



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA
O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

BUXORO MUHANDISLIK - TEXNOLOGIYALAR
INSTITUTI

"Elektrotexnika" kafedrası

«O'TKINCHI JARAYONLAR»

FANIDAN MA'RUZALAR MATNI

BUXORO – 2013 yil.

Tuzuvchi: «Elektrotexnika» kafedrası
k.o'q. Qahhorov M.M

Taqrizchi: «Elektrotexnika» kafedrası
dotsenti Sadullaev N.N.,
«G'ijduvon qurilish va kommunal xo'jalik»
kasb hunar kolleji o'quv ishlari bo'yicha
direktor muovini
Jamolova Z. J.

Ushbu ma'ruza matni "21" may 2013 yilda «Elektroenergetika» kafedrasida muhokama qilindi (bayonnoma № 20) va Bux MTI ning uslubiy kengashi muxokamasiga tavsiya etildi.

Bux MTI uslubiy kengashining «__»_____2013 yilgi yig'ilishida muhokama qilindi va tasdiqlandi.

Bayonnoma N_____

A N N O T A T S I Y A

Ushbu ma'ruza matnida "O'tkinchi jarayonlar" fanidan "Elektroenergetika" yo'nalishida tahsil olayotgan bakalavr talabalarga elektr tarmoq va tizimlardagi jarayonlar, shu jumladan elektromexanik va elektromagnit o'tkinchli jarayonlar, qisqa tutashuv toklari va ularni hisoblash usullari haqida nazariy asoslari berilgan va tavsiflangan.

MUNDARIJA

Ma'ruza 1. Holatlarning asosiy ta'riflari va umumiy xarakteristikasi.....	4
Ma'ruza 2. Elektromagnit o'tish jarayonlar haqida umumiy tushunchalar.....	6
Ma'ruza 3. Uch fazali qisqa tutashuv. Kuchlanish o'zgarishlaridan ta'minlanuvchi zanjirdagi qisqa tutashuv.....	9
Ma'ruza 4. Quvvati cheklangan generatordan ta'minlanuvchi zanjirdagi qisqa tutashuv.....	12
Ma'ruza 5. Uch fazali qisqa tutashuv toklarini hisoblash usullari.....	16
Ma'ruza 6. Qisqa tutashuv toklarini nisbiy birliklarda hisoblash.....	19
Ma'ruza 7. Sinxron mashinalarda qisqa tutashuvlar.....	21
Ma'ruza 8. Reaktorlarda qisqa tutashuv toklari.....	23
Ma'ruza 9. Almashtirilgan elektr sxema.....	25
Ma'ruza 10. Qisqa tutashuvning chegaraviy toklarini aniqlash.....	30
Ma'ruza 11. Qisqa tutashuv o'tkinchi jarayonining istalgan momentidagi vaqti uchun toklarni aniqlash.....	32
Ma'ruza 12. Nossimmetrik qisqa tutashuvlar.....	37
Ma'ruza 13. Qisqa tutashuv toklarini nomlangan va nisbiy birliklarda hisoblash..	39
Ma'ruza 14. Elektr tizimda kechadigan elektromexanik o'tish jarayonlari.....	49
Ma'ruza 15. Holat o'zgarishlaridagi elektromexanik o'tish jarayonlari.....	54
Ma'ruza 16. Statik turg'unlikni me'zonlari va tahlil usullari.....	58

1-ma'ruza.

Holatlarning asosiy ta'riflari va umumiy xarakteristikasi.

Reja:

1. Shikastlanishning yuzaga kelishi va ularning turi
2. Elektr tizim va tarmoqlarda yuzaga keladigan jarayonlar
3. Shikastlanishdan keyingi jarayonlar

Qisqa tutashuv elektr zanjirlarning izolyatsiyasi buzilganda sodir bo'ladi. Bunday buzilishlarning sababi turlicha: izolyatsiyaning eskirishi va shu sababli uning buzilishi elektr uzatuvchi simlarining bir-biri ustiga tushishi, simlarning uzilib erga tushishi, er qazish ishlarida kabellar izolyatsiyasining mexanik buzilishi, elektr uzatish liniyalarda yashin tushishi va boshqalar.

Qisqa tutashuv ko'pincha, o'tkinchi qarshilik orqali, masalan, izolyatsiyaning buzilgan joyda hosil bo'luvchi elektr yoy qarshiligi orqali hosil bo'ladi. Ayrim hollarda o'tish qarshiligiz metalli qisqa tutashuv tokini hisoblashda o'tkinchi qarshilikni hisobga olmay metalli qisqa tutashuv quriladi.

Uch fazali elektr qurilmalarda uch va ikki fazali qisqa tutashuv hosil bo'ladi. Bundan tashqari neytralli erga qo'zg'almaydigan hamda samarali ulangan uch fazali tarmoqlarda qo'shimcha holda erga bir fazali va ikki fazali qisqa tutashuv hosil bo'ladi (ikkita faza o'zaro tutashib, bir vaqtning o'zida erga ulanadi).

Uch fazali qisqa tutashuvda elektr tarmog'ining hamma fazalari bir xil sharoitda bo'ladi. Shuning uchun bu hol simmetrik deb yuritiladi. Qisqa tutashuvning boshqa ko'rinishlarida tarmoqlarning fazalari turli sharoitlarida bo'ladi, shu sababli toklar va kuchlanishlar vektorining diagrammasi buziladi. Bunday qisqa tutashuvlar nosimmetrik deb yuritiladi. U yoki bu ko'rinishdagi qisqa tutashuv hosil bo'lishining nisbiy ehtimoli keltirilgan ma'lumotlar asosida xarakterlanadi. Bu ma'lumotlar elektr qurilma kuchlanishining turli pag'onasi elektr uzatuvchi liniyalar konstruksiyasi, ob – havo va boshqa omillar uchun chegara miqdorlar hisoblanadi.

Odatda qisqa tutashuv bo'lganda shikastlangan fazalardagi tok kattaliklari nominal tok miqdorlaridan bir necha marta katta bo'ladi. Qisqa tutashuv toklarining o'tishi o'tkazgichlarda va kontaktlarda elektr energiyasining ko'proq isrof bo'lishiga olib keladi. Bu ularni tez qizishiga sabab bo'ladi. Qizish jarayoni izolyatsiyaning eskirishi bilan buzilishini tezlashtiradi, kontaktlarning payvandlanishi va yonishiga shina va simlarning mexanik mustahkamligini yo'qotishga va shunga o'xshash hollarga olib keladi. O'tkazgichlar va apparatlar berilgan hisobiy vaqt oralig'ida qisqa tutashuv tokidan qizib shikastlanmasliklari kerak, ya'ni termik chidamli bo'lishlari lozim. Qisqa tutashuv toklarining o'tishi, shuningdek, o'tkazgichlar orasida katta elektrodinamik kuchlar hosil bo'lishi bilan kuzatiladi. Agar tegishli tadbirlar ko'rilmasa shu kuchlar ta'sirida tok o'tkazuvchi qismlar va ularning izolyatsiyasi buzilishi mumkin. Tok o'tkazuvchi qismlar, apparatlar va elektr mashinalari shunday loyihalangan bo'lishi kerakki, ular qisqa tutashuvda hosil bo'ladigan kuchlar ta'siriga shikastlanmasdan chidamli, ya'ni elektrodinamik nuqtai nazardan turg'un bo'lishi lozim. Qisqa tutashuvlar elektr tarmoqlarida kuchlanish darajasining ayniqsa va buzilgan joyga yaqinroqda pasayishi bilan sodir bo'ladi. Iste'molchining shinasidagi kuchlanishning (masalan, RP-1 shinasida q.t. bo'lganda RP-3ning shinasida) pasayishi xavfli oqibatlariga olib kelishi mumkin. Motorli yuklamalar ayniqsa kuchlanishning pasayishini yaxshi sezadi.

Tayanch iboralar:

Jarayon, elektr tizim, tarmoq, yuklama, qisqa tutashuv, kuchlanish, shina, elektrodinamika.

Nazorat savollari

1. SHikastlanish qay paytda yuzaga keladi?
2. SHikastlanish turlarini sanab o'ting.
3. Elektr tizim va tarmoqlarda qanaqa jarayonlar yuzaga keladi?
4. SHikastlanishdan keyin qanday jarayonlar yuzaga keladi?

2-ma'ruza.

Elektromagnit o'tish jarayonlar haqida umumiy tushunchalar.

Reja:

1. Asosiy tushunalar.
2. O'tish jarayonining yuzaga kelish sabablari.
3. Jarayonni hisoblashning qo'yilishi va unga qo'yilgan umumiy talablar.

Elektr tizimda eng ko'p uchraydigan elektromagnit o'tish jarayonlar quyidagi holatlarda yuzaga keladi:

1. Elektr energiya iste'molchilaridan bo'lmish divigatellarni o'chirish va yoqish.
2. Qisqa yopiq zanjirni yoqish yoki o'chirishda hamda tizimda qisqa tutash sodir bo'lganda.
3. Tizimda mahaliy nosimmetriklik yuzaga kelishida (masalan, EUY ning birta fazasining o'chirishida).
4. Sinxron mashinalarning o'yg'otishini forsirovka harakatidan, hamda ularning magnit maydonini so'ndirishidan.
5. Sinxron mashinalarni nosinxron yoqishdan.

Qisqa tutashuv deb fazalar aro yoki erga qisqa tutashuvga aytiladi.

Befarq nuqtasi yakkalangan yoki erga ulangan tizimlarda bir fazaning erga tutashi oddiy tutashuv deb ataladi.

Elektr tizimda qisqa tutashuv yuzaga kelganda zanjir qarshiligi kamayadi (kamayish darajasi qisqa tutash nuqtasining tizimda joylashuviga bog'liq). Bu esa tizimning normal rejim toklaridan nisbatan katta bo'lgan toklarning yuzaga kelishiga olib keladi.

Odatda qisqa tutash joyida yuzaga kelgan elektr yoy yoki tokning bir fazadan ikkinchisiga yo fazadan erga o'tadigan elementlar qarshiligidan yuzaga keladigan *o'tkinchli qarshilik* paydo bo'ladi.

Bir qancha qisqa tutashuvlarda o'tkinchli qarshilik shu qadar kichik bo'ladiki ularni hisobga olmasa ham bo'ladi, bunaqa qisqa tutashuvlar *metalik qisqa tutashuvlar* deyiladi.

Befarq nuqtasi erga ulangan uch fazali tizimlarda quyidagi qisqa tutashuvlar yuzaga keladi:

1. Uch fazali.
2. Ikki fazali.
3. Bir fazali.
4. Ikki fazaning erga tutashuvi.

Uch fazali qisqa tutashuvlarni simmetrik deb atash mumkin, chunki bunda hamma fazalar bir xil sharoitda bo'ladi. Qolgan qisqa tutashuvlar aksincha nosimmetrik bo'ladi.

Ba'zi hollarda shikastlanish rivojlanish jarayonida qisqa tutashuv boshlang'ich ko'rinishdan boshqa qisqa tutashuv ko'rinishiga o'tishi mumkin. Masalan, kabel yo'llarda nosimmetrik qisqa tutashuvlar ko'pincha shikastlanishdan yuzaga kelgan elektr yoy tezda hamma izolyatsiyalarni bo'zishi sababdan uch fazali qisqa tutashuvlarga o'tadi.

Nosimmetrik qisqa tutashuvlar ko'ndalang va bo'ylama bo'lishi mumkin. Birdaniga ikkala nosimmetriyalar ham bo'lishi mumkin. Masalan, bir fazaning uzilib erga tutashi bunga misol bo'lishi mumkin.

Sinxron mashina uyg'otishining forsirovkasi kuchlanish pasayganda uyg'otishni avtomatik rostlash qurilmalari orqali amalga oshiriladi.

Elektromagnit o'tish jarayonlari asosan qisqa tutashuvlardan yuzaga keladi. Qisqa tutashuvlar izolyatsiya materiallarining eskirishidan, o'ta kuchlanishlardan, qurilmalarni texnik ko'rikdan o'tkazmaslik hamda mexanik shikastlanishlardan yuzaga keladi. Amaliyotda tok o'tkazuvchilar orasiga qushlar va hayvonlar tutashidan qisqa tutashuvlar yuzaga kelishi uchratilgan.

Elektr tizim va qurilmalarni loyihalashda, bir nechta texnik masalalarni echishda, oldindan hisoblashlarda elektromagnit o'tish jarayonlar asosan to'satdan yuzaga kelgan qisqa tutashuvlardan yuzaga keluvchi jarayonlar muhim o'rin egalaydi.

Elektromagnit o'tish jaryonlarni hisoblash deganda asosan ko'rilayotgan sxemada berilgan shartlar asosida toklar va kuchlanishlarni aniqlash tushiniladi. Hisoblashlar qo'yilishining muhimlik darajasiga qarab ko'rsatilgan qiymatni, berilgan vaqt momenti yoki qiymatlar o'zgarishi butun jarayoni davrida topiladi. Bunda hisoblashlar tizimning bir yoki bir necha shoxalari yo nuqtalari uchun olib boriladi.

Bunday hisoblarning Amaliy echilishida quyidagi masalalar ko'riladi:

- a) shikastlanish rejimida iste'molchilarning ishlash shartini aniqlash;
- b) o'tkazuvchanliklar va qurilmalrni tanlash va ularni qisqa tutashuvda ishlash sharti asosida tekshirish;
- v) rele himoyasi va avtomatikasi qurilmalarini rostlash va loyihalash;
- g) sinxron mashinalarni nosinxron ulanish va o'z – o'zini sinxronlashtirish orqali ulanish shartini aniqlash;
- d) erga ulanuvchi neytrallar soni va ularni tizimda joylashuvini aniqlash;
- e) yoy so'ndiruvchi kompensatsiyalovchi qurilmalar soni va quvvatini aniqlash;
- yo) EUY ni aloqa va signalizatsiya simlariga ta'sirini aniqlash;
- j) himoya erga ulagichlarini tekshirish va loyihalash;
- z) o'ta kuchlanishdan himoyalashda qo'llaniladigan razryadniklar uchun xarakteriskalar tanlash;
- k) sinxron mashinalarning maydonini so'ndiruvchi parmetrlarini aniqlash va baholash;
- l) sinxron mashinalarning uyg'otish tizimini tanlash va tekshirish;

Tayanch iboralar

Qisqa tutashuv, sinxron mashina, elektr yoy, generator, magnit maydon, uyg'otish tizimi, razryadnik.

Nazorat savollari

1. Elektromagnit o'tish jarayonlar qaychsi holatlarda yuzaga keladi?
2. O'tkichli qarshilik qachon paydo bo'ladi?

3. Uch fazali tizimlarda qanday qisqa tutashuvlar yuzaga keladi?
4. Metalik qisqa tutashuvlar deb nimaga aytiladi?
5. Nosimmetrik qisqa tutashuvlar nechaga bo'linadi?

3-ma'ruza.

Uch fazali qisqa tutashuv. Kuchlanish o'zgarmas shinadan ta'minlanuvchi zanjirdagi qisqa tutashuv.

Reja:

1. Uch fazali qisqa tutashuv turlari
2. Qisqa tutashuv tokining majburiy tashkil etuvchilari.
3. Qisqa tutashuv tokining aperiodik va periodik tashkil etuvchilari

Real elektr tarmoqlar uchun xarakterli bo'lgan aktiv – induktiv qarshilikka ega simmetrik uch fazali zanjir ko'rsatilgan. Zanjir normal ish rejimida hamda qisqa tutashuvda qisqichlarida simmetrik va qiymati bo'yicha o'zgarmas uch fazali kuchlanish sistemasi saqlanadigan manbadan ta'minlanadi. Har bir fazaning toki va kuchlanishi orasidagi burchakni yuklamani qo'shgan holda butun zanjirning aktiv va induktiv qarshiliklari nisbatidan aniqlanadi.

Qisqa tutashuv zanjirni ikki qismga har bir q.t. zanjirni 2 qismga har fazada qarshiligiga ega bo'lgan chap tomonga ega bo'ladi. Uch fazali qisqa tutashuvda sxemaning ikkala qismidagi jarayonlar mustaqil o'tadi. Ko'rilayotgan zanjirning o'ng qismi q.t. bilan bo'ladi, undagi tok induktivlikda yig'ilgan magnit maydonining energiyasi aktiv qarshilikda ajralayotgan issiqlikka aylanib tugamaguncha davom etib turadi. Zanjirning qarshiligiga aktiv – induktiv xarakterda bo'lganda, bu tokning kattaligi normal rejimdagi tokdan oshmaydi va asta – sekin nolgacha kamaya borib asbob uskunalar uchun xavfli bo'lmaydi.

Ta'minlovchi manbaga ega bo'lgan zanjirning chap qismi rejimining o'zgarishi induktivlik mavjudligida ham o'tkinchi jarayon bilan boradi, «Elektrotexnikaning nazariy asoslari» kursidan shu jarayonni tavsiflovchi tenglama ma'lum:

$$U = iP_K + L_K \frac{di}{dr}; \quad (3.1)$$

Bunda i va U -ko'rilayotgan fazaning toki va kuchlanishning oniy miqdorlari.

