

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS  
TA‘LIM VAZIRLIGI**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI  
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

## **RELELI HIMOYA**

fanidan amaliy mashg‘ulotlar uchun  
USLUBIY KO‘RSATMALAR

TOSHKENT - 2021

Shamsutdinov H.F., Normamatov N.N., Aytbayev N.A., Shanazarov A.E.  
«Releli himoya» fanidan amaliy mashgʻulotlar uchun uslubiy koʻrsatmalar. -  
Toshkent, ToshDTU, 2021. - 64 b.

Ushbu uslubiy koʻrsatma «Releli himoya» fanining asosiy boʻlimlarini oʻz ichiga oluvchi - amaliy mashgʻulotlar bajarish uchun tuzilgan.

Amaliy mashgʻulotlar jarayonida misollar koʻrib chiqiladi, sxemalar tuziladi, natijada talabalarda fan haqida aniq maʼlumotlar va kurs ishini bajarish uchun koʻnikma hosil boʻladi.

Uslubiy koʻrsatma “5310200- Elektr energetika” taʼlim yoʻnalishi talabalari uchun moʻljallangan boʻlib, amaliy mashgʻulotlarning hajmi va tarkibi ushbu fanning dasturiga mos keladi.

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy – uslubiy  
(26.02.2020 – 6 – son bayonnoma) kengashi qaroriga muvofiq chop etildi

Taqrizchilar: Mirzayev A.T.- DAK «Uzbekenergo» MDM

boshligʻi

Taslimov A.D. Toshkent davlat texnika universiteti  
“Energetika” fakulteti “Elektr taʼminoti”  
kafedrası professori

# 1 – AMALIY MASHG‘ULOT

## RELELI HIMOYA VA AVTOMATIKA ZANJIRLARI UCHUN

### QISQA TUTASHUV TOKLARINI HISOBLASH

#### 1.1 Qisqa tutashuvning turlari

Qisqa tutashuv deganda, normal ish holatida uchramaydigan, fazalar aro tutashuv, bir va undan ko‘p fazalarni yer bilan tutashuvi tushuniladi.

Uch fazali tizimda quyidagi qisqa tutashuvlar bo‘lishi mumkin:

1. Uch fazali qisqa tutashuv-uchta fazaning bitta joyda va bir vaqtda o‘zaro tutashuvi.
2. Ikki fazali qisqa tutashuv - uch fazali tizimda ikkita fazaning bevosita tutashuvi.
3. Bir fazali qisqa tutashuv-neytrali zaminlagan uch fazali tizimda bitta fazasining yerga tutashuvi.

Qisqa tutashuv sodir bo‘lishiga asosiy sabablar, bu - izolyatsiyaning mexanik shikastlanishi - yer ishlari jarayonida kabelning ishdan chiqishi; chinni izolyatsiyalarning sinishi; havo liniyalari ustunlarining yiqilishi; eskirishi, ya’ni izolyatsiyalash xususiyatlarining yomonlashuvi; izolyatsiyaning namlanishi; atmosferada sodir bo‘ladigan o‘ta kuchlanishdan fazalarning birikishi; xar xil o‘tkazgich materiallar bilan fazalarning qoplanishi; operativ kommutatsiyalar jarayonida xatoliklarga yo‘l qo‘yilishi va h.k.

Qisqa tutashuv sodir bo‘lgan zanjirlarda tokning miqdori keskin ortadi va tizimning ayrim joylarida kuchlanish kamayib ketadi. Qisqa tutashuv bo‘lgan joyda yoy hosil bo‘lishi natijasida apparatlar, mashinalar va boshqa qurilmalar to‘la yoki qisman buziladi. Qisqa tutashuv joyiga yaqin bo‘lgan o‘tkazgichlar, izolyatorlar va elektr mashinalarining chulg‘amlariga katta mexanik kuchlar ta’sir etadi. Yuqori miqdordagi toklar ta’sirida o‘tkazgichlar qizishidan kabel liniyalarida, tarqatish qurilmalarida va elektr ta’minoti tizimining boshqa elementlarida yong‘in chiqishi mumkin. Kuchlanishning pasayishi mexanizmlarning normal ish holatining buzilishiga, yuritgichlar va agregatlarning to‘xtashiga olib keladi. Qisqa tutashuv elektroenergetika tizimiga katta salbiy ta’sir ko‘rsatib, generatorlar parallel ishlashining buzilishiga va sistema barqarorligining izdan chiqishiga olib kelish mumkin. Qisqa tutashuv oqibatlarini kamaytirish uchun tizimning shikastlangan qismini tezkor ishlaydigan uzgichlar orqali jadallik bilan o‘chirish zarur. Barcha elektr apparatlari, elektr qurilmalarining tok o‘tkazuvchi qismlarini shunday tanlash kerakki, ular o‘tish jarayonidagi katta miqdorli qisqa tutashuv toklariga bardosh bera olishsin. Buning uchun qisqa tutashuv toklarni to‘g‘ri hisoblash va uning miqdoriga qarab elektr apparatlari va qurilmalarni tanlash maqsadga muvofiqdir.

Elektr ta’minoti tizimida bir fazali qisqa tutashuv eng ko‘p sodir bo‘ladi, bu toklarning xavfliligi tarmoq betaraf nuqtasining ish holatiga bog‘liq. Kam uchraydigani va eng xavfligi - uch fazali qisqa tutashuv bo‘lib, elektr qurilmalarini tanlash jarayonida ushbu qisqa tutashuv toki asosiy hisoblanadi. Qisqa tutashuv tokini hisoblaganda quyidagi cheklanishlar qabul qilinadi:

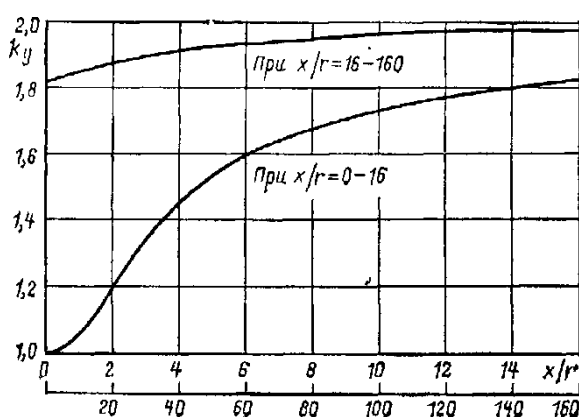
1. Uch fazali tarmoqlar simmetrik;

2. Mavjud elektr manbalari elektr yurituvchi kuchlarining fazalari bir xil;
3. Havo va kabel liniyalarida sig‘im o‘tkazgichlar hisobga olinmaydi;
4. Elektr ta‘minot tizimi elementlari faqat bo‘ylanma aktiv va induktiv qarshiliklardan iborat;
5. Qisqa tutashuv tokining manbalari vazifasini turbo va gidrogeneratorlar, sinxron kompensatorlar va yuritgichlar, asinxron mashinalar o‘taydilar;
6. Magnit tizimlarida to‘yinish sodir bo‘lmaydi;

Bu cheklanishlar hisobiy qisqa tutashuv tokini aniqlashni osonlashtiradi.

Qisqa tutashuv tokining eng katta oniy qiymatini zarb toki deb ataladi va qisqa tutashuv boshlanganidan yarim davr o‘tgandan so‘ng, ya‘ni  $t=0,01S$  da, sodir bo‘ladi.

$$i_3 = K_3 I_{n \max} = K_3 \sqrt{2} I_{n0} \quad (1.1)$$



1.1- rasm. Zarbaviy koeffitsiyentining tarmoqning qarshiliklariga bog‘liqligi

Bu yerda  $K_3$  - zarb koeffitsiyenti bo‘lib, u zarb toki miqdorini davriy tashkil etuvchining maksimal qiymatidan necha marotaba kattaligini ko‘rsatadi. Kuchlanishi 1000V dan yuqori bo‘lgan elektr tarmoqlari uchun  $K_3 = 1,8$ . U holda (1.1) dan:

$$i_3 = 1.8 I_{n \max} = 1.8 \sqrt{2} I_{n0} \quad (1.2)$$

Bu yerda  $I_{n0}$  - davriy tashkil etuvchi tokining boshlang‘ich effektiv qiymati.











$K_3$  koeffitsiyentining miqdori qisqa tutashuv zanjirining aktiv va induktiv qarshiliklarining qiymatlariga bog‘liq (1.1-rasm).

## 1.2 Qisqa tutashuv zanjirining parametrlarini aniqlash.

Qisqa tutashuv tokini topish uchun elektr ta‘minoti tizimining normal sharoitiga mos keladigan bir liniyalik hisoblash sxemasi tuziladi va undagi energiya manbalari parallel ulangan deb qaraladi. Hisoblash sxemasida barcha manbalar (generatorlar, sinxronlar kompensatorlar, katta quvvatli sinxron va asinxron mashinalar, energosistemalar), transformatorlar, havo va kabel liniyalari, reaktorlar ko‘rsatiladi. Hisoblash sxemasi asosida almashtirish sxemasi tuziladi. Unda tizimdagi barcha

elementlarning qarshiliklari ko'rsatiladi va qisqa tutashuv toki aniqlanishi kerak bo'lgan nuqta belgilanadi.

1.1- jadval

Elektr qurilma elementi	Almashtirish sxemasi	Hisoblash formulalari	
		Nomli birliklarda, Om	Nisbiy birliklarda
Generator 		$x = \frac{x_d'' \cdot U_{\hat{i}\hat{i}}^2}{100 S_{\hat{i}\hat{i}}}$	$x_* = \frac{x_d'' S_{\hat{a}}}{100 S_{\hat{i}\hat{i}}}$
Energosistema 		$x = \frac{U_{\hat{i}\hat{i}}^2}{S_k} \text{ yoki}$ $x = x_{c,\hat{i}\hat{i}} \frac{U_{\hat{i}\hat{i}}^2}{S_{\hat{i}\hat{i}}}$	$x_* = \frac{S_{\hat{o}}}{S_k} \text{ yoki}$ $x_* = x_{*c,HOM} \frac{S_{\hat{o}}}{S_{HOM}}$
Transformator 		$x = \frac{u_k \% U_{\hat{i}\hat{i}}^2}{100 S_{\hat{i}\hat{i}}}$ Aktiv qarshilik hisobga olinganda $r = \frac{\Delta P_k U_{\hat{i}\hat{i}}^2 10^{-3}}{S_{\hat{i}\hat{i}}^2}$ $x = \sqrt{u_{*k}^2 - \left(\frac{\Delta P_{\hat{e}}}{S_{\hat{i}\hat{i}}}\right)^2} \frac{U_{\hat{i}\hat{i}}^2}{S_{\hat{i}\hat{i}}}$	$x_* = \frac{u_k \% S_{\hat{o}}}{100 S_{HOM}}$ Aktiv qarshilik hisobga olinganda $r_* = \frac{\Delta P_k S_{\hat{o}} 10^{-3}}{S_{HOM}^2}$ $x_* = \sqrt{u_{*k}^2 - \left(\frac{\Delta P_{\kappa}}{S_{HOM}}\right)^2} \frac{S_{\hat{o}}}{S_{HOM}}$
Reaktor 		$x = x_p \frac{U_{\hat{o}}^2}{U_{yp}^2}$	$x_* = x_p \frac{S_{\hat{o}}}{U_{yp}^2}$
Liniya 		$x = x_0 l \frac{U_{\hat{o}}^2}{U_{yp}^2}$ $r = r_0 l \frac{U_{\hat{o}}^2}{U_{yp}^2}$	$x_* = x_0 l \frac{S_{\hat{o}}}{U_{yp}^2}$ $r_* = r_0 l \frac{S_{\hat{o}}}{U_{yp}^2}$

Generatorlar, katta quvvatli transformatorlar, havo liniyalari, reaktorlar almashlash sxemada induktiv qarshilik sifatida ko'rsatiladi. Kuchlanishi 6-10 kV bo'lgan kabel liniyalar, quvvati 1600 kV.A va undan kichik bo'lgan transformatorlar almashlash sxemada aktiv va induktiv qarshiliklar deb olinadi. Barcha qarshiliklar nomli yoki nisbiy birliklarda olinishi mumkin.

Qisqa tutashuv tokini hisoblashda kuchlanish va quvvatning bazaviy miqdorlari qabul qilinadi. Bazaviy kuchlanish sifatida qisqa tutashuv toki hisoblanayotgan nuqtaning o'rtacha kuchlanishini olish mumkin. Bu esa quyidagi qiymatlardan biri bo'lishi mumkin:

$$U_{\delta} = 230; 115; 37; 10,5; 6,3; 3,15; 0,4; \dots 0,23 \text{ kV}$$

Bazaviy quvvat 100 MVA yoki kuch transformatorining quvvatiga teng qilib olinadi. Elektr ta'minoti tizimi ayrim elementlarining qarshiliklarini aniqlash formulalari quyidagi jadvalda keltirilgan.

1.1.-jadvalga ilova.  $S_N$ - elektr uskunaning to'la nominal quvvati (generatorning, transformatorning, energosistemaning), MV.A;  $S_b$  - bazaviy quvvat, MV.A;  $S_k$  - energosistemaning qisqa tutashuv quvvati, MV.A;  $I_{uz.n}$  - uzgichning nominal uzish toking, kA;  $X_{*sist}$  - energosistemaning nisbiy nominal qarshiligi;  $u_k$  - transformatorning qisqa tutashuv kuchlanishi, %;  $X_r$ -reaktorning qarshiligi, Om;  $\Delta R_k$ - transformatorning qisqa tutashuv isrofi, kVt;  $r_o, x_o$  - liniyaning 1 km uzunligiga to'g'ri keladigan aktiv va induktiv qarshilik, Om/km;  $l$  - liniyaning uzunligi, km;  $U_b$  - bazaviy kuchlanish, kV;  $U_{o'r}$  -elektr uskunaning o'rnatilgan joyidagi kuchlanishning o'rtacha qiymati, kV;  $X_d$  - generatorning o'ta o'tish induktiv qarshiligi, %.

Sxema elementlarining boshlang'ich parametrlari  $X_d$  %,  $u_k$ %,  $x_o$   $r_o$  kataloglar yoki ma'lumotnomalardan aniqlanadi. Almashtirish sxemasida qisqa tutashuv nuqtasigacha bo'lgan ekvivalent qarshilikni aniqlashda quyidagi o'zgartirishlar ishlatiladi:

1) Qarshiliklarni ketma-ket ulanganda:

$$X_{ekv} = X_1 + X_2 + \dots + X_n \quad (1.3)$$

2) Qarshiliklar parallel ulanganda :

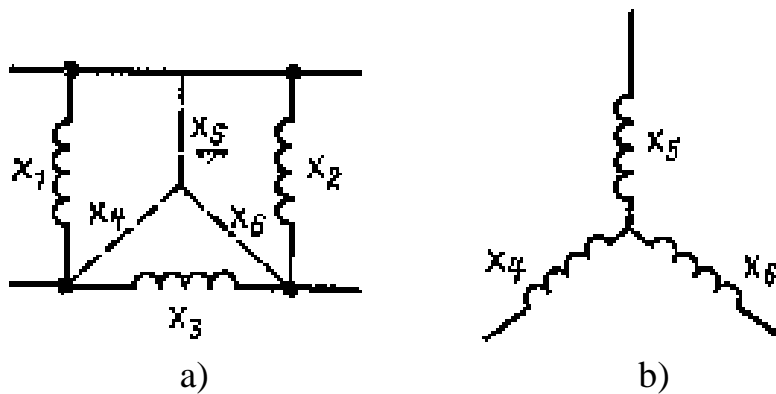
$$X_{\text{эКВ}} = \frac{1}{\frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \dots + \frac{1}{X_n}} \quad (1.4)$$

3) Uchburchakdan yulduzga o'tishda ishlatiladigan munosabatlar:

$$X_4 = \frac{X_1 X_3}{X_1 + X_2 + X_3};$$

$$X_5 = \frac{X_1 X_2}{X_1 + X_2 + X_3}; \quad (1.5)$$

$$X_6 = \frac{X_2 X_3}{X_1 + X_2 + X_3}$$



2-rasm. Qarshiliklarni parallel (a) va ketma – ket (b) ulanishi.

4) Yulduzdan uchburchakka o‘tishda ishlatiladigan formulalar:

$$\begin{aligned} X_1 &= X_4 + X_5 + \frac{X_4 X_5}{X_6}; \\ X_2 &= X_5 + X_6 + \frac{X_5 X_6}{X_4}; \\ X_3 &= X_4 + X_6 + \frac{X_4 X_6}{X_5} \end{aligned} \quad (1.6)$$

Almashtirish sxemasida o‘zgartirishlar manbadan qisqa tutashuv nuqtasiga tomon olib boriladi.

Agar qarshiliklar nisbiy birliklarda hisoblangan bo‘lsa, qisqa tutashuv toki quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{n0} = \frac{I_{\bar{\sigma}}}{X_{*_{\text{ЭКВ}}}} \quad \text{yoki} \quad I_{n0} = \frac{I_{\bar{\sigma}}}{Z_{*_{\text{ЭКВ}}}};$$

Bu yerda 
$$I_{\bar{\sigma}} = \frac{S_{\bar{\sigma}}}{\sqrt{3}U_{yp}}$$

$X_{*_{\text{ekv}}}$  - qisqa tutashuv nuqtasidan manbagacha bo‘lgan ekvivalent qarshilik;

$U_{ur}$  - qisqa tutashuv sodir bo‘lgan nuqtadagi o‘rtacha kuchlanish.

Agar manba kuchlanishi o‘zgarmas bo‘lsa,

$$I_{n0} = I_n = I_k$$

Hisoblash nomli birliklarda olib borilganda qisqa tutashuv toki quyidagicha aniqlanadi.

$$I_{n0} = \frac{U_{yp}}{\sqrt{3}X_{\text{ЭКБ}}} \quad (1.7)$$

yoki

$$I_{n0} = \frac{U_{yp}}{\sqrt{3}Z_{\text{ЭКБ}}} \quad (1.8)$$

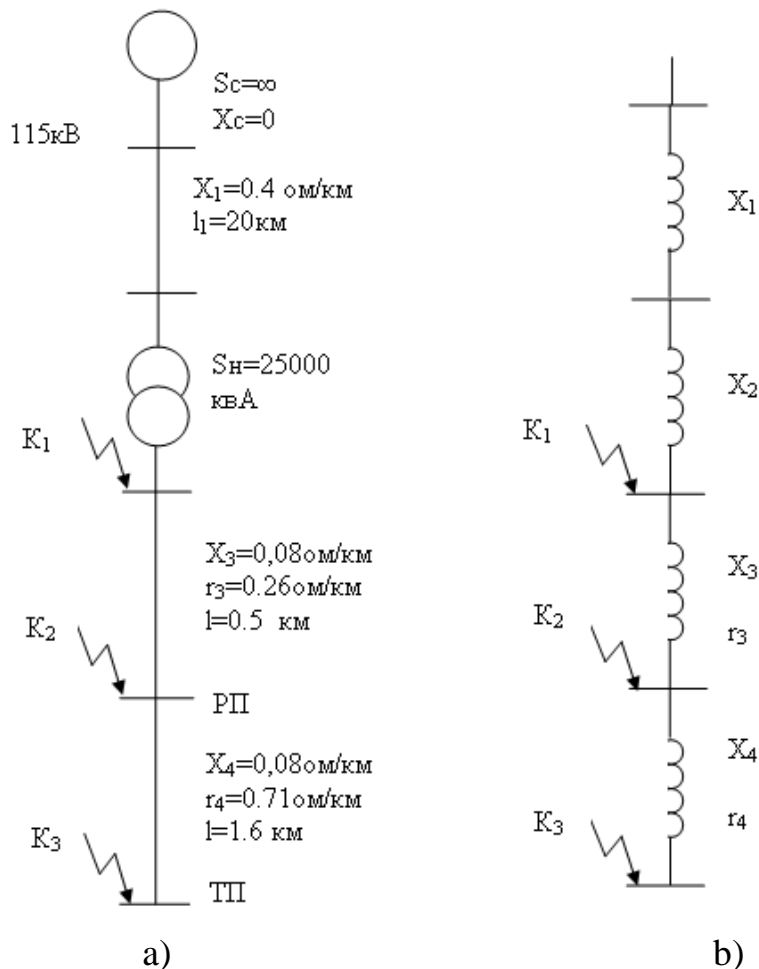
Bu yerda

$$Z_{\text{ЭКБ}} = \sqrt{X_{\text{ЭКБ}}^2 + R_{\text{ЭКБ}}^2} \text{ - ekvivalent to'la qarshilik}$$

Qisqa tutashuv tokining miqdoriga qarab elektr apparatlari, izolyatorlar, shina va kabellar tanlanadi, elektr uskunalarning rele himoyasi o'rnatiladi.

**1-misol:** Cheksiz quvvatli sistemadan ta'minlanayotgan iste'molchilar uchun  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  nuqtalardagi qisqa tutashuv toklarini hisoblang.

Boshlang'ich ma'lumotlari quyidagi rasmda keltirilgan.



1.3-rasm. Tarmoqning prinsipial (a) va almashtiruv sxemasi (b)



**Yechish:** 1) Hisobni nisbiy birlikda olib boramiz. Bazis quvvatni qabul qilamiz:

$$S_{\sigma} = 100 \text{ MVA.}$$

2) Bazisli nisbiy qarshilikni hisoblaymiz:

a) EUL qarshiligi

$$x_1 = x \cdot S_{\sigma_{\text{baz}}} / U_{\text{nom}}^2 = 0,4 \cdot 20 \cdot 100 / 115^2 = 0,06$$

b) transformator qarshiligi:

$$x_2 = \frac{U_K \%}{100} \cdot \frac{S_{\sigma}}{S_H} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{100}{25} = 0,42$$

v) podstansiyadan RP gacha bo'lgan kabel liniyasi qarshiligi:

$$x_3 = X_0 \ell \frac{S_{\sigma}}{U_H^2} = 0,08 \cdot 0,5 \left( \frac{100}{10,5^2} \right) = 0,04$$

$$r_3 = r_0 \ell \frac{S_{\sigma}}{U_H^2} = 0,26 \cdot 0,5 \left( \frac{100}{10,5^2} \right) = 0,12$$

g) TP gacha bo'lgan kabel liniyasini qarshiligi

$$x_4 = X_0 \ell \frac{S_{\sigma}}{U_H^2} = 0,08 \cdot 1,6 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,12$$

$$r_4 = r_0 \ell \frac{S_{\sigma}}{U_H^2} = 0,71 \cdot 1,6 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 1,03$$

3)  $K_1$  nuqtasida k.t. toki va quvvati

$$I_{K1} = I_{\sigma} / X_{\Sigma 1} = 5,6 / 0,48 = 11,67 \text{ KA}$$

bu yerda

$$X_{\Sigma 1} = x_1 + x_2 = 0,06 + 0,42 = 0,48$$

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3}U} = \frac{100}{1,7 \cdot 10,5^2} = 5,6 \text{ KA}$$

$$i_y = K_{y1} \sqrt{2} I_{K1} = 1,8 \sqrt{2} 11,67 = 29,71 \text{ KA}$$

$$S_{K1} = S_{\sigma} / X_{\Sigma 1} = \frac{100}{0,48} = 208 \text{ MVA}$$

4.  $K_2$  nuqtasida k.t. toki va quvvati

$$I_{K2} = I_{\sigma} X_{\Sigma 2} = 5,6 / 0,54 = 9,8 \text{ kA}$$

bu yerda

$$X_{\Sigma 2} = x_1 + x_2 + x_3 = 0,06 + 0,42 + 0,04 = 0,52$$

$$r_{\Sigma} = r_2 = 0,14$$

$$Z_{\Sigma} = \sqrt{0,14^2 + 0,52^2} = 0,54$$

$$i_y = 1,8\sqrt{2} \cdot 9,8 = 24,95 \text{ kA}$$

$$S_{K2} = S_{\sigma} / Z_{\Sigma 2} = 100 / 0,54 = \frac{100}{0,54} = 185 \text{ MVA}$$

5.  $K_3$  nuqtasida k.t. toki va quvvati

$$I_{K3} = I_{\sigma} / Z_{\Sigma 3} = 5,6 / \sqrt{0,64^2 + 1,15^2} = 5,6 / 1,4 = 4,0 \text{ kA}$$

bu yerda

$$X_{\Sigma 3} = X_{\Sigma 2} + x_4 = 0,52 + 0,12 = 0,64$$

$$r_{\Sigma 3} = r_3 + r_4 = 0,12 + 1,03 = 1,15$$

$X_{\Sigma 3} / r_{\Sigma 3} = \frac{0,64}{1,15}$  bo'lgani uchun, 3 fazali qisqa tutashuv tokining davriy tarkibi karraligi  $K_U=1$

unda  $i_y = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 4,0 = 5,66 \text{ kA}$

$$S_{K3} = S_{\sigma} / x_{\Sigma 3} = 100 / 1,4 = 71 \text{ MVA}$$

### Sinov savollari

1. Qisqa tutashuvning qanday turlari bor?
2. Qisqa tutashuv zanjirining parametrlari qanday aniqlanadi?
3. Qisqa tutashuv tokini hisoblaganda qanday cheklanishlar qabul qilinadi?

## 2 – AMALIY MASHG‘ULOT

### O‘LCHOV TRANSFORMATORLARINI TANLASH

#### 2.1 Tok transformatorlarini tanlash

Tok transformatorlari aniqlik darajalariga asosan guruhlariga (klass) bo‘linadilar. Har bir daraja ruxsat berilgan xatolik kattaligi bilan xarakterlanadi. Bu xatoliklar o‘lchov uskunalarining aniq ishlash talablari tomonidan qo‘yiladi.

Elektr energetika va elektr ta‘minoti sistemalarida 0,2 : 0,5 : 1 : 3 va D xatolik darajalardagi tok transformatorlari tayyorlanadi va qo‘llaniladi (2.1-jadval).

