasining statik turg'unligini ta'minlash uchun ko'rib o'tilgan tadbirlar dinamik turg'unlik zaxirasini ham oshiradi. Shuningdek, dinamik turg'unlikni oshirishning boshqa usullari ham mavjud:

O'TKINCHI JARAYONLAR

- tez ishlovchi uzgichlarni qo'llash;
- qo'zg'atishni tashkil etuvchi va tashkil etmaydigan QARni qo'llash;
- uzatish liniyalarining nominal kuchlanishlarini oshirish;
- turbinani rostdlash;
- generatorlar va reaktorlarning bir qismini uzish.

Ularni aloxida ko'rib o'tamiz.

Tez ishlovchi uzgichlar. Dinamik turg'unlikni ta'minlash uchun qisqa tutashuvni imkoni boricha tez uzish lozim. U tadbir generatorlarning parallel ishlash turg'unligiga avariya holatining salbiy ta'sirini kamaytirish uchun eng belgilovchi vosita hisoblanadi. Agar avariya sodir bo'lgan ondayoq uzilganida edi, u sistemaning ish sharoitiga xech qanday buzilish kiritmagan bo'lar – holat to'g'ridan-to'g'ri avariya dan keyingi holat xarakteristikasiga o'tish bilan xarakterlanar edi.



11.1- rasm. Qisqa tutashuvni uzish vaqtining (δ_{uz}) dinamik turg'unlikka ta'siri.

- a) turg'unlik saqlandi, $tuz1$, $S_{tez} < S_{orm}$;
 b) turg'unlik saqlanmadi, $tuz2 > tuz1$, $S_{tez} > S_{orm}$

O'TKINCHI JARAYONLAR

11.1- rasmda keltirilgan grafiklardan ko'rinadiki, qisqa tutashuvning tez uzilishi tezlashish maydonini kamaytirish, mumkin bo'lgan tormozlovchi maydonni ko'paytiradi va shu sababli dinamik turg'unlikning zaxira koeffitsienti

$K_d = \text{Stor} / \text{Stez}$ ni oshiradi.

6-20 kV kuchlanishga mo'ljallangan uzgichlarning uzish vaqti sanoat chastotasi bo'yicha tebranishning 5-10 ta (0,1-0,2 sek), 35 kV va undan yuqori kuchlanishga mo'ljallangan uzgichlarniki esa 2-5 ta (0,04-0,1 sek) davrini tashkil etadi. Bunda avariyaning moyli uzgichlar yordamida uzish tezligi 0,18-0,2 sek, xavoli uzgichlar yordamida esa 0,08-0,1 sek oralig'ida bo'lishini nazarda tutish lozim. Xozirgi sharoitlarda o'ta tez ishlovchi sinxronlashgan uzgichlarni qo'llash kengayib bormoqda. Sinxronlashgan uzgich deb kontaktlari uziluvchi tokning nolga kelish vaqtini taxminan 1,5-2,5 ms ildamlab, qat'iy belgilangan vaqtda ajratuvchi uzgichga aytiladi. Qisqa tutashuv sodir bo'lgan zanjirni sinxronlashgan uzgich yordamida uzishning to'liq vaqti bir davr atrofida (0,02 sek) bo'ladi.

Mavjud talablarga muvofiq, qoidaga ko'ra, sinxron dinamik turg'unlik liniyaning eng noqulay nuqtasida quyidagi turdagi qisqa tutashuv sodir bo'lgan xollarda saqlanishi lozim:

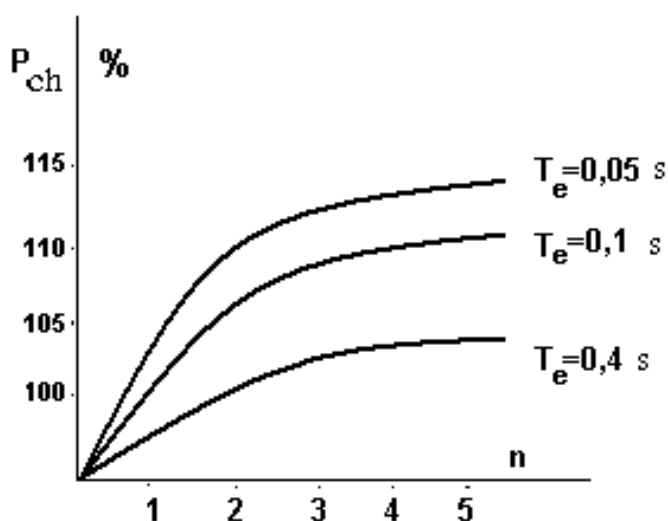
- 35 kV kuchlanishli tarmoqlar uchun – er orqali ikki fazali qisqa tutashuv sodir bo'lganda;
- 500 kV va undan yuqori kuchlanishli tarmoqlar uchun – er orqali ikki fazali qisqa tutashuv sodir bo'lganda. Agar bu katta kapital mablag'larni talab etsa, u holda sinxron dinamik turg'unlikni faqat bir fazali qisqa tutashuvlar uchun avtomatik qayta ulash (AQU)ning muvaffaqiyatsiz ishlashini hisobga olib ta'minlashga ruxsat etiladi. AQU, xususan liniyadagi AQU, dinamik turg'unlikning saqlanishiga katta ta'sir ko'rsatishini nazarda tutish lozim.

Qo'zg'atishni kuchaytirishli va kuchsizlashtirishli QARlarning qo'llash.

Avtomatik rostlagichlar butun o'tkinchi jarayon davomida dinamik turg'unlikka sezilarli ta'sir etadi. Qisqa tutashuv davrida qo'zg'atish tokining ortishi xali sezilarli natijalarni berib ulgurmaydi. Shikastlangan joyni uzishdan bevosita keyingi, asinxron motorlarning sirpanishini tezda kamaytirish va generatorlarni tormozlash juda muhim bo'lgan davrda QARning qiymati juda yuqori bo'ladi. Agar chayqalishning birinchi siklida sistema turg'unligicha qolsa, u holda keyingi sikllarda, QAR mavjud bo'lgan taqdirda, turg'unlikning buzilishi amalda sodir bo'lmaydi.

O'tkinchi jarayonlarning xarakteriga eng yuqori kuchlanish (kuchaytirishning karalligi n) va qo'zg'atishning vaqt doimiysi T_e ta'sir etadi.

Dinamik turg'unlik shartlari bo'yicha uzatiluvchi eng katta quvvat chegarasining qo'zg'atishning ortib borishi bilan oshishi T_e qanchalik kichik bo'lsa, shunchalik sezilarlidir (11.2- rasm).



O'TKINCHI JARAYONLAR

11.2- rasm. Eng katta qo'zg'atish n va qo'zg'atkichning vaqt doimiysi T_e ning chegaraviy quvvatga ta'siri.

Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, qo'zg'atish parametrlarining eng yuqori qiymatlari qo'zg'atish sistemasining tuzilishi va quvvatiga bog'liqdir. Dinamik turg'unlikni oshirishda qo'zg'atish toki va kuchlanishining eng yuqori qiymatlari sezilarli ahamiyatga ega:

$$n_u = \frac{U_q}{U_{qn}}, \quad n_l = \frac{i_q}{i_{qn}} \quad \text{va kuchlanishning ortib borish tezligi.}$$

Shuni belgilash lozimki, tebranishlarni yo'qotish uchun nafaqat qo'zg'atishni kuchaytirish, balki o'z vaqtida qo'zg'atish kuchlanishini kamaytirish ham qo'llaniladi.

Qo'zg'atishni kuchlanish vektorlari orasidagi burchakning ikkinchi tartibli xosilasi bo'yicha rostlash juda effektli hisoblanadi. Buning sababini quyidagicha xulosalash – ya'ni generatorlar rotorlari orasidagi siljish burchagi bo'yicha olingan ikkinchi tartibli xosila generator o'qidagi ortiqcha momentga proporsionalidir

$$\frac{d^2\delta}{dt} = \frac{\Delta P}{T_j}$$

Shuning uchun rostlashning ta'siri o'tkinchi jarayon va chayqalishni chiqiradigan sababga mos keladi. Qo'zg'atish tokini va mos ravishda elektromagnit momentni generator rotor tezlashganda ko'paytirib, u tormozlanganda kamaytirish kerak.

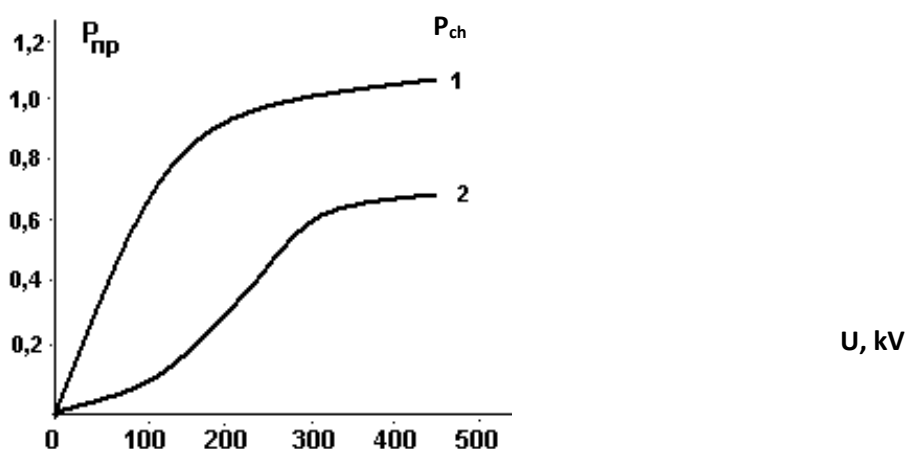
Liniyaning nominal kuchlanishini oshirish.

Uzatilayotgan quvvatning chegaraviy qiymati kuchlanishning kvadratiga to'g'ri proporsional va bu nuqtalarni bog'lovchi qarshilikga teskari proporsionaldir

$$P = \frac{U_1 U_2}{X_{12}} = \frac{U^2}{X_{12}}$$

shuning uchun kuchlanishni nominal qiymatini oshirish dinamik turg'unlik zaxirasini ko'paytirish uchun sezilarli. Bu 11.3 - rasmdagi grafikdan ko'rinadiki uzunligi 200 km bo'lgan liniyaning kuchlanishini 220 kV gacha oshirish uzatilayotgan quvvatning chegaraviy qiymatining sezilarli darajada oshishiga olib keladi.

Quvvat uzatilishining chegaraviy qiymati kuchlanish kattaligiga qanday bog'liq bo'lsa, liniya uzunligiga ham shunday bog'liq.



11.3 - rasm. Uzatilayotgan quvvatning kuchlanishga bog'liqligi:

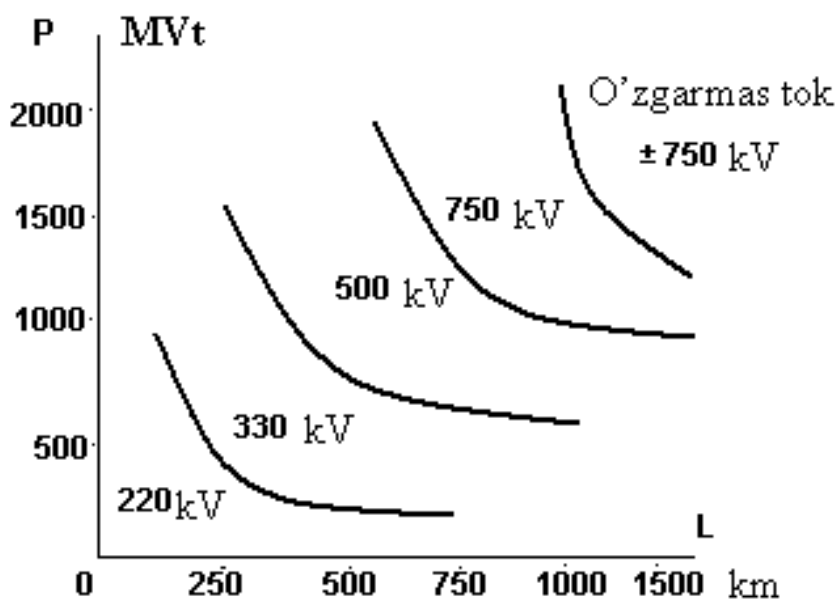
1- liniyaning uzunligi 200 km, 2- liniyaning uzunligi 800 km.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Quyidagi 11.4-rasmda nominal kuchlanishning iqtisodiy qo'llash sohasining elektr uzatish liniyasi uzunligiga bog'liqligi keltirilgan.

Kuchlanishni ikki marta ko'paytirish, qarshilikni to'rt marta kamaytirishga teng kuchli, bu zanjirlar sonini to'rt marta ko'paytirilganini bildiradi. Lekin, kuchlanishni ko'paytirish zanjirlar sonini oshirishga qaraganda iqtisodiy samaradorliroq. Xar xil nominal kuchlanishni iqtisodiy qo'llash sohasi rasmda keltirilgan, undan ko'rinadiki o'zgaruvchan tok kuchlanishida quvvat uzatish o'zining imkoniyatini tamomlashga xali juda uzoq.

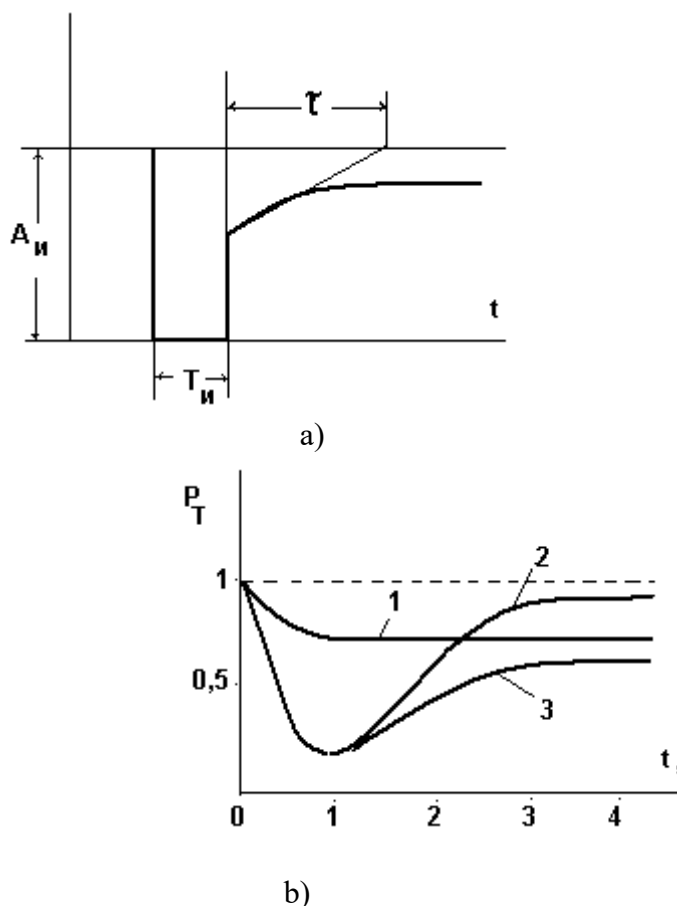
Bu erda uzunligi 3000 km va undan ortik – yarim to'lqin uzunligi deb ataluvchi yoki yarim to'lqin uzunligiga moslangan liniya o'rganilmagan. Ammo bunday liniya ajoyib holat xossasiga ega, bu esa maxsus kursning o'rganish sohasi hisoblanadi.



11.4.- rasm Xar xil nominal kuchlanishni qo'llashning iqtisodiy sohasi.

Turbinani rostdash. Yuqorida ko'rsatilgandek, o'tkinchi jarayon turbinaning aylantiruvchi (mexanik) momenti va generatorning tormozlovchi (elektromagnit) momentlari orasidagi muvozanatning buzilishi hisobiga sodir bo'ladi. Tezlashish maydonini kichiklashtirish va tormozlash mumkin bo'lgan maydonni ko'paytirish maqsadida turbina quvvatini kamaytirish zarur, boshqacha so'z bilan aytganda avariya paytida elektr uzatishni yuksizlantirish zarur. Bu tadbir ko'pincha suv elektr stansiyalar (GES)lar uchun bir qism generatorlarni uzish orqali amalga oshiriladi, chunki bu texnologik jarayon uncha murakkab emas. Issiqlik va atom elektr stansiyalarida generatorlarni uzish va qo'shish texnologiyasi ancha murakkabroq, shu sababdan turbinalar quvvatini kamaytirishning boshqacharoq uslubi qo'llaniladi. Bu bug' turbinalarning quvvatini avariya holatida boshqarish deb nomlangan uslub (TQAB). TQAB bug' turbinalarining rostdash sistemasiga elektrogidravlik o'zgartirgich (EGo') va quvvatni boshqarish mexanizmi (QBM) orqali ta'sir ko'rsatadi.

O'TKINCHI JARAYONLAR



11.5 - rasm. Turbinani avariya holatida boshqarish
a) Avariya holatida yuksizlantirish impulsining formasi
b) Turbina xarakteristikasini o'zgartirish

Xarakteristika 2 dinamik turg'unlik shartidan kelib chiqib turbogeneratorni qisqa vaqtga yuksizlantirish va keyinchalik quvvatni avariya oldingi holatidagi qiymatigacha tiklash xoliga mos keladi.

Statik turg'unlik shartiga ko'ra avariya keyingi holatda qisman yuksizlantirish talab etiladi (1,3 xarakteristika).

Bu ta'sir bilan sistemaning dinamik turg'unligini saqlash maqsadida agregatlar rotorlaridagi ortiqcha kinetik energiyani tezlikda so'ndirish turbinani qisqa muddatli impulsli yuksizlantirish tufayli ta'minlanadi. Keyinchalik turbinaning quvvati avariya keyingi holat talab etayotgan qiymatgacha tiklanadi. Turbinaning quvvatini qisqa muddatga yuksizlantirish maqsadida

boshqarishning dasturiy usuli qo'llaniladi: EGo'ga A_n amplitudali va davom etish vaqti T_n bo'lgan to'g'ri burchak ko'rinishdagi impuls eksponensial boshqarish signali beriladi va u τ doimiy vaqt bilan eksponensial sekin pasayib boradi. (11.5.-rasm). Odatda xarakteristikaning o'zgarish diapazoni: klapanlarning maksimal tezlikda yopilishini ta'minlovchi notekislik koeffitsienti $A_n = 1 \div 4$ va $T_n = 0,1 \div 0,5$ s, $\tau = 2 \div 5$ s. Impulsli ta'sir etishning tezkorligi tajribadan olingan qiymatlarni hisobga olgan holda o'tkinchi jarayonlarning tahlili natijasi bo'yicha darajalanadi.

Sistemaning dinamik turg'unligini saqlash maqsadida qayd etilganlardan tashqari holat xarakteridagi tadbirlar, sistemaning ulanish sxemasini o'zgartirish, elektr sistemani nosinxron

O'TKINCHI JARAYONLAR

ishlayotgan qismlarga bo'lish, shuntlovchi reaktorlarning ma'lum bir qismini uzish, avtomatik yuksizlantirish va xokazolar qo'llaniladi.

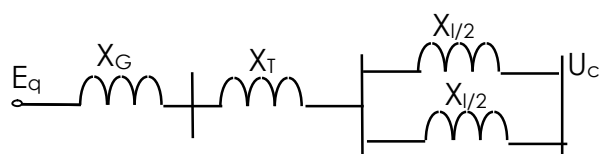
Odatda sanab o'tilgan tadbirlarning ko'pchiligi sistemaning nafaqat dinamik turg'unligini shu qatorda avariya dan keyingi holatning statik turg'unligini saqlash uchun ham birgalikda (kompleks) qo'llaniladi.

Sinov savollari

1. Dinamik turg'unlik zaxirasini oshirish uchun choralari.
2. Dinamik turg'unlikni oshirish uchun tez ishlovchi uzgichlarni qo'llash.
3. Qo'zg'atishni kuchaytirishli va kuchsizlashtirishli QARlarning qo'llash orqali dinamik turg'unlikni oshirish.
4. Uzatish liniyaning kuchlanishini oshirishi elektr tizim dinamik turg'unligiga ta'siri.
5. Dinamik turg'unlik zaxirasini oshirish maqsadda avtomatik qayta ulashni (AQU) qo'llanilishi.

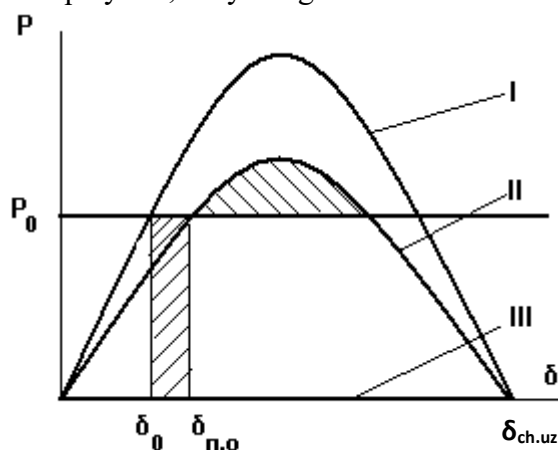
Ma'ruza Uch fazali qisqa tutashuv holati uchun rotorning xarakat tenglamasini echish

Faqat generator shinasida uch fazali qisqa tutashuv bo'lgan holat uchun qisqa tutashuv vaqtining chegaraviy qiymatini analitik usulda echish mumkin, chunki bunda sinxron generator rotorining nisbiy xarakat tenglamasi chiziqli ko'rinishga keladi. Ushbu holatni ko'rib o'tamiz.



12.1 - rasm. Oddiy elektr tizimning almashtirish sxemasi

Faraz qilaymiz, liniyaning boshlanishida uch fazali qisqa tutashuv sodir bo'ldi.



12.2-rasm. Uch fazali qisqa tutashuv holatida rotorning nisbiy xarakat tenglamasini echishga doir burchak xarakteristikasi.

Mashina rotorining xarakat tenglamasi:

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$T_j \frac{d\delta^2}{dt^2} = P_0 - P_{\Sigma_{III}} \cdot \sin \delta. \quad (12.1)$$

Uch fazali qisqa tutashuvda quyidagi munosabat o'rinli bo'ladi:

$$P_{III} = \frac{E_q \cdot U}{X_{\Sigma_{III}}} \cdot \sin \delta = 0$$

chunki $X_{sh} = 0$ va bu yerda $X_{\Sigma_{III}} = \infty$

Bu holatda sinxron generator rotorining nisbiy xarakat tenglamasi qo'yidagi ko'rinishni oladi:

$$T_j \frac{d\delta^2}{dt^2} = P_0 \quad (12.2)$$

Paydo bo'lgan differensial tenglama chiziqli va uning echimi quyidagi ifoda bilan aniqlaniladi:

$$\delta = \frac{P_0}{2T_j} \cdot t^2 + C_1 + C_2 \quad (12.3)$$

Bu erda C_1, C_2 lar boshlang'ich shartdan aniqlanilishi mumkin.

Quyidagi munosabatni hisobga olamiz:

$$a = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d\delta^2}{dt^2} = 18000 \cdot \frac{0,85 \cdot P_0}{T_j}$$

Koeffitsient 0,85 generator shinasiga yaqin joyda sodir bo'lgan uch fazali qisqa tutashuvda turbinaning aylantiruvchi mexanik quvvatini qabul qilingan faraz asosida 15% ga kamaytirishni hisobga oladi.

Bu yerda $d\omega = a dt$; $\int d\omega = \int a dt$; $\Delta\omega = at + C_1$ dan

$t = 0$, $\Delta\omega = 0$ bo'lgan holda $C_1 = 0$ xosil bo'ladi.

$d\delta = \Delta\omega \cdot dt = a \cdot t \cdot dt$, $\int d\delta = \int a \cdot t \cdot dt$ munosabatlardan

$$\delta = a \frac{t^2}{2} + C_2 \quad (12.4)$$

xosil bo'ladi.

So'nggi ifodada $t=0$ boshlang'ich holat uchun

$\delta = \delta_0$, $C_2 = \delta_0$ bo'lib, undan quyidagilarni xosil qilamiz:

$$\delta = \frac{at^2}{2} + \delta_0 \quad \text{yoki} \quad \delta - \delta_0 = \frac{at^2}{2} \quad \text{va}$$

$$t = \sqrt{\frac{2(\delta - \delta_0)}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot T_j (\delta - \delta_0)}{18000 \cdot 0,85 \cdot P_0}}. \quad (12.5)$$

Ma'lumki, qisqa tutashuvni uzishning chegaraviy vaqti t_{ch} ., qisqa tutashuvni uzish burchagining chegaraviy qiymati $\delta_{ch.uz}$ ga mos keladi. Shu sababli uch fazali qisqa tutashuv uchun, qisqa tutashuvni uzish vaqtining chegaraviy qiymatini aniqlash formulasi quyidagi ko'rinishni oladi:

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$t_{ch.uz} = \sqrt{\frac{T_j(\delta_{ch.uz} - \delta_0)}{7650 \cdot P_0}}; \quad (12.6)$$

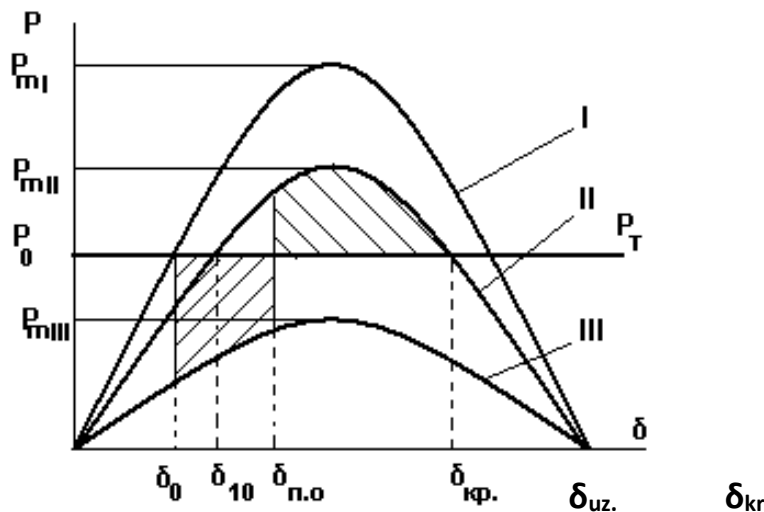
Sinov savollari

1. Dinamik turg'unlikni hisoblash uchun sinxron mashinaning rotorning nisbiy xarakat tenglamasini echish.
2. Rotorning nisbiy xarakat tenglamasini echib uch fazali qisqa tutashuv sodir bo'lganda burchak xarakteristikani qurib bering.
3. Qisqa tutashuvni chegaraviy uzish vaqtini aniqlash.
4. Sinxron mashinani rotorning tezlanish formulasida 0,85 koeffitsientni paydo bo'lishini tushuntirib bering.

Qisqa tutashuvni uzish burchagining chegaraviy qiymatini aniqlash

Maydonlar qoidasi qisqa tutashuvni uzish burchagining chegaraviy qiymatini aniqlashga imkon beradi. Faraz qilamiz, qaralayotgan sxemada burchakning δ_0 qiymatida qisqa tutashuv sodir bo'ldi va ma'lum vaqtdan keyin u uzildi. Qisqa tutashuvni uzish burchagining sistema turg'unligini saqlab qoladigan chegaraviy qiymati $\delta_{ch.uz}$ ni aniqlaymiz.

Xosil bo'lgan δ_0 dan $\delta_{ch.uz}$ gacha (Stez) va $\delta_{ch.uz}$ dan δ_{kr} gacha (Stor) chegaralangan tezlanish va tormozlanish maydonlarini tenglashtiramiz.



13.1- rasm. Qisqa tutashuvni uzish burchagining chegaraviy qiymatini aniqlashga doir burchak xarakteristikasi.

$$Stez=Stor \quad (13.1)$$

Quyidagini yozish mumkin:

$$\int_{\delta_0}^{\delta_{ch.uz}} (P_0 - P_{mIII} \cdot \sin \delta) d\delta = \int_{\delta_{ch.uz}}^{\delta_{kr}} (P_{mII} \cdot \sin \delta - P_0) d\delta. \quad (13.2)$$

(13.2) ni berilgan oraliqda integrallab, quyidagilarni xosil qilamiz:

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$P_0(\delta_{uz} - \delta_0) - P_{mII} \cdot (\cos \delta_{chuz} - \cos \delta_0) - P_{mI} (\cos \delta_{kr} - \cos \delta_{chuz}) + P_0(\delta_{kr} - \delta_{chuz}) = 0, \quad (13.3)$$

$$\cos \delta_{ch.uz} = \frac{P_0(\delta_{kr} - \delta_0) + P_{mII} \cdot \cos \delta_{kr} - P_{mIII} \cdot \cos \delta_0}{P_{mII} - P_{mIII}}. \quad (13.4)$$

Bu erda δ_{kr} – burchakning kritik qiymati bo'lib, burchakning bundan katta qiymatlarida generator turg'un ishlay olmaydi:

$$\delta_{kr} = 180^\circ - \arcsin \frac{P_0}{P_{mII}} \quad (13.5)$$

Kritik burchak δ_{kr} ning (13.5) formulasini (13.4) tenglamaga qo'yib, qisqa tutashuvni uzish burchagining sinxron generator va elektr sistemaning dinamik turg'unligi Xali saqlanib qoluvchi chegaraviy qiymatini aniqlaymiz.

Amaliy maqsadlar uchun qisqa tutashuvni uzish burchagining chegaraviy qiymatini topish etarli emas. Releli ximoya qurilmalari yoki o'chirgichlar uchun qisqa tutashuvni uzish vaqti uzish burchagini chegaraviy qiymatiga mos holda berilgan bo'lishi shart. Maydonlar qoidasi yordamida qisqa tutashuvni uzish vaqtining chegaraviy qiymatini aniqlash mumkin emas. Buning uchun differentsial tenglamani echishning sonli usularidan foydalanish lozim. Faqat bitta holatda – uch fazali qisqa tutashuv uchun sinxron generatorning differensial tenglamasini analitik usulda echib, burchakning vaqt buyicha o'zgarishi $\delta=f(t)$ ni aniqlash mumkin.

Sinov savollari

1. Qisqa tutashuvni chegaraviy uzish burchagini aniqlash.
2. Qisqa tutashuvni chegaraviy uzish burchagini aniqlash uchun burchak xarakteristikasini qurib bering.
3. δ_{kr} kritik burchak ma'nosini tushuntirib bering.
4. Nimaga maydonlar qoidasi yordamida qisqa tutashuvni uzish vaqtining chegaraviy qiymatini aniqlash mumkin emas?

Iste'molchilarni statik va dinamik xarakteristikalar va ular ning rostdlash effekti. Asinxron dvigatelni turg'unlik mezoni

Elektr energiyasi iste'molchilari holat parametrlari – kuchlanish va chastotaning o'zgarishida o'zlarini turlicha tutadi. Ularning o'zgarishidagi yuklamaning holatini miqdoriy baxosini olish uchun iste'molchi xarakteristikasi degan tushuncha kiritilgan. Iste'molchining xarakteristikalar deb ular iste'mol qiluvchi aktiv va reaktiv quvvatlarni, aylantiruvchi moment yoki tokni kuchlanish yoki chastotaga bog'liqligi tushuniladi:

$$P, Q, M = f(U) \text{ yoki } P, Q, M = \varphi(f) \quad (14.1)$$

Xarakteristikalar ikki turga - statik va dinamik xarakteristikalar bo'linadi.

Statik xarakteristika deb quvvatni, momentni yoki tokni holatning xar bir nuqtasi turg'un holatga tegishli deb hisoblasa bo'ladigan sekin o'zgarishlarida olingan kuchlanish yoki chastotaga bog'lanishga aytiladi.

Masalan: $P=f(U)$, $Q=f(U)$, $P=\varphi(f)$ $Q=\varphi(f)$ va x.k.

Dinamik xarakteristika deb xuddi shunday, faqat holatni tez o'zgarishlarda parametrlarni vaqt bo'yicha o'zgarish tezligini hisobga olgan holda olingan bog'lanishga aytiladi.

$$R = \varphi(U, f, \frac{dU}{dt}, \frac{df}{dt}, \frac{d^2U}{dt^2}, \dots) \text{ va x.k.} \quad (14.2)$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

Yuklama elementlarining ba'zi bir statik va dinamik xarakteristikalarini ko'rib chiqamiz.

a) Yoritish yuklamasi.

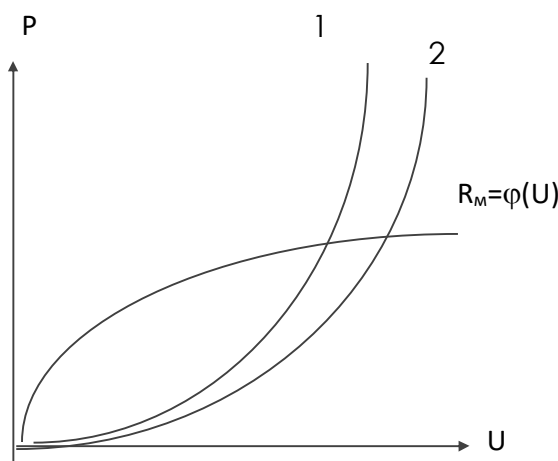
Tarkibida cho'g'lanma lampa mavjud bo'lgan yuklamaning iste'mol qiluvchi aktiv quvvati chastotaga bog'liq emas va u taxminan kuchlanishning kvadratiga proporsionaldir:

$$P = \frac{U^n}{R_H} = K \cdot U^n, \quad (14.3)$$

Bu yerda $n = 1,6 \div 2$, $k = \frac{1}{R_H}$ - doimiy deb hisoblanuvchi, lekin amalda materialning xaroratiga bog'liq bo'lgan qiymat.

Yoritish yuklamasi reaktiv quvvat iste'mol qilmaydi. Lyuminissent lampalar iste'mol qiladigan aktiv quvvat chastotaga bog'liqdir.

14.1.-rasmdagi grafikda cho'g'lanma lampalardan tashkil topgan yuklamaning $R=f(U)$ xarakteristikalarini keltirilgan.



14.1- rasm. Yoritish yuklamasining statik xarakteristikasi

14.1- rasmda 1- yuklamaning qarshiligi o'zgarmas, ya'ni $R_n = \frac{U^2}{P}$ o'zgarmas bo'lgan holatda iste'mol qilinuvchi aktiv quvvatning kuchlanishga bog'liqligi; 2 - sim materialining qizishi natijasida aktiv qarshilikning o'zgarishini $R = \varphi(U)$ hisobga olgan holatda, iste'mol qilinuvchi quvvatning kuchlanishga bog'liqligi.

Agar qizish natijasida qarshilikning ortishi hisobga olinsa, yuklama iste'mol qilayotgan quvvat kamayadi.

Yoritish uskunalarining dinamik xarakteristikalarini elektr mexanik o'tkinchi jarayonlarni tahlil qilishda ularning statik xarakteristikalariga mos keladi deb qabul qilinadi.

b) Asinxron yuklama va uning turg'un ishlash me'zoni.

Asinxron motor yuklama sifatida aktiv va reaktiv quvvatlarni iste'mol qiladi. Shartli ravishda aktiv quvvat aylantiruvchi momentni xosil qilishga, reaktiv quvvat esa mashinaning magnit maydonini xosil qilishga sarf bo'ladi deb hisoblash mumkin. Aylanuvchan qism - rotorning mavjudligi motordagi elektr magnit va mexanik jarayonlarni birgalikda o'rganishni

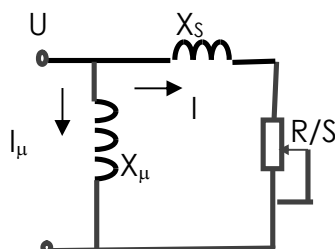
O'TKINCHI JARAYONLAR

talab etadi. Shu sababli asinxron motorning sirpanishi mashinaning kompleks parametri bo'lib, uni ham statik, ham dinamik holatlarda xarakterlaydi.

Asinxron yuklamaning statik va dinamik xarakteristikalari turlicha. Bu farq motorning sirpanishi tez o'zgarganda erkin toklarning xosil bo'lishi bilan shartlanadi.

Ushbu bo'limda, avval, asinxron motorning statik xarakteristikalarini ko'rib chiqamiz.

Asinxron motorning soddalashtirilgan G-simon almashtirish sxemasidan foydalanamiz (14.2- rasm). Bunda statordagi isroflarni tarmoqqa tegishli deb olamiz. Shuningdek, po'latning magnitlanishi bilan bog'liq aktiv quvvat isrofini ham e'tiborga olmaymiz.



14.2.-rasm. Asinxron dvigatelning almashtirish sxemasi

14.2- rasmda X_s – stator va rotorning sochilma qarshiligi; R/S - rotor chulg'amingin

$$\frac{\omega_o - \omega_p}{\omega_o}$$

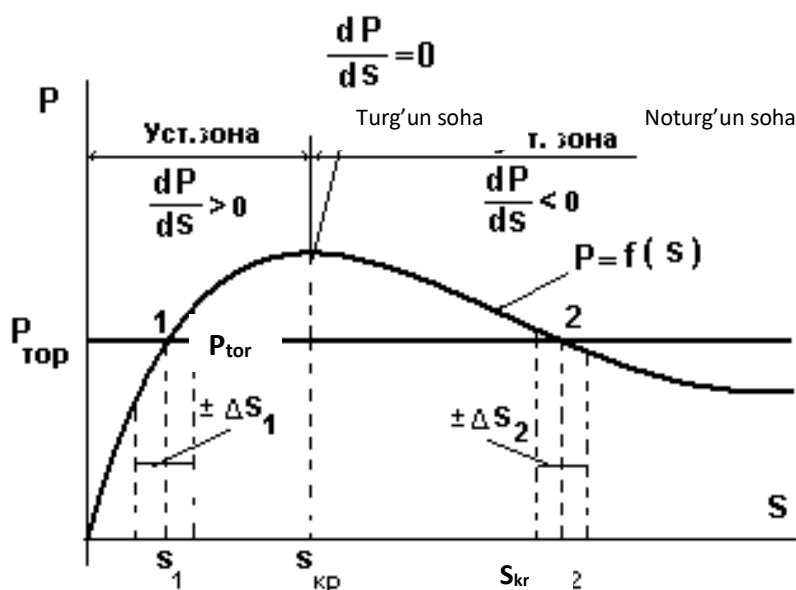
keltirilgan aktiv qarshiligi; $S = \frac{\omega_o - \omega_p}{\omega_o}$ - sirpanish; ω_o, ω_R - rotorning sinxron va ishchi burchak tezliklari; X_μ - magnitlanish tarmog'ining qarshiligi.

Odatda kichik va o'rta quvvatli asinxron motorlar uchun $S=0,03 \div 0,05$, katta quvvatli asinxron motorlar uchun $S=0,01$.

Motor iste'mol qiluvchi aktiv quvvatni almashtirish sxemasi bo'yicha aniqlash mumkin:

$$P = \frac{U^2}{\left(\sqrt{X_s^2 + \left(\frac{R}{S} \right)^2} \right)^2} \cdot \frac{R}{S} = \frac{U^2 \cdot R \cdot S}{(X_s \cdot S)^2 + R^2} \quad (14.4)$$

$R = I_2$



O'TKINCHI JARAYONLAR

14.3- rasm. Asinxron motorning elektr magnit aylantiruvchi momenti

$P=f(S)$ xarakteristikasi 14.3-rasmda keltirilgan ko'rinishda bo'ladi. Odatda, bu xarakteristika ishchi mexanizmning tormozlash xarakteristikasi P_{tor} bilan to'ldiriladi. Ma'lumki, asinxron motorning differensial tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$T_D \frac{dS}{dt} = P - P_T \quad (14.5)$$

Bu erda T_D - motorning ishchi mexanizm bilan birgalikdagi inersiya doimiysi, P , P_T - motorning aylantiruvchi va ishchi mexanizmning tormozlovchi momentlari. Asinxron motorning turg'un ishlash shartlarini ko'rib chiqamiz.