Bu tenglamani echimi q.t.ning boshida to vaqtning istalgan momentida tokning oniy miqdori ifodasini beradi.

$$i_{\kappa,i} = \frac{U_m}{Z_K} \sin(\omega t + \alpha + \varphi_K) + i_{a,o} l^{-\frac{t}{T_a}}; \quad (3.2)$$

Bunda U_m -manbaning faza nurlanishining amplituda miqdori;

Z_K -manbaga ulangan zanjir bo'lagining to'la qarshiligi;

α manbaning $t = 0$ momentdagi kuchlanishning faza burchagi;

T_a -q.t. zanjirdagi tokning shu faza manbai kuchlanishiga nisbatan surilish burchagi:

$$T_a = \frac{L_K}{r_K} = \frac{X_K}{\omega r_K}; \quad (3.3)$$

(2.2)dan ko'rinadiki, q.t.ning to'liq toki ikki tashkil etuvchidan tashkil topadi: manbaning kuchlanishi ta'siridan kelib chiqadigan majburiy, hamda induktivlik L_K dagi magnit maydoni zapas energiyasining o'zgarishidan kelib chiqadigan erkin tashkil etuvchi toklardan iborat bo'ladi.

Qisqa tutashuv tokining majburiy tashkil etuvchisi manba kuchlanishining chastotasiga teng bo'lgan chastotali davriy xarakterga ega. Bu tashkil etuvchini odatda q.t. tokning davriy tashkil etuvchisi deb yuritiladi.

$$i_{n.t.} = \frac{U_m}{Z_K} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_K) = I_{n.m} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_K); \quad (3.4)$$

Bunda $I_{n.m}$ -tokning davriy tashkil etuvchisining amplituda qiymati.

Tok va kuchlanishning vektorlari orasidagi siljish burchagi F_k qisqa tutashuv zanjiridagi induktiv va aktiv qarshiliklar nisbatidan aniqlanadi. Real zanjirlar uchun odatda $X_K \gg r_K$ va $\alpha_K = 45$ qisqa tutashuv tokining davriy tashkil etuvchisi uchundagi vektor diagrammasi. Tokning erkin tashkil etuvchisi:

$$i_{a,t} = i_{q,o} l^{-\frac{t}{T_a}}; \quad (3.5)$$

Amperiodik o'zgarish xarakteriga ega, shu asosda bu tashkil etuvchini q.t. tokining amperiodik tashkil etuvchisi deb ham yuritiladi.

Har qaysi fazadagi q.t. tokining amperiodik tashkil etuvchisining boshlang'ich qiymati vaqtning $t=0$ momenti uchun (3.2) ifoda bo'yicha aniqlanadi:

$$i_{a,o} = i_{\kappa,o} - i_{n,o}; \quad (3.6)$$

Bu erda q.t. tokining boshlang'ich miqdori $t=0$ bu miqdor induktivlik zanjiridagi tokning sakrab o'zgarmasligini hisobga olganda $t=0$ momentda shu fazadagi oldingi rejimining toki teng. $t=0$ dagi tokning davriy tashkil etuvchisi miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$i_{n,o} = I_{n,m} \sin(\alpha - \varphi_{\kappa}); \quad (3.7)$$

Qisqa tutashuvning to'liq toki bilan uning aperiodik tashkil etuvchisining mumkin bo'lgan maksimal miqdorining paydo bo'lish sharti ma'lum darajada ahamiyatga ega. $X_K \gg r_K$ va $\varphi_n = 90^\circ$ bo'lganda (3.6) va (3.7)dan ko'rinadiki, agarda kuchlanish q.t. hosil bo'lgan momentda nol qiymat ($a=0$) orqali o'tsa va q.t. gacha zanjirda tok yo'q., ya'ni $i_{(0)} = 0$ bo'lganda tok maksimal miqdor $i_{a,o}$ ga ega bo'ladi. Tokning aperiodik tashkil etuvchisining maksimal qiymati shartida tokning o'zgarish egri chizig'i. Bunda $i_{a,o} = I_{n,m}$.

To'liq tokning oniy maksimal qiymati q.t. jarayoni boshlangan 0,01 o'tgandan so'ng erishiladi.

U zarbiy tok nomi bilan yuritilib i_y bilan belgilanadi. Kattaligi $t=0,01$ s vaqt momenti uchun ifodadan aniqlanadi.

$$i_y = I_{n,m} + I_{n,m} l^{\frac{0,02}{T_a}} = I_{n,m} \left(1 + l^{\frac{0,01}{T_a}} \right); \quad (3.8)$$

yoki

$$i_y = k_y \cdot I_{n,m}; \quad (3.9)$$

Bunda q.t. zanjirining vaqt doimiysi kattaligiga bog'liq bo'lgan zarbiy koeffitsient.

Kuchlanishi o'zgarmas shinadan ta'minlangan holda o'tkinchi jarayon tokning aperiodik tashkil etuvchisi so'ngandan so'ng tamom bo'ladi va keyinchalik qisqa

tutashuvning to'liq toki amplitudasi o'zgarmas bo'lgan o'zining davriy tashkil etuvchisiga teng bo'ladi.

Qisqa tutashuvning istalgan momentidagi vaqti t uchun tokning ta'sir etuvchi miqdori quyidagiga teng:

$$I_{n,m} = I_{n,o} = \frac{I_{n,m}}{\sqrt{2}} = \text{const}; \quad (3.10)$$

Aperiodik tashkil etuvchi uchun:

$$I_{a,t} = i_{a,t}; \quad (3.11)$$

Tayanch iboralar:

Amplituda, tok, vaqt, aperiodik, periodik, maksimal qiymat, oniy qiymat, moment.

Nazorat savollari

1. Uch fazali qisqa tutashuv turlari?
2. Qisqa tutashuv tokining majburiy tashkil etuvchilarini sanab o'ting.
3. Qisqa tutashuv tokining aperiodik tashkil etuvchilarini aniqlang.
4. Qisqa tutashuv tokining periodik tashkil etuvchilarini aniqlang

4-ma'ruza.

Quvvati cheklangan generatoridan ta'minlanuvchi zanjirdagi qisqa tutashuv

Reja:

1. Quvvati cheklangan generatorni ta'minlovchi zanjirda sodir bo'ladigan qisqa tutashuvlar
2. Qisqa tutashuv toklarini hisoblash
3. Zarbiy tok tushunchasi

Oldingi qurilgan holga qaraganda bu erda shunday shikastlanishlar ko'riladiki, bunda q.t. zanjirining qarshiligi nolga teng (generator chiqqichlaridagi tutashuv) yoki generatorning qarshiligi bilan bir tartibli bo'ladi.

Shikastlangan joyning elektr uzoqlanishi kichik bo'lganda generatorning UAR (uyg'otishni avtomatik rostlash) si o'tkinchi jarayonga katta ta'sir ko'rsatadi. Soddashtirish uchun avval UAR uzilgan generatorni ko'rib chiqamiz.

Bunday mashinada uyg'onish toki doimiy qoladi va uyg'onish magnit oqimi I_r ning o'zgarmasligini ta'minlaydi.

Qisqa tutashuv to'liq tokining ayrim tashkil etuvchilarning miqdoriga o'zgarishi xarakteriga vaqt bo'yicha ta'sir etuvchi omillarini analiz qilamiz.

Generator salt ishlaganda rotor toki ta'sirida mashinada uyg'otish magnit oqimi hosil bo'ladi. Generatorning statorida q.t. paydo bo'lish momentida tok paydo bo'ladi. Tokning davriy tashkil etuvchisi generatorning qisqichlaridagi kuchlanishdan q.t. zanjirining parametrlari bilan aniqlanadigan ω_k burchakka orqada qoladi. Tokning davriy tashkil etuvchisi generatorning chulg'amlaridan o'tib magnit oqimi ω_{st} ni hosil qiladi, bu oqim rotorning bo'ylama oqim bo'ylab yakor reaksiyasining oqimi kabi uyg'otish oqimiga qarama – qarshi yo'naladi.

ω_{st} oqim yo'lida n ta o'tkazuvchi kontur joylashgan: chulg'amning qisqa tutashgan konturi va uyg'otgichga tutashtirilgan uyg'otish chulg'ami konturi.

Generator ishining muvozanat rejimlarida oqim rotorni po'lati orqali tutashadi. O'tkinchi jarayonda yuqorida aytilgan konturlarning shu yo'lda mavjudligi o'z ta'sirini ko'rsatadi. Dempfer va uyg'otish chulg'amlarining konturlari induktivlikka ega bo'lganlari uchun 90 ta'sirida EYUK hosil qiladi, hamda tegishlicha erkin toklar paydo bo'ladi. Oqim rotorga nisbatan qo'zg'almas, shuning uchun $i_{c,gg}$ va $i_{c\phi,f}$ toklar $i_{c\phi,g}$ ning yopiq konturlari o'tkinchi rejimlarda ham generator rotorining massiv tolasida hosil bo'ladi.

Ko'rsatilgan aperiodik toklar kontur induktivligining uning aktiv qarshiligiga bo'lgan nisbatiga teng doimiy vaqt bilan so'nadi. Ularga chulg'amlarning dempferli va uyg'otish erkin magnit oqimlari to'g'ri keladi.

Rotorning magnit oqimi birdaniga o'zgara olmaganligi uchun vaqtning $t=0$ momenti uchun $F_{st}=F_{sv,u}+F_{sv,f}$ shart bajarilishi kerak va havo og'irligidagi natijaviy oqim quyidagiga teng bo'ladi.

$$F_{NAT}=F_f + F_{sv,d}+ F_{st} + F_{sv,f} ; (4.1)$$

Bu holat quyidagilarni bildiradi:

Qisqa tutashuvning boshlang'ich momentida rotordagi F_{st} oqim erkin oqimlar bilan kompensatsiyalanadi va mashinaning havo oralig'ida qisqa tutashuv boshlanishidan oldingi uyg'otish cho'lg'ami oqimiga teng bo'lgan oqimi ta'siri kiritiladi. Magnit oqimi rotordan siqib chiqariladi va asosan stator cho'lg'amlarining sochilish oqimi tutashadi.

Yuqoridagilardan shu narsa kelib chiqandiki, qisqa tutashuv boshlag'ich momentlarida mashinaning EYUK si sakrab o'zgarmaydi, balkim undan oldingi rejimning EYUK miqdoriga teng bo'ladi.

Qisqa tutashuvning $t=0$ momentida generatorni xarakterlaydigan parametrlar oqimi o'tkinchi parammetrlar deb ataladi va generator – faza miqdori E_F deb belginadigan yuqori o'tkinchi qarshiligi ta'sir etuvchi qisqa tutashuv tokini davriy tashkil etuvchisining boshlang'ich miqdori quyidagi simvollarida belgilanadi: $I_{p,m}$ – ampilituda, $I_{p,o}$ – birinchi dAZUdagi ta'sir etuvchi qiymati sinusoidal tok uchun :

$$I_{n,m} = \sqrt{2} \cdot I_{n,o} ; (4.2)$$

Agar EYUK E_F generator qarshiligining X'_o va qisqa tutashuv zanjirining X_K ma'lum bo'lsa, $I_{p,o}$ ni aniqlash mumkin:

$$I_{n,o} = \frac{E''_{\phi}}{X''_o + X_K} ; (4.3)$$

Vaqt o'tishi bilan dempfer cho'lg'am va uyg'otish cho'lg'amlaridagi aperiodik toklarning so'nishi bilan bir vaqtda mos holda magnit oqimlari $F_{sv,d}$ va

$F_{sv,f}$ tegishli kamayadi. Bunda birinchi bo'lib magnit oqim $F_{sv,d}$ so'nadi, aktiv qarshiligi kichik bo'lgan uyg'otish cho'lg'aming zanjirida erkin tok sekinroq so'nadi.

Erkin magnit oqimlar bundan keyin yakor reaksiyasi oqimi F_{st} ning magnitsizlantiruvchi ta'sirini kompensatsiyalay olmaydi. SHu sababli generatorning EYUK si kamayadi. Mashina parammetrlarini o'zgarishi EYUK singari kamayib boradigan qisqa tutashuv tokining davriy tashkil etuvchisiga ta'sir ko'rsatadi.

Dempfer cho'lg'am va uyg'otish cho'lg'amlari erkin toklar so'nganidan so'ng stator tokining davriy tashkil etuvchisi muvozanat rejimiga o'tadi. Bunda natijaviy magnit oqim quyidagiga teng bo'ladi $F_{NAT} = F_f - F_{st}$ ya'ni stator oqimining magnitsizlovchi ta'siri maksimal bo'ladi.

Qabul qilingan shartlar asosida zarbiy tok katrtaligini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$i_y = I_{n.mo} + I_{n.m} \cdot e^{-\frac{0,01}{T_a}} = I_{n.o} \left(1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \right); \quad (4.4)$$

$I_{n.m} = \sqrt{2} \cdot I_{n.o}$ va qavs ichidagi ifoda zarbiy koefitsientni bildirishini inobatga olsak ifoda quyidagicha tus oladi:

$$i_y = I_{n.m} + I_{n.m} \cdot e^{-\frac{0,01}{T_a}} = I_{n.m} \left(1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \right) = \sqrt{2} I_{n.o} k_y; \quad (4.5)$$

Endi UAR ulaganda qisqa tutashuv jarayoni qanday o'tishini ko'rib chiqamiz. Bu holda qisqa tutashuvdagi kuchlanishning pasayishi uyg'otish toking ortishi bilan kompensatsiyalanadi. SHu bilan birga, generatorning qisqichlaridagi kuchlanish nominalning 0,85 – 0,9 qismidan kam bo'lsa, generatorni uyg'otishini chegara miqdorigacha oshishini ta'minlovchi uyg'otishni jadallashtiruvchisi ishga tushadi. UAR generatorning uyg'otish magnit oqimi va EYUK sini o'zgartiradi. Demak, qisqa tutashuv tokini ham o'zgartiradi. Hamma AZU (avtomatik zahirani

ulash) lar biroz kechikib ta'sir ko'rsatadi. Bundan tashqari, generator uyg'otish cho'lg'ami induktivligining haddan tashqari kattaligi rotor tokining ortishiga to'sqinlik qiladi. Buning natijasida UAR ning ta'siri qisqa tutashuv hosil bo'lgandan so'ng ma'lum vaqt o'tgach namoyon bo'la boshlaydi.

Aytilganlardan shu xulosaga kelish mumkin: UAR qisqa tutashuvning birinchi davrida qisqa tutashuv tokaning kattaligiga ta'sir etmaydi. Tokning davriy va aperiodik tashkil etuvchisining boshlang'ich qiymatlari hamda ularning so'nish jarayoni va demak, zarbiy tok xuddi yuqorida ko'rib o'tilgan generatorning UAR siz ishlashidagi kabi bo'ladi.

Qisqa tutashuvda generator qisqichlaridagi kuchlanishning pasayish chuqorligi va demak, rostdash tizimining reaksiyasi shikastlangan joyining oralig'iga qarab qisqa tutashuv toki davriy tashkil etuvchisining ta'sir etuvchi miqdorining vaqt bo'yicha o'zgarishi egri chiziqlari keltirilgan mashina chiziqlariga qisqa tutashgan bo'lsa, UAR qisqa tutashuv toki kattaligiga sust ta'sir etadi, chunki, yakor reaksiyasi oqimining magniszlantiruvchi ta'siri katta.

Tayanch iboralar:

Generator, quvvat, zanjir, mashina, uyg'onish toki, oqim, kontur, zarba koeffitsienti.

Nazorat savollari

1. Quvvati cheklangan generatorni ta'minlovchi zanjirda necha xil qisqa tutashuv sodir bo'ladi?
2. Qisqa tutashuv toklarini hisoblab bering.
3. Zarbiy tok ifodasini keltiring.

5-ma'ruza.

Uch fazali qisqa tutashuv toklarini hisoblash usullari

Reja:

1. Uch fazali qisqa tutashuv toklarini hisoblash usullari.
2. Elektr tarmoq va tizimlarning qisqa tutashuvlarini hisoblash

3. Elektr qurilmalarida qisqa tutashuvlarni hisoblash

a) Elektr asbob uskuna parametrlarini tanlash yoki tekshirish shuningdek, rele muhofazasi va avtomatika ustanovkasini tanlash yoki tekshirish uchun qisqa tutashuv toklari hisoblanadi. Ko'pgina elektrostantsiya va podstantsiyalardan tashkil topgan elektroenergetika sistemasining hamma elementlarining haqiqiy ish rejimi va haqiqiy xarakteristikalarini hisobga olib qisqa tutashuvni hisoblash ancha murakkabdir. SHu bilan birga, amalda uchraydigan ko'pchilik masalalarni echish uchun hisoblashni osonlashtiruvchi va katta noaniqlik kiritmaydigan shartlar kiritish mumkin. Bu shartlar quyidagilar:

Hamma generatorlarning EYUK fazasi butun qisqa tutashuv jarayoni davomida o'zgarmaydi (generatorlarning tebranishi yo'q) deb qabul qilinadi:

Magnit sistemalarining to'yinishi hisobga olinmaydi. Bu hol qisqa tutashuv zanjiri va hamma elementlarning induktiv qarshiligini tok miqdoriga bog'liqmas va uni o'zgarmas deb hisoblash imkonini beradi.