2.1-jadval

Aniqlik klassi	Tok bo‘yicha ruxsat etilgan xatolik, %	Burchak bo‘yicha ruxsat etilgan hatolik, min.	Qo‘llanilish sohasi
0,2	$\pm 0,2$	$\pm 10$	Laboratoriya o‘lchovlari
0,5	$\pm 0,5$	$\pm 40$	Elektr energiya hisob-kitoblari
1,0	$\pm 1,0$	$\pm 80$	Shit uskunalar
3,0	$\pm 3,0$	me‘yorlan magan	Xabar qurilmalari va himoya zanjirlari

Darajali tok transformatorlari differensial himoyalar uchun mo‘ljallanganlar va ularning xatoliklari nominal tokda me‘yorlanmagan. Tok transformatorlarining ma‘lum bir darajadagi xatoliklar bilan ishlashlari nominal tokdan 120% farq qiluvchi va nominal ikkilamchi yukning quvvatidagi toklarda ta‘minlanadi.

Tok transformatorlarining nominal quvvati deb shunday maksimal yukga aytiladiki, u yuk volt amperda o‘lchanadi va bu yukda tok transformatorining xatoligi shu daraja transformatorlarga qo‘yilgan xatolikdan oshib ketmaydi.

Bu quvvat quyidagicha hisoblanadi:

$$S_{\text{nom}}=U_2 I_2 ; U=I_2 r_{\text{nom}} ; S_{\text{nom}}=I_2^2 r_{\text{nom}} \quad (2.1)$$

Odatda nominal quvvat nominal ikkilamchi tok (5 yoki 1A) da ko‘rsatiladi yoki ikkilamchi yukning qarshiligi ( $r_{\text{nomk}} S_{\text{nom}}/I_2^2$ ) bilan xarakterlanadi.

O‘lchov asboblardan farqli o‘laroq rele himoyasi qurilmalari uchun tok transformatorlarining to‘g‘ri ishlashlari shikastlanish toklarini o‘zgartirishda juda katta ahamiyatga ega. Shuning uchun aniqlik darajasini xarakterlaydigan xatoliklar himoyani ta‘minlovchi tok transformatorlarini tanlashga asos bo‘la olmaydilar.

Himoyani ta‘minlovchi tok transformatorlarini tanlash uchun asos bo‘lib maksimal birlamchi tok  $I_{\text{maks.hisob}}$  xizmat qiladi va bunda ularning aniq ishlashlari va ikkilamchi chulg‘amlaridagi yuk  $Z_{\text{yuk}}$  talab qilinadi. Aniq ishlash toki  $I_{\text{maks.hisob}}$ .

himoyaning turiga bog'liq. Ayrim himoyalar uchun ularning ishlash tokiga teng, ba'zilar uchun tok transformatoridan oqayotgan maksimal qisqa tutashuv tokiga teng.

Xizmat ko'rsatish tajribalari va nazariy tahlil asosida aytish mumkinki, ko'pchilik himoyalar tok bo'yicha 10% gacha, burchak bo'yicha 7° xatolikka ruxsat beradilar.

Bu shartga asosan tok transformatorlarini tanlash kitoblarda berilgan 10% xatolik chiziqlari asosida tanlanadilar.

10% xatolik chiziqlari birlamchi tokning ikkilamchi chulg'am yuki qarshiligi  $Z_{yu}$  ga maksimal karraligi  $m_{10}$  ni tok transformatori xatoligi 10% bo'lgandagi bog'liqligini ko'rsatadi. Karralik

$$m_{10} = I_{1maks} / I_{1nom}$$

$$m_{hisobiy} = K_a \cdot I_{hisob maks.} / (\alpha \cdot I_{1nom}) \quad (2.2)$$

bu yerda  $K_a$  - (1,2÷2) qisqa tutashuv paytida tok transformatorining ishiga o'tish jarayonining aperiodik tashqil qiluvchisining ta'sirini hisobga oluvchi koeffitsiyent.

O'tish jarayonining ta'sirida bo'lmagan himoyalar (masalan (BNT) tez to'yinuvchi transformatorli TTT) uchun  $K_a=1$ .

$\alpha=0.8$  – haqiqiy karralikni ishlab chiqargan korxonadan ko'rsatilgan karralikdan farqini ko'rsatuvchi koeffitsiyent.

Shundan so'ng 10% xatolik chiziqlaridan foydalanib m hisobga mos keluvchi ruxsat berilgan yuk  $Z_{r.b.yu}$  topiladi. Haqiqiy yuk  $Z_{yuk}$  mumkin bo'lgan yuk  $Z_{r.b.yu}$  ga teng yoki undan kichik bo'lishi kerak.

To'yinish karraligi 0,5; 1 va 3 darajali tok transformatorlari uchun odatda 10% xatolik chiziqlari o'rniga ularning to'yinish karralikasi  $M_{to'y} = I_{to'y} / I_{nom}$  nominal ikkilamchi yukda ( $Z_{nom}$ )da va  $\cos\varphi=0,8$  bo'lgan hol uchun beriladi. Bu hol uchun tanlanmoqchi bo'lgan tok transformatorida  $M_{to'y} \geq M_{hisob}$  va uning yuki uchun  $Z_{yuk} < Z_{nom}$  shartlar bajarilishi kerak.

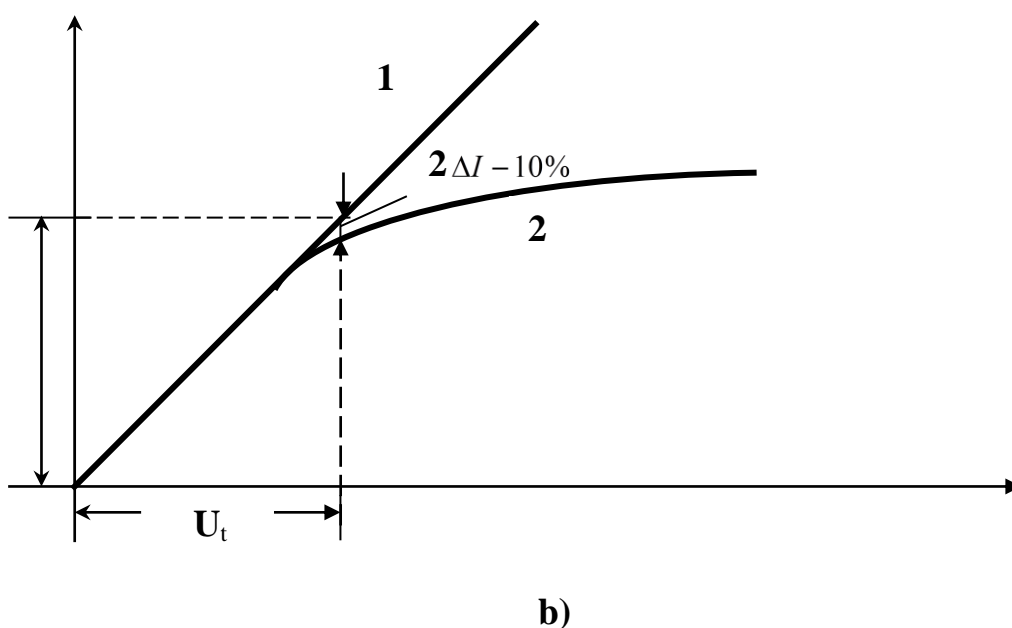
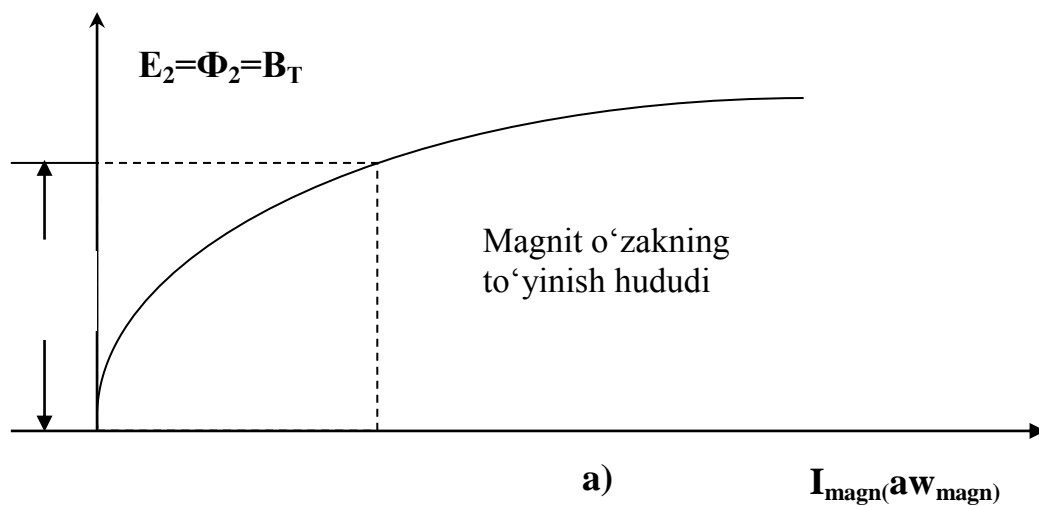
Maksimal karralik tok transformatorlarining texnik kattalikasi orasida ikkilamchi tokning maksimal karraligini ( $m_{maks} = I_{1maks} / I$ ) qiymatini ham ko'rsatadi. Bu maksimal karralik tok transformatorlarida nominal yuk  $Z_{nom}$  bo'lganda kuzatiladi. Maksimal karralikning koeffitsiyentiga asosan eng katta ikkilamchi tokni hisoblash mumkin va u tokni berilgan tok transformatori ta'minlashi mumkin va'ni

$$I_{2maks} = m_{maks} \cdot I_{2nom}$$

$Z_{nom}$  yukdan farq qiladigan  $Z_x$  yuk bo'lgandagi maksimal karralik  $m_{maks.x}$  aniqlash uchun quyidagi formuladan foydalaniladi.

$$m_{real m} = m_{maks} \cdot \frac{Z_2 + Z_{maks}}{Z_2 + Z_x} \quad (2.3)$$

Bu kattalik tok himoyalarini barqarorligini tekshirishda ishlatiladi. Tekshirish tok himoyalarini ta'minlayotgan tok transformatorlari qisqa tutashuv tokida to'yinganida amalga oshiriladi.



2.1-rasm. Tok transformatori ikkilamchi tokining birlamchi tokka bog‘liqlik grafigi: a) Tok transformatorlarining magnitlanish tavsifi; b) Tok transformatorining transformatsiyalash koeffitsiyentini aniqlash; 1 – ideal tok transformatorining ikkilamchi toki  $I_2=I_1/n_1$ ; 2 – haqiqiy ikkilamchi tok.

### Magnitlanish tavsifi

Tok transformatorlarining xatoliklari to‘g‘risidagi ma‘lumot bo‘lmaganda uning berilgan himoyaga yaroqli ekanligi va uning ikkilamchi zanjirining yuki  $Z_{yu}$  ni ruxsat berilganligi magnitlash ikkilamchi tok  $I_{2\text{magn}}$  ning ikkilamchi kuchlanishi  $U_2$  ga bog‘liqlik tavsifi asosida taqriban baholanishi mumkin.

Ikkilamchi tok tok transformatorlari 5 Amperli ikkilamchi nominal tokka mo‘ljallab tayyorlanadilar. Yukning quvvati  $S_{yuk}=I_2^2 \cdot Z_{yuk}$ . Shuning uchun 5 Amperli tok transformatorlari 1 Amperlilarga nisbatan bir xil parametrlarda 25 marta ko‘p yuklanishlari mumkin.

**Misol.** Quvvati 1600 kVA bo‘lgan kuch transformatori uchun tok transformatorlarini (TT) tanlash sharti bo‘yicha nominal toklarni aniqlang. Transformator yuqori chulg‘aming kuchlanishi 10,5 kV, quyi kuchlanishi 6 kV. Transformatoridan so‘ng ketuvchi liniyaning ruxsat etilgan toki  $I_{rux} = 210A$ .

Kuch transformatori uchun TT:

$$I_{nt} = \frac{S_{nt}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 87,98A.$$

Bu yerda:  $U_n$  – kuch transformatori o‘rnatilgan tarmoq kuchlanishi

$S_{nt}$  – Transformator to‘la quvvati

Kuch transformatorining nominal toki asosida unga yaqin kattaroq bo‘lgan nominal tokli tok transformatorini tanlaymiz.

Shunda transformatsiya koeffitsiyenti  $n_{tt} = \frac{I_{ntt}}{5} = \frac{100}{5} = 20$ .

Liniya uchun:  $I_{rux} = 210A$ ;  $n_{tt} = \frac{I_{ntt}}{5} = \frac{300}{5} = 60$ .

## 2.2 Kuchlanish transformatorlarini tanlash

Kuchlanish transformatorining ishi 1 – rasmda berilgan sxema va vektor diagramma bilan xarakterlanadi.

$U_1, U_2$  – birlamchi va ikkilamchi kuchlanish;

$U_1' = U_1 / n_t$  – ikkilamchi chulg‘amlar soniga keltirilgan birlamchi kuchlanish;

$n_n = W_1 / W_2$  – kuchlanish transformatorining transformatsiya koeffitsiyenti;

$z_1 = r_1 + jx_1$  – birlamchi chulg‘amning to‘la qarshiligi;

$I_1, I_2, I_1 = I_1 \cdot n_n$  – kuchlanish transformatorining birlamchi, ikkilamchi va ikkilamchi chulg‘amga keltirilgan birlamchi shakllari.

Kuchlanish transformatorining aniq ishlashi ikki xil hatolik bilan xarakterlanadi (jadv.1.2):

- kuchlanish bo‘yicha;

- burchak bo‘yicha.

Kuchlanish bo‘yicha xatolik quyidagicha topiladi:

$$\Delta U\% = ((n_n U_2 - U_1) / U_1) 100\% \quad (2.4)$$

Burchak bo‘yicha xatolik quyidagicha topiladi:

$$\delta = \delta_{si} + \delta_{yu} \quad (2.5)$$

bu yerda:

$\delta_{si} = 3440 / U_2 (I_2 r_1 - I_2 x_1)$  - salt ishlash tokiga bog‘liq xatolik;

$\delta_{yu} = 3440 / U_2 ((r_1' + r_2) \sin \varphi_2 - x_k \cos \varphi_2)$  - yuk tokiga bog‘liq xatolik;

$\varphi_2$  –  $U_2$  va  $I_2$

orasidagi burchak.

Kuchlanish transformatorining ikkilamchi chulg'amni yerga ulash kuchlanish zanjirining ixtiyoriy nuqtasida amalga oshirilishi mumkin.

2.2- jadval

Aniqlik klassi	Kuchlanish bo'yicha ruxsat berilgan xatolik, %	Burchak bo'yicha ruxsat berilgan xatolik, min.	Qo'llanilish sohasi
0,2	± 0,2	± 10	Laboratoriya o'lchovlari
0,5	± 0,5	± 20	Elektr energiya hisob-kitoblari
1,0	± 1,0	± 40	Shit uskunalari
3,0	± 3,0	Me'yorlanmagan	Xabar qurilmalari va himoya zanjirlari

Misdan tayyorlangan yerga ulash simining ko'ndalang kesim yuzasi 4mm dan kam bo'lmasligi kerak va u iloji boricha kuchlanish transformatorlarining chiqishiga yaqin joyga ulanadi.

Kuchlanish transformatorini qisqa tutashuvdan himoya qiluvchi saqlagich va avtomatlar hamma yerga ulanmagan simlarga o'rnatiladi: ikki faza va nol simida (uchinchi faza yerga ulanganda) va uchta fazada (nol sim yerga ulanganda).

Kuchlanish transformatorlari aniqlik bo'yicha uchta darajaga bo'linadi:

0,5 ( $\Delta U = \pm 0.5\%$ ;  $\delta = \pm 20\text{min}$ ), 1 ( $\Delta U = \pm 1\%$ ;  $\delta = \pm 40\text{min}$ ),  
3 ( $\Delta U = \pm 3\%$ ;  $\delta$  -me'yorlanmagan).

Kuchlanish transformatorlarining ikkilamchi kuchlanishlari

NOS-0,5; NOSK-3 uchun 100 V; ZNOM-35-100/1,73 V; NTMK-10-100 V;  
NTMI-100V; NKF-100/1,73.

**Misol.** Nominal kuchlanishi 10 kV bo'lgan elektr tarmoqqa kuchlanish transformatorni tanlang?

Yechish. Kuchlanish transformatorlari nominal kuchlanishga qarab tanlangani uchun quyidagi misol uchun  $U_1 = 10000 \text{ V}$  ya'ni  $n_{kt} = \frac{U_1}{100} = \frac{10000}{5} = 200$  transformatsiya koeffitsiyentli NTMK-10-100 V kuchlanish transformatorini tanlaymiz.

### Sinov savollari

1. Tok transformatorlari qanday tanlanadi?
2. Kuchlanish transformatori qanday tanlanadi?
3. Tokli kesim parametrlari qanday hisoblanadi?

### 3 – AMALIY MASHG‘ULOT

## TOKLI KESIM HIMOYA PARAMETRLARINI HISOBLASH

### 3.1 Tokli kesim

Tokli kesim – bu maksimal turdagi tezkor tokli himoya hisoblanib, tanlovchanlikka ishlash zonasini cheklash orqali erishiladi.

Bir tomonlama ta’minlanuvchi tarmoqlarda tokli kesim himoyalananayotgan qismning manba tomonida o’rnatiladi.

Qisqa tutashuv toklari manbadan shikastlanish joyigacha bo’lgan masofaga bog’liq holda tokli kesimning ishlash tokini shunday tanlash mumkinki, bunda kesimning ishlash hududida faqat nazarot qilinayotgan uskuna kiradi. Tokli kesimning (3.1 – rasmdagi TK1) ishlash toki qo’shni tutashmalarda bo’lishi mumkin bo’lgan eng katta qisqa tutashuv tokidan, ya’ni L2 tarmoqdagi qisqa tutashuv tokidan katta bo’lishi kerak. Chunki L2 tarmoqning boshidagi qisqa tutashuv toki L1 tarmoqning oxiridagi qisqa tutashuv tokiga deyarli teng, o’rnatmalarni tanlashda odatda B podstansiyadagi qisqa tutashuv toklarini hisoblashadi (tarmoqlar chegarasidagi K1 nuqtadagi qisqa tutashuv).

Ushbu holatda tokli kesimning ishlash toki quyidagicha yozilishi mumkin:

$$I_{ish.TK} \succ I_{q.t \max(K1)}^{(3)}, \quad (3.1)$$

bu yerda  $I_{q.t \max(K1)}^{(3)}$  - energetika tizimining maksimal ish holati vaqtidagi K1 nuqtadagi qisqa tutashuv tokining haqiqiy qiymati.

### 3.2. Tokli kesimning o’rnatmalarini tanlash.

Tezkor himoyalarning (tokli himoya ham shular jumlasiga kiradi) o’rnatmalarini hisoblashda qisqa tutashuv tokining aperiodik tashkil etuvchisini ham inobatga olish lozim. Ushbu maqsadda tanlash shartiga zaxira koeffitsiyenti ham kiritilib, uning qiymati himoyalananayotgan qurilmaga hamda qo’llanilayotgan relening turiga bog’liq.

Zaxira koeffitsiyentining qiymati relening turiga bog’liq holda 3.1 – jadvalga keltirilgan.

3.1-jadval

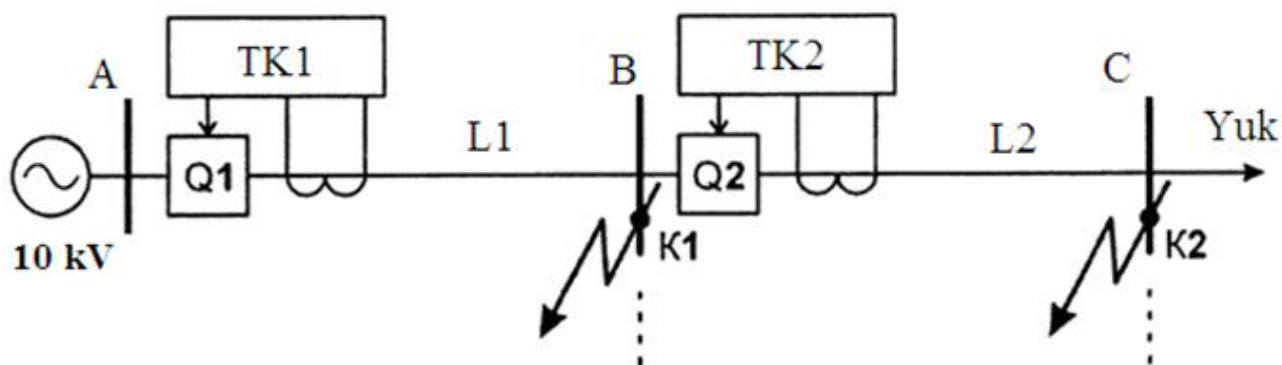
#### Sabr vaqtsiz tokli kesim uchun zaxira koeffisientining qiymati

Relening turi	Himoyalananayotgan qurilma	
	liniya	transformator
PT-40	1,2-1,3	1,3-1,4
PT-80	1,5-1,6	1,6

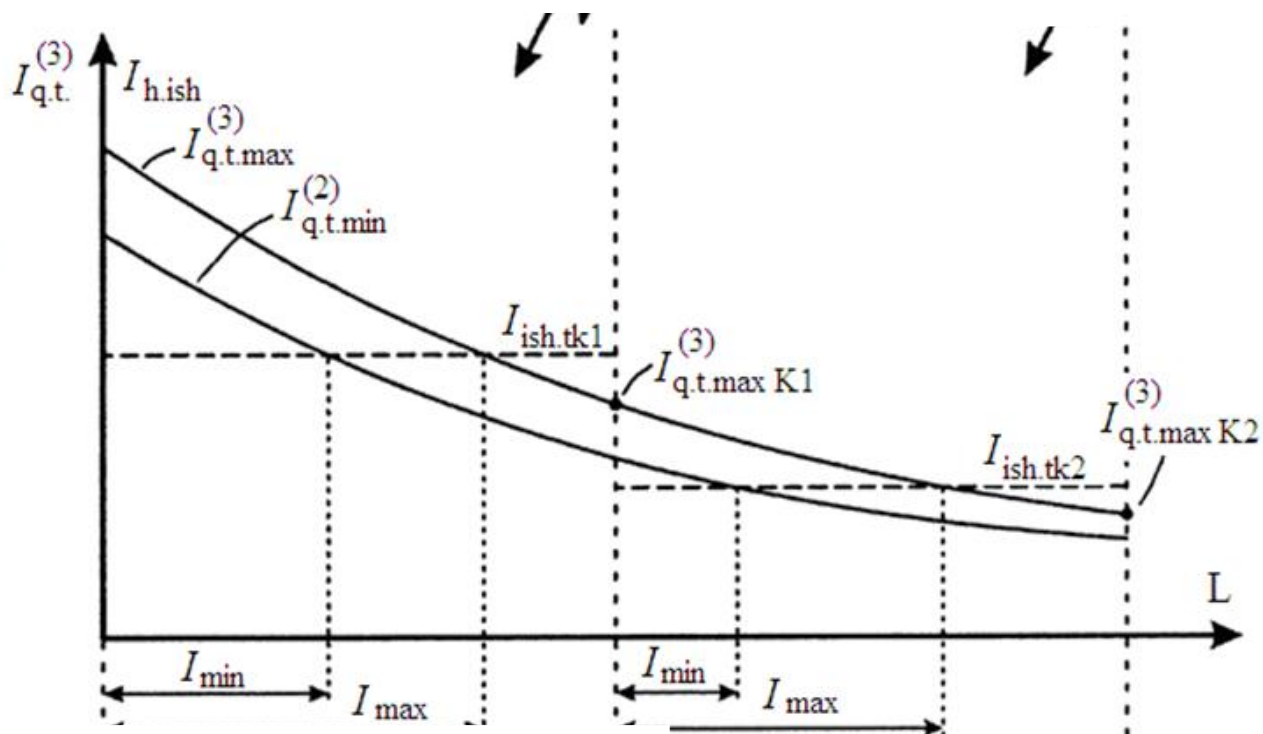
Transformator yoki liniyalarga (ushbu liniyadan transformator ta’minlanayotgan bo’lsa) o’rnatilgan sabr vaqtsiz tokli kesimlarni ushbu transformatorlarni ishga tushirishdan hosil bo’luvchi magnitlovchi tokning sakrashidan ham sozlash kerak.



