

***O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA
MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
QARSH MUHANDISLIK IQTISODIYOT INSTITUTI***



***“ENERGETIKA FAKULTETI”
“ELEKTR ENERGETIKA” KAFEDRASI***

***ELEKTR MEXANIKA FANIDAN
KURS LOYIXASINI BAJARISHGA OID
USLUBIY KO'RSATMA***

QARSHI 2014 YIL

Tuzuvchilar:

QarMII “Elektr Energetika” kafedrası
mudiri O.E.Zaynieva, k/o’ Q.G’.Burxonov,
ass. N.A.Qurbonov

Ichki taqrizchi:

QarMII “Elektr Energetika” kafedrası katta
o’qituvchisi A.N.Mamatqulov

Tashqi taqrizchi:

Toshkent Davlat Texnika Universitetining
“Elektr mexanika va kabell texnikasi” kafedrası
mudiri professor t.f.d. N.B.Pirmatov

Elektr mexanika fanining transformatorlar qismi bo’yicha kurs loyihasini bajarishga oid uslubiy ko’rsatma. / O.E.Zaynieva, Q.G’.Burxonov, N.A.Qurbonov O’zbekiston Respublikasi Oliy va o’rta maxsus ta’lim vazirligi.–Q.: QarMII, 2014 – 30 b.

“Elektr mexanika” fanidan kurs loyihasini bajarishga oid ushbu uslubiy ko’rsatma 5310200-Elektr energetika (tarmoqlar va yo’nalishlar bo’yicha) ta’limi yo’nalishida tahsil olayotgan talabalar uchun mo’ljallangan bo’lib, O’zbekiston Respublikasi Oliy va O’rta maxsus ta’lim vazirligi tomonidan 2013 yil 13.03 dagi № 87 sonli buyrug’i bilan tasdiqlangan “Elektr mexanika” fani dasturi asosida tayyorlandi. Uslubiy ko’rsatma uch fazali ikki chulg’amli moy bilan sovutiladigan kuch transformatorlarini loyihalash masalalari batafsil yoritilgan.

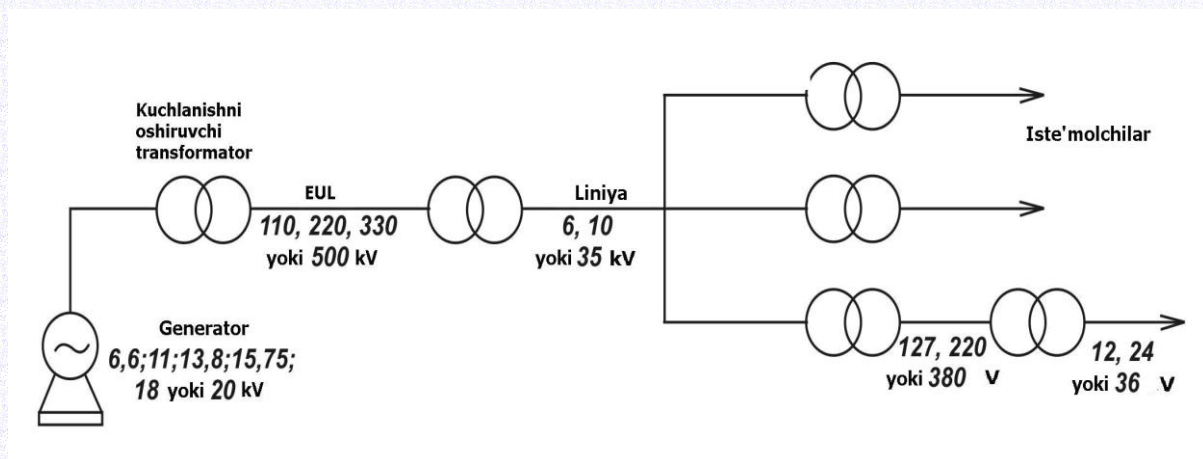
Uslubiy ko’rsatma Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti uslubiy kengashi (Bayon № ----“---” ----- 2014 yil) yig’ilishida muhokama qilinib, o’quv jarayonida foydalanishga va chop etishga tavsiya etilgan.

Kirish

Hozirgi davrda energetika tizimida shaxarlar, qishloq va xalq xo'jaligining turli sohalarining elektr ta'minoti 50 Gst chastotali (AQSh, Yaponiya va Janubiy Afrika mamlakatlarida 60 Gst) bo'lgan o'zgaruvchan tokning uch fazali sistemasida elektr energiyasini ishlab chiqaruvchi turli xil stanstiyalar (issiqlik elektr stanstiyalari, gidro elektr stanstiyalar, atom elektr stanstiyalar, shamol elektr stanstiyalar va boshqalar) tomonidan ishlab chiqarilmoqda.

Elektr stanstiyalarda o'rnatilgan generatorlarning kuchlanishi standartlashtirilgan va 6600, 11000, 13800, 15750, 18000, 20000 V ni tashqil etishi mumkin. Elektr stanstiyani uzoq masofalarga uzatish uchun iqtisodiy jixatdan generator kuchlanishini 110, 220, 330, 500 kV va undan yuqori kuchlanishgacha oshirish zarur bo'ladi (masofaga va uzatilayotgan quvvatga bog'liq holda). So'ngra taqsimlovchi podstanstiyalarda kuchlanishni 6 yoki 10 kV gacha (shaxarlar va sanoat ob'ektlarida) yoki 35 kV gacha (qishloq joylarda taqsimlovchi tarmoqlar katta uzunlikka ega bo'lganda) pasaytirish talab etiladi. Va nihoyat zavod stexlariga va yashash uylariga kirish uchun kuchlanish 380, 220 ba'zan 127 V gacha pasaytirish kerak. Qozonxonani yoritishda yoki nam binolarning mexanik stexlarini yoritishda kuchlanish hayot xavfsizligi nuqtai nazaridan 12, 24 yoki 36 V gacha kamaytirilishi zarur.

Elektr energiyani uzatish va taqsimlash sxemasi 1- rasmda keltirilgan.



1-rasm. Elektr energiyani uzatish va taqsimlash sxemasi.

Transformatorlar elektr energiyani ishlab chiqarmaydi, balki uni transformastiyalaydi, ya'ni elektr kuchlanish qiymatini o'zgartiradi. Bunda transformatorlar kuchlanishni oshiruvchi agar ular kuchlanishni oshirish uchun mo'ljallangan bo'lsa va kuchlanishni pasaytiruvchi agar ular kuchlanishni pasaytirish uchun mo'ljallangan bo'lsa bo'lishi mumkin. Transformatorlar kuchlanishni oshiruvchi yoki pasaytiruvchi bo'lishi ham mumkin qo'llanilishiga qarab ya'ni qaytarlik xususiyatiga ega bo'ladi. Transformator lotincha – transform- o'zgartiraman ma'nosini bildiradi. Energiyani yoki obektlarning biror muhim xossasini o'zgartirish, boshqa turga aylantirish uchun xizmat qiluvchi qurilma. Induktiv jihatdan ikki yoki undan ko'p chulg'amlari bog'langan bir turdagi kuchlanishni boshqa turdagi kuchlanishga elektromagnit induksiya yo'li bilan o'zgartiradigan statik elektromagnit apparat transformator deyiladi.

Kuch transformatorlari yuqori F.I.K. ga ega bo'ladilar 95-99,5% gacha, quvvatga bog'liq holda. Elektr energiyani taqsimlash sxemasidan ko'rinib turibdiki, uni ishlab chiqarish obektidan istemolchiga etkazishgacha bir nechta transformastiyalash pog'onasi talab etiladi. Shu sababli transformatorlarning o'rnatilgan quvvatlari (liniyadagi barcha transformatorlarning) generatorlar quvvatidan bir necha marta ortiq bo'ladi.

Bajaradigan vazifasiga ko'ra transformatorlar quyidagi turlarga bo'linadi: 1) *kuch transformatorlari*; 2) *maxsus transformatorlar*. Kuch transformatorlari o'z navbatida: *umumiy maqsadli* va *sohaviy* turlarga bo'linadi.

Elektr energiyani uzatish, qabul qilish hamda ishlatishga mo'ljallangan elektr tarmoqlari va uskunalarida elektr energiyani o'zgartirish (kuchlanishni oshirish yoki kamaytirish) vazifasini bajaradigan transformatorni **kuch transformatori** deyiladi.

Normal sharoitda ishlayotgan elektr tarmog'iga ulash uchun, yoxud maxsus ish sharoiti, yuklamaning xarakteri yoki ish rejimi bilan farq qilmaydigan elektr energiya iste'molchilarini bevosita ta'minlash uchun ishlab chiqarilgan transformatorlarni **umumiy maqsadli kuch transformatorlari** deyiladi.

Fazalar soniga ko'ra transformatorlar bir, uch va ko'p fazali (sohaviy) turlarga bo'linadi.

Elektr jihatdan o'zaro ulanmagan ikki (yuqori va past kuchlanishli) chulg'am bilan ta'minlangan transformatorni **ikki chulg'amli** transformator deyiladi. Past kuchlanishli chulg'ami teng ikkiga bo'lingan kuch transformatorlarini ham, ko'pincha ikki chulg'amlilar turkumiga kiritadilar.

Agar transformatorning (yoki avtotransformatorning) har fazasida uchta [yuqori kuchlanishli (YuK), o'rta kuchlanishli (O'K) va past kuchlanishli (PK)] elektr jihatdan ulanmagan (avtotransformatorlarda esa YuK va O'K chulg'amlari elektr jihatdan ulangan) chulg'amlari bo'lsa, bunday holda **uch chulg'amli** transformator (yoki avtotransformator) deyiladi.

Elektr energiyaning bir qismi birlamchi tarmoqdan ikkinchisiga chulg'amlari elektr jihatdan ulanganligi hisobiga uzatilib, boshqa qismi esa magnit maydoni orqali uzatiladigan transformatorning o'ziga xos ko'rini-shini **avtotransformator** deyiladi.

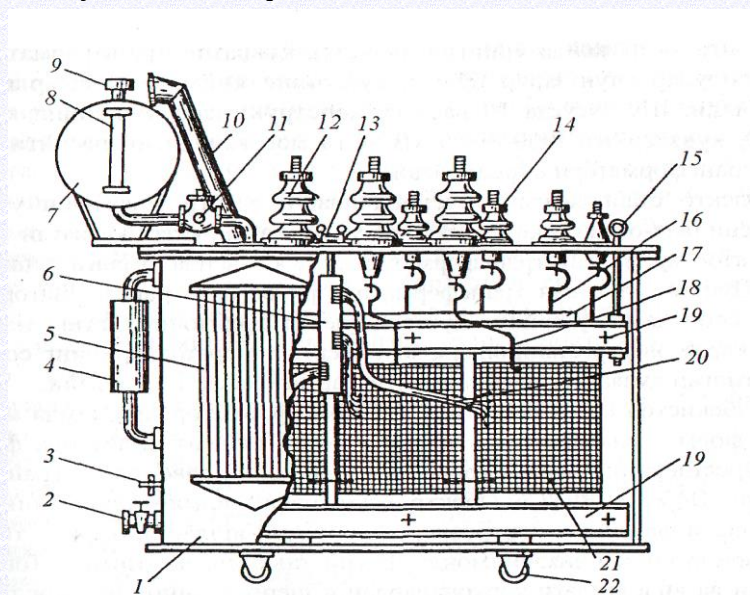
Transformatorning (yoki avtotransformatorning) qaysi chulg'amiga elektr energiya berilsa, uni **birlamchi** chulg'am, elektr tarmog'iga yoki iste'molchiga elektr energiya uzatilgan chulg'amni **ikkilamchi** chulg'am deyiladi.

Agar transformator (yoki avtotransformator) birlamchi chulg'amining nominal kuchlanishi ikkilamchi chulg'am nominal kuchlanishidan kichik ($U_{1N} < U_{2N}$) bo'lsa **o'sh iruvchi**, katta ($U_{1N} > U_{2N}$) bo'lganida esa – **pasaytiruvchi** transformator (yoki avtotransformator) deyiladi.

Sohaviy kuch transformatorlari elektr transportida (temir yo'l, metro va shahar elektr transporti ta'minotida), elektr pechlarida (masalan, Bekobod metallurgiya kombinatida); **maxsus maqsadli transformatorlar** esa elektr yoyi vositasida payvandlash, to'g'rilagich, aloqa, avtomatika va hisob-lash texnikasi qurilmalarida (buriluvchi transformatorlar – elektr signalini funkstional, ya'ni shakli sinusoidal bo'lgan signalga o'zgartirishda), radiotexnikada va boshqa sohalarda keng qo'llaniladi.

O'zbekiston Respublikasida kuch transformatorlari hamda maxsus transformatorlarning ayrimlari asosan Toshkent viloyatida faoliyat ko'rsatayotgan: Chirchiq transformatorsozlik zavodida («Transformator» OAJ), «ELUS» ilmiy-ishlab chiqarish korxonasi va «Aziyaelektroenergiya» ilmiy-ishlab chiqarish tashkilotlarida ishlab chiqarilmoqda. Shuni ta'kidlash lozimki, Toshkent shahrida kuch transformatorlarini ta'mirlaydigan korxonalardan «Energota'mir» ixtisoslashtirilgan ta'mirlash ishlab chiqarish va «Rotor» ta'mirlash korxonalari ham faoliyat ko'rsatmoqda.

2-rasm. Kuchlanish klas-si 35 kV quvvati 1000 ÷ 6300 kV·A konstrukstiyasiga mos ke-ladigan pasaytiruvchi kuch transformatori: **1** – bak; **2** – moy uchun ventily; **3** – zaminlash uchun qistirma; **4** – termosi-fonli filtri; **5** – radiator; **6** – kuchlanishni rostlash qayta ulagichi; **7** – kengaytirgich; **8** – moy ko'rsatkichi; **9** – havo quritgich; **10** – chiqaruvchi (saqllovchi) truba; **11** – gaz relesi; **12** –



yuqori kuchlanishli (YuK) chul-

g'am uchun o'tish izolyatori; **13** – qayta ulagich dastagi; **14** – past kuchlanishli (PK) chul-g'amga oid o'tish izolyatori; **15** – transformatorni ko'tarish uchun ilgich; **16** – PK chul-g'amni o'tish izolyatori bilan bog'lovchi o'tkazgich; **17** – magnit o'tkazgich; **18** – YuK chulg'am-ni o'tish izolyatori bilan bog'lovchi o'tkazgich; **19** – yuqorgi va pastki yarmo balkalari; **20** – YuK chulg'am rostdash tarmog'ining simlari; **21** – YuK chulg'am (uning ichida PK chulg'am); **22** – aravacha g'ildiragi

Transformatorlarga *quyidagi asosiy talablar qo'yiladi*, ya'ni:

- a) ishlatishda ishonchli bo'lishi;
- b) ishlab chiqarishda va ishlatishda tejamli bo'lishi;
- c) isroflar standartda belgilangan me'yordan oshmasligi;
- d) parallel ulash shartlarini qanoatlantirishi;
- e) me'yordan ortiqcha qizib ketmasligi;
- f) kuchlanishni rostdashga imkon berishi;
- g) transformatorni ishlatish jarayonida ayrim sabablarga ko'ra sodir bo'ladigan qisqa muddatli (izolyastiya uchun xavfli bo'lgan) o'ta kuchlanishlarga va kam muddatli qisqa tutashuvlardagi transformatorning nominal tokidan ancha katta bo'lgan toklar ta'siriga bardosh berishi zarur.

Transformatorlarning tarkibiy qismlariga magnit o'tkazgich, chulg'am-lar, sovitish sistemasi, himoya qurilmalari va boshqalar kiradi.

Transformatorning nominal kattaliklari. Transformatorlar stan-dart talablariga mos holda texnik shartlar bo'yicha tayyorlanadi va elektr energiyani o'zgartirish bo'yicha ma'lum vazifalarni bajarish uchun belgilanadi. Bu sharoitlardagi transformatorning ishi quyidagi nominal kattalik-lar bilan xarakterlanadi va ular elektr jihozlari kataloglarida hamda transformatorga mahkamlangan pasport taxtachada quyidagilar ko'rsatilgan bo'ladi:

1. Ikki chulg'amli transformator uchun bitta nominal to'la quvvat $S_1 = S_2 = S_N$ (uch chulg'amli transformatorlarda har qaysi chulg'am uchun alohida, ya'ni uchta quvvat) V·A yoki kV·A da ko'rsatiladi:

- a) bir fazali ikki chulg'amli transformator uchun – $S_{1N} = U_{1N} \cdot I_{1N}$;
- b) uch fazali ikki chulg'amli transformator uchun – $S_{1N} = \sqrt{3} U_{1N} \cdot I_{1N} = 3 U_{1Nf} \cdot I_{1Nf}$.

Transformatorlarda FIK juda ham katta bo'lganligidan ikki chulg'amli transformatorlarda birlamchi (S_{1N}) va ikkilamchi (S_{2N}) chulg'am nominal quvvatlari taxminan bir xil bo'ladi, ya'ni $S_{1N} \approx S_{2N}$.

Bulardan tashqari: **1)** nominal chastota f_N ; **2)** fazalar soni m ; chulg'amlarning ulanish sxemasi va guruhi; **3)** qisqa tutashuv kuchlanishi $u_{qt.(\%)}$; **4)** transformatorni tayyorlagan zavodning nomi; transformatorning tayyorlan-gan yili; **5)** transformatorning tipi; **6)** tayyorlangan transformatorga ga to'g'ri keladigan standart nomeri; **7)** sovitish usuli; **8)** massasi; **9)** Nominal kuchlanish va boshqa ayrim ma'lumotlar keltiriladi.