Turg'un holatning asosiy sharti bo'lib valdagi aylantiruvchi moment (motor) va tormozlovchi momentlarning (ishchi mexanizm) tengligi $P=P_T$ hisoblanadi.

U holda

$$\frac{dS}{dt} = \frac{P - P_T}{T_D} = 0 \quad (14.6)$$

$P=P_T$ bo'lishi, $S=o'zgaras$, ya'ni sirpanish o'zgaras bo'lgan turg'un ish holatini xarakterlaydi. Bu holat 1 va 2 nuqtalarda bo'lishi mumkin.

Faraz qilaylik, 1-nuqtada sirpanish $\pm \Delta S_1$ (14.3-rasm). Sirpanishning musbat orttirmasi $+\Delta S$ da motorning aylantiruvchi momenti P ishchi mexanizmning tormozlovchi moment P_T dan katta, ya'ni $P>P_T$ va $\Delta P=P-P_T>0$ bo'lib, valdagi ortiqcha moment aylantiruvchi xarakterga ega bo'ladi. Uning ta'sirida rotor tezlashadi, sirpanish kamayadi va holat 1-nuqtaga qaytadi. Agar ushbu nuqtada sirpanishning orttirmasi manfiy $-\Delta S_1$ bo'lsa, u holda motorning aylantiruvchi momenti P ishchi mexanizmning tormozlovchi momenti P_T dan kichik, ya'ni $P<P_T$ va $\Delta P=P-P_T<0$ bo'lib, valdagi ortiqcha moment tormozlovchi xarakterga ega bo'ladi. Uning ta'sirida rotor sekinlashadi, sirpanish o'shib boradi va motorning holati 1-nuqtaga qaytadi.

Endi faraz qilaylik, dastlabki holat 2- nuqtada bo'lib, sirpanish orttirma olsun. 14.3- rasmdan ko'rinadiki, agar bu orttirma musbat bo'lsa, motorning aylantiruvchi momenti P ishchi mexanizmning tormozlovchi momenti P_T dan kichik, ya'ni $\Delta P=P-P_T<0$ bo'lib qoladi va uning ta'sirida rotor tormozlanib, sirpanish ortib boradi. Bu esa, o'z navbatida, motorning aylantiruvchi momenti P ni yanada kamayishiga olib keladi va x.k. shu tariqa 2-nuqtadan uzluksiz uzoqlashish kuzatiladi. Agar orttirma manfiy bo'lsa, motorning aylantiruvchi momenti P tormozlovchi moment P_T dan katta, ya'ni $\Delta P=P-P_T>0$ bo'lib qoladi va uning ta'sirida rotor tezlashib, sirpanish kamayib boradi. Bu esa, o'z navbatida, motorning elektr magnit quvvati P ni yanada ortishiga olib keladi va holat 1-nuqta tomon yo'nalishida ketadi. Boshqacha qilib aytganimizda, bu vaziyatda ham turg'un holat nuqtasidan uzoqlashish kuzatiladi.

Shunday qilib, 1-nuqtadagi kichik orttirmada holat dastlabki nuqtaga qaytadi, 2-nuqtadagi xuddi shunday orttirma esa bu nuqtadan uzluksiz uzoqlashishga olib keladi. Demak, 1-nukta motorning turg'un ishlash nuqtasi, 2-nuqta esa noturg'un ishlash nuqtasi bo'lib hisoblanadi.

Motor quvvatining (moment) maksimumini, quvvat xarakteristikasini sirpanish bo'yicha differensiallab, uni nolga tenglash orqali topish mumkin:

$$\frac{dP}{dS} = 0 ;$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$\frac{dP}{dS} = \frac{U^2 R (R^2 + X_s^2 \cdot S^2) - U^2 \cdot R \cdot S \cdot X_s^2 \cdot 2 \cdot S}{(R^2 + X_s^2 \cdot S^2)^2} = 0;$$

$$U^2 \cdot R [R^2 + X_s^2 \cdot S^2) - 2 \cdot S^2 \cdot X_s^2] = 0;$$

$$R^2 - S^2 \cdot X_s^2 = 0; \quad S = \frac{R}{X_s}.$$
(14.7)

$$S_{kr} = \frac{R}{X_s}$$

Sirpanishning quvvat maksimumiga mos keluvchi bu qiymati uning kritik qiymati deb ataladi va u S_{kr} ko'rinishida belgilanadi. Quvvat maksimumini (14.4) ga S_{kr} ni qo'yib topish mumkin:

$$P_m = \frac{U^2 \cdot R \cdot S}{(X_s^2 \cdot S^2)^2 + R^2} = \frac{U^2 \cdot R \cdot \frac{R}{X_s}}{X_s^2 \cdot \frac{R^2}{X_s^2} + R^2} = \frac{U^2 \cdot R^2}{2R^2 \cdot X_s} = \frac{U^2}{2X_s}$$

Shunday qilib, motor quvvatining maksimumi quyidagiga teng:

$$P_m = \frac{U^2}{2X_s}$$
(14.8)

Sirpanishning noldan kritik qiymatgacha o'zgarish intervali $S = 0 \div S_{kr}$ turg'un ishlash intervali, $S > S_{kr}$ bo'lgan interval esa noturg'un ishlash intervali hisoblanadi. $P=f(S)$

xarakteristkaning maksimumi S_{kr} sirpanish bilan aniklanadi. Agar $\frac{dP}{dS} > 0$ shart bajarilsa, motor turg'un ishlaydi. Shunday qilib, asinxron motorning turg'un ishlash mezonini

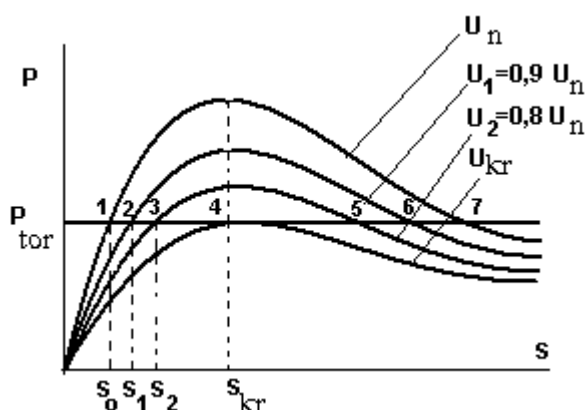
$$\frac{dP}{dS} > 0$$
(14.9)

munosabat bilan belgilanadi.

Shuni qayd etish lozimki, kritik sirpanish kuchlanishga bog'liq bo'lmasdan, faqat mashinaning parametrlariga bog'liqdir.

Motorning $P=f(S)$ elektr magnit xarakteristikasiga asosan, kuchlanish pasayganda uning maksimumi kuchlanishning kvadratiga proporsional ravishda, bir xil kritik sirpanishda, kamayadi (14.4- rasm). Bunda motorning ishchi sirpanishi o'sib boradi va aylanish tezligi mos ravishda kamayadi.

O'TKINCHI JARAYONLAR



14.4-rasm. Mashina shinalarida kuchlanish o'zgarganda motorning aylantiruvchi momenti o'zgarishi.

Motor elektr magnit quvvatining maksimumi ishchi mexanizmning tormozlovchi quvvatiga teng bo'lish holatiga mos keluvchi kuchlanish U_k kritik kuchlanish deb ataladi. Ushbu nuqtaga $P=f(S)$ grafikda (14.4- rasm) 4-nuqta mos keladi va $S=f(U)$ bog'lanishda $U_4=U_{kr}$ (14.5.-rasm).

Kuchlanishni yanada pasayishi motorni to'xtab qolishiga olib keladi, chunki motor erishayotgan aylantiruvchi moment motorning tormozlovchi momentidan kichik bo'lib qoladi.

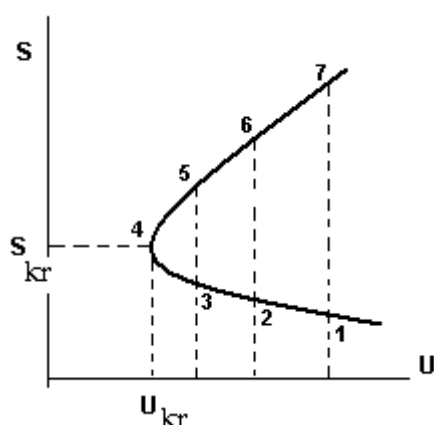
Asinxron motor iste'mol qilayotgan reaktiv quvvatni aniqlaymiz.

14.2- almashtirish sxemasidan ko'rinib turibdiki, reaktiv quvvat 2 ta tashkil etuvchidan iborat:

$$Q_{\Sigma} = Q_{\mu} + Q_S. \quad (14.10)$$

$$Q_{\mu} = \frac{U^2}{X_{\mu}} = I_{\mu} \cdot U$$

Bu erda: $I_{\mu} = (0,2 \div 0,6) I_N$ - magnitlovchi tokka bog'liq bo'lgan magnitlovchi reaktiv quvvat bo'lib, I_N – motorning quvvati va aylanish tezligiga bog'liq bo'lgan salt ishlash toki; I_N – motorning nominal toki; $Q_S = I_2 \cdot X_S$ – stator va rotorning sochilish maydonini xosil bo'lishi bilan bog'liq bo'lgan sochilish reaktiv quvvati.



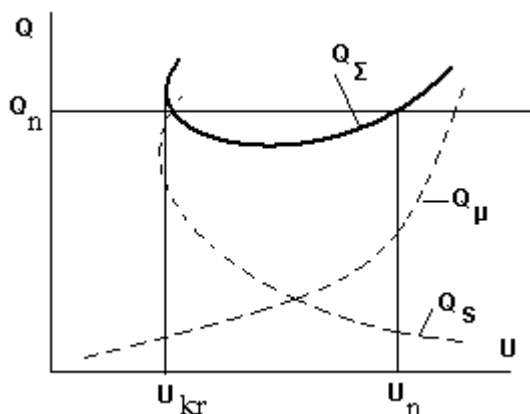
14.5.-rasm. Asinxron motorning kritik sirpanishi va kuchlanishini aniqlash.

Kuchlanishning ortib borishi bilan mashinaning to'yinishi o'shib boradi, bu motorning induktiv qarshiligi, jumladan, magnitlanish zanjiri qarshiligi X_{μ} ning kamayishiga olib keladi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Bunda reaktiv quvvat iste'moli ortib, $Q_{\mu}=f(U)$ bog'lanish kvadratik xarakteristikaga yaqinlashadi.

Yuqorida ko'rsatib utilganidek, valdagi o'zgarmas qarshilik momentida sirpanish tokning kvadratiga proporsional bo'ladi $S \approx I^2$. Xuddi shu singari, Q_S reaktiv quvvat tokning kvadratiga proporsional bo'lganligi sababli $Q_S=f(U)$ va $S=f(U)$ bog'liqliklar ham aynan shu ko'rinishda bo'lib, ular faqat masshtabi bilan farq qiladi deb hisoblashimiz mumkin. Bundan kelib chiqib, chastota o'zgarmas f =o'zgarmas bo'lgan holat uchun (14.6.-rasm) $Q_{\Sigma}=f(U)$ bog'lanishni ko'rish mumkin.

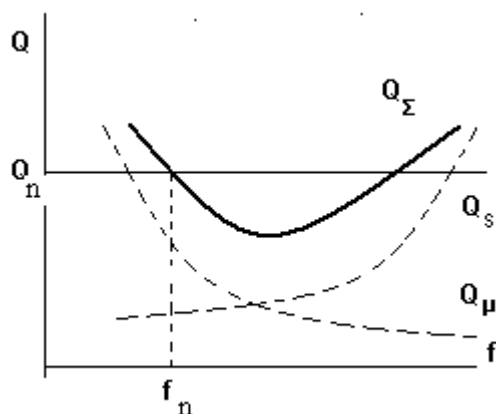


14.6.-rasm. Asinxron motorning kuchlanishga bog'liq holda iste'mol qiluvchi reaktiv quvvat xarakteristikasi.

Asinxron motorning kuchlanishi va ishchi mexanizmning momenti o'zgarmas bo'lgan holat uchun iste'mol qiluvchi reaktiv quvvatning chastota f ga bog'liq xarakteristikasini ko'rish mumkin. $S \approx I^2$ bo'lganligidan iste'mol qilinuvchi reaktiv quvvat chastotaning kvadratiga to'g'ri proporsionalligi $Q_S \approx f^2$, magnitlovchi quvvat esa chastotaning pasayishi bilan ortib borishi kelib chiqadi:

$$Q_{\mu} = \frac{U^2}{X_{\mu}} \approx \frac{1}{f}.$$

Bu ifodalarning grafiklari 14.7-rasmda keltirilgan. Asinxron motor iste'mol qilayotgan reaktiv quvvat chastotaning oshishi bilan oldin kamayadi va keyinchalik oshadi. Bunday holat asinxron motor uchun, elektr sistemasi uchun ham og'ir holat hisoblanadi, chunki isrofni oshishiga olib keladi va sistema tugunlarining kuchlanishini pasaytiradi.



O'TKINCHI JARAYONLAR

14.7.-rasm. Asinxron motor iste'mol qiluvchi reaktiv quvvatning chastotaga bog'liq holda o'zgarish xarakteristikasi.

Yuklamaning chastota va kuchlanish bo'yicha
rostlash effekti

Elektr sistemasida kuchlanish va chastota o'zgarganda yuklama iste'mol qilayotgan aktiv va reaktiv quvvat o'zgaradi.

Sistema tugunlarida kuchlanish bo'yicha holatning o'zgarishi aktiv va reaktiv quvvat oqimlarining o'zgarishi hamda elektr sistemasi elementlaridagi isroflar bilan bog'liq. Oqimlar turlicha bo'lganligi uchun elektr sistemasi tugunlarida kuchlanish darajalari ham bir-biridan farq qiladi.

Kuchlanishning o'zgarishi reaktiv quvvat balansini bilan bog'liq bo'lib, uning manbalari bo'lib sinxron generatorlar, turlicha tuzilishdagi reaktiv quvvat kompensatorlari, sinxron motorlar, yuklama tugunlarida va elektr uzatish liniyalari bo'ylab o'rnatiluvchi reaktiv quvvatning statik manbalari va x.k.lar hisoblanadi.

Chastotaning o'zgarishi elektr sistemasida aktiv quvvat balansining buzilishi bilan bog'liqdir. Bu balans sistemaga ulangan iste'molchilarning aktiv yuklamasi va elektr stansiyalarida ishlab chiqariluvchi umumiy aktiv quvvat mos bo'lmagan holatlarda buziladi. Bunda chastotaning o'zgarishi butun elektr sistemasida bir vaqtda va bir xilda yuz beradi. Tezlik rostlagichlarining ta'siri natijasida aktiv quvvat ishlab chiqarish va iste'mol qilish o'rtasida yangi muvozanat (balans) yuzaga keladi.

Qayd etish kerak, chastotaning yangi qiymati dastlabkisidan farq qilsa, masalan kam bo'lsa, u kuchlanishning ham kamayishiga olib keladi, chunki sistemada reaktiv quvvat iste'moli o'sha boshlaydi.

Holat o'zgarganda, masalan, kuchlanish U yoki chastota f pasayganda ayrim iste'molchilarda iste'mol qilinayotgan quvvat ortadi, boshqalarida aksincha kamayadi.

Kuchlanish U yoki chastota f o'zgarganda yuklama iste'mol qilayotgan quvvatning o'zgarishi yuklamaning mos kuchlanish va chastota bo'yicha rostlovchi effekti deb ataladi va matematik ravishda quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$\begin{aligned}\Delta P &= \frac{\partial P}{\partial U} \Delta U + \frac{\partial P}{\partial f} \Delta f, \\ \Delta Q &= \frac{\partial Q}{\partial U} \Delta U + \frac{\partial Q}{\partial f} \Delta f,\end{aligned}\tag{14.11}$$

Bu erda dP/dU , dP/df , dQ/dU , dQ/df – kuchlanish va chastota bo'yicha rostlovchi effektlar bo'lib, ular holat parametrlarini o'zgarishiga yuklamaning reaksiyasini xarakterlaydi (bu erda xosilalar faqat bitta parametr uchun boshqalari o'zgarish bo'lgan holat uchun aniqlangan).

$$\frac{\partial P}{\partial \Pi} = \frac{dP}{d\Pi}$$

Bundan so'ng $\frac{\partial P}{\partial \Pi} = \frac{dP}{d\Pi}$ deb hisoblaymiz. Bu erda Π - holat parametri.

Xosilaning qiymati qanchalik katta bo'lsa, kuchlanish yoki chastota o'zgarganda yuklama iste'mol qilayotgan quvvat shuncha keskin o'zgaradi.

Agar U yoki f pasayganda P va Q ning iste'moli kamaysa, bunda rostlovchi effekt musbat, aks holda manfiy deb yuritiladi.

Sinov savollari

1. Iste'molchining statik xarakteristikasini tushuntirib bering.
2. Iste'molchining dinamik xarakteristikasini tushuntirib bering.

O'TKINCHI JARAYONLAR

3. Yoritish yuklama uchun statik xarakteristikasini qurib bering.
4. Asinxron dvigatelning elektr magnit aylantiruvchi momenti xarakteristikasini qurib bering.
5. Dvigatel iste'mol qiladigan aktiv quvvat formulasini yozib bering.
6. Mashina shinalarida kuchlanish o'zgarganda motorning aylantiruvchi momenti o'zgarishi xarakteristikasini qurib bering.
7. Yuklama rostdash effektini tushuntirib bering.
8. Asinxron motorning kritik sirpanishi va kuchlanishini aniqlash uchun xarakteristikani qurib bering.

Kompleks yuklamali tugunning turg'unlik
zaxirasini hisoblash

Yuqorida biz yakka yuklamada quvvat iste'molining kuchlanish U ga bog'liqligini ko'rib chiqdik. Biroq, odatda, ayrim elektr tugunlaridan yakka iste'molchilar emas, balki bir qator iste'molchilar ta'minlanib, ularning tarkibiga aylanuvchi mashinalar ham kiradi. Aylanuvchi mashinalarning, ayniqsa asinxron motorlarning mavjudligi o'tkinchi jarayonlarning borishiga o'zgarishlar kiritadi va kompleks yuklamaning noturg'un bo'lishiga olib kelishi mumkin.

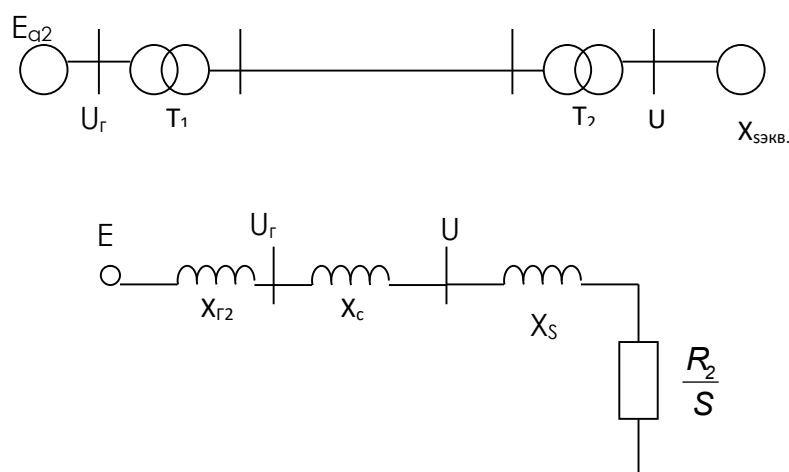
Odatda, asinxron motorlar katta turg'unlik zaxirasiga ega bo'ladi. Ularda maksimal

$$\frac{P_T}{P_o} = 1,5 \div 1,7$$

aylantiruvchi momentning ishchi momentga nisbati $\frac{P_T}{P_o}$ ga teng bo'lganligi sababli kuchlanishning kichik miqdorga kamayishi ularning turg'un ishlashlarga ta'sir ko'rsatmaydi. Bu xulosalarning barchasi motor holatiga bog'liq bo'lmagan kuchlanish manbaidan ta'minlanadigan yakka motor uchun o'rinlidir.

Agar motor yoki motorlar guruxi taqqoslanuvchi quvvatli generatoridan ta'minlansa va bunga mos holda yuklama shinalaridagi kuchlanish holatga bog'liq bo'lsa, turg'unlik sifati o'zgaradi.

Uzatma oxirida kompleks yuklamali tugun bo'lgan sxemani ko'rib chiqamiz. Faraz qilaylik, yuklama ekvivalent motor bilan ifodalangan (15.1- rasm).



15.1-rasm. Kompleks yuklamali tugunni hisoblash
(Yuklama ekvivalent motor bilan ifodalangan).

O'TKINCHI JARAYONLAR

Ko'rinib turibdiki, ekvivalent motor xarakteristikasi $P=f(S)$ ning maksimum quvvati, kuchlanish o'zgarmas deb hisoblanadigan nuqtadagi kuchlanishning o'zgarasligidan kelib chiqib aniqlanishi lozim. Ko'rib chiqilayotgan holat uchun bunday nuqta bo'lib, generatorning salt ishlash e.yu.k. qo'yiluvchi nuqta hisoblanishi mumkin. Quvvatlar maksimumini quyidagi munosabatdan aniqlaymiz.

$$P_{el.} = \frac{E_q^2}{2X_{\Sigma e}} \quad (15.1)$$

Bu erda: $X_{\Sigma e} = X_d + X_c + X_s$ - ekvivalent qarshilik; $X_c = X_{T1} + X_L + X_{T2}$ - sistemaning qarshiligi. Hisoblashlarni barcha yuklamalar bitta ekvivalent motor, uzatuvchi tomon generatorlari esa bitta ekvivalent generator bilan almashtirilgan holat uchun keltiramiz (15.2-rasm):

motor shinalaridagi kuchlanish $U = o'zgarmas$,

$$S_{kr1} = \frac{R_2}{X_{s_3}}, \quad P_{m1} = \frac{U^2}{2X_s}; \quad (15.2)$$

generator shinalaridagi kuchlanish $U_G = o'zgarmas$,

$$S_{kr2} = \frac{R_2}{(X_c + X_{s_3})}, \quad P_{m2} = \frac{U_G^2}{2(X_c + X_{s_3})} \quad (15.3)$$

o'tkinchi e.yu.k. $E' = o'zgarmas$,

$$S_{kr3} = \frac{R_2}{(X_d^1 + X_c + X_{s_3})}, \quad P_{m3} = \frac{(E')^2}{2(X_d^1 + X_c + X_{s_3})} \quad (15.4)$$

salt ishlash e.yu.k. $E_q = o'zgarmas$,

$$S_{kr4} = \frac{R_2}{X_d + X_c + X_{s_3}}, \quad P_{m4} = \frac{(E_q)^2}{2(X_d + X_c + X_{s_3})}. \quad (15.5)$$

Ko'rinib turibdiki, ishchi sirpanishni bir vaqtdagi ortishida quyidagi shartlar bajariladi:

$$\begin{aligned} P_{m1} &> P_{m2} > P_{m3} > P_{m4} \\ S_{kr1} &> S_{kr2} > S_{kr3} > S_{kr4} \end{aligned} \quad (15.6)$$

Turg'unlikning eng katta zaxirasi motor shinalaridagi kuchlanish o'zgarmas bo'lganda

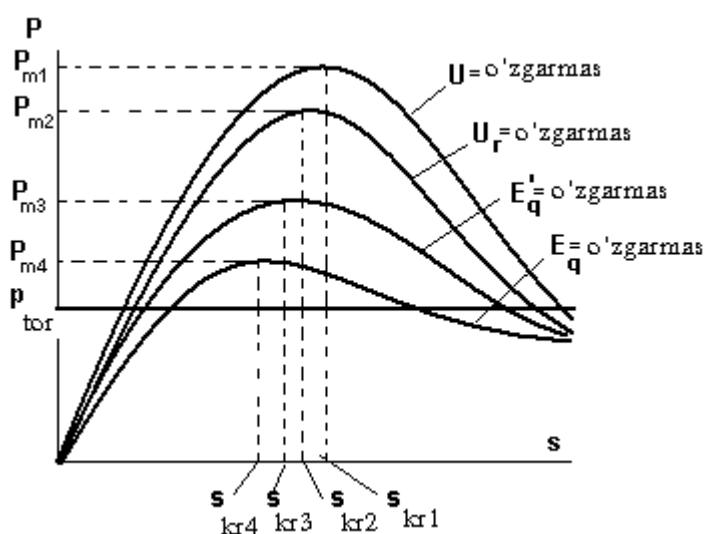
ta'minlanadi, motor to'ntarilishining eng katta xavfi esa, turg'unlik sharti $\frac{dP}{dS} > 0$ bajarilishiga

qaramay, $\frac{P_m}{P_0}$ eng kichik qiymatga ega bo'lganligi sababli $E_q = o'zgarmas$ bo'lganda paydo bo'ladi.

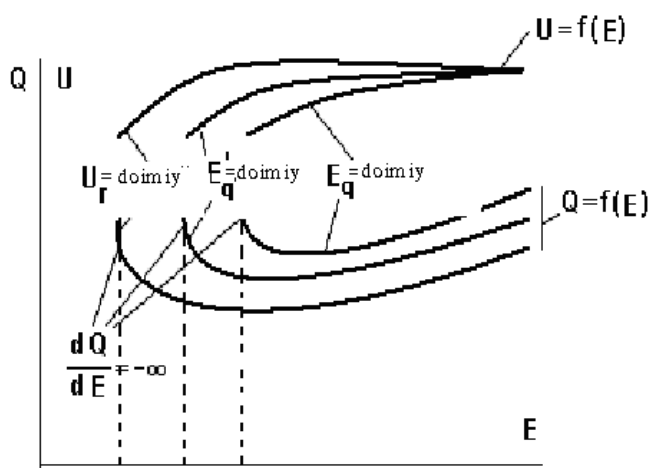
Xarakteristikalaridan ko'rinib turibdiki, motorning to'ntarilishi yuklamaning kuchlanishi kichik qiymatga o'zgarganda ham yuz berishi mumkin. Shu sababli generator va motorlarning taqqoslanuvchi quvvatlarida hisoblashlarni motor shinasining kuchlanishidan kelib chiqib emas, balki berilgan shartlarda generatorlar e.yu.k.larining o'zgarasligidan kelib chiqib bajarish zarur. Bu e.yu.k. sinxron generatorlarning qo'zg'atishini turlicha rostdanishlarida turlichadir:

- $E_q = o'zgarmas$, $X_G = X_d$ - QAR mavjud emas;
- $E'_q \approx E' = o'zgarmas$, $X_G = X'_d$ - proporsional tipdagi QAR-p mavjud;
- $U_g = o'zgarmas$. $X_G = 0$ - kuchli ta'sir etuvchi QAR-k mavjud.

O'TKINCHI JARAYONLAR



15.2.-rasm. Ekvivalent asinxron motorning doimiy kuchlanish qiymatlariga bog'lik elektr magnit xarakteristikasi



15.3.rasm. Kompleks yuklamali tugunning turli nuqtalaridagi kuchlanishlar o'zgarmas bo'lgan xollar uchun xarakteristikalari.

Ko'rilgan xarakteristikalaridan ko'rinib turibdiki (15.3-rasm), $\frac{dQ}{dE}$ manfiy bo'lgan sohada e.yu.k. ning kamayishi bilan reaktiv quvvat iste'moli o'shib boradi. Bu hodisa, agar tegishli choralar ko'rilmasa, kuchlanish ko'chkisiga olib kelishi mumkin.

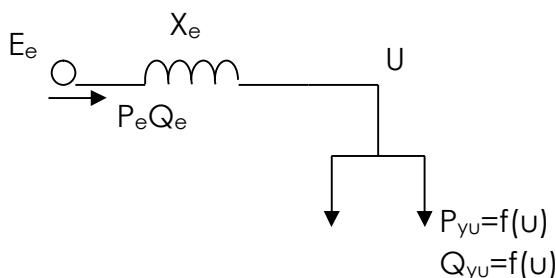
Kompleks yuklamali tugunlar uchun ekvivalent motorlarning parametrlarini aniqlash qiyin

masala hisoblanadi. Shuning uchun ham yakka ishlovchi motorning turg'unlik mezonidan foydalanish har doim ham o'zini oqlamaydi. Turg'unlik shartlarini aniqlash uchun ushbu holatda kompleks yuklama tugunini ko'rib chiqamiz.

Yuklamalar o'zlarining statik xarakteristikalari $P_N=f(U)$, $Q_N=f(U)$, generatorlar ekvivalent e.yu.k. E_e va ichki ekvivalent reaktiv quvvati Q_e bilan berilgan bo'lsin. Bu shartlarda biz

O'TKINCHI JARAYONLAR

ekvivalent e.yu.k.ni tugun kuchlanishiga bog'liqlik xarakteristikasi $E_e=f(U)$ ni qo'rishimiz mumkin.



15.4- rasm Kompleks yuklamali tugunning almashtirish sxemasi

Buning uchun kompleks yuklama shinasida kuchlanishning turli qiymatlari U_i ni beramiz va uning xar bir qiymati uchun xar bir yuklama va butun kompleks yuklamali tugun iste'mol qilayotgan aktiv P_i va reaktiv Q_i quvvatlarni ularning statik xarakteristikalarini bo'yicha aniqlaymiz. So'ngra o'rnatilgan U_i uchun ekvivalent e.yu.k. E_e qiymatini aniqlaymiz. Bunda ikkita variant bo'lishi mumkin.

- agar yuklamaning aktiv va reaktiv quvvatlari berilgan bo'lsa, unda

$$E_e = \sqrt{\left(\frac{P_n \cdot X_e}{U}\right)^2 + \left(U + \frac{Q_n \cdot X_e}{U}\right)^2} \quad (15.7)$$

- agar P_e , Q_e va E_e berilgan bo'lsa, unda yuklama shinalaridagi kuchlanishni aniqlashimiz mumkin:

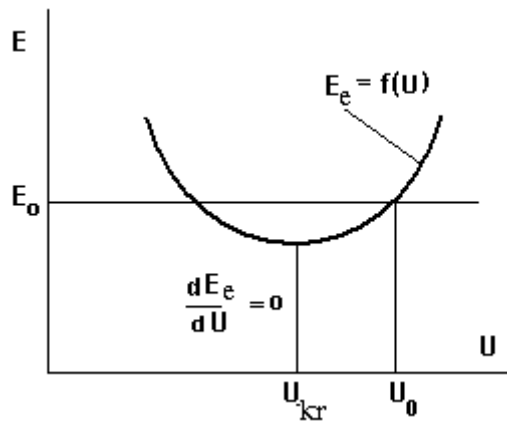
$$U = \sqrt{\left(E_e - \frac{Q_e \cdot X_e}{E_e}\right)^2 + \left(\frac{P_e \cdot X_e}{E_e}\right)^2} \quad (15.8)$$

Endi talab qilingan $E_e=f(U)$ xarakteristikani qurishimiz mumkin. Bu xarakteristikaning

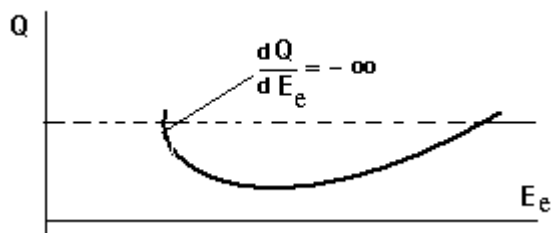
minimum nuqtasida $\frac{dE_e}{dU} = 0$ bo'lib, ushbu nuqtadagi kuchlanish kritik kuchlanish U_{kr} ga mos keladi (15.5,a-rasm). Shu yerning o'zida yuklama turg'unligining ekvivalent shartlari berilgan:

$$\frac{dQ}{dE_e} = -\infty \quad \text{va} \quad \frac{dP}{ds} > 0.$$

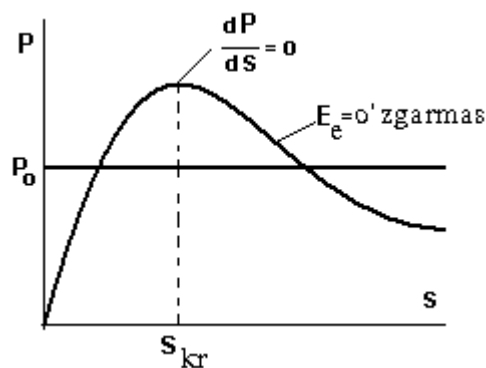
O'TKINCHI JARAYONLAR



a)



b)



v)

15.5.-rasm. Yuklama turg'unligining bir xil kuchga ega bo'lgan mezonlari:

a) $E_e = f(U)$ ekvivalent e.yu.k.ning yuklama kuchlanishiga bog'liqligi,

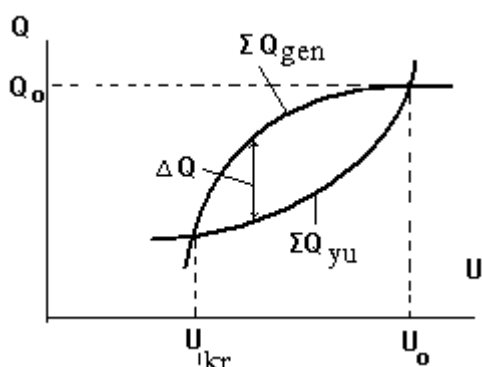
b) $Q = f(E_e)$ reaktiv quvvatning ekvivalent e.yu.k.ga bog'liqligi,

v) yakka asinxron motorning xarakteristikasi.

Elektr sistemasidagi reaktiv quvvat balansi manbalar (SG, SK, kondensatorlar va x.k.) ishlab chiqarayotgan va yuklama iste'mol qilayotgan quvvatlarning tengligi bilan belgilanadi: $\Delta Q = Q_{\Sigma G} - Q_{\Sigma N} = 0$. Bu yerda $Q_{\Sigma N}$ elektr tarmog'i elementlaridagi reaktiv quvvat isroflarini ham o'z ichiga oladi.

Ushbu balansning buzilishi elektr tarmog'i tugunlaridagi kuchlanishning o'zgarishiga olib kelib, ishchi mexanizmlar elektr motorlarining ish unumdorligiga ta'sir qiladi.

O'TKINCHI JARAYONLAR



15.6.-rasm. Reaktiv quvvat balansi va kompleks yuklama turg'unligiga doir xarakteristikalar.

15.6- rasmdagi grafikdan ko'rinib turibdiki, kuchlanish U_o dan U_{kr} gacha diapazonda o'zgarganda manbalar ishlab chiqarayotgan reaktiv quvvat yuklama iste'mol qilayotganidan ko'p va shu sababli kuchlanishning pasayishi ΔQ farqni ortishiga olib keladi. Ushbu shart kompleks yuklamali tugunning kuchlanish bo'yicha turg'unlik sharti sifatida olinishi mumkin. Turg'unlik

$$\frac{d(\Delta Q)}{dU} < 0$$

me'zoni bo'lib shart hisoblanadi.

Zaxira koeffitsienti, ushbu xarakteristika uchun ham, kompleks yuklamali tugun xarakteristikasi $E_e=f(U)$ uchun ham quyidagicha aniqlanadi:

$$K_{st} = \frac{U_o - U_{kr}}{U_o} \quad (15.9)$$

Uning qiymati normal holat uchun $15 \div 20\%$ va avariya dan keyingi holat uchun $5 \div 10\%$.

Odatda, yuklamaning quvvat koeffitsientini oshirish uchun uning shinalariga statik kondensatorlar ulanadi. Bu bilan sistemadan olinayotgan reaktiv quvvat oqimi kamayadi. Biroq, bu tadbir generatorlar ishlab chiqarayotgan reaktiv quvvatni va mos ravishda uning e.yu.k.ni kamayishiga olib keladi. Bu esa sistemaning turg'unlik zaxira koeffitsientiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Kritik kuchlanish U_{kr} ning qiymati keskin ortadi va kuchlanish ko'chkisi yuz berishiga sharoit xosil bo'ladi.

Bu holatni sinxron generator, sinxron kompensator, va motorlarda, agar ular yuklama tugunlarida yoki butun sistemada o'rnatilgan bo'lsa, mos QARlarni qo'llab to'g'rilash mumkin.

Shunday qilib, yuklama turg'unligining uchta shartini xosil qildik:

$$\frac{dP}{dS} > 0, \quad \frac{dQ}{dE_s} \rightarrow -\infty, \quad \frac{dE}{dU} > 0 \quad (15.10)$$

Ular, ba'zan, amaliy mezonlar deb yuritilib, o'zaro teng kuchlidir. Ushbu shartlarning barchasi asinxron motorning yoki kompleks yuklama shinalaridagi kuchlanishning darajasiga bog'liqdir. Ushbu barcha mezonlar asinxron motorning to'ntarilishi (to'xtashi) va kuchlanish ko'chkisining sodir bo'lishi bilan bog'liq.

Kompleks yuklamaning kuchlanish bo'yicha rostlash effekti reaktiv quvvat uchun $1,5 \div 3,5$ va aktiv quvvat uchun $0,3 \div 0,75$ ni tashkil etadi. Kompleks yuklamaning chastota bo'yicha rostlash effekti aktiv quvvat uchun $1,5 \div 3$ va reaktiv quvvat uchun 1 dan $5 \div 6$ gacha tashkil etadi.

O'tkazilgan tahlildan kelib chiqadiki, kompleks yuklama tugunlaridagi jarayonlar, asosan asinxron motor yoki motor guruxlarida kechayotgan jarayonlarga bog'liqdir. Asinxron motor ishlash turg'unligining buzilishi butun yuklama tugunida turg'unlikning kuchlanish ko'chkisi

O'TKINCHI JARAYONLAR

ko'rinishida buzilishiga olib kelishi mumkin. Yuklama tugunlarining ishlashidagi og'ir sharoitlar ular sistemadagi chayqalishlarning elektr markazida yoki unga yaqin joylashgan xollarda paydo bo'ladi. Yuklama tugunlaridagi turg'unlikning buzilishiga yo'l qo'ymaslik uchun ularning normal ish sharoitlarida aktiv va ayniqsa reaktiv quvvat bo'yicha rezervlar ta'minlangan bo'lishi shart. Sinxron generatorlar va motorlarda zamonaviy QARlarni o'rnatish, shuningdek, sinxron kompensatorlar va rostlovchi statik reaktiv quvvat manbalarini ulash ushbu talabga javob beradi.

Sinov savollari

1. Kompleks yuklamali tugunning turg'unlikni o'rganilganda paydo bo'ladigan xususiyatlar.
2. Ekvivalent asinxron motorning doimiy kuchlanish qiymatlariga bog'lik elektr magnit xarakteristikasini qurib bering.
3. Kompleks yuklamali tugunning turli nuqtalaridagi kuchlanishlar o'zgarmas bo'lgan xollar uchun xarakteristikalarini qurib bering.
4. Reaktiv quvvat balansi va kompleks yuklama turg'unligiga doir xarakteristikani qurib bering.
5. Kompleks yuklamali tugunni statik turg'unlik zaxira koeffitsientini aniqlash uchun formulasi.
6. Yuklamaning quvvat koeffitsientini oshirish uchun uning shinalariga statik kondensatorlar ulanishi nima bilan chegaralangan ?

O'TKINCHI JARAYONLAR

TAJRIBA VA AMALIY MASHG'ULOTLAR MATERIALLARI

TAJRIBA ISHI №1

ODDIY ELEKTR ZANJIRIDA UCH FAZALI QISQA TUTASHUV JARAYONIDA O'TISH JARAYONLARINI EHM (Mat LAB) DASTURIDAN FOYDALANIB TAXLIL KILISH

1.1. ISH MAKSADI

Uch fazali sinusoidal elektr zanjirida uch fazali qisqa tutashuv sodir bulganda elektromagnit o'tish jarayonlarini Mat LAB dasturida taxlil qilishni o'rganish.