Liniyadagi tokli kesimning ishlash hududi grafik orqali aniqlanadi, ya'ni qisqa tutashuv tokining egri chizig'i bilan liniyaning o'rnatmasiga mos keluvchi gorizontal chiziqlarning kesishish nuqtasi olinadi. Qisqa tutashuvning turiga hamda energetika tizimlarining ish holatlariga bog'liq ravishda tokli kesimning o'ng chegara ta'sir zonasi o'zgarishi, ishlash zonasining kengligi esa  $I_{min}$  dan  $I_{max}$  oralig'ida o'zgarishi mumkin (3.1 – rasmga qarang). Minimal ta'sir zonasida ( $I_{min}$ ) tokli kesim energetika tizimining istalgan ish rejimidagi qisqa tutashuvlarni aniqlaydi. Maksimal ta'sir zonasidan ( $I_{max}$ ) tashqarida tokli kesim hech qanaqa qisqa tutashuvlarni aniqlamaydi. Shuning uchun odatda tokli kesimning ishchi zonasi sifatida minimal zona  $I_{min}$  hisoblanadi.



a)



b)

3.1 – rasm. Tokli kesimli elektr tarmoqning sxemasi (a) va qisqa tutashuv toklarining diagrammalari (b)

Tokli kesimning samaradorligi sezgirlik koeffitsiyenti yoki ish zonasining uzunligi orqali baholanadi:

- transformatorlar uchun tokli kesimning sezgirligi energetika tizimining minimal ish holatida tokli kesimning ish zonasiga kiruvchi eng «yengil» qisqa tutashuv toki orqali aniqlanadi: bunda

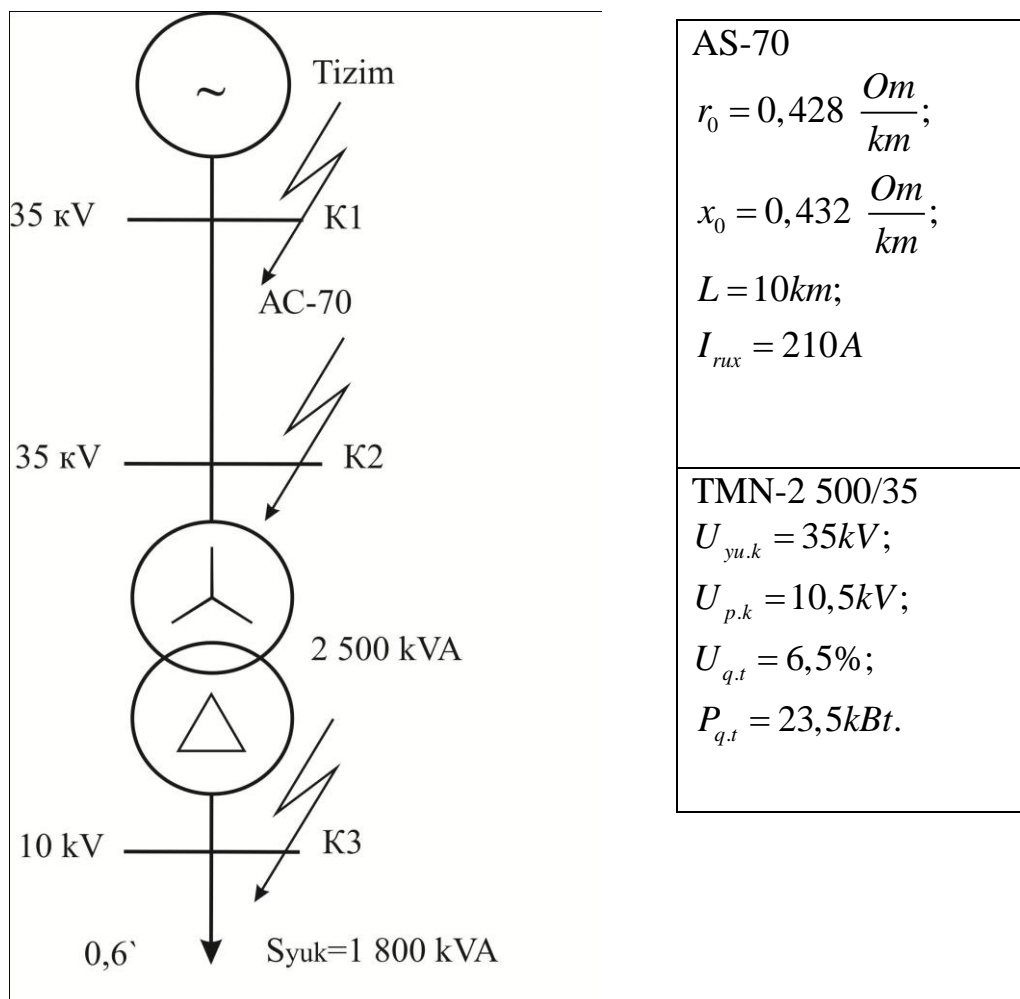
$k_{sez} \geq 2$  sharti bajarilishi kerak;

- «liniya-transformator» bloklaridagi tokli kesimning sezgirlik koeffitsiyentini hisoblashda liniyaning oxiridagi bo‘lishi mumkin bo‘lgan eng kichik qisqa tutashuv toki (ya’ni liniya va transformator chegaralaridagi) olinadi: bunda  $k_{sez} \geq 1,5$  bo‘lishi kerak;

- agarda tokli kesimning ta’sir zonasi liniya uzunligining 15-20% o‘z ichiga qamrab olsa tokli kesim samarali hisoblanadi.

Sabr vaqtsiz tokli kesim qurilmaning bir qismini himoyalaganligi sababli, ushbu qurilma uchun yagona himoya vositasi sifatida qo‘llash mumkin emas.

**Misol.** Quyida berilgan chizmada transformator va liniyaning tokli kesimini hisoblang.



3.2 – rasm. Tarmoqning prinsipial sxemasi

3.2-jadval

Qisqa tutashuv nuqtasi	K1	K2	K3
$I_{q.t \max}^{(3)} (A)$	7802	2590	1737
$I_{q.t \max}^{(2)} (A)$	6757	2243	1504
$I_{q.t \min}^{(3)} (A)$	6242	2419	1710
$I_{q.t \min}^{(2)} (A)$	5406	2095	1481

### Releli himoya qurilmalarini tanlash, ularning o'rnatmalarini hisoblash

Releli himoya ustavkalarini tarmoq oxiridan boshlab hisoblaymiz.

#### Transformatorning himoyasi

##### *Sabr vaqtsiz tokli kesim*

Tokli kesimning ishlash toki (PT-40 relesi asosida):

$$I_{him.ish} = k_z \cdot I_{q.t.max.tash}^{(3)} = 1,3 \cdot 1737 \cdot \frac{10}{35} = 645 A.$$

Relening ishlash toki:

$$I_{rele.ish} = k_{sx} \cdot \frac{I_{him.ish}}{n_{tt}} = \sqrt{3} \cdot \frac{645}{10} = 111,7 A.$$

Himoyaning sezgirligi:

$$k_{sez} = k_{\Sigma sx} \cdot \frac{I_{q.t.min}^{(2)}}{I_{rele.ish} \cdot n_{tt}} = 2 \cdot \frac{2095}{111,7 \cdot 10} = 3,75 > 2.$$

#### Liniyaning himoyasi

a) Birinchi pog'ona, sabr vaqtsiz tokli kesim (PT-40 relesi asosida).

Tokli kesimning ishlash toki:

$$I_{him.ish}^I = k_z \cdot I_{q.t.max}^{(3)} = 1,2 \cdot 2590 = 3108 A.$$

Relening ishlash toki:

$$I_{rele.ish}^I = k_{sx} \cdot \frac{I_{him.ish}^I}{n_{tt}} = 1 \cdot \frac{3108}{60} = 51,8 A.$$

Himoyaning sezgirligi:

$$k_{sez} = k_{sx} \cdot \frac{I_{q.t.max}^{(3)}}{I_{rele.ish} \cdot n_{tt}} = 1 \cdot \frac{7802}{51,8 \cdot 60} = 2,51 > 1,2.$$

b) Ikkinchi pogʻona, sabr vaqtli tokli kesim (PT-40 va RV-200 relelar asosida).

Tokli kesimning ishlash toki:

$$I_{him.ish}^{II} = k_z \cdot I_{him.ishq.max.avval} = 1,1 \cdot 645 = 709,5 A.$$

Relening ishlash toki:

$$I_{rele.ish}^{II} = k_{sx} \cdot \frac{I_{him.ish}^{II}}{n_{tt}} = 1 \cdot \frac{709,58}{60} = 11,83 A.$$

Himoyaning sezgirligi:

$$k_{sez} = \frac{I_{q.t.min}^{(2)}}{I_{rele.ish}^{II} \cdot n_{tt}} = \frac{2095}{11,83 \cdot 60} = 2,95 > 1,5.$$

$$t_{him.ish}^{II} = t_{him.ish}^I + \Delta t = 0,6 + 0,5 = 1,1 s$$

### Sinov savollari

1. Tokli kesim himoya parametrlari qanday hisoblanadi?
2. Tokli kesimning oʻrnatmalari qanday tanlanadi?
3. Relening ishlash tokini tushuntiring va u qanday hisoblanadi?

## 4 – AMALIY MASHGʻULOT

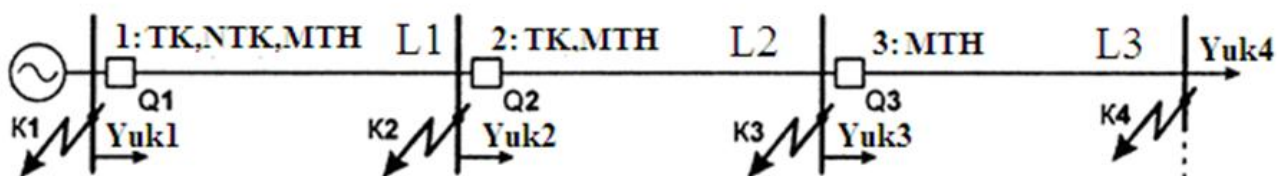
### TARMOQLARNING UCH POGʻONALI HIMOYASINI HISOBLASH VA ISHLASH TOKINI TANLASH

Elektr tarmoqlarini shikastlanishlardan ishonchli himoyalash uchun koʻpgina hollarda bir turdagi himoyani qoʻllash yetarli boʻlmaydi. Tokli himoyalar shikastlanishlarni tezda topsada, lekin himoyalalanayotgan qurilmaning oxirida sezgirlikka ega boʻlmaydi. MTH yetarli darajada ishlash zonaga ega boʻlsada, lekin ularni katta sabr vaqt orqali bajarishga toʻgʻri keladi. Bu esa tarmoqning bosh qismlarida tezkor ishlash talab qilinishini taʼminlab bera olmaydi. Ushbu holda har xil turdagi himoyalarning afzalliklaridan samarali foydalanish uchun ularni bitta kompleksga birlashtirishadi.

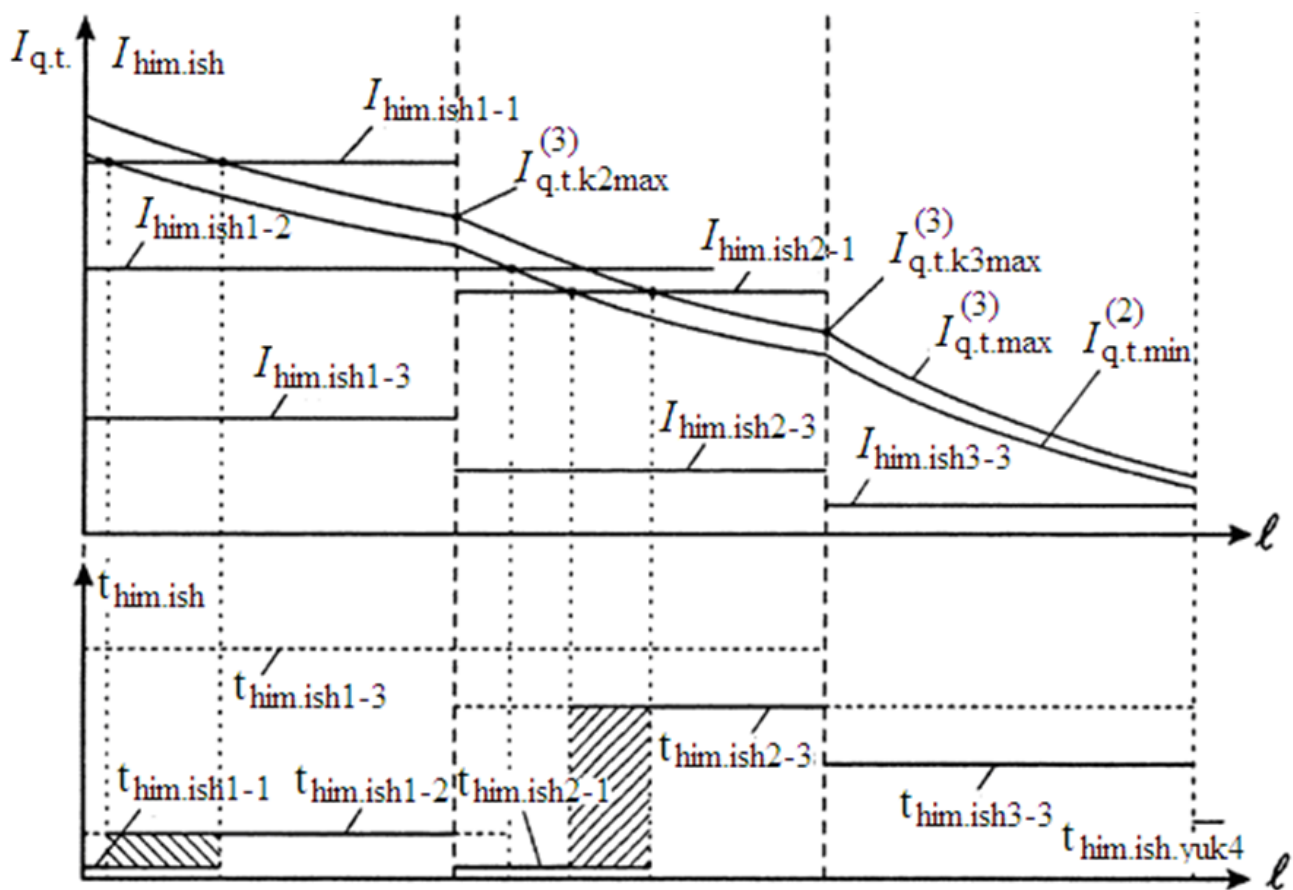
Bulardan eng koʻp tarqalgani uch pogʻonali tokli himoyalar hisoblanadi. Birinchi pogʻona sifatida sabr vaqtsiz tokli kesim (tanlovchan tokli kesim)

qo'llaniladi. Ikkichi pog'ona sifatida – sabr vaqtli tokli kesim (notanlovchan tokli kesim) qo'llaniladi. Uchinchi pog'ona sifatida MTH qo'llaniladi.

Uch pog'onali tokli himoyalar to'liq bo'lmagan bo'lishi mumkin. Masalan, bosh liniyada L1 (4.1 – rasm) qoidaga ko'ra barcha uchta pog'ona o'rnatiladi. Tarmoqning bosh qismiga yondosh liniyalarda (L2) ko'pincha ikkita pog'ona qo'llaniladi: birinchi va uchinchi pog'ona. Tarmoqniig manbadan uzoqda bo'lgan qurilmalarida (L3 liniya) odatda faqatgina MTH ning o'zi yetarli hisoblanadi.



a)



b)

4.1 – rasm. Uch pog'onali tokli himoyali tarmoq sxemasi (a) va mos holda qisqa tutashuvlar hamda vaqtlar diagrammasi (b)

Hisoblashlarni manbadan uzoqda bo'lgan liniyadan boshlash maqsadga muvofiqdir (L3). Uchinchi himoyaning uchinchi pog'onasidagi ishlash toki quyidagicha topiladi:

$$I_{him.ish3-3} = \frac{k_z}{k_{qay}} \cdot I_{uz.ish L3} = \frac{k_z \cdot k_{uz.ish L3}}{k_{qay}} \cdot I_{ish.max L3}, \quad (4.1)$$

bu yerda  $I_{uz.ish L3}$  va  $I_{ish.max L3}$  - mos holda liniyadagi (L3) avariya dan keyingi o'z – o'zini ishga tushirish toki va normal holatdagi ishchi tokning maksimal qiymati;

$k_z$  - zaxira koeffitsiyenti (sabr vaqtli himoyalar uchun);

$k_{qay}$  - qaytish koeffitsiyenti;

$k_{uz.ish L3}$  - liniya (L3) uchun o'z – o'zini ishga tushirish koeffitsiyenti.

3 – himoyaning uchinchi pog'onasining sabr vaqti quyidagicha:

$$t_{him.ish3-3} = t_{him.ish yuk4} + \Delta t,$$

bu yerda  $t_{him.ish yuk4}$  - yuklama himoyasining maksimal ishlash vaqti;

$\Delta t$  - tanlovchanlik pog'onasi.

Birinchi va ikkinchi liniyalarning MTH sining ishlash parametrlari shu singari aniqlanadi:

$$I_{him.ish2-3} = \frac{k_z}{k_{qay}} \cdot I_{uz.ish L2} = \frac{k_z \cdot k_{uz.ish L2}}{k_{qay}} \cdot I_{ish.max L2},$$

$$t_{him.ish2-3} = \max(t_{him.ish3-3}, t_{him.ish3}) + \Delta t, \quad (4.2)$$

$$I_{him.ish1-3} = \frac{k_z}{k_{qay}} \cdot I_{uz.ish L1} = \frac{k_z \cdot k_{uz.ish L1}}{k_{qay}} \cdot I_{ish.max L1},$$

$$t_{him.ish1-3} = \max(t_{him.ish2-3}, t_{him.ish.yuk3}) + \Delta t,$$

Ikkinchi liniyaning birinchi pog'onasining ishlash toki quyidagicha:

$$I_{him.ish2-1} = k_z \cdot I_{q.t.max}^{(3)},$$

bu yerda  $k_z$  - zaxira koeffitsiyenti (sabr vaqtsiz himoyalar uchun);

$I_{q.t.max}^{(3)}$  - liniyaning oxiridagi uch fazali qisqa tutashuv tokning maksimal qiymati.

Xuddi shunday birinchi himoyaning birinchi pog'onasining ishlash toki aniqlanadi:

$$I_{him.ish1-1} = k_z \cdot I_{q.t.K2max}. \quad (4.3)$$

Birinchi himoyaning ikkinchi pog'onasining ishlash toki ikkinchi liniyaning birinchi pog'onasining ishlash tokidan rostdash kerak:

$$I_{him.ish1-2} = k_{z1-2} \cdot I_{him.ish2-1} = k_{z1-2} \cdot k_{z2-1} \cdot I_{q.t.K3max}^{(3)}, \quad (4.4)$$

bu yerda  $k_{z1-2}$  va  $k_{z2-1}$  - mos holda birinchi liniyaning ikkinchi pogʻonasining tok boʻyicha zaxira koeffitsiyenti va ikkinchi liniyaning birinchi pogʻonasining tok boʻyicha zaxira koeffitsiyenti; umumiy holda ushbu koeffitsiyentlarning qiymatlari har xil, chunki birinchi pogʻonaning himoyasi sabr vaqtga ega emas.

Birinchi himoyaning (L1) ikkinchi pogʻonasi vaqt boʻyicha qoʻshni tutashmalarning (L2 liniya) tezkor himoyalarning vaqtlaridan (umumiy ishlash hududida) sozlanishi lozim:

$$t_{him.ish1-2} = t_{him.ish2-1} + \Delta t ,$$

bu yerda  $t_{him.ish1-2}$  - ikkinchi himoyaning birinchi pogʻonasining ishlash vaqti.

Alohida pogʻonalarning relelarini ishlash toki quyidagicha topiladi:

$$I_{rele.ish} = \frac{k_{sx}}{k_{tt}} \cdot I_{him.ish} , \quad (4.5)$$

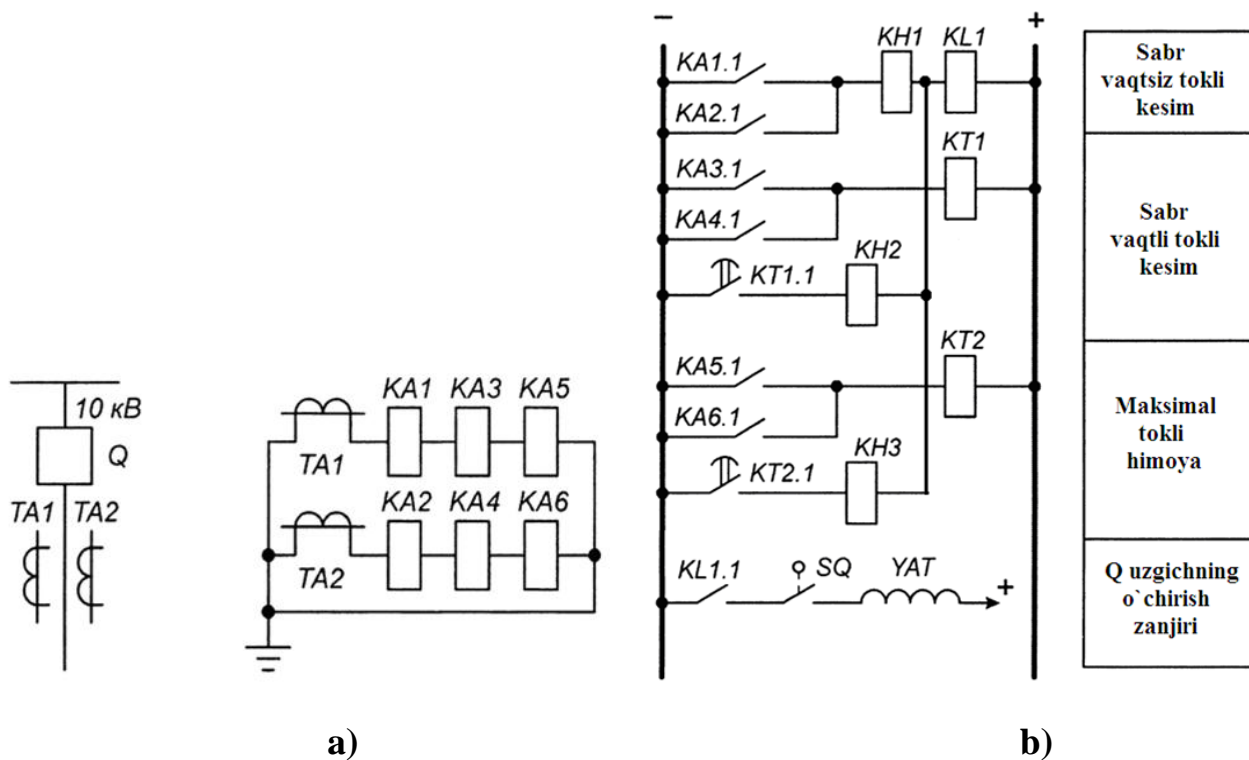
bu yerda  $I_{him.ish}$  - himoyaning mos pogʻonasidagi birlamchi ishlash toki;

$k_{sx}$  - sxema koeffitsiyenti;

$k_{tt}$  - himoya tok transformatorining transformatsiya koeffitsiyenti.

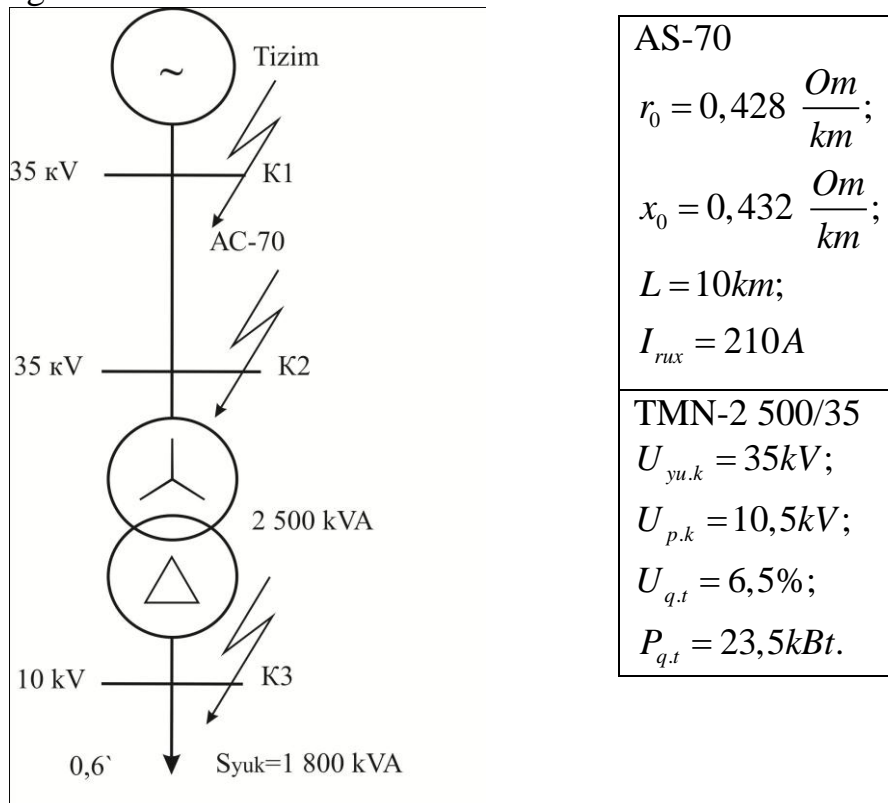
10 kV li liniyalarning uch pogʻonali tokli himoyasining bazaviy sxemasi 4.2 – rasmda keltirilgan.

Himoyaning birinchi pogʻonasining sezgirligi uning ishchi zonasining uzunligi boʻyicha baholanadi. Ishlash zonasi qoidaga koʻra grafiklar orqali aniqlanadi.



4.2. – rasm. Uch pogʻonali tokli himoya sxemasi: a) prinsipial sxemasi; b) ishga tushiruvchi sxemasi

**Misol.** Quyida berilgan chizmada liniyaning uch pog'onali himoyasini hisoblang.



4.3 – rasm. Tarmoqning prinsipial sxemasi.

4.1-jadval

Qisqa tutashuv nuqtasi	K1	K2	K3
$I_{q.t \max}^{(3)}$ (A)	7802	2590	1737
$I_{q.t \max}^{(2)}$ (A)	6757	2243	1504
$I_{q.t \min}^{(3)}$ (A)	6242	2419	1710
$I_{q.t \min}^{(2)}$ (A)	5406	2095	1481

### Liniyaning himoyasi

a) Birinchi pog'onada, sabr vaqtsiz toki likesim (PT-40 relesi asosida). Tokli kesimning ishlash toki:

$$I_{\text{him.ish}}^I = k_z \cdot I_{q.t.\max}^{(3)} = 1,2 \cdot 2590 = 3108\text{A.}$$

Relening ishlash toki:

$$I_{\text{rele.ish}}^I = k_{\text{sx}} \cdot \frac{I_{\text{him.ish}}^I}{n_{\text{tt}}} = 1 \cdot \frac{3108}{60} = 51,8\text{A.}$$

Himoyaning sezgirligi:



$$k_{sez} = k_{sx} \cdot \frac{I_{q.t.max}^{(3)}}{I_{rele.ish} \cdot n_{tt}} = 1 \cdot \frac{7802}{51,8 \cdot 60} = 2,51 > 1,2.$$

b) Ikkinchi pog‘ona, sabr vaqtli tokli kesim (PT-40 va RV-200 relelar asosida).