Kuch transformatorlarining magnitlovchi toklari hisobga olinmaydi.

Maxsus hollardan tashqari erga qisqa tutashgan zanjir elementlarining sig'im o'tkazuvchanligi hisobga olinmaydi.

Uch fazali sistema simmetrik deb faraz qilinadi. Qisqa tutashuv tokiga yuklamaning ta'siri taxminan hisobga olinadi, qisqa tutashuv tokining kattaligini hisoblashda agar nisbati 3 dan katta bo'lsa, odatda, zanjirning aktiv qarshiligi hisobga olinmaydi, lekin qisqa tutashuv tokining aperiodik tashkil etuvchisining so'nish vaqti doimiysi aniqlashda aktiv qarshilikni hisobga olish lozim.

Qo'yilgan shartlar hisoblashni osonlashtirish bilan birga qisqa tutashuv tokining ma'lum miqdorda ortishiga olib keladi.

b) Ustanovkaning hisoblash sxemasi

Hisoblash sxemasi deganda elektroustanovkalarining hamma elementlari va ularning qisqa tutashuv tokining kattaligiga ta'sir etuvchi parametrlari ko'rsatilgan soddalashtirilgan bir chiziqli sxemasi tushuniladi, shuning uchun hisoblashlarda bu parametrlar nazarda tutilishi kerak.

Agar hisoblash faqat normal sxema uchungina bo'lmay balki asbob – uskuna elementlari (liniya generatorlar transformatorlar) qisman o'chiriladigan remont hajmi uchun ham bajarilsa u holda bu narsa hisoblash sxemasining ilovasida ko'rsatilishi shart.

Uch fazali zanjirning ushbu U_{nom} , kV; I_{nom} , A; S_{nom} , MVA; x_{nom} , Om parametrlariga ega bo'lgan elementidan biri (transformator, generator, reaktor)ni olamiz. Nominal parametrlar o'zaro quyidagi ma'lum nisbatlarda bog'langan:

$$\left. \begin{aligned} S_{nom} &= \sqrt{3} I_{nom} \cdot U_{nom} \\ x_{nom} &= U_{nom} / \sqrt{3} I_{nom} \end{aligned} \right\} (5.1)$$

Qisqa tutashuv rejimini o'z ichiga oladigan zanjirning shu elementi har qanday boshqa ish rejimining kuchlanishi U toki I quvvati $S = \sqrt{3} UI$ va qarshiligi $x = U / \sqrt{3} I$ ning ma'lum miqdorlari bilan xarakterlanadi. Ularni ayni hol uchun baza elementi deb qabul qilingan shu elementning tegishli nominal parametrlari ulushlarida ifodalash mumkin:

$$\left. \begin{aligned} U_{*(nom)} &= U / U_{nom}; I_{*(nom)} = I / I_{nom} \\ S_{*(nom)} &= S / S_{nom}; x_{*(nom)} = x / x_{nom} \end{aligned} \right\} (5.2)$$

SHunday qilib olingan kattaliklar zanjir elementining ishini berilgan sharoitlarda xarakterlovchi nisbiy nominal miqdorlar hisoblanadi. Nisbiy nominal qarshilik x_{nom} uchun yuqorida keltirilgan ifodani o'zgartirish uchun x_{nom} qiymatni (5.1) ifodadagi qiymatga almashtirish kerak. Unda:

$$x_{*(nom)} = \sqrt{3} I_{nom} x / U_{nom} (5.3)$$

Bundan shuni ko'rish mumkinki, nominal baza sharoitlarida zanjirning shu elementi qarshilig nominal tok o'tayotganidagi kuchlanishining pasayishini nominal kuchlanishga nisbati nisbiy qarshilikka teng. (5.3) dagi nominal tokni nominal quvvat va kuchlanish bilan almashtirib, quyidagini olamiz:

$$x_{*(nom)} = x S_{nom} / U_{nom}^2 (5.4)$$

Tok, kuchlanish va boshqa parametrlarning nisbiy miqdorlarini faqat zanjirning berilgan elementining nominal miqdorlariga nisbatan aniqlabgina qolmay, balki miqdorlarning bazis sistemasi deb yuritiladigan va hisoblash asosiga qo'yilgan ixtiyoriy boshqa miqdorlarga nisbatan ham aniqlash mumkin. Ma'lumki,

miqdorlarning bazis sistemasiga bazis quvvati S_6 , bazis kuchlanishni U_6 uch fazali sistema uchun quvvat ifodasi $S_6 = \sqrt{3}UI_6$ orqali bog'langan bazis toki, shuningdek bazis qarshilik $x_6 = U_6 / \sqrt{3}I_6$ kiritish mumkin. Bu holda ikkita bazis miqdorlarini ixtiyoriy berish mumkin. Odatda quvvat va kuchlanishni bazis qiymatini berib, ular orqali bazis tok $I_6 = S_6 / \sqrt{3}U_6$ va bazis qarshilik aniqlanadi.

Tayanch iboralar:

Generator, EYUK, transformator, magnit tizim, qarshilik, bazis shartlar, nominal qiymat

Nazorat savollari

1. Uch fazali qisqa tutashuv toklarining necha xil hisoblash usullari mavjud?
2. Elektr tarmoq va tizimlarda qisqa tutashuvlar qanday hisoblanadi?
3. Elektr qurilmalarida qisqa tutashuvlar qanday hisoblanadi?

6-ma'ruza

Qisqa tutashuv toklarini nisbiy birliklarda hisoblash.

Reja:

1. Bazis miqdorlarda parametrlarnig ifodalanishi.
2. Bazis qarshiliklarni aniqlash usullari.
3. Qisqa tutash qarshiligini aniqlash.

Bazis miqdorlar odatda quyidagi birliklarda ifodalanadi: kuchlanish – kilovatlarda, tok – kiloamperlarda, quvvat – megovolt – amperlarda, qarshilik-Omlarda.

Bazis miqdorlar ma'lum bo'lganda nisbiy bazim kattaliklarga o'xshash quyidagi formulalardan aniqlanadi.

$$\left. \begin{aligned} U_* &= U / U_6; I_* = I / I_6 \\ S_* &= S / S_6; x_* = x / x_6 \end{aligned} \right\} (6.1)$$

Nisbiy bazis qarshilikni quyidagicha yozish mumkin.

$$\left. \begin{aligned} x_* &= \sqrt{3}I_6 x / U_6 \\ x_* &= S_6 x / U_6^2 \end{aligned} \right\} (6.2)$$

Kataloglar va zavodlarning informatsion materiallarga doim parametrlarning nisbiy kattaliklari beriladi, ya'ni ular mashina yoki apparatning bazis miqdori deb qabul qilingan nominal quvvatiga, nominal qarshiligiga, nominal kuchlanishiga nisbatan aniqlangan kattaliklar bo'ladi.

Ayrim hollarda nisbiy nominal miqdorlar protsentlarda ifodalanadi.

Ma'lumki $U, \% = U_* \cdot 100$; $I, \% = I_* \cdot 100$; $S, \% = S_* \cdot 100$; $x, \% = x_* \cdot 100$;

Nisbiy bazis qarshilikni agar bazis sharoitlar nominallardan farq qilsa, (6.1) va (6.2) ifodalardan kelib chiqqan quyidagi ma'lum nisbiy nominal qarshiliklardan aniqlash mumkin.

$$x_* = x_{*(HOM)} \frac{I_6 \cdot U_{HOM}}{I_{HOM} U_6} (6.3)$$

(6.2) va (6.3) dan

$$x_* = x_{*(HOM)} \frac{S_6 \cdot U_{HOM}}{S_{HOM} U_6^2} (6.4)$$

(6.3) va (6.4) ifodalardan foydalanib nisbiy birliklardagi qarshilikning ma'lum miqdoriga qarab qarshilik kattaligini Om lar hisobida aniqlash mumkin.

Parametrlarning nisbiy kattaliklaridan foydalanib hisoblashlarni elektrotexnika qonunlari asosida olib borish mumkin. Hisoblash formulalariga kiradigan xamma mikdorlarni xisoblashda ular albatta bir xil baza sharoitlarda aniklanishi kerak.

SHuni esda tutish kerakki liniya va faza kuchlanishlarining nisbiy kattaliklari son jihatidan o'zaro teng bo'lishi lozim, ya'ni

$$U_{*min} = \frac{U_{min}}{U_{6min}} = \frac{\sqrt{3}U_\phi}{\sqrt{3}U_{6\phi}} = \frac{U_\phi}{U_{6\phi}} = U_{*\phi} (6.5)$$

SHuning uchun Om qonuni nisbiy birliklarda, masalan $I_K = U_* / x$ ko'rinishga ega bo'ladi. Uch fazali tarmoq quvvatining formulasi esa $S_* = U_* I_*$ yozilishi mumkin.

Hisoblash sxemasining turli elementlarining qarshiligi qanday aniqlanishini ko'rib chiqamiz.

Tayanch iboralar:

Faza, tarmoq, nisbiy birlik, kuchlanish, ifoda, quvvat, bazis qarshilik, informatsion materiallar.

Nazorat savollari

1. Nisbiy nominal qarshiliklar qanday aniqlanadi?
2. Bazis kuchlanish qanday aniqlanadi?
3. Bazis qarshilik qanday aniqlanadi?
4. Bazis miqdorlar odatda birliklar qanday ifodalanadi?

7-ma'ruza

Sinxron mashinalarda qisqa tutashuvlar

Reja:

1. O'ta o'tkinchi qarshilik tushunchasi.
2. Tizim qarshiliklarini hisoblash.
3. Transformatorning qisqa tutash kuchlanishi.

Hisoblash sxemalariga sinxron mashinalar bo'ylama o'q bo'yicha induktiv qarshilikning o'ta o'tkinchi miqdori bilan kiritiladi. Bu qarshilik, odatda kataloglardan nominal baza sharoitlarida nisbiy birliklarida yoki protsentlarda ko'rsatiladi, ya'ni

$$x''d_{*HOM} = x''d \frac{\sqrt{3}I_{HOM}}{U_{HOM}} = x''d \frac{S_{HOM}}{U_H^2} \quad (7.1)$$

yoki

$$x''d\% = x''d \frac{\sqrt{3}I_{HOM}}{U_{HOM}} \cdot 100\% = x''d \frac{S_{HOM}}{U_{HOM}^2} \cdot 100\% \quad (7.2)$$

Bunda I_{HOM} – mos holda generatorning nominal toki kuchlanishi va quvvati;
 $x''d$ - o'ta o'tkinchi qarshilik, Om.

YUqori kuchlanishli elektr mashinalarining aktiv qarshiligi induktiv qarshilikka nisbatan ancha kichik $x/r = 15 \div 150, [3 \cdot 1,3 - 7]$

Qisqa tutashuv toklarini hisoblashda bir qator hollarda generatorlar birlashtirib umumlashgan ekvivalent manba bilan almashtiriladi. Agar qisqa tutashuv joyi generatorning chiqqichlarida yoki ularga yaqin joylashgan bo'lsa, masalan energosistemani elektrostantsiya bilan bog'lovchi transformatoridan keyin bo'lsa, u holda bunday elektr mashinalar o'z parametrlari bilan sxemada hisobga olinadi.

Energosistemaning asosiy generator quvvati to'planadigan butun boshqa qismi yagona manba kuchlanishi o'zgarmas shinali sistema deb qaraladi.

Qisqa tutashuv joyi shu sistema bilan ayrim elementlar (shinalar, transformatorlar, reaktorlar) orqali bog'lanib, qisqa tutashuvning ta'minlanishi faqat ularning qarshiligi bilan ta'minlanadi.

Agar energosistemaning qandaydir nuqtasida uch fazali qisqa tutashuvda qisqa tutashuv tokining davriy tashkil etuvchisining boshlang'ich qiymati yoki quvvati ma'lum bo'lsa, ular orqali shu nuqtaga nisbatan sistemaning induktiv qarshiligini aniqlash mumkin.

$$x_c = \frac{U_{\dot{y}p}}{\sqrt{3}I_{n.o}} = \frac{U_{\dot{y}p}^2}{S_K} \quad (7.3)$$

Bunda, $U_{\dot{y}p} - I_{n.o.}$ tok yoki quvvat S_K ma'lum bo'lgan pog'onaning o'rtacha kuchlanishi. SHu qarshilikdan so'ng kuchlanish o'zgarmas shinalar turadi, deb qaraladi, $U = U_{\dot{y}p} = const$ ularda bo'ladi. Energosistemaning qarshiligi shu energosistemaning ma'lum uzelida o'rnatilishi ko'zda tutilgan yoki o'rnatilgan o'chirgichning foydalanish chegarasi shartidan taxminan aniqlanishi mumkin, ya'ni uch fazali qisqa tutashuvda shu o'chirgichning nominal uzish toki $I_{nom,y3}$ ga teng.

Unda (4.3) ga o'xshash:

$$x_c = U_{\dot{y}p} / (\sqrt{3}I_{nom,y3}) \quad (7.4)$$

Ekvivalent generatorning parametrlari, ya'ni nisbiy nominal qarshilik va manbalarning nominal quvvati berilgan sistema ham bo'lishi mumkin. Butun sistema uchun nisbatining o'rtacha miqdorini, qoida bo'yicha olish mumkin emas, chunki qisqa tutashuv nuqtasining joyiga bog'liq. Agar qisqa tutashuv elektr

o'tuvchi liniya sistemasidan ajratilgan bo'lsa, nisbatan kamayadi; qisqa tutashuv kuchli stantsiya shinasiga yaqinlashgan liniyasining uzunligi qisqarishi bilan nisbatining qiymati ortadi.

Transformatorlar va avtotransformatorlar. Har qaysi kuch transformatorning pasportida transformatorning nisbiy nominal qarshiligi teng bo'lgan qisqa tutashuv kuchlanishning miqdori U_K % da beriladi.

$$U_K \% = \frac{U_K}{U_{HOM}} \cdot 100 = \frac{\sqrt{3}I_{HOM}Z_T}{U_{HOM}} \cdot 100 = \frac{Z_T}{Z_{HOM}} \cdot 100 = Z_T \% \quad (6.5)$$

Masalan, transformatorlar uchun, odatda, bo'lsa, u holda bo'ladi. Ikki chulg'amli transformatorlar uchun kataloglar va boshqa spravochnik materiallarida miqdori beriladi. Uch chulg'amli transformatorlar, avtotransformatorlar va chulg'ami ajratilgan transformatorlar uchun qisqa tutashuv kuchlanishi har bir juft chulg'am uchun beriladi. Har qaysi chulg'amning induktiv qarshiligini aniqlaganda ma'lum tenglamalardan foydalaniladi, ularning asosiylari ma'lumotnomalarda keltirilgan.

Tayanch iboralar:

Qisqa tutash kuchlanishi, cho'lg'amning induktiv qarshiligi, uch chulg'amli transformatorlar, ekvivalent generator, o'zgarmas shinali sistema.

Nazorat savollari

1. O'zgarmas shinali sistema deb nimaga aytiladi?
2. O'ta o'tkinchi qarshilikni izohlang?
3. Qisqa tutash kuchlanishi qanday aniqlanadi?
4. Tizimning induktiv qarshiligi qanday aniqlanadi?

8 – m a ' r u z a.

Reaktorlarda qisqa tutashuv toklari

Reja:

1. Reaktorlarda qisqa tutash toklarini hisoblash.
2. EUY parametrlarini hisoblash.
3. Generatorlar parametrlarini aniqlash.

Reaktorlarning pasportida, odatda, uning nominal toki bilan qarshiligi omlarda ko'rsatiladi.

Elektr uzatuvchi havo va kabel liniyalari. Hisoblash sxemalarida elektr uzatuvchi liniyalar oralig'i ko'rsatiladi. Unda odatda liniya fazasining induktiv qarshiligining solishtirma miqdori ma'lumotnomalarda ko'rsatilgan o'rtacha miqdori asosida qabul qilinib hisobga olingan.

Generatorlar. Sinxron kompensatorlar va dvigatellar uchun hisoblash sxemasida EYUKning yuqori o'tkinchi kattaligini qabul qilish kerak. SHartli ravishda, hamma sinxron mashinalar qisqa tutashuv sodir bo'lguncha qisqichlarda nominal kuchlanish bo'lib, nominal quvvat koeffitstenti bilan to'la nominal quvvatda ishlatiladi deb hisoblanadi. Bundan tashqari hamma sinxron mashinalar UAR va uyg'onishni jadallashtirish qurilmasi bilan ta'minlangan deb hisoblanadi. Ma'lumotnomalarda manbalar EYUKning o'rtacha qiymati keltirilgan, generatorlar uchun bu miqdorlarni (4.1) ifodadan aniqroq qiymatlarni hisoblab topish mumkin. Ma'lumotnomalarda motor yuklamasining EYUK haqidagi ma'lumotlar ham kiritilgan. SHuni ta'kidlash kerakki, qisqa tutashuv toklarini hisoblashda yuklamaning ta'siri har xil hisobga olinadi. Generatorga to'g'ridan-to'g'ri ulangan yuklama quvvati generator quvvatiga yaqin bo'lsa, EYUKning korrektsiyasi orqali hisobga olinadi va u $E''_{*(nom)}=1$ qiymatigacha olinadi. Qisqa tutashuv joyiga yaqin ulangan katta quvvatli yuklamalar, parametrlari $E''_{*(nom)}=0,8$ bo'lgan, umumlashtirilgan manbalar ko'rinishida hisobga olinadi. Qisqa tutashuv joyidagi uzun liniyalar transformatsiyalash pog'onalari bilan ajralgan yuklamalar, odatda, hisobga olinmaydi. Elektr stantsiyalarining o'z ehtiyoji sistemasidagi qisqa tutashuvda motori yuklama aloxida hisobga olinadi.

