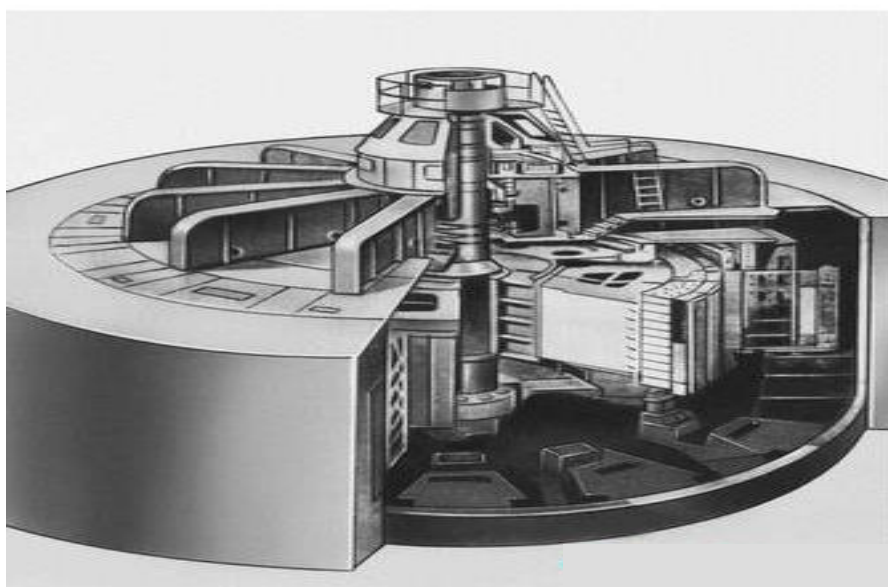


**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

STANSIYA VA PODSTANSIYALARNING ELEKTR QISMI

laboratoriya ishlari uchun
uslubiy ko‘rsatma



TOSHKENT-2023

UDK 621.311.2

Tuzuvchilar: Shamsutdinov H.F., Mirzabekov Sh.M., Ergashev M.M., Po‘latov N.Q. - Stansiya va podstansiyalarning elektr qismi fanidan laboratoriya ishlarini bajarish uchun uslubiy ko‘rsatma - Toshkent, ToshDTU, 2023 - 48 b.

Uslubiy ko‘rsatma «Stansiya va podstansiyalarning elektr qismi» fanining asosiy bo‘limlarini o‘z ichiga oluvchi laboratoriya ishlarini bajarish uchun tuzilgan.

Laboratoriya ishlari maxsus stendlarda bajariladi. Laboratoriya ishlarini stendlarda bajarilishi natijasida talabalarda fan haqida aniq tasavvurlar shakllangan holda o‘z bilimlarini oshirishadi.

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-uslubiy kengashi qarori bilan nashr etilgan, №9 sonli bayonnoma 21-iyun 2023-yil.

Taqrizchilar: Taslimov A.D. Toshkent Davlat Texnika Universiteti
«Energetika» fakulteti «Elektr
ta’minoti» kafedrası professori, t.f.d.

Shamsiyev X.A. «Energiya» KDM direktori, t.f.n.

© Toshkent davlat texnika universiteti, 2023

1-LABORATORIYA ISHI

SINXRON GENERATORNI ENERGETIK TIZIMGA ULASH

Ishdan maqsad: Sinxron generatorni energetik tizimga ulash uslublarini o'rganish.

Qisqacha nazariy ma'lumot: Generatorni tarmoqqa ulash aniq sinxronlash usuli yoki o'z-o'zini sinxronlash usuli yordamida amalga oshirilishi mumkin. Generatorni aniq sinxronlash usuli bilan ulashda, statorida tok sakrashi va rotorning aylanish momentini keskin o'zgarishi bo'lmagan holda, quyidagi 3 ta shartga rioya etilishi lozim:

- generator va tarmoq kuchlanishlari qiymat bo'yicha teng bo'lishi kerak;

- bu kuchlanishlar fazalari bo'yicha mos kelishi kerak;

- generator va tarmoqning chastotalari teng bo'lishi kerak.

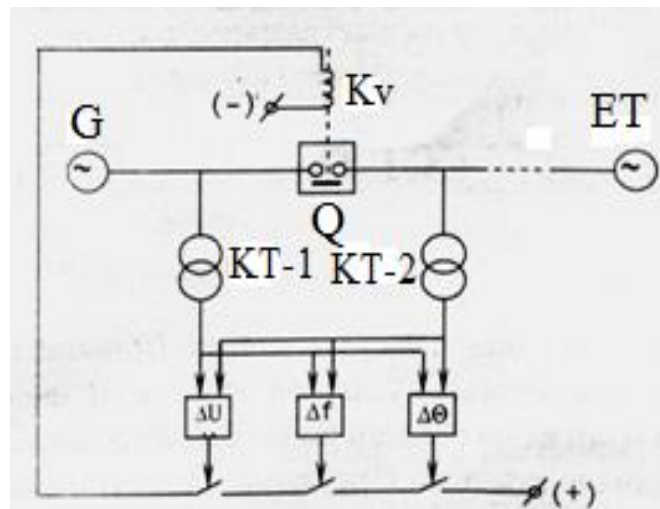
Kuchlanish qiymati bo'yicha sezilarli darajada farq bo'lganda va faza bo'yicha katta burchak siljishida, generator tarmoqqa ulanganda generatorida muvozanatlovchi tok hosil bo'ladi. Kuchlanishlar qiymatlari bo'yicha tahminan teng bo'lmaganda va ular faza bo'yicha katta burchakka siljigan holda tarmoqqa ulashda generatorida muvozanatlovchi tok hosil bo'lib, u avariya oqibatlarga bo'lgan oqibatlarga olib keladi. Ayniqsa, kuchlanishni faza bo'yicha nomutanosibligida generatorni ulash hatarli.

Generator va tarmoq kuchlanishi faza bo'yicha 180^0 ga burilishi yana ham og'irroq holat, tizimning quvvati esa generator quvvatidan bir necha marta katta. Ulash momentida generator chiqishida muvozanatlovchi tok qiymati uch fazali qisqa tutashuv zarbaviy tokidan 2 marta oshib ketadi. Bunday tokdan stator chulg'amlarining tashqi qismlari yoki transformator chulgamlaridan biri shikastlanishi mumkin.

Chastotalar sezilarli farq qilganda generatorni ulash uchun momentni behato tanlash qiyin. Bundan tashqari, ulash momenti tanlanganda ham, rotor aylanish chastotasi va generator rotorlarining chastotasini boshlang'ich farqini kattaligi sababli, generator rotori to'xtashga ulgurmaydi va sinxronizmga tusha olmaydi. Bu esa, stator toki va rotorning aylanish momenti qiymatlarini yo'l qo'yib bo'lmaydigan katta tebranishlarini vujudga keltiradi. Shuning uchun, aylanish chastotasining katta qiymatida va sinxronoskop sterelkasini tez tebranishida generatorni ulash mumkin emas.

Biroq yuqorida aytilgan uchta shartga aniq rioya qilish, ayniqsa oxirgi ikkitasi, sinxronlash jarayonini sekinlashtiradi. Shuning uchun generatorni

ulashda amalda uncha katta bo'lmagan, havfsiz tebranishlar paydo bo'lishiga ruhsat beriladi. Shunday qilib sinxronlash, quyidagilarga amal qilgan holda bajariladi.



1.1-rasm. Aniq sinxronlash usulida ulanishning prinsipial sxemasi ΔU , Δf , $\Delta \theta$ -generator va tizim parametrlari farqini nazorat qiluvchi qurilma.

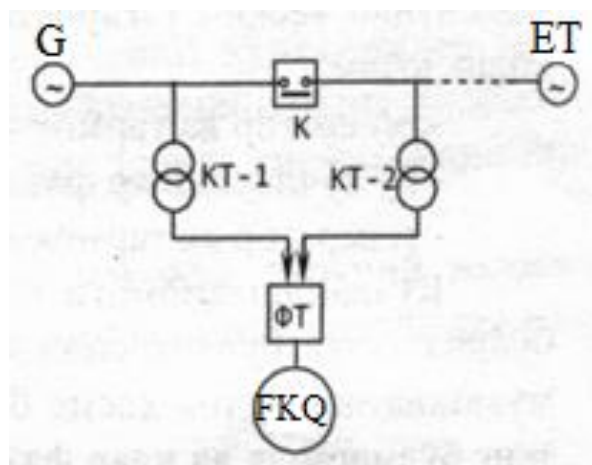
Ular yuqorida keltirilgan ideal shartlardan bir muncha farqlanadi:

- generator kuchlanishi tarmoq kuchlanishidan katta bo'lishi, lekin 5% dan yuqori bo'lmashligi, ulangandan keyin generator reaktiv yuklamani o'ziga olishi kerak.

- ulab-uzgichni ulash uchun impuls sinxronoskopning strelkasi qizil chiziqqa yetgunicha berilishi kerak. Bu burchak ulab-uzgichni ulash vaqtiga mos kelishi va burchaklar farqi $8-12^{\circ}$ dan oshmasligi kerak.

- sinxronoskop strelkasi 2-3 ayl/min chastota bilan aylanishi uchun, generator kuchlanishi chastotasi tarmoq chastotasiga yaqin bo'lishi kerak.

Avariya shartlarda, tizimdagi chastota doimiy bo'lganda, generatorni aniq sinxronlash bir necha minutga cho'zilishi mumkin. Shuning uchun chastota va kuchlanishning pasayishi va tebranishi bilan bog'liq avariylarni bartaraf etishda, 165 MVt dan kichik quvvatli generatorlarni tarmoqqa ulash o'z-o'zini sinxronlash usulida amalga oshirilishi kerak. 165 MVt va undan katta quvvatli generatorlarni o'z-o'zini sinxronlash usuli bilan ulashga tayyorlovchi zavodlar ruhsat bermaydi. Chunki, bunday ulash momentida katta o'tish toklari hosil bo'ladi.



1.2-rasm. Generator va tizim fazalarini ketma-ketligini tekshirish uchun prinsipial sxema. FKQ-fazalar ketma-ketligini tekshirish qurilmasi.

1.1-jadval

Muvozanatlovchi tok [A]	Generator parametrlarining tizim parametrlaridan siljishi								
	$\Delta U [V]$			$\Delta f [Gz]$			$\Delta \theta [grad]$		
	10	20	30	0,5	1,0	2,0	5	10	20
I_{muv}									

O‘z-o‘zini sinxronlash usuli bo‘yicha generator tarmoqqa qo‘zgatishsiz, aylanish chastotasi sinxronga yaqin bo‘lganda ulanadi (sirpanish $\pm 2 \div 5\%$). Undan keyin MAS (maydonni avtomatik so‘ndirish) ulanishi bilan generator qo‘zgatiladi va 1-2 sek. ichida sinxronizmga tortiladi. Shuntli reostat generatorni ulashdan oldin salt ishlash holatiga o‘rnatilgan bo‘lishi kerak. Normal sharoitda o‘z-o‘zini sinxronlash usuli barcha gidrogeneratorlarga, barcha turdagi sinxron kompensatorlarga, generator-transformator blokli sxema bo‘yicha ishlovchi bilvosita sovutishli turbogeneratorlarga qo‘llasa bo‘ladi. Agar stator tokining simmetrik tashkil etuvchisi $3,5 \cdot I_{nom}$ dan oshmasa, unda shinalarga ulanadigan turbogeneratorlarga ham o‘z-o‘zini sinxronlashni qo‘llasa bo‘ladi.

Ulash momentida o‘z-o‘zini sinxronlash toki:

$$I_{zap} = \frac{1,05 \cdot U_{max}}{x_t + x_d}$$

bunda

x_t - ulanayotgan generator quvvatiga keltirilgan tarmoqning nisbiy qarshiligi;

U_{nom} - generator kuchlanishiga keltirilgan tarmoqning fazaviy kuchlanishi.

O‘z-o‘zini sinxronlash usulining afzalligi soddaligi, generatorni tarmoqqa ulashni butunlay avtomatlashtirish imkoni borligi, ulashning tezligida.

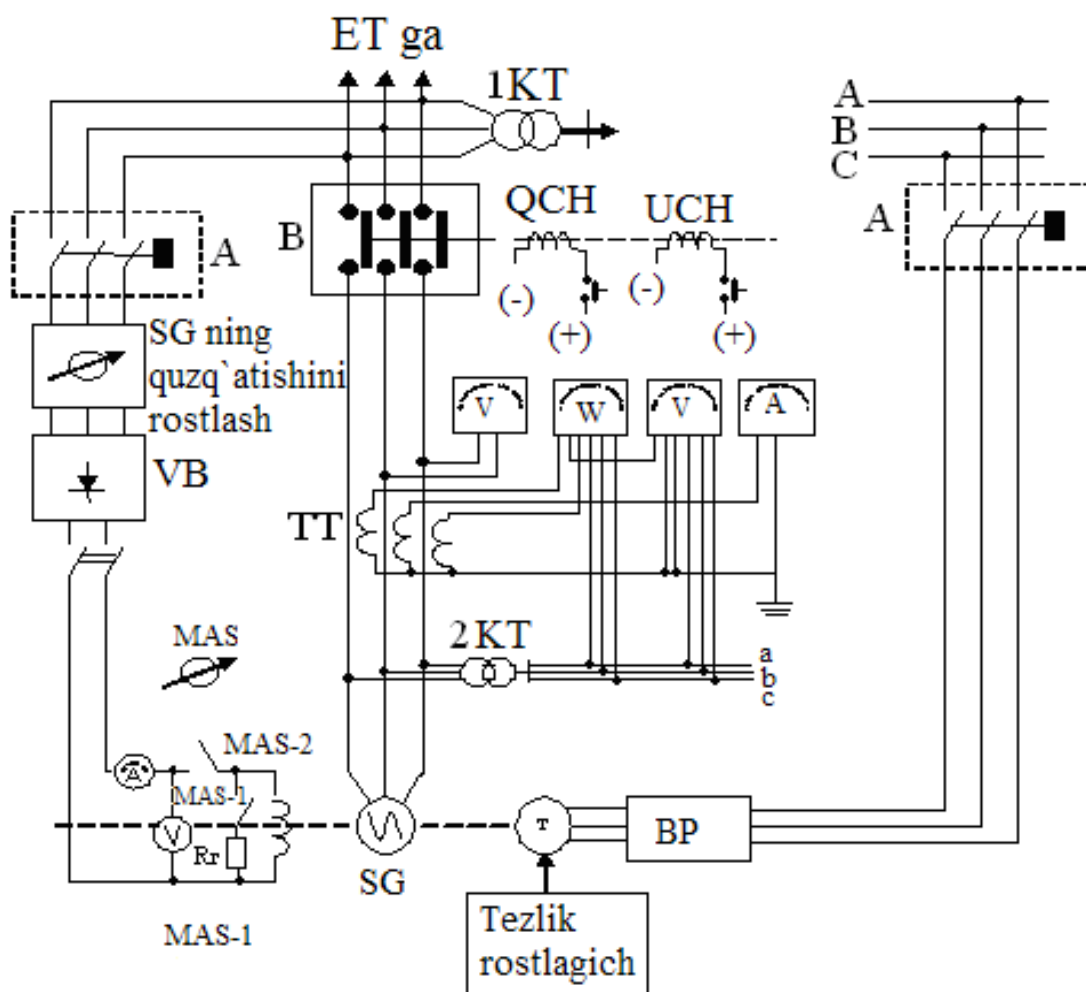
Kamchiliklari esa: normal holatlarda qo‘llashning mumkin emasligi. Chunki generatorni bevosita shinalarga ulaganda, shinalarga ulangan iste’molchilarda yo‘l qo‘yib bo‘lmaydigan kuchlanishlar paydo bo‘ladi.

