

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI
O‘RTA MAXSUS KASB-HUNAR TA‘LIMI MARKAZI

A.D. Taslimov, T.S. Mamarasulova, D.A. Rismuxamedov

RELE HIMOYASI

Kasb-hunar kollejlari uchun o‘quv qo‘llanma

(Qayta nashr)

Toshkent
«IQTISOD-MOLIYA»
2013

UO‘K 537(075)
KBK 31.27-05

Taqrizchilar: **A.S. Berdishev** – t.f.n.;
N.B. Pirmatov – t.f.d.

Taslimov A.D.

T25 **Rele himoyasi.** Kasb-hunar kollejlari uchun o‘quv qo‘llanma / A.D. Taslimov, T.S. Mamarasulova, D.A. Rismuxamedov; O‘zR oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi, O‘rta maxsus kasb-hunar ta‘limi markazi. T.: «IQTISOD- MOLIYA», 2013. -140 b.

Mamarasulova T.S., Rismuxamedov D.A.

O‘quv qo‘llanma «Releli himoya va avtomatika» fanidan kasb-hunar kollejlari uchun tuzilgan o‘quv dasturi asosida yozildi. Unda elektr ta‘minoti tizimi elektr tarmoqlari va uskunalarning releli himoyasi va avtomatikasi masalalari ko‘rib chiqilgan.

Ushbu o‘quv qo‘llanma kasb-hunar kollejlari talabalari uchun mo‘ljallangan bo‘lib, undan oliy o‘quv yurtlarining tegishli yo‘nalish talabalari ham foydalanishlari mumkin.

UO‘K 537(075)
KBK 31.27-05ya722

ISBN 978-9943-13-306-8
ISBN 978-9943-13-457-7

© «IQTISOD-MOLIYA», 2010
© «IQTISOD-MOLIYA», 2013

KIRISH

O'zbekiston Respublikasining elektr energetikasi xalq xo'jaligining asosiy sohasi hisoblanib, sanoat korxonalari, shaharlar, transport, qishloq xo'jaligi iste'molchilarini elektr energiyasi bilan ta'minlab kelmoqda va xalq xo'jaligining rivojlanishiga katta hissa qo'shmoqda.

O'zbekiston energetika tizimi yiliga 52 mlrd kVt/soat atrofida elektr energiyasi ishlab chiqarib, uzunligi 224 mln km ni tashkil etadigan 500 kV, 330 kV gacha yuqori kuchlanishli elektr tarmoqlar orqali 37 ta elektr stansiya iste'molchilariga xizmat qilmoqda.

Energetika tizimlarining elektr qismlaridagi shikastlanish va nonormal holatlarni bartaraf qilish releli himoyaning asosiy vazifasidir. Shu bilan birga releli himoya tizimning ishonchli va barqaror ish jarayonini ta'minlaydi.

Energetika tizimlari quvvatining shiddat bilan oshishi, bir necha tizimlarning birlashuvi, hatto davlatlararo tizimlarning tashkil topishi releli himoyaning vazifasini yanada oshiradi.

Zamonaviy energetika tizimlarida yuqori kuchlanishli tarmoqlar rivojlanmoqda. Bu tarmoqlar orqali yirik stansiyalardan juda katta miqdordagi elektr energiyasi iste'molchilarga uzatilmoqda.

Yuklamalarning oshishi, elektr tarmoq tarkibidagi liniyalarning uzayishi, energetika tizimlariga bo'lgan barqarorlik talablarining keskin oshishi releli himoya ishini yanada murakkablashtiradi. Talablarga mos tez va ishonchli himoya tuzish uchun maxsus rele turlaridan foydalanilmoqda.

Elektromexanik relelar o'rniga yarim o'tkazgichli kontaktsiz relelar, gerkonlar, magnit elementli va raqamli relelar ekspluatatsiyaga kirib keldi.

Energetika tizimlari quvvati oshgan sari qisqa tutashuv toklarining qiymati ham oshib boradi. Bu hol releli himoya uchun aniqligi yuqori bo'lgan tok transformatorlarini talab etadi.