Uch fazali moyli kuch transformatorlarni hisoblash bo'yicha mazkur uslubiy qo'llanma 5310200- Elektr energetika (tarmoqlar va yo'nalishlar bo'yicha) yo'nalishlarida o'qiyotgan talabalar uchun mo'ljallangan bo'lib, u kurs loyihasini, yakka tartibdagi (individual) topshiriqlarni hisoblashda foydalaniladi.

Transformatorni hisoblash sxemasi

1. Asosiy elektr kattaliklarni aniqlash:

- a) Past kuchlanish (PK) va yuqori kuchlanish (YuK) chulg'amlarining liniya, faza tok va kuchlanishlari;
- b) chulg'amlarning sinov kuchlanishlari;
- v) qisqa tutashish kuchlanishlarining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari.

2. Transformatorning asosiy o'lchamlarini hisoblash:

- a) magnit tizimining konstruktiviyasini va tayyorlash texnologiyasining sxemani tanlash;

- b) magnit tizim indukstiyasini, tunukachalarning (plastinalarni) izolyastiya turini va po'lat listlar qalinligini va markasini tanlash;
- v) chulg'am materialini tanlash;
- g) chulg'am konstrukstiyalarini oldindan taxminiy tanlash;
- d) chulg'amning asosiy izolyastiya oraliqlarini va konstrukstiyasini tanlash;
- e) U_k , R_k va R_0 larning berilgan qiymatini hisobga olib, β ning asosiy o'lchamlarini o'zaro nisbatini tanlash va transformatorning dastlabki hisobi;
- j) magnit tizimning dastlabki hisobi, chulg'am uzunligi (balandligini) va sterjen diametrini aniqlash.
- 3. PK va YuK chulg'amlarini hisoblash:
 - a) PK va YuK chulg'am turlarini tanlash;
 - b) PK chulg'amini hisoblash;
 - v) YuK chulg'amini hisoblash;
- 4. Qisqa tutashish parametrlarini aniqlash:
 - a) konstrukstiya elementlaridagi qo'shimcha, chulg'amlardagi asosiy va qo'shimcha qisqa tutashish isroflarini;
 - b) qisqa tutashish kuchlanishini;
 - v) chulg'amlarning mexanik kuchlarini.
- 5. Magnit tizimning oxirgi hisobi. Salt ishlash parametrlarini aniqlash:
 - a) sterjen va yarmoning aktiv kesim yuzasi va paket o'lchamlari;
 - b) po'latning vazni, sterjen va yarmoning vaznlari;
 - v) salt ishlash isrofi;
 - g) salt ishlash toki.
- 6. Sovitish tizimini hisoblash va issiqlik hisobi:
 - a) chulg'amlarni tekshirishga oid issiqlik hisobi;
 - b) transformatorning gabarit o'lchamlarini aniqlash. Sovitish tizimini (bakni, radiatori sovg'ichni) hisoblash;
 - v) havodan moy va chulg'am haroratlarini oshishi;
 - g) kengaytiruvchi bakning asosiy o'lchamlari va moyning massasi.

TRANSFORMATORNI HISOBLASH.

Topshiriq: Transformator tipi $TM - 160/35$

Transformator quvvati $S = 160kVA$;

Fazalar soni $m = 3$; chastota $f = 50Gst$;

Chulg'amlarning nominal kuchlanishi :

YuK (VN) $U_2 = 35000V$; PK (NN) $U_1 = 11000V$;

Ulanish sxemasi va guruhi $Y/\Delta -11$; chulg'am simi mis;

Qisqa tutashuv kuchlanishi $U_q = 6,5\%$; qisqa tutashuv isrofi $P_q = 2650Vt$;

Salt ish isrofi $P_0 = 660Vt$;

Salt ish toki $i_0 = 2,4\%$;

I ASOSIY ELEKTR KATTALIKLARNI VA IZOLASIYA MASOFALARINI ANIQLASH.

Hisoblashlarni konstantrik chulg'amli sterjn tipli uch fazali transformator uchun bajaramiz.

- 1 Bitta faza va bita sterjn quvvati

$$S_{\phi} = S' = S/3 = 160/3 = 53.33 \text{ kV A}$$

2 Tomonlardagi nominal toklar :

$$\text{YuK} \quad I_2 = \frac{S_H}{\sqrt{3}U_{H2}} = \frac{160}{1.73 \cdot 35} = 2.64 \text{ A};$$

$$\text{PK} \quad I_1 = \frac{S_H}{\sqrt{3}U_{H1}} = \frac{160}{1.73 \cdot 11} = 8.4 \text{ A};$$

3 Faza kuchlanishlari

$$\text{YuK} \quad U_{\phi 2} = U_2 / \sqrt{3} = 35000 / 1.73 = 20231 \text{ V} \quad \text{PK} \quad U_{\phi} = U_1 = 11000 \text{ V}$$

4 Faza toklari

$$\text{YuK} \quad I_{\phi 2} = I_2 = 2.64 \text{ A}; \quad \text{PK} \quad I_{\phi 1} = I_1 / \sqrt{3} = 8.4 / 1.73 = 4.86 \text{ A};$$

5 Chulg'amlarning sinov kuchlanishlari (Ad-2, jadval 4.1, 169 betdan aniqlaymiz)

$$\text{Yuqori kuchlanish chulg'ami YuK uchun } U_{cun} = 85 \text{ kV};$$

$$\text{Past kuchlanish chulg'ami PK uchun } U_{cun} = 35 \text{ kV}.$$

(Eslatma: 1 kV gacha bo'lgan chulg'amlar uchun sinov kuchlanishi $U_{cun} = 5 \text{ kV}$.)

6 Chulg'amlarning sinov kuchlanishlari uchun (Ad-2, jadval 4.4 va 4.5; rasm-4.6; 184-183 betlar) izolyastion masofalarni aniqlaymiz.

$$\text{Yuqori kuchlanish uchun } U_{cun} = 85 \text{ kV uchun (Ad-2, jadval 4.5)}$$

Chulg'amlar orasidagi izolyastion oraliq (o'q kanali, YuK va PK chulg'amlari orasidagi masofa)- $a_{12} = 2,7 \text{ sm} = 27 \text{ mm}$

Yuqori chulg'amdan chulg'am o'raluvchi stilendr uchigacha bo'lgan masofa-

$$l_{112} = 5 \text{ sm} = 50 \text{ mm}$$

YuK chulg'am va yarmo orasidagi masofa- $l_{02} = 7,5 \text{ sm} = 75 \text{ mm}$ (Ad-2, jadval 4.5, 184 betdagi 2-eslatma hisobga olinsin)

$$\text{Qo'shni fazalar YuK chulg'amlari orasidagi masofa- } a_{22} = 2 \text{ sm} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{YuK va PK chulg'amlar orasidagi izolyastion to'siqlar qalinligi } - \delta_{12} = 0,5 \text{ sm} = 5 \text{ mm}$$

$$\text{Fazalar orasidagi to'siq qalinligi } - \delta_{22} = 0,3 \text{ sm} = 3 \text{ mm}$$

PK $U_{cun} = 35 \text{ kV}$ uchun (Ad-2, jadval 4.4, 183 bet) past kuchlanish chulg'ami ichki tomonidan sterjngacha

$$\text{bo'lgan kanal oralig'i } a_{01} = 1,5 \text{ sm} = 15 \text{ mm},$$

Past kuchlanish chulg'ami bilan sterjin orasidagi izolyastion to'siq qalinligi $-\delta_{01} = 4 \text{ mm}$

7 Hisoblashning dastlabki ma'lumotlarini aniqlaymiz

$$\frac{a_1 + a_2}{3} = \kappa \sqrt[4]{S'} = 0.62 \cdot \sqrt[4]{53.33} = 0.62 \cdot 2.7 = 1.68 \text{ sm} = 0.0168 \text{ m}$$

Bu erda $k = 0,62$ (Ad-2, jadval 3.3) dan tanlanadi. (Eslatma: Alyumin simlar uchun 3.3- jadvaldan topilgan k ning qiymati 1,25 ga ko'paytiriladi).

$$\frac{a_1 + a_2}{3} \text{ 2 ta chulg'amning keltirilgan kengligi (eni)}$$

Sochilma keltirilgan kanal kengligi (eni) a_p ni aniqlaymiz

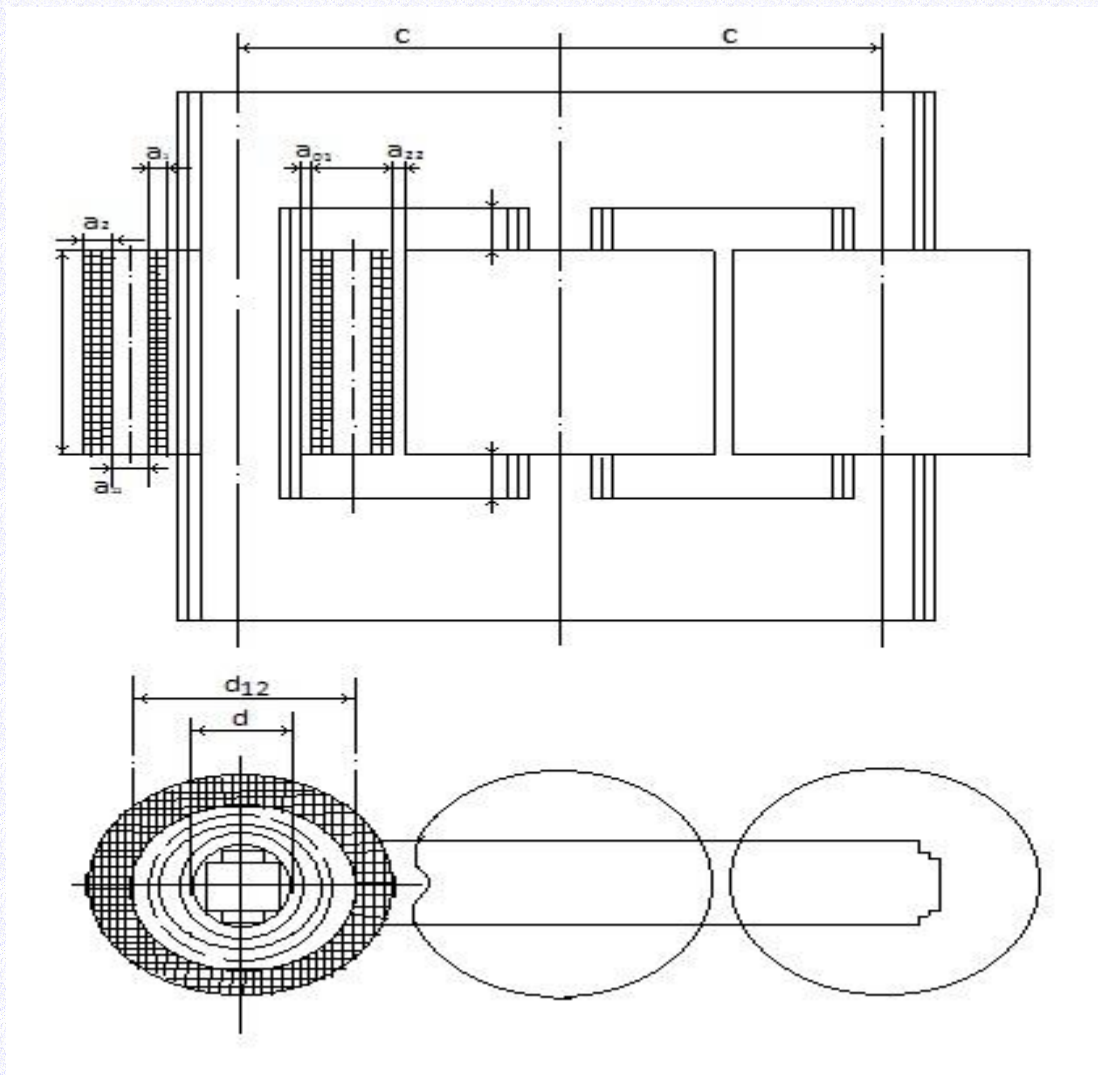
$$a_p = a_{12} + (a_1 + a_2) / 3 = 2,7 + 1,68 = 4,38 \text{ sm} = 0,0438 \text{ m}$$

8 Qisqa tutashuv kuchlanishinig aktiv tashkil etuvchisi

$$U_a = P_q / 10 \cdot S = 2650 / 10 \cdot 160 = 1.66\%$$

9 Qisqa tutashuv kuchlanishinig reaktiv tashkil etuvchisi

$$U_p = \sqrt{U_q^2 - U_a^2} = \sqrt{6,5^2 - 1,66^2} = \sqrt{42,25 - 2,76} = \sqrt{39,49} = 6,28\%$$



2-rasm. Transformatorning asosiy o'lchamlari.

- 10 Uch fazali sterjnlı sovuqlayın ishlov berilgan magnit sistemasini tanlaymiz

Sterjndagi induksiya $B_c = 1,56Tl$ (Ad-2, jadval 2.4, 78-bet)

Sterjn kesimida 6 ta pog'ona, doirani to'ldirish koeffisienti $k_{kp} = 0,913$ (Ad-2, jadval 2.5, 82-bet), plastinalar izolastiyasi issiqqa chidamli izolyastion qoplamadan iborat; Sterjn aktiv kesimi maydonining (toza po'lat) sterjn kesimi pog'onali fegura maydoniga nisbati koeffisientini aniqlaymiz: $k_3 = 0,97$ (Ad-2, jadval 2.2, 77-bet).

Doira maydonini po'lat bilan to'ldirish koeffisienti $k_c = k_{kp} \cdot k_3 = 0,913 \cdot 0,97 \approx 0,89$. Sterjnning pog'onali kesimi joylashtirilgan aylana diametri (Ad-2, jadval 2.5, 82-bet); $d=0,16$ m. Yarmo ko'p pog'onali. Pog'onalar soni 5 ta. Yarmoni kuchaytirish koeffisienti $k_n = 1,015$ (Ad-2, jadval 2.8, 92-bet). Yarmodagi induksiya $B_n = B_c / k_n = 1,56 / 1,015 = 1,54Tl$; To'g'ri ulanish joyidagi havo oralig'i indukstiyesi $B_3 = B_c = 1,56Tl$; Egri ulanish joyida

$B_3 = B_c / \sqrt{2} = 1,56 / 1,41 = 1,1Tl$ (Ad-2, jadval 3-6, 131-bet). Chulg'amlardagi asosiy isroflarni qisqa tutashuv isroflariga nisbatini hisobga oluvchi koeffisientini topamiz $k_o = 0,96$. Rogovski koeffisienti $k_p = 0,95$. β ning o'zgarish chegarasi $\beta = 1,2 \div 3,6$.

- 11 Asosiy koeffisientlarni hisoblash.

$$A = 0,507 \cdot \sqrt[4]{\frac{S' \cdot a_p \cdot k_p}{f \cdot U_p \cdot B_c^2 \cdot k_c^2}} = 0,507 \cdot \sqrt[4]{\frac{53,33 \cdot 0,0438 \cdot 0,95}{50 \cdot 6,28 \cdot 1,56^2 \cdot 0,89^2}} = 0,125$$

12 $A_1 = 5,633 \cdot 10^4 \cdot k_c \cdot A^3 \cdot a = 5,633 \cdot 10^4 \cdot 0,89 \cdot 0,125^3 \cdot 1,4 = 137,08kg$

13 $A_2 = 3,605 \cdot 10^4 \cdot k_c \cdot A^2 \cdot l_0 = 3,605 \cdot 10^4 \cdot 0,89 \cdot 0,125^2 \cdot 0,075 = 37,6kg$

$$14 \quad B_1 = 2,4 \cdot 10^4 \cdot k_c \cdot k_{\alpha} \cdot A^3(a+b+c) = 2,4 \cdot 10^4 \cdot 0,98 \cdot 1,015 \cdot 0,125^3(1,4+0,45+0,405) = 95,5kg$$

$$15 \quad S_1 = k_0 \frac{S \cdot a^2}{k_o \cdot k_c^2 \cdot B_c^2 \cdot U_a \cdot A^2} = 2,46 \cdot 10^{-2} \frac{160 \cdot 1,4^2}{0,96 \cdot 0,89^2 \cdot 1,56^2 \cdot 1,656 \cdot 0,125^2} = 161,1kg ;$$

$$k_0 = 2,46 \cdot 10^{-2} \text{ mis uchun (Ad-2, 132-bet)}$$

$$16 \quad B_2 = 2,4 \cdot 10^4 \cdot k_c \cdot k_{\alpha} \cdot A^2(a_{12} + a_{22}) = 2,4 \cdot 10^4 \cdot 0,89 \cdot 1,015 \cdot 0,125^2(0,03+0,02) = 16,94kg$$

$$17 \quad M = 0,244 \cdot 10^{-6} \cdot k_{k3}^2 \cdot k_o \cdot k_p \frac{P_k}{a \cdot A} = 0,244 \cdot 10^{-6} \cdot 31,15^2 \cdot 0,96 \cdot 0,95 \frac{2650}{1,4 \cdot 0,125} = 3,27MPa$$

$$k_{k3} = 1,41 \frac{100}{U_k} (1 + e^{-\pi U_a / U_p}) = 1,41 \frac{100}{6,5} (1 + e^{-\pi \cdot 1,656 / 6,29}) = 21,69(1 + 0,436) = 31,15$$

$$18 \quad B = \frac{2}{3} \cdot \frac{A_2 + B_2}{B_1} = \frac{2}{3} \cdot \frac{37,6 + 16,94}{95,5} = 0,38$$

$$19 \quad k_{o,c} = 1,84 \text{ (Ad-2, jadval 3.7)} \quad S = A_1 / 3 \cdot B_1 = 137,08 / 3 \cdot 95,5 = 0,478 \quad k_{np} = 1,06 \text{ (Ad-2, 133-bet)}$$

$$20 \quad D = k_{o,c} \cdot k_{np} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{C_1}{B_1} = 1,84 \cdot 1,06 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{161,1}{95,5} = 2,19$$

$$21 \quad x^5 + Bx^4 - Cx - D = 0 \quad , \quad x^5 + 0,38 \cdot x^4 - 0,478 \cdot x - 2,19 = 0$$

Bu tenglamaning echimi $x = 1,16$ $\beta = x^4 = 1,16^4 = 1,81$ ni beradi

22 3,61 va 3,66 ifodalar bo'yicha ruxsat etilgan tok zichligi va tortuvchi mexanik kuchlanishlar qiymatlariga asosan β ning chegaraviy qiymatlarini aniqlaymiz

$$x_j \leq 4,5 \cdot 10^6 \cdot \sqrt{2,4 \cdot 10^{-12} C_1 / (k_o \cdot P_k)} = 4,5 \cdot 10^6 \sqrt{2,4 \cdot 10^{-12} \cdot 161,1 / 0,96 \cdot 2650} = 1,75$$

$$\beta_j = x_j^4 = 1,75^4 = 9,38 ; \quad x_{\delta} \leq \sqrt[3]{60 / M} \leq \sqrt[3]{60 / 3,27} = \sqrt[3]{18,35} = 2,638 ;$$

$$\beta_{\delta} = x_{\delta}^4 = 2,638^4 = 48,43 ;$$

β ning har ikkala olingan qiymatlari ham odatdagidan yuqori.