Laboratoriya ishining dasturi:

1. Generatorni ET ga ulash uchun stendning eksperimental sxemasini o‘rganish.
2. Sinxron generator va ET parametrlarini sinxronlash kolonkasidan foydalangan holda kerakli qiymatga keltirish.
3. Aniq sinxronlash usuli. Ulashning prinsipial sxemasi.
4. Muvozanatlovchi tok qiymatini generator va tizim parametrlariga mos kelmagan funksiya sifatida ko‘rinishi.
5. O‘z-o‘zini sinxronlash usuli. Ulashning prinsipial sxemasi.
6. Muvozanatlovchi tok qiymatini o‘z-o‘zini sinxronlash usulini qo‘llash me’zoni sifatida ko‘rinishi.

Ishni bajarish tartibi:

1. Laboratoriya stendining sxemasi bilan tanishib chiqing (1.3-rasm). Qo‘zg‘atishni rostlagich va tezlik rostlagich boshlang‘ich holatda bo‘lishi lozim.
2. Stenddagi barcha avtomatlarni ulab tarmoq kuchlanishi va chastotasini o‘lchov uskunalaridan tekshiriladi.
3. Generatorni ishga tushirib generator chastotasi, kuchlanishi tarmoq kuchlanishi va chastotasiga mosligi, fazalar ketma-ketligi tekshiriladi.
4. Sinxronlash shartlari bajarilgandan so‘ng, sinxronoskop strelkasi tezlik rostlagich orqali sekinlashtiriladi.
5. Sinxronoskop strelkasi qizil chiziqqa kelishi bilan generatorni tarmoqqa ulovchi tugma (B) bosiladi va generator sinxronizmga tortiladi.



1.3-ram. Laboratoriya stendining prinsipial sxemasi

Hisobotni rasmiylashtirish:

Hisobotda quyidagilar ko'rsatilishi lozim: Generatorlarni tarmoqqa ulash haqida qisqacha ma'lumot, tajriba stendining sxemalari, o'lchov natijalari yozilgan jadvallar, laboratoriya ishidan qilingan xulosa.

Sinov savollari:

1. Generatorni aniq sinxronlash usuli bilan ulashning 3 ta shartini ayting?
2. Sinxronlash kolonkasining qo'llanilishi?
3. Generatorni tizimga ulashda paydo bo'ladigan 3 ta katta zarbaviy tokning oqibatlarini?
4. Turli xil generatorlar uchun o'z-o'zini sinxronlash usulini qo'llash mezonini?
5. Generatorni tizimga ulashni ikkala usullarining afzallik va kamchiliklari?

2-LABORATORIYA ISHI

GENERATORLARNING ISH REJIMLARINI TADQIQ QILISH

Ishdan maqsad: Generatorlarning turli xil ish rejimlarini o'rganish.

Qisqacha nazariy ma'lumot: Generatorlarning ish holatlarini boshqarishda stator va rotor havo oralig'idagi magnit oqimini kerakli darajada ushlab turishga bog'liqdir. Stator toki qo'g'atish toki hosil qilgan magnit maydonga teskari bo'lgan magnit maydon hosil qiladi. Natijaviy magnit maydonni o'zgarishni rostdash qo'zg'atgich hosil qilgan magnit maydonini o'zgartirish orqali rostlanadi. Buning uchun generatorning ish rejimiga bog'liq holda generatorning qo'zg'atish toki keng diapazonda o'zgarishi lozim.

Qo'zg'atish toki normal ish holatlarida generatorning kuchlanishiga, statorning aktiv va reaktiv tokiga bog'liqdir. Shuningdek qo'zg'atish tokini o'zgartirish orqali sinxron mashinadagi kuchlanish tushuvini kompensatsiyalashi lozim.

Generatorni qo'zg'atishni ikki holati mavjud: o'ta qo'zg'atish va qo'zg'atilmagan. O'ta qo'zg'atish holatida tarmoqqa aktiv va reaktiv quvvat uzatiladi. Qo'zg'atilmagan holatida generator reaktiv quvvat iste'mol qiladi.

Kompensator holatida ishlayotgan sinxron generator tomonidan ishlab chiqarilayotgan yoki iste'mol qilinayotgan reaktiv quvvat qo'zg'atish tokiga bog'liq. Qo'zg'atish tokini o'zgarishi bilan stator chulg'amidagi EYuK Y_{ek} ham o'zgaradi. Generatorning EYuK qiymati jihatdan tarmoq kuchlanishiga teng bo'lgan holat generatorning salt ishlash holati deyiladi. Qo'zg'atish tokini oshirish natijasida generatorning EYuK chiqishlaridagi kuchlanishdan katta bo'ladi (o'ta qo'zg'atish).

Sinxron gidrogeneratorlar va turbogeneratorlar sinxron kompensator holatida ishlashi mumkin.

Generatorlarning ikki ish holatlari mavjud: normal va nonormal holatlar. Normal ish holati sifatida uzoq muddat ishlashi ko'zda tutilgan holatlar: kuchlanishi $U_{gen} = \pm 5\% U_{nom}$ bo'lganda pasport ma'lumotida ko'rsatilgan yuklamalarda va turli xil $\cos\phi$ larda ishlashi.

Nonormal holatlarga asinxron holat, avariyaaviy o'ta yuklanish, qo'zg'atishni yo'qotish va shu kabilar kiradi.

Asinxron holat. Normal holatda generatorlar parallel ishlashga ulangan, sinxron ishlamoqda. Sinxron ish holatida barcha generatorlarning EYuK bir xil chastotaga ega, shuningdek ularning vektorlari bir xil burchak

tezligida aylanadi. Biror bir generatorni yoki generatorlar gruppasini turg'un ish holatini buzilishi natijasida sinxron generatorlarning asinxron yurishi yuzaga keladi.

Asinxron yurish – generatorning shunday ish holati hisoblanadiki, bunda rotorning aylanishi tezligi statorning magnit maydon aylanish tezligiga mos kelmaydi.

Sinxron generatorlarning asinxron yurishining ikkita turi mavjud:

1. Stansiyadagi o'rnatilgan generatorlarning birining shu stansiyadagi generatorlarga nisbatan asinxron yurishi;

2. Generatorlar gruppasining (stansiyalar gruppasi) boshqa generatorlar gruppasiga (tizim) nisbatan asinxron yurishi.

Turbogeneratorlar asinxron ish holatiga qo'zg'atishni yo'qotganda yoki qo'zg'atish tizimini kritik chegaradan tushib ketishi natijasida asinxron momenti hosil bo'lgandagina o'tadi.

Sinxron elektromagnit moment tushunchasi sifatida generator statorining aylanuvchi magnit oqimi bilan rotor chulg'amida qo'zg'atish tokining oqishidan hosil bo'luvchi magnit oqimlarning o'zaro ta'sirining natijasi tushuniladi. Generatorlarning turg'un sinxron ishlashi mobaynida ushbu moment turbinaning aylanish momentiga nisbatan tormozlovchi hisobalanadi. Qo'zg'atishni yo'qotish yoki tushib ketishi natijasida sinxron momentni yo'qotilishi yoki turbinaning aylanish momentidan tushib ketishidan generator rotorining aylanish chastotasi ortadi hamda statorning aylanuvchi magnit maydoniga nisbatan rotorning sirpanishi vujudga keladi. Buning natijasida barcha yopiq rotorli konturlarda stator tomonidan sirpanish chastotasiga ega bo'lgan toklar hosil bo'ladi. Ushbu toklar tormozlovchi asinxron moment hosil qiladi va ushbu momentning maksimumi turbina hosil qilayotgan momentdan katta bo'lsa rotorning tezlanishi to'xtaydi hamda generator tarmoqqa asinxron rejimda aktiv quvvat beradi.

Laboratoriya ishining dasturi:

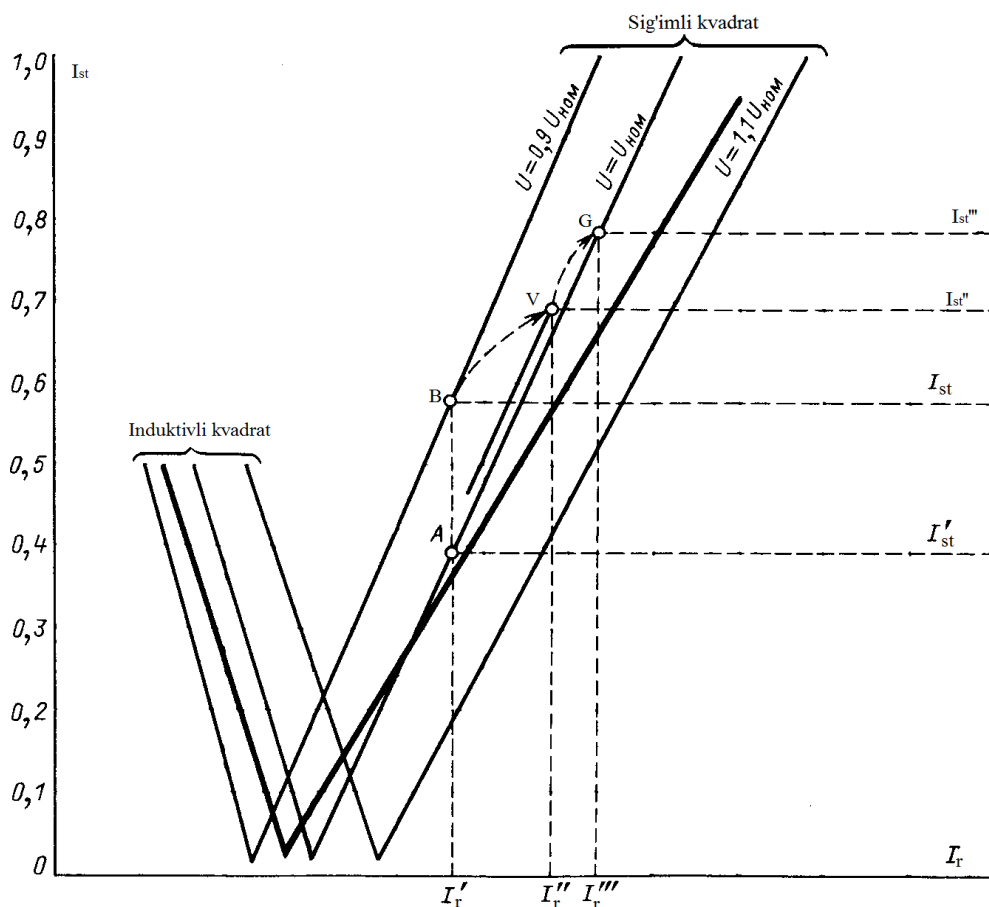
1. Generator bilan aktiv quvvatni rostdash.
2. Sinxron generatorning reaktiv quvvatini rostdash.
3. Sinxron kompensatorning V simon tavsifini olish.
4. Generatorning asinxron yurishi.
5. Sinxron generatorning kompensator ish holati.
6. Sinxron generatorning sinxronlash kolonkalarining vazifasi.

Generatorni sinxron kompensator holatida ishlashi. Energetika tizimida reaktiv quvvat tanqisligi yoki ortishi natijasida sinxron generatorlar qo'zg'atish tokini keng diapazonda rostdash imkonini beruvchi sinxron kompensator holatida ishlashi mumkin. Qo'zg'atish toki salt ishlash tokiga teng bo'lganda tarmoqdan uncha katta bo'lmagan aktiv quvvat (mashinadagi isroflar bilan aniqlanadigan) iste'mol qiladi. Agarda qo'zg'atish toki kamaytirilsa (qo'zg'atilmagan holat), generator energetika tizimidan iste'mol qilayotgan tokda induktiv tashkil etuvchi paydo bo'lib va ushbu tashkil etuvchi qanchalik katta bo'lsa qo'zg'atilmaganlik shunchalik ko'p bo'ladi.

O'ta qo'zg'atish holatida generator ilgari noma tokni iste'mol qilgan holda tarmoqni sig'imi tok bilan yuklaydi.

Yuqoridagilardan xulosa qilganda, stator toki I_{st} va fazasiga qo'zg'atish toki I_r ta'sir etadi.

Stator va rotor toklari orasidagi bog'lanish $I_{st}=f(I_r)$ stator chiqishidagi kuchlanishning har xil o'zgarish qiymatlaridagi V simon tavsiflarning oilasini bildiradi.



2.1–rasm. Sinxron kompensator holatida ishlayotgan sinxron generatorning V simon tavsiflari.

Tavsifning o'ng tomoni kompensatorning sig'miy ish holatiga, chap tomoni esa induktiv ish holatiga to'g'ri keladi.

$U=\text{const}$; $P_g=\text{const}$ (0,5; 1,0; 1,5) bo'lgandagi sinxron generatorning V simon tavsifini qurish uchun jadval

2.1-jadval

I_g [A]										
$I_{qo'z}$ [A]										

Hisobotni rasmiylashtirish:

Hisobotda quyidagilar ko'rsatilishi lozim: Stendning elektrik sxemasi, generatorni tarmoqqa qo'shish, generatorning aktiv va reaktiv quvvatini rostdlash, generatorlarning ish holatlari, sinxron kompensator ish holatida ishlayotgan sinxron generatorlarning V simon tavsiflarini qurish.