Tokli kesimning ishlash toki:

$$I_{him.ish}^{II} = k_z \cdot I_{him.ishq.max.avval} = 1,1 \cdot 645 = 709,5 A.$$

Relening ishlash toki:

$$I_{rele.ish}^{II} = k_{sx} \cdot \frac{I_{him.ish}^{II}}{n_{tt}} = 1 \cdot \frac{709,58}{60} = 11,83 A.$$

Himoyaning sezgirligi:

$$k_{sez} = \frac{I_{q.t.min}^{(2)}}{I_{rele.ish}^{II} \cdot n_{tt}} = \frac{2095}{11,83 \cdot 60} = 2,95 > 1,5.$$

$$t_{him.ish}^{II} = t_{him.ish}^I + \Delta t = 0,6 + 0,5 = 1,1 s$$

b) Uchinchi pog‘ona, maksimal tokli himoya (PT-40 va RV-200 relelar asosida).

Himoyaning ishlash toki:

$$I_{him.ish}^{III} = \frac{k_z \cdot k_{uz.ish}}{k_{qay}} \cdot I_{ish.max} = \frac{1,2 \cdot 1,5}{0,8} \cdot 104 = 234 A.$$

$$I_{ish.max} = \frac{S_{yuk}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1800}{\sqrt{3} \cdot 10} = 104 A$$

Relening ishlash toki:

$$I_{rele.ish}^{III} = k_{sx} \cdot \frac{I_{him.ish}^{III}}{n_{tt}} = 1 \cdot \frac{234}{60} = 3,9 A.$$

Himoyaning sezgirligi, asosiy zonada:

$$k_{sez} = \frac{I_{q.t.min}^{(2)}}{I_{rele.ish}^{III} \cdot n_{tt}} = \frac{2095}{3,9 \cdot 60} = 8,95 > 1,5.$$

Zaxira zonada:

$$k_{sez} = \frac{I_{q.t.min.tashqi}^{(2)}}{I_{rele.ish}^{III} \cdot n_{tt}} = \frac{1481 \cdot 10}{3,9 \cdot 60 \cdot 35} = 1,8 > 1,2.$$

Himoyaning ishlash vaqti:  $t_{him.ish}^{III} = t_{him.ish}^{II} + \Delta t = 1,1 + 0,5 = 1,6 s.$

### Sinov savollari

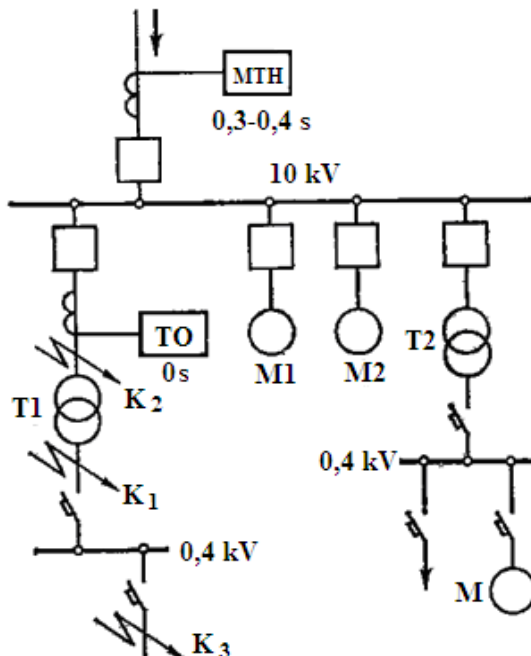
1. Uch pog'onali himoyaning tarkibiy qismlariga nimalar kiradi?
2. Tok kesimining ishlash toki qanday hisoblanadi?
3. Relening ishlash tokini tushuntiring va u qanday hisoblanadi?

## 5 – AMALIY MASHG'ULOT

### TRANSFORMATORNING TOKLI KESIM HIMOYASINI HISOBLASH VA ISHLASH TOKINI TANLASH

#### 5.1 Tokli kesimning ishlash tamoiili va qo'llanish doirasi

Tokli kesim ishlash zonasi chegaralangan tezkor maksimal tok himoyasi hisoblanadi. Tokli kesimning ishlash zonasi kuchlanishni pasaytiruvchi transformatorlar chulg'amlarining bir qismi hamda yuqori kuchlanish tarafdagi chiqishlarni o'z ichiga oladi. Tokli kesim transformatorning yuqori kuchlanish tarafida o'rnatiladi (5.1-rasm).



5.1-rasm. T1 transformatorida o'rnatilgan tokli kesimning ishlash (K3 nuqta) va ishlamaslik (K1 va K2 nuqta) shartini tushuntiruvchi 10 kV li podstansiya sxemasi

Transformatoridan keyingi qisqa tutashuvlarda (K1 nuqta) tokli kesim ishga tushmaydi, chunki tokli kesimning ishlash toki ushbu qisqa tutashuv nuqtasigacha

bo‘lgan maksimal tokning qiymatidan sozlangan. Shuningdek tokli kesim transformatoridan ketuvchi tarmoqdagi qisqa tutashuvlarda (K2 nuqta) ham ishga tushmaydi, shu sababli sabr vaqtsiz qilib ishlatish mumkin.

Tokli kesimning eng muhim xislati tezkorlik hisoblanadi, chunki qisqa tutashuv tokini tezda o‘chirish transformatorning shikastlanish darajasini kamaytiradi, ushbu manbaga ulangan motorlar hamda yuklamalarning (T2, M1, M2) normal sharoitlarda ishlash davomiyligini ta’minlab beradi. Shuningdek ta’minlovchi 10 kV li tarmoq uchun uncha katta bo‘lmagan sabr vaqtni hosil qilishiga imkon yaratib beradi (5.1-rasmdagi MTH). Tokli kesimning kamchiligi uning ishlash zonasini cheklanganligi hisoblanadi, chunki tokli kesim transformatorlarning maksimal tokli himoyasini to‘ldirish maqsadida qo‘llaniladi. Transformatorlarning differensial himoyasini qo‘llashda tokli kesim ishlatilmaydi.

## 5.2 Tokli kesimning ulanish sxemalari va ishlash tokining hisobi

Tokli kesimning tanlovchanligi ishlash tokini tanlash orqali ta’minlanadi, ya’ni:

$$I_{ish.tk} = k_{zah} \cdot I_{k.max.tash}^{(3)} \quad (5.1)$$

bu yerda  $I_{k.max.tash}^{(3)}$  – transformatoridan keyingi uch fazali qisqa tutashuv tokining maksimal qiymati, ya’ni tokli kesimning ishlash zonasiga kirmaydigan qisqa tutashuv tokini transformatorning yuqori kuchlanish tomoniga (tokli kesim o‘rnatilgan tomonga) keltirilgan qiymati, A;  $k_{zah}$  – zaxira koeffitsiyenti, uning qiymati ishlatilgan tok relelarining turiga bog‘liq. Zaxira koeffitsiyentining qiymatini 5.1 – jadvaldan olish mumkin.

5.1-jadval

### Sabr vaqtsiz tokli kesim uchun zaxira koeffitsiyentining qiymati

Relening turi	Himoyalalanayotgan qurilma	
	liniya	transformator
RT-40	1,2-1,3	1,3-1,4
RT-80	1,5-1,6	1,6

Tashqi qisqa tutashuv toki  $I_{k.max.tash}^{(3)}$  energotizimning maksimal ish holati davrida K1 nuqtagacha qarshiliklar eng kichik bo‘lishi mumkin bo‘lgan holatda aniqlanadi (5.1-rasm). Tokli kesimning ishlash tokini (5.1) ifoda orqali aniqlashda 10 kv kuchlanish tarafdagi transformatorlarni kuchlanish ostida ishga tushirish natijasida hosil bo‘luvchi magnitlovchi tokning sakrashidan himoya ishga tushmaydigan qilib sozlanadi.

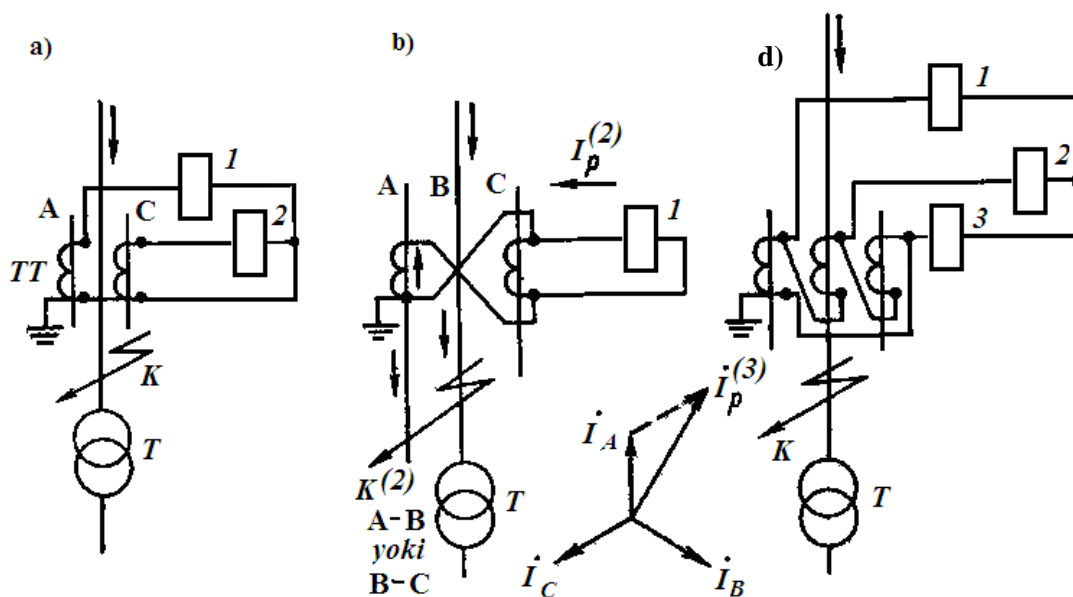
Tokli kesimdagi tok relelarining ishlash (o‘rnatma) toki quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{r.ish} = \frac{I_{ish.tk} \cdot k_{sx}}{n_{tt}} \quad (5.2)$$

bu yerda  $I_{ish.tk}$  - tokli kesimning ishlash toki (5.1) ifoda orqali aniqlanadi, A;  $k_{sx}$  - simmetrik holatdagi sxema koeffitsiyenti bo'lib ushbu koeffitsiyent reledagi tokni tok transformatorning ikkilamchi tokidan necha marta kattaligini ko'rsatadi;  $n_{tt}$  - transformatorning yuqori kuchlanish tarafidagi tok transformatorning transformatsiya koeffitsiyenti.

Tok transformatorlarning to'liq bo'lmagan yulduz ulanishli sxemasida barcha qisqa tutashuvlar uchun  $k_{sx} = 1$  (5.2 a-rasm).

Ikki fazani toklar ayirmasiga ulanishli tok transformatorlar sxemasida (5.2,b-rasm) simmetrik yuklamalarda va uch fazali qisqa tutashuvlarda  $k_{sx} = \sqrt{3}$ , lekin ikki fazali A-B va B-C qisqa tutashuvlarda  $k_{sx} = 1$ . Ushbu tok transformatorlarining ulanish sxemalarini solishtirish natijasida xulosa shuki, agarda  $I_{ish.tk}$  va  $k_{sx}$  o'zgarmagan hollarda 5.2,b – rasmdagi sxemadagi tok relelarining ishlash toki (5.2) ifoda bo'yicha 5.3,a – rasmdagi sxemaga nisbatan 1,73 marta kattadir. Ushbu nisbat sezgirlik koeffitsiyentini hisoblashda juda muhim ahamiyatni kasb etadi. Sezgirlik koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:



5.2-rasm. Transformatorlarning tokli kesimida maksimal tok relelarining ulanish sxemalari: a) to'liq bo'lmagan; b) toklar ayirmasiga ishlaydigan sxema; d) uchburchak

$$k_{sez} = \frac{I_{r.min}^{(2)}}{I_{r.ish}} \quad (5.3)$$

bu yerda  $I_{r.min}^{(2)}$  - himoyalananayotgan transformatorning yuqori kuchlanish tomonidagi chiqishlaridagi ikki fazali qisqa tutashuv vaqtida reledagi minimal tokning qiymati (5.2-rasmdagi K nuqta);  $I_{r.ish}$  - relening ishlash toki (5.2) ifoda orqali aniqlanadi.

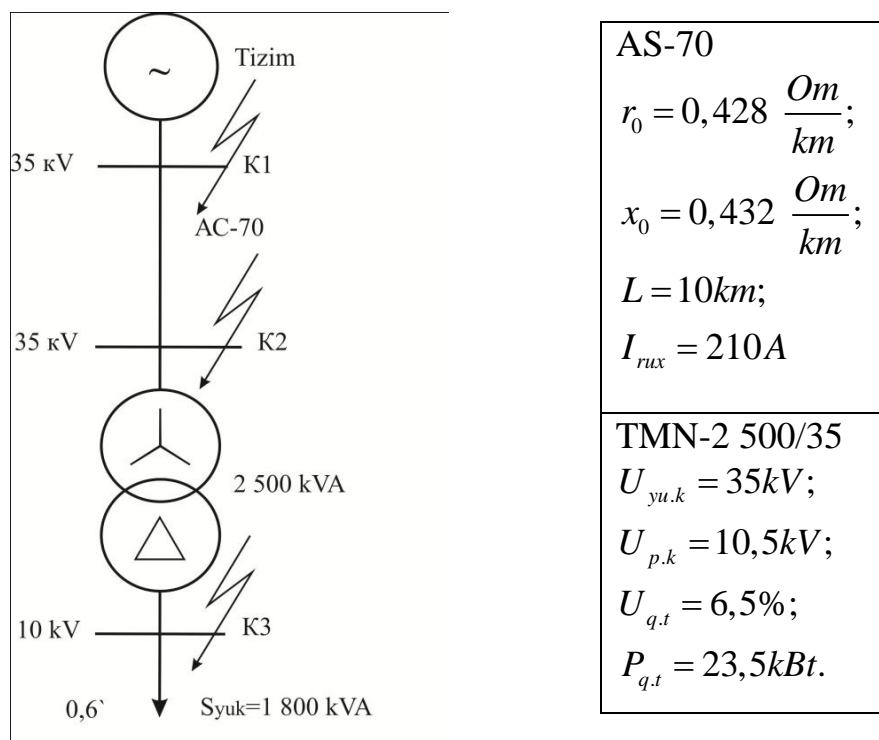
Sezgirlik koeffitsiyenti taqriban ikkiga teng bo'lishi kerak.

5.2, a rasmdagi sxema uchun ikki fazali qisqa tutashuvning barcha turlarida hamda 5.2, b rasmdagi sxemadagi A – B, B – C fazalardagi qisqa tutashuvlarda  $k_{sx} = 1$ , shundan kelib chiqadiki :

$$I_{r.min}^{(2)} = \frac{I_{q.t.min}^{(2)}}{n_{t,t}} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{q.t.min}^{(3)}}{2 \cdot n_{t,t}} \quad (5.4)$$

bu yerda  $I_{q.t.min}^{(3)}$  - energiya tizimining maksimal qarshilik holatidagi himoyalananayotgan transformatorning yuqori kuchlanish tomonidagi chiqishlardagi uch fazali qisqa tutashuv vaqtidagi birlamchi tokning minimal qiymati.

**Misol.** Quyida berilgan chizmada transformatorning tokli kesim himoyasini hisoblang.



5.3 – rasm. Tarmoqning prinsipial sxemasi

5.2-jadval

Qisqa tutashuv nuqtasi	K1	K2	K3
$I_{q.t.max}^{(3)}$ (A)	7802	2590	1737

$I_{q.t.max}^{(2)}$ (A)	6757	2243	1504
$I_{q.t.min}^{(3)}$ (A)	6242	2419	1710
$I_{q.t.min}^{(2)}$ (A)	5406	2095	1481

### **Releli himoya qurilmalarini tanlash, ularning o‘rnatmalarini hisoblash.**

Releli himoya ustavkalarini tarmoq oxiridan boshlab hisoblaymiz.

#### **Transformatorning himoyasi**

##### ***Sabr vaqtsiz tokli kesim.***

Tokli kesimning ishlash toki (PT-40 relesi asosida):

$$I_{him.ish} = k_z \cdot I_{q.t.max.tash}^{(3)} = 1,3 \cdot 1737 \cdot \frac{10}{35} = 645 A.$$

Relening ishlash toki:

$$I_{rele.ish} = k_{sx} \cdot \frac{I_{him.ish}}{n_{tt}} = \sqrt{3} \cdot \frac{645}{10} = 111,7 A.$$

Himoyaning sezgirligi:

$$k_{sez} = k_{\Sigma sx} \cdot \frac{I_{q.t.min}^{(2)}}{I_{rele.ish} \cdot n_{tt}} = 2 \cdot \frac{2095}{111,7 \cdot 10} = 3,75 > 2.$$

#### **Sinov savollari**

1. Tokli kesimning ulanish sxemalarini tushuntiring?
2. Sezgirlik koeffisienti qanday hisoblanadi?
3. Transformatorlarning tokli kesimida maksimal tok relelarining ulanish sxemalarini tushuntiring?

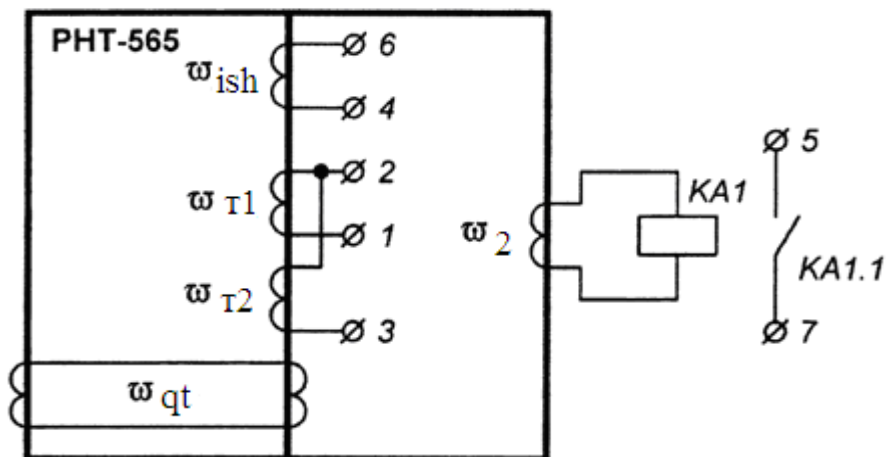
### **6 – AMALIY MASHG‘ULOT**

#### **TRANSFORMATORLARNING TEZ TO‘YINUVCHI TOK TRANSFORMATORLI DIFFERENSIAL HIMOYASINI (RNT-565) HISOBLASH VA ISHLASH TOKINI TANLASH**

##### **6.1 Tez tuyinuvchi tok transformatorli differensial himoya**

Tez to‘yinuvchi tok transformatorli differensial himoya kuchlanishning yuklama ostida rostlovchi qurilmasi bo‘lmagan transformatorlarda RNT (RNT-565)

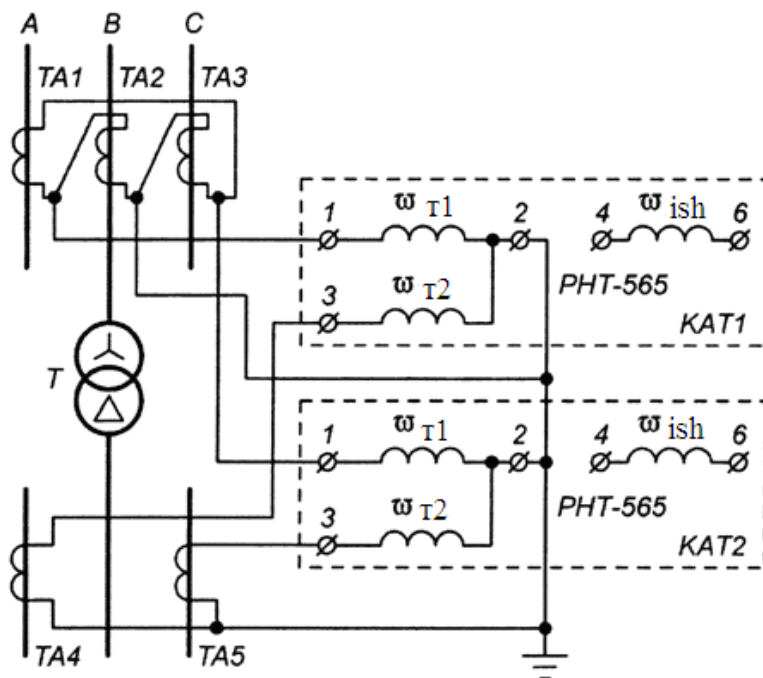
turidagi rele asosida ishlatiladi. RNT-565 releining soddalashtirilgan sxemasi 6.1-rasmda ko'rsatilgan.



6.1 - rasm. RNT-565 releining soddalashtirilgan sxemasi

6.1 – rasmda  $w_2$  – ikkilamchi chulg'am;  $w_{qt}$  – qisqa tutashtirilgan chulg'am;  $w_{ish}$  – ishchi chulg'am, o'ramlar soni 8 dan 35 gacha oraliq'ida bitta o'ram aniqligigacha o'rnatilishi mumkin;  $w_{T1}$  va  $w_{T2}$  – tenglashtiruvchi chulg'amlar, ushbu chulg'amlarning har birida 0 dan 34 gacha oraliq'ida o'ramlarni o'rnatish mumkin.

Relening tuzilishida tez to'ynadigan tok transformatorini va qisqa tutashtirilgan chulg'amning borligi himoyaning ishlash tokini kamaytirishga hamda sezgirligini oshirishiga imkon beradi. RNT-565 rele asosida ikki chulg'amli transformatorning differensial himoyasining bir ko'rinishi 6.2 - rasmda ko'rsatilgan.



6.2-rasm. RNT-565 rele asosida tuzilgan ikki chulg'amli transformatorning differensial himoyasining sxemasi

## 6.2 Differensial himoyalarning ishlash tokini tanlash

Kuchlanishni rostdash oralig‘i katta bo‘lgan ( $\Delta U_{Df} \% \geq 10\%$ ) ikki chulg‘amli transformatorlarning differensial himoyasini hisoblashni yuqori kuchlanish tomonidan boshlash maqsadga muvofiq, chunki transformatorning yuqori kuchlanish tomonida kuchlanishni yuklama ostida rostlovchi qurilmasi joylashgan.

Differensial himoyaning ishlash toki magnitlovchi tokning sakrashidan (barcha differensial himoyalar uchun) va tokning nobalansidan (tormozli differensial himoyadan tashqari) sozlanadi, ya‘ni

$$I_{hi \text{ yu.k}} \geq k_{soz} \cdot I_{nom.tr} \quad (6.1)$$

$$I_{hi \text{ yu.k}} \geq k_z \cdot I_{nb} \quad (6.2)$$

bu yerda  $k_{soz}$  - magnitlovchi tokning sakrashidan sozlovchi koeffitsient, differensial tokli kesim uchun  $k_{soz} \approx (3,4 \div 4)$ , RNT turidagi relelar uchun  $k_{soz} \approx 1,3$ , DZT turidagi relelar uchun  $k_{soz} \approx 1,5$ ;

$I_{nom.tr}$  - transformatorning nominal toki;

$k_z$  - zaxira koeffitsiyenti, differensial tokli kesim va RNT turidagi rele uchun  $k_z = 1,3$ , DZT turidagi relelar uchun  $k_z = 1,5$ ;

$I_{nb}$  - nobalans toki.

Agarda kuchlanishni yuklama ostida rostdash qurilmasi bo‘lgan transformatorlarda magnitlovchi tokning sakrashidan sozlashda kuchlanishni yuklama ostida rostdash qurilmasining oxirgi «manfiy» holati uchun hisoblanadi.

$$I_{nom.tr} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{nom1} \cdot (1 - \Delta U_{KYUR})} \quad (6.3)$$

bu yerda  $S_T$  - transformatorning nominal quvvati;

$U_{nom1}$  - transformatorning birlamchi nominal kuchlanishi;

$\Delta U_{KYUR}$  - yuqori kuchlanish tomondagi kuchlanishni rostdash oralig‘ining yarmi, nisbiy birliklarda.

Nobalans toki o‘zida uchta tashkil etuvchini qamrab oladi:

$$I_{nb} = I'_{nb} + I''_{nb} + I'''_{nb} \quad (6.4)$$

Birinchi tashkil etuvchisi tok transformatorlarning xatoligi bilan izohlanadi:

$$I'_{nb} = k_{nd} \cdot k_{bt} \cdot \varepsilon \cdot I_{qt.max.tashqi}^{(3)} \quad (6.5)$$



bu yerda  $k_{nd}$  - qisqa tutashuv tokining nodavriy tashkil etuvchisini hisobga oluvchi koeffitsient, differensial tokli kesim uchun  $k_{nd} = 2$ , tez to'yinuvchi tok transformatorli (RNT, DZT relelar) himoyalarda  $k_{nd} = 1$ ;

$k_{bt}$  - bir tipli koeffitsiyenti,  $k_{bt} = 1$  chunki transformatorning yuqori va past kuchlanish tomonlarida bir biridan farq qiluvchi tok transformatorlar o'rnatilgan.