I bob. RELELI HIMOYA HAQIDA UMUMIY TUSHUNCHA

1.1. Elektr uskunalarida shikastlanishlar

Energetika tizimlari, elektr stansiyalarining qurilma va asboblari-da, elektr uzatish liniyalarida hamda iste'molchilar foydalanadigan asbob-uskunalarda ishdan chiqish, shikastlanish holatlarini uchratish mumkin. Ushbu holat ko'p hollarda elektr tizimi elementlarida tokning me'yoridan oshib ketishi yoki kuchlanishning pasayishi bilan bog'liq bo'ladi. Me'yoridan oshib ketgan tok katta miqdorda issiqlik ajralib chiqishiga olib keladi. Buning natijasida elektr uzatish liniyalari va qurilmalari xavfli darajada qizishi va shikastlanishi mumkin. Kuchlanishning normadan pasayishi generatorlarga va energetika tizimining bir maromda ishlashiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Oqibatda, elektr qurilmalarining shikastlanishi energetika tizimini ishdan chiqarib, iste'molchilarning ish rejimini buzadi.

Elektr tizimlari va iste'molchilarning bir maromda ishlashlari uchun shikastlangan qurilma, elektr liniyalari tezda aniqlanishi, o'chirilishi shu tarzda iste'molchilar va energetika tizimini normal ishlashiga sharoit yaratilishi kerak.

Nonormal holatlar vaqtida aniqlanib, choralar ko'rilsa, xavfsizlik ta'minlanadi. Yuqorida ko'rsatilganlardan xulosa qilib shuni aytish mumkinki, elektr tizimlari va elektr iste'molchilarini shikastlanish va nonormal holatlardan saqlash uchun uning elementlarini himoyalovchi avtomatik qurilma qurish va ishlatishga elektr tizimlarining talabi katta.

Elektr tizimida dastavval himoya qurilmasi qilib, eruvchan saqlagichlar qo'llanilgan. Quvvat va kuchlanishni oshishi, elektr tizimlari ulanish sxemalarining murakkablashishi eruvchi saqlagichlarni ko'p kamchiliklarini namoyon qildi va buning oqibatida yangi himoyalovchi qurilma yaratildi. Bu himoyalovchi qurilma *maxsus avtomat-rele bo'lib, uni yordamida amalga oshiriladigan himoya releli himoya deb nomlanadi.*

Releli himoya elektr avtomatikasining asosiy turi bo'lib, usiz hozirgi zamon elektr tizimlari normal va mustahkam ishlay olmaydi. U energetika tizimining barcha elementlari holatlarini doimo tekshirib, nazorat qilib boradi.

Energetika tizimida shikastlanish bo'lganda himoya uni aniqlaydi

va energetika tizimining shikastlangan qismini maxsus katta tokka mo'ljallangan kuch o'chirgichlariga ta'sir etib o'chiradi.

Energetika tizimida nonormal sharoit yoki holat bo'lganda himoya uni aniqlaydi va bu holatning xarakteriga qarab, normal sharoitni tiklash uchun kerakli bo'lgan chora-tadbirlarini qo'llaydi yoki navbatchi shaxsga xabar beradi.

Hozirgi zamon energetika tizimi releli himoyalar elektr ta'minotini tez tiklovchi va tizimni normal holatga keltiruvchi mustahkam va aniq elektr avtomatikasi bilan ta'minlangan.

Elektr avtomatikasining qurilmalariga qayta ulash avtomatikasi (AQU), avtomatik chastotali yuksizlantirish (AChYu) va zaxiradagi manbani ulash avtomatikasi (ZAU) kiradi.

1.2. Qisqa tutashuv turlari

Energetika tizimidagi ko'pgina shikastlanishlar fazalarning o'zaro va yer bilan qisqa tutashishlariga olib keladi. Shikastlanishlarning asosiy sabablariga izolyatsiyaning buzilishi, eskirishi, kuchlanishning normadan oshib ketishi, xizmat ko'rsatuvchi shaxslarning noto'g'ri amali va xatolari, ajratqichni kuchlanish ostida uzish, qisqa tutashtirgich ulangan holda kuchlanishni berilishlari kiradi.