Tayanch iboralar:

Generator, reaktor, EUY, elektr stantsiya, EYUK, transformatsiyalash pog'onalari, yuklama quvvati , generator quvvati.

Nazorat savollari

1. Reatorlarda qisqa tutashuvlar qanday hisoblandi?
2. EUY lar uchun hisoblash sxemasida nimalar beriladi?
3. Qachon $E''_{*(HAM)} = 1$ deb olinadi?

9-ma'ruza

Almashtirilgan elektr sxema.

Reja:

1. Hisoblash sxemasining boshlang'ich ma'lumotlari.
2. Nomlangan birliklarda hisoblash uchun almashtirish sxemasi.
3. Nisbiy birliklarda hisoblash uchun almashtirish sxemasi.

Elektr qurilmalarning hisoblash sxemasida qisqa tutashuv hosil bo'lishi mumkin bo'lgan nuqtalar belgilanadi. So'ngra qisqa tutashuv belgilangan nuqta uchun almashtirilgan ekvivalent elektr sxema tuziladi.

Barcha magnitli bog'lanishlari elektr bog'lanishlar bilan almashtirilgan, berilgan ma'lumotlari bo'yicha hisoblash sxemasi bilan bir xil bo'lgan elektr sxema almashtirilgan sxema deb ataladi.

Ko'rsatilganidek, hisoblash sxemasining parametrlari nomlangan yoki nisbiy birliklarda ifodalanishi mumkin.

Nomlangan birliklar bilan hisoblashda sxemaning hamma qarshiligi Omda ifodalanishi shart va bitta bazis kuchlanishga keltirilishi kerak. Agar manba bilan qisqa tutashuv orasida bir yoki bir necha transformatsiyalash pog'onalari bo'lsa bunday bazis kuchlanishga keltirilishi kerak bo'ladi. Bazis kuchlanish sifatida qisqa tutashuv sodir bo'ladigan pog'onaning o'rtacha kuchlanishini qabul qilish qulay. Omda ifodalangan qarshilikni tanlangan bazis kuchlanishga keltirish quyidagi formula asosida bo'ladi.

$$x' = (n_1 n_2 n_3 \dots n_k)^2 x \quad (9.1)$$

Bunda, $n_1, n_2, n_3, \dots, n_k$ - bazis kuchlanish pog'onasi bilan qarshilikni bog'laydigan transformatorlarning transformatsiyalash koefitsientlari

ko'rilayotgan qarshilik ulangan pog'onaga, tanlangan bazis pog'onadan kelayotgan yo'nalishda aniqlanadi.

Har bir elektr pog'ona uchun ma'lum o'rtacha kuchlanish qabul qilinganligi sababli, qarshiliklarni keltirish uchun foydalaniladigan transformatsiyalash koeffitsientlari ikkita pog'onalarining o'rtacha kuchlanishlarning nisbatidan iborat bo'ladi. SHu sababli oraliq transformatsiyalash koeffitsientlari qisqaradi va qarshiliklarni qayta hisoblash quyidagi formula asosida olib borilishi mumkin:

$$x' = x \frac{U_6^2}{U_{yp}^2} (9.2)$$

Bunda: x – ko'rilayotgan element ulangan pog'onaning U_{yp} dagi fvza elementning berilgan induktiv qarshiligi, x' qabul qilingan bazis kuchlanish U_6 ga keltirilgan shu element fazasiga to'g'ri keladigan induktiv qarshiligi, Om.

Hisoblash sxemasining turli elementlarining qarshiligi turli o'lchov birliklarida berilishi mumkin bo'lganligi uchun jadvalda qarshiliklari nomlangan birliklarda aniqlash uchun va ularni bazis kuchlanishiga keltirish uchun ifodalar berilgan.

Agar hisoblash nisbiy birliklarda olib berilsa, unda almashtirilgan sxemaning hamma elementlarini oldindan bir xil bazis sharoitlarda keltirish lozim. Hisoblashlarni osonlashtirish maqsadida bazis sharoitlar tanlab olinadi. Masalan, bazis quvvat sifatida odatda 100, 1000 MVA, ayrim hollarda esa sxema tez-tez takrorlanadigan ayrim elementlarning quvvati olindi. Bazis kuchlanish sifatida tegishli o'rtacha olinishi qulay.

Ma'lumotnomalardagi formulalardan aniqlangan qarshiliklar qiymatlari almashtirilgan sxemada ko'rsatiladi. Almashtiriladigan sxemadagi har bir qarshilikka ma'lum nomer qo'yilib, u hisoblash oxiriga saqlanadi. Uch fazali qisqa tutashuvda qisqa tutashuv tokining davriy tashkil etuvchisining qiymatlarini hisoblash uchun zanjirning hamma fazalari bir xil sharoitlarda bo'lganligi uchun, faqat bitta faza uchun almashtirilgan sxema tuziladi. Almashtirilgan sxema tuzilib, hamma elementlarning qarshiligi aniqlangandan so'ng u eng sodda ko'rinishga keltiriladi. Sxemani o'zgartirish manbadan qisqa tutashuv joyi tomoniga qarab amalga oshiriladi. Bunda qarshiliklarni ketma-ket va parallel qo'shish, qarshiliklar

yulduzchani uchburchak shakliga aylantirish va aksincha, ko'p burchakli ko'p nurli yulduzchaga o'zgartirish va shunga o'xshash ma'lum qoidalaridan foydalaniladi.

Almashtirish sxemani o'zgartirish jarayonida bog'langan zanjirlarni bo'lish masalasi tez-tez tug'iladi. Bu holat rasmda ko'rsatilgan.

I, II, III manbalardan toklar umumiy qarshilik X orqali o'tadi.

Har bir manbadan qisqa tutashuv nuqtasiga o'tayotgan tokni aniqlash uchun sxemani nurli ko'rinishiga aylantirish kerak. Bunday o'zgartirish olingan sxema bo'yicha hisoblashda, har qaysi manbadan shikastlangan nuqtaga qarab oqayotgan toklar, sxemani o'zgartirishdan oldin qanday bo'lsa shundayligicha qolishi kerak. Hisoblash quyidagi tartibda olib boriladi.

Qisqa tutashuvning berilgan nuqtasi uchun almashtirish sxemasi tuziladi va asta sekin o'zgartirish yo'li bilan soddalashgan ko'rinishda keltiriladi, bunday umumiy holda manbalar shaxobchalarning soni istalgancha bo'lishi mumkin.

Sxemaning natijaviy qarshiligi aniqlanadi:

$$x_{pez} = x_{\partial K} + x_4 \quad (9.3)$$

Bunda: – sxemaning nuqta 1 ga nisbatan hamma ta'minlovchi manbalarining ekvivalenti qarshiligi $x_{\partial K} = x_1 // x_2 // x_3$ shikastlangan joydagi tokning davriy tashkil etuvchisining nisbiy miqdori bir deb qabul qilinadi va taqsimlash koefitsientlari aniqlanadi, ya'ni har bir manbaning qisqa tutashuv tokidagi miqdori topiladi. Kirxgof qonunlari asosida quyidagini yozish mumkin

$$I_{II*I} + I_{II*II} + I_{II*III} + I_{II*} = 1 \quad (9.4)$$

SHuningdek

$$\frac{I_{II*I}}{I_{II*}} = \frac{x_{\partial K}}{x_1}; \quad \frac{I_{II*II}}{I_{II*}} = \frac{x_{\partial K}}{x_2}; \quad \text{va hokazo}$$

Bu erdan, shaxobchalar bo'yicha taqsimlash koefitsientlari aniklanadi:

$$\left. \begin{aligned} C_1 = I_{II*I} = x_{\partial K} / x_1 \\ C_2 = I_{II*II} = x_{\partial K} / x_2 \end{aligned} \right\} \text{va hokazo}$$

SHunday qilib, taqsimlash koefitsientlaridan foydalanib, qisqa tutashuv joyidagi umumiy tokni bilib, uning shaxobchalari qanday taqsimlanishini aniqlash mumkin.

Koeffitsientlarning hisoblash aniqligini tekshirish uchun quyidagi shart bajarilishi kerak.

$$C_1 + C_2 + C_3 = 1 \quad (9.5)$$

SHaxobchalarda tok taqsimlash o'zgarmay qolishini hisobga olib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\left. \begin{aligned} x_{pez1} &= x_{pez} / C_1 \\ x_{pez2} &= x_{pez} / C_2 \end{aligned} \right\} \text{va hokazo.}$$

Ma'lumki, yakunlovchi almashtirilgan sxema asosida qisqa tutashuv tokining davriy tashkil etuvchisining boshlang'ich qiymatini aniqlash uncha qiyin bo'lmaydi.

Nisbiy birliklarda hisoblashda

$$I_{n.o} = \frac{E''}{x_{pez}} I_6 \quad (9.6)$$

Bunda: E – manbaning EYUK, nisbiy birliklarda, X ; *rez*-qisqa tutashuv zanjirining bazis sharoitlariga keltirilgan yakunlovchi nisbiy qarshiligi; I_6 -qisqa tutashuv joyidagi berilgan S_6 va $U_6 = U_{yp}$ miqdorlarida aniqlangan bazis tok. Nomlangan birliklarda hisoblashda:

$$I_{n.o} = E'' / x_{pez} \quad (9.7)$$

Bunda: x_{pez} – qisqa tutashuv zanjirining yakunlovchi qarshiligi, Om;

E'' -qisqa tutashuv ko'rilayotgan pog'onaga keltirilgan manbaning EYUK (faza miqdori):

$$E'' = E''_{nom} \frac{U_K}{U_{yp.mah}} \quad (9.8)$$

1000 V gacha bo'lgan elektr tarmoqlarida qisqa tutashuvda tokning boshlang'ich qiymatini aniqlash va almashtirish sxemasini tuzish ayrim xususiyatlarga ega. Bu tarmoqlarda avvalo zanjir elementlaridagi ham induktiv, ham aktiv qarshiliklarni hisobga olish lozim, chunki ularning miqdori o'zaro bir-biriga yaqin.

1000 V gacha bo'lgan qurilmalardagi qisqa tutashuv tokiga kichik kesimdagi qisqa o'tkazgichlar, tok transformatori, avtomatlarning tok g'altaklari, kontakt birikmalar qarshiligi katta ta'sir ko'rsatadi. Bular, odatda yuqori kuchlanishli

ustanovkalarda hisobga olinmaydi. SHu bilan birga, hisoblashdagi noaniqlikni uncha kattalashtirmay tashqi aloqalar qarshiligini hisobga olmasa ham bo'ladi. CHunki quyi kuchlanishli tarmoqni ta'minlanayotgan transformatorning yuqori kuchlanishli shinasini o'zgarmas kuchlanishli shina deb hisoblanadi.

1000 V dan kichik qurilmalar uchun almashtirilgan sxemalarning parametrlarini nomlangan birliklarda keltirish qulay. Quyidagi qatordan kuchlanishning o'rtacha miqdori olinadi, 690, 525, 400, 230, 127 V.

Qisqa tutashuv tokning boshlang'ich qiymatini formula orqali aniqlanadi, bunda E_f o'rniga $U_{\text{yp}} / \sqrt{3} x_{\text{pez}}$ o'rniga Z_{pez} miqdori qo'yiladi. Bu erda Z_{pez} quyidagicha topiladi:

$$Z_{\text{pez}} = \sqrt{(\varepsilon n_i)^2 + (\varepsilon x_i)^2} \quad (9.9)$$

n_i va x_i larning miqdorini tarmoqning i – elementi uchun tegishli sprovochnik ma'lumotlaridan aniqlanadi (masalan, 4-1, 4-7 larga qarang). CHunonchi, kuch transformatorlari uchun ularni “Elektr mashinalar” kursidan ma'lum formula asosida NOM larda hisoblash mumkin.

$$r_T = \frac{\Delta P_K U_{\text{HOM}}^2}{S_{\text{HOM}}^2} \cdot 10^6; \quad (9.10)$$

$$x_T = \frac{\sqrt{U_K^2 = \left(\frac{100}{S_{\text{HOM}}} \Delta P_K \right)^2 U_{\text{HOM}}^2}}{S_{\text{HOM}}} \cdot 10^4 \quad (9.11)$$

Bunda: S_{HOM} – transformatorning nominal quvvati, kVA;

U_{HOM} - transformatorning quyi kuchlanishli chulg'aming nominal liniya kuchlanishi, kV;

ΔP_K - transformatoridagi qisqa tutashuvning isrofi, kVt;

ΔU_K % - transformatorning qisqa tutashuv kuchlanishi, %

Tayanch iboralar:

EYUK, transformator qarshiligi, isrof, tarmoq elementi qarshiligi, magnit tizim, qarshilik, qisqa tutashuvda tokning boshlang'ich qiymati.

Nazorat savollari

1. Hisoblash sxemasida birinchi bo'lib nimalar beriladi?
2. Nomlangan birliklarda hisoblash uchun almashtirish sxemasi qarshiliklari qanday hisoblanadi?
3. Nisbiy birliklarda hisoblash uchun almashtirish sxemasi qarshiliklari qanday hisoblanadi?
4. 1000 V gacha bo'lgan qurilmalardagi qisqa tutashuv toki qanday hisoblandi?

10-ma'ruza

Qisqa tutashuvning chegaraviy toklarini aniqlash.

Reja:

1. Qisqa tutashuv tokining periodik tashkil etuvchisi.
2. Qisqa tutashuvning zarbiy tokini aniqlash.

Loyihalash ishlarida ko'pincha ta'minlovchi mashinalarning quvvatlari va qarshiliklari haqida aniq ma'lumotlar bo'lmay, transformator yoki reaktordan qisqa tutashuv tokini aniqlash masalasi tez-tez uchrab turadi. Bunday hollarda qisqa tutashuv tokining mumkin bo'lgan maksimal qiymati aniqlanadi. Buning uchun, transformator yoki reaktor o'zgarmas kuchlanishli shinalarga ulangan deb hisoblanadi.

Bundagi qisqa tutashuv toki quyidagi ifodalardan aniqlanishi mumkin: agar qarshilik Om da berilgan bo'lsa

$$I_{n.o} = \frac{U_{\dot{y}p.K}}{\sqrt{3} \cdot x} \quad (10.1)$$

Agar qarshilik birliklarda berilgan bo'lsa

$$I_{n.o} = \frac{1}{x_{*HOM}} I_{HOM} \quad (10.2)$$

Bunda: $U_{\dot{y}p.K}$ – qisqa tutashuv nuqtasidagi o'rtacha kuchlanish;

I_{HOM} - sodir bo'lish joyidan oldin turgan transformator yoki reaktorning nominal toki.

Qisqa tutashuvning zarbiy tokini aniqlash.

YUqorida ko'rsatilganidek, zarbiy tok qisqa tutashuv boshlanganidan so'ng 0,01 s vaqt o'tgach hosil bo'ladi. Uning kattaligi (3.7) ifodadan aniqlanadi.

$$i_y = \sqrt{2} I_{n.o} k_y \quad (10.3)$$

Bunda: – qisqa tutashuv tokining davriy tashkil etuvchisining boshlang'ich qiymati;

k_y - qisqa tutashuv tokining aperiodik tashkil etuvchisining so'nish doimiysi vaqtiga bog'liq bo'lgan zarbiy koeffitsient. Konstanta va o'zaro quyidagi nisbatda bog'langan:

$$k_y = (1 + e^{-0,01/T_a}) \quad (10.4)$$

Ma'lum T bo'yicha ma'lumotnomadagi grafikdan tegishli qiymatini aniqlash mumkin.

Agar qisqa tutashuv generatorining qisqichlarida hosil bo'lsa, uning shaxobchasi uchun doimiy kataloglaridan olinishi mumkin. SHu jumladan ma'lumotnoma ma'lumotlaridan foydalanish mumkin. Agar qisqa tutashuv generatordan ma'lum masofada sodir bo'lsa, u holda yakunlovchi almashtirish sxemasining har shaxobchasi uchun doimiy vaqt taxminan quyidagi ifodadan aniqlanishi mumkin.

$$T_a = x_{pez} / \omega r_{pez} \quad (10.5)$$

Bunda: x_{pez} va r_{pez} – qisqa tutashuv zanjirining tegishli yakunlovchi induktiv va aktiv qarshiliklari.

Soddalashtirish maqsadida, odatda, T_a kattalikni hisoblamay elektr tarmoqlarining xarakterli nuqtalari uchun, ma'lumotnomada keltirilgan T_a va k_y o'rtacha qiymatlaridan foydalansa bo'ladi.

Tayanch iboralar:

Periodik tashkil etuvchi, zarbiy tok, zarba koeffitsienti, doimiy vaqt.