NAZARIY MAHLUMOT

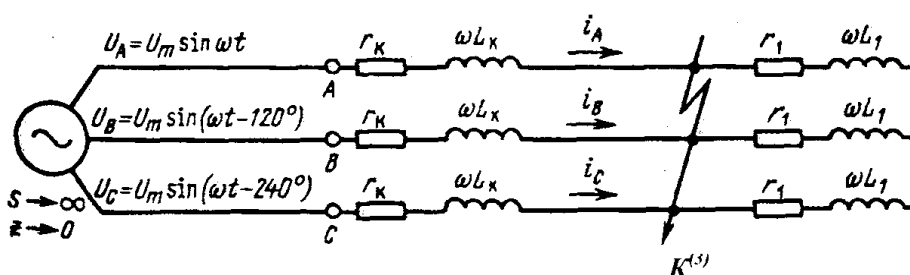
Quvvat manbaidan tahminlanayotgan zanjirdagi uch fazali qisqa tutashuv (QT)dagi o'tish jarayonlarini ko'rib chikamiz. Shartli ravishdi ta'minlanayotgan manbani cheksiz quvvat manbai deb qabul qilamiz, yahni kuchlanish va davriy tezlik qiymatlari elektr tarmogidagi uzgarishlarga boglik bo'lmay o'zgarmay koladigan manbadir.

$$S_0 = \infty, \quad U_0 = \infty, \quad f = \text{const}, \quad \omega = \text{const},$$

Bunday manba karshiligi yukoridagi ifodalar asosida nolga tengligi kelib chikadi

$$X_0 = \frac{U_0^2}{S_0} = \frac{U_0^2}{\infty} = 0.$$

Cheksiz quvvat manbaiga ulangan qutisidagi sodda uch fazali zanjirni ko'rib chikamiz.



Ris. 1. Oddiy uch fazali zanjirda KT.

Xar bir faza uchun o'tish jarayonlarini xarakterlovchi differentsial tenglama quyidagi

$$U = iR_k + L_k \frac{di}{dt},$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

bu yerda $U = U_m \sin(\omega t + \alpha)$ – manba kuchlanishi;

ω - davriy chastota, $\omega = 2\pi f$ ($\pi=3,14159\dots$, $f=50$ Gts)

R_k, L_k – KT zanjirni aktiv karshiligi va natijaviy induktivligi.

Yuqoridagi ifodalardan kurinib turibdiki, QT toki ikkita tashkil etuvchidan iborat.

1. Elektr manba kuchlanishi tahsirida vujudga keluvchi majburiy tashkil etuvchi;
2. L_k induktivlikdagi magnit energiyasi uzgarishi xisobiga paydo bo'lgan erkin tashkil etuvchi.

Majburiy tashkil etuvchi davriy kurinishga ega, shuning uchun uni davriy tashkil etuvchi deb ataladi.

Ushbu tashkil etuvchilarning boshlangich qiymati boshlangich sharoitdan aniqlanadi:

$$i_0 = i_{n(0)} + i_{a(0)}, \quad (1.3)$$

ushbuga muvofiq quyidagi ifodani xosil qilamiz:

$$i_{a(0)} = I_m \sin(\alpha - \varphi) - I_{nm} \sin(\alpha - \varphi_k), \quad (1.4)$$

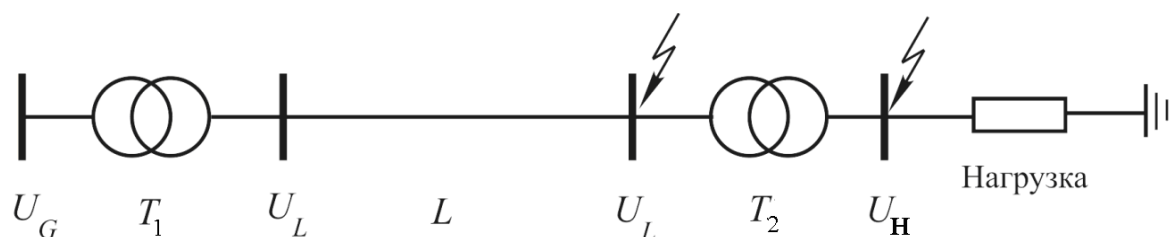
bu yerda: I_m va I_{nm} – kommutatsiyagacha va QT sung zanjirdagi tokning am'litudalari; φ va φ_k – QTgacha va QT sung zanjirdagi tokning burchak siljishi.

(1.4)ni (1.2) urniga kuyish orqali to'la tok uchun quyidagi kurinishda buladi:

$$i = I_{nm} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_k) + [I_m \sin(\alpha - \varphi) - I_{nm} \sin(\alpha - \varphi_k)] e^{-\frac{t}{T_a}} \quad (1.5)$$

To'la tok davriy va nodavriy tashkil etuvchilarini yigindisi xisoblanadi, va uni uzgarishi faqat elektr zanjir 'arametrlariga bilangina emas balki yuklamani xarakteriga xam bog'likdir.

To'la tokning eng katta oniy qiymatiga QTning zarbiy toki deyiladi.

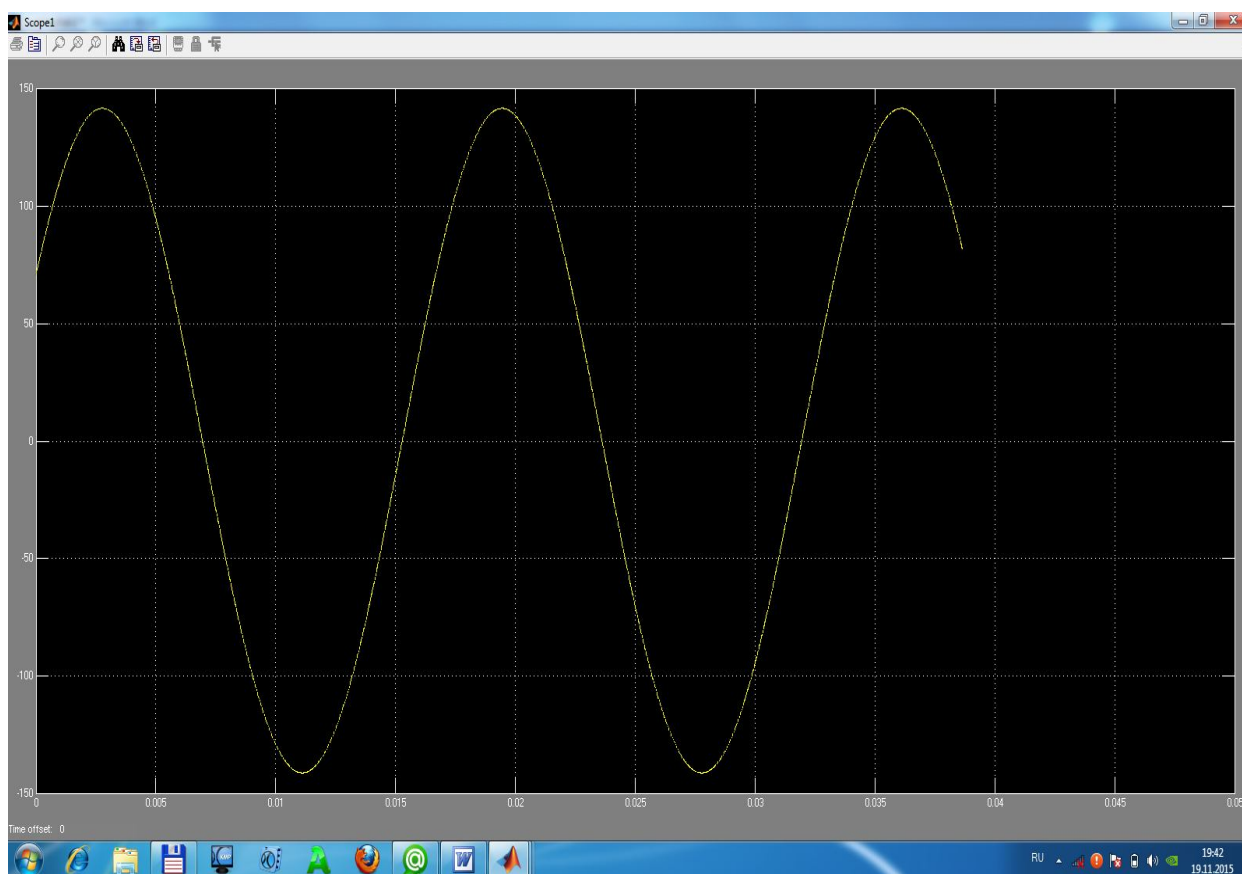
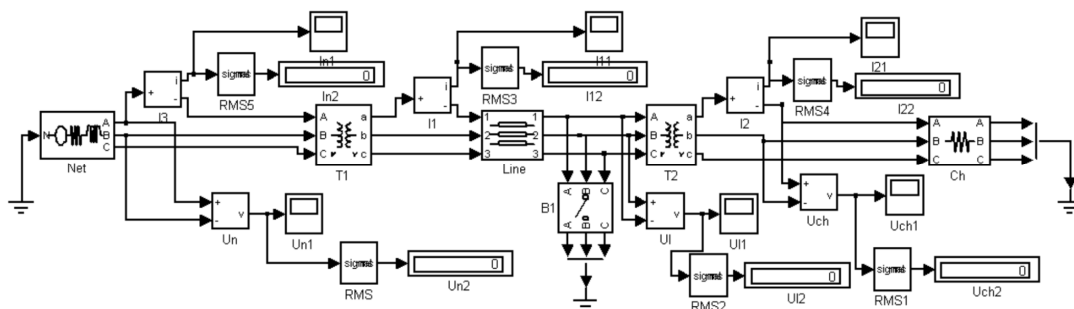


ISHNI BAJARISH TARTIBI:

1. Ishning nazariy qismi va Matlab dasturi bilan tanishish.

O'TKINCHI JARAYONLAR

2. Quyida berilgan sxemani Matlab dasturida yig'ish.
3. Har bir talaba quyidagi jadval orqali o'z varianti yordamida sxemani ishga tushirishi.



Jadval 1.1

Номер варианта	U_r кВ	U_L кВ	U_H кВ	P , МВт	$\cos \phi$	I , кА
-------------------	-------------	-------------	-------------	--------------	-------------	-------------

O'TKINCHI JARAYONLAR

1	6,6	500	38,5	100	0,6	200
2	10,5	330	38,5	125	0,65	250
3	6,3	220	11	32	0,7	170
4	11	115	6,6	16	0,75	130
5	6,6	115	10,5	16	0,8	220
6	10,5	500	6	120	0,85	250
7	6,3	330	15,75	200	0,9	100
8	11	230	6,6	200	0,95	150
9	11	115	6,6	16	0,62	100
10	10,5	115	38,5	25	0,67	200
11	6,3	500	10,5	125	0,72	250
12	15	330	6,6	200	0,77	100
13	8,5	220	6,6	200	0,82	150
14	11	115	6,6	40	0,87	200
15	6,6	115	11	40	0,92	150
16	8,5	500	11	125	0,97	200
17	11	330	6,6	200	0,6	250
18	10,5	220	8,5	200	0,65	200
19	6,6	115	11	63	0,7	140
20	11	115	6,6	63	0,75	250
21	11	500	10	125	0,8	100
22	10,5	330	15	200	0,85	150
23	6,6	220	11	40	0,9	160
24	6,6	115	11	80	0,95	150

O'TKINCHI JARAYONLAR

25	11	115	6,6	15	0,62	200
26	10,5	500	38,5	250	0,67	150
27	6,3	330	11	200	0,72	220
28	6,6	220	11	40	0,77	200
29	6,3	115	10,5	10	0,82	250
30	11	115	6,6	10	0,87	150
31	6,3	500	38,5	250	0,92	170

1.6. SINOV SAVOLLARI

1. To'la KT toki kanday tashkil etuvchilardan iborat?
2. Oddiy zanjirdagi KT toki kanday aniklanadi?
3. KT tokining nodavriy tashkil etuvchisi va uning boshlangich qiymati.
4. KT tokining nodavriy tashkil etuvchisining sunish vaqt doimiysi nimalarga boglik va kanday aniklanadi?
5. KT tokining zarbiy qiymati va uni aniqlash.
6. Zarba koeffitsienti va uning uzgarish chegarasi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

TAJIRIBA ISHI №2.

UCH FAZALI QISQA TUTASHUV TOKLARINI EXM (Mat LAB) DASTURIDAN FOYDALANIB XISOBLASH

2.1. ISHDAN MAQSAD

Elektr tizimlarda uch fazali qisqa tutashuv toklarini xisoblashga doir kunikmalarni uzlashtirish.

QISQACHA NAZARIY MA'LUMOTLAR

Elektr tizimda (ET) kuzatiladigan uch fazali qisqa tutashuvlar (QT) simmetrik qisqa tutashuv turiga kiradi. Shu sababli ularni xisoblash uchun bir chiziqli (bir faza uchun) almashtirish sxemasi tuziladi va shu sxemalar asosida xisoblashlar amalga oshiriladi.

Almashtirish sxemasi elementlarining parametrlari, transformatorlarning transformatsiya koeffitsientlarini xisobga olgan holda, nomli va nisbiy birliklarda ifodalanadi.

Manbalarining EYuKlari va sxema elementlarining qarshiliklari berilgan holda, xosil qilingan chiziqli almashtirish sxemasini turli usullar orqali xisoblash mumkin: sxemani ekvivalentlashtirish usuli orqali, tugun tenglamalari usuli orqali, kontur tenglamalari usuli orqali va xokazo.

Uch fazali qisqa tutashuvning boshlangich holatini xisoblash uchun ko'rib chiqiladigan elektr tizimining, bir fazali chiziqli ekvivalent ko'rinishdagi, almashtirish sxemasi tuziladi.

Generatorlar, kata quvvatli sinxron dvigatellar, kompensatorlar va katta quvvatli tugunlarning umumiy yuklamalari almashtirish sxemasida o'zlarining o'tao'tkinchi qarshilik x'' va EYuK E'' Lar orqali ishtirok etadi. Bunda

$$E'' = \sqrt{(U_0 \cos \varphi_0)^2 + (U_0 \sin \varphi_0 + I_0 x_d'')^2}$$

bu yerda U_0, I_0, φ_0 - normal holat uchun aniqlangan parametrlari.

Manbalarining EYuKlari nomli birliklarda qo'yidagicha aniqlanadi:

$$E = E'' * \frac{U_H}{\sqrt{3}} * (k_1 * k_2 * \dots * k_n),$$

bu yerda $(k_1, k_2, \dots, k_n)$ asosiy pog'ona va asosiy pog'onaga keltiriladigan element pog'onasi orasida joylashgan transformatorlarning transformatsiya koeffitsientlari. Transformatorlarning transformatsiya koeffitsientlari asosiy pog'onadan asosiy pog'onaga keltiriladigan element pog'onasi tomon aniqlanib boriladi.

Transformatorlarning transformatsiya koeffitsientlarini xisobga olgan holda sxema elementlarining qarshiliklari nomli birliklarda qo'yidagicha aniqlanadi:

- Generator qarshiligi:

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$x_2 = x_d * \frac{U^2}{S_H} * (k_1 * k_2 * \dots * k_n)^2$$

- Transformator qarshiligi:

$$x_T = \frac{U_{k\%}}{100} * \frac{U^2}{S_H} * (k_1 * k_2 * \dots * k_n)^2$$

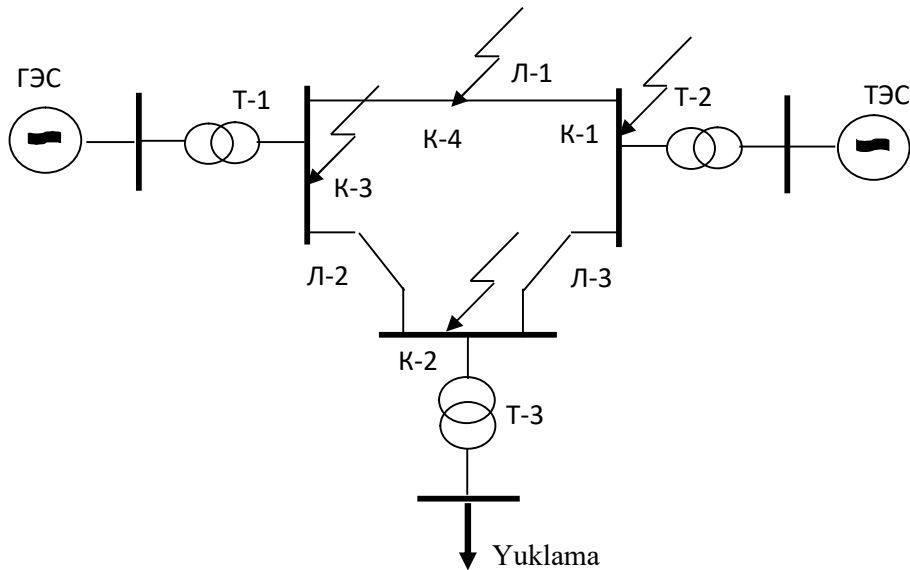
- Elektr uzatish liniyasi qarshiligi:

$$x_l = x_0 * l * (k_1 * k_2 * \dots * k_n)^2$$

LABORATORIYA ISHI BO'YICHA TOPSHIRIQ

Berilgan variantga asosan elektr tizimining sxemasi (1-rasm) uchun :

Uch fazali QTni xisoblash uchun almashtirish sxemasini tuzing va transformatorlarning transformatsiya koeffitsientlarining xaqiqiy qiymatlarini xisobga olgan holda nomli birliklarda sxema 'arametrlarini aniqlang;

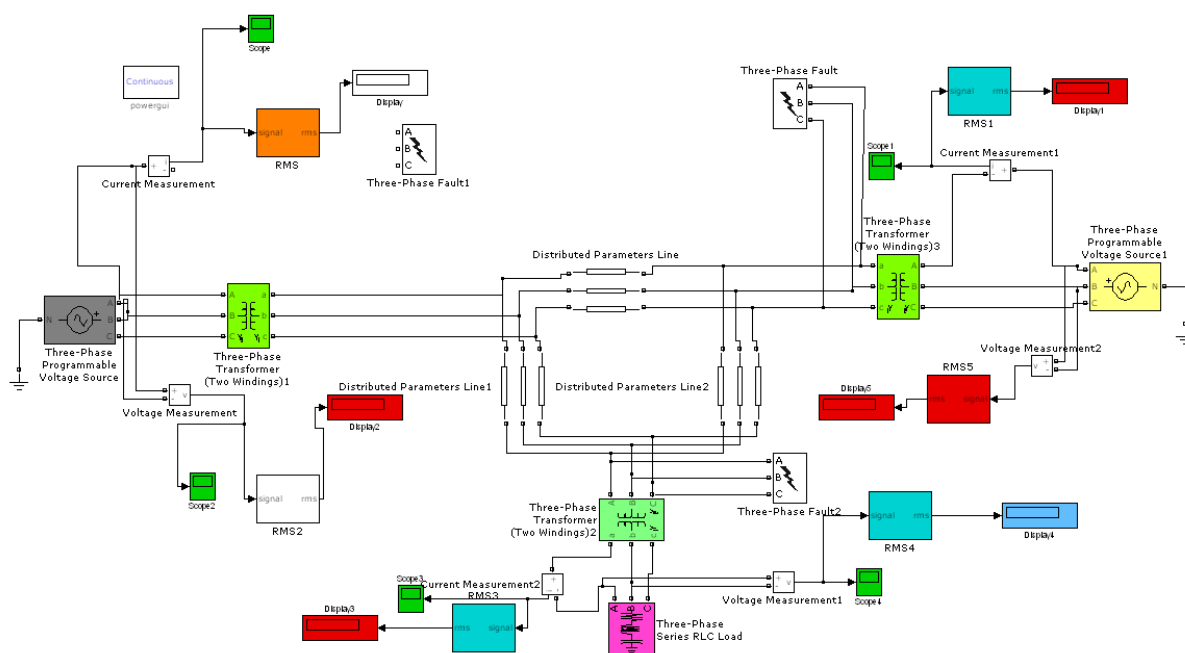


Rasm1 Elektr tizim sxemasi.

ISHNI BAJARISH TARTIBI:

1. Tajribani nazariy qismi bilan tanishish.
2. Berilgan topshiriq bo'yicha variantlarni olish va MatLab dasturida yigish.
3. Yig'ilgan sxemani harakteristikalarini otsilograf yordamida ko'rish.

O'TKINCHI JARAYONLAR



№	ГЭС (кВ)	ТЭС (кВ)	Т1(кВ)	Т2(кВ)	Т3(кВ)	Л1(Км)	Л2(Км)	Л3(Км)
1	6,6	10,5	6,6/35	10,5/35	35/6	220	130	200
2	10	20	10/110	20/110	110/35	130	180	230
3	10,5	6,6	10,5/38	6,6/38	38/6,6	200	250	140
4	20	10	20/115	10/115	115/35	300	220	270
5	6,6	10,5	6,6/220	10,5/220	220/10	200	130	220
6	8,5	11	8,5/110	11/110	110/10,5	120	170	240
7	11	6	11/500	6/500	500/35	300	250	210
8	10,5	6	10,5/115	6/115	115/10,5	200	300	180
9	6,6	11	6,6/110	11/110	110/10	180	220	260
10	11	6,3	11/500	6,3/500	500/11	220	290	210
11	11	10,5	11/220	10,5/220	220/15	250	300	180
12	10,5	11	10,5/115	11/115	115/10,5	180	210	170
13	6,6	10	6,6/110	10/110	110/6	220	170	160
14	6,6	6,3	6,6/110	6,3/110	110/10	160	230	250
15	11	6,6	11/220	6,6/220	220/20	180	200	200
16	10,5	6,3	10,5/110	6,3/110	110/6	215	230	150
17	6,3	11	6,3/220	11/220	220/10	100	190	230
18	6,6	10	6,6/35	10/35	35/6	50	80	120
19	6,3	6,6	6,3/115	6,6/115	115/10	210	90	160
20	11	10,5	11/500	10,5/500	500/35	300	340	170
21	6,3	11	6,3/220	11/220	220/10,5	160	80	240
22	10	6	10/110	6/110	110/11	140	140	120
23	11	10	11/220	10/220	220/6	210	210	150
24	20	6,3	20/500	6,3/500	500/10	300	340	170
25	10,5	6,6	10,5/115	6,6/115	115/10	120	150	230

O'TKINCHI JARAYONLAR

NAZORAT SAVOLLARI

- 1) QT toklarini xisoblashda qo'llaniladigan asosiy farazlar?
- 2) QT oqibatlari va QT toklarini xisoblash nima uchun kerak?
- 3) Elektr tizimining «matematik modeli» deganda nima tushuniladi?
- 4) QTni xisoblash va taxlil etishning qanday usullari mavjud?
- 5) QT toklarini xisoblash tartibi?
- 6) QTni xisoblashda qo'llaniladigan ET asosiy elementlarining almashtirish sxemalari: generator, transformator, liniya va boshqalar?
- 7) Almashtirish sxemasi elementlarining 'arametrlarini kuchlanishning bir 'og'onasiga keltirish?
- 8) ET almashtirish sxemasini elementar ko'rinishga keltirish tartibi?

TAJIRIBA ISHI №3

ТРАНСФОРМАТОРЛАРНИНГ ИККИЛАМЧИ ЧУЛГАМИДАГИ УЧ ФАЗАЛИ КИСКА ТУТАШУВДАГИ УТКИНЧИ ЖАРАЁНЛАРНИ ТАХЛИЛ КИЛИШ.

ISH MAKSADI:

Transformatorning ikkilamchi chulg'amidagi uch fazali qisqa tutashuv paytidagi elektromagnit o'tkinchi jarayonlarni tahlil qilish.

NAZARIY MA'LUMOTLAR

O'zgaruvchan tok kuchlanishini o'zgartirib beradigan elektromagnit statik apparat transformator deb ataladi.

Bunda transformatorga berilgan va undan olingan o'zgaruvchan tokning quvvati va chastotasi ham o'zgarmaydi. Elektr tarmogidagi yoki genratordagi kuchlanishga hisoblangan va unga ulanadigan chulg'am birlamchi, kuchlanishni o'zgartirib beradigan ikkinchi chulg'am ikkilamchi chulg'am deyiladi. Agar birlamchi chulg'amga kuchlanish berilsa, u holda o'zgaruvchan tok va demak, o'zgaruvchan magnit oqimi hosil bo'ladi.

Bu magnit oqimining birlamchi va ikkilamchi chulg'amlar bilan ilashishi natijasida elektromagnit induksiya qonuniga binoan birlamchi EYuK va ikkilamchi EYuK lar hosil bo'ladi EYuK lar qiymati quyidagicha aniqlanadi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

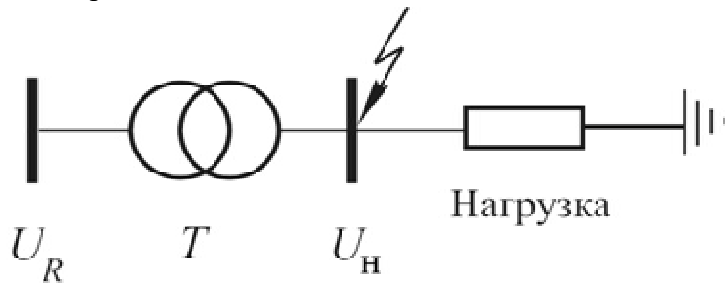
$$E=4,4Wf\Phi_m; \quad E=4,4Wf\Phi_m$$

Birlamchi va ikkilamchi chulgamlarda hosil bo'lgan EYuK lar nisbatini chulgamlardagi o'ramlar soni nisbat bilan aniqlash mumkin. $E_1/E_2=W_1/W_2$.

Uch fazali transformatorning birlamchi va ikkilamchi chulgamlaridagi toki qo'ydagicha aniqlanadi.

$$I_1 = \frac{S}{\sqrt{3}U_1}, \quad I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}U_2}$$

Transformator bilan kuchlanishning qiymati esa, masalan 5-marta oshirilsa, uzatish liniyasidan o'tadigan tok qiymati 5-marta kamayadi. Kuchlanishni oshirib, tok qiymatining kamaytirilishi sababli uzatish liniyasida sodir bo'ladigan quvvat isrofini kamaytirish bilan birga, uzatish qurilmasini ancha yengil va arzon qilish imkoni oshadi. Transformatorni salt ishlashi FIK larni qiymatlarini aniqlash mumkin.

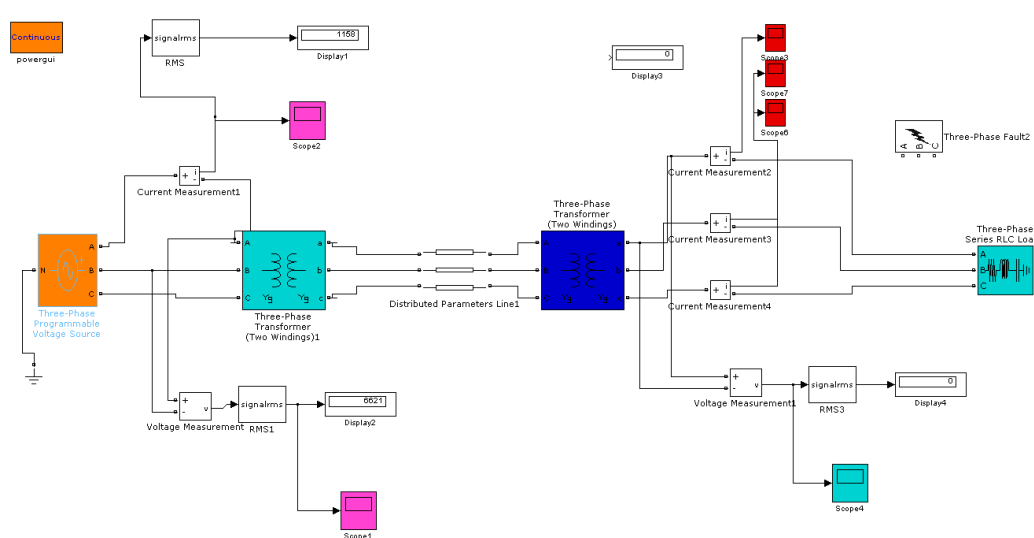


Rasm-3.1

Номер варианта	U_v , кВ	U_n , кВ	P , МВт	$\cos \varphi$
1	500	38,5	200	0,6
2	330	38,5	125	0,65
3	220	10	32	0,7
4	115	6,6	16	0,75
5	115	11	16	0,8
6	500	6,6	125	0,85
7	330	15,75	200	0,9
8	230	6,6	200	0,95
9	115	6,6	16	0,62
10	115	38,5	25	0,67

O'TKINCHI JARAYONLAR

11	500	10,5	250	0,72
12	330	6,6	200	0,77
13	230	6,6	200	0,82
14	115	6,6	40	0,87
15	115	11	40	0,92
16	500	11	125	0,97
17	330	6,6	200	0,6
18	230	8,5	200	0,65
19	115	11	63	0,7
20	115	6,6	63	0,75
21	500	10	125	0,8
22	330	15,75	200	0,85
23	220	11	40	0,9
24	115	11	80	0,95
25	115	15,75	200	0,62
26	500	38,5	250	0,67



O'TKINCHI JARAYONLAR

SINOV SAVOLLARI

1. Simmetrii KT ni Xisoblash uchun elektr tizimining almashtirish sxemasini tuzish.
2. Tugun tenglamalarini tuzish tartibi.
3. Simmetrii KT ni Xisoblash uchun TTni kullash.
4. Simmetrii KT toklarini Xisoblash.

TAJRIBA ISHI №4

SINXRON GENERATOR SHINASIDAGI UCH FAZALI QISQA TUTASHUVDAGI O'TISH JARAYONLARINI MATLAB DASTURIDAN FOYDALANIB TAHLIL QILISH

ISH MAKSADI:

Elektr tizimida Sinxron generator shinasida uch fazali qisqa tutashuv paytidagi elektromagnit o'tkinchi jarayonlarni MatLab dasturi yordamida taxlil qilish

4.2. QISQACHA NAZARIY MAHLUMOT:

Sinxron generator-generator rejimida ishlaydigan o'zgaruvchan tok elektr mashinasi, sinxron mashina. Odatda sinxron mashina 3 fazali va uch xil rejimda (dvigatel, generator, kompensator) ishlaydi. Sanoat chastotali tok xosil qilish uchun bug' turbinalari (turbogeneratorlar) yoki suv turbinalari (gidrogeneratorlar) bilan harakatlantiradigan sinxron generatorlar keng ishlatiladi. Shuningdek gaz turbinasi, ichki yonuv dvigateli, elektr dvigatellari yordamida harakatlanadigan sinxron generatorlar ham mavjud.

Энг катта қувватли турбогенератор роторининг диаметри (айланиш частотаси $n = 3000$ айл/мин бўлганда) марказдан қочирма кучларни чеклаш мақсадида $d_r = 1,2 \div 1,25$ м. дан ошмаслиги, ротор танасининг узунлиги эса, валнинг эгилишини чеклаш мақсадида $l_r = 7 \div 7,5$ м. дан ошмаслиги керак. Ротор (яъни қўзғатиш) чулғамининг тайёрланиши совитиш системасига боғлиқ бўлади. Тўғридан-тўғри ички совитиш системасида чулғам ўтказгичларининг ичида совитиш каналлари бўлиб, улардан водород ёки дистилланган сув ўтиб иссиқлик актив зонадан совитиш системасига узатилади.

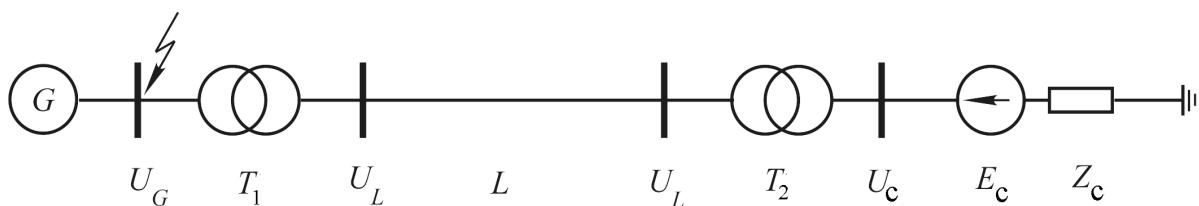
O'TKINCHI JARAYONLAR

Иссиқлик электр станцияларида **турбогенераторлар** ўрнатилган бўлади ва улар $n = 3000$ айл/мин ($2p = 2$) айланиш частота билан ишлагани учун турбогенераторнинг ва буғ машинасининг габарити ва массасини анча камайтиришга имкон беради.

Дунёда энг катта қувватли турбогенератор (1200 MW) «Электросила» ОАЖ да (Санкт-Петербург, Россия) тайёрланиб Кострома иссиқлик электр станциясида ишлаб турибди. Sinxron generator

Гидрогенераторларда статор ва ротор чулғамлари ҳамда статор пўлат ўзаги бевосита *дистилланган сув* билан совитилади. Агар бундай совитиш системасини худди шундай қувватга эга бўлиб, ташқаридан (сиртидан) ҳаво билан совитиш системаси билан солиштирилганда дистилланган сув билан совитиш системасида бир хил ўлчамдаги гидрогенератор қувватини 2 маротаба ошириш мумкин.

Sinxron generatorlarda magnit maydoni va mexanik harakat bo'lganligi sababli elektromagnit va elektromexanik o'tkinchi jarayonlar sodir bo'lishi mumkin. Elektr tizimlaridagi eng havfli qisqa tutashuv nuqtasi Sinxron generator shinasidagi uch fazali qisqa tutashuv hisoblanadi.



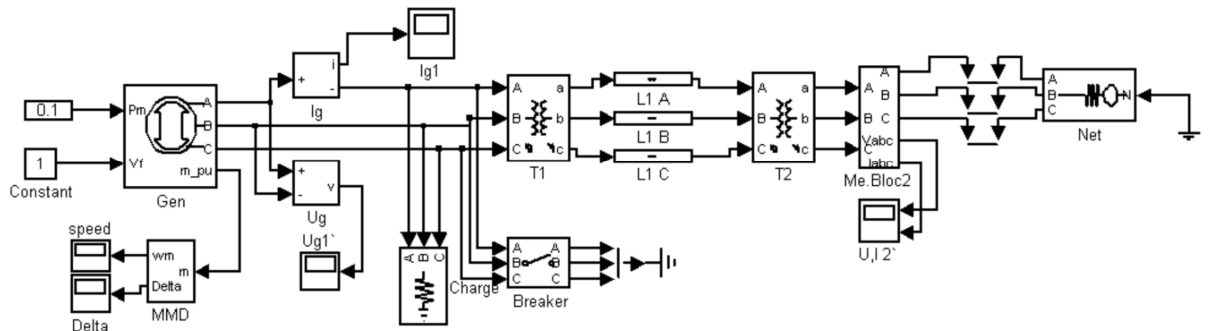
Номер варианта	U_G , кВ	U_L , кВ	U_C , кВ	P , МВт	$\cos \phi$	I , кА
1	15,75	500	121	200	0,6	200
2	10,5	330	242	125	0,65	250
3	6,3	220	121	32	0,7	170
4	11	115	230	16	0,75	130
5	6,6	115	330	16	0,8	220
6	10,5	500	230	125	0,85	250
7	11	330	330	200	0,9	100

O'TKINCHI JARAYONLAR

8	11	220	121	200	0,95	150
9	11	115	115	12	0,62	100
10	10,5	115	121	25	0,67	200
11	6,3	500	230	125	0,72	250
12	15	330	330	200	0,77	100
13	8,5	121	500	200	0,82	150
14	11	115	330	40	0,87	200
15	10,5	115	121	40	0,92	150
16	10,5	500	115	125	0,97	200
17	11	330	115	200	0,6	250
18	10,5	220	230	200	0,65	200
19	10,5	115	330	63	0,7	140
20	11	115	115	63	0,75	250
21	11	500	121	125	0,8	100
22	15,75	330	115	200	0,85	150
23	10,5	220	121	40	0,9	160
24	10,5	115	330	80	0,95	150
25	13,5	115	230	15	0,62	200
26	10,5	500	121	250	0,67	150
27	15,75	330	242	200	0,72	220
28	6,6	220	121	40	0,77	200
29	11	115	121	10	0,82	250
30	11	115	230	10	0,87	150
31	11	500	121	250	0,92	170

O'TKINCHI JARAYONLAR

32	11	330	242	125	0,97	130
33	11	220	121	40	0,6	170
34	10,5	115	230	6,6	0,65	180
35	6,6	115	230	6,3	0,9	160



SINOV SAVOLLARI

1. Nosimmetrik KT turlari. Nosimmetrik KT uchun nosimmetrik nuqtasida chegaraviy shartlar tenglamalari.
2. Simmetrik tashkil etuvchilar usuli.
3. Xolat 'arametrlarini fazaviy kiymatlar va simmetrik tashkil etuvchilari orasidagi munosabatlar.
4. Nosimmetrik KT xisoblash uchun turli ketma-ketliklarni almashtirish sxemalarini kurish.
5. Teskari ketma-ketlik uchun sinxron mashinalarning 'arametrlari.
6. Nol ketma-ketlik uchun XUY almashtirish sxemalari.
7. Transformatorlarning nol ketma-ketlik almashtirish sxemasi.
8. Nosimmetrik KT lar uchun tok va kuchlanishning vektor diagrammalarini kurish.
9. Nosimmetrik KT toklarini aniqlash.
10. Kom'leks o'erator va uning xossalari.

Oddiy elektr uzatish tizimi parametrlarining qisqa tutashuv tokining zarbaviy qiymatiga ta'sirini aniqlash

5.1 ISH MAKSADI:

Qisqa tutashuv tokining zarba qiymatiga ta'sirini o'rganish va zarba koefitsientini aniqlash.

QISQACHA NAZARIY MA'LUMOTLAR

Elektr tizimda (ET) kuzatiladigan uch fazali qisqa tutashuvlar (QT) simmetrik qisqa tutashuv turiga kiradi. Shu sababli ularni xisoblash uchun bir chiziqli (bir faza uchun) almashtirish sxemasi tuziladi va shu sxemalar asosida xisoblashlar amalga oshiriladi.

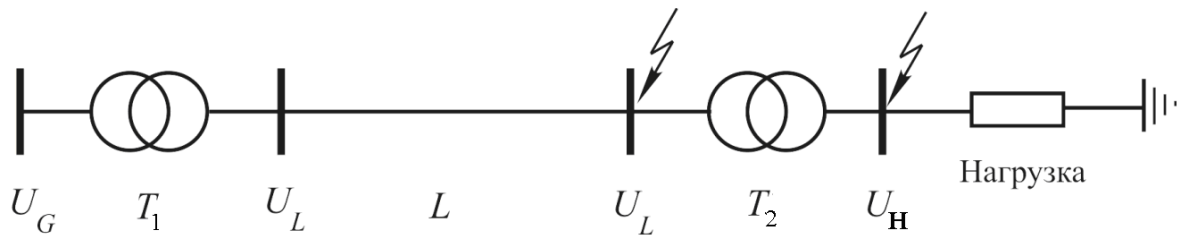
Almashtirish sxemasi elementlarining parametrlari, transformatorlarning transformatsiya koefitsientlarini xisobga olgan holda, nomli va nisbiy birliklarda ifodalanadi.

Manbalarning EYuKlari va sxema elementlarining qarshiliklari berilgan holda, xosil qilingan chiziqli almashtirish sxemasini turli usullar orqali xisoblash mumkin: sxemani ekvivalentlashtirish usuli orqali, tugun tenglamalari usuli orqali, kontur tenglamalari usuli orqali va xokazo.