$\varepsilon$  - tok transformator magnitlovchi tokni iste'mol qilishi hisobiga ruxsat etilgan xatoligini ko'rsatuvchi kattalik  $\varepsilon = 0,1$ ;

$I_{qt.max.tashqi}^{(3)}$  - maksimal ish holatidagi transformatoridan keyingi (differensial himoyaning ta'sir doirasidan tashqarida) uch fazali qisqa tutashuv toki (transformatorning yuqori kuchlanish tomoniga keltirilgan).

Ikkinchi tashkil etuvchi transformatorlarda kuchlanish yuklama ostida rostdash qurilmasining mavjudligi tufayli yuzaga keladi:

$$I'_{nb} = \Delta U_{KYUR} \cdot I_{qt.max.tashqi}^{(3)} \quad (6.6)$$

Uchinchi tashkil etuvchi RNT va DZT relelarning kommutatorlarida hisoblangan qoldiq o'ramlarni o'rnatib bo'lmasligidan kelib chiqadi.

$$I'''_{nb} = \left| \frac{W_{his.yu.k} - W_{yu.k}}{W_{his.yu.k}} \right| \cdot I_{qt.max.tashqi}^{(3)} \quad (6.7)$$

yoki tok transformatorlarni tanlashda himoya yelkalaridagi toklar to'liq tekislanmasligi natijasida kelib chiqadi:

$$I'''_{nb} = \left| \frac{I_{2.yu.k} - I_{2.pa.k}}{I_{2.yu.k}} \right| \cdot I_{qt.max.tashqi}^{(3)}, \quad (6.8)$$

bu yerda  $w_{his.yu.k}$  - tenglashtiruvchi chulg'amning hisobiy o'ramlar soni (yuqori kuchlanish tomondagi);

$w_{yu.k}$  - tenglashtiruvchi chulg'amdagi qabul qilingan butun sondagi o'ramlar soni (yuqori kuchlanish tomondagi);

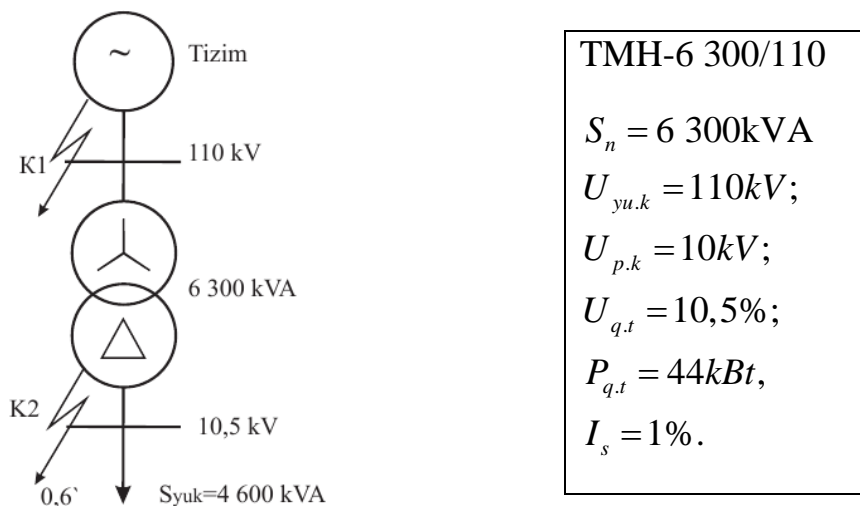
$I_{2.yu.k}$  va  $I_{2.pa.k}$  - yuqori va pastki kuchlanish tomonlaridagi tok transformatorlardan keyingi ikkilamchi nominal toklarning o'rtacha qiymati:

$$I_{2.yuk} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{nom1}} \cdot \frac{k_{sx.yu.k}}{k_{tt.yu.k}}, \quad I_{2.pak} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{nom2}} \cdot \frac{k_{sx.pa.k}}{k_{tt.pa.k}}.$$

Bu yerda  $k_{sx}$  - tok transformatorlarning ikkilamchi chulg'amlari va relelarning ulanish sxemasini hisobga oluvchi koeffitsiyent,  $k_{sx\ yu.k} = \sqrt{3}$ ,  $k_{sx\ pa.k} = 1$ ;

$k_{tt}$  - himoyalananayotgan transformatorning yuqori va pastki kuchlanish tomonlariga o'rnatilgan tok transformatorlarning transformatsiya koeffitsiyenti.

**Misol:** Quyida berilgan rasmda transformatorning differensial himoyasini hisoblang.



6.3– rasm. Tarmoqning prinsipial sxemasi

6.1 – jadval

Qisqa tutashuv nuqtasi	K1	K2
$I_{q.t\ max}^{(3)}$ (A)	2510	2943
$I_{q.t\ max}^{(2)}$ (A)	2174	2549
$I_{q.t\ min}^{(3)}$ (A)	2008	2871
$I_{q.t\ min}^{(2)}$ (A)	1739	2486

Differensial tokli kesim sezgir emas, shu sababli PHT-560 turidagi rele yordamida differensial himoyani o'rnatamiz.

1. Tokning magnitlovchi sakrashidan sozlash:

$$I_{him.ish} = k_{z1} \cdot I_{n.tr} = 1,3 \cdot 33,1 = 43,03A.$$

2. Nobalans tokining maksimalidan sozlash:

$$I_{him.ish} = k_{z2} \cdot I_{n.b.max} = 1,3 \cdot 53,5 = 69,55A.$$

$$I_{n.b.max} = I_{n.b.tt} + I_{n.b.rost} + I_{n.b.kom} = 26,75 + 26,75 = 53,5A;$$

$$I_{n.b.rost} = \frac{\Delta N}{100} \cdot I_{q.t.max.tashqi}^{(3)} = 0,1 \cdot 2943 \cdot \frac{10}{110} = 26,75A; \quad I_{n.b.kom} = 0A;$$

$$I_{n.b.tt} = k_a \cdot k_{bir.tip} \cdot f_i \cdot I_{q.t.max.tashqi}^{(3)} = 1 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 2943 \cdot \frac{10}{110} = 26,75A.$$

Ikki shartdan katta bo'lgan  $I_{him.ish} = 69,55A$  ni tanlaymiz.

Himoyaning sezgirligi:

$$k_{sez} = \frac{k_{\Sigma sx} \cdot I_{q.t.min.tashqi}^{(2)}}{I_{him.ish}} = \frac{1 \cdot 2486 \cdot 10}{69,55 \cdot 110} = 3,25 > 2.$$

Relening ishlash toki:

$$I_{rele.ish} = k_{sx.asos} \cdot \frac{I_{him.ish.asos}}{n_{tt.asos}} = \sqrt{3} \cdot \frac{69,55}{15} = 8,03A.$$

Asosiy tomonga o'rnatilgan PHT-560 relesining hisobiy o'ramlar sonini aniqlaymiz:

$$W_{asos} = \frac{F_{rele.ish}}{I_{rele.ish}} = \frac{100}{8,03} = 12,45.$$

Ushbu qiymatni yaqin kichik songa yaxlitlab  $W_{asos}^I = 12$ , himoya va relening haqiqiy ishlash toklari topiladi:

$$I_{rele.ish}^I = \frac{100}{W_{asos}^I} = \frac{100}{12} = 8,33A; \quad I_{him.ish.asos}^I = \frac{I_{rele.ish}^I \cdot n_{tt.asos}}{k_{sx.asos}} = \frac{8,33 \cdot 15}{\sqrt{3}} = 72,14A.$$

Himoyaning sezgirligi:

$$k_{sez} = \frac{k_{\Sigma sx} \cdot I_{q.t.min.tashqi}^{(2)}}{I_{him.ish.asos}^I} = \frac{1 \cdot 2486 \cdot 10}{72,14 \cdot 110} = 3,13 > 2$$

PHT-560 relesining «asosiy bo'lmagan» chulg'aming o'ramlar sonini aniqlaymiz:

$$W_{asos.bo'lmagan} = \frac{W_{asos}^I \cdot I_{dif.p.k}}{I_{dif.yu.k}} = \frac{12 \cdot 4,33}{6,62} = 7,85$$

Ushbu qiymatni yaqin butun songa yaxlitlab  $W_{asos.bo`lmagan}^I = 8$ , hamda  $W_{asos.bo`lmagan}$  va  $W_{asos.bo`lmagan}^I$  farqlaridan (butun o‘ramga yaxlitlaganda) kelib chiquvchi noballans tokning tashkil etuvchisini aniqlaymiz:

$$I_{n.b.kom} = \frac{|W_{asos.bo`lmagan} - W_{asos.bo`lmagan}^I|}{W_{asos.bo`lmagan}} \cdot I_{q.t.max.tashqi}^{(3)} = \frac{|7,85 - 8|}{7,85} \cdot 2943 \cdot \frac{10}{110} = 5,11A$$

Endi himoyaning yangi noballans va ishlash toklarini topamiz:

$$I_{n.b.max}^I = I_{n.b.tt} + I_{n.b.rost} + I_{n.b.kom} = I_{n.b.max} + I_{n.b.kom} = 53,5 + 5,11 = 58,61A$$

$$I_{him.ish}^{II} = k_z \cdot I_{n.b.max}^I = 1,3 \cdot 58,61 = 76,19A$$

$I_{him.ish}^I < I_{him.ish}^{II}$  bo‘lganligi uchun  $I_{him.ish}^{II}$  yangi qiymat deb qabul qilib hisob kitobni relening ishlash tokidan qaytadan hisoblaymiz.

Relening ishlash toki:

$$I_{rele.ish} = k_{sx.asos} \cdot \frac{I_{him.ish}^{II}}{n_{tt.asos}} = \sqrt{3} \cdot \frac{76,19}{15} = 8,8A.$$

Asosiy tomonga o‘rnatilgan PHT-560 relesining hisobiy o‘ramlar sonini aniqlaymiz:

$$W_{asos} = \frac{F_{rele.ish}}{I_{rele.ish}} = \frac{100}{8,8} = 11,36.$$

Ushbu qiymatni yaqin kichik songa yaxlitlab  $W_{asos}^I = 11$ , himoya va relening haqiqiy ishlash toklari topiladi:

$$I_{rele.ish}^I = \frac{100}{W_{asos}^I} = \frac{100}{11} = 9,1A; \quad I_{him.ish.asos}^I = \frac{I_{rele.ish}^I \cdot n_{tt.asos}}{k_{sx.asos}} = \frac{9,1 \cdot 15}{\sqrt{3}} = 78,8A.$$

Himoyaning sezgirligi:

$$k_{sez} = \frac{k_{\Sigma sx.asos} \cdot I_{q.t.min.tashqi}^{(2)}}{I_{him.ish}^I} = \frac{1 \cdot 2486 \cdot 10}{78,8 \cdot 110} = 2,86 > 2$$

PHT-560 relesining «asosiy bo‘lmagan» chulg‘aming o‘ramlar sonini aniqlaymiz:

$$W_{asos.bo`lmagan} = \frac{W_{asos}^I \cdot I_{dif.p.k}}{I_{dif.yu.k}} = \frac{11 \cdot 4,33}{6,62} = 7,19$$

Ushbu qiymatni yaqin butun songa yaxlitlab  $W_{asos.bo`lmagan}^I = 7$  hamda  $W_{asos.bo`lmagan}$  va  $W_{asos.bo`lmagan}^I$  farqlaridan (butun o‘ramga yaxlitlaganda) kelib chiquvchi noballans tokning tashkil etuvchisini aniqlaymiz:

$$I_{n.b.kom} = \frac{|W_{asos.bo`lmagan} - W_{asos.bo`lmagan}^I|}{W_{asos.bo`lmagan}} \cdot I_{q.t.max.tashqi}^{(3)} = \frac{|7,19 - 7|}{7,19} \cdot 2943 \cdot \frac{10}{110} = 7,07 A$$

Endi himoyaning yangi noballans va ishlash toklarini topamiz:

$$I_{n.b.max}^I = I_{n.b.tt} + I_{n.b.rost} + I_{n.b.kom} = I_{n.b.max} + I_{n.b.kom} = 53,5 + 7,07 = 60,57 A$$

$$I_{him.ish}^{II} = k_z \cdot I_{n.b.max}^I = 1,3 \cdot 60,57 = 78,74 A$$

$I_{him.ish}^I \succ I_{him.ish}^{II}$  bo‘lganligi uchun hisoblashlarni to‘xtatamiz.

### Sinov savollari

1. Tez to‘yinuvchi tok transformatorli differensial himoyasini tushuntiring?
2. Differensial himoyalarning ishlash toki qanday tanlanadi?
3. PHT – 560 relesining hisobiy o‘ramlar sonini qanday aniqlaymiz?

## 7 – AMALIY MASHG‘ULOT

### TRANSFORMATORLARNING TORMOZLI DIFFERENSIAL HIMOYASINI (DZT-11) HISOBLASH VA ISHLASH TOKINI TANLASH

#### 7.1 Tormozli differensial himoyani hisoblashning o‘ziga xos xususiyatlari

Birinchi o‘ziga xos xususiyat shundan iboratki himoyaning ishlash tokini hisoblashda noballans toklarni hisobga olmaslik bilan bog‘liqdir.

Ikkinchi o‘ziga xos xususiyat shundaki, tormozlovchi chulg‘amning o‘ramlar sonini hisoblash va uni o‘rnatish joyini tanlash bilan bog‘liqdir. Ikki chulg‘amli kuchlanishni pasaytiruvchi transformatorlarda tormozlovchi chulg‘amni energiya bilan ta‘minlash manbaiga teskari tomondagi himoya yelkalarida o‘rnatiladi, chunki faqatgina tashqi qisqa tutashuvlarda rele ishga tushishi lozim (himoya ta‘sir zonasidagi qisqa tutashuvlarda tormozli chulg‘amdan qisqa tutashuv toklari oqmaydi 4.14-rasm). Choulg‘amdagi o‘ramlar soni quyidagicha topiladi:

$$w_T = \frac{k_z \cdot I_{nb.pa.k} \cdot w_{pa.k}}{I_{q.t.max.tashqi}^{(3)} \cdot tg\alpha}, \quad (7.1)$$

bu yerda  $k_z$  - zaxira koeffitsiyenti,  $k_z = 1,5$ ;

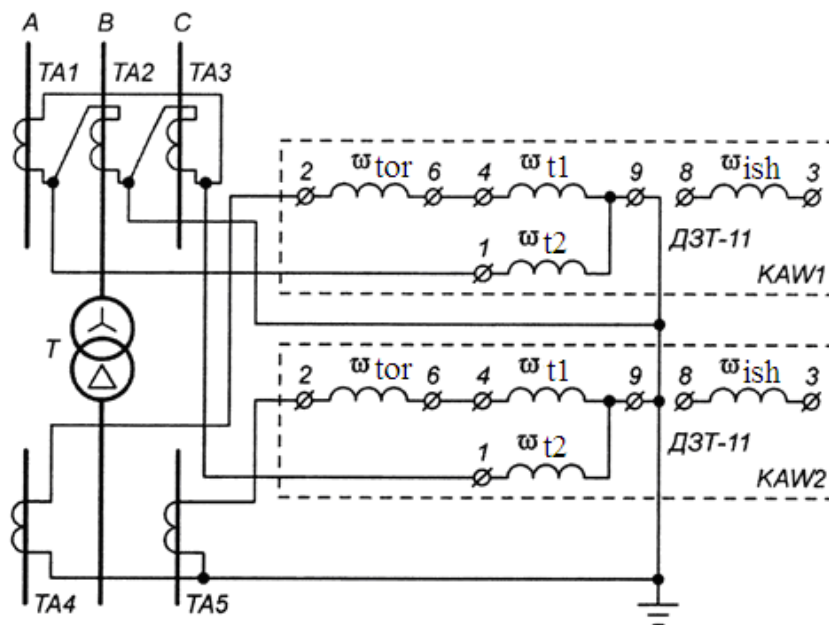
$I_{nb.pa.k}$  - kuchlanishni yuklama ostida rostlovchi qurilmasi bo'lgan himoyalalanayotgan transformatorning eng kichik transformatsiya koeffitsiyenti orqali hisoblangan nobalans toki (tormozlovchi chulg'am o'rnatilgan joydagi),

$$I_{nb.pa.k} = I_{nb.yu.k} \cdot U_{nom1} \cdot \frac{(1 - \Delta U_{KYUR})}{U_{nom2}};$$

$W_{pa.k}$  - tormozlovchi chulg'am o'rnatilgan tomondagi tenglashtiruvchi chulg'amdagi o'ramlar soni;

$I_{qt.max.tashqi}^{(3)}$  - energiya tizimning maksimal ish holatdagi uch fazali tashqi qisqa tutashuv toki (past kuchlanish tomonga keltirilgan);

$tg\alpha$  - relening tormozlovchi xususiyatlarini hisobga oluvchi katalog kattalik, DZT-11 relelari uchun  $tg\alpha = 0,87$ .



7.1 - rasm. DZT-11 relisi asosidagi ikki chulg'amli transformatorning differensial himoya sxemasi

**Misol.** Chulg'amlari  $Y/Y/\Delta$  ulangan ATDTN-63000/220/110 bo'lgan avtotransformatorning o'tuvchi quvvati  $S_{o't.} = 63 \text{ MB} \cdot \text{A}$ , qabul qilingan quvvati (tipovoy) o'tuvchi quvvatning 50% teng, 10 kV li chulg'amining quvvati o'tuvchi quvvatning 37,5% tashkil etadi; chulg'amdagi kuchlanishlar  $U_{yu} = 230 \text{ kV}$ ;  $U_{o'r} = 121 \text{ kV}$ ;  $U_{qu} = 11 \text{ kV}$ ; o'rta kuchlanishida kuchlanishni rostlash qurilmasi mavjud (5x2); yuqori kuchlanish tomoni parametrlari  $x_{tiz,max} = 60 \text{ Om}$ ,  $x_{tiz,min} = 90 \text{ Om}$  bo'lgan tizim bilan ta'minlanmoqda; tizimning nol ketma - ketlikdagi qarshiligi  $x_{tiz,0} = 140 \text{ Om}$  (qarshiliklar  $U_b = 230 \text{ kV}$  bo'lgan bazis kuchlanishga keltirilgan).

Qisqa tutashuv kuchlanishlari:

$$U_{k yu-o'r} = 11\%, U_{k yu-qu} = 35\%, U_{k o'r-qu} = 22\%.$$

$$U_{k_{yu}} = 0,5 \cdot (U_{k_{yu-o'r}} + U_{k_{yu-qu}} - U_{k_{orr-qu}}) = 0,5 \cdot (11 + 35 - 22) = 12\%;$$

$$U_{k_{orr}} = 0,5 \cdot (U_{k_{yu-o'r}} + U_{k_{orr-qu}} - U_{k_{yu-qu}}) = 0,5 \cdot (11 + 22 - 35) = 0\%;$$

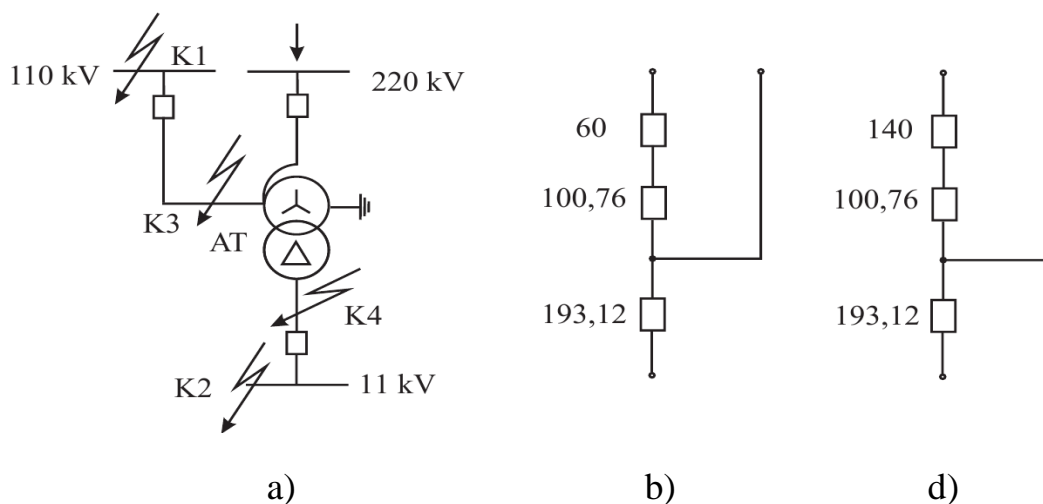
$$U_{k_{qu}} = 0,5 \cdot (U_{k_{yu-qu}} + U_{k_{orr-qu}} - U_{k_{yu-orr}}) = 0,5 \cdot (35 + 22 - 11) = 23\%;$$

Almashtirish sxemasini tuzish uchun avtotransformator chulg'amlaridagi qarshiliklarni aniqlaymiz:

$$x_{yu} = \frac{U_{k_{yu}} \cdot U_b^2}{100 \cdot S_{o't}} = \frac{12 \cdot 230^2}{100 \cdot 63} = 100,76 \text{ } \Omega\text{m};$$

$$x_{orr} = 0;$$

$$x_{qu} = \frac{U_{k_{qu}} \cdot U_b^2}{100 \cdot S_{o't}} = \frac{23 \cdot 230^2}{100 \cdot 63} = 193,12 \text{ } \Omega\text{m};$$



7.2-rasm. Transformatorning almashtirish sxemasi: a) dastlabki sxema; b) to'g'ri (teskari) ketma – ketlikdagi almashtirish sxemasi; d) nolinch ketma – ketlikdagi almashtirish sxemasi.

Himoya yelkalaridagi ikkilamchi toklar aniqlanib, 7.1-jadvalga kiritamiz.

7.1-jadval

Kattalikning nomi	Yuqori, o'rta va quyi chulg'am tomonlardagi sonli qiymatlari		
	230 kV	121 kV	11 kV
Transformator chulg'amlaridagi nominal toklari, A	$\frac{63000}{\sqrt{3} \cdot 230} = 158,14$	$\frac{63000}{\sqrt{3} \cdot 121} = 300$	$\frac{63000}{\sqrt{3} \cdot 11} = 3306,6$
Tok transformatorlarning transformatsiya koeffitsiyentlari	200/5	300/5	4000/5

Tok transformatorlar chulgʻamlarining ulanish sxemasi	$\Delta$	$\Delta$	Y
Himoya yelkalaridagi ikkilamchi toklar, A	$I_{el.yu} = \frac{158,14 \cdot \sqrt{3}}{40} = 6,85$	$I_{el.or} = \frac{300 \cdot \sqrt{3}}{60} = 8,66$	$I_{el.qu} = \frac{3306,6 \cdot 1}{800} = 4,13$

110 kV va 10 kVli shinalardagi tashqi shikastlanishlarda avtotransformator orqali oʻtuvchi maksimal qisqa tutashuv toklarini aniqlaymiz.

110 kVli shinada qisqa tutashuvdagi tok (K1 nuqta):

$$I_{k1}^{(3)} = \frac{U_b}{\sqrt{3} \cdot (x_{tiz,max} + x_{yu})} = \frac{230 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot (60 + 100,76)} = 826 \text{ A}.$$

10 kVli shinada qisqa tutashuvdagi tok (K2 nuqta):

$$I_{k2,10}^{(3)} = \frac{U_b}{\sqrt{3} \cdot (x_{tiz,max} + x_{yu} + x_{qu})} = \frac{230 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot (60 + 100,76 + 193,12)} = 375,24 \text{ A}.$$

Tez toʻyinuvchi tok transformatorli tok relesi asosida differensial himoyani qoʻllaymiz:

1) 110 kVli shinada qisqa tutashuvda nobalans tok (K1 nuqta):

$$\begin{aligned} I_{nb.k1} &= I'_{nb.k1} + I''_{nb.k1} = K_A \cdot K_0 \cdot f_i \cdot I_{k1}^{(3)} + \Delta U_{110} \cdot I_{k1}^{(3)} = \\ &= 1 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 826 + 0,1 \cdot 826 = 165,2 \text{ A} \end{aligned}$$

bu yerda,  $k_A$  - tokning aperiodik tashkil etuvchisini hisobga oluvchi koeffitsiyent, 1÷2 ga teng deb olinadi;

$k_0$  - tok transformatorlarning bir tipli koeffitsiyenti, transformatorlarning differensial himoyasida  $k_{bir.tip} = 1$  deb olinadi;

$f_i$  - tok transformatorning toʻliq nisbiy xatoligi, 0,1 ga teng deb olinadi;

$\Delta U_{110}$  - 110 kV kuchlanish tomonidagi kuchlanishni rostlash diapazonining teng yarmi.

2) 10 kV li shinada qisqa tutashuvda nobalans tok (K2 nuqta):

$$I_{nb.k2} = I'_{nb.k2} + I''_{nb.k2} = K_A \cdot K_0 \cdot f_i \cdot I_{k2}^{(3)} + 0 = 1 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 375,24 = 37,524 \text{ A}.$$

Himoyaning ishlash tokini ikki shart asosida aniqlanib, bunda katta qiymatdagi ishlash toki qabul qilinadi.

1) 110 kV kuchlanish tomonidagi eng katta nobalans tokidan sozlash sharti:

$$I_{him.ish} = k_{soz} \cdot I_{nb.k1} = 1,3 \cdot 165,2 = 214,76 \text{ A}.$$



bu yerda  $k_{soz}$  - sozlash koeffitsiyenti bo‘lib, tez to‘yinuvchi tok transformatorli tok relesi asosidagi differensial himoya uchun  $k_{soz} = 1,3$  ga teng.