Nazorat savollari

1. Qisqa tutashuv toklarining periodik qiymati qanday aniqlanadi?
2. Qisqa tutashuvning zarbiy toki qanday aniqlanadi?
3. Doimiy vaqt qanday aniqlanadi?

11- ma'ruza

Qisqa tutashuv o'tkinchi jarayonining istalgan momentidagi vaqti uchun toklarni aniqlash

Reja:

1. Qisqa tutashuv tokining davriy va aperiodik tashkil etuvchilarining qiymatlarini aniqlash.
2. Istalgan vaqt momentidagi qisqa tutashuv tokini tipaviy egri chiziq usuli.
3. Qisqa tutashuv tokining davriy tashkil etuvchisi?

Kommutatsion apparatlarni tanlash uchun vaqt $\varepsilon = t > 0$ uchun birinchi navbatda qisqa tutashuv tokining davriy va aperiodik tashkil etuvchilarining qiymatlarini aniqlash kerak.

Aniqlanishi lozim bo'lgan qisqa tutashuv toklarining hisoblanadigan vaqti $\varepsilon = t_{e,\varepsilon} + 0,01$ formula orqali aniqlanadi.

Bunda: $t_{e,\varepsilon}$ – o'chirgichning o'z vaqti. Hozirgi o'chirgichlar uchun 0,2 s dan oshmaydi.

Qisqa tutashuv tokining aperiodik tashkil etuvchisi (3.5) ga muvofiq quyidagiga teng:

$$i_{a,\tau} = i_{a,0} e^{-\frac{\tau}{T_a}} \quad (11.1)$$

Maksimal qiymat sharoitida esa:

$$i_{a,\tau} = I_{n,M} e^{-\tau/T_a} = \sqrt{2} I_{n,0} e^{-\tau/T_a} \quad (11.2)$$

Hisoblashlarni tezlashtirish uchun $e^{-\tau/T_a}$ ning miqdorini, τ va T_a ning ma'lum qiymatlarida, ma'lumotnomada tasvirlangan egri chiziqlardan aniqlash mumkin.

Qisqa tutashuv tokining davriy tashkil etuvchisini 0,5 s moment vaqtigacha aniqlashda qo'llanma ko'rsatmalar tipaviy egri chiziqlar metodini tavsiya etadi.

Bu metod generatordan istalgan vaqt momentida chiqayotgan qisqa tutashuv tokining davriy tashkil etuvchisining ta'sir etuvchi miqdorini turli masofadagi qisqa tutashuvda uning boshlang'ich momentidagi miqdori $I_{n,0}$ ga nisbatlarning vaqt bo'yicha o'zgarishi egri chiziqdan foydalanishga asoslangan. Oxirgisi $I_{n,0} I'_{HO.M}$ nisbat bilan ifodalangan. Bunda $I'_{HO.M}$ qisqa tutashuv nuqtasi mavjud bo'lgan kuchlanish pog'onasiga to'g'ri keladigan generatorning nominal toki; bu tokni quyidagi formuladan aniqlash mumkin.

$$I'_{HO.M} = \frac{P_{HO.M}}{\sqrt{3} U_{\text{yp.k}} \cdot \cos \varphi_{HO.M}} \quad (11.3)$$

Bundagi $P_{HO.M}$ va $\cos \varphi_{HO.M}$ – boshlang'ich quvvat miqdori, MVt va generator quvvatining koeffitsienti: $U_{\text{yp.k}}$ nuqtasi mavjud bo'lgan pog'onadagi o'rtacha kuchlanish.

$I_{n,0.n} / I_{HO.M} = f(b)$, tipaviy egri chiziqlari $I_{n,0.n} / I'_{HO.M}$ nisbatning turli miqdorlariga qarab keltirilgan. Egri chiziqlarni qurishda chegara uyg'otish kuchlanishi nominal uyg'otishdan turbogeneratorlar va sinxron komentatorlar uchun 2 baravar, gidrogeneratorlar uchun 1,8 baravar ortiq olingan. Uyg'otishni jadallashda generatorlar va sinxron kompensatorlarning uyg'otish chulg'amidagi kuchlanishning ko'paytirish doimiy vaqti nolga teng deb olingan.

Egri chizig'i bundan xoli bo'lib, generatorning uyg'otish chulg'amidagi kuchlanishni ko'paytirish domiy vaqti 0,25 S ga teng deb olingan. Egri chiziqlar

quvvati 12 dan 400 MVt gacha bo'lgan turbogeneratorlar uchun, quvvati 500 MVt gacha bo'lgan gidrogeneratorlar va hamma yirik sinxron kompensatorlar uchun to'g'ri keladi. In, on I nisbatan qiymati 1 dan kichik bo'lsa, $I_{a,b,r} = I_{n.o,r} = const$ (uzoqdagi nuqta) deb olish mumkin. Agar hisoblash sxemasi bitta generator (yoki qisqa tutashuv nuqtasiga nisbatan bir xil sharoitlarda joylashgan bir tipdagi bir nechta generatorlar)ga ega bo'lsa, u holda istalgan vaqt momentidagi qisqa tutashuv tokini tipaviy egri chiziq usulidan foydalanib, quyidagi tartibda hisoblash maqsadga muvofiq bo'ladi:

1. Generator (bir necha generatorlar) ning qisqa tutashuv joyidagi tokining davriy tashkil etuvchisining boshlang'ich miqdori aniqlanadi va $I_{n.o,r} / I'_{nom}$ nisbat topiladi. Bir tipdagi bir necha generatorlar mavjud bo'lsa, (3.4)dagi R_{nom} o'rniga hamma generatorlar quvvatlarining yig'indisi qo'yilishi lozim.
2. Aniqlangan nisbat $I_{n.o,r} / I'_{nom}$ miqdorga to'g'ri keladigan $I_{n.o,r} / I_{r.o,\Pi} = b(t)$ egri chiziq bo'yicha vaqtning kerakli momenti uchun toklar nisbati $I_{n.t,r} / I_{n.a,r}$ aniqlanadi.
3. 1 va 2 punktlarda aniqlangan $I_{n.a,r}$ va qiymatlarga qarab t vaqt momentidagi generator yoki generatorlar gruppasining qisqa tutashuv tokining davriy tashkil etuvchisining ta'sir etuvchi miqdori aniqlanadi.

Tipaviy egri chiziq metodlaridan qisqa tutashuv nuqtasi generatorlar (sinxron kompensatorlar) chiqqichlarida yoki ulardan uncha uzoq bo'lmagan, masalan, energosistema bilan elektr stantsiyaning bog'lovchi transformatorlaridan keyin bo'lganda foydalanish maqsadga muvofiq. Qisqa tutashuv nuqtasidan katta uzoqlikdagi hamma generatorlar (sinxron kompensatorlar) hamda energosistemaning qolgan qismini bitta manbaga almashtirib, uning shinalaridagi kuchlanish amplitudasi bo'yicha o'zgarmas deb hisoblansin. Agar bunday manba («sistema») qisqa tutashuv nuqtasi bilan bevosita bog'langan bo'lsa, ya'ni qisqa tutashuv joyiga yaqin joylashgan generatorlardan hosil bo'lsa, u holda uch fazali qisqa tutashuvda energosistema tokining davriy tashkil etuvchisining ta'sir etuvchi miqdorini vaqtning istalgan momentida deb hisoblash mumkin. Generatorlar va

sistema qisqa tutashuv nuqtasi bilan umumiy qarshilik x_k orqali bog'langan bo'lsa, tipaviy egri chiziqlar hamda $I_{n.t.r}/I_{n.a.r} = f(I_{n.t}/I_{n.o})$ egri chiziqlaridan birgalikda foydalanib, vaqtning istalgan momenti uchun qisqa tutashuv tokidagi joyning davriy tashkil etuvchisini aniqlash mumkin, bunda joyidagi tokning davriy tashkil etuvchisining boshlang'ich miqdori (generator bilan sistema qiymatlarining yig'indisi).

$I_{n.t.r}/I_{n.a.r} = f(I_{n.i}/I_{n.o})$ egri chiziqlar bo'lganda keltirilgan. Ular nisbatining turli qiymatlari uchun ko'rilgan. Ko'rilayotgan hollarda qisqa tutashuv tokining davriy tashkil etuvchisini vaqtning istalgan momentida hisoblashni quyidagi tartibda olib borish maqsadga muvofiqdir:

- 1) Toklarning davriy tashkil etuvchisining boshlang'ich miqdorini aniqlash uchun almashtirish sxemasi tuzilsin va uni o'zgartirish yo'li bilan generatorlar (sinxron kompensatorlar) shaxobchalarining qarshiliklarining yig'indisi va baza nuqta M ga bo'lgan sistemaning qarshiligi $x_c(0,28)$ shuningdek, umumiy qarshilikni aniqlash lozim.
- 2) Qisqa tutashuv joyidagi toklarning davriy tashkil etuvchilarining boshlang'ich qiymatlari: ning yig'indisi va generator shaxobchasining qiymati aniqlansin, hamda u orqali formuladan foydalanib $I_{n.a.r}/I_{\Pi.o}$ nisbatlarni topish lozim.
- 3) $I_{n.a.r}/I_{\Pi.o.r} = f(t)$ egri chiziq orqali, 2-punktda aniqlangan $I_{n.a.r}/I'_{\Pi.o.M}$ ning tegishli qiymati bo'yichi vaqtning va shu nisbat orqali aniqlangan nisbatlar to'g'ri keladigan $I_{n.t.r}/I_{n.o.r} = f(I_{n.t}/I_{n.o})$ egri chiziqdan foydalanib, qiymati aniqlansin.

Tayanch iboralar:

Davriy va aperiodik tashkil etuvchilar, egri chiziqlar, sistemaning qarshiligi.

Nazorat savollari

1. Qisqa tutashuv tokining aperiodik tashkil etuvchilarining qiymatlari qanday aniqlanadi?
2. Qisqa tutashuv tokining davriy tashkil etuvchilarining qiymatlarini aniqlash?
3. Qisqa tutashuv toklarini hisoblash taritiblarini sanab o'ting.

12-ma'ruza

Nossimmetrik qisqa tutashuvlar

Reja:

1. Nosimmetrik qisqa tutashuv toklarini hisoblash qoidalari.
2. Almashtirish sxemasini tuzish qoidalari.
3. Qisqa tutashuv tokining davriy tashkil etuvchisi?

Umumiy qoidalar: Uch fazali tarmoqlarda quyidagi ko'rinishdagi nosimmetrik qisqa tutashuv paydo bo'lishi mumkin: ikki fazali, bir fazali, ikki fazali qisqa tutashuv erga tutashuvi, fazalar orasidagi tutashuv bilan bir vaqtda shikastlangan joy yana er bilan ham tutashadi.

Odatda, qisqa tutashuv ko'rinishi qisqa tutashuvning qandaydir parametrlarini belgilaydigan simvol ustida qavs ichida ko'rsatiladi. (masalan, - tegishli uch, ikki va bir fazali qisqa tutashuvda tokning davriy tashkil etuvchilari boshlang'ich qiymatlarining belgilari).

Nosimmetrik qisqa tutashuvda shikastlangan fazalardagi toklar shikastlangan fazalardagi tokdan ancha katta bo'lib ayrim hollarda uch fazali qisqa tutashuv tokidan ortiq bo'lishi mumkin. SHu sababli nosimmetrik qisqa tutashuvning parametrlarini hisoblashga ehtiyoj tug'iladi va bu odatda, simmetrik tashkil etuvchilar metodini qo'llash bilan olib boriladi.

Ayrim ketma – ketlikdagi almashtirish sxemalarini tuzish qoidasi:

Almashtirish sxemasi, simmetrik uch fazali qisqa tutashuv uchun qilinganidan, har bir ketma – ketlik uchun alohida faqat bir faza uchun tuziladi.

Ma'lumotnamada misol tariqasida K nuqtadagi bir fazali qisqa tutashuvda hisoblash sxemasi va hamma ketma – ketliklar uchun almashtirish sxemalari keltirilgan.

To'g'ri ketma – ketlik sxemalari uch fazali qisqa tutashuv toklarini hisoblashda tuziladigan almashtirish sxemasidan farq qilmaydi.

$$x_{1,pe3} = x_{1,r} + x_{1,\tau} + x_{1,n} \quad (12.1)$$

To'g'ri ketma – ketlik sxemasi qanday elementlardan tashkil topgan bo'lsa, teskari ketma – ketlik sxemasi ham shulardan iborat, chunki to'g'ri va teskari ketma – ketlik toklarning ikkalasi har bir yo'ldan o'tadi:

$$x_{pez} = x_{2,r} + x_{2,\tau} + x_{2,n} \quad (12.2)$$

Ta'minlash manbalari teskari ketma – ketlikning EYUK lari nolga teng deb olinadi, shuning uchun teskari ketma – ketlik sxemasining boshlanishi bo'lib, hamma generator tarmoqlarining boshlanishlarini birlashtiruvchi nuqta, sxemaning oxiri bo'lib esa, qisqa tutashuvning nosimmetrikligi tufayli hosil bo'lgan teskari ketma – ketlik kuchlanishlari qo'yilgan qisqa tutashuv nuqtasi hisoblanadi.

Nol ketma – ketlik sxemalari to'g'ri va teskari ketma – ketlik sxemalaridan farq qiladi, chunki nol ketma – ketlik teskari uch fazali qisqa tutashuvning toklari oqadigan yo'llardan farq qiladigan boshqa yo'llardan oqadi. Nol ketma – ketlik uchta fazalar orqali oqadi va er, erga tutashtirilgan havo liniyalarining troslari va shu kabilar orqali qaytadi. Nol ketma-ketlik sxemasini tuzatishga kiritishdan oldin avval nol ketma-ketlik tokining mumkin bo'lgan oqish konturlarini aniqlash lozim. SHunday konturlarni tuzish uchun qisqa tutashuv joyi bilan elektr bog'langan zanjirning neytrali erga ulangan neytrallar mavjudligida nol ketma-ketlik toklari ular orasida taqsimlanadi. Nol ketma-ketlik sxemasini tuzish qisqa tutashuv nuqtasidan boshlanadi. Nol ketma-ketlik toklari qaytadigan nol ketma-ketlik sxemasi elementlarining uchlari er potentsialiga ega. SHuning uchun ular nol ketma-ketlik sxemasining boshlanishi hisoblangan umumiy nuqtaga birlashtiriladi va sxemaning oxiri bo'lib qisqa tutashuv nuqtasi hisoblanadi.

Agar neytral qarshilik orqali erga ulangan bo'lsa, u holda uni uch marta kattalashtirib nol almashtirish sxemasiga keltirish kerak. Bunga sabab shuki, nol ketma – ketlik sxemasi bir faza uchun tuziladi, neytraldagi qarshilik orqali esa hamma uchala fazalarni nol ketma – ketlik o'tadi. Bu qarshilikdagi kuchlanishning pasayishini hisobga olish uchun uni uch marta kattalashtirish lozim.

Agar aylanuvchi mashinalar uchun $x_2 = x_1$ deb olinsa, u holda $x_{2,pez} = x_{1,pez}$ bo'ladi.

Ayrim kattalashtirish sxemalarining yakunlovchi qarshiliklari almashtirish sxemasini o'zgartirish bilan sodda ko'rinishga keltirib, xuddi uch fazali qisqa tutashuvni hisoblash singari aniqlanadi.

Qisqa tutashuv toklari uchun olingan ma'lumotlar maxsus jadvallarga yoziladi. TETS sxemasi uchun qisqa tutashuv toklarining hisoblangan natijalari yozilgan jadvalning mumkin bo'lgan varianti 3.9-jadvalda misolda ko'rsatilgan.

YAkunlovchi jadval qisqa tutashuv toklarining hisoblangan natijalaridan foydalanishni ancha engillashtiradi va olingan natijalarni analiz ishlatish yo'li bilan hisoblashdagi qo'pol xatolarni aniqlash mumkin.

Tayanch iboralar:

TETS, nol ketma – ketlik sxemasi, to'g'ri ketma – ketlik sxemasi, uch fazali tarmoqlar.

Nazorat savollari

1. Uch fazali tarmoqlarda qanday nosimetrik qisqa tutashuv paydo bo'lishi mumkin?
2. Nol ketma – ketlik sxemalari to'g'ri va teskari ketma – ketlik sxemalaridan nima bilan farq qiladi?
3. Agar aylanuvchi mashinalar uchun $x_2 = x_1$ deb olinsa, u holda $x_{2,pez}$ nimaga teng bo'ladi?

13-ma'ruza

Qisqa tutashuv toklarini nomlangan va nisbiy birliklarda hisoblash.

Reja:

1. Qisqa tutashuv toklarini nomlangan birliklarda hisoblash.
2. Qisqa tutashuv toklarini nisbiy birliklarda hisoblash.
3. Elementlar qarshiligini hisoblash.
4. Elementlar EYUK sini hisoblash.

Elektr tarmoq qarshiliklarini hisoblash. Keltirilgan sxema asosida elektr tarmoq elementlarining induktiv qarshiliklari hisoblanadi. Qarshiliklarni hisoblashlarda transformatorni yuqori kuchlanishi qiymati olinadi.