23 Magnit tizimi bir burchagi massasi

$$G_y = 0,492 \cdot 10^4 \cdot k_c \cdot k_{\alpha} \cdot A^3 \cdot x^3 = 0,492 \cdot 10^4 \cdot 0,89 \cdot 1,015 \cdot 0,125^3 \cdot 1,16^3 = 13,55kg$$

24 3,59 ifoda bo'yicha sterjning aktiv kesimi

$$\Pi_c = 0,785 \cdot k_c A^2 \cdot x^2 = 0,785 \cdot 0,89 \cdot 0,125^2 \cdot 1,16^2 = 0,0147m^2$$

25 To'g'ri ulanish joyidagi tirqish maydoni $\Pi'_3 = \Pi_c = 0,0147m^2$

26 Egri ulanish joyidagi tirqish maydoni $\Pi'_3 = \Pi_c / \sqrt{2} = 0,0147 / 1,41 = 0,01m^2$

27 Transformatorning asosiy o'lchamlari

$$d = A \cdot x = 0,125 \cdot 1,16 = 0,145m; \quad d_{12} = a \cdot A \cdot x = 1,4 \cdot 0,125 \cdot 1,16 = 0,203m;$$

$$d = 0,16 \text{ m qabul qilamiz (standartga yaqin) } a = 1,4 \text{ (Ad-2, jadval 3,4)}$$

$$l = \pi \cdot d_{12} / \beta = 3,14 \cdot 0,203 / 1,81 = 0,352m; \quad 2a_2 = 2 \cdot 0,0533 = 0,1066m$$

(qisqa tutashuv hisobidan)

$$C = D_2'' + a_{22} = 42,2 + 2 = 44,2sm = 0,442m \text{ (Magnit tizimi hisobidan)}$$

$$l_c = l + 2l_0 = 0,352 + 2 \cdot 0,075 = 0,502m$$

28 Bitta o'ramning E.Yu.K

$$u_B = 4,44 \cdot f \Pi_c \cdot B_c = 4,44 \cdot 50 \cdot 0,0147 \cdot 1,56 = 5,09V$$

$$29 \quad \text{Tok zichligi } j_{cp} = 0,746 \cdot k_o \frac{P_k \cdot u_b}{S \cdot d_{12}} \cdot 10^4 = 0,746 \cdot 0,96 \frac{2650 \cdot 5,09}{160 \cdot 0,203} \cdot 10^4 = 2,97 \cdot 10^6 A / m^2$$

II. CHULG'AMLARNI HISOBLASH

Transformatorlarning chulg'amlari va ularning konstruksiyasi. Transformator chulg'amlari deganda, berilgan kuchlanishni olish maqsadida, uramlarda hosil qilinadigan E.Yu.K larning yig'indisini hosil qiluvchi elektr zanjirlarini hosil qiluvchi uramlar jamlanmasi tushiniladi.

Kuch transformatorlari ikkitadan kam bo'lmagan asosiy chulg'amlarga ega bo'ladi. Yuqori nominal kuchlanishga ega bo'lgan transformator chulg'ami yuqori kuchlanish (VN) chulg'ami deyiladi.

Past nominal kuchlanishga ega bo'lgan transformator chulg'ami past kuchlanish (NN) chulg'ami deyiladi. Ular o'rtasida esa – o'rta kuchlanish (SN) chulg'ami deyiladi (Uch chulg'amli transformatorlarda). Chulg'amlarni tayyorlashdagi sarflanadigan materiallar narxi va ularni o'rash uchun to'lanadigan ish haqi transformator narhinig taxminan 50%ni tashkil etadi. O'zakda joylashishiga ko'ra chulg'amlar konsentrik va almashinuvchi turlarga bo'linadi. Almashinuvchi chulg'amlarda YK va PK g'altaklar o'zak balandligi bo'yicha navbatma – navbat o'zaro almashingan bo'ladi.

Almashinuvchi chulg'amlar asosan maxsus transformatorlar uchun qo'llaniladi. Umumiy maqsadli kuch transformatorlarida va maxsus transformatorlarning ayrimlarida odatda konsentrik chulg'amlar qo'llaniladi. Bunda o'zak yaqiniga PK chulg'am uning tashqarisiga esa YK chulg'am joylashtiriladi. Konstruksiyasi va o'rash usuliga ko'ra konsentrik chulg'amlar silindrik g'altakli va vintsimon turlarga bo'linadi. Katta quvvatli transformatorlarda parallel simlarning soni bir necha o'nlargacha etishi mumkin. Shu sababli bunday transformatorlarning PK chulg'ami uchun bir necha to'g'ri burchak kesimli simlardan parallel bajarilgan ko'p yo'lli chulg'amlar qo'llaniladi.

O'zluksiz g'altakli chulg'amda bitta g'altakdan ikkinchisiga simni uzmasdan o'tiladi. Bunday chulg'amning afzalliklariga tayanch yuzasining kattaligi sababli qisqa tutashuvda vujudga keladigan bo'ylama kuchlarga nisbatan katta chidamlilik va sovutish yuzasining kattali kiradi. Shu afzalliklar tufayli o'zluksiz chulg'am keng ko'lamda qo'llaniladi.

Transformator chulg'amlarining uchlari bak qopqog'ida o'rnatilgan maxsus chinni izolyatorlar ichidan o'tgan kesim yuzasi nisbatan katta bo'lgan o'tkazgichlarga ulanib tashqariga chiqariladi.

Zamonaviy transformatorsozlikda kuchlanish klasslari 110 ÷ 1200 kV bo'lgan so'ngi yillarda ishlab chiqarilgan transformatorlarda YK chulg'am uchun to'qima chulg'amlar keng qo'llanila boshlandi.

Past kuchlanish chulg'amini hisoblash

30 PK (NN) chulg'ami o'ramlar soni

$$w_1 = U_{\phi 1} / U_B = 11000 / 5,09 = 2161,1; \quad w_1 = 2161 \text{ ta o'ram qabul qilamiz}$$

31 Bitta o'ram kuchlanishi $U_B = U_{\phi 1} / w_1 = 11000 / 2161 = 5,09V$

32 Chulg'amlardagi o'rtacha tok zichligi

$$j_{yp} = 0,746 \cdot k_o \cdot P_k \cdot U_B / S \cdot d_{12} \cdot 10^4 = 0,746 \cdot 0,96 \cdot 2650 \cdot 5,09 / 160 \cdot 0,203 \cdot 10^4 = 2,97 A / mm^2$$

33 O'ramning taqriban kesimi $\Pi'_B \approx I_{\phi 1} / j_{yp} = 4,86 / 2,97 = 1,64 mm^2$

34 (5.8 jadvaldan) $S = 160 kVA$; $U_{\phi 1} = 11 kVA$; $I_{\phi 1} = 4,86 A$; $\Pi'_e = 1,64 mm^2$ lar bo'yicha yumaloq simli ko'p qatlamli silindrik chulg'amni tanlaymiz (Ad-1, Tixomirov 1976-yil)

35 O'raladigan chulg'am simi sorti va Π'_e bo'yicha 5.1 jadvaldan Π'_e kesimga to'g'ri keladigan sim tanlaymiz. Simning diametri d_1 izolyastiyasiz va d'_1 izolyastiyali, mm. Simning tanlangan o'lchamlari quyidagicha yoziladi:

$$\text{Sim markasi } x \quad n_{e1x} \frac{d_1}{d'_1}, mm;$$

bunda n_{e1} -parallel simlar soni

$$\Pi_B \times 1 \times \frac{1,45}{1,85}$$

$$\Pi_B'' = 1,65 \text{ mm}^2 \text{ Massani oshishi } 5,0\% \text{ Ikki tomonga izolyastiya}$$

qalinligi $2\delta = 0,40 \text{ mm}$

36 O'ramning to'liq kesimi

$$\Pi_1' = n_{\epsilon 1} \cdot \Pi_B'' = 1 \cdot 1,65 = 1,65 \text{ mm}^2$$

37 Tok zichligi

$$j_1 = I_{1\phi} / \Pi_B'' = 4,86 / 1,65 \approx 2,95 \text{ A/mm}^2$$

38 Qatlamdagi o'ramlar soni

$$w_{1q} = \frac{l_1 \cdot 10^3}{n_{\epsilon 1} \cdot d_1'} - 1 = \frac{0,352 \cdot 10^3}{1 \cdot 1,85} - 1 = 189,27 = 189 \text{ ta}$$

39 Chulg'amdagi qatlamlar soni

$$n_{\kappa 1} = w_1 / w_{1\kappa} = 2161 / 189 = 11,4 \text{ qabul qilamiz } n_{\kappa 1} = 12 \text{ ta}$$

40 Ikki qatlamning ichki kuchlanishi, V ,

$$U_k = 2w_{1\kappa} \cdot U_B = 2 \cdot 189 \cdot 5,09 = 1924 \text{ V}$$

41 List qalinligida kabel qog'ozining qatlamlar soni (Ad-2, 4.7 jadvaldan) $3 \times 0,12 \text{ mm}$;
Chulg'am chetlarida qatlamlar aro izolyastiyani chiqishi (bir tomonga) 16 mm

$$\delta_{mk} = 0,12 \text{ mm} \cdot 3 = 0,36 \text{ mm}$$

42 Past kuchlanish tomonida yumaloq simli stilindrik chulg'am qo'llanilganda ikki stilindr orasidagi qatlamlar soni ichki va tashqi g'altaklar uchun teng olinadi $n_{\kappa 1} / 2 = 12 / 2 = 6 \text{ ta}$

43 G'altaklar orasidagi moy kanalining minimal kengligi (Ad-2, 9.2 a) jadvaldan)

$$a_{22}' = 5 - 6 \text{ mm}.$$

44 Chulg'amning radial o'lchamlari

Ekransiz bitta g'altak

$$a_1 = [d_1' \cdot n_{\kappa 1} + \delta_{mk} (n_{\kappa 1} - 1)] \cdot 10^{-3} = [1,85 \cdot 12 + 0,36(12 - 1)] \cdot 10^{-3} = 0,026 \text{ m}$$

Ekransiz ikkita g'altak

$$a_1 = [d_1' \cdot n_{\kappa 1} + \delta_{mk} (n_{\kappa 1} - 1) + a_{22}'] \cdot 10^{-3} = [1,85 \cdot 12 + 0,36(12 - 1) + 5] \cdot 10^{-3} = 0,031 \text{ m}$$

$$\text{Ekran bo'lganda } a_1' = a_1 + \delta_{\kappa p} + 2\delta = 0,031 + 0,0005 + 0,00036 = 0,03074 \approx 0,032 \text{ m}$$

45 Chulg'amning ichki diametri

$$D_1' = d + 2 \cdot a_{01} = 0,16 + 2 \cdot 0,015 = 0,19 \text{ m} = 19 \text{ sm}$$

46 Chulg'amning tashqi diametri

$$D_1'' = D_1' + 2 \cdot a_1 = 0,19 + 2 \cdot 0,032 = 0,254 \text{ m} = 25,4 \text{ sm}$$

47 Sovutilish sirti, m^2

$$\Pi_{01} = c \cdot n \cdot \kappa \cdot \pi (D_1' + D_1'') \cdot l_1 = 3 \cdot 2 \cdot 0,75 \cdot 3,14 (0,19 + 0,254) \cdot 0,352 = 2,2 \text{ m}^2$$

Sterjnlr soni $c = 3$; $n = 2$ g'altaklar soni; $k = 0,75$ chulg'am sirtini izolyastiyali detallar bilan qoplanishini hamda ichki va tashqi sirlarni hisobga oluvchi koeffitsient

48 Chulg'am metall massasi

$$G_1 = 28 \cdot c \cdot D_{yp} \cdot w_1 \cdot \Pi_1 = 28 \cdot 3 \cdot 0,222 \cdot 2161 \cdot 1,65 \cdot 10^{-3} = 66,5 \text{ kg}$$

Yuqori kuchlanish (VN) chulg'amini hisoblash

49 Nominal kuchlanishdagi yuqori kuchlanish chulg'amining o'ramlar soni

$$w_2 = U_{f2} / U_B = 20231 / 5,09 = 3974,6 \approx 3975 \text{ ta}$$

50 Yuqori kuchlanish chulg'ami „Y“ ulanganda kuchlanishni rostlashning bir pog'onasidagi o'ramlar soni

$$w_p = \square U / U_B \cdot \sqrt{3} = 875 / 5,09 \cdot 1,73 = 99,4 \approx 99 \text{ ta}$$

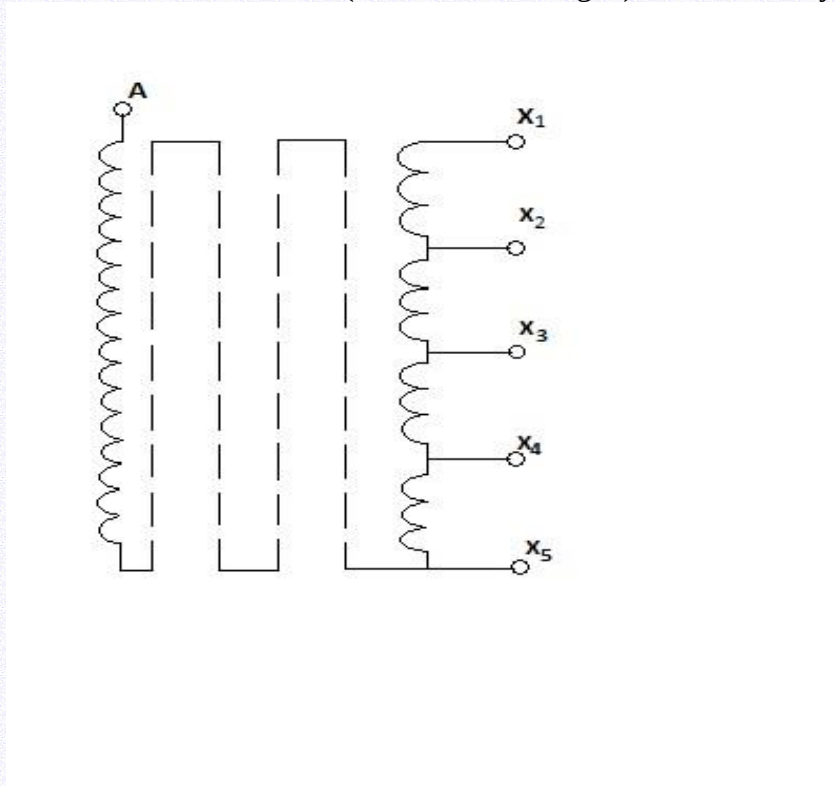
$\square U$ -rostlashning bir pogonasidagi kuchlanish yoki ikki qo'shni shaxobchalar orasidagi kuchlanishlar farqi

$$\Delta U = U_2 \cdot 2,5\% / 100\% = 35000 \cdot 2,5 / 100 = 875 \text{ V}$$

51 Shaxobchalardagi chulg'am o'ramlari soni

36750	$3975+2 \cdot 99 = 4173$	+5%	AX ₁
35875	$3975+99 = 4074$	+2,5%	AX ₂
35000	3975	0	AX ₃
34125	$3975-99 = 3876$	-2,5%	AX ₄
33250	$3975-2 \cdot 99 = 3777$	-5%	AX ₅

Kuchlanishni rostlash uchun (Ad-2, 6.6 rasmdagi a) sxemani tanlaymiz



3-rasm. Yuqori kuchlanish chulg'amida kuchlanishni rostlashning prinsial sxemasi(Qo'zg'atishsiz rostlash).