Sinov savollari:

1. Generatorlarning ish holatlarini tushuntirib bering?
2. Generatorlarning aktiv va reaktiv quvvatlarini rostdlash qanday amalga oshadi?
3. Sinxron generatorning asinxron yurishining yuzaga kelish sabablarini tushuntirib bering?

3-LABORATORIYA ISHI

TRANSFORMATORLARNI PARALLEL ISHLATISH

Ishdan maqsad: Transformatorlarni parallel ishga tushirishni laboratoriya stendida sinash.

Qisqacha nazariy ma'lumot: Transformatorlar parallel ishlaganda ularning birlamchi chulg'ami umumiy tok manbaidan yoki elektr tarmog'idan energiya oladi va ikkilamchi chulg'amlari umumiy iste'molchini energiya bilan ta'minlaydi. Transformatorlar parallel ishlaganda iste'molchilarga beriladigan quvvatning eng katta qiymati ayrim transformatorlarning nominal quvvatlari yig'indisi bilan aniqlanadi, boshqacha aytganda ularning nominal quvvatlari o'zaro qo'shiladi. Agar biror korxonada podstansiyasida oldin bitta transformator o'rnatilgan bo'lsa, vaqt o'tishi bilan korxonada kengaytirilib yangi sexlar quriladi. Bunda korxonaning umumiy iste'molchilarini elektr energiyasi bilan ta'minlash uchun bitta transformatorning quvvati yetmay qoladi. Bunday sharoitda ishlab turgan transformatorga parallel qilib ikkinchi transformator ulanadi va iste'molchilar yetarli energiya bilan ta'minlanadi. Quvvati o'zgarib turadigan korxonada podstansiyasida bir nechta transformatorlarning parallel ishlashi elektr energiyasining iste'molchilar orasida tejamli taqsimlanishini va turli hollarda energiya bilan uzluksiz ta'minlashni yaxshilaydi. Parallel ishlab turgan transformatorlardan birortasi ishdan chiqib qolsa, iste'molchilar elektr energiyasiz qolmaydi, ishlab turgan transformatorlar iste'molchilarni yetarli energiya bilan ta'minlaydi. Energiya iste'mol qilish kamaygan vaqtlarda ba'zi transformatorlar elektr tarmog'idan uzib qo'yiladi. Iste'molchilar quvvatiga qarab parallel ishlaydigan transformatorlar quvvatini aniqlash va ularni ratsional ishlatish elektr energiyasi bilan ta'minlashning foydali ish ko'effitsiyentini oshiradi. Parallel ulangan transformatorlar salt ishlaganda ham ularning chulg'amlaridan tenglashtiruvchi toklar o'tmasligi lozim; yuklama bilan ishlayotgan transformatorlarda esa iste'molchilarning quvvati transformatorlarning nominal quvvatlariga proporsional taqsimlanishi lozim. Bularga erishish uchun transformatorlar parallel ulanayotganda quyidagi asosiy shartlar bajarilishi talab qilinadi:

1. Parallel ulanadigan transformatorning birlamchi chulg'aming nominal kuchlanishi ishlab turgan transformatorlarning birlamchi nominal kuchlanishiga teng bo'lishi kerak; transformatsiya ko'effitsiyenti ham teng bo'lishi lozim:

$$U_{11} = U_{12} = U_{13} = \dots$$

$$K_1 = K_2 = K_3 = \dots$$

Bunda transformatorlarning ikkilamchi kuchlanishlari ham o‘zaro teng bo‘ladi. Agar ushbu shart bajarilmasa, hatto ular salt ishlaganda ham transformatorlarning chulg‘amlaridan tenglashtiruvchi tok o‘ta boshlaydi. Bu tokning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$I_t = \frac{U_{21} - U_{22}}{z_{k1} + z_{k2}} = \frac{\Delta U}{z_{k1} + z_{k2}}$$

bunda

ΔU - kuchlanishlar farqi;

z_{k1} va z_{k2} - transformatorlarning qisqa tutashuv qarshiliklari.

2. Parallel ulanadigan va ishlab turgan transformatorlar chulg‘amlarining ulanish guruhlarini bir xil bo‘lishi lozim. Bu shart bajarilganda transformatorlarning ikkilamchi chulg‘am faza kuchlanishlarining vektorlari bir fazada bo‘ladi. Agarda ushbu shart bajarilmasa, ularning ikkilamchi kuchlanishlari o‘zaro ma’lum burchakka siljiganligi natijasida kuchlanishlar farqi ΔU vujudga keladi va transformatorlar zanjirida tenglashtiruvchi tok o‘ta boshlaydi.

3. Parallel ulanayotgan va ishlab turgan transformatorlarning qisqa tutashuv kuchlanishlari o‘zaro teng bo‘lishi lozim, ya’ni:

$$u_{k1} \% = u_{k2} \% = u_{k3} \% = \dots$$

Parallel ishlab turgan transformatorlar orasida yuklama toklari ularning qisqa tutashuv kuchlanishlariga teskari proporsional ravishda taqsimlanadi. Agar bu shart bajarilmasa, qisqa tutashuv kuchlanishlari teng bo‘lmasa ularda yuklama quvvati qisqa tutashuv kuchlanishlariga teskari proporsional bo‘ladi. Natijada parallel ulangan transformatorlarning nominal quvvatlari teng bo‘lganda ham, ularda yuklama quvvati teng taqsimlanmaydi. Bunda qisqa tutashuv kuchlanishining qiymati kichik transformator yuklamasi nominal qiymatidan katta bo‘ladi. Agar bu transformator nominal yuklama bilan ishlasa, boshqa transformatorlarning yuklanishi nominal qiymatdan kichik bo‘ladi. Bunda ba’zi transformatorlarning nominal quvvatidan to‘la foydalanish mumkin bo‘lmay qoladi. Amalda qisqa tutashuv kuchlanishlarining qiymati bir xil bo‘lgan transformatorlarni topish qiyin bo‘lganligi uchun paralel ulab ishlatiladigan transformatorlar nominal quvvatlarining nisbati 3 dan katta

bo‘lmasligi tavsiya qilinadi. Shunda qisqa tutashuv kuchlanishlarining farqi $\pm 10\%$ dan oshmaydi va iste‘molchilarning quvvati transformatorlarning nominal quvvatlariga proporsional taqsimlanadi. Transformatorlar parallel ulanayotganda yuqorida keltirilgan asosiy shartlardan tashqari, ularda faza kuchlanishlari vektorlarining ketma-ket kelishi, ya’ni faza almashinishi bir xil bo‘lishi lozim. Fazalar almashinishi bir xil bo‘lganda ulanayotgan transformatorning ikkilamchi chulg‘aming «a» fazasi va ishlab turgan transformator ikkilamchi chulg‘aming «a» fazasiga ulangan voltmetr nolni ko‘rsatadi. Transformatorlarni parallel ulashdan oldin fazirovka qilinishi lozim.

3.1-jadval

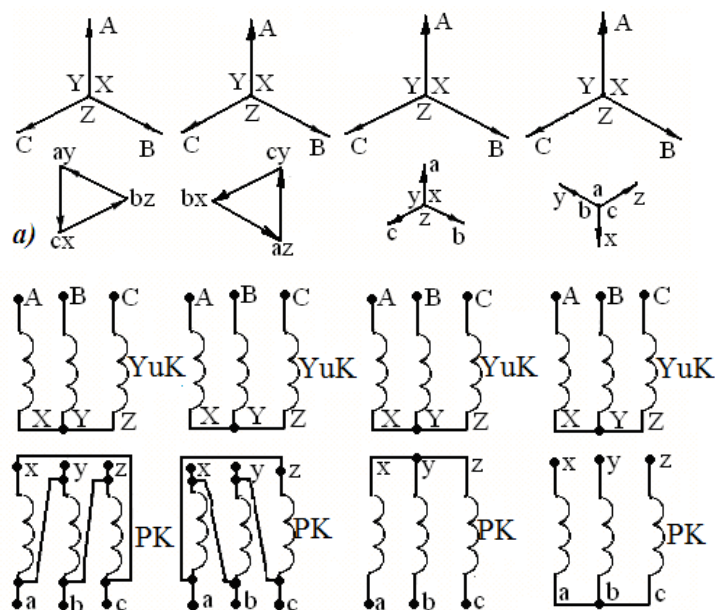
Variantlar	Transformatorlarning ulanish guruhlari		Fazalararo kuchlanish, V	
	1-transformator	2-transformator	U_{a1-a2}	U_{c1-c2}
1	$\dot{U}_A - 12$	$\dot{U}_A - 12$		
2	$\dot{U}_A - 12$	$\dot{U}_A - 6$		
3	$\dot{U}_B - 11$	$\dot{U}_B - 11$		
4	$\dot{U}_B - 11$	$\dot{U}_B - 5$		
5	$\dot{U}_B - 11$	$\dot{U}_A - 12$		

Laboratoriya ishining dasturi:

1. Transformatorlarning parallel ulash shartlarining nazariy qismi bilan tanishib chiqing.
2. Transformatorlarni parallel ishga tushirish sxemasini yig‘ing va ishga tushiring.
3. Transformatorlarning ikkilamchi chulg‘amlarining mos fazalaridagi kuchlanishni o‘lchang.
4. Transformatorlarning vektor diagrammalarini quring.

Ishni bajarish tartibi:

1. Yuqorida 3.1-jadvalga keltirilgan variantlardagi transformatorlarning ulanish sxemalarini yig‘ing.
2. Har bir variant uchun transformatorlarning ikkilamchi chulg‘amlaridagi mos fazalararo uchun kuchlanishlarni o‘lchang hamda vektor diagrammani quring. O‘lchash natijalarini 3.1-jadvalga kiriting.



3.1-rasm. Transformatorlarning ulanish guruhlari:
 a) vektor diagrammasi; b) chulgʻamlarning ulanish guruhlari.

Hisobotni rasmiylashtirish:

Hisobotda quyidagilar koʻrsatilishi lozim: Transformatorlarning parallel ishlashi haqida qisqacha maʼlumot, tajriba stedining sxemalari, oʻlchov natijalari yozilgan jadvallar, laboratoriya ishidan qilingan xulosa.

Sinov savollari:

1. Transformatorlarning parallel ishga tushirish shartlarini tushuntiring?
2. Parallel ishga tushirilayotgan transformatorlarning quvvatlari teng boʻlmagan taqdirda yuklamaning taqsimlanishini tushuntiring?
3. Parallel ishga tushirilayotgan transformatorlarning qisqa tutashuv kuchlanishlari teng boʻlmagan taqdirda yuklamaning taqsimlanishini tushuntiring?
4. Parallel ishga tushirilayotgan transformatorlarning ulanish guruhlari teng boʻlmagan taqdirda nima yuz berishini tushuntiring?
5. Transformatorlarning pasport maʼlumotlari haqida maʼlumot bering?

4-LABORATORIYA ISHI

O‘ZGARUVCHAN TOK TARMOG‘IDA IZOLYATSIYA NAZORATI SXEMASINI TEKSHIRISH

Ishdan maqsad: Yuqori kuchlanishli uch fazali o‘zgarmas tok tarmog‘ida izolyatsiya nazorati uslublarini kuchlanish transformatori yordamida tekshirish.

Qisqacha nazariy ma’lumot: Elektr tarmoq va qolaversa uning ayrim qismlarini ishonchli ishlashi butunlay uning elementlarining izolyatsiya darajasiga bogliq. Elektr tarmoqda eng keng tarqalgan shikastlanish faza izolyatsiyasining yerga nisbatan shikastlanishidir. Bu bir fazali yerga qisqa tutashuvga olib keladi. Yuqori kuchlanishli tarmoqlar izolyatsiyalangan neytralli (35 kV gacha kuchlanishli) va bevosita (110 kV kuchlanishli va yuqori). Izolyatsiyalangan neytralli tarmoqlarda bir fazali yerga tutashuv tokni avariya oshib ketishiga olib kelmaydi. Chunki bu xolda tok sig‘imiy tavsifga ega. Agar bu tarmoqning sig‘imi katta bo‘lsa, bir fazali toklarni yerga tutashuvini kamaytirish uchun, bu sig‘imni maxsus induktivlik bilan kompensatsiyalashga to‘g‘ri keladi. Shuning uchun 35 kV kuchlanishli tarmoqlar – izolyatsiyalangan tarmoqli neytralli tarmoqlar, kompensatsiyalangan neytralli tarmoqlar nomini olgan. U holatda ham, bu holatda ham ular kichik tokli yerga tutashuvli tarmoqlardir. Bir fazali yerga tutashuv bu tarmoqlarda yuqorida aytib o‘tilganidek, tokning avariya miqdorigacha oshishiga olib kelmaydi. Lekin fazalararo qisqa tutashuv vujudga kelish ehtimolligini oshiradi, bu esa katta toklar bilan bog‘liq bo‘ladi, shu holda releli himoyasi va avtomatikasi shikastlangan tarmoq qismini tezda o‘chirish shart. 110 kV va undan yuqori kuchlanishli tarmoqlarda bir fazali qisqa tutashuv tokni katta miqdorigacha oshirilishi, bu esa himoyaning tezkor ishlashishiga olib keladi. Hamma stansiyalarida va nimstansiyalarda yerga nisbatan qanday bo‘lmasin fazasi izolyatsiyasining sifatini o‘zgarishini nazorat qiluvchi qurilmalar o‘rnatiladi. Kichik tokli yerga tutashgan tarmoqlarda (35 kVgacha) u signalga ishlaydi, katta tokli yerga tutashgan tarmoqlarda (110 kV va yuqori) tokli himoya bilan birgalikda ishdan chiqqan elementlarni o‘chiradi. Kuchlanish transformatori yordamida izolyatsiyani nazorat qilish amalga oshiriladi. Bunda kuchlanish transformatorining chulg‘amlari yulduz-yulduz va yulduz-ochiq uchburchak sxemalari bo‘yicha ulanadi. 4.2-rasmda KT ni «yulduz-ochiq uchburchak» sxemaga ulanish sxemasi

ko'rsatilgan. Normal holatda ochiq uchburchak chiqishidagi kuchlanish barcha uch faza kuchlanishlari yig'indisiga va nolga teng. (4.3 a-rasm).

$$U_{chiq} = U_a + U_b + U_c = 0$$

Biror bir faza izolyatsiyasi shikastlanganda (A faza misolida ko'ramiz) undagi kuchlanish yangi qiymatni U'_A , bu qiymat birlamchi qiymatdan ΔU_A ga kamaygan. (4.3 b-rasm). $U'_A = U_A - \Delta U_A$ ikkilamchi kuchlanish ham tegishli qiymatlarni qabul qiladi $U'_a = U'_A - \Delta U_A$. Bunda shikastlangan fazalarning kuchlanishi, A fazaning kuchlanish isrofi qiymatiga oshadi: ya'ni

$$U'_B = U_B - \Delta U_A \qquad U'_C = U_C - \Delta U_A$$

Ochiq uchburchakda bu kuchlanishlar qo'shiladi, natijada uning chiqishida kuchlanish hosil bo'ladi.

$$U_{chiq} = U'_a + U'_b + U'_c = 0$$

Bu qiymat bir fazali yerga tutashuvda paydo bo'ladigan nolinch ketma-ketlik kuchlanishning uchlanganiga teng.

$$U_{chiq} = 3U_0$$

Shunday qilib, ochiq uchburchak nolinch ketma-ketlik kuchlanish filtridir. Uning chiqishlariga maksimal tok relesini ulaganda bitta rele bilan nolinch ketma-ketlik o'zgarishi kattaligini nazorat qilish imkoni paydo bo'ladi, shu bilan birga fazalarning yerga nisbatan qarshiligi haqida mulohaza qilish mumkin. Vizual nazoratni voltmetr yordamida amalga oshirish mumkin.