Elektr tarmoq elementlarini to'g'ri ketma-ketlikdagi qarshiliklarini qisqa tutashuv nuqtasiga keltirish. Bunda keltirilgan sxema EYUK va qarshiliklari qisqa tutashuv nuqtasiga qarab elektr sxemalarni almashtirish qoidalari asosida yig'ib boriladi.. Bundan tashqari almashtirish qoidalar kurs loyihasini hisoblash namunasida batafsil keltirilgan.

Elektr tarmoq elementlari EYUK va teskari ketma-ketlikdagi qarshiliklarini qisqa tutashuv nuqtasiga keltirish. teskari ketma-ketlikdagi almashtirish sxemasi to'g'ri ketma-ketlikdagi almashtirish sxemasi bir xil bo'lib, faqat elementlarni qarshiliklari bilan farq qiladi. Bunda, asinxron va sinxron mashinalarni induktiv qarshiliklari 20% ko'paytirilib almashtirishlar o'sha tartibda takrorlanadi.

Elektr tarmoq elementlari nol ketma-ketlikdagi qarshiliklarini qisqa tutashuv nuqtasiga keltirish. Nol ketma-ketlikdagi keltirilgan sxema fakat elektr sxemaning neytral erga ulangan elementlarini o'z ichiga oladi. Bu sxema dastlabki sxemadan neytrali izolyatsiyalangan elementlarni olib tashlash orqali hosil qilinadi. Sxemada qolgan elementlar uchun 1-jadval asosida keltirilgan sxema elementlar qarshiliklari qayta hisoblanadi.

Elektr tarmoq elementlari EYUK larini qisqa tutashuv nuqtasiga keltirish. 2-jadvalda keltirilgan ifodalar asosida energosistema elektr stantsiyalar va yuklamalarni EYUK lari hisoblanadi. Bu EYUK lar qisqa tutashuv nuqtasiga elektr sxemalarni almashtirish qoidalari orqali keltiriladi. Almashtirish ifodalari kurs loyihasini hisoblash namunasida batafsil keltirilgan.

Qisqa tutashuv toklarini hisoblash. Qisqa tutashuv toklari nomlangan birliklarda quyidagi ifodalardan topiladi.

Uch fazali simmetrik kiska tutashuvda kiska tutashuv tokining davriy tashkil etuvchisi effektiv kiymati quyidagi ifodadan topiladi:

$$I_n'' = \frac{E_{\kappa 3}}{X_{\Sigma \kappa m}};$$

bu erda E -K.T. nuqtasi E.YU.K. bulib u quyidagi ifodadan topiladi:

$$E_{\kappa 3} = \frac{U_{\kappa 3}}{\sqrt{3}} \kappa B;$$

Zarba tokining oniy qiymati:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot I_n'' \cdot k_{y\partial};$$

bu erda i -zarba toki koeffitsienti bulib uni 3-rasmdan (krivoy) aniqlaymiz.

Kisqa tutashuv kuvvati:

$$S_{\kappa 3} = \sqrt{3} \cdot I_n \cdot U_{\kappa 3};$$

Nosimmetrik qisqa tutashuv (ikki fazali, ikki fazali er orqali va bir fazali) toklari quyida keltirilgan 3 – jadval ifodalar hamda 1 – rasmdagi sxemalar asosida hisoblanadi.

Qisqa tutashuv tokini nisbiy birliklarda hisoblash

Elektr tarmoq qarshiliklarini hisoblash. Dastlab bazis kattaliklar aniqlanadi. Bazis quvvati ixtiyoriy tanlanishi mumkin. Ammo, odatda o'nga karrali sonlar olinadi. Masalan, 10, 100 MVA. Bazis kuchlanishi sifatida q.t. nuqtasi kuchlanishi olinadi. Keltirilgan sxemada EYUK bo'lmaydi, faqat qarshilik va uzatuvchi simlar ko'rsatiladi. Keltirilgan sxema asosida elektr tarmoq elementlarining induktiv qarshiliklari hisoblanadi.

Elektr tarmoq elementlarini to'g'ri ketma-ketlikdagi qarshiliklarini qisqa tutashuv nuqtasiga keltirish. Bunda keltirilgan sxema qarshiliklari qisqa tutashuv nuqtasiga qarab elektr sxemalarni almashtirish qoidalari asosida yig'ib boriladi. Bu qoidalar 2-jadvalda keltirilgan. Bundan tashqari almashtirish qoidalar kurs loyihasini hisoblash namunasida batafsil keltirilgan.

Elektr tarmoq elementlari teskari ketma-ketlikdagi qarshiliklarini qisqa tutashuv nuqtasiga keltirish. Teskari ketma-ketlikdagi almashtirish sxemasi to'g'ri ketma-ketlikdagi almashtirish sxemasi bir xil bo'lib, faqat elementlarni qarshiliklari bilan farq qiladi. Bunda, asinxron va sinxron mashinalarni induktiv qarshiliklari 20% ko'paytirilib almashtirishlar o'sha tartibda takrorlanadi.

Elektr tarmoq elementlari nol ketma-ketlikdagi qarshiliklarini qisqa tutashuv nuqtasiga keltirish. Nol ketma-ketlikdagi keltirilgan sxema faqat elektr sxemaning neytral erga ulangan elementlarini o'z ichiga oladi. Bu sxema dastlabki sxemadan neytrali izolyatsiyalangan elementlarni olib tashlash orqali hosil qilinadi. Sxemada qolgan elementlar uchun 1-jadval asosida keltirilgan sxema elementlar qarshiliklari qayta hisoblanadi.

Qisqa tutashuv toklarini hisoblash. Qisqa tutashuv toklari nisbiy birliklarda(bazis kattaliklarda) quyidagi ifodalardan topiladi. Dastlab tizimning bazis toki hisoblanadi:

$$J_{\phi} = \frac{S_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot U_{\phi}}; \text{ } \kappa A;$$

Uch fazali simmetrik kiska tutashuvda kiska tutashuv tokining davriy tashkil etuvchisi effektiv kiymati quyidagi ifodadan topiladi:

$$I_k = I_b / X_{cym}$$

Zarba tokining oniy kiymati:

$$i_{y\phi} = \sqrt{2} \cdot I_n'' \cdot k_{y\phi};$$

bu erda $k_{y\phi}$ -zarba toki koeffitsienti bulib uni 3-rasmdan aniqlaymiz.

Kiska tutashuv kuvvati:

$$S_{\kappa 3} = \sqrt{3} \cdot I_n \cdot U_{\kappa 3};$$

Elementlar qarshiligini hisoblash:

A) Sistema qarshiligini hisoblash:

$$X_C = \frac{U_C^2}{S_C} \cdot K^2 ;$$

Bu erda:

X_S - sistema qarshiligi;

S_C -sistema quvvati;

U_C -sistema kuchlanishi;

K - qisqa tutash nuqtasiga keltiradigan transformatsiya koeffitsienti:

$$K = \frac{U_{K,T}}{U_{\phi}} ;$$

$U_{K,T} \%$ - t qisqa tutash nuqtasidagi kuchlanishi;

$U_E \%$ - Ko'rilayotgan (hisoblanayotgan) element kuchlanishi;

b) Generator va 2 hamda 3 cho'lg'amli transformator, avtotrasfarmator qarshiliglarini hisoblash:

Generator

$$X_G = X_*' \frac{U_G^2}{S_G} \cdot K^2 ;$$

Bu erda:

X_G - generator qarshiligi;

S_G -generator quvvati;

U_G -generator kuchlanishi;

K - qisqa tutash nuqtasiga keltiradigan transformatsiya koeffitsienti;

Transformator, avtotrasfarmator:

$$X_{TP} = \frac{U_{K,T} \%}{100} + \frac{U_{HT}^2}{S_{HT}^2} \cdot K^2 ;$$

Bu erda:

X_{TR} - transformator qarshiligi;

$U_{K,T} \%$ - transformatorning qisqa tutash kuchlanishi;

$$U_{K,IO} \% = 0,5 \cdot (U_{IO} + U_Y - U_{II}) ;$$

$$U_{K,Y} \% = 0,5 \cdot (U_Y + U_{II} - U_{IO}) ;$$

$$U_{II} \% = 0,5 \cdot (U_{IO} + U_{II} + U_Y) ;$$

Bu erda:

$U_{KYU} \%$ - transformatorning qisqa tutash kuchlanishi (yuqori kuchlanishli g'altag);

$U_{K.U} \%$ - transformatorning qisqa tutash kuchlanishi (o'rta kuchlanishli g'altag);

$U_{K.P} \%$ - transformatorning qisqa tutash kuchlanishi (past kuchlanishli g'altag);

K - qisqa tutash nuqtasiga keltiradigan transformatsiya koeffitsienti;

v) Elektr uzatish yo'lining qarshilgini hisoblash:

$$X_{JI} = X_0 \cdot L \cdot K^2;$$

Bu erda:

X_L - EUY qarshiligi;

X_0 - EUY o'tkazuvchanligi;

L - EUY uzunligi;

K - qisqa tutash nuqtasiga keltiradigan transformatsiya koeffitsienti;

g) Iste'molchi qarshilgini hisoblash:

$$X_{ICT} = X_* \cdot \frac{U_{ICT}^2}{S_{ICT}} \cdot K^2;$$

Bu erda:

X_{IST} - iste'molchi qarshiligi;

S_{IST} - iste'molchi quvvati;

U_{IST} - iste'molchi kuchlanishi;

K - qisqa tutash nuqtasiga keltiradigan transformatsiya koeffitsienti;

X_* - o'ta o'tuvchan qarshilik;

Elektr yurituvchi kuchlarni hisoblash.

a) generator EYUK sini hisoblash:

$$E_r = E_* \cdot \frac{U_r}{\sqrt{3}} \cdot K;$$

Bu erda:

E_G - generator EYUK si;

U_G - generator kuchlanishi;

E_* - o'ta o'tuvchan EYUK;

K- qisqa tutash nuqtasiga keltiradigan transformatsiya koeffitsienti;

b) tizim EYUK sini hisoblash:

$$E_T = E_*'' \cdot \frac{U_T}{\sqrt{3}} \cdot K;$$

Bu erda:

E_T -tizim EYUKsi;

E_*'' - o'ta o'tuvchan EYUK;

U_T -tizim kuchlanishi;

K- qisqa tutash nuqtasiga keltiradigan transformatsiya koeffitsienti;

v) iste'molchi EYUK sini hisoblash:

$$E_{ICT} = E_*'' \cdot \frac{U_{ICT}}{\sqrt{3}} \cdot K;$$

Bu erda:

E_{IST} -iste'molchi EYUK si;

U_{IST} -iste'molchi kuchlanishi;

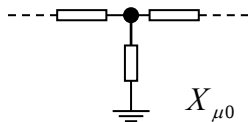
E_*'' - o'ta o'tuvchan EYUK;

K- qisqa tutash nuqtasiga keltiradigan transformatsiya koeffitsienti;

1 - jadval

Almashtirish sxemasidagi nolinch ketma – kektlikdagi X_0 qarshiliklarni to'g'ri ketma – ketlikdagi X_1 qarshilik orqali ifodalash

Sxema elementlari	X_0 qarshiligi
Bir zanjirli liniya:	
Trossiz	$3,5X_1$
Po'lat trosli	$3,0X_1$
YAxshi o'tkazuvchanlikga ega trosli	$2,0X_1$
Bir zanjirli liniya	
Trossiz	$5,5X_1$
Po'lat trosli	$4,7X_1$
YAxshi o'tkazuvchanlikga ega trosli	$3,0X_1$
Uch tomirli kabellar	$(3,5-4,6) X_1$
Reaktorlar	X_1

Generatorlar	$(0,15-0,6) X''_d$
Transformator:	
Ixtiyoriy turdagi ikki g'altakli Δ/Δ ulanishli transformator	X_1
Uch sterjenli Δ/Δ ulanishli transformator	$0,5X_1 + X''_{\mu 0}$
Uch sterjenli Δ/Δ ulanishli transformator	$0,5X_1 \quad 0,5X_1$ 
Bir fazali transformatorlardan tashkil topgan uch fazali grupp; uch fazali to'rt sterjenli yoki besh sterjenli Δ/Δ ulanishli transformator	∞
Xudi shunday va faqat Δ/Δ ulanishli transformator	X_1

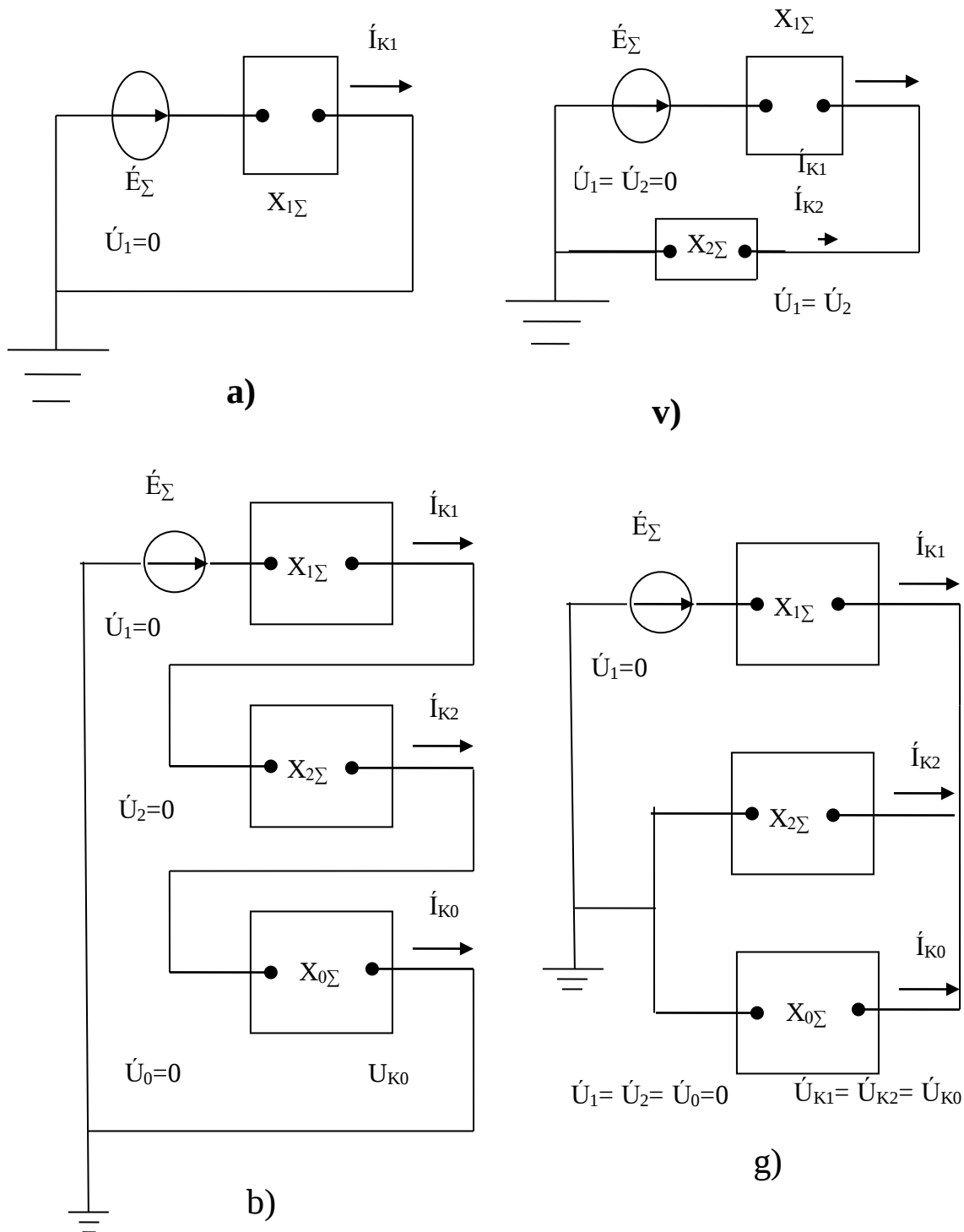
2 - jadval

Parmetrlarning o'rtacha qiymati.

(Nominal bazis shartida nisbiy birlikda)

Manba nomi	X''_*	E''_*
CHegaranmagan quvvat manbasi	0	1,00
Trbogenerator:		
100 MVt gacha	0,13	1,08
100-500 MVt	0,20	1,13
Gidrogenerator:		
Dempfer g'altakli	0,20	1,13
Dempfer g'altaksiz	0,27	1,18
Sinxron kompensator	0,20	1,20
Dvigatel:		
Sinxron	0,20	1,10

Asinxron	0,20	0,90
Umumlashtirilgan yuklama	0,35	0,85



1 – rasm. Qisqa tutashuv toklarini hisoblash sxemalari

- a- uch fazali qisqa tutashuv uchun;
- b- bir fazali qisqa tutashuv uchun;
- v- ikki fazali qisqa tutashuv uchun;
- g- ikki fazali erga qisqa tutashuv uchun;

Qisqa tutashuvning turli ko'rinishlarida $m^{(n)}$ koeffitsienti va qo'shimcha

X_{Δ}^n qarshiligi qiymati

Qisqa tutashuv ko'rinishi	X_{Δ}^n	$m^{(n)}$
Uch fazali ⁽³⁾	0	1
Ikki fazali ⁽²⁾	$X_{2\Sigma}$	$\sqrt{3}$
Bir fazali ⁽¹⁾	$X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}$	3
Ikki fazali erga ^(1,1)	$\frac{X_{2\Sigma} \cdot X_{0\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}}$	$\sqrt{3} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{X_{2\Sigma} \cdot X_{0\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} \right)^2}$

Tayanch iboralar:

Elektr tizim, o'ta o'tuvchi EYUK, o'ta o'tuvchi qarshilik, to'g'ri,teskari va nol ketma - ketliklar.