52 Tokning taqriban zichligi

$$j_2 = 2 \cdot j_{yp} - j_1 = 2 \cdot 2,97 - 2,95 = 2,99 A / mm^2$$

53 O'ramning taqriban kesimi

$$\Pi'_2 = I_{\phi 2} / j_2 = 2,64 / 2,99 \approx 0,88 mm^2$$

54 Ad-2, 5.8 jadvaldan $S_H = 160 kVA$; $U_{2H} = 35000V$

$I_{\phi 2} = 2,64 A$ va $\Pi'_2 = 0,88 mm^2$ bo'lganda yumaloq simli ko'p qatlamli stilindrik chulg'amni tanlaymiz (Ad-1, Tixomirov 1976-yil)

55 Ad-2, 5.1 jadvaldan $\Pi'_2 = 0,88 mm^2$ yaqin kesim $\Pi'_2 = 0,916 mm^2$ ni tanlaymiz sim markasi ПЭЛБО diametri

$$d'_2 = 1,08 mm, \quad 2\delta = 0,31 mm, \quad d''_2 = 1,08 + 0,31 = 1,39 mm.$$

$$\text{ПЭЛБО } x1x \frac{1,08}{1,39} \text{ massaning oshishi } 6\%$$

Simning izolyastiyasi $2\delta = 0,31 mm$

56 O'ramning to'liq kesimi

$$\Pi'_2 = n_{e2} \cdot \Pi'_2 = 1 \cdot 0,916 = 0,916 mm^2.$$

57 Tok zichligi

$$j_2 = I_{2\phi} / \Pi'_2 = 2,64 / 0,916 = 2,88 A / mm^2$$

58 Qatlamdagi o'ramlar soni

$$w_{2k} = \frac{l_2 \cdot 10^3}{n_{\delta 2} \cdot d_2} - 1 = \frac{0,352 \cdot 10^3}{1 \cdot 1,39} - 1 = 252,24 = 252 \text{ ta}$$

59 Chulg'amdagi qatlamlar soni

$$n_{k2} = w_2 / w_{2k} = 4173 / 252 = 16,55 \text{ Qabul qilamiz } n_{k2} = 17$$

60 Ikkita qatlamning ishchi kuchlanishi; V

$$U_k = 2 \cdot w_{2k} \cdot U_B = 2 \cdot 252 \cdot 5,09 = 256,5V$$

61 4.7 jadvaldan list qalinligidagi kabel qog'ozining qatlamlar soni 4 x 0,12mm

$\delta_{mk} 4 \times 0,12 = 0,48mm$. Chulg'am chetlarida qatlamlararo izolyastiyaning chiqishi (bir tomonga) 16mm

62 Qatlamlardagi o'ramlar soni

$$1-9 \text{ qatlam } 252 \cdot 9 = 2268$$

$$10-15 \text{ qatlam } 2545 \cdot 6 = 1509$$

$$16\text{-qatlam } 99 \cdot 2 = 198$$

$$17\text{-qatlam } 99 \cdot 2 = 198$$

Jami: 4173 ta o'ram.

Yuqori kuchlanish chulg'amini ikkita konstantrik g'altaklarga bo'lamiz, ichki B-6 ta qatlam va tashqi Г-11 ta qatlam. G'altaklar orasidagi o'q kanali 9-2a jadvalga asosan $a'_{22} = 5mm$

Impul'sli o'ta kuchlanishlardan himoya qilish uchun chulg'amni ichki qatlami ostidan stilindr sirtiga qirg'ilgan stilindrni hosil qiluvchi 0,5 mm qalinlikda mis simdan ekran o'rnatiladi. Ekran ikki tomondan kabel qog'ozini bilan izolyastiya qilinadi. Ekraning umumiy qalinligi izolyastiya bilan birgalikda 3mm.

63 Chulg'amning radial o'lchami

$$a'_2 = \text{ekran} + B \text{ g'altak} + \text{kanal} + \Gamma \text{ g'altak} = 3 + (6 \cdot 1,39 + 5 \cdot 0,48) + 5 + (11 \cdot 1,39 + 11 \cdot 0,48) = 3 + 10,74 + 5 + 20,57 = 39,31 \text{ mm} = 3,93 \text{ sm} = 0,039 \text{ m.}$$

Qisqa tutashuv kuchlanishini hisoblashlarda

$$a_2 = a'_2 - \delta_{\text{кр}} = 39,31 - 3 = 36,31mm \text{ dan foydalanish kerak}$$

64 Ichki diametr

$$D'_2 = D''_1 + 2 \cdot a_{12} = 0,254 + 2 \cdot 0,027 = 0,308m$$

65 Tashqi diametr $D'_2 = D'_2 + 2 \cdot a'_2 = 0,308 + 2 \cdot 0,039 = 0,386m$

66 Sovutilish sirti

$$\Pi_{02} = c \cdot \kappa \cdot \pi \cdot \frac{D'_2 + D''_2}{l_2} \cdot 10^{-4} = 3 \cdot 1,5 \cdot 0,83 \cdot 3,14 \cdot (0,308 + 0,386) \cdot 0,352 = 2,86m^2$$

67 O'rtacha diametr $D_{\text{ср}} = \frac{D'_2 + D''_2}{2} = \frac{0,308 + 0,386}{2} = 0,347$

68 Chulg'am metall massasi.

$$G_2 = 28 \cdot c \cdot D_{\text{ср}} \cdot w_2 \cdot \Pi'_2 \cdot 10^{-3} = 28 \cdot 3 \cdot 0,347 \cdot 4173 \cdot 0,916 \cdot 10^{-3} = 111,4kg .$$

III. QISQA TUTASHUV PARAMETIRLARINI HISOBLASH.

Transformatorning ikkilamchi cho'lg'ami qisqa tutashib qolganda, ikkilamchi kuchlanish $U_2 = 0$ bo'ladi.

Bu rejimda qisqa tutashuv toklari transformator chulg'amlaridagi nominal toklardan 10-20 marta ortib ketadi. Bu toklar juda katta xavf tug'diradi. Bunda juda katta mexanik kuchlar va termik kuchlar hosil bo'ladi. Shu sababli transformatorlar mexanik va termik jixatlari mustaxkam bo'lishlari zarur.

Transformatorlarni qisqa tutashuvdan himoya qilish uchun himoya vositalari qo'llaniladi. Cho'lg'amlaridagi nominal toklarni hosil qiladigan birlamchi cho'lg'amga beriladigan kichik qiymatli kuchlanishni qisqa tutashuv kuchlanishi deyiladi. Qisqa tutashuv kuchlanishining qiymati transformator shchitida ko'rsatilgan bo'ladi.

$$U_q = \frac{U_q}{U_n} \cdot 100\%$$

GOST bo'yicha qisqa tutashuv kuchlanishi chulg'amning nominal ishchi temperaturasi $+75^{\circ}\text{C}$ ga keltiriladi. Uch fazali ikki chulg'amli transformatorlar uchun

Quvvati MV.A	YuK, kV, nom	U _k %
5-5600	6,3 va 10	5,5
50-2400	35	6,5
3200-4200	35	7,0
5600-10000	35-38,5	7,5
15000-31500	35-38,5	8,0
3200-60000	110-121	10,5

Transformatorning quvvati va kuchlanishi qancha katta bo'lsa, qisqa tutashuv kuchlanishi ham katta bo'ladi.

Qisqa tutashuvda asosiy oqim kam bo'lganligi sababli po'lat o'zakdagi isroflarni hisobga olmaslik ham mumkin. Qisqa tutashuvda quvvat chulg'am mis simlaridagi isroflarni qonlashga sarflanadi.

$$P_q = P_{m1} + P_{m2}$$

Misdagi isroflar a) r_{10} va r_{20} chulg'amlarni o'zgaras tok bo'yicha qarshiliklari bilan aniqlanadigan asosiy isroflarga P_{m0} va b) misdagi qo'shimcha isroflarga (uyurma toklardan hosil bo'luvchi, sochilma oqimlardan bak devorlarida hosil bo'luvchi va hokazo) bo'linadi.

Chulg'am mis simlaridagi isrof asosiy isrof hisoblanadi.

$$P_{m0} = I_1^2 \cdot r_{10} + I_2^2 \cdot r_{20}$$

Qo'shimcha isroflar odatda asosiy isroflarga r_{10} va r_{20} qarshiliklarni $r_1 = r_{10} \cdot k_{r1}$ va $r_2 = r_{20} \cdot k_{r2}$ qiymatlargacha ko'paytirilib qo'shiladi. k_{r1} va k_{r2} qo'shimcha isrof koeffitsientlari.

Shunday qilib

$$P_q = P_{m1} + P_{m2} = I_1^2 \cdot r_1 + I_2^2 \cdot r_2 = I_1^2 \cdot r_1 + I_1^2 \cdot r_1^1 = I_1^2 \cdot r_q$$

Qo'shimcha isroflar chulg'am turiga, sim shakliga, chulg'am tuzilishiga bog'liq bo'ladi. Normal holatda k_{r1} va $k_{r2} = 1,05 \div 1,15$ ba'zi xolatda bundan ham yuqori bo'lishi mumkin.

Qisqa tutashuv quvvati muhim ekspluatatsion ahamiyatga ega. Standart transformatorlar uchun $P_0 : P_q = 1 : (2,5 \div 4)$

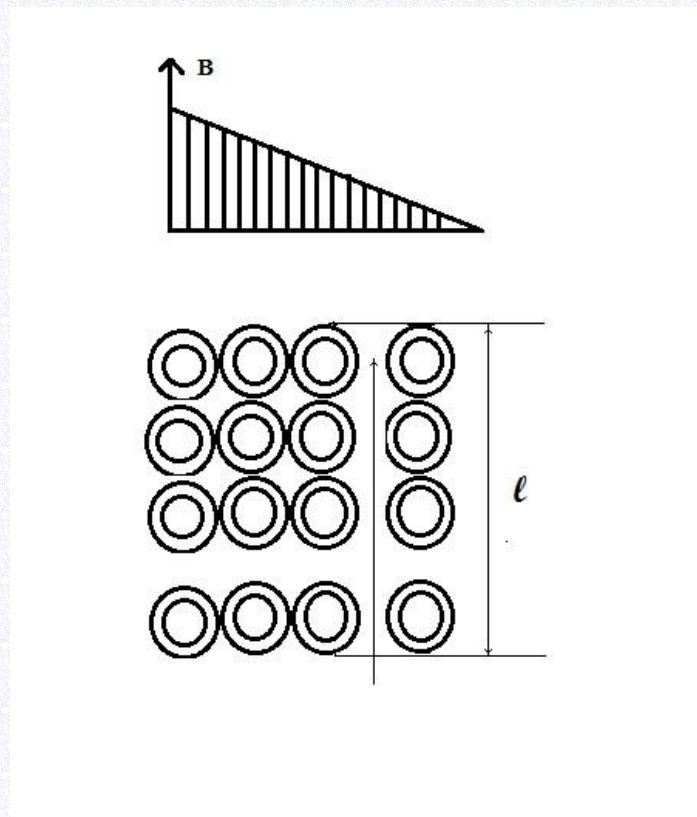
$\frac{P_0}{P_q}$ ning qiymati foydalanish ish koeffitsientining egri chizig'iga katta ta'sir ko'rsatadi.

$\frac{P_{q-n}}{P_n} \cdot 100$ va P_{q-n} - chulg'am temperaturasi $+75^{\circ}\text{C}$ da va $I_1 = I_n$ dagi quvvat.

Ikki chulg'amli bir va uch fazali transformatorlar uchun $\frac{P_{q-n}}{P_n} \cdot 100$ ning qiymatlarini jadvalda keltiramiz.

P_q kVA	$\frac{P_{q-n}}{P_n} \cdot 100, \%$
5 – 20	3,7 – 3
30 – 240	3 – 2
320 – 5600	2 – 1
7500 – 60000	1 – 0,4

- 69 Past kuchlanish chulg'amidagi asosiy isroflar. $P_{och1} = 2,4 \int_1^2 G_1 = 2,4 \cdot 2,95^2 \cdot 66,5 = 1389 \text{ Vt}$
- 70 Yuqori kuchlanish chulg'amidagi asosiy isroflar. $P_{och2} = 2,4 \int_2^2 G_2 = 2,4 \cdot 2,88^2 \cdot 111,4 = 2218 \text{ Vt}$
- 71 Chulg'amlardagi ko'shimcha isroflar



4-rasm. Chulg'amlarda qo'shimcha isroflarni aniqlash(yumaloq simlar uchun).

Past kuchlanish chulg'amidagi qo'shimcha isroflarni hisobga olish koeffisienti.

$$\kappa_{d1} = 1 + 0,044 \cdot \beta_1^2 \cdot d_1^4 \cdot n^2; \quad \beta_1^2 = \left(\frac{d \cdot m}{l} \cdot \kappa_p \right)^2 = \left(\frac{0,185 \cdot 1,79}{35,2} \cdot 0,95 \right)^2 = 0,8$$

bunda d -tanlangan simning (izolyastiyali) diametri

$$d = d_1'' = 1,85 \text{ mm} = 0,185 \text{ sm.}$$

n -sochilma maydon magnit induktyasi liniyalari yo'nalishga perpendikulyar yo'nalishdagi chulg'am simlari soni.

$$n_1 = a_1' : d_1'' = 3,2 : 0,185 = 17 \text{ ta}$$

m - sochilma maydon magnit induktyasi liniyalari yo'nalishiga parallel yo'nalishdagi chulg'am simlari soni.

$$m_1 = l : d_1'' = 35,2 : 0,185 = 190 \text{ ta}$$

PK chulg'amlaridagi qo'shimcha isroflarni hisobga olish koeffisienti.

$$\kappa_{d1} = 1 + 0,044 \cdot 0,8 \cdot 0,185^4 \cdot 17^2 = 1,012$$

Yuqori kuchlanish chulg'amidagi qo'shimcha isroflarni hisobga olish koeffisienti.

$$\kappa_{d2} = 1 + 0,044 \beta_2^2 \cdot d_2^4 \cdot n^2 = 1 + 0,044 \cdot 0,8 \cdot 0,139^4 \cdot 28^2 = 1,01$$

$$n_2 = a_2^1 : d_2'' = 3,9 : 0,139 = 28 \text{ ta}, \quad m_2 = l : d_2'' = 35,2 : 0,139 = 253 \text{ ta},$$

$$\beta^2 = \left(\frac{0,139 \cdot 239}{35,2} \cdot 0,95 \right)^2 = 0,8$$

- 72 Past kuchlanishli ulanma(otvodi) massasi uzunligi uchburchak ulanganganda

$$l_{om\epsilon 1} = 14 \cdot l = 14 \cdot 0,352 = 4,93 \text{ m} = 493 \text{ sm.}$$

73 Past kuchlanish ulanma(otvodi) massasi.

$$G_{om\epsilon 1} = l_{om\epsilon 1} \cdot \Pi_{om\epsilon 1} \cdot \gamma \cdot 10^{-8} = 493 \cdot 1,65 \cdot 8900 \cdot 10^{-8} = 0,072 \text{ kg}$$

$$\Pi_{om\epsilon} = \Pi_{obu} = 1,65 \text{ mm}^2, \gamma = 8900 \text{ kg} / \text{m}^3 - \text{ulanma(otvod) metali zichligi (mis)}$$

74 Past kuchlanishli ulanma(otvodi) dagi isrof $P_{om\epsilon 1} = 2,4 \int_1^2 G_{om\epsilon 1} = 2,4 \cdot 2,95^2 \cdot 0,072 = 1,5 \text{ Vt}$

75 Yuqori kuchlanish ulanma(otvodi) uzunligi $l_{om\epsilon 2} = 7,5 \cdot l = 7,5 \cdot 0,352 = 2,64 \text{ m}$ (yulduz ulanganda)

76 Yuqori kuchlanish ulanma(otvodi) massasi

$$G_{om\epsilon 2} = l_{om\epsilon 2} \cdot \Pi_{om\epsilon 2} \cdot \gamma \cdot 10^{-8} = 264 \cdot 0,916 \cdot 8900 \cdot 10^{-8} = 0,022 \text{ kg}$$

77 Yuqori kuchlanish ulanma(otvodi) dagi isrof $P_{om\epsilon 2} = 2,4 \cdot \int_2^2 G_{om\epsilon 2} = 2,4 \cdot 2,88^2 \cdot 0,022 = 0,44 \text{ Vt}$

78 Bak devorlaridagi isrof; $P_B = 10 \kappa S = 10 \cdot 0,011 \cdot 160 = 17,6 \text{ Vt}$ $k = 0,011$ (Ad-2, jadval 7,1)

79 Qisqa tutashuvdagi to'lik isrof

$$P_q = P_{och1} \cdot \kappa_{d1} + P_{och2} \cdot \kappa_{d2} + P_{om\epsilon 1} + P_{om\epsilon 2} + P_B = 1389 \cdot 1,012 + 2218 \cdot 1,01 + 1,5 + 0,44 + 17,6 = 1405,67 + 2240,18 + 1,5 + 0,44 + 17,6 = 3665,39 \text{ Vt}$$

80 Yuqori kuchlanishi o'rta pog'ona nominal kuchlanish uchun

$$P_q = 3665,39 - 0,05 \cdot P_{och2} \cdot k_{d2} = 3665,39 - 0,05 \cdot 2240,18 = 3553,38 \text{ Vt} \quad \text{yoki} \quad \frac{3553,38}{2650} \cdot 100 = 134\%$$

berilgan qiymatga nisbatan 34% yuqori. Shu sababli past va yuqori kuchlanish chulg'amlari uchun kattarok kesimli simlarni tanlaymiz va tanlangan simlar uchun qayta hisoblashlarni amalga oshiramiz.

Past kuchlanish chulg'ami uchun.

$$\Pi_{Bx1x} \frac{1,68}{2,08} \quad \Pi_1 = 2,22 \text{ mm}^2 \text{ li simni tanlaymiz.}$$

Yuqori kuchlanish chulg'ami uchun

$$\Pi_{Bx1x} \frac{1,30}{1,70} \quad \Pi_2 = 1,33 \text{ mm}^2 \text{ li simni tanlaymiz.}$$

Tok zichligi past kuchlanish chulg'ami uchun.

$$I_1 = \frac{I_{1\phi}}{\Pi_1} = \frac{4,86}{2,22} = 2,189 \text{ A} / \text{mm}^2$$

Yuqori kuchlanish chulg'ami uchun/

$$I_2 = \frac{I_{2\phi}}{\Pi_2} = \frac{2,64}{1,33} = 1,98 \text{ A} / \text{mm}^2$$

Past kuchlanish qatlamdagi o'ramlar soni.

$$w_{1\kappa} = \frac{l_1 \cdot 10^3}{n_{\kappa} \cdot d_1''} - 1 = \frac{0,352 \cdot 10^3}{1 \cdot 2,08} - 1 = 168,2 = 168 \text{ ta}$$

Chulg'amdagi qatlamlar soni. $n_{\kappa 1} = \frac{w_1}{w_{1\kappa}} = \frac{2161}{168} = 12,86$; $n_{\kappa 1} = 13$ ta qabul qilamiz.