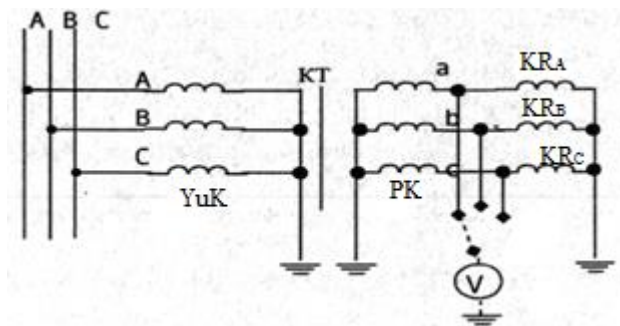
Bunday sxema yerga qisqa tutashuvdan himoyalovchi nolinch ketma-ketlik himoyalarni ancha soddalashtiradi, ular signalga ham, o'chirishga ham ishlaydi. Ayniqsa, himoyalarni yo'naltirilgan qilib bajarish imkoniyati bor.

Yerga metal orqali tutashuv bo'lganda (o'tish qarshiliksiz), qisqa tutashuvni A fazasining birlamchi chulg'amiga keltirilgan qoldiq kuchlanish:

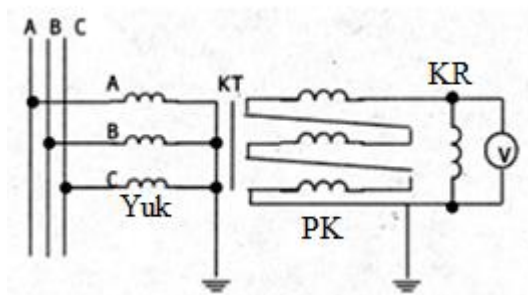
$$\Delta U_A = U_A, \quad U'_A = 0$$

B va C fazalarning kuchlanishi esa chiziqli kuchlanishgacha, ya'ni $\sqrt{3}$ gacha oshadi. Ochiq uchburchakda yig'ilib, ular chiqishda nolinch ketma-ketlik kuchlanishining uchlangan qiymatini xosil qiladi.

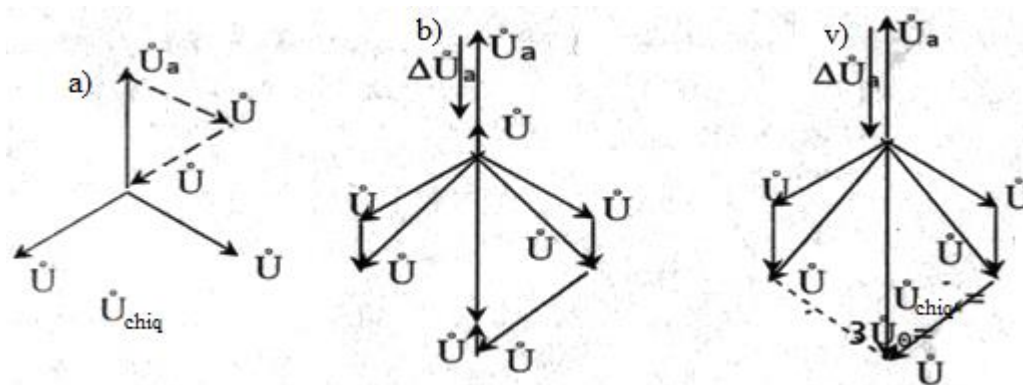
$$\dot{U}_{chiq} = U'_a + U'_b + U'_c = 3\dot{U}_0 = 3\dot{U}_a$$



4.1-rasm. KT chulg'aming "yulduz-yulduz" ulanish sxemasi.



4.2-rasm. KT chulg'aming "yulduz-ochiq uchburchak" ulanish sxemasi.



4.3-rasm. A fazani yerga tutashganda kuchlanishning vektor diagrammalari.

Laboratoriya ishining dasturi:

1. Yulduz-yulduz Y/Y yig'ilgan kuchlanish transformatori bilan izolyatsiya nazorati sxemasini tekshirish.
2. Yulduz-yopiq uchburchak Y/ Δ yig'ilgan kuchlanish transformatori bilan izolyatsiya nazorati sxemasini tekshirish.

Ishini bajarish tartibi:

1. Stendda kuchlanish transformatorini Y/Ysxema bo'yicha yig'ilsin.
A) fazani yerga qarshilik orqali to'liqsiz tutashtirish laboratoriyasi o'tkazilsin (R_2 rubilnikni tutashtirib).
B) fazani yerga to'liq metallik tutashtirish laboratoriyasi o'tkazilsin (R_1 rubilnikni tutashtirib). Har ikkala holatlarda voltmetr ko'rsatkichlarini yozib olinsin va olingan ma'lumotlar asosida vektor diagrammalari qurilsin.
2. Kuchlanish transformatorini ikkinchi chulg'amini ochiq uchburchakka ulanganda izolyatsiya nazorati sxemasini tekshirish.
3. 1-bo'limda ko'rsatilgan laboratoriyalar amalga oshirilsin va kuchlanishning vektor diagrammalari qurilsin.

Hisobotni rasmiylashtirish:

Hisobotda quyidagilar ko'rsatilishi lozim: Laboratoriya ishi haqida qisqacha ma'lumot, tajriba stedining sxemalari, laboratoriya ishidan qilingan xulosa.

Sinov savollari:

1. Quyidagi tarmoqlardagi kuchlanish klasslarini sanang?
A) izolyatsiyalangan neytralli? B) yerga tutashtirilgan neytralli?
2. Bitta faza yerga qisqa tutashganida izolyatsiyalangan neytralli tarmoqni ishlatish mumkinmi va nima uchun?
3. Tarmoq izolyatsiya nazorati uchun qanday kuchlanish transformatorlarini qo'llash mumkin?
4. Yerga qisqa tutashganda, quyidagi fazalarning kuchlanishlarining vektor diagrammalarini quring?
a) faza B
b) faza C

5-LABORATORIYA ISHI

TOK TRANSFORMATORINI TEKSHIRISH

Ishdan maqsad: Tok transformatorini sinash va uning tavsifini qurish va uning xossalarini o'rganishdan iborat.

Qisqacha nazariy ma'lumot: Tok transformatori maxsus o'lchov transformatorlar qatoriga kiradi. Tok transformatori asosan yuqori va past kuchlanishli elektr qurilmalarda toklarni o'lchashda qo'llaniladi. Tok transformatori birlamchi va ikkilamchi chulg'am, hamda po'lat o'zakdan tashkil topgan. Tok transformatorining birlamchi chulg'ami elektr zanjiriga ketma-ket ulanadi. Davlat standarti bo'yicha ikkilamchi chulg'amga tokni 1A va 5A ayrim holatlarda 10A gacha pasaytirib, releli himoya va o'lchov qurilmalariga ulanadi. Tok transformatorlarining ishlash sharti kuch transformatori va kuchlanish transformatorining ishlash shartlariga o'xshaydi. Tok transformatori asosan qisqa tutashuv holatida ishlaydi. Tok transformatorining birlamchi chulg'ami orqali zanjirga I_1 tok o'tadi va birlamchi chulg'amdagi I_1 tok chulg'am o'rami (W_1), birlamchi magnet oqimini F ni hosil qiladi.

Magnet bosimining ta'siridan uning ikkilamchi chulg'amida hosil bo'ladigan elektr yurituvchi kuch E_2 quyidagiga teng.

$$E_2 = 4,44 \cdot f \cdot W_2 \cdot B_m \cdot S \cdot 10^{-8} [V] \quad (5.1)$$

bunda

f - tok chastotasi [Gs];

B_m - chulg'amdagi induksiya [Ts];

S - magnet o'tkazgichning kesimi [sm^2] yoki [mm^2];

W_2 - ikkilamchi chulg'amdagi o'ramlar soni.

E_2 ta'sirida ikkilamchi yopiq chulg'amda I_2 tok paydo bo'ladi. $I_2 W_2$ ikkilamchi chulg'amdagi tok kuchini tashkil etuvchisi F_2 ikkilamchi magnet oqimi F_1 birlamchi magnet oqimiga teskari yo'naladi va o'zining magnitlash ta'sirini ko'rsatadi. Ammo, magnet oqimni to'la qoplashni iloji bo'lmaydi natijada, po'lat o'zakda turli isroflar va qurilmalarda magnitlovchi I_0 tok kuchi hamda, natijaviy magnitlovchi kuch $I_0 W_1$ paydo bo'ladi. Tok transformatorining quyidagi: 0,2; 0,5; 3; 10 va P rele aniqlik klasslari bor. Uning har bir aniqlik klassining xatoligi talab bo'yicha tanlanadi. Bir fazali yuqori voltdagi 6-10 kVli TIIIJ, TIIJ, TKJ, TIIOJ

va 35 kV va undan yuqori kuchlanishli elektr zanjirlarida TΦH rusumli tok transformatorlari qoʻllaniladi.

Laboratoriya ishining dasturi:

1. Tok transformatori chulgʻamining izolyatsiya qarshiligini megometr bilan oʻlchash.
2. Chulgʻamning aktiv qarshiligini oʻlchash.
3. Chulgʻamni kirish va chiqishidagi qutblarini sinovdan oʻtkazish.
4. Magnitlanish chizigʻini laboratoriyadan olingan natija asosida qurish.
5. Tok transformatorini transformatsiyalash koeffitsiyentini oʻlchash.

Ishni bajarish tartibi:

1. Tok transformatorini koʻrib chiqish va uning tashqi koʻrinishdan mexanik zarar yetmaganligiga ishonch hosil qilinadi. Tok transformatorining pasport maʼlumotlari yozib olinadi.

2. 1000 V yoki 2500 Vli megoommetr yordamida tok transformatorining har bir choʻlgamidagi izolyatsiya, korpus va chulgʻamlarning himoya qarshiligi quyidagicha oʻlchanadi:

a) $R_{izol.} = YUK \text{ chulgʻami} - PK \text{ chulgʻami} = \dots$

b) $R_{izol.} = PK \text{ chulgʻami} - korpus = \dots$

v) $R_{izol.} = YUK \text{ chulgʻam} - korpus = \dots$

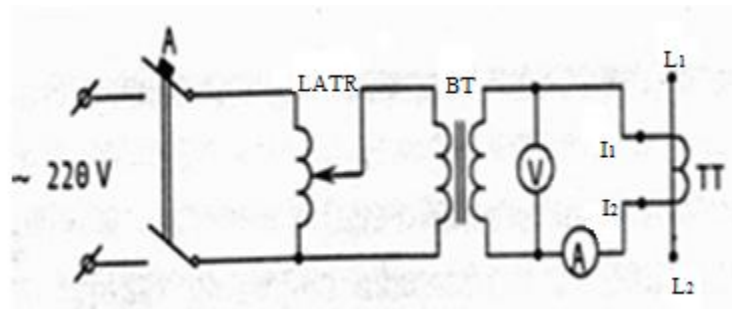
Yuqorida koʻrsatilgandek boshqa chulgʻamlar uchun ham xuddi shunday amalga oshiriladi.

3. Chulgʻamning aktiv qarshiligi Vitston koʻprigi orqali oʻlchanadi. Ulanuvchi sim va tok transformatorining chulgʻami bilan oʻlchov asboblari uchun ulanadigan simning kesim yuzasi $S = 2,5 \text{ mm}^2$ dan kam boʻlmasligi kerak. Simning oxirida mahkamlovchi moslama boʻlishi lozim.

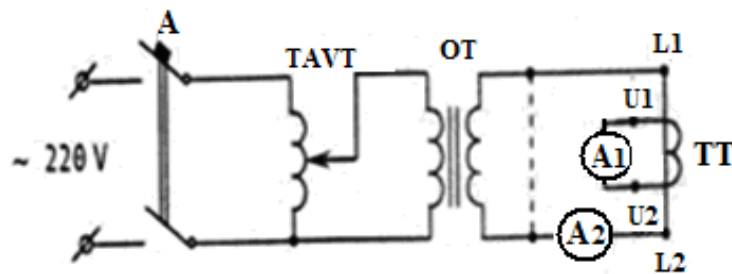
4. Chulgʻamning qutblanishi va mos ravishda uning belgilanishi 1.3-rasmda koʻrsatilgan transformatsiya usuli (polyaromer) bilan aniqlanadi. Bunda, G-galvonometr, M-manbaa (3 Volt), tok transformatorining birlamchi va ikkilamchi chulgʻamlarining ulanish qisqichlari $L_1; I_1; L_2; I_2$.

5. Tok transformatorini magnit maydon kuchlanganligi E bilan induksiya B_m bogʻliqlik tavsifi olinadi. 5.1-rasmdagi sxemadan foydalanib, tok transformatorining ikkilamchi chulgʻami boʻyicha tokning har xil miqdori olinib, olingan natijalar boʻyicha uning tavsifi quriladi. Ordinata oʻqi boʻyicha kuchlanish joylashtiriladi. Bu tavsifini olish uchun 5.1-rasmdagi sxema yigʻiladi va olingan natijalar 5.1-jadvalga yoziladi. Bunda

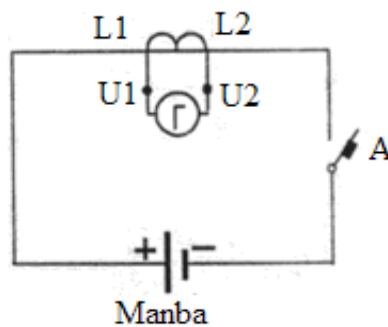
A-ampermetr (0÷5); V-voltmetr (0÷15), LATR-laboratoriya avtotransformatoridan olingan qiymatlar asosida tavsif quriladi.