Nazorat savollar.

- 1.To'g'ri ketma ketliklarda qarshiliklar qanday hisoblanadi?
2. Teskari ketma ketliklarda qarshiliklar qanday hisoblanadi?
3. Nol ketma ketliklarda qarshiliklar qanday hisoblanadi?

14-ma'ruza

Elektr tizimda kechadigan elektromexanik o'tish jarayonlari

Reja:

1. Elektromexanik o'tish jarayonlari.
2. d va q o'qlarda rejim parametrlarining oniy qiymati.
3. Sinxron mashina uchun operator formada Park –Gorev tenglamasi.
4. O'tish jarayonidagi parametrlarni aniqlash uchun Park – Gorev tenglamasi.

O'tish jarayonlari 2 ga bo'linadi:

1 Elektromexanik o'tish jarayonlari;

2. Elektromagnit o'tish jarayonlari:

Elektromexanik o'tish jarayonlarni shartli ravishda 3 ko'rinishga bo'lish mumkin.

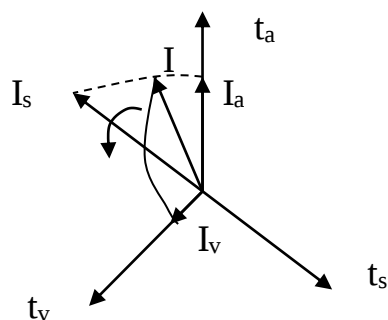
A) Qisqa vaqtda katta keskin ta'sirchanlikdagi va tezlikning kichik o'zgarishidagi o'tish jarayonlari (tizimning dinamik barqarorligi, boshkalar);

B) Katta tezlikdagi va ta'sirchanlikdagi o'tish jarayonlari (sinxron mashinalarning asinxron rejimida ishlashi, barqarorlik buzilgandan keyin sinxronlashtirish jarayonlari, generatorlarning o'z-o'zini sinxronlashtirishi va boshqalar):.

V) Kichik tezlikdagi va ta'sirchanlikdagi o'tish jarayonlari elektr tizimning statik barqarorligi, generator uyg'otishining avtomatik boshqarish usullarini tanlash).

d va q o'qlarida rejim parametrlarining oniy qiymati.

Bu qiymatlar vaqt o'qlarida a , v , s faza tok vektorining ω tezlik bilan aylanish proektsiyasi orqali aniqlanadi. Bu tok vektorini umumlashgan (kuchlanish, EYUK) deb ham atash mumkin. a, v, s fazaning t_a, t_v, t_s vaqt o'qlari harakatlanmaydi va stator o'qlari bilan mos tushadi. (1-rasm).



1-rasm

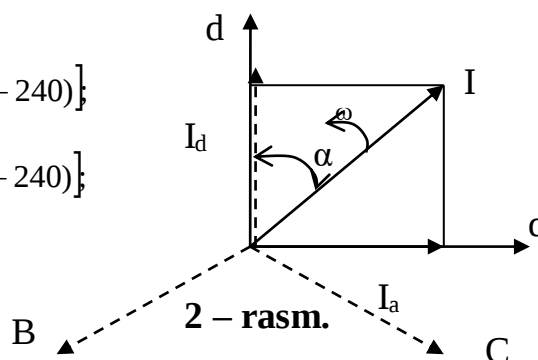
$$t_a = I \sin(\omega t + \alpha); t_s = I \sin(\omega t - 120^\circ + \alpha); t_v = I \sin(\omega t - 240^\circ + \alpha);$$

Umumlashgan tok vektorining d va q o'qlaridagi preksiyasi rotor bilan bog'liq va ko'ndalang hamda bo'ylama tok qiymatlarini aniqlashga imkon beradi (2-rasm).

$$i_d = I \cos \alpha; i_q = I \sin \alpha;$$

$$i_d = \frac{2}{3} [i_a \cos \gamma + i_b \cos(\gamma - 120^\circ) + i_c \cos(\gamma - 240^\circ)]$$

$$i_q = \frac{2}{3} [i_a \cos \gamma + i_b \cos(\gamma - 120^\circ) + i_c \cos(\gamma - 240^\circ)]$$



2 – rasm.

Qaysikim nolinch ketma – ketlikdagi tok: $i_0 = \frac{1}{3}(i_a + i_b + i_c);$

YUqoridagi ifodalari kuchlanish va EYUK lar uchun to'g'ridir.

Oniy faza va ko'ndalang hamda bo'ylama o'qlar qiymatlari orasidagi bog'liqlik quyidagi tenglamalar orqali aniqlanadi:

$$i_a = i_d \cos \gamma + i_q \sin \gamma;$$

$$i_b = i_d \cos(\gamma - 120^\circ) + i_q \sin(\gamma - 120^\circ) + i_0; i_c = i_d \cos(\gamma + 120^\circ) + i_q \sin(\gamma + 120^\circ) + i_0;$$

γ burchak vakt bo'yicha o'zgaradi: $\gamma = \omega_0 t + \delta; \delta = \psi_q / \psi_d;$

Bu erda: ψ_d – bo'ylama o'qda statorning to'liq oqim jipslashuvi; ψ_q -xuddi shunday ko'ndalang o'qda;

Tizimning simmetrik rejim holatida nolinch ketma – ketlikdagi toklar bo'lmaydi ($i_0=0$) va ifodalar soddalashadi:

ψ_d va ψ_q qiymati quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\psi_d = G(p)U_B + X_d(p)i_d; \psi_q = X_q(p)i_q;$$

bu erda: $G(p)$ – mashinaning operator o'tkazuvchanligi;

$X_d(p)$ – bo'ylama o'qda mashinaning operator qarshiligi;

$X_q(p)$ – xudi shunday ko'ndalang o'qda;

U_B – mashinaning uyg'otish kuchlanishi;

Tinchlantiruvchi g'altaksiz va unga ekvivalent kontkrli mashinalar uchun:

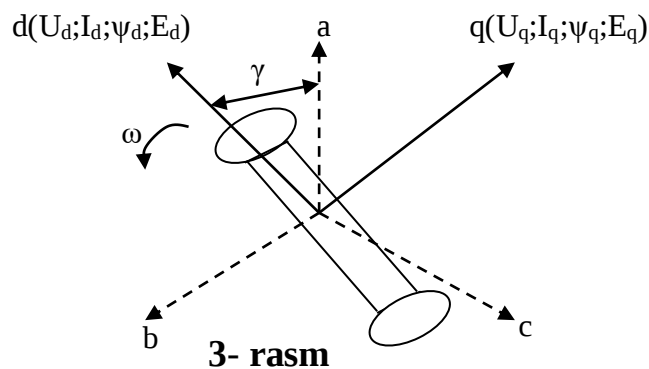
$$G(p) = \frac{1}{T_{d_0}p + 1} \cdot \frac{x_d f(d)}{Rf(d)}; x_d(p) = \frac{x''T_{d_0}p + x_d}{T_{d_0}p + 1}; x_q(p) = x_q;$$

Agar EYUK Eq ma'lum bo'lsa u holda ψ_d quyidagicha aniqlanadi:

$$\psi_d = \frac{1}{T_{d_0}p + 1} E_q - x_d(p)i_d = G(p)E_q - x_d(p)i_d;$$

Tinchlantiruvchi g'altakli mashinalar uchun bo'ylama va ko'ndalang o'qlarda ψ_d va ψ_q yuqoridagi ifodalar orqali aniqlanadi. Bu holda $G(p)$, $x_d(p)$ va $x_q(p)$ larni ham aniqlash mumkin.

Sinxron mashina uchun operator formada Park –Gorev tenglamasi.



3-rasmda keltirilgan o'qlar yo'nalishida Park-Gorev tenglamasi;

$$U_d = -p\psi_d - \psi_q P\gamma - i_d r; U_q = -\psi_d P\gamma - p\psi_q - i_q r; U_o = -p\psi_o - i_o r_o;$$

Bu erda $U_d = -U \sin \delta$; $U_q = U \cos \delta$;

$$P\gamma = \frac{d(\omega_o t + \delta)}{dt} = \omega_o + \frac{d\delta}{dt};$$

Nisbiy birliklar sistemasida $\omega_o = 1$ shuning uchun $P\gamma = 1 + p\delta$

Uchinchi tenglama nosimetrik rejim yoki nosimetrik sxema hollari uchun ta'luqlidir. Yuqorida keltirilgan tenglamalar mashina o'tish jarayonlarini to'liq

tavsiflaydi. Murakkab tizimlarda o'tish jarayonlarini tahlillash uchun har bir element (generator yuklama tarmoq) uchun tenglamalar tuzilib o'zaro echiladi.

Park-Gover tenlamalar tizimini noma'lum bo'lgan toklar yoki boshqa qiymatlarga nisbatan echilishi operator shaklda amalga oshiriladi. Masalan, toklar qiymati aniqlanadi:

$$i_d(p) = \frac{D_1(p)}{D(p)}; \quad i_q(p) = \frac{D_2(p)}{D(p)};$$

Bu erda ; $D_1(p), D_2(p)$ -tizimining bosh aniqlovchisi.

Tizimdagi o'tish jarayoni xarakteri $D(p)$ aniqlovchi ildizi ishorasiga qarab aniqlanadi. $\operatorname{Re}(p_1 \dots p_n) < 0$ da o'tish jarayoni so'nuvchan.

Agar; U_d, U_q, U_v kuchlanish o'zgarishlari berilgan bo'lsa, u holda :

$$i_d(p) = \frac{a_1(p)}{D(p)} \cdot U_d + \frac{a_2(p)}{D(p)} \cdot U_q + \frac{a_3(p)}{D(p)} \cdot U_B;$$

$$i_q(p) = \frac{B_1(p)}{D(p)} \cdot U_d + \frac{B_2(p)}{D(p)} \cdot U_q + \frac{B_3(p)}{D(p)} \cdot U_B;$$

Rotorda harakatlanuvchi elektromagnit kuchlar momenti:

$$M = M_d + M_q = i_d \psi_q - i_q \psi_d;$$

$$\text{Mashina shinalaridagi quvvat: } R = -M\omega + \frac{dW_{cm}}{dt} - \Delta R_{st}$$

Bu erda: $\omega = \omega_0 + \frac{d\delta}{dt}$ - rotor tezligi;

$M\omega = M\omega_0 + M \frac{d\delta}{dt}$ -rotordan statorga beriladigan elektromagnit quvvat.

$$\frac{dW_{cm}}{dt} \approx i_d \frac{\psi_d}{dt} + i_q \frac{\psi_q}{dt} + 2i_0 \frac{\psi_0}{dt} - \text{mashina induktivligida zahiralanadigan}$$

elektromagnit energiya o'zgarishiga javob beradigan qo'shimcha quvvat.

$$\Delta P_{cm} = (t_a^2 + t_B^2 + t_c^2) \cdot r - \text{stator aktiv qarshiligidagi isrof.}$$

Stator isroflariga sarflanadigan va tarmoqqa beriladigan elektr quvvat bilan bog'lik bo'lgan momentni generator valining aylanuvchi momenti tenglashtirish lozim. dW_{st}/dt quvvatining paydo bo'lishi qo'shimcha aylanuvchi moment rotorning tormozlanishi (qisqa tutashuvda) yoki tezlanishi (qisqa tutashuv bartaraf etilganda)ga olib kelish mumkin, shuning uchun:

$$T_j \frac{d^2 \omega}{dt} = T_j \frac{d\omega}{dt} = M_{MEX} - \frac{P + \Delta P_{cm} - \frac{dW_{cm}}{dt}}{\omega_0 + \frac{d\delta}{dt}};$$

Bu erda: T_j - mashinaning doimiy inertsiasini .

O'tish jarayonidagi parametrlarni aniqlash uchun Park – Gorev tenglamasi.

Bu hollarda quyidagi ta'sirlardan voz kechiladi:

- 1) Stator tokining aperiodik tashkil etuvchisidan;
- 2) Stator tokining aperiodik tashkil etuvchisi bilan bog'liq bo'lgan rotorning periodik toklaridan;
- 3) Stator zanjiridagi aktiv qarshilikdan.

$\omega = \omega_0 = 1$ da nisbiy birliklar sistemasida Park-Gorev tenglamasi sinxron mashina uchun quyidagicha ko'rinishga ega;

$$U_d = -\psi_q; \quad U_q = \psi_d;$$

YUqoridagilardan quyidagicha xulosa qilishimiz mumkin, ya'ni beriladigan quvvat aylanuvchi momentga son jihatdan teng, shuning uchun simmetrik yoki simmetrik holatga keltirilgan rejimlar uchun:

$$P = |M| = I_d U_d + I_q U_q;$$

Rotor xarakteriga nisbattan tenglama :

$$T_j \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_{MEX} - P_{\Delta I};$$

Bu hisoblash tenglamalari asosida odatda barqarorlikning loyihalar va ekspluatatsion hisoblashlarni Longley yoki Lebedev-Jdanov tenglamalari deb ham atashadi.

Tayanch iboralar:

Elektromexanik o'tish jarayonlari, Park – Gorev tenglamasi, aylanuvchi moment, inertsia.

Nazorat savollar.

1. Elektromexanik o'tish jarayonlarni shartli ravishda necha ko'rinishga ega bo'lish mumkin?
2. Tizimning simmetrik rejim holatida nolinchi ketma – ketlikdagi toklar bo'ladimi?
3. Sinxron mashina uchun operator formada Park –Gorev tenglamasini yozing?

15-ma'ruza

Holat o'zgarishlaridagi elektromexanik o'tish jarayonlari.

Reja:

1. Qisqa vaqtda va katta keskin ta'sirchanlikdagi o'tish jarayonlari.
2. Tezlikning katta o'zgarishida va katta ta'sirchanlikdagi o'tish jarayonlari.(asinxron yurish va b.).
3. Kichik katta o'zgarishida va kichik ta'sirchanlikdagi o'tish jarayonlari.

Qisqa vaqtda va katta keskin ta'sirchanlikdagi o'tish jarayonlari.

Sinxron mashinalarining rotorini aylanish chastotasi 2-3 % o'zgarishida jarayonlar kechadi deb qabul qilinadi.

Aktiv elektr quvvatining oniy o'zgarishi generator rotoriga bog'liq deb faraz qilinadi. Unda, tizim rejimining keskin o'zgarishi uning modelida EYUK va sinxron ishlov tizim generator orasidagi o'tkazuvchanlikka namoyon bo'ladi.

Generator va transformatorlar qarshiligining o'zgarishi hisobga olinmaydi yoki almashtirish qarshiligiga yaqin keltiriladi.

$$x_d'' \approx (0,6 \div 0,9) = x_d' ;$$

Oddiy hisoblashlardai EYUK $E_q = E'$ deb olib boriladi. Ko'riladigan rejimlar uchun vektorlarning (EYUK, generator, toklar, kuchlanish, chastota) δ vaqt bo'yicha o'zgarishini aniqlash hisoblashlar maqsadi bo'lib hisoblanadi.

Rotor xarakatining asosiy tenglamalari

Aylanish chastotasining kichik nisbiy xatoligida (1-1,5 %) $P_* \approx M_*$ deb olish mumkin. U holda nisbiy birliklarda rotor harakatining asosiy tenglamasi:

$$\alpha = \frac{d^2 \delta}{dt^2} = 314 \frac{\Delta P}{T_j};$$

Bu erda: α – elektrik burchak tezlanishi (rad/s²);

$\Delta P = P_o - P_m \sin \delta$ –qoldiq quvvat;

T_j – agregatning doimiy inertsiasiyasi;

Bundan tashqari rotor harakatini tekisliklar usuli yordamida echish mumkin. Ammo bu usul ko'p mashinali tizimlar uchun ko'llanilmaydi.

Bu usul 2 ta stantsiyadan iborat tizimlar uni tadqiq qilish va ularda yuklama quvvatini aniqlash, uyg'otish forsirovakasining effektini tahlillash va turbina quvvatini dinamik barqarorligini oshirish uchun boshqarishda qo'llaniladi.

Tezlikning katta o'zgarishida va katta ta'sirchanlikdagi o'tish jarayonlari.(asinxron yurish va b.).

Asinxron rejim uchun tizimni hech bo'lmaganda birta stantsiyasi EYUK vektorining periodik o'zgarishi uning generatorlari rotori ω tezlik bilan sinxron tezlikka (ω_0) nisbatan yaxshi aylanganda 360° burchakdan katta bo'lganda o'zgarishi kerak. Bu holda sinxron mashina sinxron o'sadi va sirpanishga bog'liq bo'lgan asinxron moment parametrlari yangi qiymatga ega bo'ladi (EYUK E_ω va $x_\omega = \omega x / \omega_0$). Bu shartda tizim elementlarida tsirkulyatsiyalanuvchi tok 2 ta ω va ω_0 chastotali tashkil etuvchidan iborat bo'ladi. Bunda tizimdagi chastotaning kichik o'zgarishida transformatorlar, liniyalar va boshqa elementlarning induktiv hamda sig'im qarshiliklarining o'zgarishga olib keladi.