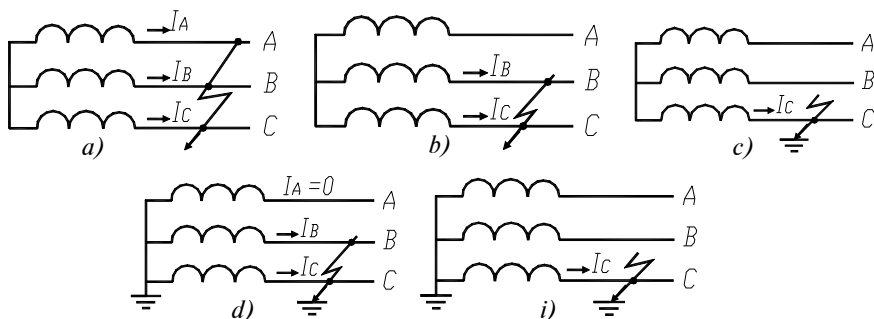
Barcha shikastlanishlar qurilmalarning kamchiligi va mukammal emasligi, noto'g'ri o'rnatilganligi, noto'g'ri loyihalanganligi, qurilmaga qoniqarsiz va noto'g'ri xizmat ko'rsatilganligi, qurilmaning noto'g'ri holatda ishlaganligi natijasida yuzaga keladi va ro'y beradi. Shuning uchun shikastlanishni oldini olish mumkin, lekin shikastlanish holatining muqarrarligini unutmazlik kerak. Qisqa tutashuv shikastlanishga olib keladigan eng xavfli va og'ir holatdir. Qisqa tutashuv paytida manbaning E.Yu.K. transformator yoki liniyalarning kichik qarshiligi orqali tutashib qoladi.

E.Yu.Ki qisqa tutashgan yopiq elektr konturlarida qisqa tutashuv toki deb nomlangan $I_{q.t.}$ katta tok oqadi. 1.1-rasmda qisqa tutashuvning turlari keltirilgan.

Qisqa tutashuv paytida tokning ortishi natijasida elektr tizimining elementlaridagi kuchlanishning miqdori kamayadi. Bu, o'z navbatida, elektr liniyaning barcha nuqtalarida kuchlanishning kamayishiga olib keladi, ya'ni:

$$U_m = E - I_{q.t.} \cdot Z_m,$$

bu yerda: E – manbaning E.Yu.Ki;



1.1-rasm. **Elektr qurilmalarida uchraydigan shikastlanishlar turlari:**

*a, b, c – uch fazali, ikki fazali va bir fazali qisqa tutashuv;
d va e – ikki fazani va bir fazani yer bilan neytrali yerga ulangan tarmoqlarda ulanishi.*

Z_m – manbadan qisqa tutashuv nuqtasigacha bo‘lgan uchastka-niing qarshiligi.

Qisqa tutashuv paytida kuchlanishning kamayishi va tokning or-tishi quyidagi xavfli natijalarni yuzaga keltiradi:

a) Joule-Lens qonuniga asosan qisqa tutashuv toki $I_{q,t} R$ – qarshi-likda t – vaqt mobaynida $Q=kI^2Rt$ issiqlik ajralishiga olib keladi.

Shikastlangan joylarda bu issiqlik va elektr yoyi katta miqdorda buzilishlarga olib keladi. Bu buzilishlarning natijalari $I_{q,t}$ ga va t vaqtga bog‘liq. $I_{q,t}$ ning miqdori normal tok I_n dan shu qadar katta bo‘lishi mumkinki, izolyatsiyalar va tok o‘tkazgich qismlarini qattiq shikast-lantiradi.

b) qisqa tutashuv paytida kuchlanishning tushuvi elektr iste’-molchilarining ishlashiga xavfli ta’sir qiladi.

Elektr energiyasining asosiy iste’molchisi asinxron motorlardir. Asinxron motorlarning aylantirish momentlari kuchlanishga propor-sional $M_E \propto kU^2$. Shuning uchun asinxron motorlarda kuchlanishning pasayishi paytida, motorlarning aylantirish momenti mexanizmlarning qarshilik momentlaridan kichik bo‘lib qolishi mumkin. Bu ularni to‘xtashiga olib keladi.