Ikkita qatlamning ishchi kuchlanishi

$$U_{q1} = 2 \cdot w_{1\kappa} \cdot U_q = 2 \cdot 168 \cdot 5,09 = 1710 \text{ V}$$

Chulg'amning radial o'lchami

$$a_1 = [d_1'' \cdot n_{\kappa 1} + \delta_{mk} (n_{\kappa 1} - 1) + a_{22}^1] \cdot 10^{-3} = [2,08 \cdot 13 + 0,36(13 - 1) + 5] \cdot 10^{-3} = 0,03636 \text{ m} = 3,636 \text{ sm}$$

Chulg'amning tashqi diametri $D_1^* = D_1 + 2 \cdot a_1 = 0,19 + 2 \cdot 0,036 = 0,262 \text{ m}$

Sovutilish sirti m^2

$$\Pi_{01} = c \cdot n \cdot k \cdot \pi \cdot (D_1' + D_1'') \cdot l_1 = 3 \cdot 2 \cdot 0,75 \cdot 3,14 \cdot (0,19 + 0,262) \cdot 0,352 = 2,25 m^2$$

Chulg'am metal massasi

$$G_1 = 28 \cdot c \cdot D_{yp} \cdot w_1 \cdot \Pi_1 = 28 \cdot 3 \cdot 0,226 \cdot 2161 \cdot 2,22 \cdot 10^{-3} = 91 kg$$

$$D_{yp} = \frac{D_1' + D_1''}{2} = \frac{0,19 + 0,262}{2} = 0,226 m$$

Yuqori kuchlanish qatlamdagi o'ramlar soni

$$w_{2k} = \frac{l_2 \cdot 10^3}{n_g \cdot d_2''} - 1 = \frac{0,352 \cdot 10^3}{1 \cdot 1,70} - 1 = 207 \text{ ta}$$

Chulg'amdagi qatlamlar soni

$$n_{k2} = \frac{w_2}{w_{k2}} = \frac{4173}{207} = 20,16. \text{ Qabul qilamiz } n_{k2} = 21 \text{ ta}$$

Ikkita qatlamning ishchi kuchlanishi

$$U_{q2} = 2 \cdot w_{2k} \cdot U_b = 2 \cdot 207 \cdot 5,09 = 2107 V$$

Qatlamlardagi o'ramlar soni

$$1^{chi} - 12^{chi} \text{ qatlamlar } 12 \cdot 207 = 2484 + (13^{uu} - 19^{uu}) \text{ qatlamlar } 7 \cdot 184,7 = 1293 \text{ ta}$$

$$20\text{-qatlam } 2 \cdot 99 = 198$$

$$21\text{-qatlam } 2 \cdot 99 = 198$$

Jami: 4173 ta o'ram.

IV CHULG'AMNING RADIAL O'LCHAMI

$$a_2' = \text{экран} + "B" \text{ галтак} + \text{канал} + "Г" \text{ галтак} = 3 + (7 \cdot 1,70 + 6 \cdot 0,48) + 5 + (14 \cdot 1,70 + 14 \cdot 0,48) =$$

$$= 3 + 14,78 + 5 + 30,52 = 53,3 mm = 5,33 sm = 0,0533 m$$

Qisqa tutashuv kuchlanishini hisoblashda $a_2 = a_2' - \delta_{\text{экp}} = 53,3 - 3 = 50,3 mm$ dan foydalanish kerak

$$\text{Ichki diametr } D_2' = D_1'' + 2a_{12} = 0,262 + 2 \cdot 0,027 = 0,316 m$$

$$\text{Tashqi diametr } D_2'' = D_2' + 2 \cdot a_2' = 0,316 + 2 \cdot 0,053 = 0,422 m$$

$$\text{Qisqa tutashuv kuchlanishini hisoblashda } D_2'' = D_2' + 2a_2 = 0,316 + 2 \cdot 0,0503 = 0,416 m$$

Sovutilish sirti

$$\Pi_{02} = c \cdot n \cdot \kappa \cdot \pi (D_2' + D_2'') \cdot l_2 \cdot 10^{-4} = 3 \cdot 1,5 \cdot 0,83 \cdot 3,14 (0,316 + 0,416) \cdot 0,352 = 3,02 m^2$$

$$\text{O'rtacha diametr } D_{yp} = (D_2' + D_2'') / 2 = \frac{0,316 + 0,416}{2} = 0,366 m$$

Chulg'am metal massasi

$$G_2 = 28 \cdot c \cdot D_{yp} \cdot w_2 \cdot \Pi_2 \cdot 10^{-3} = 28 \cdot 3 \cdot 0,366 \cdot 4173 \cdot 1,33 \cdot 10^{-3} = 170,6 kg$$

Past kuchlanish chulg'amidagi asosiy isroflar

$$P_{o\text{ot}1} = 2,4 \cdot j_1^2 \cdot G_1 = 2,4 \cdot 2,189^2 \cdot 91 = 1046,5 \text{ Vt}$$

Yuqori kuchlanish chulg'amidagi asosiy isroflar

$$P_{o\text{ot}2} = 2,4 \cdot j_2^2 \cdot G_2 = 2,4 \cdot 1,98^2 \cdot 170,6 = 1605 \text{ Vt}$$

$$m_1 = l : d_1'' = 35,2 : 0,208 = 159,6 \approx 160 \text{ ta}$$

$$n_1 = a_1' : d_1'' = 3,636 : 0,208 = 17,48 \approx 17 \text{ ta}$$

$$\beta_1^2 = \left(\frac{d_1'' \cdot m_1}{l} \cdot \kappa_p \right)^2 = \left(\frac{0,208 \cdot 160}{35,2} \cdot 0,95 \right)^2 = 0,8$$

$$k_{d1} = 1 + 0,044 \cdot \beta_1^2 \cdot d_1^4 \cdot n_1^2 = 1 + 0,044 \cdot 0,8 \cdot 0,208^4 \cdot 17^2 = 1,019$$

$$n_2 = a_2' : d_2'' = 5,03 : 0,17 = 29,58 \approx 30 \text{ ta}$$

$$m_2 = l : d_2'' = 35,2 : 0,17 = 207 \text{ ta}$$

$$\beta_2^2 = \left(\left(\frac{d_2'' \cdot m_2}{l} \cdot k_p \right)^2 = \frac{0,17 \cdot 196}{35,2} \cdot 0,95 \right)^2 = 0,8$$

$$k_{d2} = 1 + 0,044 \cdot \beta_2'' \cdot d_2^4 \cdot n_2^2 = 1 + 0,044 \cdot 0,8 \cdot 0,170^4 \cdot 30^2 = 1,026$$

$$G_{otv1} = l_{otv1} \cdot \Pi_{otv1} \cdot \gamma \cdot 10^{-8} = 493 \cdot 2,22 \cdot 8900 \cdot 10^{-8} = 0,097 \text{ kg}$$

$$P_{otv1} = 2,4 \cdot j_1^2 \cdot G_{otv1} = 2,4 \cdot 2,189^2 \cdot 0,097 = 1,12 \text{ Vt}$$

$$G_{otv2} = l_{otv2} \cdot \Pi_{otv2} \cdot \gamma \cdot 10^{-8} = 264 \cdot 1,33 \cdot 8900 \cdot 10^{-8} = 0,03 \text{ kg}$$

$$P_{otv2} = 2,4 \cdot j_2^2 \cdot G_{otv2} = 2,4 \cdot 1,98^2 \cdot 0,03 = 0,28 \text{ Vt}$$

$$P_q = P_{och1} \cdot k_{d1} + P_{och2} \cdot k_{d2} + P_{otv1} +$$

$$P_{ome2} + P_\delta = 1046,5 \cdot 1,019 + 1605 \cdot 1,026 + 1,12 + 0,28 + 17,6 = 1066,38 + 1646,73 + 19 = 2732,11 \text{ Vt}$$

$$P_q = 2855,11 - 0,05 \cdot P_{och2} \cdot k_{d2} = 2732,11 - 0,05 \cdot 1646,73 = 2649,7 \text{ Vt}$$

$$\text{yoki } \frac{2649,7}{2650} \cdot 100 = 99,9\% \text{ berilgan qiymatga nisbatan}$$

81 Qisqa tutashuv kuchlanishining aktiv tashkil etuvchisi

$$U_a = P_q / 10 \cdot S = \frac{2649,7}{10 \cdot 160} = 1,66\%$$

82 Reaktiv tashkil etuvchisi

$$U_p = \frac{7,9 \cdot f \cdot S \cdot \beta \cdot a_p \cdot k_p}{U_\phi^2} \cdot 10^{-3} = \frac{7,9 \cdot 50 \cdot 53,33 \cdot 1,81 \cdot 4,38 \cdot 0,9 \cdot 10^{-3}}{5,09^2} = 5,8\%$$

$$k_p = 1 - \delta(1 - e^{-1/\delta}) = 1 - 0,103(1 - e^{-1/0,103}) = 0,9$$

$$\delta = \frac{a_{12} + a_1 + a_2}{\pi \cdot l} = \frac{2,7 + 3,636 + 5,03}{3,14 \cdot 35,2} = 0,103$$

83 Qisqa tutashuv kuchlanish

$$U_q = \sqrt{U_p^2 + U_a^2} = \sqrt{5,8^2 + 1,66^2} = \sqrt{36,39} = 6,03\% \text{ yoki } \frac{6,03}{6,5} \cdot 100\% = 92,8\%$$

berilgan qiymatga nisbatan.

84 Yuqori kuchlanish tomonda turg'unlashgan qisqa tutashuv toki

$$I_{qt} = I_{\phi 2} \frac{100}{U_q} = 2,64 \frac{100}{6,03} = 43,78 \text{ A}$$

85 Qisqa tutashuv tokinig maksimal oniy qiymati

$$i_{qt} = 1,41 \cdot k_M \cdot I_{qt} = 2,0186 \cdot 43,78 = 88,37 \text{ A}$$

$$\frac{U_p}{U_a} = \frac{5,8}{1,66} = 3,49 \text{ da } (\text{Ad-2, jadvaldan-7,3}) \kappa_M \cdot \sqrt{2} = 2,0186 \text{ (interpolyastiya bo'yicha)}$$

86 Radial kuch

$$F_p = 0,628(i_{\kappa M} \cdot w)^2 \cdot \beta \cdot K_p \cdot 10^{-6} = 0,628(88,37 \cdot 3975)^2 \cdot 1,81 \cdot 0,9 \cdot 10^{-6} = 126231 \text{ N bunda}$$

w-yuqori kuchlanish chulg'aming o'rta pog'ana dagi o'ramlar soni.

87 Past kuchlanish chulg'ami simlarida o'rtacha siquvchi kuchlanish

$$\delta_{PHH} = \frac{F_p}{2\pi \cdot w_1 \cdot \Pi_1} = \frac{126231}{2 \cdot 3,14 \cdot 2161 \cdot 2,22} = 4,2 \text{ MPa } (10,5\% \text{ ruxsat etilgan } \delta_{p, \text{don}} = 40 \text{ MPa ga}$$

nisbatan).

88 Yuqori kuchlanish chulg'ami simlarida o'rtacha siquvchan kuchlanish.

$$\delta_{PBH} = \frac{F_p}{2T_1 \cdot W_2 \cdot \Pi_2} = \frac{126231}{2 \cdot 3,14 \cdot 4173 \cdot 1,33} = 3,62 \text{ MPa } (9,05\% \cdot \delta_{pgolI} = 40 \text{ MPa})$$

89 Qisqa tutashuv yuz bergandan $t_k = 5 \text{ sek.}$ dan so'ng chulg'am harorati

$$V_k = \frac{670 \cdot t_k}{12,5 \left(\frac{U_k}{j_2} \right)^2 - t_k} + V_H = \frac{670 \cdot 5}{12,5 \left(\frac{6,03}{1,98} \right)^2 - 5} + 90 = 120,19^\circ C < 250^\circ C$$

V MAGNIT TIZIMI HISOBI

Magnit o'tkazgich transformatorning muhim tarkibiy qismi bo'lib, u chulg'amlararo magnit bog'lanishni kuchaytirishdan tashqari chulg'amlari va yordamchi qisimlarini o'rnatish hamda mahkamlash uchun konstruktiv asosdir.

O'zgaruvchan tokda ($f = 50\text{Hz}$) uyurma toklar tufayli hosil bo'ladigan energiya isroflarini kamaytirish maqsadida transformatorlarning magnit o'tkazgichlari $0,3 \div 0,35\text{ mm}$ qalinliklardagi sovuq holatda jo'valangan anizotrop (magnit hossalari yaxshilangan masalan 3404÷3406 markali) elektrotehnik po'lat plastinalari maxsus lok va oksid pardalari bilan qoplangan holda izolyatsiya qilinib yig'iladi.

Magnit sistemaning chulg'am joylashtirilgan qismini "sterjn" ularni ulab berk magnit zanjir hosil qiladigan qismini "yarmo" deyiladi.

O'zaklarni yarmo bilan birlashish usuliga ko'ra magnit o'tkazgichlar tutashgan va taxlangan turlarga bo'linadi.

Tutashgan magnit o'tkazgichda o'zaklar va yarmolar alohida –alohida yig'ilib so'ngra o'zaro bir butun qilib tutashtiriladi.

Taxlangan magnit o'tkazgichda o'zak va yarmo plastinalarini yig'ishda tutashgan magnit o'tkazgichiga nisbatan nomagnit havo oralig'larining ancha kamligi natijasida salt ishlash tokining keskin kamayishi uning afzalligidir.

Amalda fazaviy shaklli magnit sistemalari ham qo'llanilmoqda.

90 Paketlar o'lchamlari sterjn va yarmo kesimlarida sterjn diametri $d=16\text{sm}$ uchun 8.2-jadvaldan tanlanadi. Pog'onalar soni 6 ta bo'lganda stejn kesimining yarmidagi paketlar o'lchamlari

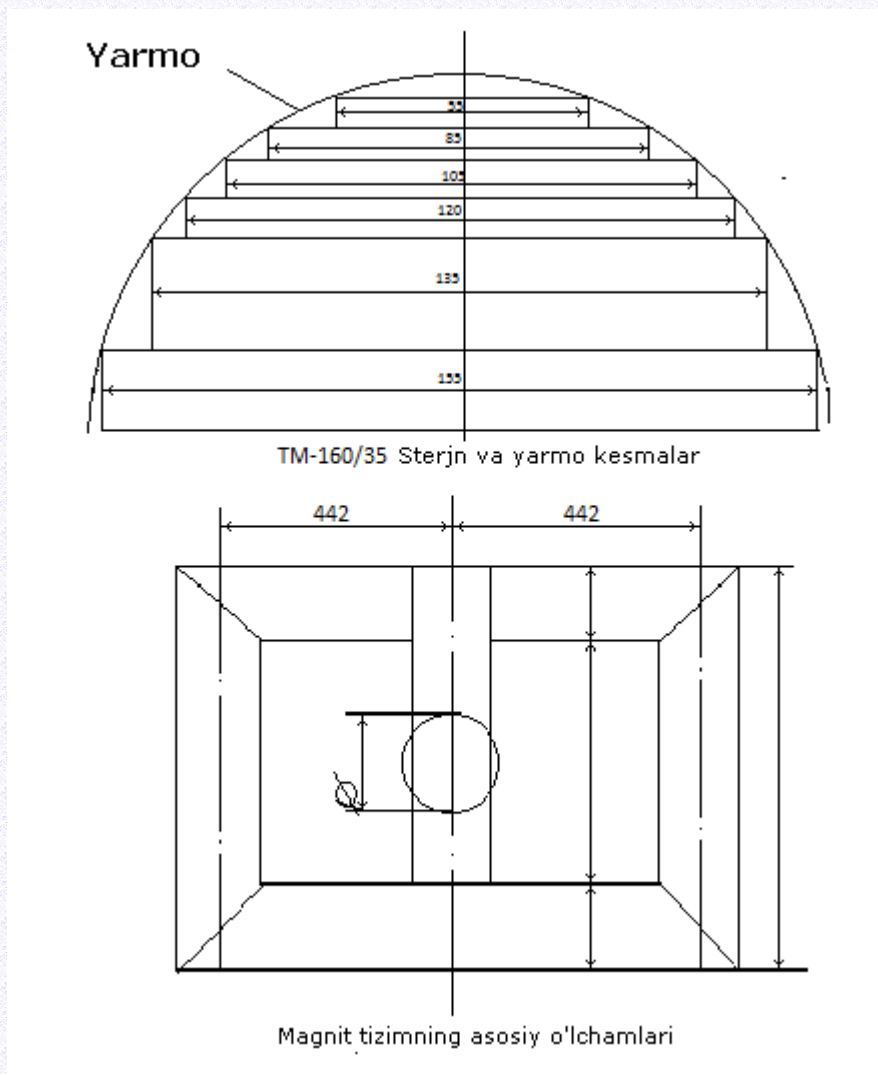
№	Paket eni, sm	Paket qalinligi, sm	Kesim yuzasi, sm^2
1	15,5	2,0	31
2	13,5	2,3	31,05
3	12,0	1,0	12
4	10,5	0,7	7,35
5	8,5	0,7	5,95
6	5,5	0,7	3,85

$$\sum_{bII} = 7,4\text{sm} \quad \frac{\Pi_{\phi c}}{2} = 91,2\text{sm}^2$$

Paketlar bo'yicha sterjnning to'liq kesimi $\Pi_{\phi n} = 2 \cdot 91,2 = 182,4\text{sm}^2$