Sinxron mashina generator rejimda beradigan quvvati va dvigatel rejimda oladigan quvvati faqat burchak kiymatidanmas balki uning o'zgarish tezligidan bog'liq bo'ladi. Bu holda quvvat R va moment M 2 ta sinxron va asinxron tashkil etuvchilardan iborat bo'ladi:

$$P = P_s + P_{as}; \quad M = M_s + M_{as};$$

$$\text{bunda } M_s = \frac{P_c}{1-s}; \quad M_{as} = P_{as};$$

Asinxron kuvvat:

$$P_{as} =$$

$$\begin{aligned} & \frac{U^2}{r} \left\{ -\frac{x_d - x'_d}{x_d \cdot x'_d} \cdot \frac{sT'_d}{1 + (sT'_d)^2} \cdot \left[1 + \sqrt{1 + (sT'_d)^2} \cdot \sin(2\delta_0 - \arctg \frac{1}{sT'_d} - 2st) \right] - \frac{x'_d - x''_d}{x'_d \cdot x''_d} \cdot \frac{sT''_d}{1 + (sT''_d)^2} - \right. \\ & \left. - \left[1 + \sqrt{1 + (sT''_d)^2} \cdot \sin(2\delta_0 - \arctg \frac{1}{sT''_d} - 2st) \right] - \frac{x_g - x''_g}{x_g \cdot x''_g} \cdot \frac{sT''_q}{1 + (sT''_q)^2} \cdot \right. \\ & \left. \cdot \left[1 - \sqrt{1 + (sT''_q)^2} \cdot \sin(2\delta_0 - \arctg \frac{1}{sT''_q} - 2st) \right] \right\} \end{aligned}$$

$\arctg \frac{1}{st}$ kiymadi 0 dan 180° oralig'ida aniqlanadi. Asinxron quvvatining o'rtacha qiymati:

$$P_{ac} \approx -\frac{U^2}{r} s \cdot \left[\frac{x_d - x'_d}{x_d \cdot x'_d} \cdot \frac{T'_d}{1 + (sT'_d)^2} + \frac{x'_d - x''_d}{x'_d \cdot x''_d} \cdot \frac{T''_d}{1 + (sT''_d)^2} + \frac{x_q - x''_q}{x_q \cdot x''_q} \cdot \frac{T''_d}{1 + (sT''_d)^2} \right]$$

Kichik katta o'zgarishida va kichik ta'sirchanlikdagi o'tish jarayonlari.

Elektr tizimning uning o'rnatilgan rejimidan sezirarli bo'lmagan og'ishlarni normal rejimlarni baholash uchun o'rganiladi. Bu holda tizimning mukammallashtirish uning ideallashtirish (konservativ, pozitsion tizim, dissipativ tizim), konfiguratsiyalashgani (tarmoq mukammalligi, generatorlar soni) va yuklamalarni hisoblash usullariga bog'liq.

Konservativ pozitsion tizimlar shunday tizimlarki ularning generatorlarining quvvati faqat ularning ratorlarining o'zaro joylashuviga bog'liq.

Bu erda tizimidagi keskinlashuvlarini shu tizimning so'nmas tebranishlariga olib kelinishi ideallashtirish deyiladi.

Dissipativ tizimlarda generatorlar quvvati faqat joylashuvlarda emas, balki o'zgarish tezligi va dinamik boshkaruvni xarakterlaydigan elektrik va mexanik parametrlarga bog'liq. SHuning uchun tizimlar sodda, murakkab pozitsion kontservativ va dissipativ tizimlarga bo'linadi.

Oddiy boshqarilmaydigan tizim tahlili.

Kichik og'ishlarda o'zgarish shinalar bilan bog'liq bo'lgan EUYli stantsiyalardan tashkil topgan tizimlarning ishlashini xarakterlaydigan tenglama quyidagicha ifodalanadi:

$$T_j p^2 \Delta \delta + c_1 \Delta \delta = 0;$$

Bu erda: $S_1 = dP/d\delta$ - $E = \text{const}$ bo'lganda $R = f(\delta)$ xarakteristika bo'yicha aniqlanadigan quvvatning burchak bo'yicha hosilasi.

Xarakteristik tenglama ildizlari:

$$R_{1,2} = \pm \sqrt{\frac{-c_1}{T_j}};$$

Agar S_1 musbat bo'lsa ikkala ildizlar ham mavhum bu so'nmas tebranishlarga olib keladi:

$$\Delta\delta = A_1 e^{j\nu} + A_1 e^{-j\nu} = A \sin(\nu t + \psi);$$

$$\text{bu erda: } \nu = \sqrt{\frac{c_1}{T_j}}; A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2}; \psi = \arctg \frac{A_2}{A_1};$$

Agar S_1 manfiy bo'lsa ikkala ildizlar ham haqiqiy, ya'ni ildizlardan biri musbat bu tizimning beqarorligini ko'rsatadi.

R_2 koeffitsient orqali xarakterlanadigan va tinchlantiruvchi momentni hisobga olganda harakat tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$T_j p^2 \Delta\delta + P_d p \Delta\delta + c_1 \Delta\delta = 0;$$

Tayanch iboralar:

So'nmas tebranishlar, tinchlantiruvchi moment, o'zgarmas shina, konservativ, pozitsion tizim, dissipativ tizim.

Nazorat savollar.

1. Rotor harakatining asosiy tenglamasini izohlang.
2. Pozitsion tizimlar qanday tizimlar?
3. Konservativ tizimlar qanday tizimlar?
4. Dissipativ tizimlar qanday tizimlar?

16-ma'ruza

Statik turg'unlikni me'zonlari va tahlil usullari

Reja:

1. $dP/d\delta > 0$ me'zoni bo'yicha statik barqarorlikni tekshirish.
2. $dQ/q_U < 0$ me'zoni bo'yicha statik barqarorlikni tekshirish.
3. $dP/q_f < 0$ me'zoni bo'yicha statik barqarorlikni tekshirish.
4. Natijaviy barqarorlikni hisoblash tartibining afzalligi.
5. Elektr tizimdagi o'tish jarayonlarining sifati va barqarorligini oshirish chora tadbirlari.

$dP/d\delta > 0$ me'zoni bo'yicha statik barqarorlikni tekshirish.

Bu me'zon asosida stantsiya tizim bilan nisbattan uzun EUY orqali bog'liq tizimlar tekshiriladi. Hisoblar quyidagi ketma-ketliklarda bajarildi:

- 1) Uzoq stantsiyalar generatorlari beradigan quvvat ifodasi aniqlandi.
- 2) $\Delta R / \Delta \delta$ uchun ifodasi aniqlanadi.
- 3) CHegaraviy rejimga to'g'ri keluvchi $dR/d\delta = 0$ shartidan burchak aniqlanadi.
- 4) Burchakning hisoblangan qiymatini kuvat ifodasiga quyib chegaraviy quvvat aniqlanadi. Keyin barqarorlik bo'yicha zahira normativ ko'effitsientini hisobga olib statik barqarorlik buzilmasdan chegaraviy stantsiyadan beradigan quvvat aniqlanadi.

Barqarorlikni $\Delta R / \Delta \delta$ me'zoni bo'yicha murakkab tizimlarni tekshirishda barcha stantsiyalar EYUKlari o'zgarmas deb olinadi va barqarorlik buzilishiga nisbattan bo'lgan stantsiyalardagi sinxronlashtiruvchi quvvat hisoblanadi.

Amaliyotda hisoblashlarda quyidagilardan biri deb olinadi:

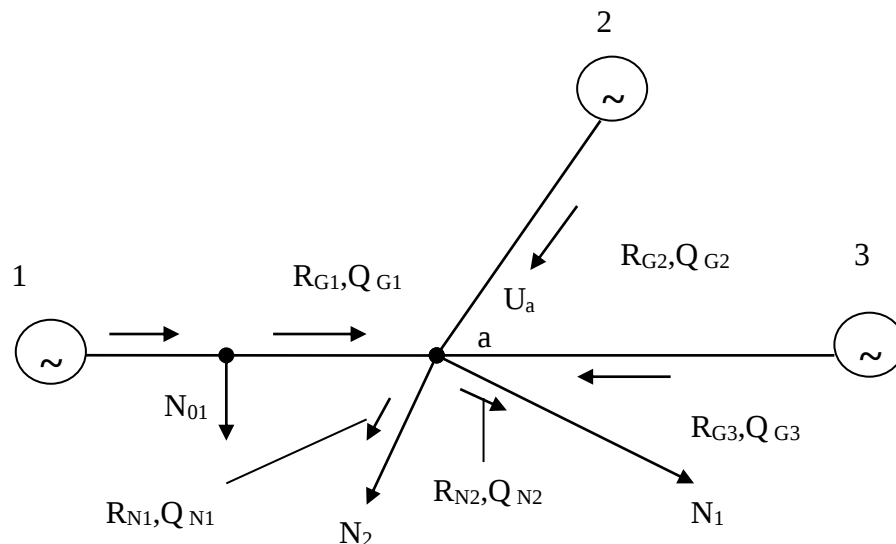
- 1) Berilgandan boshqa hamma generator stantsiyalar burchaklari o'zgarmas;
- 2) Ikkitadan tashqari barcha stantsiyalar beradigan quvvatlar o'zgarmas;

$dQ/dU < 0$ me'zoni bo'yicha statik barqarorlikni tekshirish.

Bu statik barqarorlikning amaliy mezonini mujassamlashgan yuklamali tizimlarda qo'llaniladi. Usulning 1-rasmda ko'rsatilgan sxemada amalining maqsadi quyidagicha bo'ladi. Shoxaning A nuqtasiga ulangan har bir yuklama ma'lum $Q_H = f(U_a)$ xarakteristikaga ega. ($U_a = 1$) rejimda hamma yuklamalarni umumlashtirsak natijaviy shoxaning reaktiv yuklamasi aniqlanadi va uning kuchlanish funksiyasidagi bog'liqligi

$$Q_{H\Sigma} = f(U_a) = Q_{H1} f_1(U_a) + \dots + Q_{Hk} f_k(U_a)$$

Shu rejimda yuklamaning $\pm Q_{H\Sigma}$ qiymatiga o'zgarishi yangi xarakteristika ($Q_{H\Sigma} \pm \Delta Q_{H\Sigma}$) = $f(U_a)$. Shunday qilib yuklamaning bir necha xarakteristikalarini olish mumkin. Har bir generatorlardan A nuqtaga reaktiv quvvat keladi.



1-rasm

Biron-bir generatorlarni doimiy EYUK E_n bilan almashtirsak yuklama shinasiga keladigan reaktiv quvvat quyidagicha aniqlanadi.

$$Q_{rn} = \frac{E_n U_a}{x_{na}} \cos \delta_{na} - \frac{U_a^2}{x_{na}}.$$

bu erda: n - generator nomeri; x_{na} - A nuqtasigacha bo'lgan shoxa generatorining qarshiligi.

Generatorlardan keladigan umumiy reaktiv quvvat bog'liqligi:

$$Q_{r\Sigma} = \varphi(U_a) = Q_{r1} \varphi_1(U_a) + \dots + Q_{rn} \varphi_n(U_a)$$

SHunday qilib, kuchlanish barqarorligi mezoni hamda tizim barqarorligi quyidagi shart bajarilganda amalga oshadi.

$$\frac{d\Delta Q_{\Sigma}}{dU} < 0.$$

dP/df < 0 me'zoni bo'yicha statik barqarorlikni tekshirish.

Elektr isitgichlari mavjud bo'lgan ba'zi tizimlarda dP/df amaliy mezoni rejim barqarorligini aniqlash uchun hal qiluvchi bo'lib hisoblanadi. dP/df mezoni, $\frac{d\Delta Q_{\Sigma}}{dU}$ mezoniga to'g'ri keladi. Bu mezon bo'yicha barqarorlikni tekshirishda $P_{r\Sigma} = \varphi_1(f)$ va $Q_{H\Sigma} = \varphi_2(f)$ bog'liqlik quriladi, bu bog'liqliklar bo'yicha nobalans quvvatning ishorami va quvvati aniqlanadi. Xarakteristikalarini qurishda hisoblashlar shartiga qarab ACHYUni hisobga olish yoki olmaslik mumkin.

Energotizim shunday ishlashi kerakki, uning rejimlarining parametrlari o'zgarishida (yomonlashishida) uning barqarorligiga ta'sir ko'rsatmasligi kerak, ya'ni zahira mavjud bo'lishi shart. Zahira dastlabki va oxirgi rejimlar parametrlarining bog'liqligi bilan baholanadi.

Natijaviy barqarorlikni hisoblash tartibining afzalligi

Jarayonlarning matematik ifodalanishi o'zgaruvchilarning oniy qiymatlarini bog'lovchi differentsial tenglamalar (Park-Gorev tenglamasi) yo ko'riladigan o'zaruvchilarning oniy qiymatlarini bog'lovchi differentsial va algebraik tenglamalarni ishlatishga asoslangan. Bu holatlarning har birida hisobiy sxema parametrlari chastotaga bog'liq bo'lib o'zgarmas yoki o'zgaruvchan bo'ladi.

Tenglamalar tizimini echishning birinchi bosqichida tizimning biron bir nuqtasi kuchlanishiga keltirilgan asinxron ishlovchi generatorlar sirpanishi va tok taqsimlanishini aniqlanadi.

Ikkinchi bosqichda esa asinxron ishlovchi tizim qismlarini resinxronlashtirish imkoniyatlari aniqlanadi.

Hisoblashlarning ikkala bosqichi ham ketma-ket yaxlitlash usuli orqali amalga oshiriladi.

Natijaviy barqarorlik hisoblari qiyin, shuning uchun EHM ni qo'llash talab etiladi.

Elektr tizimdagi o'tish jarayonlarining sifati va barqarorligini oshirish chora tadbirlari.

Elektr tizimdagi o'tish jarayonlarining sifati va barqarorligini oshirish chora tadbirlari ikkiga: asosiy va qo'shimcha tadbirlarga bo'linadi. Bundan tashqari barqarorlikni oshiruvchi, me'yorsiz rejim davomiyligini kamaytirish yoki ishonchlilikni oshiruvchi bir qancha rejim tadbirlari ham mavjud. Rejim tadbirlarida shaxs yoki avtomatik ishlovchi qo'shimcha qurilmalarini qo'llash talab etiladi.

Asosiy tadbirlar.

Tizimning asosiy elementlarini parametrlarini yaxshilash va barqarorlikni oshirish uchun qo'llaniladi.

1. Generatorning reaktiv qarshiligini (X_d) kamaytirish.

Bu tadbir rostlanmaydigan generatorlar yoki UARli tizimlarda statik barqarorlikni oshiradi.

2. x_d' qarshilikni kamaytirish.

Dinamik xarakteristika amplitudasini oshishiga olib keladi.

3. Kuchlanishni tez o'sishi va uyg'otishning yuqori cho'qqisi.

Tizimning dinamik barqarorligini oshishiga olib keladi.

4. Generatorlarning doimiy inertsiasini oshirish.

SHikastlanishni o'chirish vaqtini kamaytirishga olib keladi.

5. Sinxron kompensatorlar va gidrogeneratorlarda demfer g'altak qo'llash.

Bu sixronlashtirish va resinxronlashtirishda tebranishlarning so'nishiga olib keladi.

Qo'shimcha tadbirlar.

1. Transformatorlar neytrallarini aktiv qarshilik orqali erga ulash.

Barqarorlikni oshirish uchun aktiv qarshiliklar parallel yoki ketma – ket ulanadi. Transformator neytraliga ulanadigan qarshilikning qiymatini to'g'ri tanlash shikastlanish rejimi xarakteristikasining amplitudasi oshishiga olib keladi (nosimmetrik qisqa tutashuvlarda), bu tormozlanish maydonchasining kengayishiga olib keladi, ya'ni barqarorlik shartini oshiradi.

2. SHikastlanish paytida va uni o'chirishdan keyinda generatorlarni elektr tormozlash.
3. Turbinalarni tezkor rostlash.

Tayanch iboralar:

SHikastlanish, me'zon, statik turg'unlik, barqarorlik, elektr tormozlash, nobalans quvvat.

Nazorat savollar.

1. Barqarorlikni $\Delta R / \Delta \delta$ me'zoni bo'yicha murakkab tizimlarni tekshirishda barcha stantsiyalar EYUKlari qanday deb olinadi?
2. $dQ/qU < 0$ me'zoni statik barqarorlikning amaliy mezoni mujassamlashgan qanday tizimlarda qo'llaniladi?
3. dP/df mezoni qaysi me'zonga to'g'ri keladi va nima uchun?
4. Generatorning reaktiv qarshiligini (X_d) nimaga kamaytiriladi?
5. x_d'' qarshilikni kamaytirish nimaga olib keladi?