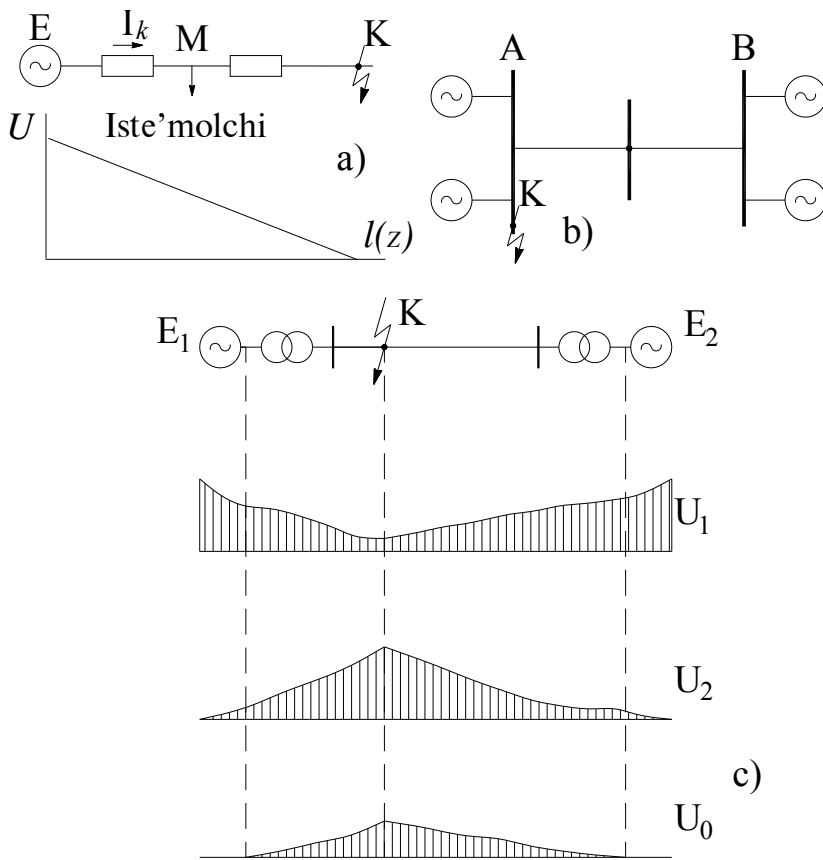
Kuchlanishning tushuvi EHM (boshqaruvchi va hisoblovchi) larga katta ta’sir qiladi:

d) Kuchlanish tushuvining eng xavfli va og‘ir oqibatlaridan biri bu generatorlar va elektr tizimlarining turg‘un parallel ishlashlariga zarar

yetishidir. Bu barcha iste'molchilarni energiyasiz qolishiga olib keladi. Buni 1.2- b rasmda izohlash mumkin.

Normal holatda turbinaning mexanik aylanish momenti generatoring elektr yuki tomonidan hosil qilinadigan teskari ta'sir qiluvchi momentga tengdir. Buning natijasida generatoring aylanish tezligi o'zgarmas va sinxronidir.

K nuqtada qisqa tutashish sodir bo'lganda A elektrostansiyasining



1.2-rasm. Qisqa tutashuvning kuchlanish tushuviga ta'siri:
 a) iste'molchilarga; b) energosistemaga; c) to'g'ri, teskari va nol ketma-ketlik kuchlanishlari diagrammasi.

shinasidagi kuchlanish nolga yaqin bo‘ladi. Bu holda elektr yuk va bu bilan bog‘liq generatorlarning teskari ta‘sir qiluvchi momenti nolga teng bo‘ladi. Bu vaqtda turbinaga oldingi miqdordagi bug‘ (yoki suv) ta‘sir etaveradi va uning momenti o‘zgarmaydi. Buning natijasida generatorning aylanish tezligi tez ortadi, chunki turbinaning aylanishini boshqaruvchi qurilma sekin ta‘sir qiladi va *A* stansiya generatorlari aylanish tezligini birdan kamaytirib olmaydi.