91 Yarmo kesimida 5 ta pog'ona. Paketlar o'lchami 8.2 jadval bo'yicha

№	Paket eni, sm	Paket qalinligi, sm	Kesim yuzasi sm^2
1	15,5	2,0	31
2	13,5	2,3	31,05
3	12,0	4,0	12
4	10,5	0,7	7,35
5	8,5	$(0,7+0,7)=1,4$	11,9



5-rasm. Magnit tizimining asosiy o'lchamlari.(TM-160/35)

$$\sum b_{II} = 7,4sm \quad \frac{\Pi_{\phi y}}{2} = 93,3sm^2$$

Paketlar bo'yicha yarmoning to'liq kesimi $\Pi_{\phi y} = 2 \cdot 93,3 = 186,6sm^2$

92 Sterjnning aktiv kesimi

$$\Pi_c = \kappa_3 \cdot \Pi_{\phi c} = 0,97 \cdot 182,4 = 176,93sm^2 = 0,017693m^2$$

93 Yarmoning aktiv kesimi

$$\Pi_y = \kappa_3 \cdot \Pi_{\phi y} = 0,97 \cdot 186,6 = 181sm^2 = 0,0181m^2$$

94 Yarmo eni

$$b_y = \sum b_{II} \cdot 2 = 7,4 \cdot 2 = 14,8sm$$

95 Sterjnning uzunligi

$$l_c = l + 2 \cdot l_o = 35,2 + 2 \cdot 7,5 = 50,2sm$$

96 Sterjn o'qlari orasidagi masofa

$$C = D_2'' + a_{22} = 42,2 + 2 = 44,2sm = 0,442m$$

97 Yarmodagi po'lat massasi

$$G_y = G_y' + G_y'' = G_y' + 2G_y'' = 244,8 + 36,71 = 281,51kg$$

$$G_y' = 2(c-1) \cdot C \cdot \Pi_y \cdot \gamma_{CT} = 2(3-1) \cdot 44,2 \cdot 181 \cdot 7650 \cdot 10^{-6} = 244,8kg$$

$$\gamma_{CT} = 7650kg / m^3 - \text{transformator po'latining zichligi sovuq}$$

holda ishlov berilgan po'lat uchun

Bitta burchak po'lat massasi

$$G_y = 2K_3 \cdot \delta_{cm} \cdot 10^{-6} (a_{1c} \cdot a_{1y} \cdot b_{1c} + a_{2c} \cdot a_{2y} \cdot b_{2c} + \dots + a_{nc} \cdot a_{ny} \cdot b_{nc})$$

$$2G_y = 2 \cdot 2 \cdot 0,97 \cdot 7650 \cdot 10^{-6} (15,5 \cdot 15,5 \cdot 2,0 + 13,5 \cdot 13,5 \cdot 2,3 + 12 \cdot 12 \cdot 1,0 + 10,5 \cdot 10,5 \cdot 0,7 + 8,5 \cdot 8,5 \cdot 0,7 + 8,5 \cdot 5,5 \cdot 1,4) = 0,029682(480,5 + 419,175 + 144 + 77,175 + 50,575 + 65,45) = 36,71kg$$

$$G_y = 36,71 : 2 = 18,355 \text{ kg}$$

98 Sterjndagi po'lat massasi

$$G_c = G'_c + G''_c = 203,8 + 5,25 = 209,05kg$$

Magnit tizimi derazasidagi sterjnlr massasi

$$G_c = c \cdot \Pi_c \cdot l_c \cdot \gamma_{CT} = 3 \cdot 176,93 \cdot 50,2 \cdot 7650 \cdot 10^{-6} = 203,8kg$$

Sterj va yarmo paketlari stıklaridagi po'lat massasi

$$G''_c = c \cdot (\Pi_c \cdot a_{1\pi} \cdot \gamma_{CT} \cdot 10^{-6} - G_y) = 3(176,93 \cdot 15,5 \cdot 7650 \cdot 10^{-6} - 18,355) = 5,25kg$$

99 Transformator po'latining to'liq massasi

$$G_{CT} = G_{\pi} + G_c = 281,51 + 209,05 = 409,56kg$$

VI. SALT ISH ISROFLARINI HISOBLASH

Transformatorning ikkilamchi chulg'ami ulanmagan holda ($Z_n = \infty$, $I_2 = 0$) ishlash rejimi uning salt ishishi deyiladi. Bu holda EYuK lar va toklar tenglamalari quyidagi ko'rinishni oladi:

$$U_1 = (-E_1) + I_0 j x_1 + I_0 r_1$$

$$U'_{20} = E'_2$$

$$I_1 = I_0 \sqrt{I_{0a}^2 + I_{0p}^2}$$

I_{0a} - salt ish tokining aktiv tashkil etuvchisi

I_{0p} - reaktiv tashkil etuvchisi

$I_{0a} < 10\%$ I_0 bo'lgani uchun $I_0 \approx I_{0p}$

Transformator salt ishlaganda foydali quvvat nolga teng bo'lganligi uchun transformatorga kirishdagi quvvat P_0 salt ishlash rejimida magnit o'tkazgichdagi magnitaviy isroflar $P_{po'l}$ (uyurma toklar va gisterezisdagi isroflar) bilan faqat birlamchi chulg'am misidagi elektr isroflar $P_{ch} = 3 \cdot I_0^2 r_1$ ga sarflanadi. Lekin tok I_0 qiymati unchalik katta bo'lmaganligi, ya'ni I_{1n} ning 2-10% dan oshmaganligi va chulg'am aktiv qarshiligi tufayli elektr isroflar $3 \cdot I_0^2 r_1$ ni hisobga olmaslik va salt ishlash quvvatining hammasi magnit o'tkazgich po'latdagi magnitaviy isroflarni qoplashga sarflanadi, ya'ni $P_0 = P_{po'l}$. Shuning uchun transformatoridagi magnitaviy isroflarni salt ish isroflari deyish qabul qilingan.

$$100 \quad \text{Sterjndagi indukstiya} \quad B_c = \frac{U_B}{4,44 \cdot f \cdot \Pi_c} = \frac{5,09 \cdot 10^4}{4,44 \cdot 50 \cdot 176,93} = 1,3Tl$$

$$101 \quad \text{Yarmodagi indukstiya} \quad B_{\pi} = \frac{U_B}{4,44 \cdot f \cdot \Pi_c} = \frac{5,09 \cdot 10^4}{4,44 \cdot 50 \cdot 181} = 1,27Tl$$

$$102 \quad \text{Egri stıkdagi indukstiya} \quad B_{koc} = 1,3 / \sqrt{2} = 0,92Tl$$

103 Egri stıkdagi sterjn kesimi maydoni

$$\Pi_{koc} = \sqrt{2} \cdot \Pi_c = 1,41 \cdot 176,93 = 249,47sm^2 = 0,024947m^2$$

104 Ad-2, 8.10 jadvaldan sterjn, yarmo va stıklar po'latlari uchun solishtirma isroflarni aniqlaymiz

$$B_c = 1,3Tl \text{ da } P_c = 0,785 \text{ Vt/kg} \quad P_{z,s} = 620 \text{ Vt/m}^2$$

$$B_{ya} = 1,27Tl \text{ da } P_{ya} = 0,752 \text{ Vt/kg}, P_{z,ya} = 583,5 \text{ Vt/m}^2 \text{ (interpolyastiya bilan)}$$

$$B_{koc} = 0,92 \text{ Tl da } P_{z,koc} = 293 \text{ Vt/m}^2 \text{ (interpolyastiya bilan)}$$

- 105 Ad-2, 8.12 jadvaldan $k_{pya}=1,0$; $k_{p.sh}=1,01$; $k_{p.r}=1,05$; $k_{p.z}=1,0$; $k_{p.p}=1,03$; $k_{p.y}=10,18$
Calt ish isrofi

$$P_x = [k_{n.p} \cdot k_{n.3} (P_c \cdot G_c + P_{\text{я}} G_{\text{я}}' - 4P_{\text{я}} \cdot G_y + \frac{P_c + P_{\text{я}}}{2} \cdot k_{n.y} \cdot G_y) + \sum P_3 \cdot n_3 \cdot \Pi_3] \cdot k_{n.y} \cdot k_{n.n} \cdot k_{n.ш} =$$

$$= [1,05 \cdot 1,0 \cdot (0,785 \cdot 209,05 + 0,752 \cdot 244,8 - 4 \cdot 0,752 \cdot 18,355 + \frac{0,785 + 0,752}{2} \cdot 10,18 \cdot 18,355) +$$

$$+ 4 \cdot 0,024947 \cdot 293 + 1 \cdot 0,017693 \cdot 620 + 2 \cdot 0,0181 \cdot 583,5] \cdot 1,0 \cdot 1,03 \cdot 1,01 = 541,07 \text{ Vt}$$

$$\text{yoki } \frac{660 - 541,07}{660} \cdot 100 = 18\% \text{ ga berilgandan kam.}$$

Salt ish toki hisobi

- 106 Ad-2, 8-17 jadvaldan solishtirma magnitlovchi quvvatlarni aniqlaymiz
 $B_c=1,3 \text{ Tl}$ da $q_c=0,9 \text{ VA/kg}$ $q_{c.3}=6000 \text{ VA/m}^2$
 $B_{\text{я}}=1,27 \text{ Tl}$ da $q_{\text{я}}=0,855$ $q_{\text{я.3}}=5310 \text{ VA/m}^2$ (interpolyastiya bilan)
 $B_{\text{koc}}=0,92 \text{ Tl}$ da $q_{\text{koc}}=652 \text{ VA/m}^2$ (interpolyastiya bilan)
- 107 Koeffisient $k_{T.p}=1,18$; $k_{T.3}=1,0$; $k_{T.шл}=1,33$ jadval 8.21 interpolyastiya $k_{T.y}=1,0$; $k_{T.ш}=1,045$
Ad-2, jadval 8.12; $k_{T.ш}=1,01$; $k_{T.y}=29,6$ jadval 8.19 va $k_{T.y}=4k_{\text{Ty.kp}} + 2 \cdot 1,25 k_{\text{Ty.cp}}$ ifoda bo'yicha
va $B_c=1,3 \text{ Tl}$ da interpolyastiya bo'yicha
Salt ishdagi magnitlovchi quvvat

$$Q_x = [k_{T.p} \cdot k_{T.3} \cdot (q_c \cdot G_c + q_{\text{я}} \cdot G_{\text{я}}' - 4 \cdot q_{\text{я}} \cdot G_y + \frac{q_c + q_{\text{я}}}{2} k_{Ty} \cdot k_{шл} \cdot G_y) + 4 \cdot q_{\text{koc}} \cdot \Pi_{3\text{koc}} +$$

$$+ 1q_{c3} \cdot \Pi_c + 2 \cdot q_{\text{я3}} \cdot \Pi_{\text{я}}] \cdot k_{T.y} \cdot k_{T.ш} \cdot k_{T.ш}$$

$$Q_x = [1,18 \cdot 1,0 (0,9 \cdot 209,05 + 0,855 \cdot 244,8 - 4 \cdot 0,855 \cdot 18,355 + \frac{0,9 + 0,855}{2} \cdot 29,6 \cdot 1,33 \cdot 18,355) +$$

$$+ 4 \cdot 652 \cdot 0,024947 + 1 \cdot 6000 \cdot 0,017693 + 2 \cdot 5310 \cdot 0,0181] \cdot 1,0 \cdot 1,045 \cdot 1,01 = 1590 \text{ VA}$$

- 108 Salt ish toki.

$$i_0 = Q_x / 10S = 1590 / 10 \cdot 160 = 0,99\% \text{ yoki } 0,99\% \cdot 100 / 2,4 = 41,25\% \text{ berilgan qiymatga nisbatan.}$$

- 109 Salt ish tokining aktiv tashkil etuvchisi.

$$i_{0a} = \frac{P_x}{10 \cdot S} = \frac{541,07}{10 \cdot 160} = 0,338\%$$

- 110 Salt ish tokining reaktiv tashkil etuvchisi.

$$I_{op} = \sqrt{i_0^2 - i_{0a}^2} = \sqrt{0,99^2 - 0,338^2} = \sqrt{0,9801 - 0,1142} = \sqrt{0,8659} = 0,93\%$$

VII-TRANSFORMATORNI ISSIQLIK HISOBI.

Transformatorning qizishi va sovutish muammolari xuddi aylanuvchan elektr mashinalariniki kabidir, shu farq bilan-ki, transformatorlarda aylanuvchan qism bo'lmaydi. Bu esa ventilyastiyaga hamda mos holda ularni qizishiga ta'sir etadi. Mashinalardagi kabi transformatorlarning o'zak va chulg'amlaridan ajralib chiquvchi isroflar issiqlik energiyasiga aylanadi va transformatorning mos qismlarini qizishiga sabab bo'ladi.

Moyli transformatorning issiqlik rejimi kuchli darajada uni sovutish usuliga bog'liqdir. Transformatorlar sovutish bo'yicha quyidagicha farqlanadi.

a) tabiiy moyli sovutish; b) shamol berish orqali tezkor sovutish v) majburiy moyni aylantirish (stirkulyastiya) va uni suv yoki havo orqali sovutish.

7500 kVA gacha bo'lgan transformatorlar tabiiy moyli sovutishga ega katta quvvatli transformatorlar shamollatish va maxsus hollarda majburiy moyni stirkulyastiyalash orqali bajariladi.

Transformator ishlash jarayonida doim qiziydi. Ishlash davomida muhit temperaturasi $+35^{\circ}\text{C}$ bo'lganda transformator chulg'amlarining temperaturasi $+70^{\circ}\text{C}$ dan ferromagnit o'zakniki $+75^{\circ}\text{C}$ dan; moyning ustki qatlami $+60^{\circ}\text{C}$ dan ortib ketmasligi lozim.

Amalda sovitish usuliga qarab quruq (S markali), moyli (M markali) va yonmaydigan suyuq dielektrik bilan to'ldirilgan kuch transformatori keng ishlatiladi. Quruq transformator bino ichida, stexlarda o'rnatiladi, ular ishlatishda qulay. Havoning elektr mustahkamligi pastroq bo'lganligi uchun quruq transformatorlarda izolyastion bo'shliqlar va ventilyastion kanallar kattaroq qilinadi.

Quruq transformatorning quvvati 1600÷2500 kVA, yuqori kuchlanish 15÷20 kV gacha bo'lishi mumkin.

Moyli transformatorlarda ferromagnit o'zakni chulg'amlar bilan birga transformator moyi bilan to'ldirilgan metall bakka joylashtiriladi. Transformatorlarda elektr mustahkamligi 70÷120 kV/sm bo'lgan maxsus tayyorlangan mineral moy ishlatiladi. Kichik quvvatli (30 kVA gacha) kuch transformatori bakining devorlar tekis bo'ladi. Kattaroq quvvatli (1800 kVA gacha) transformatorlarda sovitish yuzasini kattalashtirish uchun bak devori qobirg'asimon qilib tayyorlanadi, bu maqsadda bak devorlariga maxsus trubalar payvandlanadi. Quvvati 1800÷10000 kVA gacha bo'lgan transformatorlarda bakning tashqi tomonida trubali radiatorlar o'rnatiladi. Quvvati 10000÷63000 kVA bo'lgan transformatorlarda radiator trubalari tashqi tomondan maxsus ventilyatorlar bilan sovutilib turiladi. Yanada katta quvvatli transformatorlarda moy nasos yordamida maxsus sovutuvchi qurilma o'tkaziladi va moyning majburiy harakati ta'minlanadi.

Havoning transformator moyiga zararli ta'sirini kamaytirish hamda bok hajmini kengaytirish maqsadida quvvati 75 kVA va undan ortiq transformatorlar qopqog'i ustiga maxsus kengaytiruvchi bak o'rnatiladi. Kengaytiruvchi bak asosiy bak bilan truba orqali tutashtiriladi. Odatda transformator moyi kengaytiruvchi bakning yarmigacha to'ldiriladi.

Kengaytiruvchi bakning havo bilan tutashadigan joyiga biror idishda havoning namligini o'zida olib qoluvchi modda-sorbent qo'yiladi. Quvvati 160 kVA va undan ortiq bo'lgan transformatorlarda moyni tozalab turish uchun termosifon filtr o'rnatiladi. Kengaytiruvchi bakning yon tomoniga undagi moyning sathini ko'rsatuvchi shisha naycha o'rnatiladi.

Quvvati 1000 kVA va undan ortiq transformatorlarda uni ichki buzilishlardan saqlaydigan maxsus saqlagich asbob - gaz relesi bo'lib, u asosiy bakni kengaytiruvchi bak bilan tutashtiruvchi trubaga o'rnatiladi.

Har bir transformatorning baki devorida o'rnatilgan temir tunukachada uning texnik ta'rifi yozilgan bo'ladi.

111 Haroratning ichki tushuvi katolik o'lchamiga ega bo'lgan tashqi g'altak „Γ” uchun hisoblanadi. 1m^3 hajmda chulg'amdagi isrof.

$$P_M = 1,68 \frac{J_2^2 \cdot d_2'^2}{(d_2'' + \delta_{mc}) d_2''} \cdot 10^{-8} = 1,68 \cdot \frac{1,98^2 \cdot 10^{12} \cdot 1,3^2}{(1,7 + 14 \cdot 0,48) \cdot 1,7} \cdot 10^{-8} = \frac{66254,76}{14,314} = 4628,7 \text{ Vt/m}^2$$

Keyingi hisoblashlar Ad-2, 9,13; 9,12; 9,10; va 9,4 ifodalar bilan olib boriladi.