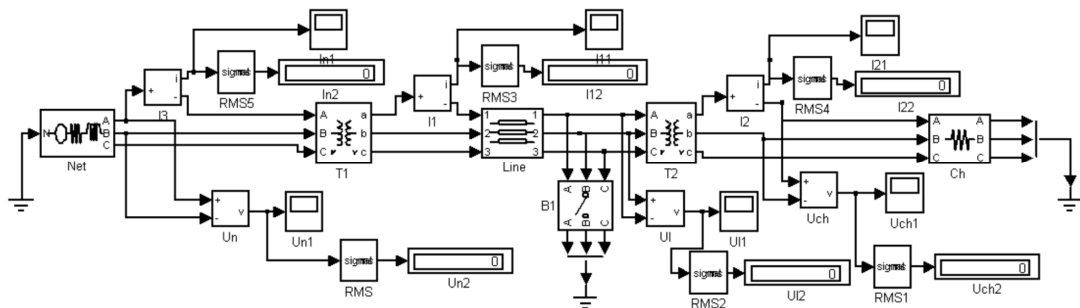
Uch fazali uch uzakli transformatorlarda sharoitlar boshkachadir. Ularda K-K0 magnit okimlari nomagnit muxit va transformatorninggilofi orqali berkitiladi. Magnit qarshiligi kata bo'lgan yo'l orqali magnit okimini o'tkazish uchun shunga mos kata magnitlash toki kerak bo'ladi. SHuning uchun xam bunday ti'dagi transformatorlarda $X_{\mu 0}$ reaktansi $X_{\mu d}$ ga karaganda ancha kichik bo'lib, u $X_{\mu 0}=(0.3-1.0)$ oraligida yotadi. X_{II} ning kattaligi $X_{\mu 0}$ dan anchagina kichikligini nazarda tutgan holda chulgamlari Y_0/Δ usulida ulangan uch o'zakli transformator uchun xam amalda $X_{\mu 0}=\infty$ deb xisoblash mumkin.

Uchburchak usulida ulangan chulgam xam almashtirish sxemasiga shunga o'xshash kiritiladi (4-b,v,g rasm). Transformatorning almashtirish sxemasidagi neytral izolyatsiyalangan yulduz usulida ulangan chulgam kiritilmaydi, chunki unda K-K0 toklari xosil bo'lmaydi. neytrali yerga ulangan yulduzcha usulida ulangan chulgam almashtirish sxemasiga quyidagi shart bajarilganda kiritiladi: bu chulgam tomonidan K-K0 toki o'tishi uchun yul tahminlangan bo'lishi kerak, yahni uning zanjirida kamida yana bitta yerga ulangan (4-rasmda 'unktir bilan ko'rsatilgan) neytral bo'lishi shart.

O'TKINCHI JARAYONLAR



Tekshirilayotgan tizimni normal rejimini o'rnatish uchun avvalo yuklama rejimini o'rnatish tavsiya etiladi. Bunda tanlab olingan R_n va X_n yuklama tuguniga qarshiliklari parallel ulanadi. Keyin yuklama tuguniga cheksiz quvvat manbai ulanib, yuklama shinasida U_n kuchlanish tiklanadi. Yuklama qarshiliklari kamaytirilib, sarflanayotgan quvvat o'lganib uning kerakli qiymatiga erishiladi. Shundan keyin shu yo'l bilan yuklama qarshiliklari tanlanib, tizim rejimi o'rnatiladi. Bundan cheksiz quvvat manbai ulangan bo'ladi, chunki buferli stantsiya nomini bajaradi va quvvat uzatayotgan stantsiya va qabul qiluvchi tizimning rejimini boshqarishni tag'minlaydi. Avvalo quvvat uzatayotgan stantsiyani berilgan parametrlari: U_g , U_n , R_1 bo'yicha normal rejim o'rnatilayotganda generator shinasidagi reaktiv quvvat Q_1 ning ishorasiga ehtibor berish kerak. Agar rejim to'g'ri o'rnatilsa, uzatuvchi stantsiya qabul qiluvchi stantsiya qabul qiluvchi tizimga reaktiv quvvat beradi. Bunga ishonch xosil qilish uchun rejim tiklangani uchun generatorli stantsiyaning kuchlanishi orttirib boriladi. Agar kuchlanishning so'nggi orilishida reaktiv quvvat uzatsa rejim to'g'ri bo'ladi.



5.2 TAJRIBA ISHINI BAJARISH TARTIBI.

1. Ishning nazariy qismi va mikromodel bilan tanishish.
2. Tahlil qilinayotgan tizimning sxemasi chizilsin.
3. Tekshirilsin: Hamma tumblerlar o'chirilgan holatdami? O'ng chetdagi oq tugmachani bosish bilan stendga kuchlanish beriladi.

IV.SINOV SAVOLLARI

1. Tizimning holati, tizim va holat parametrlarini izoxlang?
2. Tizimning statik burchak harakteristikalarini haqida tushincha?
3. Aktiv quvvatning ideal uzatilish chegarasi?
4. Tizim parametrlarining aktiv quvvat uzatilishi chegarasiga ta'siri?
5. Ayon qutblilikning burchak harakteristikasiga ta'siri?
6. Oddiy elektr tizimning statik turg'unlik mezonini va burchak harakteristikasining turg'un va noturg'un sohalari aniqlashni tushintiring?

TAJRIBA ISHI №6

Oddiy elektr energiya uzatish tizimi rejimining nosimmetrik buzilish paytida ishlash rejimini tekshirish

A. ISH MAKSADI:

elektr tizimlarida nosimmetrik qisqa tutashuvlardagi sistema ish rejimlarini o'rganish

QISQACHA NAZARIY MA'LUMOTLAR

Taxlil kilinayotgan energosistemadagi EYuK mahlum sharoitda KT xolatni, KT tugunida shunt karshilikni xisobga olib tugri ketma-ketlik uchun tuzilgan TT asosida xisoblanadi. KT tuguni va turini ehtiborga olib teskari va nulevoy ketma –ketlik sxemalari asosida shunt karshilik aniklanadi.

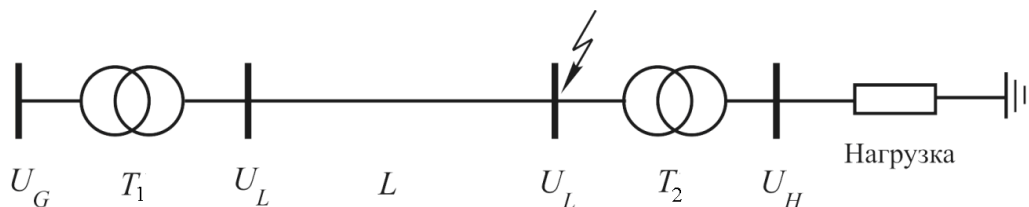
To'gri ketma-ketlik sxemasi. K-K1 sxemasi simmetrik uch fazali rejimlarni xisoblashda ishlatiladigan sxema bilan mos tushadi. Bu sxemaga generator va yuklamalar ko'llanilayotgan xisoblash usuli va vaqt momentiga boglik ravishda uzlarining reaktans iva EYuKlari bilan kiritiladi. Kolgan barcha elementlar sxemaga vaqt bo'yicha o'zgarmaydigan karshiliklar Bilan kiritiladi.

K-K1 sxemasining boshi deb generatsiya va yuklamalar birlashtirilgan, 'otentsiali nolga teng bo'lgan tugun olinadi.

Sxemaning oxiri kilib ko'rilayotgan nosimmetrik nuqtasi olinadi. Bo'ylama simmetriyada bunday nuqtalar ikkita bo'ladi (faza uzilgan joyida). K-K1sxemasining oxirgi no'ktalari orasidagi kuchlanish nosimmetriya joyidagi K-K1 ning kuchlanishi deb ataladi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Teskari ketma-ketlik sxemasi. K-K2 sxemasi ko'rinish jixatidan K-K1 sxemasiga o'xshaydi. Ularning farqi shundan iboratki, K-K2 sxemasida generatsiya elementlarining EYuKlari nolga teng deb olinadi. Bundan tashkari barcha elementlarning K-K2reaktansi o'zgarmas va ularning nosimmetriya sodir bo'lish shartlari va turi, xamda o'tkinchi 'rotsesning davomlilikiga boglik emas deb xisoblanadi.

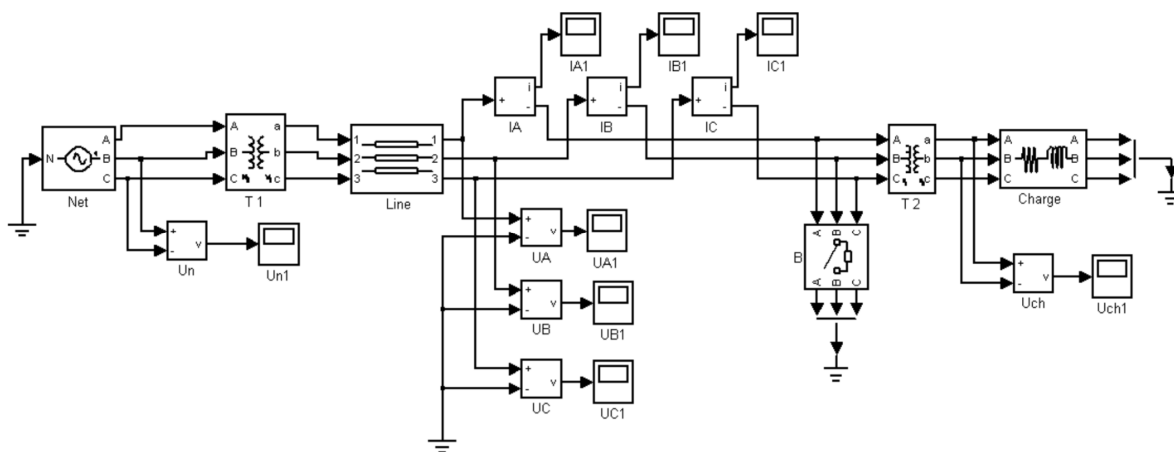


Avariya rejimlarini xisoblash va modellashtirish uslubi bilan tanishish:

EXMdagi sxema oddiy ko'rinishda bo'lib, bir necha qarshiliklar to'plamidan iborat. Sxemalar qabul qilingan masshtablar asosida xisoblangan qiymatlarga bog'langan xolda elementlarning qarshiliklari bog'langan xolda teriladi. Tanlab olingan sxemaning tegishli nuqtasiga EYuK bersak tugundagi tokni o'lchab, tarmoqdagi kuchlanishni o'lchab, elektr kattaliklarini olamiz.

Yig'ma sxemalarni tayyorlashda sxemaga qarshiliklar nomerlanib va nominal qiymatlari belgilangan xolda kiritiladi. Qarshiliklarning nomerlanishi birin-ketin boshlanadi.

Agar sxemadagi qiymat qarshilikni nominal qiymatiga yetmasa, u xolda yaqin paneldagi yetarli bo'lgan qarshilik olinadi. Shundan keyin qarshiliklar ulangan shinalar nomerlanadi.



O'TKINCHI JARAYONLAR

SINOV SAVOLLARI

11. Nosimmetrik KT turlari. Nosimmetrik KT uchun nosimmetrik nuqtasida chegaraviy shartlar tenglamalari.
12. Simmetrik tashkil etuvchilar usuli.
13. Xolat 'arametrlarini fazaviy qiymatlar va simmetrik tashkil etuvchilari orasidagi munosabatlar.
14. Nosimmetrik KT xisoblash uchun turli ketma-ketliklarni almashtirish sxemalarini kurish.
15. Teskari ketma-ketlik uchun sinxron mashinalarning 'arametrlari.
16. Nol ketma-ketlik uchun XUY almashtirish sxemalari.
17. Transformatorlarning nol ketma-ketlik almashtirish sxemasi.
18. Nosimmetrik KT lar uchun tok va kuchlanishning vektor diagrammalarini kurish.
19. Nosimmetrik KT toklarini aniqlash.

Asosiy darslik va o'quv qo'llanmalar

Allaev K.R. Elektromexanik o'tkinchi jarayonlar Toshkent –«Moliya»-2007

Qo'shimcha adabiyotlar

Losev S.B., CHernin A.B. Vqchislenie elektricheskix velichin v nesimmetrichnqx rejimax elektricheskix sistem. M. Energoatomizdat, 1983g.

S'ravochnik 'o 'roektirovaniyu elektricheskix sistem. 'od red. Rokotyana S.S. M. Energoatomizdat. 1985 g.

V.A.Stroeve. 'erexodnqe 'rotsessq elektricheskix sistem v 'rimerax i ilyustratsiyax. Uchebnoe 'osobie dlya vuzov. 'od redaktsii M, ZNAK, 1996 g.

U.B. SHari'ov, X.A. SHamsiev. "O'tish jarayonlari - 1-qism " fanidan mahruza matnlari. TDTU, 2001 y.

S.J. Xaydarov, U.B. SHari'ov. "O'tish jarayonlari - 2-qism " fanidan mahruza matnlari. TDTU, 2001 y.

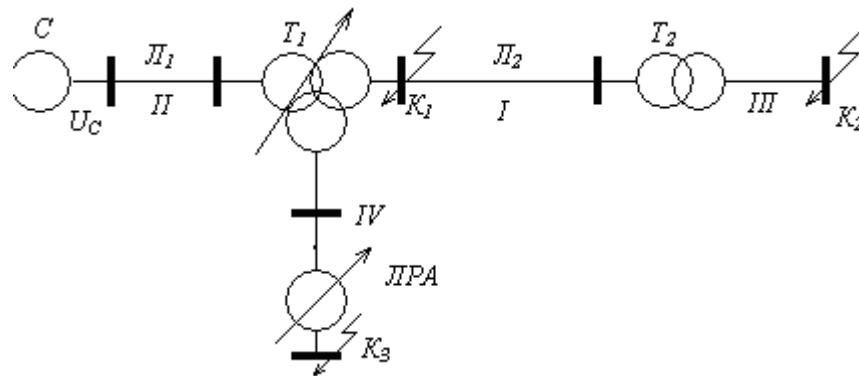
E .N. Belyaeva. Kak raschitat tok korotkogo zamikaniya. Moskva 1983g.

O'TKINCHI JARAYONLAR

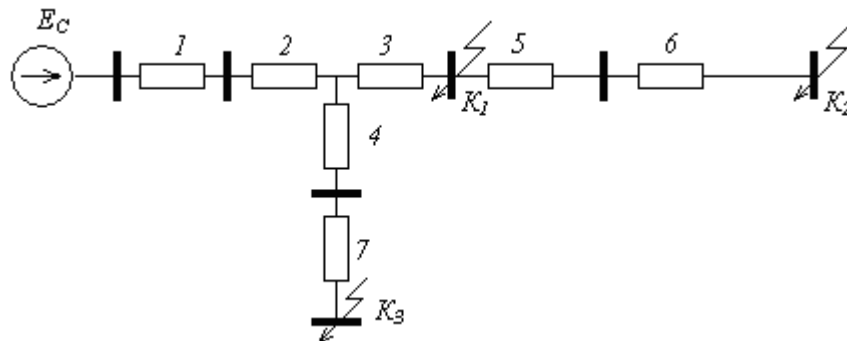
1-2-AMALIY MASHG'ULOTLAR

MAVZU: ETS dagi qisqa tutashuv toklarini hisoblash. Aniq, taqribiy nisbiy keltirish usullari

MASALANING SHARTI: quyidagi rasmda keltirilgan sxema uchun almashtirish sxemasini tuzish va unda sxema elementlarini nomlangan va nisbiy og'irliklarda ifodalash. Bunda sxemani aniq va tahminiy (aniqligi yuqori bo'lmagan) keltirish usullaridan foydalanishni ko'rsatish. Navbat bilan K_1 , K_2 , K_3 nuqtalardagi QT toklarining davriy tashkil etuvchisini boshlang'ich qiymatlarini hisoblang.



A) Elektr sistemasining sxemasi



B) Almashtirish sxemasi

Berilgan: $T_1 - 40 \text{ mVA}; 115 \pm 16\%, 38,5\% 11 \text{ kV}$ $U_{vs}=17\%; U_{vn}=10,5\%, U_{sn}=6\%$, $T_1 - 6,3 \text{ mVA}; 35/66 \text{ kV}; U_k=7,5\%$. Lineyniy regilirovochniy transformator, $LRA - 4 \text{ mVA}; 10 \text{ kV} \pm 10\%$ $U_k=0,5\%$, Liniyalar: $L_1 \rightarrow 60 \text{ km}$ $X_{sol}=0,4 \text{ om/km}$, $L_2 \rightarrow 10 \text{ km}$ $X_{sol}=0,4 \text{ om/km}$, "Sistema-S" kuchlanish o'zgarmas $U_s=117 \text{ kV}$.

a) Nomlangan birlikda aniq keltirish.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Asosiy kuchlanish pog'onasi sifatida manba ulangan pog'onani qabul qilamiz. Almashtirish sxemasining reaktiv qarshiliklari quyidagicha hisoblanadi:

$$X_1 = 0,4 \cdot 60 \cdot 24 \text{ OM}$$

$$X_5 = 0,4 \cdot 10 \cdot \left(\frac{115}{38,5}\right)^2 = 36 \text{ OM}$$

Transformator T_1 uchun oldin har bir cho'lg'ami uchun hisoblab olamiz. Masalan:

QT kuchlanishlarini

$$U_v = U_{vs} + U_{vn} = 0,5 (17 + 10,5 - 6) = 10,75\%$$

$$U_s = U_{vs} - U_{vn} = 17 - 10,75 = 6,25\%$$

$$U_n = U_{vn} - U_v = 10,5 - 10,75 = 0,25\%$$

Ulardan

$$X_2 = \frac{U_K \%}{100} \cdot \frac{U_B^2}{S_{HT_1}} = \frac{10,75}{100} \cdot \frac{115^2}{40} = 35,5 \text{ OM}$$

shunga o'xshash:

$$X_3 = 2035 \text{ Om}, \quad X_4 = -0,83 \text{ Om}$$

T_2 uchun:

$$X_6 = \frac{U_K \%}{100} \cdot \frac{U_H}{S_{T_2}} = \left(\frac{U_B^*}{U_C}\right)^2 = \frac{75}{100} \cdot \frac{35^2}{6,3} \cdot \frac{(115)^2}{38,5} = 13,6 \text{ OM}$$

Manbaning faza kuchlanishi:

$$U_C = \frac{117}{\sqrt{3}} = 67,5 \text{ OM}$$

Toklarning so'ralgan qiymatlari quyidagicha hisoblanadi:

K_1 dagi QT uchun:

L_1 dagi tok

$$I_{J_1} = \frac{U_C}{X_\tau} = \frac{67,5}{24 + 35,5 + 20,5} = 0,845 \text{ kA}$$

QT nuqtasidagi tok

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$I_{K_1} = 0,845 \cdot K_{T_1} = 0,845 \cdot \frac{115}{38,5} = 2,53 \text{ } \kappa A$$

K₂ dagi QT uchun:

L₁ dagi tok

$$I_{J_1} = \frac{U_C}{X_\tau} = \frac{67,5}{80 + 36 + 131} = 0,275 \text{ } \kappa A$$

L₂ dagi tok

$$I_{J_2} = 0,275 \cdot \frac{115}{38,5} = 0,82 \text{ } \kappa A$$

QT nuqtasidagi tok

$$I_{K_2} = 0,82 \cdot \frac{35}{6,6} = 4,35 \text{ } \kappa A$$

K₃ dagi QT uchun (LRA ni sozlash qobiliyatini hisobga olmasdan):

$$\text{L}_1 \text{ dagi tok } I_{J_1} = \frac{67,5}{24 + 35,5 + 19,6 - 0,83} = 0,94 \text{ } \kappa A$$

QT nuqtasidagi tok

$$I_{K_3} = 0,94 \cdot \frac{115}{11} = 9,765 \text{ } \kappa A$$

b) Nomlangan birlikda tahminiy keltirish.

O'rtacha nominal kuchlanishlarning 'og'onasini ruxsat etilgan kuchlanishlar qiymatiga qarab olamiz, yahni 115, 37, 10,5 va 6,3 kV. asosiy 'og'ona sifatida manba ulangan 'og'onani saqlab qolamiz. Bu holda X₁, X₂, X₃ va X₄ lar o'z qiymatlarini "a" bandidagidek saqlab qoladilar, qolgan reaktivlar esa quyidagicha hisoblanadi.

$$X_5 = X_0 \cdot l \cdot \left(\frac{U_{cp.6}}{U_{cp}} \right)^2 = 0,4 \cdot 10 \cdot \left(\frac{115}{37} \right)^2 = 38,7 \text{ } OM$$

$$X_6 = \frac{U_{K\%}}{100} \cdot \frac{U_{cp.6}^2}{S_{HT_2}} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{115^2}{6,3} = 157 \text{ } OM$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

Qisqa tutashuvlar jarayonidagi toklar:

K₁ nuqtasidagi QT toki:

$$I_{K1} = \frac{67,5}{24 + 35,5 + 20,5} * \left(\frac{115}{37}\right)^2 = 2,63 \text{ } \kappa A$$

K₂ nuqtasidagi QT toki:

$$I_{K2} = \frac{67,5}{80 + 38,7 + 157} * \left(\frac{115}{63}\right) = 4,46 \text{ } \kappa A$$

K₃ nuqtasidagi QT toki:

$$I_{K3} = \frac{67,5}{24 + 35,5 + 13,6 - 0,83} * \left(\frac{115}{10,5}\right) = 10,23 \text{ } \kappa A$$

v). Nisbiy birlikda aniq belgilash.

Bazis qiymatlarini S_b=1000 mVA va II–'og'ona kuchlanish U_{бII}=115 kV qabul qilamiz. Ular orqali

$I_{\delta II} = \frac{S_{\delta II}}{\sqrt{3}} * U_{\delta II} = \frac{1000}{\sqrt{3} * 115} = 5 \kappa A$ ni hisoblaymiz. Boshqa Pog'onalardagi tok va kuchlanishlar:

$$U_{\delta I} = 115 * \frac{38,5}{115} = 38,5 \text{ } \kappa B \quad I_{\delta I} = 5 * \frac{115}{38,5} = 15 \text{ } \kappa A$$

$$U_{\delta III} = 38,5 * \frac{6,6}{35} = 7,25 \text{ } \kappa B \quad I_{\delta III} = 15 * \frac{35}{6,6} = 79,5 \text{ } \kappa A$$

$$U_{\delta IV} = 115 * \frac{11}{115} = 11 \text{ } \kappa B \quad I_{\delta IV} = 5 * \frac{115}{11} = 52,3 \text{ } \kappa A$$

Mahlum formulalardan foydalanib, reaktiv qarshiliklarni hisoblaymiz:

$$X_1 = 0,4 * 60 * \frac{1000}{115^2} = 1,82$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$X_2 = 0,1075 \frac{1000}{40} = 2,69 \quad X_7 = 0,005 * \frac{1000}{4} * \left(\frac{10}{10}\right) = 1,25$$

SHunga o'xshash

$$X_3 = 1,56 \quad X_5 = 0,4 * 10 * \frac{1000}{38,5^2} = 2,7$$

$$X_4 = -0,06 \quad X_6 = 0,075 * \frac{1000}{6,3} * \left(\frac{35}{38,5}\right) = 9,83$$

Manbaning nisbiy kuchlanishi

$$U_C = \frac{117}{115} = 1,02$$

K₁ nuqtadagi QT tokining nisbiy qiymati:

$$I_{K_1} = \frac{1,02}{1,82 + 2,69 + 1,56} = 0,169$$

L₁ dagi tokning qiymati

$$I_{L1} = 0,169 * 5 = 0,845 \text{ kA}$$

I_{K1} ning haqiqiy qiymati

$$I_{K1} = 0,169 * 15 = 2,53 \text{ kA}$$

K₂ nuqtadagi QT tokining nisbiy qiymati

$$I_{K_{2*}} = \frac{1,02}{6,07 + 2,69 + 9,83} = 0,055$$

$$I_{L1} = 0,055 * 5 = 0,275 \text{ kA},$$

$$I_{L2} = 0,055 * 15 = 0,82 \text{ kA},$$

$$I_{K2} = 0,055 * 79,5 = 4,35 \text{ kA}.$$

K₃ nuqtadagi QT tokining nisbiy qiymati

$$I_{K_{3*}} = \frac{1,02}{1,82 + 2,69 + 1,25 - 0,06} = 0,179$$

$$I_{L1} = 0,179 * 5 = 0,895 \text{ kA}$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$I_{K3} = 0,179 \cdot 52,3 = 9,36 \text{ kA}$$

Ushbu bandda hisoblangan toklarning qiymati kutganimizdek, «a» bandda to'lgan toklarning qiymati bilan ustma–ust tushadi.

Talabalarga nisbiy birlikda tahminiy keltirish bandini mustaqil ishlab, natijalari, «b» banddagi toklarning qiymatiga mos kelganini o'z ko'zi bilan ko'rishi tavsiya qilinadi.

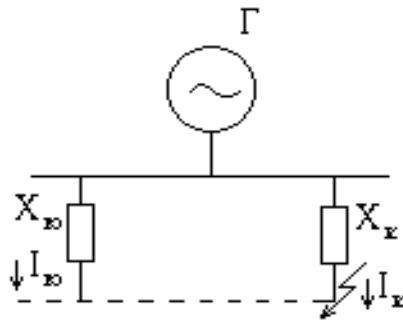
3-AMALIY MASHG'ULOT

Berilgan sistemaning tenglamalarini xar xil koordinatalar sistemasida ifodalash.

MASALANING SHARTI:

4–rasmda keltirilgan sxemada generator $K_s=0,65$ bilan nominal kuchlanish va 75% yuklama, $\cos\varphi=0,8$ va generatorning nominal sharoitiga nisbatan keltirilgan $X_k=0,58$ qiymatlari bilan ishlab turibdi.

MAQSAD: X_k qarshilik ortida 3 fazali QT hosil qilib, generatorni va QT nuqtasidagi toklarni qiymatini hisoblang. Ulangan yuklamaning (uni o'rtacha reaktivligi bilan ehtiborga oling) QT jarayoniga tahsirini baholang.



4.1–rasm. 3 fazali QT jarayoniga yuklamaning tahsirini

baholash uchun

Generatorning reaktivligi

$$X_a = \frac{1}{K_c} = \frac{1}{0,65} = 1,54$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

uning EYuK si

$$E_q = \sqrt{(U \cdot \cos \varphi)^2 + (U \sin \varphi + I \cdot X_d)^2} = \sqrt{1 \cdot 0,8^2 + (1 \cdot 0,6 + 1,54 \cdot 0,15)^2} = 1,94$$

Bu yerda: $I \cdot U = S_{yu} = I \cdot 1 = 0,75$

Yuklamaning generator quvvatiga nisbatan keltirilgan qiymati

$$X_{\Sigma} = 1,2 \cdot \frac{1}{0,75} = 1,6$$

Natijaviy reaktivlik

$X_{\Sigma} = (1,54/1,6) + 0,58 = 1,37$ va natijaviy EYuK

$$E_{\Sigma} = \frac{E_q \cdot X_{\Sigma} + E_{\Sigma} \cdot X_d}{X_{\Sigma} + X_d} = \frac{1,94 \cdot 1,6 + 0 \cdot 1,54}{1,6 + 1,54} = 0,99$$

Qisqa tutashuv natijasidagi tok

$$I_K = \frac{0,99}{1,37} = 0,72$$

Generator kuchlanishi

$U = 0,72 \cdot 0,58 = 0,42$ va toki

$$I = \frac{1,94 - 0,42}{1,54} = 0,98$$

Agar yuklamani uzib qo'yilsa, (oldingi EYuK saqlangan holda) u holda

$$I_K = I = \frac{1,94}{1,54 - 0,58} = 0,91$$

yahni, QT nuqtasidagi tok 26% ga ortadi, generatorki esa 7% ga kamayadi. Va nihoyat, agar generator qo'shimcha ravishda salt ishlash rejimida nominal kuchlanish bilan ishlaganda, u holda

$$I_K = I = \frac{1}{1,54 + 0,58} = 0,47$$

yahni yuqorida to'rilgan QT joyidagi tokning 65% ni, generator tokning 48% ni tashkil etadi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

primer 5–3).

MASALANING SHARTI: 110 kV li o'chirilgan liniyaning rele himoyasini tekshirish uchun stantsiya tomonidan 65 km masofada qisqa tutashtirgich qo'yilgan. SHu liniyadagi tok 250 A gacha yetkazilishi kerak. Manba sifatida 10,5 kV li va tekshirilayotgan liniyada quvvati 40 mVA, 121/10,5 kVli va $U_K=10,5\%$ transformator orqali ulangan generator ko'zda tutiladi.

MAQSAD: Generatorni eng kichik quvvati va uni nisbiy qo'zg'otilishini to'ish kerak. Bunda uni $K_S=1,06$ va tekshirish jarayonida stator toki bo'yicha 10 % qo'shimcha bklinish mumkinligini aniqlaymiz:

Avval stator zanjirining tashqi reaktivligi aniqlaymiz:

$$X = 0,4 \cdot 65 + 0,105 \frac{121^2}{40} = 64,4 \text{ OM}$$

Tekshirish jarayonida generator kuchlanish, ko'rinib turibdiki

$$U = \sqrt{3} \cdot 0,25 \cdot 64,4 \cdot \frac{10,5}{121} = 2,42 \text{ kV}$$

yoki

$$U = \frac{2,42}{10,5} = 0,23 \text{ qiyamatiga yetkazilishi kerak.}$$

Tekshiruv jarayonida generatorni ruxsat etilgan tok 1,1 ga teng bo'lganligi uchun, istalgan kuzatish toki.

$$I_1 = E_2 = U + IX_d = 0,23 + 1,1 \cdot \frac{1}{1,6} = 1,27 \text{ bo'lib, generatorning eng nominal quvvati}$$

$$\text{quyidagiga teng: } S_H = \sqrt{3} \cdot \left(\frac{0,25}{1,1} \cdot \frac{121}{10,5} \right) \cdot 10,5 = 48 \text{ MBA}$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

4-AMALIY MASHG'ULOT

Sistema elementlarining qisqa tutashuv tokining to'g'ri, teskari va nolinchi ketma-ketliklarini topishga oid masalalar yechish

Salt ishlash toki va salt ishlash kuvvat koefitsientini aniklang $\beta = 0,7$ va $\cos \varphi_2 = 1$, $\beta = 0,7$ $\cos \varphi = 0,75$ bulganda kuvvat koefitsienti $\cos \varphi$ ni aniklang birlamchi karshiliklar R_1 X_1 ikkilamchi chulg'am karshiliklari R_2 X_2 xisobiy karshiliklar R_0 X_0 Z_0 xamda magnit isrofi bulgan Δ ni aniklang yuklamasi $\beta = 0,8$ va $2 = \cos \varphi - 0,75$ bulganda transformatorning vektor diagrammasini kuring $U_2 f(\beta)$ va K'D $\eta = f(\beta)$ bog'liklik tashki xarakteristikasini kuring.

V a r i a n t

Berilgan:

Y/Y_0 ;

$S_n = 25 \text{ kVA}$;

$U_{1n} = 6000 \text{ V}$;

$U_{2n} = 230 \text{ V}$;

$U_k = 4,5\%$;

$\epsilon_k = 600 \text{ Vt}$;

$\epsilon_0 = 125 \text{ Vt}$;

$I_{0\%} = 3\%$; $I_{0\%} = I_{0\%}/100$

ECHIM.

Birlamchi chulg'am naminal tokni aniklaymiz

$$I_{1H} = \frac{S_H}{\sqrt{3}U_{1H}} = \frac{25 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 6000} = 2,4 A$$

Salt ishlash toki va $\cos \varphi_0$ ni aniklaymiz

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$I_0 = 0,03 I_{1H} = 0,03 \cdot 2,4 = 0,07 A$$

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3} U_{1H} I_0} = \frac{125}{\sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 0,07} = 0,17 \quad \varphi_0 = 80^\circ$$

Magnit isrofi burchagini topamiz

$$\delta = 90^\circ - \varphi_0 = 90^\circ - 80^\circ = 10^\circ \quad \sqrt{3} = 1,73$$

CHulgamlar karshiligini topamiz.

1) Kiska tutashuv karshiligi

$$Z_\kappa = \frac{P_{\kappa\phi}}{I_{\kappa\phi}} = \frac{0,045 \cdot 6000}{\sqrt{3} \cdot 2,4} = 65_{OM}$$

$$R_{\kappa\phi} = \frac{P_\kappa}{3 I_\kappa^2} = \frac{600}{3 \cdot 2,4^2} = 34_{OM}$$

$$X_\kappa = \sqrt{Z_\kappa^2 - R_{\kappa\phi}^2} = \sqrt{65^2 - 34^2} = 55_{OM}$$

2) Birlamchi chulgam karshiligi

$$R_1 = R_{12} = \frac{R_{\kappa\phi}}{2} = \frac{34}{2} = 17_{OM}$$

$$X_1 = X_{12} = \frac{X_\kappa}{2} = \frac{55}{2} = 27,5_{OM}$$

3) Ikkilamchi chulgam karshiligi

$$K = \frac{U_{1H}}{U_{2H}} = \frac{6000}{230} = 26$$

$$R_2 = \frac{R_{12}}{K^2} = \frac{17}{26^2} = 0,025_{OM}$$

$$X_2 = \frac{X_{12}}{K^2} = \frac{27,5}{26^2} = 0,04_{OM}$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

4) Magnitlanish zanjir karshiligini to'amiz

$$Z_0 = \frac{U_{\text{uf}}}{\sqrt{3}I_{\text{of}}} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 0,07} = 49546 \text{ oM}$$

$$R_0 = \frac{P_0}{3I_0^2} = \frac{125}{3 \cdot 0,07^2} = 8503 \text{ oM}$$

$$X_0 = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2} = \sqrt{49546^2 - 8503^2} = 48811 \text{ oM}$$

Transformator uchun $U_2 = f(\beta)$ tashki xarakteristikasini kurish uchun ikkilamchi chulgamdagi kuchlanish isrofini to'amiz.

$$\Delta U_2 \% = \beta (U_a \% \cos \varphi + U_p \% \sin \varphi_2) = 0,45(2,35 \cdot 0,75 + 3,8 \cdot 0,66) = 0,45(4,3) = 1,9\%$$

Bu yerda;

$$U_a \% = U_{\kappa} \% \frac{R_{\kappa\phi}}{Z_{\kappa}} = 4,5 \frac{34}{65} = 2,35\%$$

$$U_{\kappa} \% = \sqrt{(U_{\kappa} \%)^2 - (U_a \%)^2} = \sqrt{4,5^2 - 2,35^2} = 3,8\%$$

Transformatorning ikkilamchi chulgamidagi kuchlanish isrofini to'amiz.

$$U_2 = \frac{U_{2H}}{100} (100 - \Delta U_2 \%) = \frac{230}{100} (100 - 1,9) = 226 \text{ B}$$

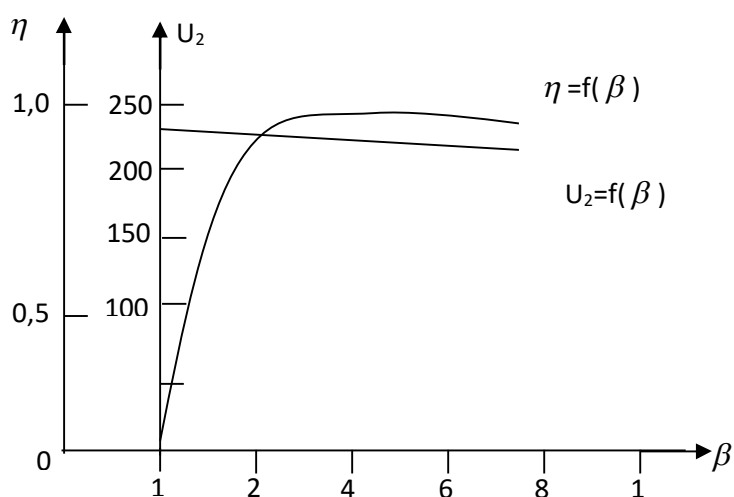
Foydali ish koeffitsienti $\eta = f(\beta)$ bogliklik grafigini aniklash uchun quyidagilarni xisoblaymiz.

$$\eta = \frac{\beta S_H \cos \varphi_2}{\beta S_H \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 \cdot P_{\kappa}} = \frac{0,45 \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot 0,75}{0,45 \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot 0,75 + 125 + 0,45^2 \cdot 600} = 0,97$$

β ning xar xil kiymatlarida quyidagi jadvalni tuldiramiz va $U_2 = f(\beta)$; $\eta = f(\beta)$ grafiklarini kuramiz.

O'TKINCHI JARAYONLAR

β	0,1	0,2	0,3	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\Delta U_2 \%$	0,43	0,86	1,29	1,9	2,15	2,58	3,01	3,44	3,87	4,3
U_2	229	228	227	226	225	224	223	222	221	220
η	0,94	0,95	0,96	0,972	0,975	0,96	0,95	0,945	0,94	0,93



Rasm 1.1.

Tarnsformatorning maksimal yuklamasidagi faydali ish ko'effitsientining maksimal qiymatini to'amiz.

$$\beta_{\max} = \sqrt{\frac{P_0}{P_{\kappa}}} = \sqrt{\frac{125}{600}} = 0,45$$

Tarnsformatorning vektor diagrammasini kurish uchun fazadagi kuchlanish vektori $U_{2\phi}^1 = U_2^1$ bulib $\beta = 0,8$ va $\cos \varphi_2 = 0,75$ ga teng xolatida.

$$U_{2\phi} = \frac{U_2}{\sqrt{3}} \quad U_{2\phi} = \frac{226}{\sqrt{3}} = 130B$$

Ikkilamchi chulg'am keltirilgan kuchlanishi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$U_{2\phi}^1 = U_{2\phi} \cdot K = 130 \cdot 26 = 3380 B$$

Tok vektori $I_{2\phi}^1$ kuchlanish vektori $U_{2\phi}^1$ dan δ burchakka orkaga koladi

$$I_2 = 0,8 I_{2H} = 0,8 \frac{S_H}{\sqrt{3} U_{2H}} = 0,8 \frac{25 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 230} = 50 A$$

$$I_2^1 = \frac{I_2}{K} = \frac{50}{26} = 1,9 A$$

Ikkilamchi chulgam kuchlanish tushuvi

$$R_2^1 I_2^1 = 17 \cdot 1,9 = 32 B$$

$$X_2^1 I_2^1 = 27,5 \cdot 1,9 = 52 B$$

Elektr yurutuvchi kuch

$$E_2^1 = U_2^1 + R_2^1 I_2^1 + X_2^1 I_2^1 = 3380 + 32 + 52 = 3464 B$$

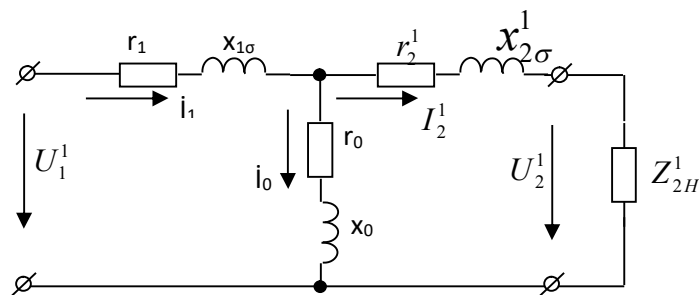


Рис. 1.2.