5.1-rasm. Magnitlash chizig‘ini aniqlash sxemasi



5.2-rasm Transformatsiya koeffitsiyentini aniqlash sxemasi



5.3- rasm. Chulg‘am qisqichlarining qutiblanishni aniqlash sxemasi

6. Tok transformatorining koeffitsiyentini o‘lchash. Sxema kontaktlar mustahkamligiga e‘tibor beriladi. Transformatorni ikkilamchi zanjirida uzulish bo‘lganda yuqori kuchlanish hosil bo‘ladi.

Magnitlanish chizig‘ini qurish

5.1-jadval

I [A]	0,1	0,3	0,5	0,8	1	1,5	2	2,5	3
U [V]									

Transformatsiya koeffitsientini aniqlash

5.2-jadval

I_1 [A]	15	20	25
I_2 [A]			

7. 5.2-rasmdagi sxema yig'iladi bunda, LATR-laboratoriya avtotransformatori; TT-sinovdan o'tkaziladigan tok transformatori, YoT-yordamchi transformator. Sinovdan o'tkazilayotgan tok transformatorining chulg'amiga 12V ulanadi.

Tok transformatorining transformatsiya koeffitsiyenti uch o'lchovdan olingan o'rtacha qiymatiga teng. Transformatorning transformatsiya koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

$$K_{TT} = \frac{I_1}{I_2} \quad (5.2)$$

bu yerda:

I_1 -tok transformatorining birlamchi toki,

I_2 -tok transformatorining ikkilamchi toki.

Eslatma: Ishlab chiqarishda sinovdan o'tkazish, tok transformatorining ikkilamchi chulg'am izolyatsiyasini sinovida, uni asosiy izolyatsiyasi va moy to'ldirilgan transformatorlarni birlamchi chulg'amining kirish-chiqish qismidagi dielektrik isrofni o'lchash. Uning kirish-chiqish qismlardagi dielektrik isrofni o'lchash Shering ko'prigi yordamida amalga oshiriladi. Sinov texnika xavfsizligi quyidagilariga rioya qilgan holda o'tkaziladi.

Hisobotni rasmiylashtirish:

Hisobotda quyidagilar ko'rsatilishi lozim: Tok transformatori haqida qisqacha nazariy ma'lumot, tajriba stedining sxemalari, o'lchov natijalari yozilgan jadvallar, laboratoriya ishidan qilingan xulosa.

Sinov savollari:

1. Tok transformatorining vazifasi?
2. Tok transformatorini tok va burchak xatoligi nimalarga olib keladi?
3. Tok transformatorining aniqlik klasslari mavjudmi?
4. Tok transformatorlarining ishchi ikkilamchi chulg'amini "ajratish"ga nima uchun yo'l qo'ymaydi?
5. Tok transformatorlarini sinovida qanday sinash ishlari olib boriladi?

6-LABORATORIYA ISHI

KUCHLANISH TRANSFORMATORINI TEKSHIRISH

Ishdan maqsadi: Kuchlanish transformatorini sinovdan o'tkazish va uning tavsifini qurish va uning xossalarini o'rganishdan iborat.

Qisqacha nazariy malumot: Kuchlanish transformatori maxsus o'lchov transformatorlar qatoriga kiradi. Kuchlanish transformatori kuchlanish qiymatlarini o'lchash uchun qo'llaniladi. Elektr zanjirga kuchlanish transformatorining birlamchi chulg'ami W_1 parallel ulanadi, ikkilamchi chulg'ami W_2 o'lchov qurilmalari hamda releli himoya va avtomatika elektr qurilmalariga ulanadi. Elektr zanjiriga ulangan yuqori kuchlanish miqdorini kuchlanish transformatori 100V va $100/\sqrt{3}$ Vgacha pasaytirib beradi. Kuchlanish transformatori tok transformatorlaridan farqli salt ishlash holatiga yaqin ishlaydi, chunki o'lchov asboblari va releli himoyaning qurilma g'altaklardagi qarshiligi katta bo'lib, ular iste'mol qiladigan tokning miqdori kichikdir.

Kuchlanish transformatorining chulg'amlaridagi o'ramlar va kuchlanishlarning o'zaro bog'liqligi quyidagicha:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} = K_{t.k} \quad (6.1)$$

bunda

U_1 -birlamchi chulg'amdagi kuchlanish;

U_2 -ikkilamchi chulg'amdagi kuchlanish;

W_1 va W_2 -birlamchi va ikkilamchi chulg'amlardagi o'ramlar soni;

$K_{t.k}$ -kuchlanish transformatorining transformatsiyalash koeffitsiyenti.

Kuchlanish transformatorlarini quyidagi: 0,2; 0,5; 1; 3 va P rele klasslari mavjud. Yuqori voltli 6-10 kV kuchlanishdagi transformatorlarining bir fazalilari-HOЛ, HOM, HOC, 35 kV li 3HOM, 3HOЛ va uch fazalilari (6-10 kV) HTMИ, HTMK va bir fazali HKΦ rusumlari qo'llaniladi. Uning xatoligi undagi magnit o'tgazgichning tuzilishi, po'latning magnit singdiruvchanligi, $\cos\varphi$ va yuklama miqdorlariga bog'liq. Kuchlanish transformatorining ikkilamchi chulg'amiga ulangan rele va o'lchov asboblarning umumiy iste'moli kuchlanish transformatorining nominal quvvatidan oshmasligi lozim. Kuchlanish transformatorlari taqsimlovchi qurilmalarda asosiy funksiyani bajaradi, xuddi tok transformatori kabi qo'llanilishi bo'yicha o'lchov

asboblari va rele, mavjud kuchlanish chulgʻami (voltmetr, wattmetr, kuchlanish relesi) kabi boʻladi.

Eslatma: Kuchlanish transformatorlarning qisqartirma nomlanishi quyidagicha izohlanadi: O-bir faza, M-moyli, T-uch faza, K-kaskad ulangan chulgʻam, II-sinash chulgʻami, Φ -chinni idishli va raqamlar esa nominal kuchlanishni koʻrsatadi.

Laboratoriya ishining dasturi:

1. Kuchlanish transformatori chulgʻamlarining himoya qarshiligini oʻlchash.
2. Chulgʻamning aktiv qarshiligini oʻlchash.
3. Kuchlanish transformatorini ulanish guruhi va qutblanishini tekshirish.
4. Kuchlanish transformatorining transformatsiya koeffitsiyentini oʻlchash.

Laboratoriya ishini bajarish tartibi:

1. Kuchlanish transformatorlarini koʻrib chiqish va uni tashqi koʻrinishda mexanik jihatdan zarar yetmaganligiga ishonch hosil qilish. Kuchlanish transformatorlarining pasportidagi koʻrsatmalarni yozib olish.

2. Kuchlanish 1000 V yoki 2500 V boʻlgan megommetr yordamida kuchlanish transformatorini har bir chulgʻaming himoya qarshiligi bilan korpus va qoʻshni chulgʻamlar oraligʻidagi himoya qarshiliklari oʻlchanishi lozim:

a) $R_{izol.} = Y_{uK} \text{ chulgʻami} - PK \text{ chulgʻami} = \dots$

b) $R_{izol.} = PK \text{ chulgʻami} - korpus = \dots$

v) $R_{izol.} = Y_{uK} \text{ chulgʻam} - korpus = \dots$

3. Kuchlanish transformatorlari chulgʻaming aktiv qarshiligini Vitson koʻprigi yordamida oʻlchash. Sxema kontaktlar zichligi va ulangan simlarning butunligini hamma holatlariga koʻra oʻlchash. Kuchlanish transformatorining kirish-chiqish qisqich bilan chulgʻamlarni ulashda kontaktlar zichligini tekshirish uchun chulgʻamlar aktiv qarshiligini oʻlchash lozim.

4. Uch fazali kuchlanish transformatori chulgʻamlarining ulanish guruhi va bir fazali kuchlanish transformatoridagi chulgʻamning qutblanishini tekshirish. Kuchlanish transformatorlarda chulgʻam qutblanishini ballistik silkinish (usuli) yoʻli orqali aniqlash. Uch fazali transformator chulgʻaming ulanish guruhini fazometr yordamida aniqlash. Kuchlanish transformatori chulgʻamlarining ulanish guruhi

odatda: Y/Y-12. Qutblanishni aniqlash quyidagi ketma-ketlikda o'tkaziladi: Galvanometrni past kuchlanish qisqichlariga ulash. Yuqori kuchlanishli qisqichlariga 3 Vli (batareya) manbadan qisqa vaqtli impuls beriladi, qutblanish saqlanadi, galvanometrni mos ravishda o'nga og'ishi (+) musbat, teskarisi manfiy (-)manfiy.

5. Kuchlanish transformatorining transformatsiya koeffitsiyentini o'lchash quyidagicha:

$$K = \frac{U_1}{U_2}$$

Sxemani standart yig'ish. Bir fazali kuchlanish transformatori uchun yuqori kuchlanish chulg'amiga o'zgaruvchan tokli 220 V kuchlanish beriladi. Yuqori va past kuchlanish qisqichlarida kuchlanishni ulash amalga oshiriladi. Shundan so'ng, kuchlanish transformatorning transformatsiya koeffitsiyenti K hisoblanadi. Uch fazali kuchlanish transformatori uchun transformatorni yuqori kuchlanish chulg'amlariga 220 V kuchlanish beriladi va bir vaqtda yuqori va past kuchlanish chulg'amlardagi kuchlanishlarni o'lchash amalga oshiriladi. 6.1-jadvalga o'lchash natijalari qayd etiladi.

6.1-jadval

Tr-r turi	A-B			B-C			A-C			K
	U _{AB}	U _{AB}	K _{AB}	U _{BC}	U _{BC}	K _{BC}	U _{AC}	U _{AC}	K _{AC}	

Sinov texnika xavfsizligi qoidalariga to'la rioya qilish bilan amalga oshiriladi. Sinovlarni o'tkazishda kuchlanish faqat kuchlanish transformatorini yuqori chulg'amiga berilishi shart. Shuningdek, kuchlanish past kuchlanishli chulg'amga berilsa, u nominal qiymatga nisbatan bir necha marotaba yuqori qiymatga ega bo'ladi. Kuchlanish transformatorlarini birlamchi chulg'amlariga davlat standartiga ko'ra, beriladigan nominal kuchlanishlar quyidagicha: 3 kV, 6 kV, 10 kV, 35 kV, 110 kV, 154 kV, 220 kV, 330 kV, 500 kV, 750 kV. Kuchlanish transformatorining ikkilamchi chulg'amidagi kuchlanish 100V ga teng.

Laboratoriya ishining dasturi:

1. HTMI-6 rusumidagi uch fazali kuchlanish transformator qurilmasi va uning chulgʻamlari ulanish sxemalarini oʻrganish. 6.1-rasmdagi sxemani yigʻish. Birlamchi va ikkilamchi kuchlanishlarni oʻlchash va kuchlanish vektor diagrammalarini qurish.

2. HOM-6 rusumdagi bir fazali qurilmani oʻrganish. 6.2-6.4-rasmlar bilan mos ravishda uchta bir fazali kuchlanish transformatorlarining har xil ulanish sxemalari navbatma-navbat yigʻiladi. Birlamchi va ikkilamchi chulgʻamlardagi kuchlanishlar oʻlchanadi va kuchlanishni vektor diagrammalarini quriladi.

Laboratoriya ishini bajarish tartibi:

1. Transformatorni hamma qismlarini diqqat bilan koʻrib chiqish va tashqi elementlarga zarar yetmaganligi toʻgʻrisida ishonch hosil qilish, chulgʻam fazalarining kirish-chiqish belgilanishlariga eʼtibor berish.

2. HTMI-6 uch fazali kuchlanish transformatorining magnit oʻtkazgich va chulgʻamlarini ulanishining prinsipial sxemasini chizish.

3. 6.1-rasm sxemasini yigʻish va HTMI-6 yuqori kuchlanishli chulgʻamiga 220V kuchlanish beriladi. Yuqori va past kuchlanishli chulgʻamlardagi kuchlanishni oʻlchash. Voltmetrlar koʻrsatkichlari jadvalga yoziladi.

4. Uch fazali transformatorni normal simmetrik rejim uchun kuchlanishning vektor diagrammalarini qurish.

5. Bir fazali yerga qisqa tutashuv rejimi va normal rejimda magnit oqimining yoʻli HTMI-6 rusumdagi uch faza besh sterjenli kuchlanish transformatorining magnit oʻtkazishini chizmada koʻrsatiladi.

6.2-jadval

Fazaviy	Liniyaviy											Qoʻshimcha chulgʻamlar da
	A-0	B-0	C-0	a-0	b-0	c-0	A	B	CA	ab	bc	
							B	C				

6. Bir fazali kuchlanish transformatori uning ulanish sxemalarini yigʻish:

a) chulgʻamning yuqori kuchlanish chulgʻamini "yulduz" ulanish sxemasi koʻrsatilgan (6.2- rasm);

b) kuchlanish transformator chulgʻaming "ochiq uchburchak" ulash sxemasi (6.3-rasm);

v) kuchlanishni nolli ketma-ketligini olish uchun kuchlanish transformatorining past kuchlanish chulgʻami ochiq uchburchak, yuqori kuchlanish chulgʻami esa "yulduz" sxemasi boʻyicha yigʻiladi (6.4-rasm).

Sxema toʻliq yigʻib chiqiladi, kuchlanish transformatorining yuqori kuchlanishli fazalaridagi kuchlanishlarni oʻlchanadi. Voltmetrlar koʻrsatkichlari jadvalga yoziladi.