112 Chulg'amni o'rtacha shartli issiqlik o'tkazuvchanligi.

$$\lambda = \lambda_{u3} (0,7 \cdot \sqrt{\alpha}) = 0,17 \cdot (0,7 \cdot \sqrt{0,3}) = 0,17 \cdot (0,7 \cdot 0,55) = 0,065 \text{ Vt/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda_{u3} = 0,17 \text{ Vt} / (m \cdot ^{\circ}\text{C}), (9,1\text{-jadvaldan})$$

$$\alpha = (d_2'' - d_2') / d_2' = (1,7 - 1,3) / 1,3 = 0,3$$

113 Qatlamlararo izolyastiyani hisobga olgandagi o'rtacha issiqlik o'tkazuvchanlik.

$$\lambda_{cp} = \frac{\lambda \cdot \lambda_{mc} \cdot (d_2'' + \delta_{mc})}{\lambda \cdot \delta_{mc} + \lambda_{mc} \cdot d_2''} = \frac{0,065 \cdot 0,17 \cdot (1,7 + 14 \cdot 0,48)}{0,065 \cdot 14 \cdot 0,48 + 17 \cdot 1,7} = \frac{0,093}{0,7258} = 0,13 \text{ Vt/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

114 „Γ” g'altakda haroratning to'liq ichki tushuvi.

$$\Theta_0 = \frac{P \cdot a^2}{8 \cdot \lambda_{cp}} = \frac{4628,7 \cdot 30,52^2 \cdot 10^{-6}}{8 \cdot 0,13} = 4,15 ^{\circ}\text{C}$$

a-Γ g'altakning radial o'lchami a_2' -ekran – B g'altak – kanal = 5,33-0,5-1,478-0,3 = 3,052 sm (Qisqa tutashuv hisobidan) = 30,52 mm.

- 115 Haroratni ichki o'rtacha tushuvi

$$\Theta_{0, \text{cp}} = \frac{2}{3} \cdot \Theta_0 = \frac{2 \cdot 4,15}{3} = 2,77 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- 116 Chulg'am sirtida haroratning tushuvi.

$$\Theta_{0, \text{M}} = k \cdot q^{0,6} = 0,285 \cdot 877,38^{0,6} = 0,285 \cdot 58,33 = 16,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Issiqlik oqimi zichligi

$$q = \frac{P_q}{\Pi_{\text{oxl2}}} = \frac{2649,2}{3,02} = 877,38 \text{ Vt/m}^2 \text{ (qisqa tutashuv hisoblari)}$$

- 117 Chulg'am haroratini moy haroratidan o'rtacha oshishi.

$$\Theta_{0, \text{MCP}} = \Theta_{0, \text{cp}} + \Theta_{0, \text{M}} = 2,77 + 16,6 = 19,37 \approx 19,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Bakning issiqlik hisobi

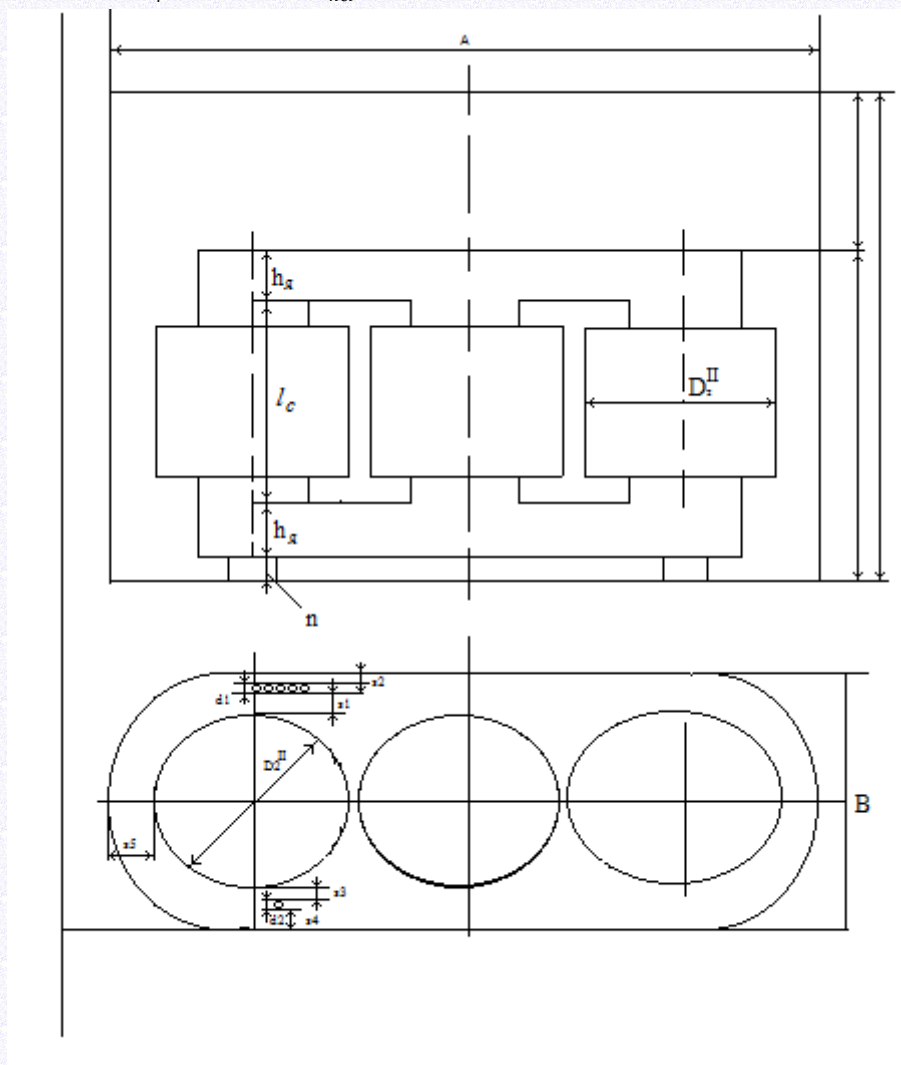
- 118 Ad-2, 9.4-jadvaldan transformator quvvatiga mos holda tekis trubali bakni tanlaymiz.

Bakning minimal kengligi (eni)

$$B = D_2'' + (s_1 + s_2 + d_2 + s_3 + s_4 + d_1) \cdot 10^{-3} = 0,422 + (50 + 50 + 20 + 33 + 90 + 10) \cdot 10^{-3} = 0,6750 \text{ m} \approx 0,7 \text{ m}$$

Izolyastion masofalar Ad-2, 4.11 va 4.12 jadvallardan

$s_1 = 50 \text{ mm}$ ($U_{\tilde{n}\tilde{e}i} = 85 \text{ kV}$ uchun); $s_2 = 50 \text{ mm}$ ($U_{\tilde{n}\tilde{e}i} = 85 \text{ kV}$ uchun); $s_3 = 33 \text{ mm}$ ($U_{\tilde{n}\tilde{e}i} = 35 \text{ kV}$ uchun); $s_4 = 90 \text{ mm}$ ($U_{\tilde{n}\tilde{e}i} = 85 \text{ kV}$ uchun); $B = 0,7 \text{ m}$ qabul qilamiz.



6-rasm. Bakning asosiy o'lchamlarini aniqlash.

- 119 Bak uzunligi.

$$A = 2C + D_2'' + 2S_5 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 0,442 + 0,422 + 2 \cdot 90 \cdot 10^{-3} = 0,884 + 0,422 + 0,18 = 1,486 \dots \approx 1,5 \text{ m} = 150 \text{ sm}$$

- 120 Aktiv kism balandligi $H_{a,q} = l_c + 2h_q + n \cdot 10^{-3} = 0,502 + 2 \cdot 0,155 + 50 \cdot 10^{-3} = 0,862 \text{ m}$

n-quyi yarmo ostidagi podkilatka qalinligi ($n=30 \div 50$ mm) yuqori yarmoda transformator bak qopqog'igacha bo'lgan masofani Ad-2, 9,5-jadvaldan yuqori kuchlanish chulg'ami ishchi kuchlanishi bo'yicha tanlaymiz. $H_{я.к}=400$ mm=0,4 m.

121 Bak chuqurligi $H_B = H_{a.ч} + H_{я.к} = 0,862 + 0,4 = 1,262$ m

123 Moyning o'rtacha haroratini ruxsat etilgan oshishi o'rab turgan muhit havosiga nisbatan.

$$\Theta_{M.B} = 65 - \Theta_{0.M.ср} = 65 - 19,4 = 45,6 \text{ } ^\circ\text{C} . \text{ (Eng qizigan yuqori kuchlanish chulg'ami uchun)}$$

124 Yuqori qatlamlarda moy haroratini bu holda oshishi

$$\Theta_{M.BB} = 1,2 \Theta_{M.B} = 1,2 \cdot 45,6 = 54,72 \text{ } ^\circ\text{C} < 55 \text{ } ^\circ\text{C} .$$

125 Dastlab bak devori ichki sirtlarida harorat tushuvi $\Theta_{M.6} = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$ va zaxirani $2 \text{ } ^\circ\text{C}$ qabul qilib, bak devori haroratini havo haroratidan o'rtacha oshuvini aniqlaymiz.

$$\Theta_{6.B} = \Theta_{M.B} - \Theta_{M.6} = 45,6 - 5 - 2 = 38,6 \text{ } ^\circ\text{C} .$$

127 Bakning tanlangan o'lchamlari uchun bakning tekis qismida konveksiya sirtini hisoblaymiz.

$$\Pi_{к.г\pi} = [2(A-B) + \pi B] \cdot H_B = [2(1,5 - 0,7) + 0,7 \cdot 3,14] \cdot 1,262 = 4,8 \text{ m}^2$$

128 Transformator bakining taqriban nurlanish sirti.

$$\Pi_{н} = \Pi_{к.г\pi} \cdot k = 4,8 \cdot 1,35 = 6,48 \text{ m}^2 ; k = 1,2 \div 1,5 \text{ (Tixomirov 1976-433 bet).}$$

129 Berilgan $\Theta_{6.B} = 38,6 \text{ } ^\circ\text{C}$ uchun mo'ljaldagi zaruriy konveksiya.

$$\Pi'_{к} = \frac{1,05(P_{к} + P_{х})}{2,5\Theta_{6.B}^{1,25}} - 1,12\Pi_{н} = \frac{1,05(2649,7 + 541,07)}{2,5 \cdot 38,6^{1,25}} - 1,12 \cdot 6,48 = \frac{3350,3}{2,5 \cdot 96,21} - 7,26 =$$

$$= 13,93 - 7,26 = 6,67 \text{ m}^2$$

130 9.7-jadvaldan 160 kVA quvvat uchun bir qatorli oval trubali bakni tanlaymiz. Qatorlar aro qadam $t_p = 100$ mm, qator qadami $t_r = 70$ mm; truba o'lchamlari 72x20 mm; trubani egilish radiusi

$R = 188$ mm; ichki qator trubasining to'g'ri kismi $a_1 = 50$ mm; Tashqi qator uchun truba o'qlari orasidagi masofa.

$$b_2 = H_B - c - e = 1262 - 85 - 95 = 1082 \text{ mm}$$

$c = 85$ mm, $e = 95$ mm. Jadval-9.8 va eslatmaga asosan, $a_2 = a_1 + t_p = 50 + 100 = 150$ mm. Trubali devor o'lchamlari 9-15 rasm bo'yicha olinadi. (Tixomirov 1986-yil). Ichki qator uchun $b_1 = b_2 - 2t_p = 1082 - 2 \cdot 100 = 882$ mm

Ichki qator trubasining uzunligi $\ell_1 = (b_1 - 2R) + \pi R + 2a_1 = 882 - 2 \cdot 188 + 3,14 \cdot 188 + 2 \cdot 50 = 882 - 376 + 590,32 + 100 = 1196,32$ mm=1,196 m.

131 Trubo konveksiyasining zaruriy sirti.

$$\Pi_{к.тp} = \Pi'_{к} - \Pi_{к.г\pi} = 6,67 - 4,8 = 1,87 \text{ m}^2$$

132 Trubalarning zaruriy fakt siri

$$\Pi_{тp} = \frac{\Pi_{к.тp}}{K_{\phi}} = \frac{1,87}{1,4} = 1,34 \text{ m}^2 \text{ (} k_{\phi} = 1,4 \text{ bir qator trubalar uchun jadval-9,6)}$$

133 1m truba sirt $0,16 \text{ m}^2$ (Ad-2, jadval 9.7) da trubalarining umumiy uzunligi

$$L = \frac{\Pi_{тp}}{0,16} = \frac{1,34}{0,16} = 8,4 \text{ m bo'lishi kerak}$$

134 Bu umumiy uzunlikni hosil qilish uchun qatordagi trubalar soni.

$$m_{тp} = \frac{L}{\ell_1} = \frac{8,4}{1,196} = 7 \text{ ta bo'lishi kerak, qabul qilamiz } m_{тp} = 6$$

135 Qatordagi trubalar qadami.

$$t_r = \frac{2(A-B) + \pi B}{m_{тp}} = \frac{2(1,5 - 0,7) + 3,14 \cdot 0,7}{6} = 0,63 \text{ m} = 0,63 \text{ sm.}$$

136 Trubalar bo'yicha, trubalarining tashqi perimetri bo'yicha bak sirtini nurlanishi

$$\Pi_{н} = [2(A-B) + \pi (B + 2a_1 + 2R + 2t_p + d)] \cdot H_B + 0,5\Pi_{кp} =$$

$$= [2(1,5 - 0,7) + 3,14(0,7 + 2 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,188 + 2 \cdot 0,1 + 0,072)] \cdot 1,262 + 0,5 \cdot 1,27 = 8,4 \text{ m}^2$$

$$\text{Qapqoq sirti } \Pi_{\kappa p} = \pi \cdot \frac{(B+16)^2}{4} \cdot 10^{-4} + (A-B)(B+16) \cdot 10^{-4} =$$

$$= 3,14 \cdot \frac{(70+16)^2}{4} \cdot 10^{-4} + (150-70)(70+16) \cdot 10^{-4} = 0,58 + 0,69 = 1,27 \text{ m}^2$$

137 Trubalar sirt (fakt bo'yicha) $\Pi_{\text{TP}} = m_{\text{TP}} \cdot \ell_1 \cdot 0,16 = 6 \cdot 1,96 \cdot 0,16 = 1,15 \text{ m}^2$

138 Bak devori haroratining o'rtacha oshishi.

$$\Theta_{0,B} = \left[\frac{1,05(P_{\kappa} + P_x)}{2,8\Pi_{\text{II}} + 2,5\Pi_{\kappa}} \right]^{0,8} = \left[\frac{1,05(2649,7 + 541,07)}{2,8 \cdot 8,4 + 2,5 \cdot 8,2} \right]^{0,8} = \left[\frac{3350,3}{44,02} \right]^{0,8} = 76,1^{0,8} = 4,69 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

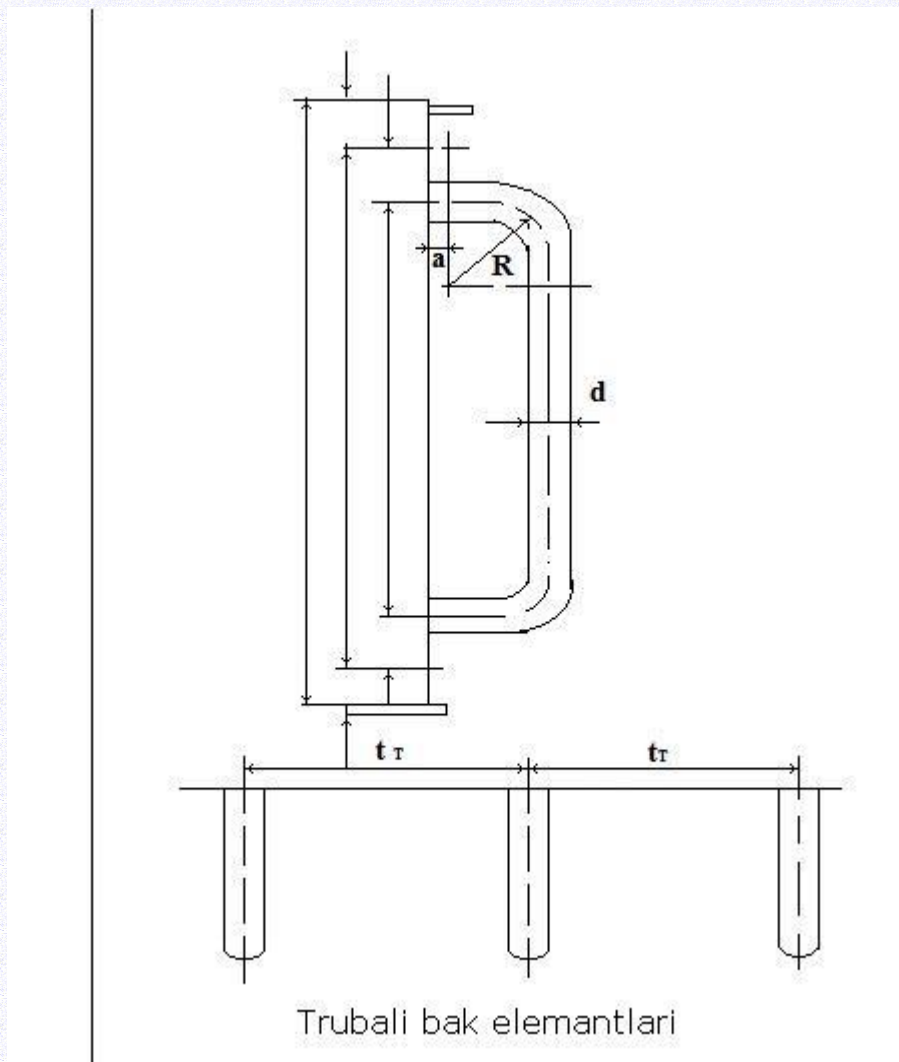
Bak konveksiyasi sirti $\Pi_{\kappa} = \Pi_{\kappa-\Gamma\Lambda} \cdot \kappa_{\Phi-\Gamma\Lambda} + \Pi_{\text{TP}} \cdot \kappa_{\Phi\text{TP}} + \Pi_{\text{KP}} \cdot \kappa_{\Phi\text{KP}} =$

$$= 4,8 \cdot 1 + 1,34 + 1,27 \cdot 0,5 = 4,8 + 2,74 + 0,635 = 8,2 \text{ m}^2 \quad (\kappa_{\Phi} - \text{koeffitsiyentlar jadval 9-6})$$