Birlamchi chugam toki

$$I_1 = I_0 + (-I_2^1) = 0,07 + (-1,9) = 1,83 A$$

Bu yerda

$$I_2^1 = \frac{I_2}{K} = \frac{50}{26} = 1,9 A$$

Birlamchi chulgam kuchlanish vektori

O'TKINCHI JARAYONLAR

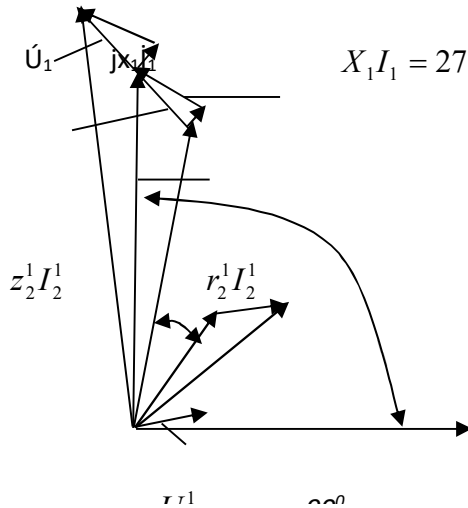
$$U_1 = -E_2^1 + R_1 I_1 + \gamma X_1 I_1 = -3464 - 31 - 50 = -3545B$$

Bu yerda

$$E_2^1 = -E_1 = -3464B$$

$$R_1 I_1 = 17 \cdot (-1,83) = 31B$$

$$X_1 I_1 = 27,5 \cdot (-1,83) = 50B$$



5-AMALIY MASHG'ULOT

Sistema tugunlarida bir karali nosimmetrik va simmetrik qisqa tutashuvlar uchun tok va kuchlanishni aniklashga doir masala yechish.

Qisqa tutashtirilgan rotorli
asinxrin dvigatelning nominal kuvvati

$$P_n = 10 \kappa B m,$$

Naminal kuchlanishi

$$U_n = 380B,$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

Rotorning aylanish tezligi

$$n_n = 1420 \text{ ayl /min,}$$

Naminal F.I.K.

$$\eta_n = 0,84$$

va naminal kuvvat koefitsienti

$$\cos \varphi_n = 0,85.$$

Ishga tushuruvchi tok kirraligi

$$I_n / I_n = 6,5,$$

Dvigatelning yuklanish kobiliyati esa

$$\lambda = 1,8.$$

Aniklash kerak:

- 1) Istemol kiladigan kuvvat ;
- 2) Naminal va kritik aylantiruvchi momentlar;
- 3) Ishga tushiruvchi tok;
- 4) Nominal va kritik sir'anishi. Mexanik tavsifini kurish

$$M = f(s) \text{ i } n = f(M).$$

ECHIM:

Istemol kiladigan kuvvat

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$P_{1H} = \frac{P_H}{\eta_H} = \frac{10}{0,84} = 11,9 \text{кВт}.$$

Nominal va kritik aylantiruvchi momentlar:

$$M_H = 9550 \frac{P_H}{n_H} = 9550 \frac{10}{1420} = 67,3 \text{Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_M = \lambda M_H = 1,8 \cdot 67,3 = 121 \text{Н} \cdot \text{м}.$$

Nominal va ishga tushiruvchi toklari:

$$I_H = \frac{P_{1H}}{\sqrt{3} U_H \cos \varphi_H} = \frac{11,9 \cdot 1000}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,84} = 21,2 \text{А};$$

$$I_n = 6,5 I_H = 6,5 \cdot 21,2 = 138 \text{А}.$$

Nominal va kritik sir'anishi:

$$s_H = \frac{n_0 - n_H}{n_0} = \frac{1500 - 1420}{1500} = 0,053;$$

$$s_n = s_H (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) = 0,053 (1,8 + \sqrt{1,8^2 - 1}) = 0,175.$$

Mexanik tavsiflari quyidagi

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$M = f(s)$$

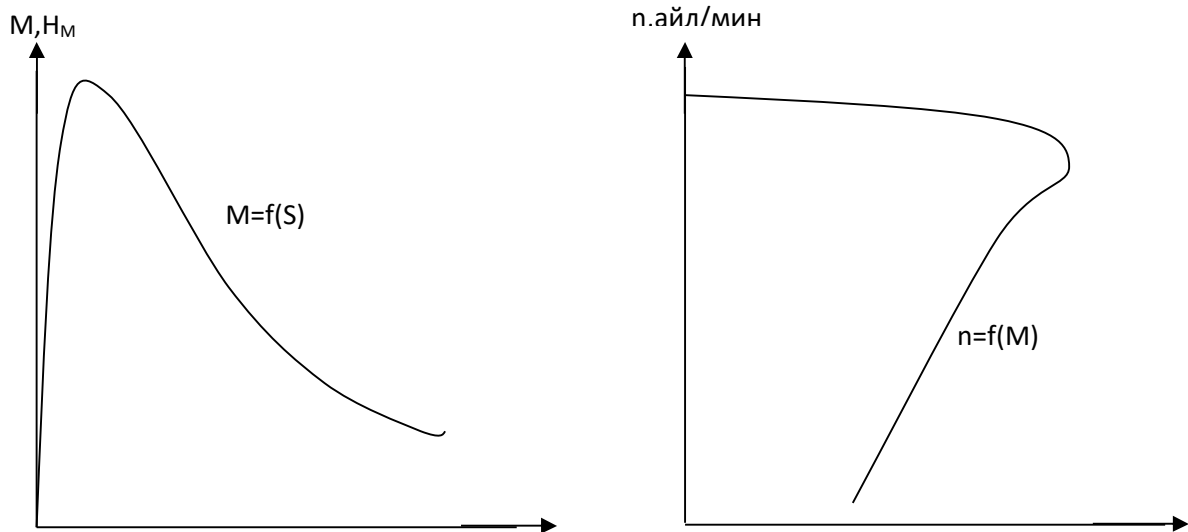
tenglama buyicha kuriladi.

$$M = \frac{242}{\frac{0,175}{s} + \frac{s}{0,175}}.$$

№ ‘/’	S	n ayl/min	$M, H \cdot m$
1	0,053	1420	67,3
2	0,4	1350	104,3
3	0,175	1238	121,0
4	0,2	1200	120,5
5	0,3	1050	105,3
6	0,4	900	88,8
7	0,5	750	75,5
8	0,6	600	65,2
9	0,7	450	57,0
10	0,8	300	50,5
11	0,9	150	45,5
12	1,0	0	41,2

Sir'anish 0 dan birgacha berilib, aylantiruvchi momentni xisoblaymiz. Tenglamadan rotorni aylanish tezligini aniklaymiz. Xisobiy berilganlar jadvalga keltirilgan Jadvalda berilganlar buyicha kurilgan tavsif kuyidagicha kursatilgan.

O'TKINCHI JARAYONLAR



6-AMALIY MASHG'ULOT

Sistemada oddiy qisqa tutashuvni xisoblashga doir masala yechish.

MASALA SHARTI: Berilgan sxemada liniyadagi bir fazali QT tokining eng kichik boshlang'ich qiymati aniqlansin.

Elementlarning reaktivliklari va generatorning EYuK lari sxemada ko'rsatilgan, ular nisbiy birlikda $S_b=100 \text{ mV.A}$, $U_b=U_{o'rt}$. Bazis shartlari uchun hisoblangan.

Tokning to'g'ri va nulli tashkil etuvchilarining hisoblash sxemalari ham quyida ko'rsatilgan. Unda $h \text{ tr-r } T-1$ dan liniyadagi QT joyigacha bo'lgan masofani egallaydi. Tokning teskari tashkil etuvchining sxemasi ham to'g'ri tashkil etuvchi sxemasi singari bo'lib, unda $Y_e=0$ va U_{K1} o'rniga U_{K2} ga qo'yiladi.

QT joygacha bo'lgan natijaviy reaktivlik.

$$X_{1\Sigma}=0,15+0,12+0,3 \cdot n=X_{22}$$

$$X_{O_\Sigma} = \frac{(0,12+1,2n)[0,12+1,2(1-n)]}{0,12+1,2+0,2} = 0,11+n-n^2$$

Izlanayotgan tokning minimal qiymati $X_\Sigma^{(1)}$ ning maksimal qiymatiga to'g'ri keladi. $X_\Sigma^{(1)}$ ning eng katta qiymatini

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$X_{\Sigma}^{(1)} = X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma} = 0,54 + 0,6n + 0,11 + n - n^2 = 0,65 + 1,6n - n^2$$

Quyidagi shartdan to'amiz:

$$\frac{dX_{\Sigma}^{(1)}}{dn} = 1,6 - 2n = 0$$

Bu yerdan

$$n = \frac{1,6}{2} = 0,8$$

SHuning uchun

$$X_{\Sigma_{\max}}^{(1)} = 0,65 + 1,6 \cdot 0,8 - 0,8^2 = 1,29$$

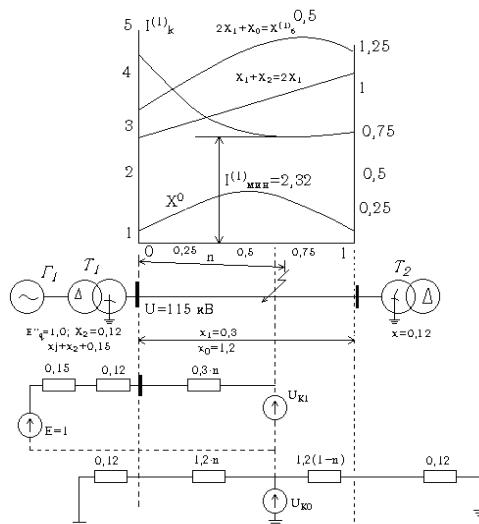
Izlanayotgan tok

$$I_{*K}^{(1)} = 3 \cdot \frac{1}{1,29} = 2,32 \text{ yoki}$$

$$I_K^{(1)} = 2,32 \cdot \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 115} = 1,16 \text{ kA}$$

6-rasmda $X_{\Sigma}^{(1)}$ (va uning tashkil etuvchilari) va $I_K^{(1)}$ ning liniyadagi QT sining o'rniga bog'liq o'zgarishi ko'rsatilgan.

SHuni aytib o'tish kerakki, agar T_1 ni neytrali uzib qo'yilsa, liniya uchun $X_0 = 2 \cdot X_1$ u holda bir fazali QT da bo'ladi.



6-rasm.

Mustaqil ishlash uchun talabalarga quyidagi tartibda variant tavsiya etiladi

O'TKINCHI JARAYONLAR

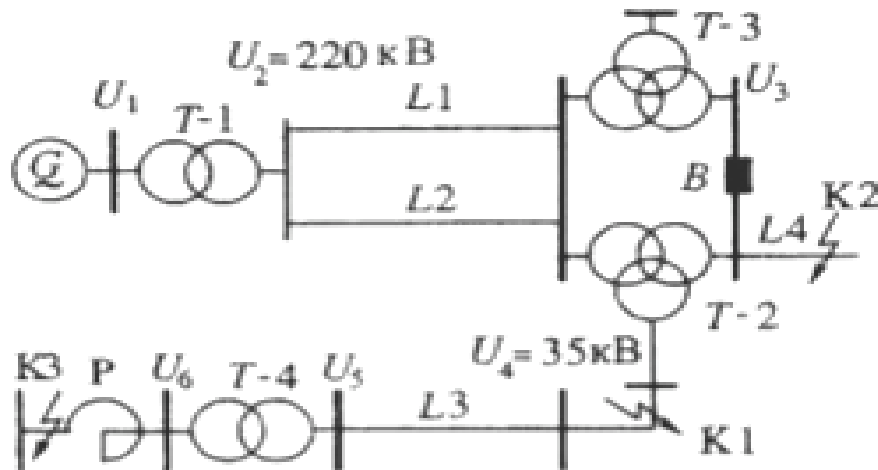
№	$X_d''=X_2$	X_{T1}	X_{T2}	X_1	X_0	n
1.	0,14	0,11	0,115	0,25	4x	0,75
2.	0,15	0,13	0,13	0,4	3,5x	0,76
3.	0,12	0,09	0,095	0,2	4x	0,8
4.	0,1	0,08	0,08	0,2	3,5x	0,9
5.	0,13	0,105	0,10	0,3	3x	0,85
6.	0,12	0,10	0,105	0,25	4x	0,84
7.	0,16	0,13	0,35	0,35	3x	0,78
8.	0,17	0,14	0,14	0,4	3x	0,61
9.	0,165	0,14	0,14	0,38	3x	0,7
10.	0,125	0,11	0,1	0,4	3x	0,8
11.	0,135	0,125	0,125	0,35	3x	0,9
12.	0,11	0,0,8	0,08	0,25	4x	0,85
13.	0,16	0,11	0,11	0,4	3x	0,86
14.	0,12	0,9	0,9	0,3	4x	0,88
15.	0,125	0,095	0,095	0,35	3,5x	0,81
16.	0,14	0,12	0,12	0,42	3x	0,8
17.	0,10	0,07	0,07	0,25	4x	0,8
18.	0,105	0,065	0,065	0,25	4x	0,75
19.	0,15	0,11	0,11	0,35	3x	0,8
20.	0,165	0,13	0,13	0,45	3x	0,8

O'TKINCHI JARAYONLAR

7-AMALIY MASHG'ULOT

Elektr sistema tugunlaridagi berilgan qisqa tutashuv turi bo'yicha tok va kuchlanishlarni xisoblash va vektor diagrammalarini kurish.

Berilgan: elektr stantsiya sxemasida aniq va taqribiy birliklarda keltirilgan. Generator dastlab yuklamasiz dastlab yuklamasiz nominal kuchlanish bilan ishlagan deb xisoblab uch fazali qisqa tutashuvda boshlang'ich yuqori o'tish to'kini aniqlang.



Sxema elementining parametirlari:

Generator G: $S_{nom}=176,5$ MBA. $U_{nom}=15,75$ kV $x_d^n=15$

Transformator T-1: $S_{Hom}=180$ MBA. 242/15.75 kV, $U_k=12\%$.

Transformator T-2, T-3 $S_{Hom}=90$ MBA. 220/38.5/11 kV $U_{BC}=12\%$ $U_{BM}=20\%$. $U_{Cm}=8\%$.

Transformator T-4 $S_{Hom}=60$ MBA. 35/6.6 kV. $U_k=10.5\%$

Liniya L1.L2: $l=110$ km. $X_0=0.4$ om/km

Liniya L3: $l=30$ km. $X_0=0.4$ om/km.

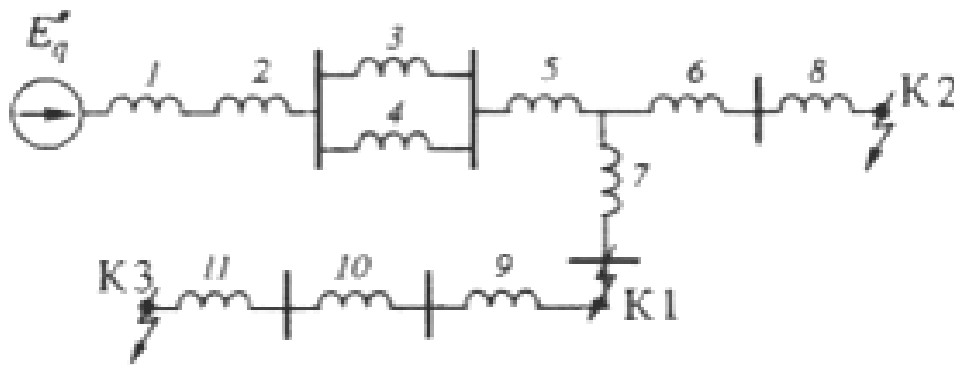
Liniya L4(kabelg'): $l=2.5$ km $X_0=0.08$ om/km

Reaktor: $U_{Hom}=6$ kV. $I_{Hom}=500$ A. $x=5\%$

Echish:

O'TKINCHI JARAYONLAR

1 Almashtirish sxemalarini xisoblash.



2. Nomlangan birliklarda xisoblash.

Transformatorning yuqori kuchlanishli shinasining asosiy bosqichi sifatida T-1 $U_{asos}=220$ kVni qabul qilamiz transformatsiya koeffitsientini xisobga olganda keltirilgan reaktiv qarshiligining quyidagi qiymatini aniqlaymiz:

$$X_1 = x_d^a \frac{u_{nom}^2}{S_{nom}} (k_n)^2 = 0.15 \frac{15.75}{176.5} \left(\frac{242}{15.75} \right)^2 = 49.8 \text{ om},$$

$$x_2 = \frac{u_k \% u_{nom}^2}{100 S_{nom}} = \frac{12242^2}{100180} = 39 \text{ om}. \quad x_3 = x_4 = x_{01} = 0.4 * 110 \text{ om}$$

$$x_5 = \frac{u_k u_{nom}^2}{100 S_{nom}} = \frac{12}{100} \frac{220^2}{90} = 64.5 \text{ om}$$

bu yerda $U_K = 0.5(U_{KA-C} + U_{KC-H}) = 0.5(12 + 20 - 8) = 12\%$

$$X_6 = \frac{U_{KM}}{100} \frac{U_{NOM}^2}{S_{NOM}} = \frac{8}{100} \frac{220^2}{90} = 43 \text{ OM}$$

bu yerda $U_{KM} = 0.5(U_{KB-H} + U_{KC-H}) = 0.5(20 + 12 - 8) = 8\%$

$$X_1 = \frac{U_{KC} U_{NOM}^2}{100 S_{NOM}} = 0$$

bu yerda $U_{KC} = 0$

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$X_8 = x_0 l_4 (k_{t2})^2 = 0.08 * 2.5 \left(\frac{220}{11}\right)^2 = 80 \text{om}.$$

$$x_9 = x_0 l_3 (k_{t2})^2 = 0.4 * 30 \left(\frac{220}{38.5}\right)^2 = 392 \text{om}.$$

$$x_{10} = \frac{u_k \%}{100} \frac{u_{nom}^2}{s_{nom4}} (k_{t2})^2 = \frac{10.5}{100} \frac{35^2}{60} \left(\frac{220}{38.5}\right)^2 = 70 \text{om}.$$

$$x_{11} = \frac{x_p \%}{100} \frac{u_{nom}}{\sqrt{3} I_{nom}} (k_{t1} k_{t2})^2 = \frac{5}{100} \frac{6}{\sqrt{3} 30.5} \left(\frac{35220}{6.638.5}\right)^2 = 318 \text{om}$$

Generatordagi EYuK ni faza qiymati

$$E_q^n = u_{nom} k_{t1} = 15.75 \frac{242}{\sqrt{3} 15.75} = 139.8 \text{kB}$$

K1 nuqtadagi qisqa tutashuv boshlang'ich yuqori o'tish toki.

$$I_{k1}^n = \frac{E_q^n}{x_{t3}} = \frac{139.8}{175.3} = 0.79 \text{kA}$$

bu yerda $x_{1e} = x_1 + x_2 + x_3 // x_4 + x_5 + x_7 = 175.3 \text{om}$

K1 nuqtadagi qisqa tutashuv toki (38,5kV).

$$I_{k1}'' = I_{k1}^n \frac{1}{k_{t2}'} = 0.79 \frac{220}{38.5} = 4.5 \text{kB}$$

$$\text{K2 nuqta} \quad I_{k2}'' = \frac{E_q^n}{x_{2E}} = \frac{139.8}{298.3} = 0.47 \text{B}$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

Bu yerda $x_{2E}=x_1+x_2+x_3//x_4+x_5+x_6+x_8=298.3 \text{ Om}$

Qisqa tutashuv o'tish toki (11kV).

$$I''_{k2} = I''_{k2} \frac{1}{k_{t2}} = 0.47 \frac{220}{11} = 9.4 \text{ kA}$$

K3 nuqta

$$I''_{k3} = \frac{E_q^n}{x_{2E}} = \frac{139.8}{955.3} = 0.146 \text{ kA}$$

Bu yerda $x_{3E}=x_1+x_2+x_3//x_4+x_5+x_7+x_9+x_{10}+x_{11}=955,3 \text{ om}$

(6,6kV) li pog'onada qisqa tutashuv toki

$$I''_{k3} = I''_{k3} \frac{1}{k_{t2}} \frac{1}{k_{t4}} = 0.146 \frac{220}{38.5} \frac{35}{6.6} = 4.4 \text{ kA}$$

3.Nomlangan birlikda hisoblash.

O'rnatilgan shkala bilan mos holda Transformatsiya pog'onasi o'rtacha kuchlanish.

$U_1=15.75 \text{ KB. } U_2=230\text{KB. } U_3=10.5 \text{ kV } U_4=37 \text{ kV } U_6=63\text{kV}$

230kV o'tkazgich pog'onasidan keyingi qarshilik qiymati.

$$x_1 = 0.15 \frac{230^2}{176.5} = 45 \text{ om} \quad x_2 = \frac{12}{100} \frac{230^2}{180} = 35.4 \text{ om}$$

$$x_3=x_4=0,4*110=44 \text{ om.}$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$x_5 = \frac{12}{100} \frac{230^2}{90} = 70.7 \text{ om}$$

$$x_6 = \frac{12}{100} \frac{230^2}{90} = 47.1 \text{ om}$$

$$x_1 = 0.$$

$$x_8 = 0.08 * 2.5 \left(\frac{230}{10.5} \right)^2 = 96 \text{ om}$$

$$x_9 = 0.4 * 30 \left(\frac{230}{37} \right)^2 = 463 \text{ om}$$

$$x_{10} = \frac{10.5}{100} \frac{37^2}{60} \left(\frac{230}{37} \right)^2 = 92.6 \text{ om}$$

$$x_{11} = \frac{5}{100} \frac{6}{\sqrt{30.5}} \left(\frac{230}{6.3} \right)^2 = 464 \text{ om}$$

Generatordagi EYuK ni faza qiymati

$$E_Q^N = 15.75 \frac{230}{\sqrt{31575}} = 132.5 \text{ kV}$$

K1 nuqtadagi asosiy o'tish toki

$$I_{k1}^n = \frac{1325}{173.1} = 0.76 \text{ kA}$$

Bu yerda

$$x_{E1} = 45 + 35.4 + \frac{44}{2} + 70.7 = 173.1 \text{ om}$$

Qisqa tutashuv nuqtadagi boshlanfich o'tish toki. (37 kV);

$$I_{k1}^b = 0.76 \frac{230}{37} = 4.72 \text{ kA},$$

K2 nuqta

$$I_{k2}^b = \frac{1325}{3162} = 0.42 \text{ kA},$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$\text{Bu yerda } x_{E2} = 45 + 35.4 + \frac{44}{2} + 70.7 + 47.1 + 96 = 316.2 \text{ om}$$

Qisqa tutashuv nuqtadagi boshlanish o'tish toki. (10,5kV);

$$l_{k2}^n = 0.42 \frac{230}{10.5} = 9.18 \text{ kB}$$

KZ nuqta

$$l_{k3}^n = \frac{132.5}{1192.7} = 0.11 \text{ kA}$$

$$\text{Bu yerda } x_{E3} = 45 + 35.4 + \frac{44}{2} + 70.7 + 46.3 + 92.6 + 46.4 = 1192.7 \text{ om}$$

$$l_{k3}^n = 0.11 \frac{230}{6.3} = 4.06 \text{ kB}$$

4. Nisbiy birliklarda aniq hisoblash.

Bazis o'rtacha quvvat $S_6=1000$ MBA bazis kuchlanish $U_{61}=220$ kV bazis kuchlanishi va keyingi bosqichga o'tish:

$$u_{62} = \frac{u_{61}}{k_1} = 220 \frac{1575}{242} = 143 \text{ KB}$$

$$u_{63} = \frac{u_{611}}{k_{2c}} = 220 \frac{385}{220} = 385 \text{ KB}$$

$$u_{64} = \frac{u_{61}}{k_{2H}} = 220 \frac{11}{220} = 1 \text{ KB}$$

$$u_{65} = \frac{u_{61}}{k_1 k_3} = 220 \frac{385}{220} \cdot \frac{6.6}{35} = 7.26 \text{ KB}$$

qisqa tutashuv poxonasida bazis quvvati

O'TKINCHI JARAYONLAR

Bazis o'rtacha

$$I_{63} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{63}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 38.5} = 15 \text{ kA},$$

$$I_{64} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{64}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 11} = 52.5 \text{ kA},$$

$$I_{65} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{65}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 7.26} = 79.5 \text{ kA}.$$

Reaktiv qarshilikdagi nisbiy qiymatlari

$$x_1 = x_d' \frac{S_6}{S_{\text{nom}}} \left(\frac{U_{\text{nom}}}{U_{62}} \right)^2 = 0.15 \frac{1000}{176.5} \left(\frac{15.75}{14.3} \right)^2 = 1.03,$$

$$x_2 = \frac{U_{\text{K}} \%}{100} \frac{S_6}{S_{\text{nom}}} \left(\frac{U_{\text{n}}}{U_{61}} \right)^2 = \frac{12}{100} \frac{1000}{180} \left(\frac{242}{220} \right)^2 = 0.81,$$

$$x_3 = x_4 = x_{01} \frac{S_6}{U_{61}^2} = 0.4 \cdot 110 \frac{1000}{220^2} = 0.91,$$

$$x_5 = \frac{U_{\text{K.n}} \%}{100} \frac{S_6}{S_{\text{nom}}} \left(\frac{U_{\text{nom}}}{U_{61}} \right)^2 = \frac{12}{100} \frac{1000}{90} = 1.33,$$

$$x_6 = \frac{U_{\text{K.n}} \%}{100} \frac{S_6}{S_{\text{nom}}} \left(\frac{U_{\text{nom}}}{U_{61}} \right)^2 = \frac{8}{100} \frac{1000}{90} = 0.89,$$

$$x_7 = 0, \quad x_8 = x_{04} \frac{S_6}{U_{64}^2} = 0.08 \cdot 2.5 \frac{1000}{11^2} = 1.65,$$

$$x_9 = x_{03} \frac{S_6}{U_{63}^2} = 0.4 \cdot 30 \frac{1000}{38.5^2} = 8.1,$$

$$x_{10} = \frac{U_{\text{K}} \%}{100} \frac{S_6}{S_{\text{nom}}} \left(\frac{U_{\text{nom}}}{U_{63}} \right)^2 = \frac{10.5}{100} \frac{1000}{60} \left(\frac{35}{38.5} \right)^2 = 1.45,$$

$$x_{11} = \frac{x_{\text{p}} \%}{100} \frac{I_{65}}{I_{\text{nom}}} \frac{U_{\text{n}}}{U_{65}} = \frac{5}{100} \frac{79.5}{0.5} \frac{6}{7.26} = 6.56.$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

EYK dagi nisbiy qiymati

$$E_q' = \frac{15.75}{14.3} = 1.1.$$

K1 nuqtadagi yuqori o'tish toki

$$I_{K1}' = \frac{E_q'}{x_{\Sigma 1}} = \frac{1.1}{3.62} = 0.3,$$

$$x_{\Sigma 1} = 1.03 + 0.81 + \frac{0.91}{2} + 1.33 = 3.62.$$

bu yerda

Nomlangan birliklarda qisqa tutashuv tokini qiymati.

$$I_{K1}' = I_{K1}' I_{63} = 0.3 \cdot 15 = 4.5 \text{ kA},$$

KA-2 nuqta

$$I_{K2}' = \frac{E_q'}{x_{\Sigma 2}} = \frac{1.1}{6.16} = 0.18,$$

bu yerda

$$x_{\Sigma 2} = 1.03 + 0.81 + \frac{0.91}{2} + 1.33 + 0.89 + 1.65 = 6.16.$$

-

Nomlangan birliklarda tok qiymati

$$I_{K2}' = I_{K2}' I_{64} = 0.18 \cdot 52.5 = 9.4 \text{ kA},$$

KA-3 nuqta

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$I_{K3}'' = \frac{E_q''}{x_{\Sigma 3}} = \frac{1.1}{19.73} = 0.056,$$

bu yerda $x_{\Sigma 2} = 1.03 + 0.81 + \frac{0.91}{2} + 1.33 + 8.1 + 1.45 + 6.56 = 19.73.$

Nomlangan birliklarda tok qiymati

$$I_{K3}'' = I_{K3}'' I_{65} = 0.056 \cdot 79.5 = 4.4 \text{ kA}.$$

5. Nisbiy birliklarda har-bir pog'onada hisoblash.

$$U_{61} = 230 \text{ kV}, U_{62} = 15.75 \text{ kV}, U_{63} = 37 \text{ kV}, U_{64} = 10.5 \text{ kV}, U_{65} = 6.3 \text{ kV}.$$

$$S_{66} = 1000 \text{ MVA}$$

O'tish bazis kuchlanishi ha

$$I_{63} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 37} = 15.6 \text{ kA}, \quad I_{64} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10.5} = 55 \text{ kA},$$

$$I_{65} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6.3} = 91.5 \text{ kA}.$$

Bu holatda qarshiliklarni hisoblash qisman soddalashadi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$x_1 = x'_d \frac{S_6}{S_n} = 0.15 \frac{1000}{176.5} = 0.85, \quad x_2 = \frac{12}{100} \frac{1000}{180} = 0.67,$$

$$x_3 = x_4 = 0.4 \cdot 110 \frac{1000}{230^2} = 0.83, \quad x_5 = \frac{12}{100} \frac{1000}{90} = 1.33,$$

$$x_6 = \frac{8}{100} \frac{1000}{90} = 0.89, \quad x_7 = 0, \quad x_8 = 0.08 \cdot 2.5 \frac{1000}{10.5} = 1.82,$$

$$x_9 = 0.4 \cdot 30 \frac{1000}{37^2} = 8.8, \quad x_{10} = \frac{10.5}{100} \frac{1000}{60} = 1.75, \quad x_{11} = \frac{5}{100} \frac{91.5}{0.5} \frac{6}{6.3} = 8.7.$$

EYK dagi nisbiy qiymati

$$E'_q = \frac{15.75}{15.75} = 1.$$

K1 nuqtadagi boshlang'ich yuqori o'tkinchi

$$I'_{K1} = \frac{E'_q}{x_{\Sigma 1}} = \frac{1.1}{3.62} = 0.3,$$

$$x_{\Sigma 1} = 1.03 + 0.81 + \frac{0.91}{2} + 1.33 = 3.62.$$

bu yerda

Nomlangan birliklarda tok qiymati

$$I'_{K1} = 0.3 \cdot 15.6 = 4.8 \text{ kA, в точке K2 } I'_{K2} = \frac{1}{5.97} = 0.167,$$

bu yerda

$$x_{\Sigma 2} = 0.85 + 0.67 + 0.415 + 1.33 + 0.89 + 1.82 = 5.97; \quad I'_{K2} = 0.167 \cdot 55 = 9.2 \text{ kA,}$$

$$I'_{K3} = \frac{1}{22.5} = 0.044,$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

KA-3 nuqta

bu yerda

$$x_{\Sigma 3} = 0.85 + 0.67 + 0.415 + 1.33 + 8.8 + 1.75 + 8.7 = 22.5;$$

$$I'_{K3} = 0.044 \cdot 91.5 = 4.1 \text{ kA.}$$

A D A B I Y o T L A R

1. Volg'dek A. I. «Elektricheskie mashink» Moskva. Energiya, 1974.
2. Ivanov-Smolinskiy A.V Elektricheskie mashink, «Energiya», 1980y.
3. Torontsev N.D. «‘rimeneniye trexfaznogo asinxronnogo dvigatelya v sxeme odnofaznogo vklyucheniya s kondensatorom», Gosenergozdat, M.
4. Kosteng'ko G.N. 'iotrovskiy L.M. «Elektricheskie mashink», L, 1972 g.
5. Volg'dek A.I. «Elektricheskie mashink», L, 1978 g.
6. Katsman M.M. «Elektricheskie mashink», M, 1983 g.
7. Ko'ilov I.'. «Elektricheskie mashink», L, 1986 g.
8. Ko'ilova I. «‘roektirovanie. Elektricheskie mashink», M: 1980g.
9. Tixomirov 'M. «Raschyot transformatorov», M. 1986 g.
10. [htt':ggwww.e'ruddia.ru](http://ggwww.e'ruddia.ru)
11. [htt':ggwww.i-en.ru](http://ggwww.i-en.ru)

O'TKINCHI JARAYONLAR

KURS ISHI MAVZULARI

Qisqa tutashuv toklarni hisoblashga oid umumiy metodik tavsiyalar

O'TISH JARAYONLARI fanidan kurs ishida va bitiruv malakaviy ishdagi **qisqa tutashuv toklar hisoblashni** bajarish uchun uslubiy ko'rsatmalar.

Kurs ishi va bitiruv malakaviy ishlarni mavzulari bo'yicha rahbar bergan topshiriqlarda ko'pincha qisqa tutashuv toklarni hisoblash ko'zda tutiladi, chunki buni natijalari energetik asbob-uskunalar, o'tkazgichlar, tizimdagi zaminlangan neytrallar sonini tanlash, releli himoya va avtomatikani loyixalash va sozlash, ularga baho berishda muhim ma'lumotlar hisoblanadi va natijalar loyixa va ishni bajarishdagi keyingi boblarda ishlatiladi.

Kuchlanishi 1000 V-dan yuqori o'zgaruvchan tok uskunalarida qisqa tutashuv toklar hisobi GOST 27514-87-ga binoan bajariladi [1].

Ma'lum bo'lganidek, qisqa tutashuv toki:

$$I_k = E_Z / \sqrt{3} \cdot Z_Z \quad (1)$$

ifodada E_Z va Z_Z o'rindosh sxemani yig'indi **EYuK** va qarshiliklari. Generator va yuklamalarni **EYuK**, qarshiliklari qiymatlari **q.t.** sodir bo'lgan vaqtdan boshlangan o'tkinchi jaraenni ko'rilayotgan vaqtga bog'liq.

Hisoblar aniqligi va, demak, qabul qilinayotgan taxminlar hisobni maqsadiga bog'liq. **Q.t.** toklarni hamma turdagi hisoblari, shuning ichida o'quv loyixalashda ham, quyidagi taxminlarga yo'l qo'yiladi: davomiyligi 0,5 s-dan oshmaydigan **q.t.**-larda elektromexanik o'tkinchi jaraenlar hisobga olinmaydi; yuklamalar taxminan olinadi; elementlarni faqat reaktiv qarshiliklari hisobga olinadi (yuqori voltli liniyalar uchun X_L -ni liniyani to'la qarshiligigacha ko'paytirish yo'li bilan aktiv qarshiliklar ham hisobga olinishi mumkin); transformatorlarni magnitlovchi toklari hisobga olinmaydi, ammo transformatorlarni ba'zi bir konstuktsiyalarida ularni nol ketma-ketlik sxemalarida hisobga olinadi; liniyalarni sig'imi o'tkazuvchanligi hisobga olinmaydi (110-220 kV-li, uzunligi 200 km-dan va 330-500 kV-da 150 km-dan oshmaganda va kuchlanishi 110 kV-dan past kabel liniyalarda) [1].

Hisoblar aniqligini oshirish uchun ba'zi taxminlar olib tashlanadi, masalan elementlarni aktiv qarshiliklari hisobga olinadi va hokazo.

Energotizimlar rivojlanishi bilan birga **q.t.** toklar darajasi oshib boradi va bu apparat va uskunalariga bo'lgan talablarni oshiradi. SHuning uchun **q.t.** toklarni cheklash qator usullari va vositalari qo'llaniladi [8], **q.t.** toklar darajasi quyidagi qiymatlardan oshmasligi uchun: 110-150 kV-da—31,5 kA; 220-330 kV—40 kA; 500–750 kV—63 kA [1, 8].

Kurs loyixasi va bitiruv malakaviy ishi o'quv loyixalash bo'lib, bunda **q.t.** toklari hisoblashni amaliy usullari qo'llaniladi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

O'quv loyixalashda **q.t.** toklarni elektr uskunalarni tanlash uchun topish tavsiya etiladi va buning uchun shikastlanish joyiga oqib kelayatgan tok topishni bilish kifoya. Bunda hisobni asosiy maqsadi **q.t.** tokini tarmoqni eng og'ir rejimi uchun davriy tashkil etuvchisini topishdan iborat, nodavriy tashkil etuvchisini hisobga olish taxminiy bo'ladi, bunda u ko'rilyatgan fazada maksimal qiymatga ega deb hisoblanadi.

Aslini olganda ko'p sonli elektr stantsiya va nimstantsiyalardan iborat elektr energetika tizimini xaqiqiy xarakteristikalar va hamma elementlarni xaqiqiy ish rejimlarini hisobga olgan xolda **q.t.** toklarini hisobi juda murakkab. SHu bilan birga amaliyda uchraydigan ko'p masalalarni yechish uchun hisoblarni soddalashtiradigan, ammo bu bilan sezilarli xatoliklarga olib kelmaydigan yengilliklarga yo'l qo'yish mumkin. Bularga quyidagilar qaraydi:

-hamma generatorlarni **e.yu.k.**-larini fazalari **q.t.** jaraenini davomiyligida o'zgarmaydi deb hisoblanadi (generatorni tebranishlari yo'qligi);

-magnit tizimlarni to'yinishi hisobga olinmaydi, bu qisqa tutashgan zanjirni hamma elementlari induktiv qarshiliklarini o'zgaras va tokka bog'liq emas deb hisoblashga imkon beradi;

-kuch transformatorlarni magnitlovchi toklari hisobga olinmaydi;

-qisqa tutashgan zanjir elementlarini yerga sig'imi o'tkazuvchanligi, maxsus xolatlardan tashqari, hisobga olinmaydi [6];

-uch fazali tizim simmetrik hisoblanadi;

-yuklamani **q.t.** tokiga ta'sirini taxminiy hisobga olinadi;

-agar x/r nisbat uchdan katta bo'lsa, zanjirni aktiv qarshiligini hisobga olinmaydi. Ammo **q.t.** tokini nodavriy tashkil etuvchisi T_n so'nishini vaqt doimiysini topishda aktiv qarshilikni hisobga olish kerak.

Ko'rsatib o'tilgan yengilliklar hisoblarni soddalashtirish bilan birga **q.t.** toklarini bir oz ko'payishiga olib keladi (hisobni amaliy usullari xatoliklari 10%-dan oshmaydi, bu ruxsat etilgan deb hisoblanadi).

Uch fazali q.t.-dagi toklarni hisobi quyidagi tartibda bajariladi: ko'rilyatgan energotizim uchun hisobiy sxema tuziladi; hisobiy sxema bo'yicha o'rindosh elektr sxema tuziladi; ketma-ket o'zgartirishlar yo'li bilan o'rindosh sxema ni eng oddiy ko'rinishga olib kelinadi, bunda natijaviy **e.yu.k.** $Ye''_{nat.}$ -ni ma'lum qiymati bilan xarakterlanuvchi har bir yoki hamma manbaalar **q.t.** nuqtasi bilan bitta natijaviy qarshilik $x_{nat.}$ orqali bog'langan bo'lishi kerak; manbaani natijaviy **e.yu.k.**-si va qarshiligini bilib, Om qonunidan **q.t.** tokini davriy tashkil etuvchisi $I_{d.o.}$ -ni boshlang'ich qiymati topiladi, keyin zarba toki topiladi va, kerak bo'lsa, **q.t.** tokini belgilangan vaqt uchun davriy va nodavriy tashkil etuvchilari topiladi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

kerak. Rasmda keltirilgan hisobiy sxemada transformator bilan bog'langan bir necha kuchlanish pog'onalari mavjud (115; 10,5 kV).

Hisoblarni soddalashtirish maqsadida har bir elektr pog'ona uchun hisobiy sxemada uni xaqiqiy kuchlanishi o'rniga amaldagi shkala bo'yicha o'rta kuchlanish U_{ur} ko'rsatiladi: 770; 515; 340; 230; 154; 115; 37; 24; 20; 18; 15,75; 13,8; 10,5; 6,3; 3,15.

Har bir elektr pog'ona uchun o'rta kuchlanish qabul qilib, ko'rilayotgan pog'onaga ulangan hamma elementni nominal qiymatlari uni o'rta qiymatiga teng deb hisoblanadi.

Tarmoq elementlari qarshiliklarini topish uchun hisobiy sxemada, odatda, nomlangan parametrlar, ko'p xollarda esa nisbiy birliklarda yoki foizlarda ko'rsatiladi (transformatorni **q.t.** kuchlanishi, generatorni induktiv qarshiliklari va boshqalar).