6.3-jadval

«Yulduz» sxema uchun

Fazaviy						Liniyaviy					
Yuqori kuchlanishli faza			Past kuchlanishli faza			AB	BC	CA	ab	bc	ca
A-0	B-0	C-0	a-0	b-0	c-0						

6.4-jadval

«Toʻliq boʻlmagan uchburchak» sxema uchun

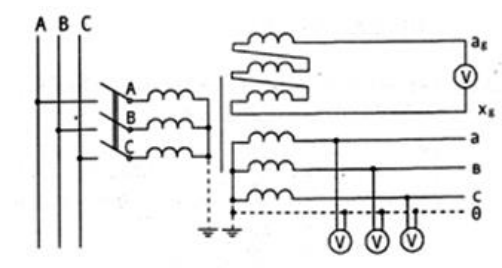
Liniyaviy			
Yuqori kuchlanish faza		Past kuchlanish fazalar	
AB	BC	Ab	bc

6.5-jadval

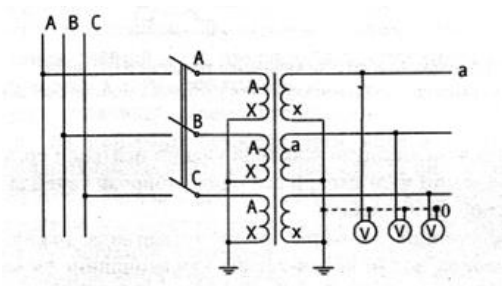
«Ochiq uchburchak» shaklida ulangan kuchlanish transformatori sxemalari (yuqori tomoni «yulduz», pastkisi «ochiq uchburchak») uchun

Yuqori kuchlanish			Past kuchlanish			Ochiq uchburchak (qoʻshimcha chulgʻam)
A-0	B-0	C-0	ab	bc	ca	

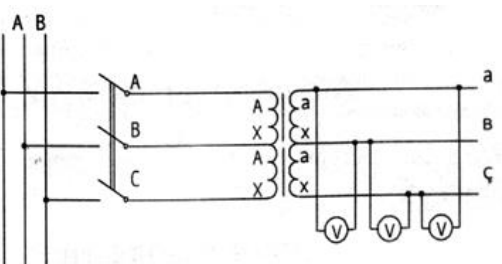
Yuqori kuchlanishli fazalar bilan yulduz neytral yerga tutashtiriladi. Bir fazali kuchlanish transformatorlari yoki uch fazali besh o‘zakli kuchlanish transformatorlaridan nolli ketma-ket kuchlanishini olish mumkin.



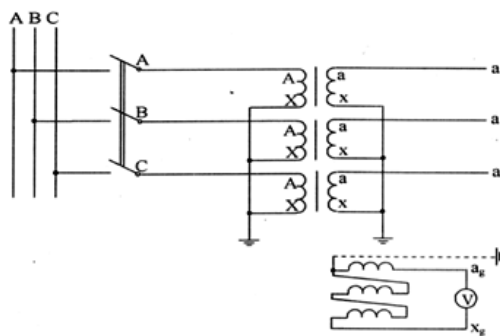
6.1-rasm. НТМИ-6 kuchlanish transformatori chulg‘aming ulanish sxemasi.



6.2-rasm. Y/Y (bir fazali) kuchlanish transformatori chulg‘amlarining ulanish sxemasi.



6.3-rasm. To‘liq bo‘lmagan uchburchakda bir fazali kuchlanish transformatorini ulanish sxemasi.



6.4-rasm. Bir fazali kuchlanish transformatorining chulg‘amlarining “yulduz-yulduz-ochiq uchburchak” ulanish sxemasi.

Birlamchi chulg‘ami mustahkam yerga tutashtirilgan neytral bilan yulduz ulanadi. Yuqori kuchlanishli zanjiriga qisqa tutashganda ikkilamchi qo‘shimcha chulg‘amlar qisqichlarga nolli ketma-ketlikni uch marotaba kuchlanish qiymati ortish sodir bo‘ladi.

Eslatma: 3OM, 3HOM va HKΦ rusumlaridagi bir fazali kuchlanish transformatorining ikkita ikkilamchi chulg‘amlar yig‘ilgan holatda bajariladi.

Hisobotni rasmiylashturish tartibi:

Hisobotda ish dasturi, sinash sxemalari, o‘lchov natijalari, kuchlanish vektor diagrammalari va shu bo‘yicha xulosalar bayon qilinishi lozim.

Sinov savollari:

1. Kuchlanish transformatorining vazifasi?
2. Kuchlanish transformatorining ikkilamchi chiziqli kuchlanishi qanday?
3. Kuchlanish transformatorining ikkilamchi chulg‘amini qanday ulanish sxemalari mavjud?
4. Kuchlanish transformatorining ikkilamchi chulg‘ami nima uchun yerga tutashtiriladi?

7-LABORATORIYA ISHI

ERUVCHAN SAQLAGICHLARNI O'RGANISH

Ishdan maqsad: Saqlagichlarning tuzilishi va eruvchan elementning tavsifini o'rganish.

Qisqacha nazariy ma'lumot. Saqlagichlar asosan, elektr qurilmalarni qisqa tutashuv tokidan bir marotaba himoyalash uchun qo'llaniladi. Har xil tuzilishli saqlagichlar mavjud: probkali, fibralli, mayda kvarts qum to'ldirilgan, otiluvchilar shular jumlasidandir.

Saqlagichning asosiy qismi eruvchan element, sim va yupqa metallardan iborat bo'ladi. Tok miqdorining ortishi bilan eruvchan element eriydi va tarmoq yoki elektr zanjiridan o'tadi. Eruvchan element orqali oqayotgan tokning miqdori belgilangan me'yordan qancha katta bo'lsa, u shuncha tez eriydi. Qisqa tutashuvdan elektr tarmoqni ajratish uchun ketgan vaqt orasidagi munosabat eruvchan elementning himoya tavsifi deyiladi.

Saqlagich va eruvchan elementning nominal toki quyidagicha:

Saqlagichning toki deganda tok o'tkazuvchi simlar, kontakt va eruvchan elementdan oqib o'tuvchi tok miqdori tushuniladi.

Eruvchan elementning toki deganda eruvchan elementning o'zidan oqib o'tuvchi tok tushuniladi.

Eruvchan elementning nominal toki uning uzoq vaqt erimasdan tok miqdori qabul qilinadi. Oqayotgan tokning miqdori uning nominal qiymati 25-30 %dan oshganda saqlagich elementi 1-2 soatda eriydi, 50 %dan oshganda 10-15 minutda eriydi, agar 100 %dan oshishi bilan 1 minutda eriydi.

Laboratoriya ishining dasturi:

1. Eruvchan saqlagichlarning pasport ma'lumotlari bilan tanishish.
2. Eruvchan saqlagichlarni tavsifini o'rganish.

Laboratoriya ishini bajarish tartibi:

1. Eruvchan elementning himoya tavsifi (ampersekund)ni olish.
2. 7.1-rasmda ko'rsatilgan laboratoriya stendi yig'iladi.
PT-pasaytiruvchi transformatorlar (OSVU-0,5;220G'12V);
LATR-laboratoriya avtotransformatori;
QAQ-qo'shimcha aktiv qarshilik (5 Om);
A-ampermetr; S-saqlagich;

Alyumin yoki mis simlardan kesim yuzasi 0,1 dan 1 millimetrgacha bo‘lgan eruvchan saqlagich tayyorlanadi. Uning himoya tavsifini olish uchun quyidagi ishlar amalga oshiriladi:

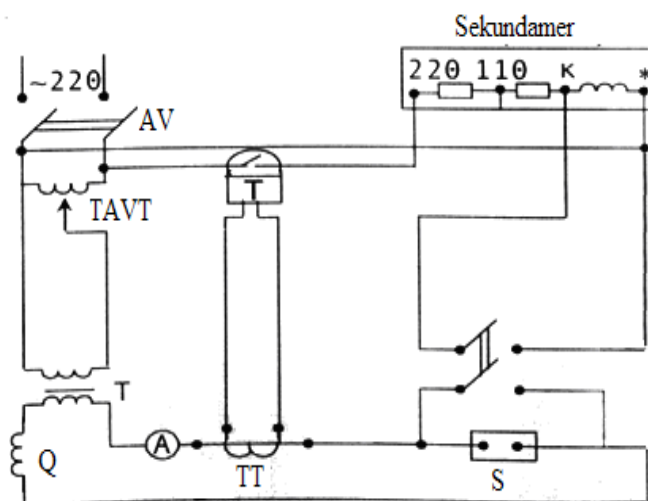
- sim qisqichlarga mahkam ulanadi;
- biriktirib-uzgich ulanadi;

- elektr tarmoqqa kuchlanish beriladi va LATR yordamida tok 18A belgilanadi. Shundan so‘ng, eruvchan element biriktirgich-ajratkich orqali ajratiladi va eruvchan elementning erish vaqti elektr sekund o‘lchagich yordamida aniqlanadi;

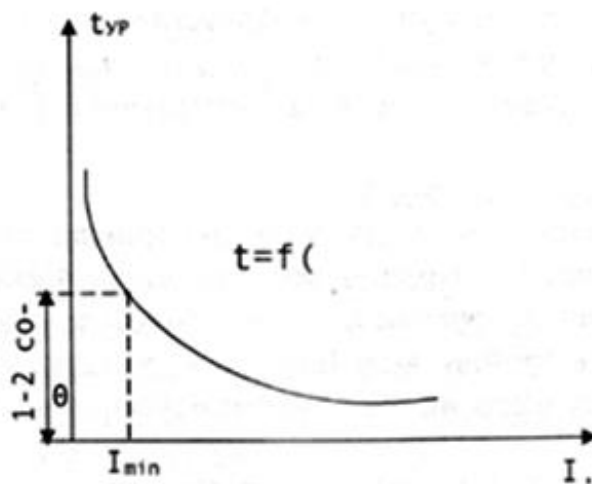
Har xil toklarda laboratoriya natijalari bir necha marotaba olinadi va olingan qiymatlar 7.1-jadvalga yoziladi. 7.1-jadvaldan foydalanib, eruvchan elementning erish vaqti bilan tokning miqdori orasidagi egri chiziq quriladi. Eruvchan elementning nazariy himoya tavsifi 7.2-rasmda o‘z aksini topgan (bunda I_{min} eng kichik toki). Saqlagichning eng kichik erish toki-bu shunday tokki, eruvchan element qizil rangga kirguncha qiziydi, lekin erimaydi. Kichik erish toki-bu elektr qurilma yoki elektr tarmoqni katta miqdoridagi yuklanish toki tushuniladi. U holda, saqlagich-elektr qurilmani himoya qila olmaydi va o‘z ish faoliyatini tugatadi. Ba’zi bir saqlagichni eruvchan elementiga sharsimon element qo‘yiladi. Sharsimon qalayli eruvchan element agar, unga o‘rnatiladigan miqdordan ortiq tok o‘tishi natijasida u erib, tarmoq yoki elektr qurilmani bir marotaba himoyalashni ta'minlaydi.

7.1–jadval

Tok qiymati [A]	14	16	18
Saqlagichning erish vaqti [sek]			



7.1-rasm. Eruvchan elementning himoya tavsifini oluvchi sxema.



7.2- rasm. Eruvchan elementning himoya tavsifi.

Elektr tarmoqni uzishdan hosil bo‘ladigan elektr yoyni o‘chirish uchun saqlagichning ichiga mayda kvarts sumlari to‘ldiriladi. Saqlagichlarning tashqi ko‘rinishi silindr shaklida bo‘lib, u chinni, shisha, fibra va boshqa elementlardan tayyorlanadi. Laboratoriya ishini o‘tkazishda havfsizlik texnikasi qoidalariga qat’iy rioya qilinishi shart.

Hisobotni rasmiylashtirish:

Hisobotda quyidagilar ko‘rsatilishi lozim: Eruvchan saqlagichlar haqida qisqacha ma’lumot, tajriba stedining sxemalari, o‘lchov natijalari yozilgan jadvallar, laboratoriya ishidan qilingan xulosa.

Sinov savollari:

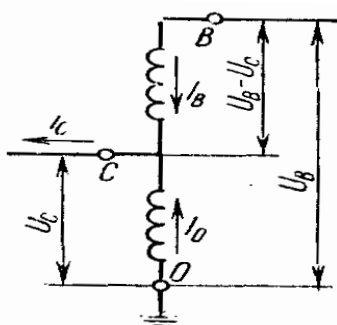
1. Eruvchan elementning himoya tavsifi deb nimaga aytiladi?
2. Eruvchan elementning nominal toki deganda nimani tushunasiz?
3. Eruvchan elementli saqlagichlar qanday elektr tarmoq va elektr qurilmalarning himoyasida keng qo‘llaniladi?
4. Saqlagichlar elektr zanjirga qanday ulanadi?
5. Saqlagichlarning qanday turlarini bilasiz?

8-LABORATORIYA ISHI

BIR FAZALI AVTOTRANSFORMATORLARNI AKTIV YUKLAMADA SINASH

Ishdan maqsad: Bir fazali avtotransformatorning aktiv yuklamaga ulanganda kuchlanish o'zgarishini o'rganish va F.I.K.ni aniqlash.

Qisqacha nazariy malumot. Keyingi o'n yillar ichida davlatimizda va chet davlatlarda katta quvvatli avtotransformatordan keng foydalanilmoqda. Bu ularning transformatorlarga qaraganda qator afzalliklarga ega bo'lishi bilan tushuntiriladi.



8.1-rasm. Bir fazali avtotransformator sxemasi.

Bir fazali avtotransformator ikkita elektr bog'langan chulg'am OB va OC ga ega (8.1-rasm). Tutqichlar B va C orasida joylashgan chulg'amning qismi ketma-ket, C va O orasidagisi esa umumiy deb yuritiladi. Avtotransformator kuchlanishni pasaytirish rejimida ishlaganda ketma-ket chulg'amdan tok I_v o'tib magnit oqim hosil qiladi va bu oqim umumiy chulg'amda I_o tokni vujudga keltiradi. Ikkilamchi chulg'am yuklanishning toki I_c , chulg'amning galvanik (elektr) bog'lanishi sababli o'tuvchi I_v tok bilan shu chulg'amlarning magnit bog'lanishidan hosil bo'lgan I_o toklar yig'indisiga teng:

$$I_c = I_v + I_o \text{ bundan } I_o = I_c - I_v$$

Avtotransformatorning nominal quvvati sifatida o'zaro avtotransformatorli bog'lanishga ega bo'lgan tomonlardan birining nominal quvvati (o'tuvchi quvvat) qabul qilinadi. Avtotransformatorning birlamchi tarmog'idan ikkilamchisiga uzataladigan to'la quvvat o'tuvchi

quvvat deb yuritiladi. Agar avtotransformatorning chulgʻamlari qarshiligidagi yoʻqotishni hisobga olmasak, u holda quyidagini yozish mumkin:

$$S = U_B I_B = U_C I_C.$$

Ifodaning oʻng tomonini oʻzgartirib quyidagi tenglikni hosil qilamiz.

$$S = U_B I_B = [(U_B - U_C) + U_C] I_B = (U_B - U_C) I_B + U_C I_B \quad (8.1)$$

Bunda $(U_B - U_C) I_B = S_T$ -birlamchi chulgʻamdan ikkilamchisiga magnit yoʻli bilan oʻtayotgan transformator quvvati; $U_C I_B = S_{\text{transformatsiyasiz}}$ -transformatsiyasiz, galvanik bogʻlanish hisobiga birlamchi chulgʻamdan ikkilamchi chulgʻamga oʻtayotgan elektr quvvat. Bu quvvat umumiy chulgʻamni yuqlanishlamaydi, chunki I_B tok OC chulgʻamini chetlab ketma-ket chulgʻamdan chiqish joyi C ga oʻtadi. Nominal rejimdagi oʻtuvchi quvvat avtotransformatorning nominal quvvati $S = S_{\text{nom}}$ boʻladi, transformator quvvati esa tipaviy quvvat deb yuritiladi:

$$S_T = S_{\text{mun}}$$

Magnit oʻtkazgichning oʻlchamlari, demak uning ogʻirligi nominal quvvatning bir qismini tashkil etuvchi transformator quvvati orqali aniqlanadi:

$$\frac{S_{\text{THH}}}{S_{\text{HOM}}} = \frac{(U_B - U_C) I_B}{U_B I_B} = \frac{U_B - U_C}{U_B} = 1 - \frac{1}{n_{BC}} = k_{\text{foi}} \quad (8.2)$$

bunda

$n_{BC} = U_B / U_C$ -transformatsiya koeffitsiyenti;

k_{foi} -foydalilik yoki tipaviy quvvat koeffitsiyenti.