2) yuklanmagan avtotransformatorni kuchlanish ostida ulashda tokning magnetlovchi sakrashidan sozlash sharti:

$$I_{him.ish} = k_{soz} \cdot I_{tip} = 1,3 \cdot 79,07 = 102,791 \text{ A}.$$

bu yerda,  $I_{tip}$  - avtotransformatorning qabul qilingan quvvatiga (tipovoy) mos keluvchi tok bo‘lib, qo‘yidagicha topiladi:

$$I_{tip} = \frac{S_{tip}}{\sqrt{3} \cdot U_{yu}} = \frac{31500 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 230 \cdot 10^3} = 79,07 \text{ A}.$$

Ikki shatrdan katta bo‘lgan  $I_{him.ish} = 214,76 \text{ A}$  qabul qilinadi. Asosiy tomondagi (110 kV) relening ishlash toki:

$$I_{rele.ish} = \frac{I_{him.ish} \cdot k_{sx}}{n_{tt}} = \frac{214,76 \cdot \sqrt{3}}{60} = 6,2 \text{ A}.$$

Energetika tizimining minimal ish holatida va quyidagi qo‘shimcha shartlar asosida himoyaning sezgirligi tekshiriladi:

- 1) 10 kV kuchlanish tomonidagi ikki fazali qisqa tutashuv;
- 2) 110 kV kuchlanish tomonidagi uch fazali qisqa tutashuv;
- 3) 110 kV kuchlanish tomonidagi bir fazali qisqa tutashuv.

1-shart bo‘yicha ikki fazali qisqa tutashuv toki quyidagicha topiladi:

$$I_{k4}^{(2)} = \frac{U_b}{2 \cdot (x_{tiz.min} + x_{yu} + x_{qu})} = \frac{230 \cdot 10^3}{2 \cdot (90 + 100,76 + 193,12)} = 299,57 \text{ A}$$

Himoya zanjirlaridagi toklarning taqsimotiga muvofiq reledagi tok topiladi:

$$I_{rele.min} = 1,5 \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{I_{k4}^{(2)}}{\eta_{TA}} = 1,5 \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{299,57}{60} = 8,64 \text{ A}.$$

$$k_{sez}^{(2)} = \frac{I_{rele.min}}{I_{rele.ish}} = \frac{8,64}{6,2} = 1,39 < 2.$$

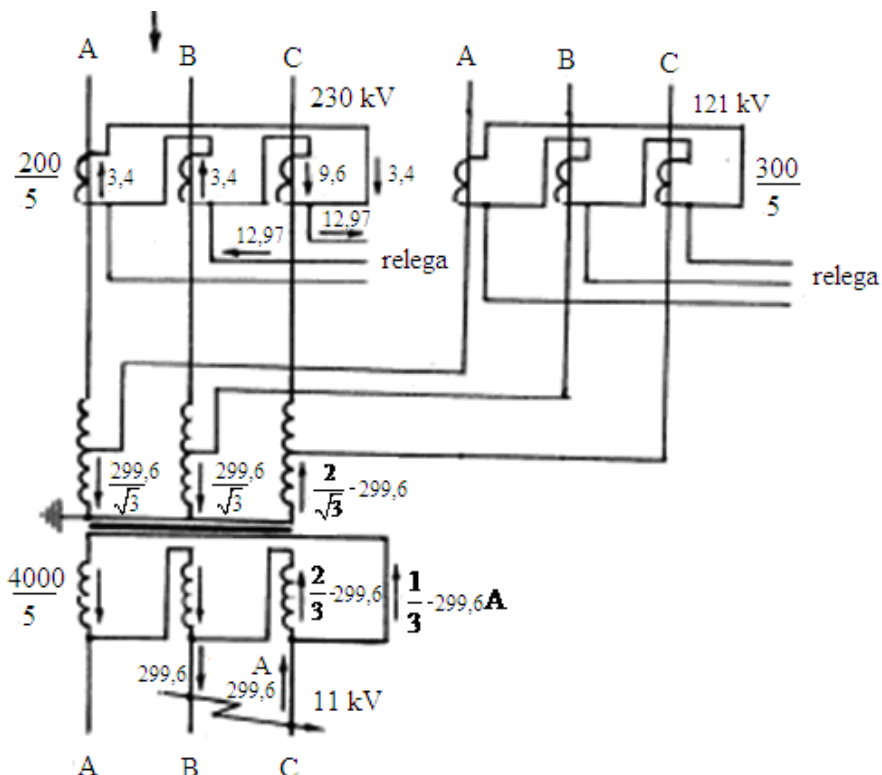
Himoyaning sezgirligi dag‘al tarzda baholash:  $k_{sez}^{(2)} = \frac{I_{k4}^{(2)}}{I_{him.ish}} = \frac{299,57}{214,76} = 1,39 < 2.$

2-shart bo‘yicha:

$$I_{k3}^{(3)} = \frac{U_b}{\sqrt{3} \cdot (x_{tiz.min} + x_{yu})} = \frac{230 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot (90 + 100,76)} = 696,11 \text{ A};$$

$$I_{rele.min} = \frac{I_{k3}^{(3)} \cdot k_{sx}}{\eta_{TA}} = \frac{696,11 \cdot \sqrt{3}}{60} = 20,09 \text{ A};$$

$$k_{sez}^{(3)} = \frac{I_{rele.min}}{I_{rele.ish}} = \frac{20,09}{6,2} = 3,24 > 2.$$



7.2-rasm. Avtotransformatorning quyi kuchlanish tomonidagi ikki fazali qisqa tutashuvlarda differensial himoya zanjirlarida toklarning taqsimlanishi

3-shart bo‘yicha K3 nuqtadagi bir fazali qisqa tutashuv toki quyidagicha topiladi:

$$I_{k3}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_b}{2 \cdot (x_{\Sigma 1} + x_{\Sigma 0})},$$

bu yerda,  $x_{\Sigma 1}$  - K3 nuqtadagi qisqa tutashuvda to‘g‘ri ketma – ketlikning summaviy qarshiligi;

$$x_{\Sigma 1} = x_{tiz.min} + x_{yu} = 90 + 100,76 = 190,76 \text{ Om};$$

$x_{\Sigma 0}$  - K3 nuqtadagi qisqa tutashuvda nolinch ketma – ketlikning summaviy qarshiligi;

$$x_{\Sigma 0} = \frac{(x_{tiz.0} + x_{yu}) \cdot x_{qu}}{x_{tiz.0} + x_{yu} + x_{qu}} = \frac{(140 + 100,76) \cdot 193,12}{140 + 100,76 + 193,12} = 107,16 \text{ Om}.$$

$$I_{k3}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_b}{2 \cdot (x_{\Sigma 1} + x_{\Sigma 0})} = \frac{\sqrt{3} \cdot 230 \cdot 10^3}{2 \cdot (190,76 + 107,16)} = 668,6 \text{ A}$$

Himoyaning birlamchi zanjirlaridan o‘tuvchi bir fazali qisqa tutashuv toki:

$$I_{k3}^{(1.1)} = \frac{x_{qu} \cdot I_{k3}^{(1)}}{x_{tiz,0} + x_{yu} + x_{qu}} = \frac{193,12 \cdot 668,6}{140 + 100,76 + 193,12} = 426,26 \text{ A};$$

$$I_{rele.min} = \frac{I_{k3}^{(1.1)}}{\eta_{TA}} = \frac{426,26}{60} = 7,1;$$

$$k_{sez}^{(1)} = \frac{I_{rele.min}}{I_{rele.ish}} = \frac{7,1}{6,2} = 1,1 > 2.$$

Bundan ko‘rinadiki 1 va 3 – shartlar bo‘yicha tez to‘yinuvchi tok transformatorli tok rele asosidagi himoyaning sezgirligi yetarlicha emas. Shuning uchun DZT – 11 turidagi rele asosidagi differensial himoyani ko‘rib chiqamiz.

### DZT – 11 turidagi rele asosidagi differensial himoya

Himoyaning ishlash toki faqatgina tokning magnitlovchi sakrashidan sozlanadi:

$$I_{him.ish.} = k_{soz} \cdot I_{tip} = 1,5 \cdot 79,07 = 118,605 \text{ A}$$

bu yerda,  $k_{soz} = 1,5$  tormozli differensial himoya uchun.

$$\text{Relening ishlash toki } I_{rele.ish} = I_{him.ish} \cdot \frac{k_{sx}}{\eta_{ort}} = 118,605 \cdot \frac{\sqrt{3}}{60} = 3,42 \text{ A}.$$

10 kV kuchlanish tomondagi ikki fazali qisqa tutashuvdagi himoyaning sezgirligi:

$$k_{sez}^{(2)} = \frac{I_{rele.min}}{I_{rele.ish}} = \frac{8,64}{3,42} = 2,52 > 2.$$

110 kV kuchlanish tomondagi bir fazali qisqa tutashuvdagi himoyaning sezgirligi:

$$k_{sez}^{(1)} = \frac{I_{rele.min}}{I_{rele.ish}} = \frac{7,1}{3,42} = 2,1 > 2.$$

DZT – 11 turidagi rele asosidagi differensial himoyaning sezgirligi ta‘minlanmoqda.

DZT-11 rele chulg‘amlarining o‘ramlar sonini aniqlaymiz.

Himoyaning asosiy tomoni sifatida 110 kV kuchlanish tomonini qabul qilamiz, bunda yelkadagi ikkilamchi tok  $I_{el.o'r} = 8,66$  A, relening ishlash toki  $I_{rele.ish} = 3,42$  A teng.

O`rta kuchlanish tomonga o`rnatilgan ishchi chulg`amdagi o`ramlar sonini topamiz:

$$W_{110,his.} = W_{ish,his} = \frac{F_{rele.ish}}{I_{rele.ish}} = \frac{100}{3,42} = 29,24;$$

Hisoblangan hisobiy ishchi chulg`amni yaxlitlab olamiz,  $W_{ish} = W_{110} = 29$ . Bunda relening aniqlashtirilgan ishlash toki quyidagiga teng bo`ladi:

$$I'_{rele.ish} = \frac{F_{rele.ish}}{W_{ish}} = \frac{100}{29} = 3,44 \text{ A.}$$

Relening aniqlashtirilgan ishlash toki asosida himoyaning sezgirligini qaytadan tekshiramiz.

10 kV kuchlanish tomondagi ikki fazali qisqa tutashuvdagi himoyaning sezgirligi:

$$k_{sez}^{(2)} = \frac{I_{rele.min}}{I'_{rele.ish}} = \frac{8,64}{3,44} = 2,51 > 2.$$

110 kV kuchlanish tomondagi bir fazali qisqa tutashuvdagi himoyaning sezgirligi:

$$k_{sez}^{(1)} = \frac{I_{rele.min}}{I_{rele.ish}} = \frac{7,1}{3,44} = 2,1 > 2.$$

Himoyaning sezgirligi yetarlicha bo`lganligi uchun, DZT-11 relesining tenglashtiruvchi chulg`amlarini topamiz.

220 kV kuchlanish tomondagi tenglashtiruvchi chulg`amdagi o`ramlar sonini:

$$W_{teng1,his} = W_{220,his} = \frac{W_{ish} \cdot I_{el.o'r}}{I_{el.yu}} = \frac{29 \cdot 8,66}{6,85} = 32,2.$$

Hisoblangan hisobiy tenglashtiruvchi chulg`amni yaxlitlab olamiz,  $W_{teng1} = W_{220} = 32$ .

10 kV kuchlanish tomondagi tenglashtiruvchi chulg`amdagi o`ramlar sonini:

$$W_{teng2,his} = W_{10,his} = \frac{W_{ish} \cdot I_{el.o'r}}{I_{el.qu}} = \frac{29 \cdot 8,66}{7,13} = 33,21.$$

Hisoblangan hisobiy tenglashtiruvchi chulg`amni yaxlitlab olamiz,  $W_{teng2} = W_{10} = 33$ .

Aniqlashtirilgan nobalans toklarni topamiz.

1) 220 kV kuchlanish tomonidagi nobalans tok:

$$I_{nb.k1}''' = \frac{|W_{teng1.his} - W_{teng1}|}{W_{teng1.his}} \cdot I_{k1}^{(3)} = \frac{|32,2 - 32|}{32,2} \cdot 826 = 5,13 \text{ A.}$$

$$I_{nb.k1} = I_{nb.k1}' + I_{nb.k1}'' + I_{nb.k1}''' = 82,6 + 82,6 + 5,13 = 170,33 \text{ A}$$

2) 10 kV kuchlanish tomonidagi nobalans tok:

$$I_{nb.k2}''' = \frac{|W_{teng2.his} - W_{teng2}|}{W_{teng2.his}} \cdot I_{k2}^{(3)} = \frac{|33,21 - 33|}{33,21} \cdot 375,24 = 2,37 \text{ A};$$

$$I_{nb.k2} = I_{nb.k2}' + I_{nb.k2}''' = 37,524 + 2,37 = 39,894 \text{ A.}$$

DZT – 11 releining tormozlovchi chulg‘amini joyi aniqlanadi. Bir tomonlama ta‘minlanuvchi, kuchlanishni pasaytiruvchi uch chulg‘amli (avtotransformator) transformatorlarda tormozli chulg‘amni o‘rnatish joyini shunday tanlash lozimki, bunda ishlash toki uchun asosiy omil tokni magnitlovchi sakrashidan sozlash bo‘lishi lozim. Shuning uchun qoidaga muvofiq tormozli chulg‘am tashqi qisqa tutashuvlardagi eng katta tok oqadigan tomoniga o‘rnatiladi.

Ko‘rilayotgan misolda tormozlovchi chulg‘amni nobalans toki katta bo‘lgan ( $I_{nb.k1} = 170,33 \text{ A}$ ) 110 kV li yelkaga o‘rnatamiz. Bunda 10 kV li chulg‘amda tashqi qisqa tutashuvlarda tormozlovchi kuch mavjud bo‘lmaganligi uchun himoyaning ishga tushmasligi, ishlash tokini tanlash orqali amalga oshiriladi. Bunda himoyaning ishlash toki  $I_{him.ish}' = k_{soz} \cdot I_{nb.k2} = 1,5 \cdot 39,894 = 59,841 \text{ A}$ .

Lekin hal qiluvchi omil tokning magnitlovchi sakrashidan sozlash hisoblanib, bunda himoyaning ishlash toki  $I_{him.ish} = 118,605 \text{ A}$  va himoya yetarlicha sezgirlikka ega.

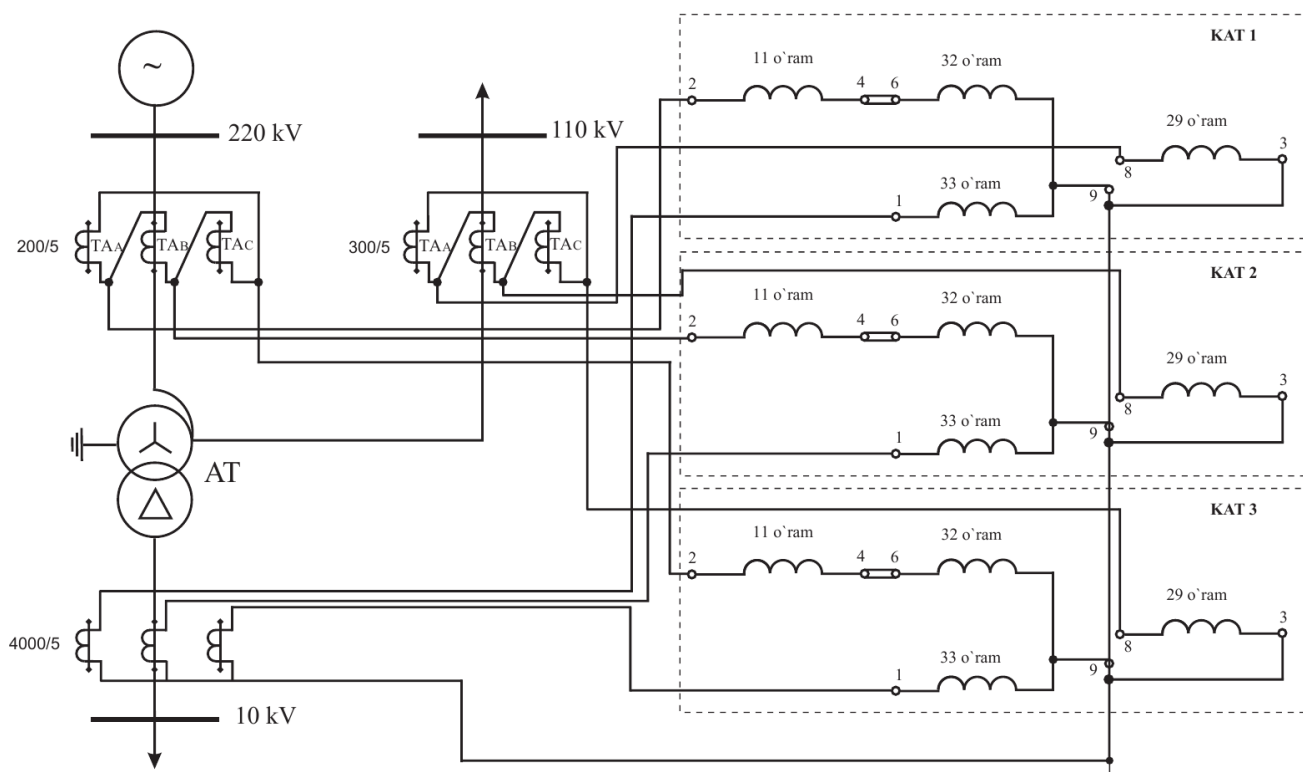
110 kV li shinada (3.8-rasmda K1 nuqta) uch fazali tashqi qisqa tutashuvlarda himoyani ishga tushmasligini ta‘minlovchi DZT-11 releining tormozlovchi chulg‘amining o‘ramlar sonini aniqlaymiz.

$$W_{tor.his} = \frac{k_{soz} \cdot I_{nb.k1} \cdot W_{teng1.his}}{I_{k1}^{(3)} \cdot tg \alpha} = \frac{1,5 \cdot 170,33 \cdot 32,2}{826 \cdot 0,87} = 11,2.$$

Hisoblangan hisobiy o‘ramlar sonini butun songa yaxlitlab olamiz,  $W_{tor} = 11$ .

Himoya uchun DZT-11 rele chulg‘amining quyidagi o‘ramlar soni o‘rnatiladi:

$$W_{ish} = 29; W_{teng1} = 32; W_{teng2} = 33; W_{tor} = 11.$$



7.3-rasm. DZT-11 rele chulgʻamlarining avtotransformatorning differensial himoyasiga ulanish sxemasi

### Sinov savollari

1. Tormozli differensial himoyani hisoblashning oʻziga xos xususiyatlarini tushuntiring.
2. DZT – 11 relesi asosidagi ikki chulgʻamli transformatorning differensial himoya sxemasini tushuntiring.
3. Qisqa tutashuv kuchlanishlari qanday hisoblanadi.

## 8 – AMALIY MASHGʻULOT

### TRANSFORMATORNING MAKSIMAL TOKLI HIMOYASINI HISOBLASH VA ISHLASH TOKINI TANLASH

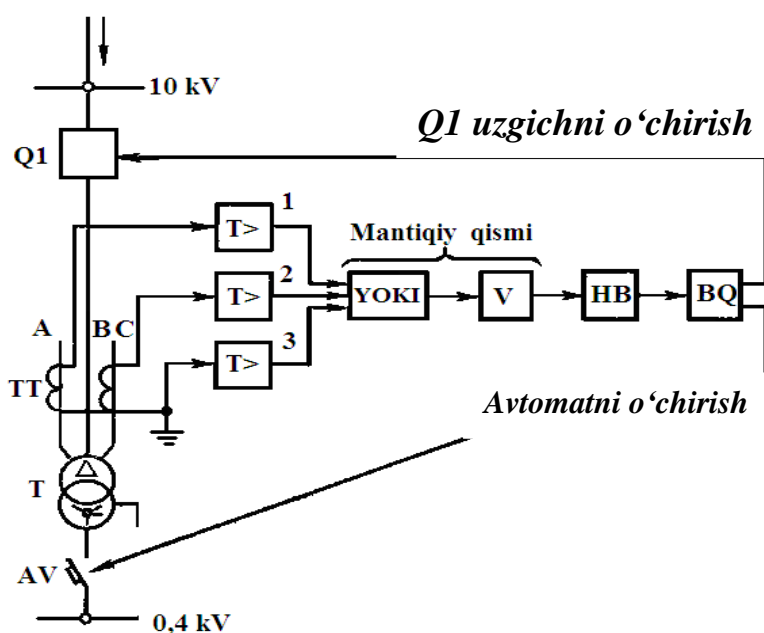
#### 8.1 Maksimal tokli himoya

**Ishlash tamoyili va qoʻllanish sohasi.** Maksimal tokli himoya himoyalananayotgan elementning ishlash tokidan oʻta oshishidan ishga tushadi. Transformator tokining oshishiga transformatorning oʻzining shikstlanishi, shinalardagi yoki past kuchlanish tomonidan ketuvchi elementlardagi qisqa tutashuvlar, shuningdek transformatoridan taʼminlanayotgan motorlarning oʻz – oʻzini ishga tushishi hamda zaxirani qayta ulash orqali transformatorga qoʻshimcha yuklamaning qoʻshilishi sabab boʻlishi mumkin. Motorlarning oʻz – oʻzini ishga tushishi natijasida yoki zaxirani qayta ulash orqali transformatorga qoʻshimcha yuklamaning qoʻshilishidan hosil boʻluvchi oʻta yuklanishlardan himoyaning

ortiqcha(hato) ishlashining oldini olish maqsadida maksimal tokli himoyaning ishlash toki o'ta yuklanishlardan hosil bo'luvchi eng maksimal tokdan katta bo'lishi lozim. Maksimal tokli himoyaning funksional sxemasi 8.1 - rasmda berilgan.

Maksimal tokli himoyaning o'lchov qismi ikki yoki uchta maksimal tok relelaridan iborat. Tok relesining chiqish kattaligi «YOKI» sxemasi bo'yicha amalga oshiriladi, ya'ni himoya uchta relidan bittasi, ikkitasi yoki uchalasi ishlaganda ham ishga tushadi. Mantiqiy qismda sabr vaqtni hosil qiluvchi qism «V» bo'lishi lozim. Ushbu sabr vaqtni hosil qiluvchi qism himoyaning 0,1 dan 1,3 sekund oralig'ida ishlashini ta'minlab beradi. Shuningdek xabar berish qismi «HB» hamda bajaruvchi qism «BQ» ko'zda tutilgan bo'lib, ular transformatorni ikkala tomondan o'chirishga xizmat qilishadi, ya'ni 10 kV li tomondan uzgich Q o'chiriladi hamda 0,4 kV li tomondan avtomat AV o'chiriladi.

Transformatorlarda boshqa himoyalarni (gazli himoya, differensial himoya yoki tokli kesim) o'rnatilishidan qat'i nazar maksimal tokli himoya barcha transformatorlarda o'rnatilishi shart. Chunki maksimal tokli himoya transformatorning o'zini himoyalab qolmasdan, past kuchlanish tomondagi shinalarni shuningdek, past kuchlanish tomondan ketuvchi qurilmalar o'zgidlarining himoyasini zaxiralashi mumkin, ya'ni *uzoqdan zaxiralashni* amalga oshirishi mumkin.



8.1 - rasm. Transformatorning maksimal tokli himoyasining funksional sxemasi

Himoyaning ishlash toki quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{him.ish} = \frac{k_z \cdot k_{uz.ish}}{k_{qay}} \cdot I_{ish.max}; \quad (8.1)$$

Bu yerda:  $k_z$  - zaxira koeffitsiyenti (sabr vaqtli himoyalar uchun);

$k_{qay}$  - qaytish koeffitsiyenti;

$k_{uz.ish L3}$  - liniya (L3) uchun o'z – o'zini ishga tushirish koeffitsiyenti.

Relening ishlash toki:

$$I_{rele.ish} = k_{sx} \cdot \frac{I_{him.ish}}{n_{tt}}; \quad (8.2)$$

bu yerda  $k_{sx}$  - sxema koeffitsiyenti;

$n_{tt}$  - himoya tok transformatorining transformatsiya koeffitsiyenti.

Himoyaning sezgirligi:

$$k_{sez} = k_{\Sigma sx} \frac{I_{q.t.min.tashqi}^{(2)}}{I_{rele.ish} \cdot n_{tt}}; \quad (8.3)$$

bu yerda  $k_{\Sigma sx}$  - natijaviy sxema koeffitsiyenti;

$n_{tt}$  - tok transformatorining transformatsiya koeffitsiyenti.

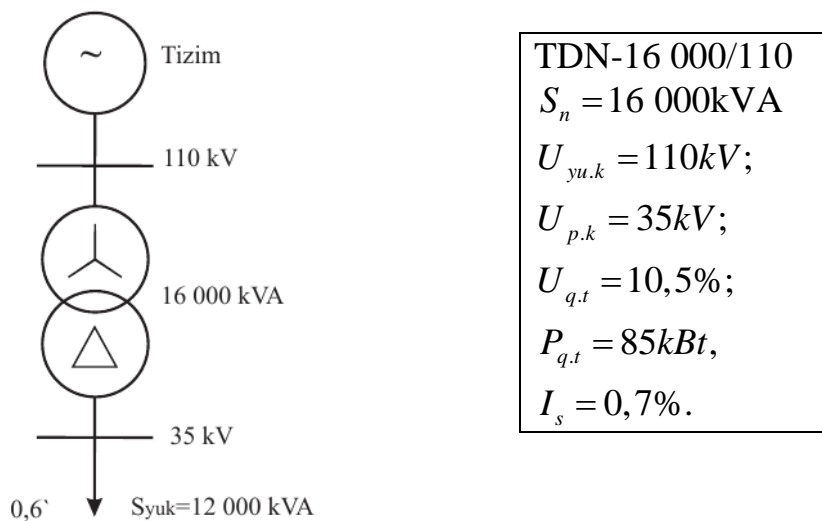
$I_{q.t.min.tashqi}^{(2)}$  - tizimning minimal ish holatidagi ikki fazali qisqa tutashuv toki.