Nisbiy birliklarda kattaliklar hisobi, ya'ni qandaydir belgilangan, asosiy qiymat qismlari yoki foizlardagi qiymati, oldin o'rganilgan fanlarda uchragan: fizika, elektrotexnikani nazariy asoslari, elektr mashina va boshqalarda. Nisbiy birliklar **q.t.** toklari hisoblarida ham ishlatiladi.

Uch fazali zanjirni qaysidir elementini (transformator, generator, reaktor) quyidagi nominal parametrlari bilan olamiz: U_{nom} , kV; I_{nom} , kA; S_{nom} , MV·A; x_{nom} , Om.

Nominal parametrlar o'zaro ma'lum nisbatlar orqali bog'langan

$$\left. \begin{aligned} S_{nom} &= \sqrt{3} I_{nom} U_{nom}; \\ x_{nom} &= U_{nom} / \sqrt{3} I_{nom}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Zanjir shu elementi har qaysi boshqa ish rejimi, **q.t.**-ni ham qo'shib, kuchlanish U , tok I , quvvat $S = \sqrt{3} IU$ va qarshilik $x = U / \sqrt{3} I$ bilan xarakterlanadi, uni ko'rilayotgan element nominal parametrlarini qismlari bilan ifodalash mumkin, bu xolda ular asos deb qabul qilinadi:

$$\left. \begin{aligned} U_{*(nom)} &= U / U_{nom}; I_{*(nom)} = I / I_{nom}; \\ S_{*(nom)} &= S / S_{nom}; x_{*(nom)} = x / x_{nom}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

SHu yo'l bilan olingan qiymatlar zanjir elementini belgilangan ish sharoitlarida xarakterlovchi nisbiy kattalik (indeks $*$ ko'rsatadiki, kuchlanish kattaligi nisbiy birlikda berilgan).

Nisbiy qarshilik $x_{*(nom)}$ uchun keltirilgan ifoda x_{nom} -ni (2)-dan olingan qiymatiga almashtirib o'zgartirilishi mumkin: $x_{*(nom)} = \sqrt{3} I_{nom} x / U_{nom}$. (4)

Bundan kelib chiqadiki, asosiy nominal sharoitda ko'rilayotgan elementdan nominal tok oqqandagi nisbiy qarshilik kuchlanish tushuvini nominal kuchlanish nisbatiga teng. (4)-da nominal tokni nominal quvvat va nominal kuchlanishga almashtirib, olamiz $x_{*(nom)} = x S_{nom} / U_{nom}^2$. (5)

Tok, kuchlanish va boshqa parametr nisbiy qiymatlari faqat zanjirni ko'rilayotgan elementini nominal qiymatlariga nisbatan emas, hisob asosiga qo'yilgan har qanday boshqa

O'TKINCHI JARAYONLAR

qiymatlarni asos tizimiga nisbatan ham topish mumkin. Aniqki, *kattaliklarni asos tizimiga uch fazali tizim uchun* $S_a = \sqrt{3} I_a U_a$ *quvvat ifodasi bilan bog'langan asosiy quvvat* S_a , *kuchlanish* U_a , *tok* I_a , *hamda asosiy qarshilik* $x_a = U_a / \sqrt{3} I_a$ *kirishi kerak, ya'ni ixtiyoran faqat ikkita asosiy kattalik belgilanadi. Odatda quvvat va kuchlanishni asosiy qiymatlarini belgilash qulay va ularga qarab asosiy tok*

$I_a = S_a / \sqrt{3} U_a$ va asosiy qarshilik topiladi.

Asosiy qiymatlar odatda quyidagi birliklarda beriladi: kuchlanish-kV-da, quvvat-megavolt-amporda, qarshilik-Om-da.

Ma'lum bo'lgan U_a , I_a , S_a va x_a asosiy kattaliklarda nisbiy asosiy qiymatlar (3)-ga o'xshash ifodalardan topiladi:

$$\left. \begin{aligned} U_* &= U / U_{\sigma}; I_* = I / I_{\sigma}; \\ S_* &= S / S_{\sigma}, x_* = x / x_{\sigma}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

(4) va (5)-larga o'xshash ifodalarga ko'ra qarshilikni nisbiy asosiy qiymati uchun yozish mumkin

$$x_* = \sqrt{3} I_b x / U_b \quad (7)$$

va

$$x_* = S_b x / U_b^2. \quad (8)$$

Ma'lumotnomalarda mashina va apparatlar ko'rilayotgan xolda asosiyga qabul qilingan va nominal quvvat, qarshilik, kuchlanishga nisbatan topilgan parametrlar nisbiy qiymatlari keltiriladi.

Ba'zi xollarda nisbiy nominal kattalik foizlarda beriladi. Aniqki, $U\% = U_{*(nom)} \cdot 100$; $I\% = I_{*(nom)} \cdot 100$; $S\% = S_{*(nom)} \cdot 100$; $x\% = x_{*(nom)} \cdot 100$.

Asos bo'lgan sharoit nominaldan farq qilsa nisbiy asos qarshilik ma'lum bo'lgan nisbiy nominal qarshilikdan topilishi mumkin:

$$x_* = x_{*(nom)} \frac{I_{\sigma} U_{nom}}{I_{nom} U_{\sigma}} \quad (9)$$

yoki

$$x_* = x_{*(nom)} \frac{S_{\sigma} U_{nom}^2}{S_{nom} U_{\sigma}^2}. \quad (10)$$

Bundan foydalanib, qarshilik nisbiy birliklardagi ma'lum qiymatdan Om-larda topilishi mumkin.

Parametrlarni nisbiy qiymatidan foydalanib, elektrotexnika qonunlariga binoan hisoblarni bajarish mumkin, bunda ifodalarga kiradigan hamma kattalik bir xil asos sharoitlarda topilgan bo'lishi kerak.

Ko'zda tutish kerak, liniyaviy (fazalararo) va fazoviy

O'TKINCHI JARAYONLAR

kuchlanishlar nisbiy qiymatlari bir-biriga teng:

$$U_{*lin} = \frac{U_{\text{лин}}}{U_{\phi, \text{лин}}} = \frac{\sqrt{3}U_{\phi}}{\sqrt{3}U_{\phi, \phi}} = \frac{U_{\phi}}{U_{\phi, \phi}} = U_{*\phi}. \quad (11)$$

SHuning uchun, masalan, nisbiy birlikdagi Om qonuni $I_{*lin}=U_{*}/x_{*}$, uch fazali tarmoq quvvati $S_{*}=U_{*}I_{*}$.

Sxema turli elementlari qarshiliklarini topilishini ko'ramiz.

Sinxron mashina. Hisobiy sxemaga sinxron mashina induktiv qarshilikni bo'ylama o'qi o'ta o'tish qiymati sifatida kiritiladi, u kataloglarda nisbiy birlikda yoki foizda nominal asos sharoitlarda keltiriladi:

$$x''_{d*(nom)} = x''_d \frac{\sqrt{3}I_{HOM}}{U_{HOM}} = x''_d \frac{S_{HOM}}{U_{HOM}^2}, \quad (12)$$

$$\text{yoki} \quad x''_{d\%} = x''_d \frac{\sqrt{3}I_{HOM}}{U_{HOM}} 100 = x''_d \frac{S_{HOM}}{U_{HOM}^2} 100, \quad (13)$$

bu yerda I_{nom} , U_{nom} , S_{nom} -generator (kompensator, dvigatelni) nominal tok, kuchlanish va quvvati; x''_d -o'ta o'tish qarshilik, Om.

Yuqori kuchlanish elektr mashina aktiv qarshiligi induktiv qarshilikdan ko'p marta kichik ($x/r=15 \div 150$).

Q.t. toklari hisobida generator ko'pincha umumlashtirilgan ekvivalent manbaaga almashtiriladi. Agar q.t. nuqtasi generator (sinxron kompensator) qisqichlarida yoki ularni yaqinida, masalan, aloqa transformatoridan keyin bo'lsa, bunday elektr mashina sxemada o'zini parametrlari bilan hisobga olinadi. Tizimni qolgan qismi, u yerda, odatda generirlovchi quvvatlar bo'ladi, yagona manba sifatida ko'rib, shinalari o'zgarmas kuchlanishli deyiladi, uni q.t.-dagi roli faqat element qarshiliklari bilan chegaralangan (liniya, transformator, reaktor) bo'lib, ular orqali q.t. nuqtasi tizimni bu qismi bilan bog'langan bo'ladi.

Agar q.t. toki davriy tashkil etuvchisini boshlang'ich qiymati $I_{D,0}$, yoki uch fazali q.t.-da quvvat ma'lum bo'lsa:

$$S_k = \sqrt{3} I_{D,0} U_{o'r},$$

undan tizim induktiv qarshiligini shu nuqtaga nisbatan topish mumkin:

$$x_s = \frac{U_{\dot{y}p}}{\sqrt{3}I_{D,0}} = \frac{U_{\dot{y}p}^2}{S_k}, \quad (14)$$

bu yerda $U_{o'r}$ -tok $I_{D,0}$ yoki quvvat S_k ma'lum bo'lgan pog'onani o'rta kuchlanishi. Bu qarshilikdan keyin doimiy kuchlanish shinalari bo'ladi, $U=U_{o'r}=\text{sonst}$.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Energotizim qarshiligini mazkur tugunda o'rnatilgan yoki o'rnatishga mo'ljallangan uzgichni chegaraviy ishlatish shartidan topish mumkin, ya'ni shu uzgichdan keyingi uch fazali q.t.-da tok o'chiriladigan nominal tok $I_{nom, o'ch}$ -ga teng deb hisoblab. Unda: $x_s = U_{o'r} / (\sqrt{3} I_{nom, o'ch})$. (15)

Tizimni ekvivalent generator parametrlari bilan, ya'ni nisbiy nominal qarshilik $x_{s(nom)}$ va nominal quvvat S_{nom} , bilan ham belgilash mumkin. Unda S_{nom} manbaalar nominal quvvatvri yig'indisiga teng bo'ladi.

x/r nisbat o'rta qiymatini tizim uchun topish qiyin, chunki u q.t. nuqtasini xolatiga bog'liq. Agar q.t. tizimdan elektr uzatish liniyalari bilan ajratilgan bo'lsa, nisbat kamayadi; liniyalar uzunligi qisqarib, q.t. quvvatli stantsiyalar shinasiga yaqinlashganda nisbat qiymati ko'payadi.

Transformator va avtotransformatorlar. Har bir kuch transformatori uchun pasportida q.t. kuchlanishi beriladi, u transformatorni nisbiy nominal qarshiligiga teng:

$$u_k \% = \frac{U_{\kappa}}{U_{nom}} 100 = \frac{\sqrt{3} I_{nom} Z_T}{U_{nom}} 100 = \frac{Z_T}{Z_{nom}} 100 = Z_T \% \quad (16)$$

Odatda $x_T \gg r_T$, va demak $Z_T \% \approx x_T \%$. Ikki chulg'amli transformatorlar uchun kataloglar va boshqa ma'lumot materiallarda $u_{kV-N} \%$ beriladi. Uch chulg'amli transformatorlar, avtotransformatorlar va past kuchlanish chulg'ami maydalangan transformatorlar uchun q.t. kuchlanishlari har bir juft chulg'amlar uchun beriladi. Har bir chulg'amni induktiv qarshiligini topishda ma'lum ifodalardan foydalaniladi, asosiylari jadvallarda keldiriladi.

Reaktor. Pasportda odatda nominal tok va Om-lardagi qarshiligi ko'rsatiladi.

Havoli va kabelli uzatish liniyalari. Hisobiy sxemada uzunligi, fazalar solishtirma induktiv qarshiliklari jadval 1-da keltiriladigan o'rta qiymatlardan olish mumkinligini hisobga olib, ko'rsatiladi.

Jadval 1.

Havoli va kabelli elektr uzatish liniyalarini solishtirma o'rta induktiv qarshiliklari

Elektr uzatish liniyasi turi	x_{sol} , Om/km
Bir zanjirli havo liniyasi, 6–220 kV	0,4
Bir zanjirli havo liniyasi, 220–330 kV, fazada ikki simga maydalansa	0,32
Bir zanjirli havo liniyasi, 400–500 kV, fazada uch simga maydalansa	0,3
Uch simli kabel:	

O'TKINCHI JARAYONLAR

6–10 kV	
35 kV	0,08
Bir simli moy to'ldirilgan kabel, 110 kV	0,12
	0,16

Generator, sinxron kompensator va elektrodvigatellar uchun o'ta o'tish **EYuK** berilishi kerak.

Hamma sinxron mashina q.t.–gacha nominal parametrlarda ishlagan deb shartli hisoblanadi. Hamma sinxron mashina uyg'otishni avtomatik rostlagichlari va uyg'otishni tezlatuvchi uskuna bilan ta'minlangan deb hisoblanadi. Manbaalar **e.yu.k.**-lari o'rta qiymatlari jadval 2-da keltirilgan.

Jadval 2.

Turli manbaalar **e.yu.k.**-larini o'rta qiymatlari

Manbaalar	$E_{*}^{11}(\text{nom})$
100 MVt-gacha turbogenerator	1,08
100–500 MVt-gacha turbogenerator	1,13
Tinchlantiruvchi chulg'amli gidrogenerator	1,13
Tinchlantiruvchi chulg'amsiz gidrogenerator	1,18
Sinxron kompensator	1,2
Sinxron dvigatel	
Asinxron dvigatel	1,1
	0,9

Jadval 2-ga dvigatelli yuklama **e.yu.k.**-lari to'g'risida ma'lumotlar qo'shilgan. Ta'kidlash lozimki, q.t. toklarini hisobida yuklama boshqacha hisobga olinadi: generatorlarga to'g'ridan-to'g'ri ulangani (*IEM*) va genratorlar quvvati bilan solishtirsa bo'ladigan quvvatga egalari $Ye''_{*(nom)}=I$ qiymatgacha korrektsiyalab, hisobga olinadi. Q.t. joyiga yaqindagi quvvatli yuklamalar $Ye''_{*(nom)}=0,85$; $x_{*(nom)}=0,35$ o'z parametrlari bilan umumlashtirilgan manbaa sifatida hisobga olinadi. Q.t. yuklamalardan uzun liniyalar, transformatsiya pog'onalari bilan ajratilgan bo'lsa, odatda hisobga olinmaydi. Q.t.-da elektr stantsiyalar o'z ehtiejlari tizimidagi dvigatelli yuklamalar ta'siri alohida hisobga olinadi.

O'rindosh elektr sxema

Elektr uskunasi hisobiy sxemasida q.t. bo'lishi mumkin faraz qilingan nuqtalar

O'TKINCHI JARAYONLAR

belgilanadi. Keyin bu nuqta uchun ekvivalent o'rindosh sxema tuziladi.

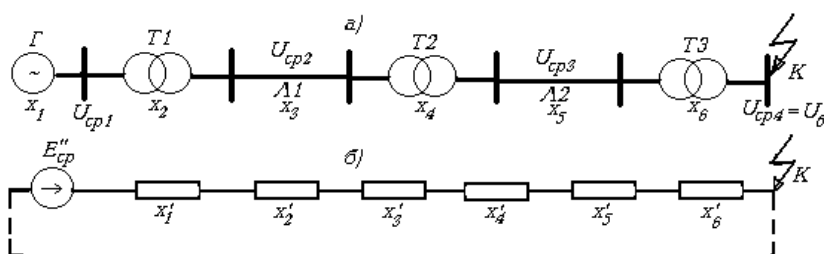
O'rindosh sxema deb berilganlar bo'yicha hisobiy sxemaga to'g'ri keladigan, ammo hamma magnit (transformator) aloqalar elektr aloqalarga almashtirilgan elektr sxemaga aytiladi.

Hisobiy sxema parametrlari nomlangan birliklarda bo'lsa, hamma qarshiliklar Om-da bo'lib, bitta bazaviy kuchlanishga keltirilgan bo'lishi kerak (elektr pog'onani o'rta kuchlanishi). Bunday keltirish, agar manbaa va q.t. nuqtasini orasida bir yoki bir nechta transformatsiya pog'onalari bo'lsa kerak (rasm 2, v).

Bazaviy kuchlanish sifatida q.t. sodir bo'lgan pog'ona o'rta kuchlanishini qabul qilish qulay. Qarshilikni tanlangan bazaviy kuchlanishga quyidagi ifoda bo'yicha keltiriladi:

$$x' = (n_1 n_2 n_3 \dots n_k)^2 x, \quad (17)$$

bu yerda: $n_1 n_2 n_3 \dots n_k$ —qarshilik x —ni bazaviy kuchlanish bilan bog'laydigan transformatorlar transformatsiya koeffitsienti;



Rasm 2. Hisobiy radial va o'rindosh sxema.

shu koeffitsientlarni tanlangan bazaviy pog'onadan ko'rilayotgan qarshilik ulangan pog'ona tomon aniqlanadi.

Har bir elektr pog'ona uchun o'rta kuchlanish topilishi munosabati bilan qarshilikni keltirish uchun ishlatiladigan transformatsiya koeffitsientlari ikki pog'onani o'rta kuchlanish nisbati. SHuning uchun oraliq transformatsiya koeffitsientlari qisqaradi va qarshiliklar quyidagi ifodadan topiladi:

$$x' = x \cdot U_b^2 / U_{o'r}^2, \quad (18)$$

bu yerda: x —mazkur element induktiv qarshiligi, fazada Om, mazkur element ulangan pog'onadagi o'rta kuchlanishga berilgan; x' —induktiv qarshilik, mazkur element fazasida qabul qilingan bazaviy kuchlanish U_b —ga keltirilgan, Om.

Jadval 3-da qarshiliklarni nomlangan birliklarda bazaviy kuchlanishga keltiradigan ifodalar. Jadval 3.

Qarshilikni keltirilgan qiymatini topish uchun hisobiy ifodalar

Elektr qurilma elementi	Boshlang'ich parametr	Nomlangan birliklar	Nisbiy birliklar

O'TKINCHI JARAYONLAR

Generator	$x''_{d^{*nom}} \frac{S_{nom}}{S_0}$	$x = x_{d^{*nom}} \frac{U_0^2}{S_{nom}}$	$x^* = x''_{d^{*nom}} \frac{S_0}{S_{nom}}$
	$x''_{d\%} \frac{S_{nom}}{S_0}$	$x = \frac{x''_{d\%}}{100} \frac{U_0^2}{S_{nom}}$	$x^* = \frac{x''_{d\%}}{100} \frac{S_0}{S_{nom}}$
Energotizim	S_r	$x = U_b^2 / S_k$	$x^* = S_b / S_k$
	$I_{nom, uch}$	$x = \frac{U_0^2}{\sqrt{3} I_{nom, yq} U_{yp}}$	$x^* = \frac{S_0}{\sqrt{3} I_{nom, yq} U_{ypm.}}$
	$x^*_{c(nom)} \frac{S_{nom}}{S_0}$	$x = x^*_{c(nom)} \frac{U_0^2}{S_{nom}}$	$x^* = x^*_{c(nom)} \frac{S_0}{S_{nom}}$
Transformator	$x_t\% \frac{S_{nom}}{S_0}$	$x = \frac{x_t\%}{100} \frac{U_0^2}{S_{nom.}}$	$x^* = \frac{x_t\%}{100} \frac{S_0}{S_{nom.}}$
Reaktor	x_r	$x = x_r \frac{U_0^2}{U_{ypm.}^2}$	$x^* = x_r \frac{S_0}{U_{ypm.}^2}$
Uzatish liniyalari	$x_{sol} l$	$x = x_{sol} \frac{U_0^2}{U_{ypm.}^2}$	$x^* = x_{sol} \frac{S_0}{U_{ypm.}^2}$

Ilovalar. $S_{nom.}$ -elementlar (generator, transformator. Energotizim)-ni nominal quvvatlari, $MV \cdot A$; s_b -bazaviy quvvat, $MV \cdot A$; s_k -energotizim q.t. quvvati, $MV \cdot A$; $I_{nom.o'ch.}$ -uzgich o'chiradigan nominal tok, kA; $x^*_{s(nom.)}$ -energotizimni nisbiy nominal qarshiligi; x_t -transformatorni nisbiy qarshiligi, u_k -transformatorni q.t. kuchlanishi orqali aniqlangan; I_b -bazaviy tok, kA; $U_{o'rt.}$ -mazkur element o'rnatilgan joydagi o'rta kuchlanish, kV; $x_{sol.}$ -liniyani 1 km uzunligiga induktiv qarshilik, Om/km; l -liniya uzunligi, km.

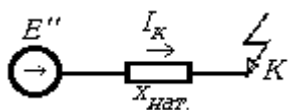
Hisob, odatda, nisbiy birliklarda bajariladi, shuning uchun o'rindosh sxema hamma elementlari qarshiliklarini oldindan bazaviy shartlarga keltirib olish kerak. Bazaviy sharoit hisoblarni bajarish qulayligini hisobga olib tanlanishi kerak. Masalan, bazaviy quvvatga asosan 100, 1000 yoki 10000 kV·A qabul qilinadi, ba'zida esa alohida elementlar sxemada tez-tez qaytariladigan quvvat qabul qilinadi. Bazaviy kuchlanish sifatida mazkur o'rta kuchlanishni qabul qilish qulay.

Q.t. toki davriy tashkil etuvchisi qiymatini hisoblash uchun uch fazali q.t.-da bitta faza uchun o'rindosh sxema tuziladi (rasm 2, b), chunki zanjirni hamma fazalari bir xil sharoitda bo'ladilar.

O'rindosh sxema tuzilib, hamma element qarshiliklari aniqlangandan keyin,

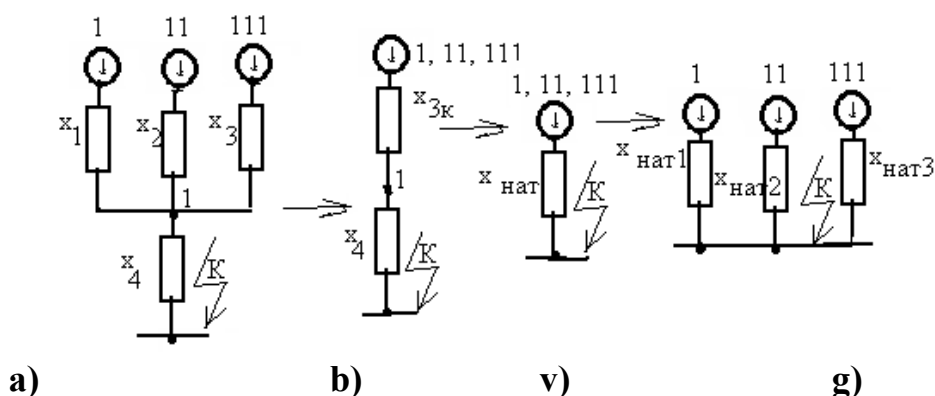
O'TKINCHI JARAYONLAR

u eng oddiy ko'rinishga o'zgartiriladi (rasm 3). O'zgartirishlar manbaadan q.t. tomon bajariladi. O'rindosh sxemani o'zgartirish jaraenida bog'langan zanjir-



Rasm 3. Natijaviy o'rindosh sxema.

larni bo'lish masalasi paydo bo'ladi. Bunday xolat rasm 4-da ko'rsatilgan.



Rasm 4. Bog'langan zanjirlarni ajratish.

1, 11, 111 manbaalardan toklar umumiy qarshilik x_4 -dan o'tadi. SHikastlangan joyga alohida manbaalardan kelayatgan tokni topish uchun sxemani rasm 4, g-da ko'rsatilgan ko'rinishga olib kelish kerak.

Bunday o'zgartirishda olingan sxema bo'yicha hisoblarda shikastlangan nuqtaga alohida manbaalardan oqib kelayatgan toklar .o'zgartirishdan oldingiday bo'lishi kerak. Hisob quyidagi tartibda bajariladi.

Berilgan q.t. nuqtasi uchun o'rindosh sxema tuziladi va ketma-ket o'zgartirishlar yo'li bilan uni oddiy ko'rinishga olib kelinadi (rasm 4, a), bunda manbaalar parallel shoxlari soni ixtieriy bo'lishi mumkin.

Keyin sxemani natijaviy qarshiligi topiladi (rasm 4, a-v):

$$x_{nat} = x_{ekv} + x_4, \quad (19)$$

bu yerda x_{ekv} -hamma manbaalarni sxemani 1 nuqtasiga nisbatan ekvivalent qarshiligi $x_{ekv} = x_1 \parallel x_2 \parallel x_3$. (20)

SHikastlangan joydagi tokni davriy tashkil etuvchisi nisbiy qiymatini bir deb qabul qilinadi (I_D). Keyin taqsimlash koeffitsientlarini, ya'ni har bir manbaani q.t. to-

kidagi ulushi topiladi. Kirxgof qonunlariga binoan:

$$I_{D \cdot 1} + I_{D \cdot 11} + I_{D \cdot 111} = I_D = I, \text{ hamda}$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$\frac{I_{D*1}}{I_{D*}} = \frac{x_{\text{эк}}}{x_1}, \quad \frac{I_{D*11}}{I_{D*}} = \frac{x_{\text{эк}}}{x_2} \text{ va shunga o'xshash.}$$

Bundan shoxlar bo'yicha taqsimlash koeffitsientlari:

$$S_1 = I_{D*1} = x_{\text{эк}}/x_1; \quad (21)$$

$$S_2 = I_{D*11} = x_{\text{эк}}/x_2 \text{ va shunga o'xshash.}$$

SHunday qilib, taqsimlash koeffitsientlaridan foydalanib, q.t. joyidagi yig'indi tokdan uni shoxlarga taqsimlanishini topish mumkin.

Koeffitsientlar hisobini to'g'riligini quyidagi shartni bajarilishidan tekshirish mumkin:

$$S_1 + S_2 + S_3 = I. \quad (22)$$

SHoxlar bo'yicha tok taqsimlanishi doimiy qolishligini hisobga olib (rasm 4, g): $x_{\text{nat.1}} = x_{\text{nat.}}/S_1;$ (23)

$$x_{\text{nat.2}} = x_{\text{nat.}}/S_2; \text{ va shunga o'xshash.}$$

Ma'lum bo'lgan natijaviy o'rindosh sxemadan q.t. toki davriy tashkil etuvchisini topish qiyin emas.

Hisob nisbiy birliklardaligida $I_{D,0} = I_b \cdot E''/x_{\text{nat*}},$ (24)

bu yerda: Ye'' —manbaa e.yu.k.-si, nis.birl.; $x_{\text{nat*}}$ —q.t. zanjirini bazoviy sharoitlarga keltirilgan natijaviy nisbiy qarshiligi; I_b —q.t. joyida berilgan S_b va $U_b = U_o'r.$ -larda topilgan bazaviy tok.

Hisob nomlangan birliklardaligida $I_{D,0} = E_f''/x_{\text{nat}},$ (25)

bu yerda x_{nat} —q.t. zanjirini natijaviy qarshiligi, Om; Ye_f'' —manbaa e.yu.k.-si (faza qiymati), q.t. ko'rilayotgan pog'onaga keltirilgan:

$$Ye_f'' = Ye''_{\text{manbaa}} \frac{U_{\delta}}{U_{\text{yp.manb.}}}$$

(26)

Kuchlanishi 1 kV-gacha elektr tarmoqlarida q.t. bo'lganda o'rindosh sxema tuzish va tokni boshlang'ich qiymatini topishda bir oz xususiyatlar bor. Bu tarmoqlarda hammadan avval zanjir elementlarini induktiv va aktiv qarshiliklarini hisobga olish kerak, chunki ular solishtirsa bo'ladigan.

Kuchlanishi 1 kV-gacha elektr tarmoqlarida q.t. tokiga katta

bo'lmagan kesimli qisqa o'tkazgichlar, tok transformatorlari, avtomatlarni tok g'altaklari, kontakt birikmalar qarshiliklari sezilarli ta'sir qiladi. Ular yuqori kuchlanishlarda hisobga olinmaydi.

Bir vaqtini o'zida hisoblarni sezilarli qo'pollashtirmasdan tashqi aloqalar qarshiligini hisobga olmasa bo'ladi va hisoblash mumkin, past kuchlanish tarmog'ini ta'minlayotgan transformatorni yuqori kuchlanish shinalari o'zgarmas

kuchlanish shinalari.

Kuchlanishi 1 kV-gacha tarmoqlarni o'rindosh sxemalari parametrlarini nomlangan birliklarda taqdim etish qulay. O'rta qiymatlarga quyidagi qotordagi kuchlanishlar qabul qilinadi: 690, 525, 400, 230, 127 V.

Q.t. toki boshlang'ich qiymati (25) ifodada hisoblanadi, u yerda Y_{ef}'' o'rniga $U_{o'r}/\sqrt{3}$, $x_{nat.}$ o'rniga esa $Z_{nat.}$ qo'yiladi:

$$Z_{nat.} = \sqrt{(\sum r_i)^2 + (\sum x_i)^2}$$

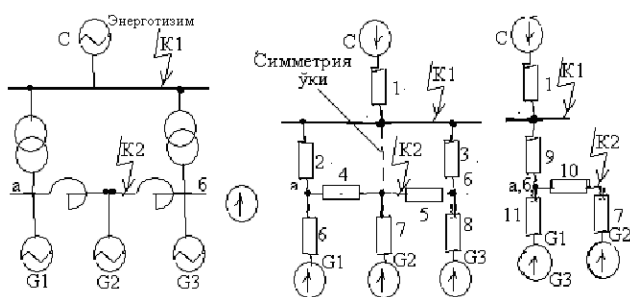
r_i va x_i kattaliklarni tarmoqni i -nchi elementi uchun mos ma'lumotnomalardan olinadi. Xususan, kuch transformatori uchun ular «Elektr mashinalari» kursidan ma'lum ifodalardan hisoblanishi mumkin, mOm:

$$r_i = \Delta r_k \frac{U_{nom}^2}{S_{nom}^2} 10^6; \quad x_i = \frac{\sqrt{u_k^2 - \left(\frac{100 \Delta p_k}{S_{nom}}\right) U_{nom}^2}}{S_{nom}} 10^4.$$

bu yerda $S_{nom.}$ -transformatorni nominal quvvati, kV · A; $U_{nom.}$ -transformator past kuchlanish chulg'amini nominal liniyaviy kuchlanishi, kV; Δr_k -transformatoridagi q.t. isroflari, kVt; u_k -transformatorni q.t. kuchlanishi, %.

Murakkab o'rindosh sxemalarni o'zgartirish xususiyatlari

Sxemalarni soddalashtirishda q.t. nuqtasi ko'p burchaklikni tugunlaridan biridaligida, boshqalariga esa generirlovchi shoxchalar ulangan bo'lsa ma'lum qiyinchiliklar paydo bo'ladi. Misol sifatida rasm 5-7-dagi sxemalar xizmat qilishi mumkin.



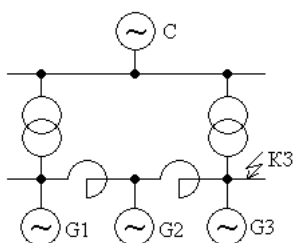
Rasm 5. Simmetrik murakkab sxemada qisqa tutashuv.

Agar q.t. nuqtasi sxemani ikki simmetrik qismlarga bo'lsa, masalan rasm 5, a va b-da $K1$, $K2$ nuqtalar, generatorlar $G1$, $G3$ va transformatorlarni xarakteristikalarini bir xilligida sxemani a va b tugunlari bir xil potentsiallarga ega bo'ladilar, shu tufayli ularni bir joyda birlashtirish mumkin.

Bunda $G1$ va $G3$ generatorlarni shoxchalari birlashtiriladi va ularni $S=2S_{nom.}$ ekvivalent mashina deb faraz qilinadi. Natijada 5, v-da keltirilgan sxema vujudga keladi. Bu sxemada $x_9=x_2 \parallel x_3$; $x_{10}=x_4 \parallel x_5$; $x_{11}=x_6 \parallel x_8$. Sxemani keyingi o'zgartirishlari odatdagi qoidalar bo'yicha bajariladi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Rasm 6-da ko'rsatilgan boshqa xolatni ko'rib chiqamiz. O'rindosh sxema rasm 7, a-da ko'rsatilgan.

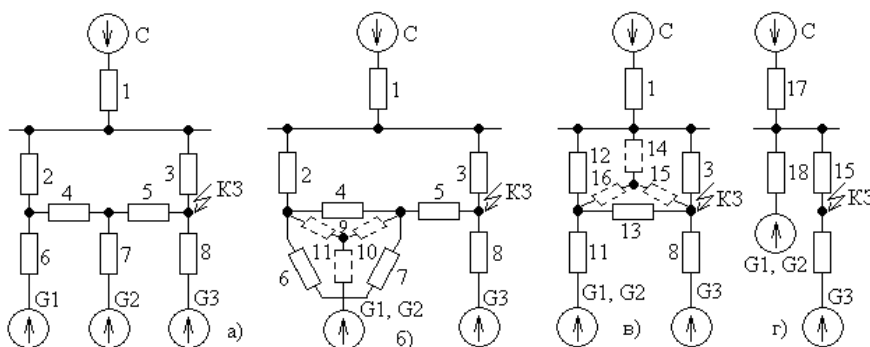


Rasm 6. Murakkab nosimmetrik sxemada q.t.

$G1$ va $G2$ generatorlar bir xil e.yu.k.-larga ega, ularni $S=2S_{nom.}$ bo'lgan ekvivalent mashinaga birlashtirish mumkin.

Bunday birlashtirishda qarshiliklar uch burchagi hosil bo'ladi (x_4, x_6, x_7) va u, rasm 7, b-da ko'satilganday, yulduzga o'zgartiriladi (x_9, x_{10}, x_{11}). Rasm 7, v-dagi sxemada $x_{12}=x_2+x_9$ va $x_{13}=x_5+x_{10}$ qarshiliklar topiladi. Natijada hosil bo'lgan uch burchak (x_3, x_{12}, x_{13}) yulduzga o'zgartiriladi (x_{14}, x_{15}, x_{16}). $x_{17}=x_1+x_{14}$ $x_{18}=x_{11}+x_{16}$ qarshiliklar aniqlangandan keyin, rasm 7, g-da keltirilgan sxema olamiz.

Murakkab xolatlarida q.t. toki davriy tashkil etuvchisi



Rasm 7. Murakkab sxemani uch burchak-yulduz usuli bo'yicha o'zgartirish. boshlang'ich qiymatini hisoblarini mavjud o'rindosh sxema bo'yicha

bajarish uchun tez-tez o'zgarmas tokli model-analizatorlar va *EHM* uchun tipli dasturlar ishlatiladi.

Misollarda q.t. toklarini nomlangan va nisbiy birliklarda hisoblashda o'rindosh sxema tuzish va ularni o'zgartirish tartibi keltirilgan.

Q.t.-ni chegaraviy toklarini aniqlash

Qisqa tutashuv chegaraviy tokini topish uchun transformator yoki reaktor doimiy kuchlanish shinalariga ulangan deb faraz qilinadi. Q.t. chegaraviy toki bunda:

$$I_{D, 0} = \frac{U_{yp.k.}}{\sqrt{3}x} \quad (27)$$

agar qarshilik Omlarda berilgan bo'lsa, va $I_{D, 0} = I_{nom.}/x_*(nom)$, (28)

agar qarshilik nisbiy birliklarda berilgan bo'lsa.

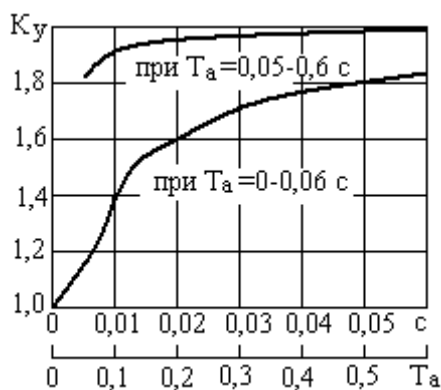
Bu yerda $U_{ur.k}$ -q.t. nuqtasidagi o'rta kuchlanish; $I_{nom.}$ -reaktor yoki

O'TKINCHI JARAYONLAR

transformatorni nominal toki.

Q.t.-ni zarba tokini aniqlash

Zarba toki q.t. sodir bo'lganda 0,01 s-dan keyin bo'ladi, uni qiymati:

$$i_u = \sqrt{2} \cdot I_{D.0} k_u \quad (29)$$


bu yerda: $I_{D.0}$ —q.t. toki davriy tashkil etuvchisini boshlang'ich qiymati; k_u —q.t. toki nodavriy tashkil etuvchisi so'nishini vaqt doimiysiga bog'liq zarba koeffitsienti.

Rasm 8. Zarba koeffitsientlarini topish grafigi.

T_a va k_u doimiylar quyidagi nisbat bilan bog'langan:

$$k_u = (1 + e^{-0.01/T_a}).$$

U grafik tarzda rasm 8-da ko'rsatilgan.

Agar q.t. generator chiqiqlarida bo'lsa, uning shoxchasi uchun T_a katalogdan olinishi mumkin. Xususan, jadval 4-da berilganlardan foydalansa bo'ladi.

Jadval 4.

Hozirgi zamon generator va sinxron kompensatorlar uchun T_a va k_z qiymatlari

Generator yoki sinxron kompensator turi	T_a , s	k_z	Generator yoki sinxron kompensator turi	T_a , s	k_z
T2-6-2	0,106	1,913	TVV-500-2	0,34	1,971
T2-12-2	0,106	1,913	TGV-500	0,408	1,98
TVS-32	0,249	1,961	TVV-800-2	0,33	1,97
TVF-60-2	0,245	1,96	TVV-1000-2	0,44	1,978

O'TKINCHI JARAYONLAR

Energotizimni elementlari yoki qismlari						T_a, s	k_u
TVF-63-2	0,222	1,955	TVV-1200-2	0,38	1,973		
TVF-100-2	0,417	1,976	KS-16-6	0,145	1,934		
TVF-120-2	0,4	1,975	KS-16-11	0,16	1,939		
TVV-160-2	0,267	1,963	KSVB-50-11	0,23	1,957		
	0,41	1,976	KSVB-100-11	0,25	1,961		
TVV-165-2	0,31	1,969	KSVB-160-15	0,257	1,962		
TVV-200-2	0,326	1,97	Yaqqol qutbli dempfer				
	0,546	1,982	chulg'am- li	0,05÷	1,82		
TVV-220-2	0,368	1,973	gidrogenera- tor Yuqoridagi,	0,45	÷1,979		
TGV-200	0,54	1,981	ammo dempfer				
	0,392	1,975	chulg'amsiz				
TVV-320-2				0,1÷0,5	1,905		
TGV-300					÷1,98		
TVM-300							

Agar q.t. generatorlardan qandaydir uzoqlikda bo'lsa, natijaviy o'rindosh sxemani har bir shoxchasi uchun vaqt doimiysi T_a taxminan quyidagi ifodadan topilishi mumkin

$$T_a = x_{nat.} / \omega r_{nat.} \quad (30)$$

bu yerda $x_{nat.}$ va $r_{nat.}$ -mos xolda q.t. zanjiri natijaviy induktiv va aktiv qarshiliklari.

Soddalashtirish uchun T_a -ni hisoblamay, elektr tarmoqni xarakterli nuqtalari uchun jadval 5-da keltirilgan T_a va k_u -larni o'rta qiymatlaridan foydalanilsa ham bo'ladi.