(8.2) ifodadan koʻrinadiki, U_B kattalik U_C ga qancha yaqin boʻlsa, k_{foi} shuncha kichik va tipaviy quvvat nominalning kam qismini tashkil etadi. Bundan, avtotransformatorning oʻlchamlari, ogʻirligi, aktiv materiallarni sarflash, nominal quvvati bir xil boʻlgan transformatorga nisbatan kamayadi degan xulosa kelib chiqadi.

Avtotransformatorelarning afzalligi quyidagilar:

-materiallar kam sarflanadi (mis, poʻlat, izolyasiya materiallari);

-og'irligi va o'lchamlari kichik bo'lganligi uchun transformatorlarga nisbatan katta nominal quvvatli avtotransformatorlar yaratish imkonini beradi;

-yo'qotishlar kam bo'lib, F.I.K katta;

-sovitish sharoitlari ancha yengil.

Avtotransformatorlarning kamchiliklari quyidagilar:

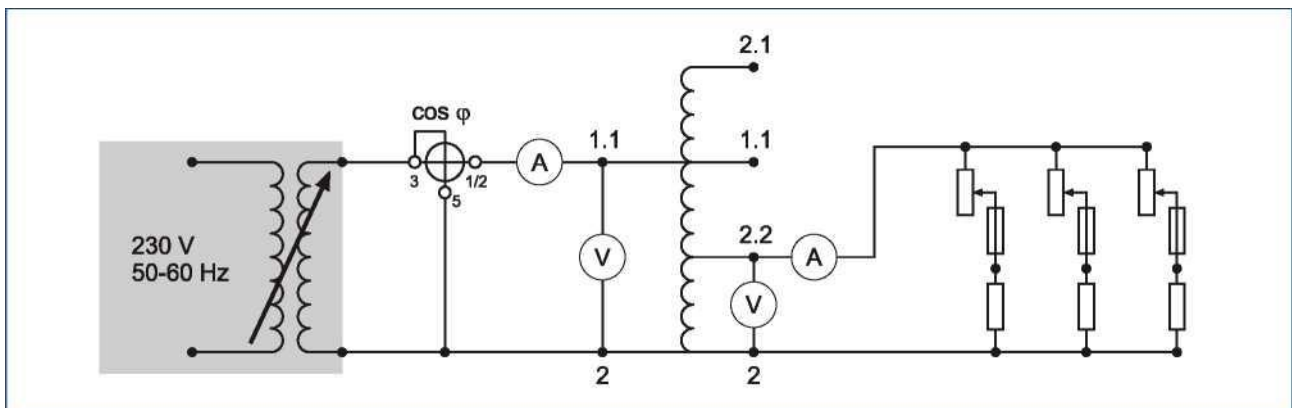
-neytralini yerga mustahkam ulash zaruriyati bir fazali qisqa tutashuv tokining ortishiga olib keladi;

-kuchlanishni boshqarish jarayoni murakkab;

-YuK va O'K chulg'amlarining elektr bog'lanishi sababli o'ta kuchlanishlarning atmosfera orqali o'tish xavfi tug'iladi.

Laboratoriya ishini bajarish tartibi:

1.8.2-rasmda ko'rsatilgan sxemani yig'ing. Oqim bilan ishlash qobiliyatini oshirish uchun 3 ta alohida rezistor parallel ravishda ulanishi kerak.



8.2-rasm. Qarama-qarshi yuklama bilan kuchlanish o'zgarishini tekshirish va samaradorlikni baholash sxemasi.

2. Avval qarshilikli yuklamani 100% qiymatiga qo'ying va sxemani yoqing. O'zgaruvchan transformatorni 230 V kuchlanishni ushlab turish uchun o'rning.

3. 8.1-jadvalda belgilangan parametrlarga muvofiq yuklamani o'zgartiring. Har bir sozlama uchun ikkinchi darajali oqim va ikkinchi darajali kuchlanish uchun mos keladigan qiymatlarni, shuningdek P1 aktiv quvvat va $\cos\phi$ aktiv quvvat koeffitsientining qiymatlarini o'lchab ko'ring.

4. O'lchovlar o'tkazilgandan so'ng, quyidagi formulalar bilan birlamchi va ikkilamchi tomondan aktiv quvvatlarni hisoblang:

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\phi \quad P_2 = U_2 \cdot I_2$$

5. Yuqoridagi natijalardan foydalanib F.I.K.ni quyidagi formuladan foydalanib hisoblang va 8.1-jadvalni to'ldiring.

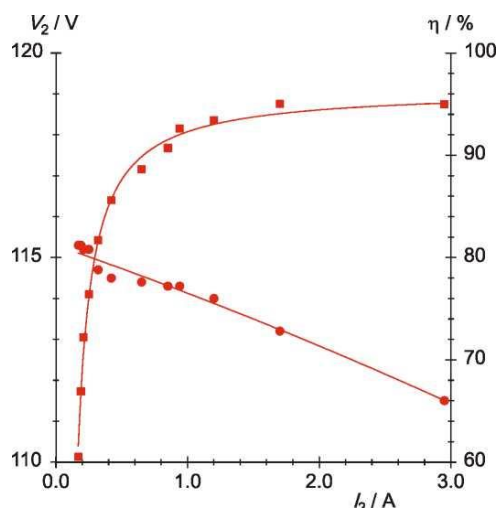
$$\eta = \frac{P_2}{P_1},$$

8.1-jadval

Qarama-qarshi yuklamalangan bir fazali avtotransformator uchun kuchlanish harakati va samaradorligi

	R	100	90	80	70	60	50	40	30
O'lchang an	I_1								
	$\cos\varphi$								
	U_2								
	I_2								
Hisoblan gan	P_1								
	P_2								
	η [%]								

6. U_2 kuchlanishi va I_2 yuklama oqimi funksiyasi sifatida F.I.K uchun o'lchangan qiymatlarni o'z ichiga olgan grafikni tuzing.



8.3-rasm. Ikkilamchi kuchlanish va F.I.K. aktiv yuklangan bir fazali avtotransformator uchun yuklama oqimining funksiyasi.

Hisobotni rasmiylashtirish tartibi:

Hisobotda ish dasturi, sinash sxemalari, o'lchov natijalari, kuchlanish va yuklama grafiklari va shu bo'yicha xulosalar bayon qilinishi lozim.

Sinov savollari:

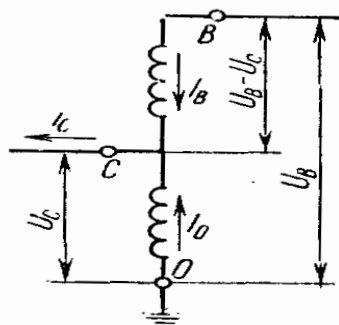
1. Transformatorlarning transformatsiyalanish koeffitsiyentini o'zgartirish qanday bajariladi?
2. PBV qurilmasini ishlash prinsipini aytib bering?
3. RPN qurilmasini ishlash prinsipini aytib bering?
4. Avtotransformatorlarda kuchlanishni rostdash xususiyatlari nimadan iborat?

9-LABORATORIYA ISHI

BIR FAZALI AVTOTRANSFORMATORLARNI INDUKTIV YUKLAMADA SINASH

Ishdan maqsad: Bir fazali avtotransformatorning induktiv yuklamaga ulanganda kuchlanish o'zgarishini o'rganish.

Qisqacha nazariy malumot. Keyingi o'n yillar ichida davlatimizda va chet davlatlarda katta quvvatli avtotransformatordan keng foydalanilmoqda. Bu ularning transformatorlarga qaraganda qator afzalliklarga ega bo'lishi bilan tushuntiriladi.



9.1-rasm. Bir fazali avtotransformator sxemasi.

Bir fazali avtotransformator ikkita elektr bog'langan chulg'am OB va OC ga ega (9.1-rasm). Tutqichlar B va C orasida joylashgan chulg'amning qismi ketma-ket, C va O orasidagisi esa umumiy deb yuritiladi. Avtotransformator kuchlanishni pasaytirish rejimida ishlaganda ketma-ket chulg'amdan tok I_v o'tib magnit oqim hosil qiladi va bu oqim umumiy chulg'amda I_o tokni vujudga keltiradi. Ikkilamchi chulg'am yuklanishning toki I_c , chulg'amning galvanik (elektr) bog'lanishi sababli o'tuvchi I_v tok bilan shu chulg'amlarning magnit bog'lanishidan hosil bo'lgan I_o toklar yig'indisiga teng:

$$I_c = I_v + I_o \text{ bundan } I_o = I_c - I_v$$

Avtotransformatorning nominal quvvati sifatida o'zaro avtotransformatorli bog'lanishga ega bo'lgan tomonlardan birining nominal quvvati (o'tuvchi quvvat) qabul qilinadi. Avtotransformatorning birlamchi tarmog'idan ikkilamchisiga uzatiladigan to'la quvvat o'tuvchi quvvat deb yuritiladi.

Agar avtotransformatorning chulgʻamlari qarshiligidagi yoʻqotishni hisobga olmasak, u holda quyidagini yozish mumkin:

$$S = U_B I_B = U_C I_C.$$

Ifodaning oʻng tomonini oʻzgartirib quyidagi tenglikni hosil qilamiz.

$$S = U_B I_B = [(U_B - U_C) + U_C] I_B = (U_B - U_C) I_B + U_C I_B \quad (9.1)$$

Bunda $(U_B - U_C) I_B = S_T$ -birlamchi chulgʻamdan ikkilamchisiga magnit yoʻli bilan oʻtayotgan transformator quvvati; $U_C I_B = S_{\vartheta}$ -transformatsiyasiz, galvanik bogʻlanish hisobiga birlamchi chulgʻamdan ikkilamchi chulgʻamga oʻtayotgan elektr quvvat.

Bu quvvat umumiy chulgʻamni yuqlanishlamaydi, chunki I_B tok OC chulgʻamini chetlab ketma-ket chulgʻamdan chiqish joyi C ga oʻtadi.

Nominal rejimdagi oʻtuvchi quvvat avtotransformatorning nominal quvvati $S = S_{nom}$ boʻladi, transformator quvvati esa tipaviy quvvat deb yuritiladi:

$$S_T = S_{mun}$$

Magnit oʻtkazgichning oʻlchamlari, demak uning ogʻirligi nominal quvvatning bir qismini tashkil etuvchi transformator quvvati orqali aniqlanadi:

$$\frac{S_{THH}}{S_{HOM}} = \frac{(U_B - U_C) I_B}{U_B I_B} = \frac{U_B - U_C}{U_B} = 1 - \frac{1}{n_{BC}} = k_{\phi\ddot{u}} \quad (9.2)$$

bunda

$n_{BC} = U_B / U_C$ -transformatsiya koeffitsiyenti;

k_{foy} -foydalilik yoki tipaviy quvvat koeffitsiyenti.

(9.2) ifodadan koʻrinadiki, U_B kattalik U_C ga qancha yaqin boʻlsa, k_{foy} shuncha kichik va tipaviy quvvat nominalning kam qismini tashkil etadi. Bundan, avtotransformatorning oʻlchamlari, ogʻirligi, aktiv materiallarni sarflash, nominal quvvati bir xil boʻlgan transformatorga nisbatan kamayadi degan xulosa kelib chiqadi.

Avtotransformatorelarning afzalligi quyidagilar:

-materiallar kam sarflanadi (mis, poʻlat, izolyatsiya materiallari);

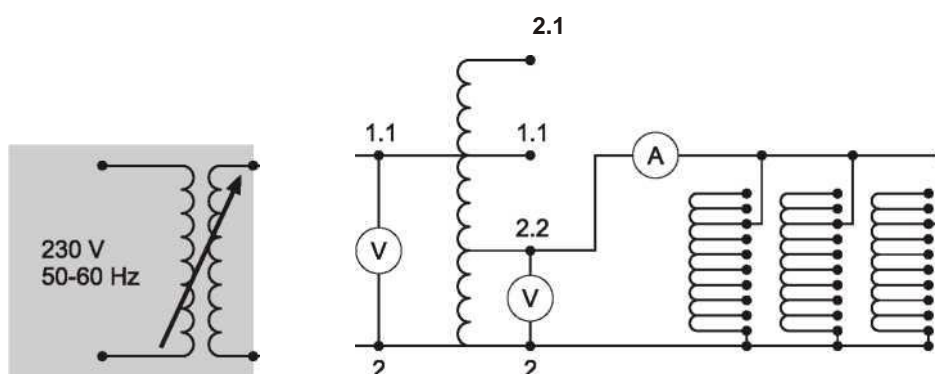
- og'irligi va o'lchamlari kichik bo'lganligi uchun transformatorlarga nisbatan katta nominal quvvatli avtotransformatorlar yaratish imkonini beradi;
- yo'qotishlar kam bo'lib, F.I.K katta;
- sovitish sharoitlari ancha yengil.

Avtotransformatorlarning kamchiliklari quyidagilar:

- neytralini yerga mustahkam ulash zaruriyati bir fazali qisqa tutashuv tokining ortishiga olib keladi;
- kuchlanishni boshqarish jarayoni murakkab;
- YuK va O'K chulg'amlarning elektr bog'lanishi sababli o'ta kuchlanishlarning atmosfera orqali o'tish xavfi tug'iladi.