B stansiya generatorlari boshqa sharoitda bo‘ladilar, ular *K* nuqtadan uzoqdalar, shuning uchun ularning shinalaridagi kuchlanish normaga yaqin. *A* stansiya generatorlarini yuklari yengillashgani sababli barcha yuk *B* stansiya generatorlariga tushadi. Buning natijasida ular ko‘proq yuklanadilar va aylanish tezliklarini kamaytiradi.

Shunday qilib qisqa tutashuv natijasida *A* va *B* stansiyalarining generatorlarini aylanish tezliklari har xil bo‘ladi va bu ularning sinxron ishlashlarining buzilishiga olib keladi.

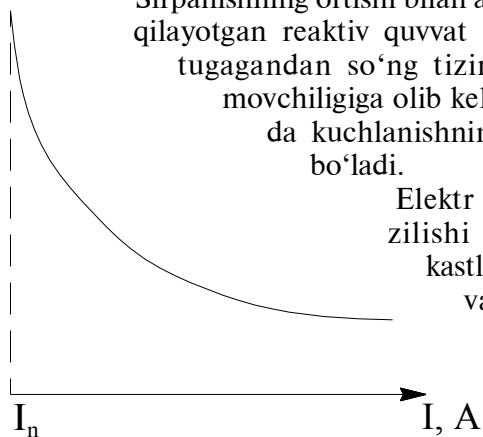
Uzoq vaqt davom etgan qisqa tutashuv (1.3-rasm) asinxron elektromotorlarning turg‘un ishlashlarini ham buzadi. Kuchlanishning qiymati pasayganda asinxron elektr motorning aylanish tezligi kamayadi. Agar sirpanish kritik nuqtadan o‘tib kelsa, motor noturg‘un ishlash jarayoniga o‘tadi va to‘liq to‘xtash yuz beradi.

Sirpanishning ortishi bilan asinxron elektr motor iste‘mol qilayotgan reaktiv quvvat ortadi va bu qisqa tutashuv tugagandan so‘ng tizimda reaktiv quvvat yetishmovchiligiga olib keladi. Buning natijasida tizimda kuchlanishning shiddatli kamayishi sodir bo‘ladi.

Elektr tizimining turg‘unligini buzilishi bilan bog‘liq bo‘lgan shikastlanish isrof bo‘yicha eng katta va og‘ir shikastlanishlardan hisoblanadi.

Neytrali izolyatsiyalanagan elektr liniyasining yer bilan ulanishi.

1.1- c rasmda ko‘rsatilgandek ulanish qisqa tutashuvga kirmaydi, undan farq qiladi, chunki



1.3-rasm. Uzoq vaqt ruxsat etilgan yuklanish vaqtini tokning kattaligiga bog‘liqligi, $t=f(I)$; I_n – qurilmaning nominal toki.

shikastlangan S faza E.Yu.Ki K nuqtada yerga ulangani bilan manba bilan to'g'ridan to'g'ri ulanmaydi, ya'ni bunda hosil bo'lgan shikastlanish toki o'tkazgich bilan yer orasidagi sig'im orqali manba bilan tutashadi, shuning uchun u kam miqdorga ega.

Qisqa tutashuv toklarini hisoblash

Sodir bo'lishi mumkin bo'lgan qisqa tutashuv toklarini (QT) hisoblash releli himoyani sozlash va QT toklarini chegaralovchi tadbirlarni amalga oshirish uchun hamda apparatlarni tanlash uchun zarur.

QT toklarini hisoblash oson bo'lishi uchun quyidagi cheklanishlar qabul qilinadi:

1. Magnit tizimlaridagi to'yinish hisobga olinmaydi.
2. Kuch transformatorlarining magnitlovchi tokleri e'tiborga olinmaydi.

3. Havo va kabel liniyalardagi sig'implar hisobga kirmaydi.

4. Uch fazali tizim simmetrik deb faraz qilinadi.

QT toklarini hisoblash tartibi:

1. Tizimning bir chiziqli hisoblash sxemasi chiziladi.

2. QT ni shartli o'rni tanlanadi.

3. Bazoviy shart tanlanib, barcha elementlarning qarshiliklari nisbiy birlikka keltiradi. Almashtiruv sxemasi tuziladi.

4. Sxema soddalashtiriladi.

5. QT toki aniqlanadi.

Hisoblash sxemasi tizimning normal ish holati uchun tuziladi. Reaktorlar, transformatorlar, havo va kabel liniyalarining nominal parametrlari beriladi.