Jadval 5. Q.t. toki nodavriy tashkil etuvchisi vaqt doimiysi va zarba koeffitsienti qiymatlari
--

O'TKINCHI JARAYONLAR

Turbogeneratorlar, quvvati, MVt:		
12-60	0,16-	1,94-
100-1000	0,25	1,955
Quvvati 60 MVt turbogenerator va transformator (yuqori kuchlanish tomonida)-dan iborat bloklar generator kuchlanishi, kV:	0,4-	1,975-
	0,54	1,98
6,3		
10	0,2	1,95
Turbogenerator va ko'paytiruvchi transformatoridan iborat bloklar, generator quvvati, MVt:	0,15	1.935
100-200		
300	0,26	1,935
500	0,32	1,97
800	0,35	1,973
Q.t. ko'rib chiqilayotgan yig'ma shinalar bilan bog'liq tizim, havo liniyalari kuchlanishi, kV:	0,3	1,967
35		
110-150		
220-330	0,02	1,608
500-750	0,02-	1,608-
	0,03	1,717
Q.t. ko'rib chiqilayotgan transformator orqali 6-10 kV yig'ma shinalar bilan bog'liq tizim, transformator birligidagi quvvat, MV · A:	0,03-	1,717-
	0,04	1,78
80 va yuqori	0,06-	1,85-
	0,08	1.895
32-80		
5,6-32		

O'TKINCHI JARAYONLAR

Nominal toki, A reaktor bilan himoyalangan shoxchalar: 1000 va yuqori 630 va past Kuchlanishi 6-10 kV taqsimlash tarmoqlari	0,06-	1,85-
	0,15	1,935
	0,05-	1,82-
	0,1	1,904
	0,02-	1,6-1,82
	0,05	
		1,956
	0,23	1,904
	0,1	1,369
	0,01	

Q.t. tokni o'tkinchi jaraenni har qanday vaqti uchun topish

Q.t. tokini davriy va nodavriy tashkil etuvchilari qiymatini $t > 0$ vaqt uchun kommutatsiya apparatlarini tanlash uchun kerak.

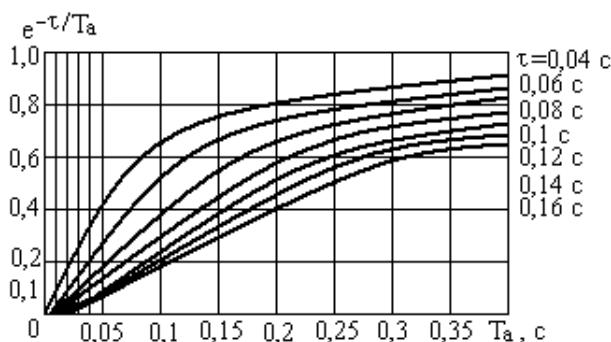
Q.t. toklarini aniqlash kerak bo'lgan hisobiy vaqt quyidagi ifodadan topiladi $\tau = t_{u o'z} + 0,01$ s,

bu yerda $t_{u o'z}$ –uzgichni o'z vaqti, hozirgi zamon uzgichlar uchun u 0,2 s-dan oshmaydi.

Q.t. tokini nodavriy tashkil etuvchisi: $i_{2, \tau} = i_{2,0} e^{-\tau/T_a}$,

maksimal qiymat sharti bajarilsa $i_{a, \tau} = I_{D,m} \sqrt{2} I_{D,0} e^{-\tau/T_a}$. (31)

Hisoblarni tezlashtirish uchun $e^{-\tau/T_a}$ qiymatini τ va T_a ma'lumligida rasm 9 egri chiziqlaridan topish maqsadga muvofiq.



Rasm 9. Q.t. toki nodavriy tashkil etuvchisi so'nishini egri chiziqlari.

Vaqt onliri 0,5 s-gachaligida q.t. tokini davriy tashkil etuvchisi qiymatlarini topishda ko'rsatmalar [6] tipli egri chiziqlar usulini tavsiya etadi.

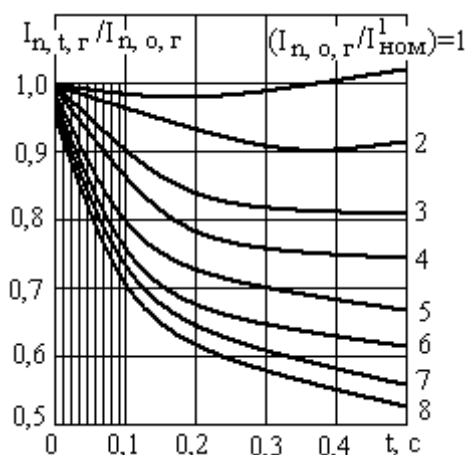
Bu usul generatordan bo'lgan q.t. toki davriy tashkil etuvchisi egri chiziqlari vaqtda o'zgarishlarini qaysidir tasodifiy

O'TKINCHI JARAYONLAR

vaqtni olganda ($I_{D,t,t}$) va q.t.-ni boshlang'ich vaqtida ($I_{D,0,r}$) shikastlangan joy turlicha uzoqlikda bo'lganda asoslangan. Oxirgilari $I_{D,0,r}/I_{nom.}$ nisbat bilan xarakterlanadi, bu yerda $I_{nom.}$ -generatorni q.t. nuqtasi mavjud kuchlanish pog'onasiga keltirilgan nominal tok; bu tokni ifodadan topish mumkin

$$I_{nom.} = \frac{P_{nom.}}{\sqrt{3}U_{\text{yp.k}} \cos \varphi_{nom.}}; \quad (32)$$

bu yerda $R_{nom.}$ va $\cos \varphi_{nom.}$ - mos xolda generator quvvati, MVt, va quvvat



ko'effitsienti; $U_{o'r.k.}$ -q.t. nuqtasi mavjud o'rta kuchlanish pog'onasi, kV.

$I_{D,t,r}/I_{D,0,r}=f(t)$ tipli egri chiziqlar rasm 10-da keltiriladi.

Rasm 10. Q.t. toki davriy tashkil etuvchisi so'nishini topishni tipli egri chiziqlari.

Ularni qurishda turbogeneratorlar va sinxron kompensatorlarni chegaraviy uyg'otishi nominal uyg'otishdan 2 marta katta va gidrogeneratorlar uchun-1,8 marta. Uyg'otishni tezlatishda generator va sinxron kompensatorlarda kuchlanish ko'payishini vaqt doimiysi nol deb qabul qilingan; $I_{D,0,g}/I_{nom.}=8$ -ga mos egri chiziq bundan istisno; uni qurishda vaqt doimiysi 0,25 s qabul qilingan. Egri chiziqlar quvvati $12 \div 800$ MVt turbogenerator, 500 MVt-gacha gidrogenerator va hamma katta sinxron kompensatorlar uchun xaqiqiy.

$I_{D,0,g}/I_{nom.}$ nisbat birdan kichikligida hisoblash mumkin $I_{D,t,g}=I_{D,0,g}=\text{const}$ (uzoqdagi nuqta).

Agar hisobiy sxemada bitta generator (yoki q.t. nuqtasiga bir xil sharoitda bo'lgan bir nechta bir tipli) bo'lsa, tasodifiy tanlangan vaqt uchun tipli egri chiziqlar usulini ishlatib q.t. tokini hisobini quyidagi tartibda bajarish maqsadga muvofiq:

- 1) generatordan (yoki ular guruhidan) q.t. tokini davriy tashkil etuvchisi va $I_{D,0,g}/I_{nom.}$ nisbatni topish. Bir necha bir tipli generatorlar mavjudligida (32) $R_{nom.}$ o'rniga hamma generatorlarni yig'indi quvvatini qo'yish kerak;
- 2) $I_{D,0,g}/I_{nom.}$ nisbatni topilgan qiymatiga mos $I_{D,t,g}/I_{D,0,g}=f(t)$ egri chiziqdan vaqtni kerakli oni uchun toklar nisbati $I_{D,t,g}/I_{D,0,g}$ -ni topish;
- 3) 1 va 2 bandlarda topilgan $I_{D,0,g}$ va $I_{D,t,g}/I_{D,0,g}$ -dan generatordan yoki ular guruhidan q.t. toki davriy tashkil etuvchisini ta'sir etuvchi qiymatini t vaqt uchun topish.

Tipli egri chiziqlar usulini q.t. nuqtasi generator (sinxron kompensator) chiqiqlaridaligida yoki ulardan katta bo'lmagan elektr uzoqligida, masalan elektr

O'TKINCHI JARAYONLAR

stantsiyani energotizim bilan bog'laydigan transformatorlardan keyindaligida. Q.t. nuqtasidan anchagina uzoqlikdagi hamma generator (sinxron kompensatorlar)-ni va energotizimni qolgan qismini bitta manbaa bilan almashtirish kerak va uni shinalaridagi kuchlanishni amplituda bo'yicha o'zgarmas deb hisoblash kerak. Agar bunday manbaa (energotizim) q.t. nuqtasi bilan to'g'ridan-to'g'ri bog'langan bo'lsa, nuqta yaqinida joylashgan generatorlardan mustaqil, energotizimdan tokni davriy tashkil etuvchisini ta'sir etuvchi qiymati uch fazali qisqa tutashuvda vaqtini har qanday oni uchun $I_{D,t}=I_{D,0}=\text{const}$ deb hisoblash mumkin

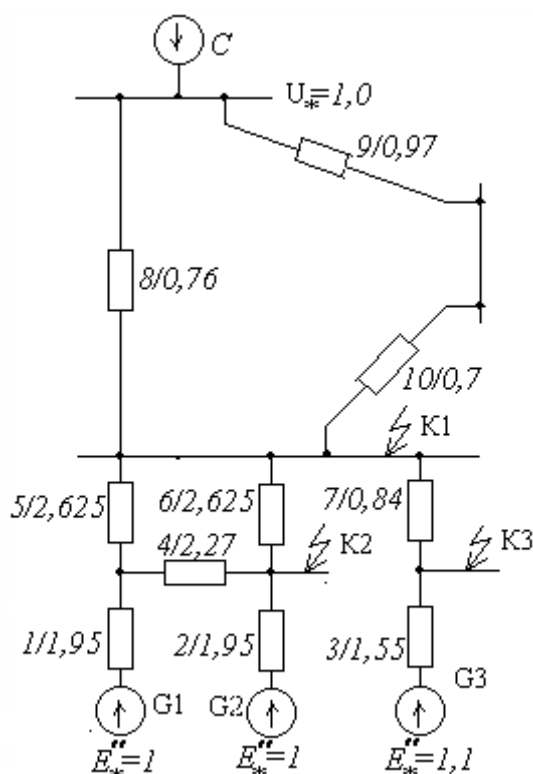
Misollar

Elektr stantsiya zanjirlaridagi uch fazali qisqa tutashuvni hisoblash uchun o'rindosh sxema tuzilsin va qisqa tutashuv toki davriy tashkil etuvchisini boshlang'ich qiymatlari topilsin. Kerakli ma'lumotlar va hisobiy sxema rasm 1-da.

Echim. Hisobni ikki variantda: A variant-nisbiy birliklarda; B-nomlangan birliklarda (faqat K1 nuqta uchun) bajaramiz.

A. Nisbiy birliklardagi hisob.

Uch fazali qisqa tutashuvni hisoblash uchun o'rindosh sxema rasm 11-da.



Rasm 11. 1-nchi misolga umumiy o'rindosh sxema.

Sxemadagi har bir qarshilikka tartib raqam beriladi va qarshilik kasrli belgilanadi, surat-qarshilik nomeri, mahraj-qarshilikni raqamli miqdori.

G1 va G2 generatorlar yaqinida joylashgan yuklamani generatorlar e.yu.k.-larini $Y_{e*} = 1$ -gacha kamaytirish bilan hisobga olamiz. O'z ehtiejni nisbatan kichik yuklamasi ta'sirini hisobga olmaymiz.

Asos quvvat $S_a = 1000 \text{ kV} \cdot \text{A}$ -ligida sxema qarshiliklarini (rasm 11) topamiz.

G1 va G2 generator qarshiliklari

$$x_{*1} = x_{*2} = x''_{d*nom} \frac{S_a}{S_{nom}} = 0,146 \frac{1000}{75} = 1,95.$$

Bundan keyin belgilanishlarni soddalashtirish uchun * indeksni yo'qotib, qarshiliklarni hamma qiymatlari nisbiy kattaliklarda berilib, asos sharoitlarga keltirilgan deb hisoblaymiz. SHunday qilib, $x_1 = x_2 = 1,95$.

O'TKINCHI JARAYONLAR

G3 generator qarshiligi $x_3 = 0,183 \frac{1000}{118} = 1,55$.

G3 generator e.yu.k.-sini topamiz:

$$E'' = \sqrt{(I_{(0)} x_d'' \cos \varphi_{(0)})^2 + (U_{(0)} + I_{(0)} x_d'' \sin \varphi_{(0)})^2} =$$

$$= \sqrt{(1 \cdot 0,183 \cdot 0,85)^2 + (1 + 1 \cdot 0,183 \cdot 0,53)^2} \approx 1,1,$$

bu yerda: $I_{(0)} = 1$; $U_{(0)} = 1$; $\cos \varphi_{(0)} = 0,85$; $\sin \varphi_{(0)} = 0,53$.

Parametrlarni nisbiy kattaliklardagi qiymatlari q.t.-gacha generator G3 nominal yuklangan deb olingan.

Reaktor qarshiligi $x_4 = x_r \frac{S_a}{U_{yp}^2} = 0,25 \frac{1000}{10,5^2} = 2,27$.

T1 va T2 transformatorlar qarshiligi $x_5 = x_6 = \frac{u_k \% S_{\bar{o}}}{100 S_{nom}} = \frac{10,5 \cdot 1000}{100 \cdot 40} = 2,625$.

T3 transformator qarshiligi $x_7 = 10,5 \cdot 1000 / 100 \cdot 125 = 0,84$.

Elektr uzatish liniyalar qarshiligi:

L1 (ikki zanjirli) $x_8 = \frac{x_{sol.} l S_a}{2 U_{yp.}^2} = \frac{0,4 \cdot 50 \cdot 1000}{2 \cdot 115^2} = 0,76$

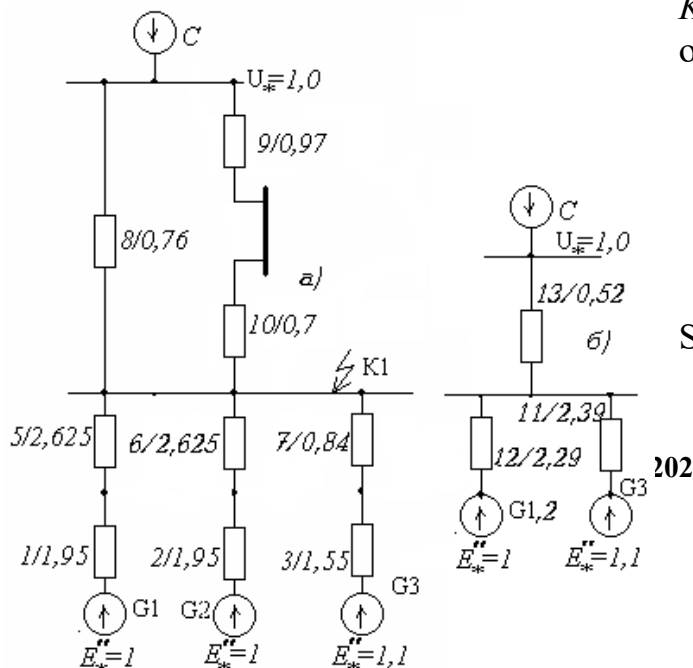
(110 kV-li liniyalar solishtirma qarshiligi 0,4 Om/km qabul qilingan);

L2 $x_9 = x_{sol.} l \frac{S_a}{U_{yp.}^2} = 0,4 \cdot 32 \frac{1000}{115^2} = 0,97$;

L3 $x_{10} = 0,4 \cdot 23 \frac{1000}{115^2} = 0,7$.

K1 nuqtadagi q i s q a t u t a s h u v (stantsiyani 110 kV shinalari). G1 va G2 generatorlarni shaxobchalari q.t. nuqtasi K-I-ga nisbatan simmetrik. SH.u. reaktor qarshiligi x_4 -ni o'rindosh sxemadan olib tashlash mumkin, chunki u bir xil potensial tugunlari orasiga ulangan va tokka ta'sir etmaydi. SHuni hisobga olib,

K-I nuqtadagi qisqa tutashuv uchun o'rindosh sxema (rasm 12, a) bo'ladi.



Rasm 12. K1 nuqtadagi qisqa tutashuv uchun o'rindosh sxemalar.

Sxemani soddalashtiramiz.

O'TKINCHI JARAYONLAR

$G3$ generator zanjirini natijaviy qarshiligi:

$$x_{11} = x_3 + x_7 = 1,55 + 0,84 = 2,39.$$

Bir tipli, yig'indi quvvati 150 MV·A $G1$ va $G2$ generatorlar zanjirini natijaviy qarshiligi:

$$x_{12} = (x_1 + x_5) \parallel (x_2 + x_6) = \frac{1,95 + 2,625}{2} = 2,29.$$

Energotizim shaxobchasi (doimiy kuchlanish shinalari) natijaviy qarshiligi:

$$x_{13} = (x_9 + x_{10}) \parallel x_8 = \frac{(0,97 + 0,7)0,76}{0,97 + 0,7 + 0,76} = 0,52.$$

Q.t. toki davriy tashkil etuvchisini boshlang'ich qiymati: $I_{D.0} = \frac{E''}{x_*} I_b,$

bunda: x_* —sxema shaxobchasini natijaviy qarshiligi; I_b —asos toki: I_b

$$= \frac{S_a}{\sqrt{3}U_{yp.K-1}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5,03 \text{ kA}.$$

Shaxobchadagi tok qiymatlari:

$G1$ va $G2$ generatorlar shaxobchasi $I_{d.0} = \frac{1}{2,29} \cdot 5,03 = 2,2 \text{ kA};$

$G3$ generator shaxobchasi $I_{d.0} = \frac{1,1}{2,39} \cdot 5,03 = 2,31 \text{ kA};$

tizim shaxobchasi $I_{d.0} = \frac{1}{0,52} \cdot 5,03 = 9,67 \text{ kA}.$

$K-1$ nuqtadagi q.t.-ni yig'indi toki:

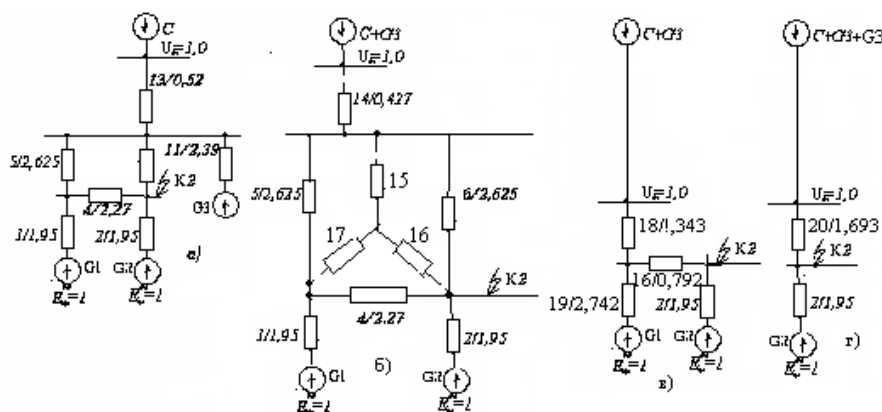
$$I_{d.0,K-1} = 2,2 + 2,31 + 9,67 = 14,18 \text{ kA}.$$

Q i s q a t u t a s h u v $K-2$ nuqtada ($G2$ generator qisqichlari). Oldingi hisobni o'zgartirish natijalaridan qisman foydalanib, qisqa tutashuv uchun o'rindosh sxemani rasm 13, a-dagiday tasavvur qilish mumkin. Generator $G3$ q.t. joyidan ancha elektr uzoqlikda, sh.u. hisoblarni soddalashtirish uchun uni, tizim qarshiligiga aniqlik kiritib, tizim shaxobchasiga, qarshiligini o'zgartirib, qo'shish maqsadga muvofiq (rasm 13, b):

$$x_{14} = x_{13} \parallel x_{11} = \frac{0,52 \cdot 2,39}{0,52 + 2,39} = 0,427.$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

SHunday qilib, q.t. nuqtasiga tok uchta manbaadan keladi, $G2$



Rasm 13. $K-2$ nuqtadagi

qisqa tutashuv uchun o'rindosh sxema.

generator shu nuqtani o'ziga ulangan.

$G2$ generatordan qisqa tutashuv toki $I_{d.0} = \frac{E''}{x_2} I_b$,

bunda I_b —q.t. nuqtasida o'rta kuchlanishdagi tokni asos qiymati, $U_{ur.K-2}=10,5$ kV:

$$I_a = \frac{S_a}{\sqrt{3}U_{yp.K-2}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 55 \text{ kA}.$$

SHunday qilib, $G2$ generatordan uch fazali q.t. toki

$$I_{d.0} = \frac{1,0}{1,95} \cdot 55 = 28,2 \text{ kA}.$$

Tizim, $G1$ va $G3$ generator, tizimlardan $K2$ nuqtadagi qisqa tutashuv toki bu manbaalarni yagona ekvivalent shaxobchaga birlashtirib topish oson. Bu yo'ldagi oraliq qadami qilingan— S va $G3$ shaxobchalar birlashtirilgan va umumiy qarshilik x_{14} -ga keltirilgan.

x_4 , x_5 , x_6 qarshiliklar uchburchagini x_{15} , x_{16} , x_{17} ekvivalent yulduzga o'zgartiramiz (jadval):

$$x_{15} = \frac{x_5 x_6}{x_4 + x_5 + x_6} = \frac{2,625 \cdot 2,625}{2,27 + 2,625 + 2,625} = 0,916;$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$x_{16} = \frac{x_4 x_6}{x_4 + x_5 + x_6} = \frac{2,27 \cdot 2,625}{7,52} = 0,792;$$

$$x_{17} = \frac{x_4 x_5}{x_4 + x_5 + x_6} = \frac{2,27 \cdot 2,625}{7,52} = 0,792.$$

13, b-dagi o'rindosh sxema rasm 13, v-dagiga o'zgaradi, u yerda:
 $x_{18} = x_{14} + x_{15} = 0,427 + 0,916 = 1,343;$

$$x_{19} = x_1 + x_{17} = 1,957 + 0,792 = 2,742.$$

K2 nuqtadagi qisqa tutashuv toklarini hisoblash uchun oxirgi o'rindosh sxema rasm 13, g-dagi ko'rinish oladi. Ekvivalent shaxobcha qarshiligi:

$$x_{20} = x_{16} + x_{18} || x_{19} = 0,792 + \frac{1,343 \cdot 2,742}{1,343 + 2,742} = 1,693.$$

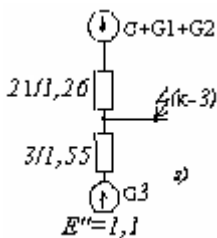
Ekvivalent manbaani yig'indi toki:

$$I_{d,0} = \frac{E''}{x_{20}} I_b = \frac{1}{1,693} \cdot 55 = 32,49 \text{ kA}$$

Q.t. toki davriy tashkil etuvchisini K2 nuqtadagi boshlang'ich qiymati (yig'indi qiymati):

$$I_{d,0K2} = 28,2 + 32,49 = 60,69 \text{ kA}.$$

Q i s q a t u t a s h u v **K-3** nuqtada. **G1** va **G2** generatorlar **K-3** nuqtadan anchagina elektr uzoqlikda, sh.u. hisoblarni soddalashtirish uchun ularni energotizim shaxobchasiga, qarshiligini mos ravishda o'zgartirib, qo'shish ma'qul. Natijaviy o'rindosh sxema rasm 14-da keltirilgan.



Rasm 14. **K-3** nuqtadagi qisqa tutashuv uchun o'rindosh sxema.

$$\text{Bu yerda } x_{21} = x_7 + x_{12} || x_{13} = 0,84 + \frac{0,52 \cdot 2,29}{0,52 + 2,29} = 1,26$$

(rasm 11 va 12, a va b-lar ko'rilsin).

O'TKINCHI JARAYONLAR

Qisqa tutashuv **K-3** nuqtadaliqida va $U_{br.}=10,5$ kV va $I_b=55$ kA-ligida sxema shaxobchalaridagi toklar:

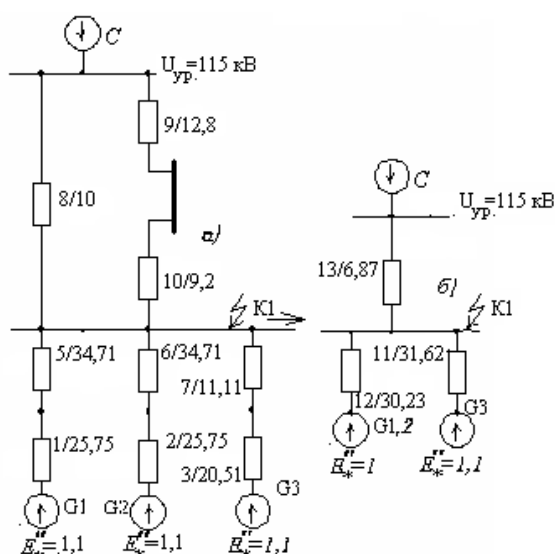
G3 generator shaxobchasi $I_{d.0}=E' \cdot I_b / x_3 = 1,1 \cdot 55 / 1,55 = 39,03$ kA;

tizim **S** shaxobchasi $I_{d.0}=I \cdot I_b / x_{25} = 1,0 \cdot 55 / 1,26 = 43,65$ kA.

K-3 nuqtasida uch fazali qisqa tutashuvligidagi yig'indi tok:

$$I_{d.0, K-3} = 39,03 + 43,65 = 82,68 \text{ kA.}$$

B. Nomlangan birliklardagi hisob. K1 nuqtadagi uch fazali q.t. rasm 15, a-da keltirilgan o'rindosh sxema rasm 12, a-dagiga



Rasm 15. **K1** nuqtadagi qisqa tutashuv uchun o'rindosh sxemalar.

o'xshash. Ammo, sxemani hamma qarshiliklari Omlarda berilgan va q.t. pog'onasi kuchlanishi $U_b = 115$ kV-ga keltirilgan.

Qarshiliklarni birdan boshlab nomerlaymiz va o'rindosh sxema qarshiliklari qiymatlarini, $U_b = U_{br.K1} = 115$ kV-ga keltirib, topamiz:

G1 va G2 generatorlar $x_1 = x_2 = x''_{d*(HOM)} \frac{U_{\phi}^2}{S_{HOM.}} = 0,146 \frac{115^2}{75} = 25,75 \text{ Om};$

G3 generator $x_3 = 0,183 \frac{115^2}{118} = 20,51 \text{ Om};$

T1 va T2 transformatorlar $x_5 = x_6 = \frac{u_{\kappa} \% U_{\phi}^2}{100 S_{HOM.}} = \frac{10,5 \cdot 115^2}{100 \cdot 40} = 34,71 \text{ Om};$

T3 transformator $x_7 = \frac{10,5 \cdot 115^2}{100 \cdot 125} = 11,11 \text{ Om};$

Elektr uzatish liniyalari:

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$L1 \quad x_8 = \frac{x_{\text{col}} l}{2} = \frac{0,4 \cdot 50}{2} = 10 \text{ Om};$$

$$L2 \quad x_9 = x_{\text{sol}} l = 0,4 \cdot 32 = 12,8 \text{ Om};$$

$$L3 \quad x_{10} = 0,4 \cdot 23 = 9,2 \text{ Om}.$$

Olingan natijalarni o'rindosh sxemaga kiritamiz. Sxemani rasm 15, b-dagi ko'rinishga keltiramiz:

$$x_{11} = x_3 + x_7 = 20,51 + 11,11 = 31,62 \text{ Om};$$

$$x_{12} = (x_1 / x_5) || (x_2 / x_6) = \frac{25,75 + 34,71}{2} = 30,23 \text{ Om};$$

$$x_{13} = x_8 || (x_9 + x_{10}) = \frac{10 \cdot (12,8 + 9,2)}{10 + 12,8 + 9,2} = 6,87 \text{ Om}.$$

Q.t. joyidagi tok davriy tashkil etuvchisini boshlang'ich qiymati quyidagi ifodadan topilishi mumkin, kA:

$$I_{D,0} = \frac{E_* U_0 [\text{kB}]}{\sqrt{3} x [\text{OM}]}$$

Tok qiymati shaxobchalar bo'yicha:

$$G1 \text{ va } G2 \text{ generatorlar} \quad I_{D,0} = \frac{1,0 \cdot 115}{\sqrt{3} \cdot 30,23} = 2,2 \text{ kA};$$

$$G3 \text{ generator} \quad I_{D,0} = \frac{1,1 \cdot 115}{\sqrt{3} \cdot 31,62} = 2,31 \text{ kA};$$

$$\text{Energotizim} \quad I_{D,0} = \frac{1,0 \cdot 115}{\sqrt{3} \cdot 6,87} = 9,67 \text{ kA}.$$

K1 nuqtadagi q.t.-ni yig'indi toki:

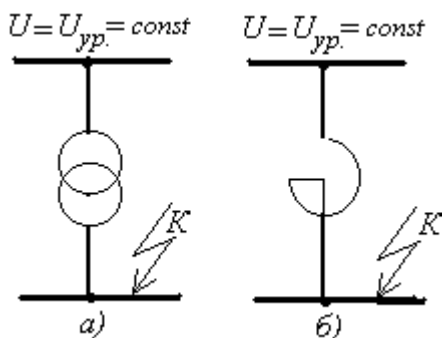
$$I_{D,0 \text{ K1}} = 2,2 + 2,3 + 9,67 = 14,18 \text{ kA}.$$

Alohida shaxobchalar va q.t. joyidagi hisob natijalari nisbiy birliklardagi hisob bilan bir xil natijalar bermoqda. Nomlangan birliklardagi hisob ko'rgazmaliroq, nisbiy birliklardagi hisob kuchlanishni bir necha pog'onalariga ega murakkab sxemalarni tadqiq etishda qulayroq.

O'TKINCHI JARAYONLAR

1. a) Quvvati 10 MV·A bo'lgan transformatoridan keyingi q.t.-da chegaraviy tok (davriy tashkil etuvchi) topilsin. $x_t\% = u_k$, $y_{u.k} = 14\%$, $U_{o'r.k} = 6,3$ kV (rasm 16, a).

Echim. Transformatorni $U_{br.k} = 6,3$ kV-dagi nominal toki:



$$I_{nom.} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 916 \text{ A.}$$

Rasm 16. CHegaraviy tok topish uchun o'rindosh sxema.

Q.t.-ni chegaraviy (davriy tashkil etuvchi) toki:

$$I_{D.0} = \frac{100}{14} \cdot 916 = 6550 \text{ A.}$$

b) Liniya reaktori RB10-630-0,25-dan keyingi q.t.-da chegaraviy tok topilsin. (rasm 16, b).

Echim. Reaktorni nominal toki $I_{noi.} = 630$ A, qarshiligi 0,25 Om. $U_{o'r.k} = 6,3$ kV-da yuqoridagi ifoda bo'yicha

$$I_{D.0} = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot 0,25} = 14,57 \text{ kA.}$$

2. 1-nci misol sharoitlari va **K-1**, **K-2**, **K-3** nuqtalar uchun uch fazali q.t.-ni zarba toklari topilsin (rasm 1).

Echim. **K-1** nuqtadagi q.t. uchun zarba toki. Jadval 5-dan sxema shaxobchalari uchun zarba koeffitsientlarini belgilaymiz va zarba toklarini aniqlaymiz:

G1 va **G2** generator shaxobchalari

$$k_z = 1,935; i_z = \sqrt{2} k_z I_{D.0} = \sqrt{2} \cdot 1,935 \cdot 2,2 = 6,04 \text{ kA};$$

$$\textbf{G3} \text{ generator shaxobchasi } k_z = 1,965; i_z = \sqrt{2} \cdot 1,965 \cdot 2,31 = 6,44 \text{ kA};$$

$$\text{energotizim shaxobchasi } k_z = 1,608; i_z = \sqrt{2} \cdot 1,608 \cdot 9,67 = 22,08 \text{ kA.}$$

K-1 nuqta uchun uch fazali q.t.-ni yig'indi zarba toki

$$i_{z, K-1} = 6,04 + 6,44 + 22,08 = 34,56 \text{ kA.}$$

O'TKINCHI JARAYONLAR

K-2 nuqtadagi q.t. uchun zarba toki. O'rindosh sxemani shaxobchalari uchun jadvallardan zarba koeffitsientlari topamiz va zarba toklari hisoblaymiz (jadval 4 va 5):

G2 generator shaxobchasi (TVF-60-2) $k_z=1,965$.

G1, G3 generator va energotizimni sektsiya reaktori va quvvati 80 MV·A-dan pastroq pasaytiruvchi transformator orqali shaxobchasi, o'rta hisobda $k_z=1,956$;

SHaxobchalarga mos toklar:

generatorni $i_z=\sqrt{2}\cdot k_z\cdot I_{d.0}=\sqrt{2}\cdot 1,965\cdot 28,2=78,69$ kA;

G1, G3 generator va energotizimni $i_z=\sqrt{2}\cdot 1,9\cdot 32,49=87,3$ kA.

K-2 nuqta uchun yig'indi zarba toki $i_{z, K-2}=78,69+87,3=165,99$ kA.

K-3 nuqtadagi q.t. uchun zarba toki. TVF-100-2 generator qisqichlaridagi qisqa tutashuv. Generator zanjiri uchun zarba koeffitsienti $k_z=1,98$ (jadal 4). Energotizim uchun zarba koeffitsientini q.t. joyiga tok 125 MV·A-li blokli transformator orqali kelishini hisobga olib topamiz. Jadval 4-dan shu xolat uchun $k_z=1,9$.

O'rindosh sxemani shaxobchalari bo'yicha zarba toklari:

generator $i_z=\sqrt{2}\cdot k_z\cdot I_{d.0}=\sqrt{2}\cdot 1,98\cdot 39,03=109,74$ kA;

energotizim $i_z=\sqrt{2}\cdot 1,9\cdot 43,65=117,77$ kA.

Yig'indi zarba toki $i_{z, K-3}=109,74+117,77=227,51$ kA.

3. Q.t.-ni hisobiy toklarini IEM (rasm 1) sxemasidagi uzgichlarni tanlash uchun topilsin. Berilganlar 1 va 3 misollardan olingan.

Echim. **G2 (G1)** generatorlar zanjirida o'rnatiladigan **MGG** uzgichlar uchun hisobiy toklar. Hisobiy vaqt $\tau=0,12+0,01=0,13$ s ($t_{g,u}$ MGG uzgichniki 0,12 s-ga teng).

Q.t. tokini davriy tashkil etuvchisini ikki qiymatini va nodavriy tashkil etuvchisini $t=\tau=0,13$ s vaqt uchun ikki qiymatini topamiz, chunki uzgich orqali **G2**-dan yoki birlashtirilgan ekvivalent **G1+G3+energotizim** manbaadan tok oqishi mumkin.

Tokni generator **G2**-dan davriy tashkil etuvchisi tipli egri chiziqlar (rasm 10)-dan topilishi mumkin. Buning uchun avval generatorni nominal toki topiladi

O'TKINCHI JARAYONLAR

$$I_{nom.} = \frac{P_{nom}}{\sqrt{3}U_{yp.k} \cos \varphi_{nom}} = \frac{60}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,8} = 4,129 \text{ kA}.$$

Generator $G2$ -dan bo'ladigan (q.t. $K2$ nuqtadalgida) (misol 1 ko'rilsin) tokni davriy tashkil etuvchisi boshlang'ich qiymatini nominal tokka nisbati

$$I_{D,0,g}/I_{nom.} = 28,2/4,129 = 6,83.$$

Bu nisbat va $t=\tau=0,13$ s vaqtdan egri chiziqlar yordamida (rasm 10) nisbatni topamiz $I_{D,t,g}/I_{D,0,g} \approx 0,7$.

SHunday qilib, generator $G2$ -dan bo'ladigan tokni davriy tashkil etuvchisi τ vaqtga kelib bo'ladi:

$$I_{D,t,g} = 0,7 \cdot 28,2 = 19,74 \text{ kA}$$

Q.t. toki nodavriy tashkil etuvchisi $G2$ generatoridan $t=\tau=0,13$ s vaqtga kelib quyidagi ifodadan topiladi

$$i_{n,t} = \sqrt{2} \cdot I_{D,0,g} \cdot ye^{-t/T_a} = \sqrt{2} \cdot 28,2 \cdot 0,6 = 24,03 \text{ kA},$$

bu yerda ye^{-t/T_a} qiymati egri chiziqlardan (rasm 9) va $t=\tau=0,13$ s vaqt, bunda $T_a=0,245$ s (jadval 4) topilishi mumkin.

Energotizim va unga ulangan $G1$, $G3$ generatorlardan q.t. toklari 1 misolda q.t. joyiga o'zgaras kuchlanish shinalaridan ekvivalent natijaviy qarshilik x_{20} orqali kelganday hisoblangan. SHuning uchun u vaqtda doimiy qabul qilinishi va teng bo'lishi mumkin $I_{D,t} = I_{D,0} = 32,49 \text{ kA}$

Ekvivalent manbaadan bo'ladigan q.t. toki nodavriy tashkil etuvchisi $i_{n,t} = \sqrt{2} \cdot 32,49 e^{-\frac{0,13}{0,095}} = \sqrt{2} \cdot 32,49 \cdot 0,25 = 11,69 \text{ kA}$

bu yerda $T_a=0,095$ misol 3-da ekvivalent manbaa uchun qabul qilingan $k_u=1,9$ -ga (rasm 8) mos keladi.

IEM-ni 110 kV uzgichlari uchun hisobiy toklar. Kuchlanishi 35 kV va undan yuqori taqsimlash qurilmalari uzgichlari, odatda, berilgan taqsimlash qurilmasini hamma zanjirlari uchun bir tipli tanlanadi va q.t.-ni eng og'ir sharoitlari bo'yicha tekshiriladi. SHunday qilib, ko'rilayotgan xolda shu tipdagi uzgich uchun q.t.-ni yig'indi hisobiy toklarini topish kerak.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Foydalanilgan va tavsiya etiladigan adabiyotlar

1. GOST 27514-87. Korotkie замыкания в электростановках. Методы расчёта в электростановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ. Gosstandart. M.: 1988.
2. Allaev K.R. Elektromexanik o'tkinchi jaraenlar. Toshkent.-Moliya.-2007.
3. Allaev K.R. Elektromexanicheskie perexodnye protsessy. Tashkent.-Moliya.-2007.
4. V.A. Venikova. Perexodnye protsessy elektricheskix sistem v prmerax i illyustratsiyax. M.: VSH.-1985
5. Neklepaev B.N. Elektricheskaya chast' elektrostantsiy i podstantsiy. M.: 1986.
6. Rukovodyaщие указания по расчёту токов коротких замыканий, выбору и проверке аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания. 1-ya redaktsiya, Glavtexupravlenie Minenergo SSSR.-MEI, 1975.

Qo'shimcha:

7. Rojkova L.D., Kozulin V.S. Elektr stantsiya va nimstantsiyalarning elektr asbob-uskunalari. Toshkent: O'qituvchi, 1986 y.
8. Rojkova L.D., Kozulin V.S. Elektr stantsiya va nimstantsiyalarning elektr asbob-uskunalari. M.: Energoatomizdat, 1987 y.
9. Spravochnik po proektirovaniyu elektroenergeticheskix sistem /Ershevich V.V., Zeyliger A.N., Illarionov G.A. i dr.; Pod red. S.S. Rokotyana i I.M. SHapiro. M.: 1985.
10. Belyaeva Ye.N. Kak rasschitat' tok korotkogo замыкания. M.: Energoatomizdat, 1983.
11. O'. V. SHaripov, X.A. SHamsiev. O'tish jaraenlar fanidan ma'ruza matnlari. 1-qism. TDTU, 2001.
12. S. J. Xaydarov, O'. V. SHaripov. O'tish jaraenlar fanidan ma'ruza matnlari. 2-qism. TDTU, 2001.