Laboratoriya ishini bajarish tartibi:

1. Qarshilikli yuklamani induktiv yuklama bilan almashtiring va sxemani 9.2-rasmga mos ravishda o'zgartiring. Bu yerda ham induktiv yuklama elementlari oqim bilan ishlash qobiliyatini oshirish uchun parallel ravishda ulanishi kerak.



9.2-rasm. Induktiv yuklama bilan kuchlanish o'zgarishini tekshirish sxemasi

2. 230 V uchun transformatorni kuchaytirgichni o'rnatish va o'lchash vaqtida ushbu qiymatni saqlang. Avval ikkilamchi tomonda bo'sh kuchlanishni o'lchang.

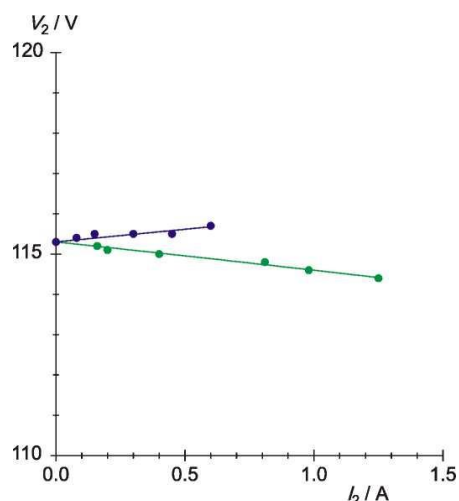
3. Ikkilamchi oqim va ikkilamchi kuchlanish uchun o'lchovlarni 9.1-jadvalda belgilangan qiymatlarga o'rnatilgan induktiv yuklamalar bilan bajaring. Har bir induktiv yuklamaga o'zgartirish kiritilishidan oldin elektronning kuchlanishini o'chiring.

Bu ikkilamchi kontaktlarning zanglashiga olib qo'yilganda katta kuchlanishni oldini olish uchun amalga oshiriladi.

Induktiv yuklangan bir fazali avtotransformator uchun kuchlanish o'zgarishi

<i>L</i> indiv.	ochiq	6	4,8	2,4	1,2	1	0,8
<i>L</i> umum.	ochiq	2	1,6	0,8	0,4	0,33	0,27
<i>I</i> 2 [A]							
<i>U</i> 2 [V]							

4. Induktiv yuklamada o'lchangan kuchlanish qiymatlarini o'z ichiga olgan grafikni chizing.



9.3-rasm. Bir fazali avtotransformatorning ikkilamchi kuchlanishi induktiv holatida yuklama oqimi funksiyasi.

Hisobotni rasmiylashturish tartibi:

Hisobotda ish dasturi, sinash sxemalari, o'lchov natijalari, kuchlanish va yuklama grafiklari va shu bo'yicha xulosalar bayon qilinishi lozim.

Sinov savollari:

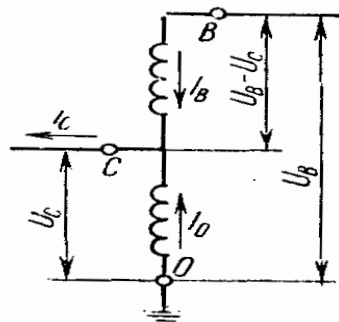
1. Transformatorlarning transformatsiyalanish koeffitsiyentini o'zgartirish qanday bajariladi?
2. PBV qurilmasini ishlash prinsipini aytib bering?
3. RPN qurilmasini ishlash prinsipini aytib bering?
4. Avtotransformatorlarda kuchlanishni rostlash xususiyatlari nimadan iborat?

10-LABORATORIYA ISHI

BIR FAZALI AVTOTRANSFORMATORLARNI SIG'IM YUKLAMADA SINASH

Ishdan maqsad: Bir fazali avtotransformatorning sig'im yuklamaga ulanganda kuchlanish o'zgarishini o'rganish.

Qisqacha nazariy malumot. Keyingi o'n yillar ichida davlatimizda va chet davlatlarda katta quvvatli avtotransformatordan keng foydalanilmoqda. Bu ularning transformatorlarga qaraganda qator afzalliklarga ega bo'lishi bilan tushuntiriladi.



10.1-rasm. Bir fazali avtotransformator sxemasi.

Bir fazali avtotransformator ikkita elektr bog'langan chulg'am OB va OC ga ega (10.1-rasm). Tutqichlar B va C orasida joylashgan chulg'amning qismi ketma-ket, C va O orasidagisi esa umumiy deb yuritiladi.

Avtotransformator kuchlanishni pasaytirish rejimida ishlaganda ketma-ket chulg'amdan tok I_v o'tib magnit oqim hosil qiladi va bu oqim umumiy chulg'amda I_o tokni vujudga keltiradi. Ikkilamchi chulg'am yuklanishning toki I_c , chulg'amning galvanik (elektr) bog'lanishi sababli o'tuvchi I_v tok bilan shu chulg'amlarning magnit bog'lanishidan hosil bo'lgan I_o toklar yig'indisiga teng:

$$I_c = I_v + I_o \text{ bundan } I_o = I_c - I_v$$

Avtotransformatorning nominal quvvati sifatida o'zaro avtotransformatorli bog'lanishga ega bo'lgan tomonlardan birining nominal quvvati (o'tuvchi quvvat) qabul qilinadi. Avtotransformatorning

birlamchi tarmog'idan ikkilamchisiga uzataladigan to'la quvvat o'tuvchi quvvat deb yuritiladi.

Agar avtotransformatorning chulg'amlari qarshiligidagi yo'qotishni hisobga olmasak, u holda quyidagini yozish mumkin:

$$S = U_B I_B = U_C I_C.$$

Ifodaning o'ng tomonini o'zgartirib quyidagi tenglikni hosil qilamiz.

$$S = U_B I_B = [(U_B - U_C) + U_C] I_B = (U_B - U_C) I_B + U_C I_B \quad (10.1)$$

Bunda $(U_B - U_C) I_B = S_T$ -birlamchi chulg'amdan ikkilamchisiga magnit yo'li bilan o'tayotgan transformator quvvati; $U_C I_B = S_{\text{transformatsiyasiz}}$ -transformatsiyasiz, galvanik bog'lanish hisobiga birlamchi chulg'amdan ikkilamchi chulg'amga o'tayotgan elektr quvvat.

Bu quvvat umumiy chulg'amni yuqlanishlamaydi, chunki I_B tok OC chulg'amini chetlab ketma-ket chulg'amdan chiqish joyi C ga o'tadi.

Nominal rejimdagi o'tuvchi quvvat avtotransformatorning nominal quvvati $S = S_{\text{nom}}$ bo'ladi, transformator quvvati esa tipaviy quvvat deb yuritiladi:

$$S_T = S_{\text{mun}}$$

Magnit o'tkazgichning o'lchamlari, demak uning og'irligi nominal quvvatning bir qismini tashkil etuvchi transformator quvvati orqali aniqlanadi:

$$\frac{S_{\text{THH}}}{S_{\text{HOM}}} = \frac{(U_B - U_C) I_B}{U_B I_B} = \frac{U_B - U_C}{U_B} = 1 - \frac{1}{n_{BC}} = k_{\phi\text{ü}} \quad (10.2)$$

bunda

$n_{BC} = U_B / U_C$ -transformatsiya koeffitsiyenti;

$k_{\phi\text{ü}}$ -foydalilik yoki tipaviy quvvat koeffitsiyenti.

(10.2) ifodadan ko'rinadiki, U_B kattalik U_C ga qancha yaqin bo'lsa, $k_{\phi\text{ü}}$ shuncha kichik va tipaviy quvvat nominalning kam qismini tashkil etadi. Bundan, avtotransformatorning o'lchamlari, og'irligi, aktiv materiallarni sarflash, nominal quvvati bir xil bo'lgan transformatorga nisbatan kamayadi degan xulosa kelib chiqadi.

Avtotransformatorlarning afzalligi quyidagilar:

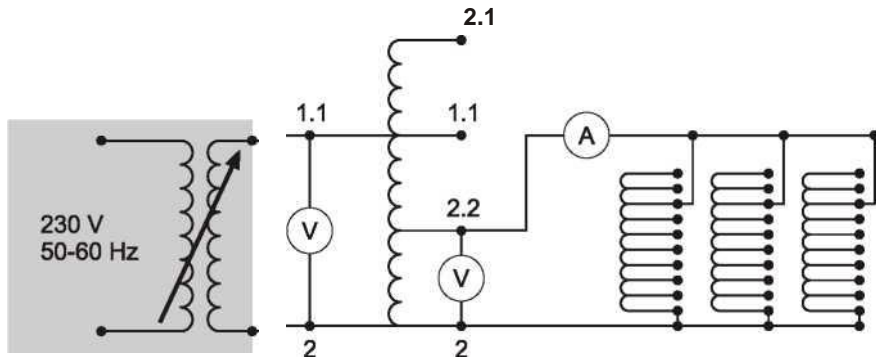
- materiallar kam sarflanadi (mis, po‘lat, izolyatsiya materiallari);
- og‘irligi va o‘lchamlari kichik bo‘lganligi uchun transformatorlarga nisbatan katta nominal quvvatli avtotransformatorlar yaratish imkonini beradi;
- yo‘qotishlar kam bo‘lib, F.I.K katta;
- sovitish sharoitlari ancha yengil.

Avtotransformatorlarning kamchiliklari quyidagilar:

- neytralini yerga mustahkam ulash zaruriyati bir fazali qisqa tutashuv tokining ortishiga olib keladi;
- kuchlanishni boshqarish jarayoni murakkab;
- YuK va O‘K chulg‘amlarning elektr bog‘lanishi sababli o‘ta kuchlanishlarning atmosfera orqali o‘tish xavfi tug‘iladi.

Laboratoriya ishini bajarish tartibi:

1. Induktiv yuklamani sig‘im yuklama bilan almashtiring va sxemani 10.1-rasmga mos ravishda o‘zgartiring. Bu yerda ham sig‘im yuklama elementlari oqim bilan ishlash qobiliyatini oshirish uchun parallel ravishda ulanishi kerak.



10.2-rasm. Sig‘im yuklama bilan kuchlanish o‘zgarishini tekshirish sxemasi

2. 230 V uchun transformatorni kuchaytirgichni o‘rnating va o‘lchash vaqtida ushbu qiymatni saqlang. Avval ikkilamchi tomonda bo‘sh kuchlanishni o‘lchang.

3. Ikkilamchi oqim va ikkilamchi kuchlanish uchun o‘lchovlarni 5.1-jadvalda belgilangan qiymatlarga o‘rnatilgan sig‘im yuklamalar bilan bajaring. Har bir sig‘im yuklamaga o‘zgartirish kiritilishidan oldin elektronning kuchlanishini o‘chiring. Bu ikkilamchi kontaktlarning zanglashiga olib qo‘yilganda katta kuchlanishni oldini olish uchun amalga

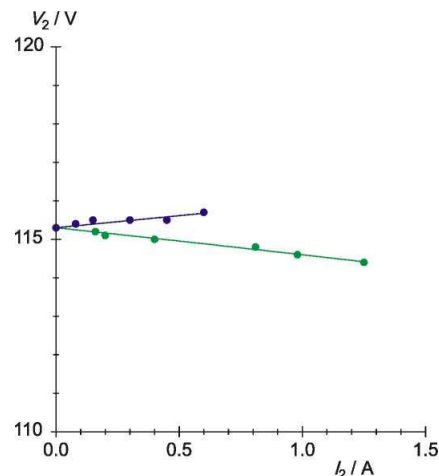
oshiriladi.

10.1-jadval

Sig'imli yuklangan bir fazali avtotransformator uchun kuchlanish o'zgarishi

C [F]	0	2	4	8	12	16
I_2 [A]						
U_2 [V]						

4. Sig'im yuklamada o'lchangan kuchlanish qiymatlarini o'z ichiga



olgan grafikni chizing.

10.3-rasm. Bir fazali avtotransformatorning ikkilamchi kuchlanishi sig'im holatida yuklama oqimi funksiyasi

Hisobotni rasmiylashturish tartibi:

Hisobotda ish dasturi, sinash sxemalari, o'lchov natijalari, kuchlanish va yuklama grafiklari va shu bo'yicha xulosalar bayon qilinishi lozim.

Sinov savollari:

1. Transformatorlarning transformatsiyalanish koeffitsiyentini o'zgartirish qanday bajariladi?
2. PBV qurilmasini ishlash prinsipini aytib bering?
3. RPN qurilmasini ishlash prinsipini aytib bering?
4. Avtotransformatorlarda kuchlanishni rostdash xususiyatlari nimadan iborat?

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Allayev Q.R., Siddiqov I.X., Hakimov M.H., Ibragimov R.I., Siddiqov O.I., Shamsutdinov H.F. Stansiya va podstansiyalarning elektr qismi.-O‘quv qo‘llanma, T.: Cho‘lpon nomidagi NMIU, 2014. 304 b.
2. Рожкова Л.Д. Карнеева Л.К. Чиркова Т.В. «Электрооборудование электрических станций и подстанций» 4-издания –М.: Издательский центр «Академия», 2007. 365-с.
3. Васильева А.А. «Электрическая часть станций и подстанций».-М.: «Энергия», 1980. 265-с.
4. Неклепаев Б.Н. «Электрическая часть станций и подстанций». – М.: Энергоатомиздат, 1986. -640 с.
5. Правила устройства электроустановок (ПУЭ): М.: Энергоиздат, 2002. 145-с.

Mundarija

1-Laboratoriya ishi	Sinxron generatorni energetik tizimga ulash.....	3
2-Laboratoriya ishi	Generatorlarning ish rejimlarini tadqiq qilish.....	8
3-Laboratoriya ishi	Transformatorlarni parallel ishlatish.....	12
4-Laboratoriya ishi	O‘zgaruvchan tok tarmog‘ida izolyatsiya nazorati sxemasini tekshirish.....	16
5-Laboratoriya ishi	Tok transformatorlarini tekshirish.....	20
6-Laboratoriya ishi	Kuchlanish transformatorlarini tekshirish.....	24
7-Laboratoriya ishi	Eruvchan saqlagichlarni o‘rganish.....	31
8-Laboratoriya ishi	Bir fazali avtotransformatorni aktiv yuklamada sinash.....	34
9-Laboratoriya ishi	Bir fazali avtotransformatorni induktiv yuklamada sinash.....	39
10-Laboratoriya ishi	Bir fazali avtotransformatorni sig‘im yuklamada sinash	43
Foydalanilgan adabiyotlar		47

Musahhih: Adilkhodjayeva Sh.M.