Hisob kuchlanishning o'rtacha qiymatida olib boriladi, ya'ni

$$U_{\text{nom}} = 0,4; 6,3; 10,5; 37; 115; 230 \text{ kV.}$$

Almashtiruv sxemada QT nuqtasi va shu nuqtagacha faqat tok o'tayotgan elementlar ko'rsatiladi. Bazoviy kuchlanish QT joyidagi o'rtacha kuchlanishga teng qilib olinadi.

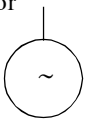

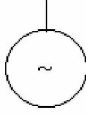

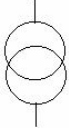





Bazoviy quvvatni 10 yoki 100 MVA ga teng deb olish mumkin. Unda bazoviy tok:

$$I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3}U_b}$$

Sxemadagi elementlarning boshlang'ich parametrlari ma'lumotnomalardan aniqlanadi.

Qarshiliklarning nisbiy bazoviy qiymatlarini aniqlash quyidagi jadvalda ko'rsatilgan (1.1-jadval).

1.1-jadval

Elektr qurilma elementi	Almashtirish sxemasi	Hisoblash formulari	
		Nomli birliklarda, Om	Nisbiy birliklarda
Generator 		$x = \frac{x_d \% U_b^2}{100 S_{nom}}$	$x_* = \frac{x_d \% S_b}{100 S_{nom}}$
Energosistema 		$x = \frac{U_b^2}{\sqrt{3} I_{uz, nom} U_{ur}}$ yoki $x = \frac{U_b^2}{S_k}$ yoki $x = x_{c, n} \frac{U_b^2}{S_{nom}}$	$x_* = \frac{S_b}{\sqrt{3} I_{uz, nom} U_{ur}}$ yoki $x_* = \frac{S_b}{S_k}$ yoki $x_* = x_{c, nom} \frac{S_b}{S_{nom}}$
Transformator 		$x = \frac{u_k \% U_b^2}{100 S_{nom}}$ Aktiv qarshilik hisobga olinganda $r = \frac{\Delta P_k U_b^2 10^{-3}}{S_{nom}^2}$ $x = \sqrt{u_{*k}^2 - \left(\frac{\Delta P_k}{S_{nom}}\right)^2} \frac{U_b^2}{S_{nom}}$	$x_* = \frac{u_k \% S_b}{100 S_{nom}}$ Aktiv qarshilik hisobga olinganda $r_* = \frac{\Delta P_k S_b 10^{-3}}{S_{nom}^2}$ $x_* = \sqrt{u_{*k}^2 - \left(\frac{\Delta P_k}{S_{nom}}\right)^2} \frac{S_b}{S_{nom}}$
Reaktor 		$x = x_r \frac{U_b^2}{U_{ur}^2}$	$x_* = x_r \frac{S_b}{U_{ur}^2}$
Liniya 		$x = x_0 l \frac{U_b^2}{U_{ur}^2}$ $r = r_0 l \frac{U_b^2}{U_{ur}^2}$	$x_* = x_0 l \frac{S_b}{U_{ur}^2}$ $r_* = r_0 l \frac{S_b}{U_{ur}^2}$

Almashtirish sxemasida o'zgartirishlar manbadan QT nuqtasiga tomon olib beriladi (1.2-jadval).

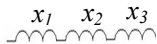
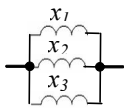


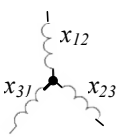
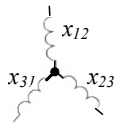
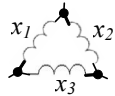
Agar qarshiliklar nisbiy birliklarda hisoblangan bo'lsa, QT toki quyidagicha aniqlanadi:

$$I_q = \frac{I_b}{X_{*n}}.$$

Bu yerda: $I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3}U_{ur}}$

X_{*n} – QT nuqtasidan manbaga bo'lgan natijaviy qarshilik.