Himoyaning ishlash vaqti:

$$t_{him.ish}^{II} = t_{him.ish}^I + \Delta t;$$

**Misol.** Quvvati 16 MVA bo‘lgan transformator releli himoyasining hisobi

Berilgan:



8.2 – rasm. Tarmoqning prinsipial sxemasi

8.1 – jadval

Qisqa tutashuv toklari	K1	K2
$I_{q.t.max}^{(3)}$ (A)	2510	1825
$I_{q.t.max}^{(2)}$ (A)	2174	1580
$I_{q.t.min}^{(3)}$ (A)	2008	1724
$I_{q.t.min}^{(2)}$ (A)	1739	1493



## Maksimal tokli himoya

Himoyaning ishlash toki (RT-40 va RV-200 relelar asosida):

$$I_{him.ish} = \frac{k_z \cdot k_{uz.ish}}{k_{qay}} \cdot I_{ish.max} = \frac{1,2 \cdot 1,5}{0,8} \cdot 83,98 = 188,96 A.$$

Relening ishlash toki:

$$I_{rele.ish} = k_{sx} \cdot \frac{I_{him.ish}}{n_{tt}} = 1 \cdot \frac{188,96}{20} = 9,45 A.$$

Himoyaning sezgirligi:

$$k_{sez} = k_{\Sigma sx} \frac{I_{q.t.min.tashqi}^{(2)}}{I_{rele.ish} \cdot n_{tt}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1493 \cdot 35}{9,45 \cdot 20 \cdot 110} = 2,9 > 1,5.$$

Himoyaning ishlash vaqti:

$$t_{him.ish}^{II} = t_{him.ish}^I + \Delta t = 0,6 + 0,5 = 1,1 s.$$

## Sinov savollari

1. Maksimal tokli himoyaning ishlash tamoyilini va qo'llash sohasini tushuntiring.
2. Transformatorning maksimal tokli himoyasining funksional sxemasini tushuntiring.
3. Himoyaning sezgirligi qanday topiladi?

## 9– AMALIY MASHG'ULOT

### ELEKTR MOTORLAR HIMOYASINI HISOBLASH VA TANLASH

Kuchlanishi 1 kV dan yuqori bo'lgan sinxron va asinxron motorlarning himoyasi sifatida chiqishlardagi va stator chulg'amidagi yuz beradigan ko'p fazali qisqa tutashuvdan himoya, chiqish va stator chulg'amida yer bilan bir fazali qisqa tutashuvdan himoya, ko'p yuklanishdan himoya, ta'minlashning yo'qolishidan va kuchlanish tushuvidan himoya sinxron motorlarni asinxron holatdan himoyalar qo'llaniladi.

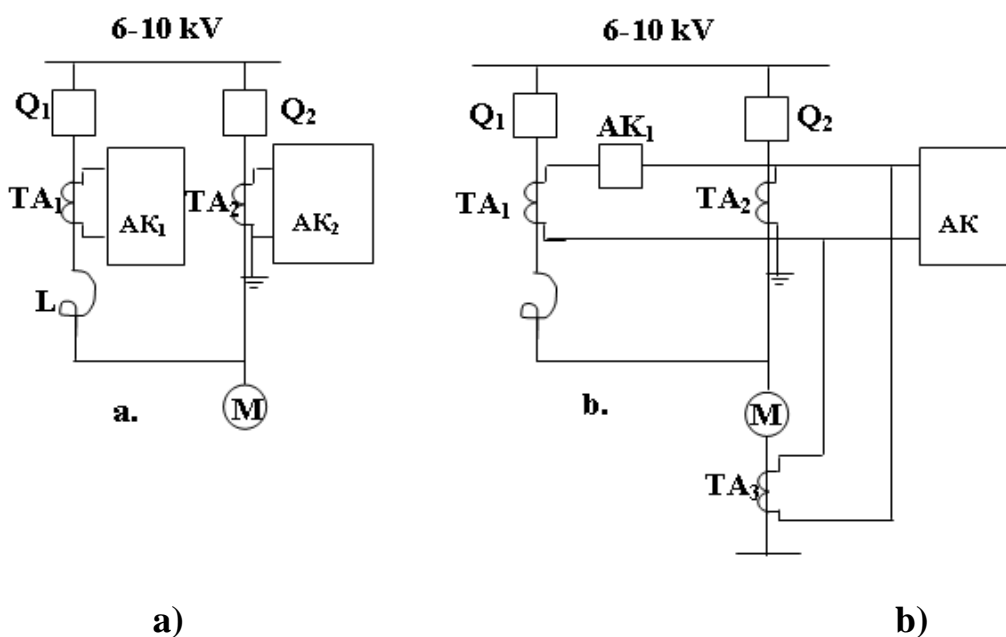
Ko'p tezlikli elektr motorlarning himoyasi har bir tezlik uchun alohida qilib bajariladi.

Ko'p fazali qisqa tutashuvdan himoya barcha sinxron va asinxron motorlarda o'rnatilgan bo'lib, motor chiqishlarida va stator chulg'amida qisqa tutashuvda motorni o'chirish uchun xizmat qiladi. Sinxron motorlarda himoya agar motorda maydonning avtomat o'chirgichi bo'lsa unga ham ta'sir qiladi. Nominal quvvati 4000 kVt gacha bo'lgan elektr motorlarning aytib o'tilgan himoyasi fazalar tokiga ulangan

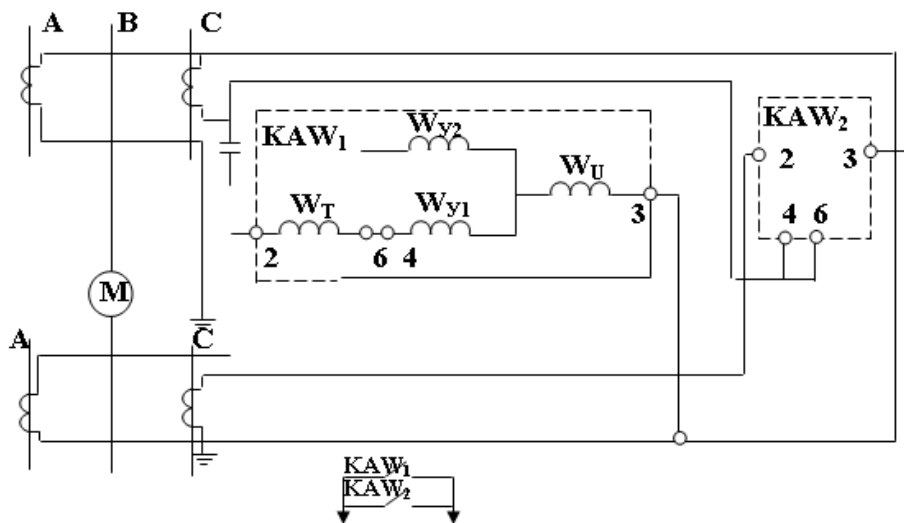
ikki releli sabr vaqtsiz ishlovchi tokli kesim sifatida bajariladi. Nominal quvvati 4000 kVt va undan katta bo'lgan motorlarning aytib o'tilgan himoyasi sabr vaqtsiz tokli bo'yлама differensial himoya sifatida bajariladi. Bu himoya kichikroq quvvatli motorlarda agar tokli kesim yetarli sezgirlikka ega bo'lmasa va stator chulg'ami nol chiqish tarafiga ega bo'lsa yoki ularga tok transformatorlari o'rnatilgan bo'lsa ham qo'llaniladi.

Bu motorlarda fazalar toki farqiga ulangan bir releli tokli kesimni himoya sifatida qo'llab bo'lmaydi.

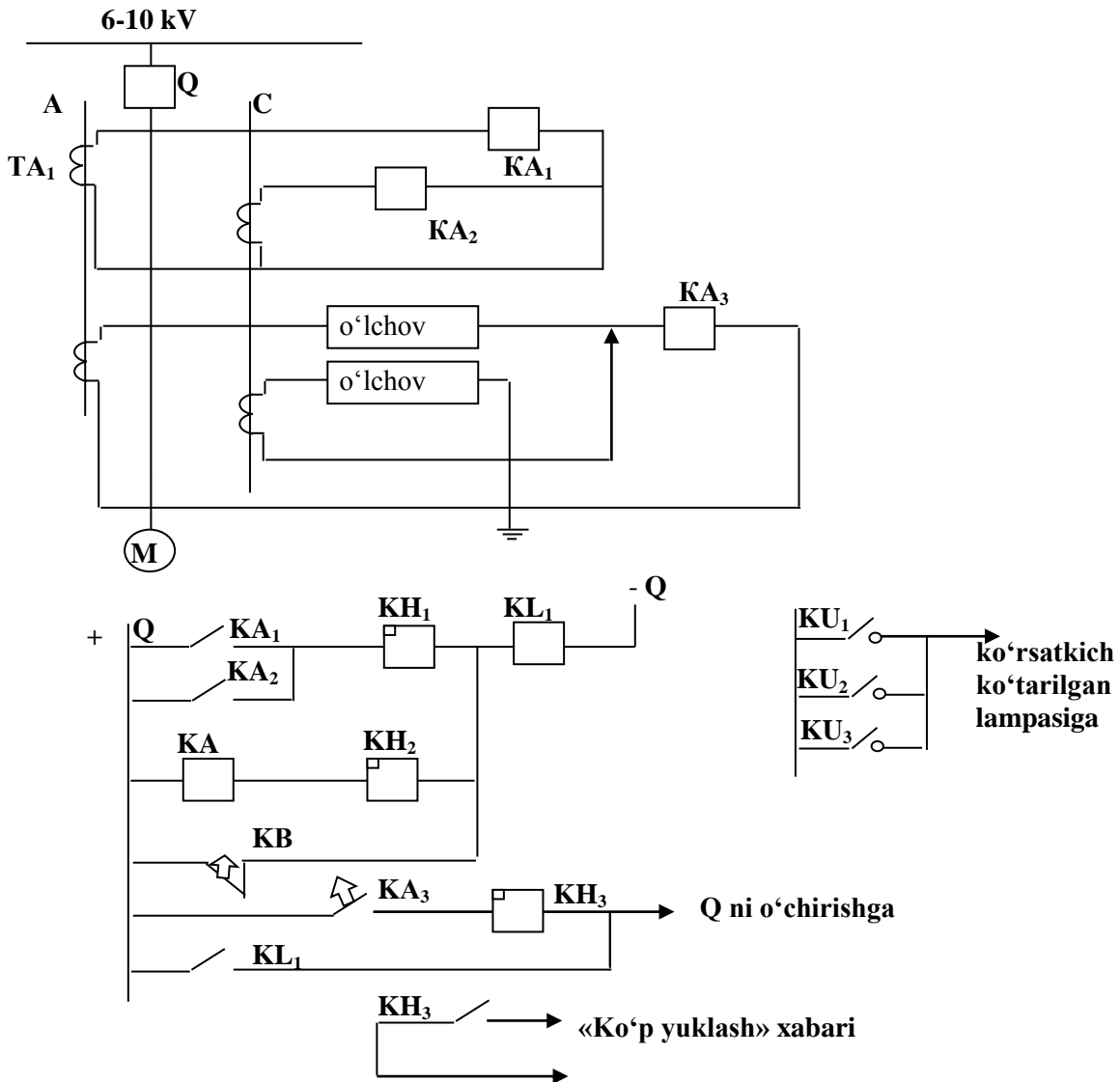
9.1. rasmda reaktor yordamida ishga tushiriluvchi elektr motorlar himoyasining tokli himoya zanjirining blok-sxemasini ko'rsatilgan.



9.1-rasm. Reaktor bilan ishga tushiriluvchi elektr motorning ko'p fazali qisqa tutashuvdan himoyalarning tok zanjirlarining sxemasi: a) – tokli kesim qo'llanilganda; b) – differensial himoya qo'llanilganda; M – motor; L – ishga tushiruvchi reaktor; AK1, AK2 – tokli kesim komplektlari; AK – differensial himoya komplekti



9.2-rasm. DZT-II tipdagi releli differensial himoyani elektr motorda qo'llanilishi



9.3-rasm. Motorlarning tokli kesim va o'ta yuklanishdan himoyalari:

Q – o'chirgich; TA<sub>1</sub>, TA<sub>2</sub> – tok transformatorlari; KA<sub>1</sub>, KA<sub>2</sub> – kesim tok relolari; KA – o'ta yuklanishdan himoya tok relesi; KL – oraliq rele; KH<sub>1</sub>, KH<sub>2</sub> – ko'rsatkich rele; KA – yer bilan ulanganlik relesi; KB – boshqarish knopkasi.

Elektr motorlarning tokli kesimlarida RT-40 yoki RNT-565 tipdagi tok relolari keng qo'llaniladi. RNT-565 relesini qo'llanilishi 20-30 % ga RT-40 ga nisbatan himoya sezgirligini oshishiga olib keladi. (9.2- rasm).

$$W_T = K_{sozl} \frac{I_{nb} \cdot W_{rvb}}{I_{toxt} \cdot tg \alpha} = K_{sozl} (E + \Delta I + \Delta W_\alpha) \frac{W_r}{tg \alpha} \quad (9.1)$$

Bu yerda

$$K_{sozl}=1,5; \quad tg \alpha=0,75; \quad t_{h.i.}=0,3 \div 0,5 \text{ sek}$$

**Misol.** Asinxron motorlar himoyasi uchun avtomatik uzgichlarni tanlash quyidagi shartlar asosida bajariladi:  $U_n=0.38 \text{ kV}, S_d=320 \text{ kVt}$

### AV – 1

$$1) U_{A \text{ nom}} = U_{A \text{ nom(tarmoq)}} = 0,38 \text{ kV}$$

$$2) U_{A \text{ nom}} > U_{D \text{ nom}}$$

$$U_{D \text{ nom}} = \frac{S_{\text{д}}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{320}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 486 \text{ A}$$

$$3) I_{A \text{ uchr}} > I_{KT \text{ maks}} \quad I_{KT \text{ maks}} = 27,085 \text{ kA}$$

$$4) I_{A \text{ nr. nom}} > I_{D \text{ nom}}$$

Ma'lumotnomalardan A – 3144 turdagi avtomatni tanlaymiz:

$$I_{A \text{ nom}} = 600 \text{ A}$$

$$I_{\text{ajr. nom}} = 500 \text{ A}$$

$$I_{A \text{ uchr.}} = 20 \text{ kA}$$

Avtomatning ishonchli ishlashini ta'minlash uchun quyidagi shart bajarilishi kerak:  $I_{q.t.min} = 21222 \text{ A}$

$$\frac{I_{KT \text{ min}}^{(2)}}{I_{AJK \text{ nom}}} = \frac{21222}{500} = 42,4 > 3$$

$$I_{\text{urn. mag. ajr.}} > K_{it} \cdot I_{D \text{ nom.}} = 6 \cdot 486 = 2916 \text{ A}$$

(bunda  $K_{it}$  – dvigatelni (qo‘shish) ishga tushirish koeffitsiyenti)

Xuddi shunday:

### AV – 2

$$U_{A \text{ nom}} = U_{A \text{ nom(tarmoq)}} = 0,38 \text{ kV}$$

$$I_{A \text{ nom}} \geq I_{D \text{ nom}} + I_{Y_{u1}}$$

$I_{Y_{u1}}$  – birinchi elektr yuki

$$I_{Y_{u1}} = \frac{S_{\text{ю}}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{800}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1215 \text{ A}$$

$$I_{D \text{ nom}} + I_{Y_{u1}} = 486 + 1215 = 1701 \text{ A}$$

$$I_{A \text{ nom}} = 2000 \text{ A}$$

$$I_{\text{nom ajr}} = 2000 \text{ A}$$

$$I_{\text{A uchr}} = 35 \text{ kA}$$

AVM – 20 s turdagi selektiv avtomatni tanlaymiz.

$$I_{\text{URN oniy}} > 1.5 \cdot (I_{\text{Yu}} + K_{\text{kt}} \cdot I_{\text{DN}}) = 1.5 \cdot (1215 + 2916) = 6197 \text{ A}$$

$$I_{\text{URN oniy}} = 8000 \text{ A va vaqti } t_{\text{mag}} = 0,6 \text{ ''}$$

bo‘lgan yuqorida ko‘rsatilgan avtomat bo‘ladi. Ishlash vaqtini hisobga olganda AV- 2 avtomat AV – 1 ga nisbatan selektivligi yuqoriroq.

$$K_{\text{sez}} = \frac{I_{\text{KT.muh}}^{(2)}}{I_{\text{YPH}}} = \frac{21222}{8000} = 2,7 > 1.5$$

$$\text{Vaqti } t_{\text{mag. ajr}} = t_{\text{ish oldingi}} + \Delta t = 0,1'' + 0.5'' = 0.6''$$

### Sinov savollari

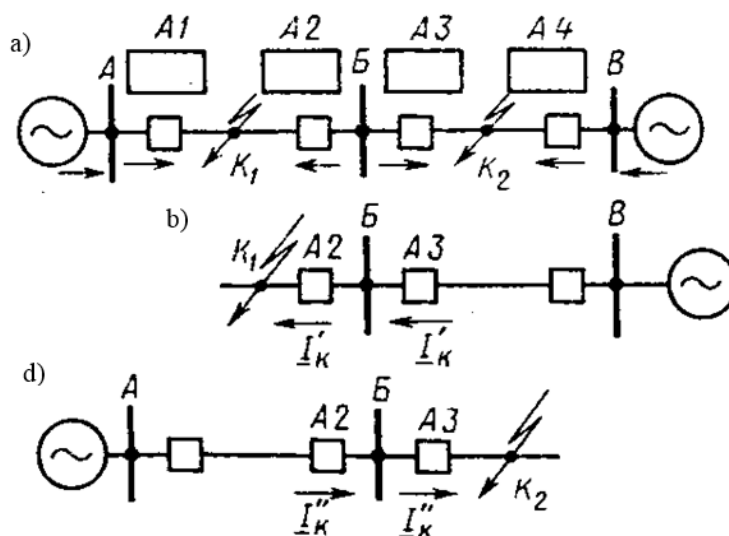
1. DZT-II tipdagi releli differensial himoyaning elektr motorda qo‘llanilishini tushuntiring.
2. Motorlarning tokli kesim va o‘ta yuklanishdan himoyalarni tushuntiring.
3. Avtomatning ishonchli ishlashini ta‘minlash uchun qanday shart bajarilishi kerak?

## 10 – AMALIY MASHG‘ULOT

### YO‘NALTIRILGAN HIMOYALARNI HISOBLASH VA HIMOYANING ISHLASH TOKLARININI TANLASH.

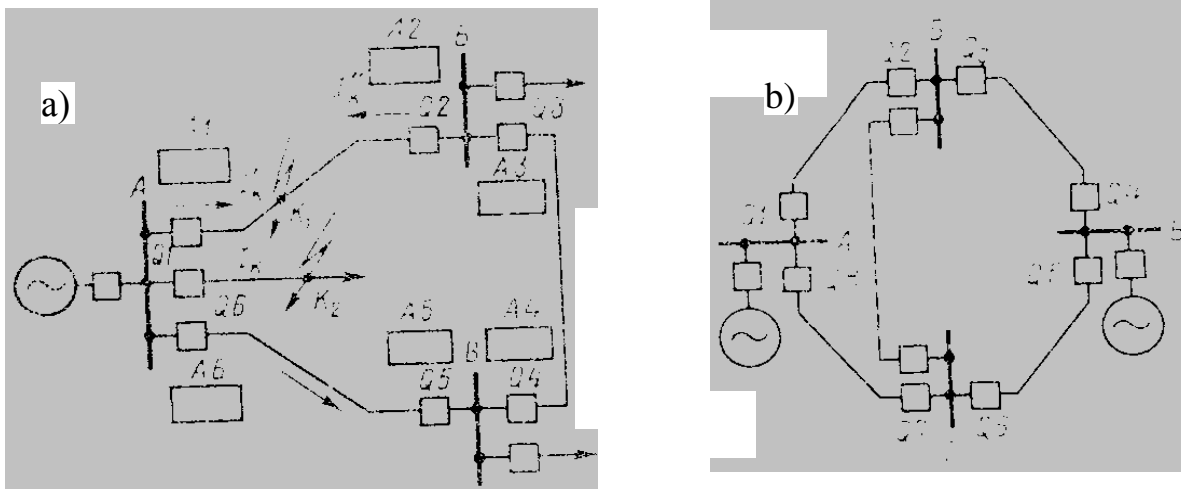
#### 10.1 Yo‘naltirilgan himoyalar

Qisqa tutashuv quvvatining yo‘nalishiga bog‘liq bo‘lgan himoyalar yo‘naltirilgan himoyalar deyiladi. Ikki tomondan ta‘minlangan liniyalarda



10.1-rasm. Himoyaning har xil tarmoqda joylashishi: a) ikki tomonlama ta'minlangan; b) bir tomonlama ta'minlangan.

MTH ning tanlovchanligi talabga javob bermaydi. Shuning uchun bunday liniyalarda yo'naltirilgan MTH qo'llaniladi. Bu xildagi MTH da quvvat yo'nalishiga qarab ishlaydigan yordamchi organ - quvvat relei KW ishtirok etadi.



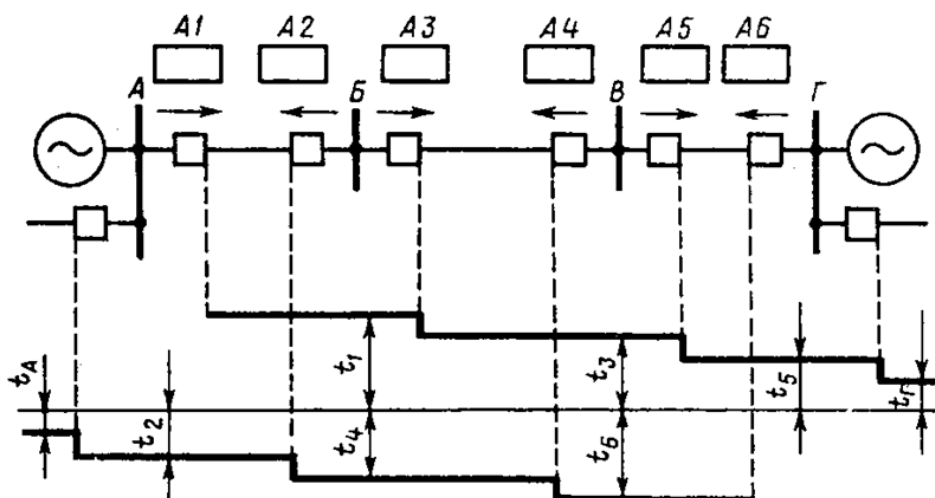
10.2-rasm. Yo'naltirilgan himoyaning berk zanjirlarda joylashishi: a) ikki tomonlama ta'minlangan; b) bir tomonlama ta'minlangan.

Ikki tomondan ta'minlangan tarmoqlarda, berk zanjirli tarmoqlarda qisqa tutashuv toki va quvvati qisqa tutashuvning joyiga bog'liq.

Quvvat shindan liniya tomonga oqqanda yordamchi organ quvvat yo'nalishiga qarab himoyaning ishlashiga ruxsat beradi.

Masalan, K2 nuqtadagi qisqa tutashuvda 1, 3-himoya ishga tushadi. Tanlovchanlik bir tomonga yo'naltirilgan.

Himoyalarning sabr vaqti pog'onalik prinsipi bo'yicha tanlanadi. Buning uchun himoya xar bir liniyaning 2 tomoniga o'rnatiladi.



10.3-rasm. Yo'naltirilgan tokli himoyaning sabr vaqtini tanlash

Sxemalar 3 fazali, 2 fazali, operativ tok manbasi o'zgaruvchan bo'lishi mumkin.

Bu sxemada ishga tushuruvchi organ – tok releli KA, yo'nalishiga qaraydigan – quvvat releli KW, sabr vaqti hosil qilish uchun qisqa tutashuv releli ishlatiladi.

Himoyalananayotgan liniyada qisqa tutashuv sodir bo'lsa, KA va KW relelar kontaktlarini qo'shib qisqa tutashuv ni ishga tushiradi. Ma'lum bir sabr vaqtdan keyin YAT ulanadi, liniya o'chiriladi. Quvvat shinaga yo'nalganda KW ning kontaktlari uzilib himoyani ishlashga qo'ymaydi. Normal rejimda KW ning kontaktlari qo'shilsa xam KA ning ochiq kontaktlari himoyani ishlatmaydi.

$$S_p = U_p \cdot I_p \cdot \sin \Psi = I_p \cdot U_p \cdot \sin(\alpha - \varphi_p) \quad (10.1)$$

Quvvat releli KW faza tokiga ulanadi, kuchlanish faza yoki fazalararo bo'lishi mumkin.

Ulanish sxemasi quvvat releli KW ni barcha holatlarda ishlashini ta'minlashi kerak.

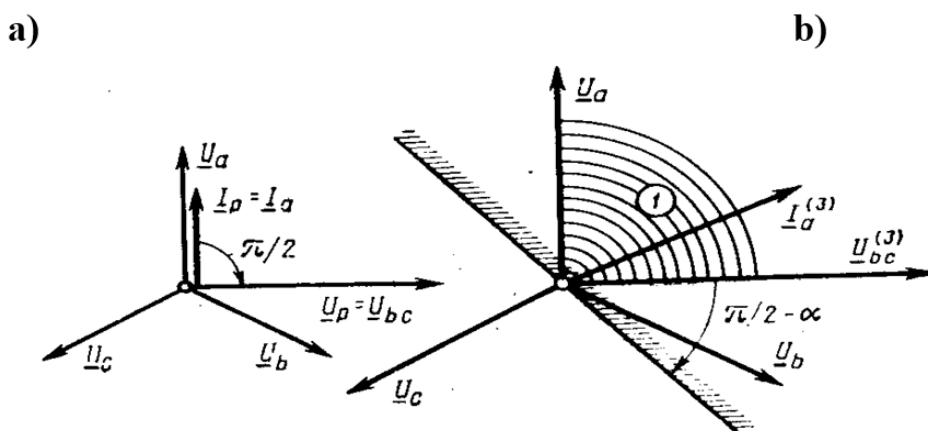
Sxemalarni  $90^\circ$  va  $30^\circ$  li turlari mavjud.