139 Turba devori haroratidan bak devori atrofida moy haroratining o'rtacha oshishi.

$$\Theta_{M,6} = 0,165 \left[\frac{1,05(P_{\kappa} + P_x)}{\Pi_{\text{TP}} + \Pi_{\Gamma\Lambda} + \Pi_{\text{KP}} \cdot 0,5} \right]^{0,6} = 0,165 \left[\frac{1,05(2649,7 + 541,078)}{1,34 + 4,8 + 1,27 \cdot 0,5} \right]^{0,6} =$$

$$= 0,165 \left[\frac{3350,3}{6,775} \right]^{0,6} = 0,165 \cdot 494,5^{0,6} = 81,6^{0,6} = 14,03 \text{ } ^\circ\text{C}.$$



7-rasm

140 Moy o'rtacha haroratining atrof haroratidan oshishi.

$$\Theta_{M,B} = \Theta_{M,6} + \Theta_{0,B} = 14,03 + 4,69 = 18,72 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

141 Yuqori qatlamlarda moy haroratining oshishi.

$$\Theta_{M,BB} = \delta \cdot \Theta_{M,B} = 1,2 \cdot 18,72 = 22,5 \text{ } ^\circ\text{C} < 55 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ . Ruqsat doirasida}$$

$$\Theta_{OB2} = \Theta_{O.M.cp} + \Theta_{M.B} = 19,4 + 18,72 = 38,12 \text{ }^{\circ}\text{C} < 65 \text{ }^{\circ}\text{C} . \text{ Ruxsat doirasida.}$$

«Elektr mexanika» fanidan kurs ishi variantlari

2014-2015 o'quv yili VI – semestr

V. №	Transformator tipi	Nominal quvvati kVA	Nominal kuchlanish kV		Isroflar kVt		U _k %	i _{xx} %	Ulanish guruhi	Rostlash qurilma si
			YuCh	PCh	P _{xx}	P _{qt}				
1	TM-20/6	20	6,3	0,4	0,18	0,6	5,5	9	Y/Y ₀ -12	PBV
2	TM-20/10	20	10,5	0,4	0,22	0,6	5,5	10	Y/Y ₀ -12	PBV
3	TM-25/6	25	6,3	0,4	0,12	0,6	4,5	3,2	Y/Y ₀ -0	PBV
4	TM-25/10	25	10,5	0,4	0,125	0,6	4,5	3,0	Y/Y ₀ -0	PBV
5	TM-30/6	30	6,3	0,4	0,25	0,85	5,5	8	Y/Y ₀ -12	PBV
6	TM-30/10	30	10,5	0,4	0,3	0,85	5,5	9	Y/Y ₀ -12	PBV
7	TM-40/10	40	10,5	0,4	0,18	0,88	4,5	3,0	Y/Y ₀ -12	PBV
8	TM-40/6	40	6,3	0,4	0,15	0,88	4,5	2,9	Y/Y ₀ -12	PBV
9	TM-50/6	50	6,3	0,525	0,35	1,3	5,5	7	Y/Y ₀ -12	PBV
10	TM-50/10	50	10	0,4	0,44	1,3	5,5	8	Y/Y ₀ -12	PBV
11	TM-63/6	63	6,3	0,4	0,26	1,28	4,5	2,8	Y/Y ₀ -12	PBV
12	TM-63/10	63	10,5	0,4	0,265	1,28	4,5	2,6	Y/Y ₀ -0	PBV
13	TM-63/20	63	21	0,4	0,29	1,28	5,0	2,8	Y/Y ₀ -0	PBV
14	TM-100/6	100	6,3	0,525	0,6	2,4	5,5	6,5	Y/Y ₀ -0	PBV
15	TM-100/10	100	10,5	0,525	0,73	2,4	5,5	7,5	Y/Y ₀ -0	PBV
16	TM-100/35	100	35	0,525	0,9	2,4	6,5	8	Y/Y ₀ -0	PBV
17	TM-100/10	100	10,5	0,4	0,310	1,97	4,5	2,6	Y/Y ₀ -0	PBV
18	TM-100/35	100	35	0,4	0,465	1,97	6,5	2,6	Y/Y ₀ -0	PBV
19	TM-160/10	160	10,5	0,4	0,54	2,65	4,5	2,4	Y/Y ₀ -0	PBV
20	TM-160/35	160	35	0,4	0,66	2,65	6,5	2,4	Y/Y ₀ -0	PBV
21	TM-160/6	160	6,3	0,525	0,9	3,2	5,5	8	Y/Y ₀ -0	PBV
22	TM-180/6	180	6,3	0,525	1,0	4,0	5,5	6	Y/Y ₀ -0	PBV
23	TM-180/10	180	10,5	0,525	1,2	4,1	5,5	7	Y/Y ₀ -12	PBV
24	TM-180/35	180	35	10,5	1,5	4,1	6,5	8	Y/Y ₀ -12	PBV
25	TM-250/10	250	10,5	0,69	0,78	3,7	4,5	2,3	Y/Y ₀ -12	PBV
26	TM-250/6	250	6,3	0,4	0,73	3,4	4,5	2,4	Y/Y ₀ -12	PBV
27	TM-250/35	250	35	0,4	0,96	3,7	6,5	2,3	Y/Y ₀ -0	PBV
28	TM-320/6	320	6,3	0,525	1,6	6,0	5,5	6	Y/Y ₀ -0	PBV
29	TM-320/10	320	10,5	0,525	1,9	6,2	5,5	7	Y/Y ₀ -0	PBV
30	TM-320/35	320	35	10,5	2,3	6,2	6,5	7,5	Y/Y ₀ -0	PBV
31	TM-400/6	400	6,3	0,69	1,0	5,3	4,5	2,1	Y/Y ₀ -0	PBV
32	TM-400/10	400	10,5	0,69	1,08	5,5	4,5	2,1	Y/Y ₀ -0	PBV
33	TM-400/35	400	35	10,5	1,35	5,5	6,5	2,1	Y/Y ₀ -0	PBV
34	TM-560/10	560	10,5	0,525	2,5	9,4	5,5	6	Y/Y ₀ -0	PBV
35	TM-560/10	560	10	6,3	3,35	9,4	5,5	6,5	Y/Y ₀ -0	PBV

36	TM-560/35	560	35	10,5	3,35	9,4	6,5	6,5	Y/Y ₀ -0	PBV
37	TM-630/10	630	10,5	0,52 5	1,68	7,6	5,5	2,0	Y/Y ₀ -0	PBV
38	TM-630/35	630	35	10,5	2,0	7,6	6,5	2,1	Y/Y ₀ -0	PBV
39	TM-630/6	630	6	0,52 5	1,42	7,6	5,5	2,2	Y/Y ₀ -0	PBV
40	TM-750/10	750	10,5	0,52 5	4,1	11,9	5,5	6	Y/Y ₀ -0	PBV
41	TM-1000/10	1000	10	6,3	4,9	15,9	5,5	5	Y/Y ₀ -0	PBV
42	TM-1000/35	1000	35	10,5	5,1	15,0	6,5	5,5	Y/Y ₀ -0	PBV
43	TM-1000/10	1000	10,5	0,52 5	2,45	12,2	5,5	1,4	Δ/Y ₀ -11	PBV
44	TM-1000/35	1000	35	0,52 5	2,75	12,2	6,5	1,3	Δ/Y ₀ -11	PBV
45	TM-1600/10	1600	10	0,4	3,3	18,0	5,5	1,3	Δ/Y ₀ -11	PBV
46	TM-1600/35	1600	35	0,4	2,75	12,2	6,5	1,5	Y/Y ₀ -0	PBV
47	TM-1800/10	1800	10	6,3	8,0	24	5,5	4,5	Y/Y ₀ -0	PBV
48	TM-1800/35	1800	35	10,5	8,3	24	6,5	5	Y/Δ-11	PBV
49	TM-2500/35	2500	35	0,69	4,6	25	5,5	1,0	Y/Y-0	PBV
50	TM-2500/35	2500	35	0,69	5,1	25	6,5	1,1	Y/Y-0	PBV
51	TM-3200/10	3200	10	6,3	11	37	5,5	5	Y/Δ-11	PBV
52	TM-3200/35	3200	38,5	10,5	11,5	37	7,0	4,5	Y/Δ-11	PBV
53	TM-4000/10	4000	10,5	6,3	6,4	33,5	6,5	0,9	Y/ Y-0	PBV
54	TM-4000/35	4000	38,5	6,3	6,7	33,5	7,5	1,0	Y/Δ-11	PBV
55	TM-5600/10	5600	10	6,3	18,0	56	5,5	4,0	Y/Δ-11	PBV
56	TM-5600/35	5600	38,5	10,5	18,5	57	7,5	4,5	Y/Δ-11	PBV
57	TM-6300/10	6300	10,5	6,3	9,0	46,5	6,5	0,8	Y/ Y -12	PBV
58	TM-6300/35	6300	38,5	11	9,4	46,5	7,5	0,9	Y/ Y -12	PBV
59	TM-7500/35	7500	38,5	11	24	75	7,5	3,5	Y/ Y -12	PBV
60	TM-4000/35	4000	35	6,3	5,98	33,5	6,5	0,9	Y/Δ-11	PBV
61	TM-630/20	630	20	6,3	2,45	6,3	6,5	1,9	Y/Δ-11	PBV
62	TM-1000/20	1000	20	6,3	2,75	11,9	6,5	1,5	Y/Δ-11	PBV
63	TM-1600/20	1600	20	6,3	3,65	17,2 5	6,5	1,4	Y/Δ-11	PBV
64	TM-2500/20	2500	20	6,3	5,1	24,2 5	6,5	1,1	Y/Δ-11	PBV
65	TM-4000/20	4000	20	6,3	6,7	33,5	7,5	1,0	Y/Δ-11	PBV
66	TM-6300/20	6300	20	6,3	9,4	46,5	7,5	0,9	Y/Δ-11	PBV
67	TM-1600/35	1600	35	6,3	3,65	17,25	6,5	1,4	Y/Δ-11	PBV
68	TM-10/6	10	6	0,4	0,105	0,335	5,5	10	Y/Δ-11	PBV
69	TM-25/6	25	6	0,23	0,115	0,625	4,6	3,2	Y/ Y -0	PBV
70	TM-40/6	40	6	0,23	0,165	0,94	4,6	3,0	Y/ Y -0	PBV
71	TM-63/6	63	6	0,23	0,243	1,375	4,6	2,8	Y/ Y -0	PBV
72	TM-100/6	100	6	0,23	0,338	2,12	4,6	2,6	Y/ Y -0	PBV
73	TM-160/6	160	6	0,23	0,5	2,87 5	4,6	2,4	Y/ Y -0	PBV
74	TM-250/6	250	6	0,23	1,04	3,85	5,0	3,5	Y/ Y -0	PBV
75	TM-400/6	400	6	0,23	1,0	5,7	4,5	2,1	Y/Δ-11	PBV
76	TM-630/6	630	6	0,23	1,56	8,05	5,5	2,0	Y/Δ-11	PBV
77	TM-1000/6-35	1000	6,3	0,4	2,275	11,9	5,5	1,4	Y/Δ-11	PBV
78	TM-1000/6A	1000	6,3	0,4	4,15	12,7	5,5	3,0	Y/Δ-11	PBV

79	TM-1000/6T	1000	6,6	0,4	4,9	9,6	4,4	5,0	Y/Δ-11	PBV
80	TM-1000/35 T	1000	35	0,4	5,1	10	6,4	5,5	Y/Δ-11	PBV
81	TM-1600/6-A	1600	6,6	0,4	9,825	20,0	5,5	5,0	Y/Δ-11	PBV
82	TM-2500/6	2500	6,3	0,4	4,25	24,2 5	5,5	1,0	Y/Δ-11	PBV
83	TM-10/10	10	10	0,4	0,14	0,33 5	5,5	10	Y/Y -0	PBV
84	TM-25/10	25	10	0,23	0,115	0,62 5	4,6	3,2	Y/Y -0	PBV
85	TM-40/10	40	10	0,23	0,165	0,94	4,6	3,0	Y/Y -0	PBV
86	TM-63/10	63	10	0,23	0,243	1,37 5	4,6	2,8	Y/Y -0	PBV
87	TM-100/10	100	10	0,23	0,338	2,12	4,6	2,6	Y/Y -0	PBV
88	TM-160/10	160	10	0,23	0,5	2,87 5	4,6	2,4	Y/Y -0	PBV
89	TM-250/10	250	10	0,23	0,72	3,95	4,6	2,3	Y/Y -0	PBV
90	TM-400/10	400	10	0,23	1,0	5,7	4,5	2,1	Y/Y -0	PBV
91	TM-630/10	630	10	0,23	1,55	8,05	5,5	2,0	Y/Δ-11	PBV
92	TM-1000/6÷35	1000	10,5	0,4	2,275	11,9	5,5	1,4	Y/Δ-11	PBV
93	TM-1000/10A	1000	10	0,4	4,15	12,7	5,5	1,4	Y/Δ-11	PBV
94	TM-1600/35	1600	35	0,4	3,05	17,2 5	5,5	1,3	Y/Δ-11	PBV
95	TM-1600/10A	1600	10	0,4	8,0	24	5,5	4,5	Y/Δ-11	PBV
96	TM-2500/35	2500	35	0,4	4,25	24,2 5	5,5	1,0	Y/Y-0	PBV
97	TM-100/20	100	20	0,23	0,46	2,12	6,65	4,1	Y/Y-0	PBV
98	TM-1600/20	1600	20	0,23	0,66	2,8	6,65	2,4	Y/Y-0	PBV
99	TM-250/20	250	20	0,23	0,96	3,95	6,65	2,3	Y/Y-0	PBV
100	TM-400/20	400	20	0,23	1,35	5,5	6,5	2,1	Y/Y-0	PBV
101	TM-630/6	630	6	0,69	1,31	8,5	5,5	2	Y/Δ-11	PBV
102	TM-1000/10	1000	10	0,69	2,1	12,2	5,5	1,4	Y/Δ-11	PBV
103	TM-1000/35	1000	35	0,69	2,35	12,6	6,5	1,5	Y/Y-0	PBV
104	TM-1600/10	1600	10	0,69	2,8	18	5,5	1,3	Y/Δ-11	PBV
105	TM-1600/35	1600	35	0,69	3,1	18	6,5	1,4	Y/Y-0	PBV
106	TM-160/35	160	35	0,69	0,62	3,1	6,5	2,4	Y/Δ-11	PBV
107	TM-250/35	250	35	0,69	0,9	4,2	6,5	2,3	Y/Δ-11	PBV
108	TM-1600/10	1600	10	6,3	2,8	16,5	5,5	1,3	Y/Δ-11	PBV
109	TM-1600/35	1600	35	11	3,1	16,5	6,5	1,4	Y/Δ-11	PBV
110	TM-2500/35	2500	35	11	4,35	23,5	6,5	1,1	Y/Δ-11	PBV
111	TM-4000/35	4000	35	11	5,7	33,5	7,5	2	Y/Δ-11	PBV
112	TM-630/10	630	10	0,4	1,31	7,6	7,5	2	Y/Y-0	PBV
113	TM-630/6	630	6	0,4	1,31	7,6	5,5	2,1	Y/Δ-11	PBV
114	TM-100/10	100	10	0,4	0,365	2,27	4,6	2,6	Y/Δ-11	PBV

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI.

1. Tixomirov P.M. Raschet transformatorov. M.: Energiya, 1976. 544 s.
2. Tixomirov P.M. Raschet transformatorov. M.: Energoatomizdat, 1986. 528 s.
3. Salimov J.S, Pirmatov N.B. Elektr mashinalari. T.: O'zbekiston Faylasuflari Milliy Jamiyati Nashriyoti, 2011. 408 b.
4. Salimov J.S, Pirmatov N.B, Bekchanov B.E. Transformatorlar va avtotransformatorlar. T.: "Vektor press", 2009.
5. Pirmatov N.B. Transformatorlarni ishlab chiqarish texnologiyasi. T.: "Cho'lpon", 2006. 56 s.
6. Salimov J.S, Pirmatov N.B. Elektr mashinalari. Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma T.: "O'qituvchi", NMIU, 2005. 240 b.
7. Sapojnikov A.V. Konstruirovaniye transformatorov. M.-L.: Gosenergoizdat, 1956. 360 s.
8. A.A.Fedorova, G.V.Serbinovskogo. Spravochnik po elektrosnabjeniyu promi'shlenni'x predpriyatiy. V 2-x kn. M., "Energiya",

MUNDARIJA

Kirish.....	3
Transformatorni hisoblash.....	6
Asosiy elektr kattaliklarni va izolyastiya masofalarini aniqlash.....	6
Chulg'amlarni hisoblash.....	8
Qisqa tutashuv parametirlarini hisoblash.....	11
Chulg'amning radial o'lchami.....	13
Magnit tizimi hisobi.....	15
Salt ish isroflarini hisoblash.....	16
Tiransformatorning issiqlik hossasi.....	17
«Elektr mexanika» fanidan kurs ishi variantlari.....	20
Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati.....	22