O'TKINCHI JARAYONLAR

1. Kurs loyihasi topshiriqlari

№	Transformator turi	Quvvat $S, kB \cdot A$	Yuqori kuchlanish, kV	past kuchlanish kV	Qt kuch. Uk, %	Ulanish gruppasi	Aktiv quvvat isrofi, kVt		Salt ishlash toki $I_0, \%$
							Salt xolatda, R_{XX}	Qisqa tutashuv, R_{QT}	
1	2	3	4	5	6	Y/Y-0	7	7	9
1	TM 400/35	400	35	0,69	6,5	Y/Y-0	1,35	5,5	2,1
2	TM25/16-10-66	25	6	0,4	4,5	Y/Y-0	1,126	0,68	3,2
3	TM40/6-1-65	40	6,3	0,23	4,5	Y/Δ-0	0,18	0,88	3
4	TM63/6-10-66	63	6,3	0,4	4,5	Y/Y-0	0,265	1,280	2,2
5	TM100/6-10-66	100	10	0,4	4,5	Y/Y-0	0,365	1,97	2,6
6	TM160/6-10-66	160	6	0,4	4,5	Y/Y-0	0,54	2,65	2,4
7	TM250/6-10-66	250	10	0,4	4,5	Y/Y-0	1,05	3,74	2,3
8	TM630/6-10-68	630	10	0,4	5,5	Y/Δ-0	2,27	7,6	2
9	TM-1000/10	1000	10	0,4	5,5	Y/Y-0	3,8	12,7	3
10	TM 1600/10	1600	6	0,63	5,5	Y/Y-0	3,3	16,5	1,3
11	TM2500/10 A	2500	10	0,63	5,5	Y/Y-0	6,2	25	3,5
12	TM 400/10 A	4000	10	6,3	6,5	Y/Y-0	8,5	33,5	3
13	TM6300/10 A	6300	10	6,3	6,5	Y/Y-0	12,3	46,5	3
14	TM 100/35	100	35	0,4	6,5	Y/Δ-0	0,465	1,97	4,16
15	TM 160/35	160	35	0,4	6,5	Y/Y-0	0,66	2,65	2,4
16	TM 250/35	250	35	0,23	6,5	Y/Y-0	0,96	3,7	2,3
17	TM 400/35	400	35	0,4	6,5	Y/Δ-0	1,35	5,5	2,1
18	TM 630/35	630	35	0,4	6,5	Y/Y-0	2	7,6	2
19	TM 1000/35	1000	35	0,63	6,5	Y/Y-0	2,75	12,2	1,5
20	TZS-160/10	160	10	0,4	5,5	Y/Δ-0	0,7	2,7	4

O'TKINCHI JARAYONLAR

VI. KEYSLAR BANKI

1. Mavjud vaziyat

Insoniyat moddiy ishlab chiqarish madaniyatining rivojlanish darajasi birinchi galda energiya manbaini hosil qilish va uni ishlatish bilan aniqlanadi. Buning ishlatilishi, keyingi 100 yil ichida esa, elektr quvvatidan foydalanish, sanoatning rivojlanishida texnik inqilobini keltirdi va sotsial munosabatlarda xal qiluvchi axamiyatga ega bo'ldi.

Hozirgi paytda rivojlangan mamlakatlarda elektr energiyasi kishi boshiga 10 kVt s. ga to'g'ri keladi. Bu esa 200 yil ilgari sanoatda asosiy ish kuchi hisoblangan insonning quvvatidan 100 marta ko'pdir.

O'zbekiston hududida joylashgan elektr stantsiyalarining umumiy quvvati 1913 yilda 3000 kVt bo'lib, ularda 3,3 million kVt.s. elektr energiyasi ishlab chiqarilgan. GOELRO plani asosida 1926 yil 1 mayida quvvati 4000 kVt bo'lgan Bo'z suv GESi qurib ishga tushirildi. Urushdan oldingi besh yillarda Qodiriya (13600 kVt.), Bo'rjar (6400 kVt), Tovoqsoy (birinchi navbati) GESlari ishga tushirildi. Ulug' Vatan urushi davrida bosib olingan hududlardan O'zbekistonga evakuatsiya qilingan korxonalarni elektr energiyasi bilan ta'minlash maqsadida Oqtepa (1943, 15 MVt), Qibray (1943, 11,2 MVt), Salar (1944, 11,2 MVt.), 1-Oqqovoq (1943, 26,1 MVt) GESlari ishga tushirildi. Farxod GESi qurila boshlandi. Urishdan keyingi davrda Namangan GES lar kaskadi (1,2-2, 1-2, 4-2,4 MVt), 19 ta GES lardan iborat CHirchiq-Bo'zsuv kaskadi kabi yirik gidroenergetika tizimlari bunyod etildi. Rivojlanayotgan xalq xo'jaligini elektr energiyasi bilan ta'minlash maqsadida Ohangaron (600 MVt), Toshkent (1920 MVt), Navoi (830 MVt), Sirdaryo (3000 MVt), Davlat rayon elektr stantsiyalari (DRES) va Farg'ona issiqlik elektr markazi (IEM) (230 MVt) qurildi.

Savol: - Elektroenergetika sistemasida o'tish jarayonlari to'g'risida nimalarni bilasiz?

2.Mavjud vaziyat

Elektr mashinalari elektr energetika tizimining asosiy elementlari hisoblanadi. Ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining deyarli hammasi generatorlarda ishlab chiqariladi. Elektr energiyasining asosiy istemolchisi elektr yuritmalar (motorlar) bo'lib ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining qariyb to'rt dan uch qismini istemol qiladi. Uzatiladigan elektr energiyasining hammasi transformatorlardan o'tkazilib kuchlanishi o'zgartiriladi. SHunday qilib ushbu fanda elektr energiyasini ishlab chiqarishda, uzatishda va istemol qilishda qo'llaniladigan elektr mashinalari o'rganiladi.

Elektr energiyasini uzatish va taqsimlash uchun transformatorlar qo'llaniladi. Sobiq Ittifoq elektromexaniklari uzoq masofalarga o'ta katta elektr energetik quvvatlarni uzatish uchun mo'ljallangan, kuchlanishi 1150 kV va 1500 kV bo'lgan transformatorlar yaratdilar. Elektr stantsiyalardagi turbogeneratorlar kuchlanishini oshiruvchi 1000-1200 MVA quvvatli transformatorlar ham nodir qurilmalar qatoriga kiradi.

Transformator zavodlari, shu jumladan, CHirchiq transformator zavodi (CHTZ) iste'molchilarni elektr energiyasi bilan barqaror ta'minlovchi maxsus transformatorlar, reaktorlar va transformatorli nimstantsiyalar komplektlarini ko'plab ishlab chiqarmoqdalar.

Transformatorlarda o'tish jarayonlarini sababi nimada?

Yuqorida keltirib o'tilgan vaziyatni tahlil eting.

O'TKINCHI JARAYONLAR

3. Mavjud vaziyat

Elektr energiyasi turli xil elektrostantsiyalarda ishlab chikarilib, elektr uzatish liniyalari orkali iste'molchilarga uzatiladi.

Amalda iste'molchilar nominal kuchlanish 1000 gacha, 6 V, 12 V, 24 V, 36 V, 127 V, 220 V, 380 V, 660 V, va 1000 V yukori, 6 kV, 35 kV, 110 kV, 220 kV larga bulinadi. Kupgina iste'molchilarni tugridan tugri Elektr tarmogi manbaiga ulash mumkin bulmaydi. Bunday xolda kuchlanishni uzgartirib ya'ni pasaytirib yoki kuchaytirib beruvchi kurulma kerak buladi. Bu kurulma bir kuchlanishni boshka kuchlanishga uzgartirib beruvchi statik elektromagnit apparatga transformator deyiladi.

Ma'lumki elektr energiya kuvvati asosan kuchlanish va tok kuchi kiymatlarining kupaytmasi bilan aniklanadi. Ya'ni $P = UI$ Formulaga asosan ma'lum kuvvatda kuchlanish katta bulsa tok kuchi kichkina buladi va aksincha Energiya uzatish liniya simlarida tok kuchi kichik bulsa, kuchlanishning yukotilishi xam kuvvat isrofi xam kam buladi.

SHuningdek tok kancha kichik bulsa elektr uzatish liniyalaridagi simlarning kundalang kesim yuzasi kichik bulib, bu simlarga ketgan rangli metallar va tayanchlar sarfi kam buladi. Bundan kurinib turibdiki elektr energiyani uzok masofaga uzatishda va ularni iste'molchilarga istalgancha oshirish xamda kamaytirish uchun transformatorlar keng ishlatiladi.

Muammoli savol: Elektr energiyasini transformatorlar yordamida uzatish sxemasida keltirib o'tilgan vaziyatni tahlil eting.

4. Mavjud vaziyat (Topshiriqli keys)

1-Topshiriq. «Transformatorlarda avariali jarayonlarda foydalansa bo'ladimi?»

Ko'rsatma: o'quvchilar guruhlariga savol bilan murojaat etiladi. 2 minut vaqt beriladi.

Savol : Transformator nima? Nima uchun transformator kurulmasi ishlatiladi?

To'g'ri javob : 1-guruh Amalda iste'molchilar nominal kuchlanish 1000 gacha, 6 V, 12 V, 24 V, 36 V, 127 V, 220 V, 380 V, 660 V, va 1000 V yukori, 6 kV, 35 kV, 110 kV, 220 kV larga bulinadi. Kupgina iste'molchilarni tugridan tugri Elektr tarmogi manbaiga ulash mumkin bulmaydi. Bunday xolda kuchlanishni uzgartirib ya'ni pasaytirib yoki kuchaytirib beruvchi kurulma kerak buladi. Bu kurulma bir kuchlanishni boshka kuchlanishga uzgartirib beruvchi statik elektromagnit apparatga transformator deyiladi.

Elektr energiya kuvvati asosan kuchlanish va tok kuchi kiymatlarining kupaytmasi bilan aniklanadi. Ya'ni $P=IU$ formulaga asosan ma'lum kuvvatda kuchlanish katta bulsa tok kuchi kichkina buladi va aksincha Energiya uzatish liniya simlarida tok kuchi kichik bulsa, kuchlanishning yukotilishi xam kuvvat isrofi xam kam buladi.

SHuningdek tok kancha kichik bulsa elektr uzatish liniyalaridagi simlarning kundalang kesim yuzasi kichik bulib, bu simlarga ketgan rangli metallar va tayanchlar sarfi kam buladi. Bundan kurinib turibdiki elektr energiyani uzok masofaga uzatishda va ularni iste'molchilarga istalgancha oshirish xamda kamaytirish uchun transformatorlar keng ishlatiladi.

2-guruh SHaxar va kishloklarda joylashgan iste'molchilari past kuchlanish bilan ta'minlanadi. Bunday vaktida pasaytiruvchi va kuchaytiruvchi transformatorlar kullaniladi.

Transformator kurulmasi bulmaganda iste'molchi talab kiladigan elektr energiya maksadli bulmaydi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

3-guruh Transformatorlar elektromagnit statik apparat bo'lib, aylanuvchan qismlari bo'lmaydi, lekin ishlash printsiipi va tuzilishi elektr mashinalariga o'xshash bo'lganligi sababli elektr mashinalar guruhiga qo'shib o'rganiladi.

Elektr stantsiyalarda ishlab chiqarilgan o'zgaruvchan tokni iste'molchilarga uzatish, elektr qurilmalari yordamida yetkazib berish va taqsimlash uchun uni kuchlanishini o'zgartirish kerak bo'ladi. O'zgaruvchan tokni kuchlanishini o'zgartirish ya'ni transformatsiyalash uchun transformatorlar qo'llaniladi.

4-guruh Elektrotexniklar uzoq masofalarga o'ta katta elektr energetik quvvatlarni uzatish uchun mo'ljallangan, kuchlanishi 1150 kV bo'lgan transformatorlarni yaratdilar. Elektr stantsiyalaridagi turbogeneratorlarning kuchlanishini kuchaytiruvchi quvvati 1000÷1250 MVA ga teng bo'lgan transformatorlar ham elektrotexnologik qurilmalarning nodir elementlari qatoriga kiradi.

Elektr tarmoklarida elektr energiyasini ma'lum masofaga uzatishda va uni iste'molchilar orasida taksimlashda transformatorlar keng ishlatiladi. Elektr energiyasini uzoq masofalarga uzatilganda liniya simlarda sodir buladigan kuvvat isrofini iloji boricha kamaytirish talab kilinadi. Bunda iste'molchilarga kuprok energiya yetib boradi.

Baholash tartibi : 2-3-4-guruhnigina to'g'ri topgan guruhga 2 balldan, 1-guruhni ko'rsatgan guruhga yana 1 ball qo'shib beriladi.

5.Mavjud vaziyat (Topshiriqli keys)

Topshiriq. «Transformatorlarning o'tish jarayonlarini sanang».

Ko'rsatma : Transformatorning ishi xarakterlanadigan nominal kattaliklar va elektr jixozlari kataloglarida hamda transformatorga maxkamlangan pasport taxtachada ko'rsatilgan parametrlarni aniklang.

Baholosh tartibi : Eng ko'p va to'g'ri topilgan parametrlar soni hisobga olinadi.

6.Mavjud vaziyat (Topshiriqli keys)

Topshiriq. «To'rt guruhga ajrat».

Ko'rsatma : talabalar bir nechta guruhlarga bo'linadi. Guruhlarga transformatorning ishi xarakterlanadigan nominal kattaliklar va elektr jixozlari kataloglarida hamda transformatorga maxkamlangan pasport taxtachada ko'rsatilgan parametrlar va ularni belgilanishlari yozilgan kartochkalar to'plami beriladi va ikki minut ichida ularni to'rt guruh : nominal kattaliklar, parametrlarni belgilanishlariga ajratish so'raladi.

Baholash tartibi : har bir guruhdagi to'g'ri ajratilgan nominal kattaliklar, parametrlarni belgilanishlar soni va ajratishga ulgurilmay qolganlari soni hamda noto'g'ri ajratilganlari soni hisoblanadi.

7.Mavjud vaziyat (Topshiriqli keys)

Topshiriq. «Elektr sistemasidagi o'tish jarayoni turlari».

Ko'rsatma : o'quvchilar bir nechta guruhlarga bo'linadi. Guruhlarga elektr mashinalar va transformator turlari yozilgan kartochkalar to'plami beriladi va ikki minut ichida transformator turlarini topib berish so'raladi. *Baholash tartibi*: har bir guruhdagi to'g'ri ajratilgan transformator turlari va ajratishga ulgurilmay qolganlari soni hamda noto'g'ri ajratilganlari soni hisoblanadi.

8. Mavjud vaziyat (mashqli keys)

Mashq. Transformator o'tish jarayonlarini aniqlash.

Ko'rsatma : turli transformator yozilgan kartochkalar va beshta tip nomi yozilgan kartochka beriladi. 1 minut ichida beshta tip bo'yicha transformatorlarni ajratib chiqish so'raladi.

Baholash tartibi : har bir guruhdagi to'g'ri va noto'g'ri ajratilgan transformatorlar tipi hamda ajratishga ulgurilmaganlari soni hisobga olinadi.

Baholash tartibi : Har bir formulada to'g'ri va noto'g'ri aniqlangan quvvat isroflarini soni hisoblanadi. Har bir formuladagi to'g'ri topilgan quvvat isrof 1 balldan hisoblanadi.

Muammo: Hozirda talabalar o'z xotirasidan ko'p shikoyat qilada, yoki ma'lumotlar ko'p barchasini esda saqlab hololmaslik tabiiy hol deb tushunmoqda.

Muammoning yechimi:

1. Talaba zarur ma'lumotlarni tez-tez takrorlab turishi lozim
2. Talaba o'z vaqtida mashg'ulotlarga tayyorgarlik ko'rish lozim
3. Talaba o'z ustida ko'p ishlashi kerak

Muammo: O'z-o'zini anglash, o'zidagi mavjud sifatlarni baholash jarayoni ko'pincha konkret shaxs tomonidan og'ir kechadi, ya'ni inson tabiati shundayki, u o'zidagi o'sha jamiyat normalariga to'g'ri kelmaydigan, no'maqul sifatlarni anglamaslikka, ularni «yashirishga» harakat qiladi.

Muammoning yechimi:

1. Bugungi kun ko'pchilik odamlar psixologik bilimlardan xabardor bo'lishini hoxlashadi
2. Bu ataylab qilinadigan ish bo'lmay, u har bir shaxsdagi o'z shaxsiyatini o'ziga xos himoya qilish mexanizmidir. Bunday himoya mexanizmi shaxsni ko'pincha turli xil yomon asoratlardan, hissiy kechinmalardan asraydi.
3. «Men» - obrazining ijobiy yoki salbiyligida yana o'sha shaxsni o'rab turgan tashqi muhit, o'zgalar va ularning munosabati katta rol o'ynaydi. Odam o'zgalarga qarab, guyoki oynada o'zini ko'rganday tasavvur qiladi

Elektromexanika fanining ilmiy tadqiqot metodlari bo'yicha keys

Muammo: Zaiflik, kuchsizlik, ilojsizlik «boshqa iloji yuk», «doim shunday» hislariga ko'milib yurgan talaba vaziyat yaxshi tomonga hech qachon o'zgarmasligiga ishonch hosil qilgan. Hayot uning uchun dahshatli, «hammaga baribir» iborasida aks etgan.

Muammoning yechimi:

1. Kuzatish metodi orqali batafsil muammolarni o'rganish lozim
2. Suhbat metodlari bilan muammoga yo'l toping
3. "O'z-o'zini baholash" anketasini o'tkazing

Muammo: Ko'p yoshlar o'zhissiyotlarini sir tutishga o'rinishadi yoki jilovlay olmasdan «portlab» ketishlarini ko'rsatishadi. Ota-onalar bu holatga «yuragi tor», «injiq» deb baho beradilar.

Muammoning yechimi:

1. Aslida, ulardan yutuqlari, quvonchlari, baxtli holatlari, hayajonlari hakida so'rashlari kerak
2. Ular bilan dustlashish kerak, sirlashish kerak.
3. Talaba psixolog mutaxassislarga uchrab maslahat olishlozim

3-Muammo: Hozirda talabalar o'z xotirasidan ko'p shikoyat qilada, yoki ma'lumotlar ko'p barchasini esda saqlab hololmaslik tabiiy hol deb tushunmoqda.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Muammoning yechimi:

4. Talaba zarur ma'lumotlarni tez-tez takrorlab turishi lozim
5. Talaba o'z vaqtida mashg'ulotlarga tayyorgarlik ko'rish lozim
6. Talaba o'z ustida ko'p ishlashi kerak.

<i>Muammoning turi</i>	<i>Muammoning kelib chiqish sabablari</i>	<i>Muammoni yechishda Sizning harakatlaringiz</i>	<i>Muammoni yechishda uchraydigan to'siqlar</i>
Guruxda o'qiydigan Islomjon sportning tekvondo turiga juda qiziqadi. U 2 oy davomida sport musobasalarida qatnashdi va mashg'ulotlarga bo'lgan qiziqishi yanada ortdi. Lekin o'sha paytda dars jarayonlariga to'liq qatnashmaganligi sababli darslarga bo'lgan qiziqishi sustlashdi. Qizning ota-onasi unga sport mashg'ulotlariga boshqa qatnashmasligini aytdi. Lekin Islomjon darslarni koldirib bo'lsa ham, ota- onasidan yashirincha sportga bordi. Ushbu holatga izoh bering, va o'z tavsiyalaringizni ayting.			

Transformatoridagi o'tish jarayonlari mavzusi bo'yicha keys:

Transformatorning avariya jarayonlari kelib chiqishi		ESining rivojlanishida nimalarga e'tibor berish kerak?	
Muammolar	Echimi	Muammolar	Echimi

Transformatorlarning xalk xujaligidagi urni		
<i>Muammolar</i>	<i>Muammoning sabablari</i>	<i>Muammoning</i>

TESTLAR NAMUNALARI

1.Rasmda berilgan transformatorida qaysi o'tish jarayoni sodir bo'ladi?

		Elektromagnit
		Elektromexanik
		To'lqinsimon
		Turg'un jarayon
		Noturg'un jarayon
		Normal jarayon
		Avariya jarayon

O'TKINCHI JARAYONLAR

VII. MUSTAQIL TA'LIM MAVZULARI

1. Mustaqil ishni tashkil etishning shakli va mazmuni:

1. Ma'ruzani tinglay olish. Oliy o'quv yurtida ma'ruza jarayonida talabalardan ma'ruzachini diqqat bilan tinglash, fikr yuritish va eshitganlarini yozib borish (matnlashtirish) talab etiladi. Fikrni bir joyga to'plab, diqqatni ma'ruzachi bayon qilayotgan masalaga safarbar qilish, faollik ko'rsatish bilangina ma'ruza mazmunini to'g'ri tushunish, bilish va anglab o'zlashtirish mumkin.

Talaba o'quv-biluv maqsadini aniq tasavvur etib, ma'ruzaga oldindan tayyorlanib kelsa (oldingi ma'ruzada bayon qilingan masala – materialni ko'rib, darslikdan yangi mavzuni o'qib kelsa), ma'ruzachi bayoniga o'z fikrlarini to'plab, to'la safarbarlik bilan tinglay oladi. Buning uchun talabada ma'ruzani tinglashga kuchli motiv mavjud bo'lishi lozim.

Talaba ma'ruzani tinglash jarayonida asosiy tushunchalar, muhim g'oyalarni o'z daftariga yozib borishi kerak, bunda ham eshitish, ham ko'rish, ham harakat xotirasi ishlaydi, faoliyat asosida bilim o'zlashtiriladi.

2. Ma'ruzani yozib olish. Har bir ma'ruza mazmuni (jarayoni)da quyidagilar bo'ladi: ma'ruzaning asosini tashkil etadigan muhim g'oya; muhim g'oyani asoslash, juz'iy xulosalar; qisqa muddatli pauzalar; ta'riflar, tamoyillar, tushunchalar.

Ma'ruzani matnlashtirayotganida talaba asosiy g'oya, muhim masalalar, asosiy tushunchalar, tamoyillar, ta'riflar, xulosalarni o'z daftarida qayd etib, yozib borishi kerak. Ma'ruza jarayonida professor-o'qituvchi shu xil joylarni ovozini o'zgartirish, nutq tempini kamaytirish bilan ajratib beradi, e'tibor berib tinglansa, zarur joylarni yozib olish imkonini bo'ladi.

Yozib olish paytida ma'lum tartibga amal qilinsa (ma'ruzaning muhim masalalari; fakt, dalil, ta'rif, xulosalar; savol-javoblar, mulohazalar), tinglash jarayonida asosiy narsalarni ajrata olish malakasi hosil bo'ladi.

1. Matnlashtirayotganda quyidagilarga rioya qilish lozim:

- hoshiya holdirish;
- har bir masalani tartib raqami bilan belgilash va satr boshidan yozish; ravshan yozish, ostiga chizib, ajratish;
- shaxsiy shartli qisqartirishlardan foydalanish: (qarama- qarshilik), kabi;
- tsitatalarning hoshiyasini ko'proq qoldirish;
- imloga, husnixatga rioya qilish, tartibli, toza yozish;
- yozib ulgurmaganlariga joy holdirib ketish;
- ruchkada yozish;
- yozuvlarni uyda o'qib chiqib, xatolarini to'g'rilash, to'ldirish, bu ishni iloji boricha o'sha kuni yoki vaqt ko'p o'tmay qilish;
- o'zingiz qatnashmagan ma'ruzani o'rtog'ingiz matnidan ko'chirib, kitoblardan o'qib o'rganish zarur.

O'TKINCHI JARAYONLAR

4.Kitob, manbalar bilan ishlash. Yuqori malakali mutaxassis bo'lish, o'z bilimlarini muntazam oshirib borish uchun talaba kitob bilan, birinchi manbalar bilan ishlash malakasiga ega bo'lishi zarur. Kitob bilan ishlay olish malakasi nazariy bilimlarni chuqurroq egallashning shartidir.

Birinchi kurs talabalari, odatda, zarur kitobni tanlash, topishga qiynaladilar, kitobni maqsadga muvofiq tarzda qunt bilan o'qish o'rniga ayrim joylarinigina o'zgarishsiz ko'chirib qo'ya qoladilar. Vaqolanki, talaba kitobni qanday topish va undan qanday foydalanishni bilmog'i lozim.

5. Talaba mustaqil o'qib o'rganishi zarur bo'lgan kitoblarni professor - o'qituvchi ma'ruza, seminar paytida tavsiya qiladi va kerakli maslahatlarni beradi. Oliy o'quv yurti talabasi DTS va malaka talabalarining ijtimoiy-gumanitar, tabiiy-ilmiy, ixtisoslik va boshqa fan bloklariga doir kitoblar, manbalarni o'rganishi zarur. U professor-o'qituvchilarning maslahati va ko'rsatmalariga amal qilishi kerak. SHu tariqa zarur kitoblarni tanlash va mustaqil ta'lim olish malakalarini egallab oladi.

6. Mustaqil ta'lim olish uchun talaba bibliografiya qanday bo'lishi, qanday tuzilishini bilib olishi lozim. Bibliografiyaga doir yozuvlarni alohida daftarga, bloknotga yoki kartochkalarga qayd etib (yozib) borishi kerak. Bunda quyidagi tartibga amal qilinadi: avvalo, kitob yoki maqola muallifining familiyasi, ismi-sharifi, kitobning nomi, joy nomi, nashriyot nomi, chiqqan yili, hajmi (necha betligi) ko'rsatiladi.

Ilmiy jurnal yoki ilmiy to'plamda bosilib chiqarilgan maqola bo'lsa, unda avvalo muallifning familiyasi, ismi-sharifi, so'ngra maqolaning nomi, jurnal (to'plam)ning nomi, joyi, vaqti (yili), soni, so'ngra betlari ko'rsatiladi.

SHu bilan birga talaba kutubxonadan o'ziga kerakli kitobni qanday qidirib topishni ham bilishi lozim. Har bir kutubxonada mavjud kitoblar bibliografiyasi (ro'yxati) shifrlanib, bibliografik kartochkalar shkaflardagi qutichalarga alfavit tartibida hamda mavzular bo'yicha (sistemalashtirilib) joylashtirilgan bo'ladi. Talaba o'ziga kerakli kitobning nomi yozilgan kartochkadan kitobning nomi va shifrini aniqlab, kitob olishga buyurtma berishi mumkin.

7. Darslik, ilmiy asarlar yoki maqolalarni o'qib o'rganish tartibi quyidagicha bo'lishi mumkin: tavsiya etilgan kitob, risola, darslikning bobi, paragrafi (fasli) avvalo boshdan oxirigacha bir marta o'qib chiqiladi, umumiy tasavvur hosil qilinadi: muallifi, kitobning, maqolaning, bob yoki paragrafning nomi bilib olinadi; kitobning muqaddimasi, asarning boshida yozilgan va shu asarning mazmunini ifodalaydigan *tsitata*, *annotatsiya*, *epigrafi* bilan tanishish shu kitobning muhim g'oyasi va yo'nalishi haqida tasavvur beradi.

So'ngra qo'lda halam (ruchka) bilan jiddiy e'tibor berib, asosiy matn o'qib o'rganiladi, muhim o'rinlari yozib boriladi.

Kitobni bobma-bob yoki paragraflar bo'yicha o'rganish va asosiy g'oyalarni qisqa yozib borish maqsadga muvofiq. Kitob o'qish ijodiy ish bo'lib, o'qish jarayonida fikr yuritish, tanqidiy yondashish, mulohaza qilish, lug'atlar, entsiklopediyalardan foydalanish lozim. Kitob matnida berilgan jadval, rasm, sxema, grafik, shakl, ko'rgazmalarni sinchiklab o'rganish, matn mazmuniga solishtirib ko'rish, zarur bo'lsa, ko'chirib olish kerak. Kitobni o'qish jarayonida olingan ma'lumotlarni baholash va unga tanqidiy nuqtai nazardan qaramoq, shuningdek, uning muhimligini baqolamoq zarur bo'ladi.

O'qishda u yoki bu materiallarga har xil yo'llar bilan belgi qo'yish tavsiya etiladi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

2. Mustaqil ta'lim mavzulari

1. Elektr texnikada qo'llaniladigan elektr zanjirlarni hisoblash usullari.
2. Oddiy va murakkab sistema uchun elementlarining parametrlarini hisoblash
3. Qisqa tutashuv toki bo'yicha stantsiya va nimstantsiya elektr uskunalarni tanlash.
4. Generatorlarning almashtirish sxemalari parametrlarini pasport parametrlari bo'yicha aniqlash.
5. Qisqa tutashuvning boshlang'ich toklarini hisoblashda qo'llaniladigan amaliy usullar.
6. Kompyuterda bajariladigan hisob - kitob ishlarini o'tkazish uchun mo'ljallangan dasturlarga dastlabki ma'lumotlarni tayyorlash bilan tanishish
7. Sistema elementlarining tenglamalari bilan tanishish.
8. Ko'p karrali qisqa tutashuvni taxminiy hisoblash usullari.
9. Elektr uzatish yulining o'tkazuvchanlik qobiliyatini aniqlashni o'rganish.
10. Oddiy elektr sistemasining statik turunligini boshqariladigan va boshqarilmaydigan sistemalarning xarakteristik tenglamasini yechib taxlil qilish
11. Elektr sistemaning statik va dinamik turg'unligini kompyuterda tuzilgan dasturlarda qo'llanilgan usullar va algoritmlar bilan tanishish.
12. Sinxron va asinxron motorlarning sistemada kuchlanishning keskin o'zgarishidagi turg'unligini tekshirish.
13. Sinxron va asinxron motorlarning o'qlariga quyilgan tormozlash momentlarning keskin o'zgarishidagi turg'unligini tekshirish.
14. Elektr sistemaning statik va dinamik turg'unligini kompyuterda tuzilgan dasturlarda qo'llanilgan usullar va algoritmlar bilan tanishish.
15. Elektr sistemada kuchlanish va chastota kuchkisini taxlil qilish va uni bartaraf etish tadbirlari.

O'tkinchi jarayonlar fanidan glossariy

O'tish jarayoni - sistemaning bir holatdan ikkinchi holatga o'tishini ta'minlaydigan jarayonlar majmuasi.

To'lqinsimon o'tish jarayoni- sistemada sodir bo'ladigan ichki (kommutatsiya) va atmosferadagi o'ta kuchlanishi kirada. Bunda kuchlanish va tok to'lqinlari tarqalishida generatorlar rotorining holati o'zaro o'zgarmas deb qabul qilinadi. Generatorlar va motorlar aylanish tezligining o'zgarishidagi mexanik jarayonning ta'siri e'tiborga olinmaydi.

Elektr magnit o'tish jarayoni- Elektr magnit o'tish jarayonini o'rga-nishda ham zanjirlarning mexanik holatining ta'siri e'tiborga olinmaydi. Elektr magnit o'tish jarayonining kechish tezligi 50-600 Gts-gacha bo'lishi mumkin. Bu jarayonning kechishi asosan qiska tutashuvlarda va bo'ylama va ko'ngdalang nosimmetrik holatlarda kuzatiladi.

Elektr mexanik o'tish jarayoni- Bu o'tish jarayonida elektr mashinalari va statik elementlarda kechayotgan elektrmagnit, hamda generatorlar, turbinalar va motorlarning (yuklamalar) tezligining o'zgarishidagi mexanik jarayonlarning o'zaro ta'siri birgalikda e'tiborga olib o'rganiladi. CHunki elektromexanik o'tish jarayonining kechish vaqti fizik kattaliklarning (kuchlanish va tokning) fazoda tarqalish tezligidan ancha katta bo'lganligidan, ular o'zgarayotgan zanjirning parametrlarini doimiy va o'zgarmas deb olinadi.

Statik turg'unlik- Sistemada sodir bo'ladigan kichik turtkilar ta'sirida sistemaning o'z o'zidan o'zining oldingi va unga yaqin bo'lgan holatga qaytib kelish xususiyati tushiniladi.

Dinamik turg'unlik- Sistemada sodir bo'ladigan katta turtkilar ta'sirida sistemaning o'z o'zidan o'zining oldingi va unga yaqin bo'lgan holatga qaytib kelish xususiyati tushiniladi.

Statik turg'unlik koeffitsienti- Sonli koeffitsient bo'lib u sistemaning statik turg'unlik zaxirasini bildiradi.

Statik turg'unlik mezoni- Sistemaning turg'un ishlash soxasini aniqlaydi.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Statik harakteristika- Yuklamalarning sistema holatiga ta'rini aniqlaydigan tavsif.

Kuchlanish ko'chkisi- Sistemada ishlab chiqarilayotgan va iste'mol qilinayotgan reaktiv quvvatlar muvozanatining buzilishidan paydo bo'ladigan holat.

Davrtezlik ko'chkisi- Sistemada ishlab chiqarilayotgan va iste'mol qilinayotgan aktiv quvvatlar muvozanatining buzilishidan paydo bo'ladigan holat.

Qo'zg'atish sistemasi va rostlagichlari - qo'zg'atish tokini hosil qilish va boshqarish uchun mo'ljallangan mashina va apparatlar tushuniladi.

Normal utkinchi jarayonlar- normal ishlatish sharoitida rostlovchi ko'rilmalarning ta'sirida va sistema yuklamasining odatiy uzgarishida yuz beradi.

Kichik turtkilar –bu sistema turgun ishlashining izdan chikishiga sabab bulmaydigan turtkilar.

Katta turtkilar –bu elektr sistemasi xolat parametrlari keskin o'zgarishiga sabab bo'ladigan turtkilar.

O'rindosh sxema -bu berilganlar bo'yicha hisobiy sxemaga to'g'ri keladigan, ammo hamma magnit (transformator) aloqalar elektr aloqalarga almashtirilgan elektr sxemaga aytiladi.

Bazis kuchlanish –bu qisqa tutashuv nuqtasidagi o'rtacha kuchlanishga aytiladi.

CHastota ko'chkichisi- Elektr sistemasida quvvat buyicha rezerv bo'lmasa yuklama quvvatining ortishi chastotani nazorat qilib bo'lmas darajada pasayishiga olib keladi.

Natijaviy turg'unlik - bu elektr sistemasi xolatining o'ziga xos xususiyati bulib, boshlang'ich xolatning turg'unligi buzilgandan keyin sinxron ishlashning mustaqil tiklanishi va sistemaning sinxron xolatda bo'lishidir.

Resinxronizatsiya - bu asinxron ishlayotgan sinxron generatorning sinxronizmga kirish jarayonidir.

Motorlarning o'z-o'zidan ishga tushishi. O'z-o'zidan ishga tushirish - motorlarni normal ishlashini uni ish jarayonini kuchlanishning qisqa vaktda kamayishidan so'ng tiklanish jarayonidir.

O'TKINCHI JARAYONLAR

Motorlarni ishga tushirish. Motorlarni ishga tushirish - bu motorlarni va mos xolda ishchi mexanizmlarni qo'zg'almas xolatdan normal tezlik bilan aylanish xolatiga o'tish jarayonidir.

Reaktiv quvvat manbalari –bu sinxron generator va kom-pensatorlar, sinxron motorlar, statik kondensatorlar xisoblanadi.

Sinxron generatorni o'z-uzini kuzgatish - bu sistema elementlari va generator chulgamlarida kuchlanish va tokning (V va I) o'z-o'zidan ortib ketishi bilan xarakterlanuvchi elektromagnit noturg'unlikdir.

Elektr sistemasini «nafas olyapti» deb atash -bu elektr sistemasini kichik og'ishlarda barqaror xolati tushiniladi(albatta bu baqaror xolat nisbiy bo'ladi).

Qo'zgatishni kompaundlash qurilmasi- bu stator tokining belgilangan mikdordan chetga og'ishini sezuvchi qurilmadir.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Allaev K. R. Elektromexanicheskie perexodnye protsessy. – T.: TGTU, 2008.
2. Allaev K.R. Elektromexanik o'tkinchi jarayonlar. -T., ToshDTU, 2007.
3. Kryuchkov I. P., Starshinov V. A., Gusev M. V., Piratorov. Perexodnye protsessy v elektricheskix sistemax. Uchebnik dlya vuzov. -M.: Izdatel'skiy dom MEI, 2008.
4. Pod redaktsiey V.A.Stroeve. Perexodnye protsessy elektricheskix sistem v primerax i ilyustratsiyax. Uchebnoe posobie dlya vuzov. - M.: ZNAK, 1996.
5. Power System Transients: Theory and Applications
Akihiro Ametani, Naoto Nagaoka, Yoshihiro Baba, Teruo Ohno
October 14, 2013 by CRC Press
Reference - 516 Pages - 265 B/W Illustrations
ISBN 9781466577848 - CAT# K16810

Qo'shimcha adabiyotlar:

4. Allaev Q. R., Mirzaboev A. M. Малые колебания электрических систем (матричный подход). -T.: «Fan va texnologiya», 2011.
5. Kulikov Yu. A. Perexodnye protsessy v elektricheskix sistemax: Uchebnoe posobie. -M.: Mir: ООО «Izdatel'stvo AST», 2003.

O'TKINCHI JARAYONLAR

6. Maxmudov T.F., Xabibulina A.T. Переходные процессы. Конспект лекций. – Т.: TashGTU, 2014.

Internet saytlar:

1. Sayt: www.energystrategy.ru
2. Sayt: www.Kniga.info.ru
3. Sayt: www.twirpx.som.
4. Sayt: www.uzenergy.uzpak.uz
5. Sayt: www.ZiyoNet.uz

O'TKINCHI JARAYONLAR

FANGA DOIR VIDEO MA'RUZALAR, VIDEO ROLIKLAR

<https://www.youtube.com/watch?v=GZgFdPWtVGY>Promotion

<https://www.youtube.com/watch?v=ys7zx1Vc9po>The Seven Ps of the Marketing Mix: Marketing Strategies

<https://www.youtube.com/watch?v=mCdcdf-b8AU>PEST Analysis

Geographic, Demographic, Psychographic & More - Study.com

<https://www.youtube.com/watch?v=IyjDjr33wAQ> - Live affiliate marketing case study

https://www.youtube.com/watch?v=2Zwlb_lQ23I - Market Feasibility Study: More Important Than a Business Plan

<https://www.youtube.com/watch?v=b0hle7pVLmM>How to Create a Digital Marketing Strategy - A Silverstone Case Study

<https://www.youtube.com/watch?v=IggKinwxbZ4>Part 5: Marketing, Community and Apps Case Study featuring Coca-Cola - Salesforce World Tour Chicago

<https://www.youtube.com/watch?v=z-9Yxo02hRk>Case Study 2016: When Content Marketing Meets SEO

<https://www.youtube.com/watch?v=lcoLoIyGw7I>Nike Marketing Strategy | Successful Marketing #1

<https://www.youtube.com/watch?v=CjieRgtjvlc>Eno Mobile Marketing Case Study: 70% Increase in Product Sales

<https://www.youtube.com/watch?v=No67z1C4HPw>Heineken India - Viral Campaign 2013

O'TKINCHI JARAYONLAR

O'tkinchi jarayonlar fanidan tarjima qilinayotgan xorijiy adabiyotlar

Fan nomi	Muallif	Xorijiy adabiyot nomi	nashriyot
O'tkinchi jarayonlar	Akihiro Ametani, Naoto Nagaoka, Yoshihiro Baba, Teruo Ohno	Power System Transients: Theory and Applications	Wiley,2010,E nglish October 14, 2013 by CRC Press
O'tkinchi jarayonlar	J.C. Das (Author)	Transients in Electrical Systems: Analysis, Recognition, and Mitigation 1st Edition	Elsevier,2012 , English McGraw-Hill Education; 1 edition (June 24, 2010)
	De Graef, Marc.	Structure of materials: an introduction to crystallography, diffraction,and symmetry	Cambridge university Press,2012,Eng lish