Quyidagi jadvalda  $90^\circ$  li sxema uchun tok va kuchlanishning mos kelishi keltirilgan.

10.1-jadval

Rele	Tok $I_R$	Kuchlanish $U_R$
I ( $KW_1$ )	$I_A$	$U_{VS}$
II ( $KW_2$ )	$I_V$	$U_{SA}$
III ( $KW_3$ )	$I_C$	$U_{AV}$

$90^\circ$ – sxema odatda ichki burchagi  $\alpha=45^\circ$  ga teng bo'lgan aralash tipdagi relelar uchun o'rinli hisoblanadi. Bunday sxemalar keng tarqalgan bo'lib, aralash tipdagi relelarning namunaviy ulanish sxemasi hisoblanadi.



10.4-rasm. Quvvat relelini  $90^\circ$  li sxema bo'yicha ulanishdagi vektor diagrammasi:  
 a)  $90^\circ$  li sxema b)  $30^\circ$  li sxema

Bu sxema qisqa tutashuvning barcha turlarida ishga tushadi. «O‘lik zona» faqat uch fazali qisqa tutashuvlarda uchraydi. Himoyaning noto‘g‘ri ishlashini oldini olish uchun faza bo‘yicha ishga tushirish amalga oshiriladi. Himoyaning ishlash toki uchinchi pog‘onada shikastlanmagan fazadagi tokka qarab sozlanadi. Bu esa sezgirlikning kamayishiga olib keladi, chunki neytrali yerga ulangan tarmoqlarda yerga ulanadigan qisqa tutashuv sodir bo‘lsa, qisqa tutashuv toki yuklama toki va shikastlanish tokining yig‘indisiga teng bo‘ladi.

Aslida yo‘naltirilgan himoyalar quvvat yo‘nalishiga bog‘liq bo‘lgan holda ishlovchi organli oddiy himoyalardan tashkil topgan. 35 kVli taqsimlovchi tarmoqlarda himoya ikki fazali qilib bajariladi. Yuqori kuchlanishli tarmoqlarda bu himoya rezerv sifatida himoya ishlatiladi.

## 10.2 Himoya parametrlarini aniqlash

Himoyaning ishlash toki ikki xil shartni hisobga holgan xolda sozlanadi.

1) Motorlarning o‘z-o‘zidan ishga tushishini hisobga holgan xolda:

$$I_{x.uuu} = \frac{k_u \cdot k_{cMB} \cdot I_{n.max}}{k_k} \quad (10.2)$$

bu yerda  $I_{n.max}$ - ekspluatatsiya davrida bo‘lishi mumkin bo‘lgan eng og‘ir rejimdagi tok.

2) QT da shikastlanmagan fazalardagi tokdan (neytrali yerga ulangan tarmoqlarda)

$$I_{x.uuu} = k_u \cdot I_{n.\phi} \quad (10.3)$$

Shu ikki tokdan kattasi himoyaning ishlash toki hisoblanadi. Neytrali yerga ulanmagan tarmoqlarda faqat birinchi shart bilan sozlanadi.

Tanlovchanlikni bir yo‘nalishda ta‘minlash uchun shunday qilish kerakki, unda quyidagi shart bajarilsin:

$$I_{xish5} < I_{xish3} < I_{xish1} \quad (10.4)$$

Sabr vaqti pog‘onali prinsip bo‘yicha bir yo‘nalishda quyidagicha aniqlanadi:

$$t_5 < t_3 < t_1 \quad (10.5)$$

### Sinov savollari

1. Yo‘naltirilgan himoyalar deb nimaga aytiladi.
2. Yo‘naltirilgan himoyaning berk zanjirlarda joylashishini tushuntiring.
3. Yo‘naltirilgan tokli himoyaning sabr vaqtini tanlashni tushuntiring?



## 11 – AMALIY MASHG‘ULOT

### HIMOYA O‘RNATMALARI (USTAVKALAR) KARTASINI TUZISH

Ustavkalar kartasida himoya va avtomatikani turlarining tasviri quyidagi belgilar yordamida bajariladi:

T	
V	

Sabr vaqtli maksimal tok himoyasi

T	V
---	---

Sabr vaqtli rele

T			
---	--	--	--

tokli kesim

ZAU (AVR)	
K<	
V	

ZAU (AVR) moslamasi

T		
V		

Sabr vaqtli tok kesim

T	
V	

o‘ta yuklanishdan himoya

T-T	
-----	--

bo‘ylama differensial himoya

AQU(APV)	
V <sub>1</sub>	
V <sub>2</sub>	

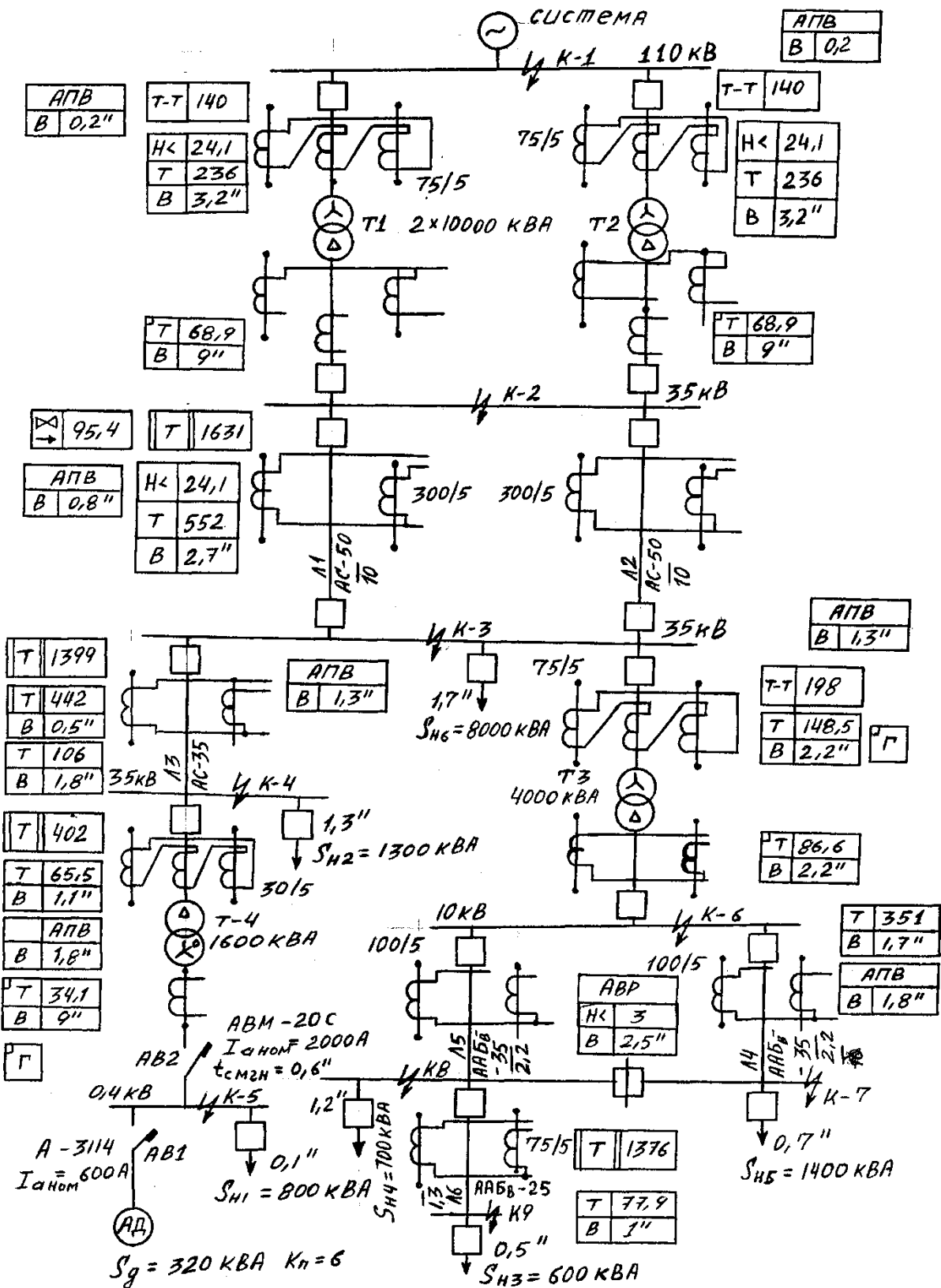
AKU(APV) moslamasi

G	
---	--

gazli himoya

▷◁	
→	

ko‘ndalang yo‘naltirilgan dif. himoya.



11.1-rasm. O'ratmalar kartasi

### Sinov savollari

1. Bo'yлама differensial himoyani tushuntiring.
2. O'ta yuklanishdan himoya tushuntiring.
3. Sabr vaqti maksimal tok himoyasi tushuntiring.

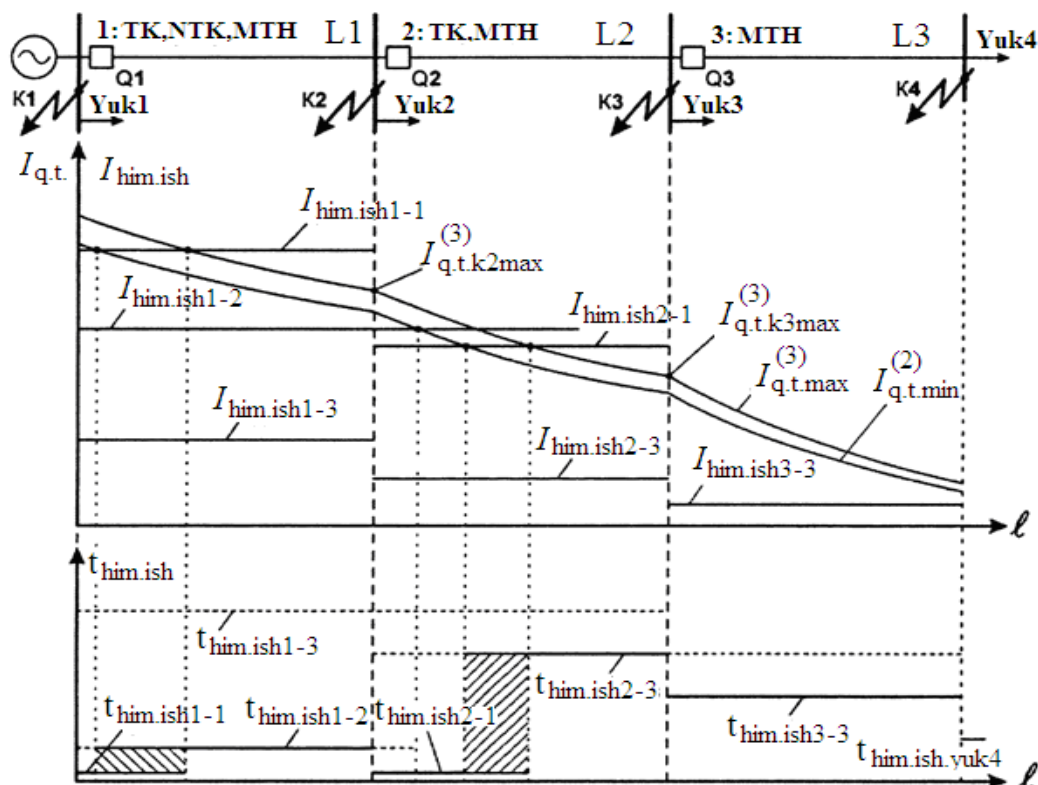
## 12 – AMALIY MASHG‘ULOT

### HIMOYANING UCH CHIZIQLI HIMOYASI BILAN TANISHISH

Elektr tarmoqlarini shikastlanishlardan ishonchli himoyalash uchun ko‘pgina hollarda bir turdagi himoyani qo‘llash yetarli bo‘lmaydi. Tokli himoyalar shikastlanishlarni tezda topsada, lekin himoyalananayotgan qurilmaning oxirida sezgirlikka ega bo‘lmaydi. MTH yetarli darajada ishlash zonaga ega bo‘lsada, lekin ularni katta sabr vaqt orqali bajarishga to‘g‘ri keladi. Bu esa tarmoqning bosh qismlarida tezkor ishlash talab qilinishini ta‘minlab bera olmaydi. Ushbu holda har xil turdagi himoyalarning afzalliklaridan samarali foydalanish uchun ularni bitta kompleksga birlashtirishadi.

Bulardan eng ko‘p tarqalgani uch pog‘onali tokli himoyalar hisoblanadi. Birinchi pog‘ona sifatida sabr vaqtsiz tokli kesim (tanlovchan tokli kesim) qo‘llaniladi. Ikkichi pog‘ona sifatida – sabr vaqtli tokli kesim (notanlovchan tokli kesim) qo‘llaniladi. Uchinchi pog‘ona sifatida MTH qo‘llaniladi.

Uch pog‘onali tokli himoyalar to‘liq bo‘lmagan bo‘lishi mumkin. Masalan, bosh liniyada  $L_1$  (3.1 – rasm) qoidaga ko‘ra barcha uchta pog‘ona o‘rnatiladi. Tarmoqning bosh qismiga yondosh liniyalarda ( $L_2$ ) ko‘pincha ikkita pog‘ona qo‘llaniladi: birinchi va uchinchi pog‘ona. Tarmoqning manbadan uzoqda bo‘lgan qurilmalarida ( $L_3$  liniya) odatda faqatgina MTH ning o‘zi yetarli hisoblanadi.



12.1 – rasm. Uch pog‘onali tokli himoyali tarmoq sxemasi va mos holda qisqa tutashuvlar hamda vaqtlar diagrammasi

Hisoblashlar manbadan uzoqda bo‘lgan liniyadan boshlab maqsadga muvofiqdir ( $L_3$ ). Uchinchi himoyaning uchinchi pog‘onasidagi ishlash toki quyidagicha topiladi:

$$I_{him.ish3-3} = \frac{k_z}{k_{qay}} \cdot I_{uz.ish L3} = \frac{k_z \cdot k_{uz.ish L3}}{k_{qay}} \cdot I_{ish.max L3}, \quad (12.1)$$

bu yerda  $I_{uz.ish L3}$  va  $I_{ish.max L3}$  - mos holda liniyadagi ( $L_3$ ) avariya dan keyingi o'z – o'zini ishga tushirish toki va normal holatdagi ishchi tokning maksimal qiymati;

$k_z$  - zaxira koeffitsiyenti (sabr vaqtli himoyalalar uchun);

$k_{qay}$  - qaytish koeffitsiyenti;

$k_{uz.ish L3}$  - liniya ( $L_3$ ) uchun o'z – o'zini ishga tushirish koeffitsiyenti.

3 – himoyaning uchinchi pog'onasining sabr vaqti quyidagicha:

$$t_{him.ish3-3} = t_{him.ish yuk4} + \Delta t,$$

bu yerda  $t_{him.ish yuk4}$  - yuklama himoyasining maksimal ishlash vaqti;

$\Delta t$  - tanlovchanlik pog'onasi.

Birinchi va ikkinchi liniyalarning MTH sining ishlash parametrlari shu singari aniqlanadi:

$$I_{him.ish2-3} = \frac{k_z}{k_{qay}} \cdot I_{uz.ish L2} = \frac{k_z \cdot k_{uz.ish L2}}{k_{qay}} \cdot I_{ish.max L2},$$

$$t_{him.ish2-3} = \max(t_{him.ish3-3}, t_{him.ish3}) + \Delta t, \quad (12.2)$$

$$I_{him.ish1-3} = \frac{k_z}{k_{qay}} \cdot I_{uz.ish L1} = \frac{k_z \cdot k_{uz.ish L1}}{k_{qay}} \cdot I_{ish.max L1},$$

$$t_{him.ish1-3} = \max(t_{him.ish2-3}, t_{him.ish.yuk3}) + \Delta t,$$

Ikkinchi liniya birinchi pog'onasining ishlash toki quyidagicha:

$$I_{him.ish2-1} = k_z \cdot I_{q.t.max}^{(3)}, \quad (12.3)$$

bu yerda  $k_z$  - zahira koeffitsiyenti (sabr vaqtsiz himoyalalar uchun);

$I_{q.t.max}^{(3)}$  - liniyaning oxiridagi uch fazali qisqa tutashuv tokining maksimal qiymati.

Xuddi shunday birinchi himoya birinchi pog'onasining ishlash toki aniqlanadi:

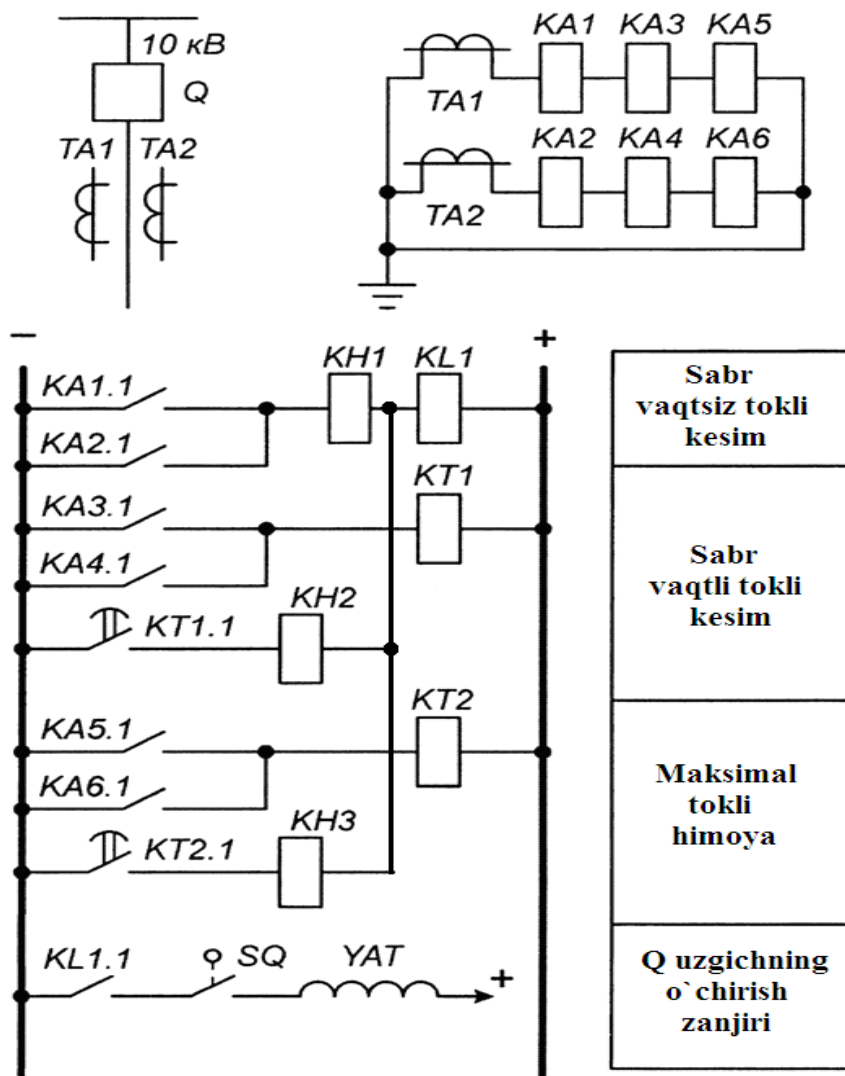
$$I_{him.ish1-1} = k_z \cdot I_{q.t.K2max}, \quad (12.4)$$

Birinchi himoya ikkinchi pog'onasining ishlash toki ikkinchi liniya birinchi pog'onasining ishlash tokidan rostdash kerak:

$$I_{him.ish1-2} = k_{z1-2} \cdot I_{him.ish2-1} = k_{z1-2} \cdot k_{z2-1} \cdot I_{q.t.K3max}^{(3)}, \quad (12.5)$$

bu yerda  $k_{z1-2}$  va  $k_{z2-1}$  - mos holda birinchi liniyaning ikkinchi pog'onasining tok bo'yicha zaxira koeffitsiyenti va ikkinchi liniya birinchi pog'onasining tok

bo'yicha zaxira koeffitsiyenti; umumiy holda ushbu koeffitsiyentlarning qiymatlari har xil, chunki birinchi pog'onaning himoyasi sabr vaqtga ega emas.



12.2 – rasm. Uch pog'onali tokli himoya sxemasi

Birinchi himoyaning ( $L_1$ ) ikkinchi pog'onasi vaqt bo'yicha qo'shni tutashmalarning ( $L_2$  liniya) tezkor himoyalarning vaqtlaridan (umumiy ishlash hududida) sozlanishi lozim:

$$t_{him.ish1-2} = t_{him.ish2-1} + \Delta t, \quad (12.6)$$

bu yerda  $t_{him.ish1-2}$  - ikkinchi himoyaning birinchi pog'onasining ishlash vaqti.

Alohida pog'onalarining relelarini ishlash toki quyidagicha topiladi:

$$I_{rele.ish} = \frac{k_{sx}}{k_{tt}} \cdot I_{him.ish}, \quad (12.7)$$

bu yerda  $I_{him.ish}$  - himoyaning mos pog'onasidagi birlamchi ishlash toki;

$k_{sx}$  - sxema koeffitsiyenti;

$k_{tt}$  - himoya tok transformatorining transformatsiya koeffitsiyenti.

10 kV li liniyalarning uch pog'onali tokli himoyasining bazaviy sxemasi

12.2 – rasmda keltirilgan.

Himoya birinchi pog'onasining sezgirliги uning ishchi zonasining uzunligi bo'yicha baholanadi. Ishlash zonasi, qoidaga ko'ra grafiklar orqali aniqlanadi.

Ikkinchi pog'onaning sezgirliги ishlash zonasining kattaligi bilan baholanadi yoki sezgirlik koeffitsiyentining qiymati bilan aniqlanadi. Agarda ikkinchi himoyaning ishlash zonasi himoyalalanayotgan liniyani butunligicha qamram olsa, ushbu liniyaning uchinchi pog'onasi faqatgina zaxira maqsadida qo'llaniladi. Agarda ikkinchi pog'onaning ishlash zonasi himoyalalanayotgan liniyaning bir qismini qamrab olsa, unda uchinchi pog'ona asosiy hisoblanadi.

### **Sinov savollari**

1. Uch pog'onali tokli himoyali tarmoq sxemasi va mos holda qisqa tutashuvlar hamda vaqtlar diagrammasini tushuntiring.
2. Uch pog'onali tokli himoyaning sxemasini tushuntiring.
3. Uch pog'onali tokli himoya sxemasini tushuntiring.

### **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. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. – Москва: Высшая школа, 2006.-639 с.
3. Булычев А.В., Наволочный А.А. Релейная защита в распределительных электрических сетях. – Москва: ЭНАС, 2011.-208 с.
4. Копьев В.Н. Релейная защита. Принципы выполнения и применения. Учебное пособие. Томск: Изд. ЭЛТИ ТПУ, 2006. 143 с.
5. Овчинников В.В., Удрис А.П. «Реле РНТ и ДЗТ в схемах дифференциальных защит». – Москва: НТФ Энергопрогресс, Энергетик, 2004 г.
6. Неклепанов Б.Н., И.П. Крючков. – Москва: Электрическая часть станций и подстанций. (Справочник) – Москва: Энергоатомиздат, 1989.
7. Shamsutdinov H.F., Pulatov B.M., Nurmatov O.Yo. Releli himoya va avtomatika - Ma’ruzalar matni, Toshkent, TDTU, 2017-132 b
8. Siddiqov I.X., Shamsutdinov H.F., Pulatov B.M. - Releli himoya va avtomatika - fanidan uslubiy qo‘llanma – Toshkent, TDTU, 2015-46 b

## **Mundarija**

1 – Amaliy mashg‘ulot	Releli himoya va avtomatika zanjirlari uchun qisqa tutashuv toklarini hisoblash.....3
2 – Amaliy mashg‘ulot	O‘lchov transformatorlarini tanlash.....11
3 – Amaliy mashg‘ulot	Tokli kesim himoya parametrlarini hisoblash.....16
4 – Amaliy mashg‘ulot	Tarmoqlarning uch pog‘onali himoyasini hisoblash va ishlash tokini tanlash.....20
5 – Amaliy mashg‘ulot	Transformatorning tokli kesim himoyasini hisoblash va ishlash tokini tanlash.....26
6 – Amaliy mashg‘ulot	Transformatorlarning tez to‘yinuvchi tok transformatorli differensial himoyasining (RNT-565) hisoblash va ishlash tokini tanlash.....30
7 – Amaliy mashg‘ulot	Transformatorlarning tormozli differensial himoyasini (DZT-11) hisoblash va ishlash tokini tanlash.....37
8 – Amaliy mashg‘ulot	Transformatorning maksimal tokli himoyasini hisoblash va ishlash tokini tanlash. ....46
9 – Amaliy mashg‘ulot	Elektr motorlar himoyasini hisoblash va tanlash.....49
10 – Amaliy mashg‘ulot	Yo‘naltirilgan himoyalarni hisoblash va himoyaning ishlash toklarinini tanlash. ....53
11 – Amaliy mashg‘ulot	Himoya o‘rnatmalari (ustavkalar) kartasini tuzish.....57
12 – Amaliy mashg‘ulot	Himoyaning uch chiziqli himoyasi bilan tanishish.....59

Muharrir: Miryusupova Z.M.