1.2-jadval

Bajariladigan o'zgartirishlar	schema		o'tkazish formulasi
	o'zgartirishdan oldin	o'zgartirishdan keyin	
ketma-ket ulanish			$x_3 = \sum_{i=1}^n x_i$
parallel ulanish			$x_3 = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}}$ ikkita zanjir bo'lganda $x_3 = \frac{x_1 x_2}{x_1 + x_2}$
«uchburchak»ni «yulduz»ga o'zgartirish			$x_{12} = \frac{x_1 x_2}{x_1 + x_2 + x_3}$ $x_{23} = \frac{x_2 x_3}{x_1 + x_2 + x_3}$ $x_{31} = \frac{x_3 x_1}{x_1 + x_2 + x_3}$
«yulduz»ni «uchburchak»ga o'zgartirish			$x_1 = x_{31} + x_{12} + \frac{x_{31} + x_{12}}{x_{23}}$ $x_2 = x_{12} + x_{23} + \frac{x_{12} + x_{23}}{x_{31}}$ $x_3 = x_{23} + x_{31} + \frac{x_{23} + x_{31}}{x_{12}}$

U_{O-R} – QT sodir bo'lgan nuqtadagi o'rtacha kuchlanish.

Hisoblash nomli birliklarda olib borilganda, QT toki quyidagicha aniqlanadi.

$$I_{n0} = \frac{U_{o'r}}{\sqrt{3}X_N} \quad (4.17)$$

Bu yerda: $U_{o'r}$ – QT sodir bo‘lgan joydagi kuchlanishning o‘rtacha qiymati, kV; X_N – manbadan QT nuqtasigacha bo‘lgan natijaviy qarshilik, Om. Hisoblashda aktiv qarshilik ham inobatga olinsa.

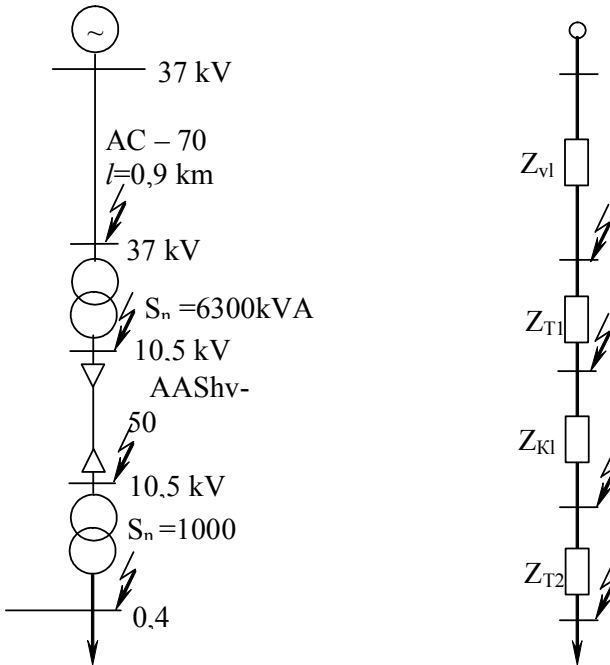
$$I_{n0} = \frac{U_{o'r}}{\sqrt{3}Z_N} \quad (4.18)$$

Bu yerda:

$Z_n = \sqrt{X_n^2 + R_n^2}$ – natijaviy to‘la qarshilik.

QT tokining miqdoriga qarab elektr apparatlari, izolyatorlar, shina va kabellar tanlanadi, releli himoya sozlanadi.

Misol. Cheksiz quvvatli sistemadan ta‘minlanayotgan iste‘molchilar uchun K_1, K_2, K_3, K_4 nuqtalardagi qisqa tutashuv toklarini hisoblang. Hisob ma‘lumotlari rasmda keltirilgan.



Yechish: Hisobni nisbiy birlikda olib boramiz. Bazis shartini qabul qilamiz: $S_b = 100 \text{ mBA}$

$$U_{bI} = 37 \text{ kV}$$

$$U_{bII} = 10,5 \text{ kV}$$

$$U_{bIII} = 0,4 \text{ kV}$$

Bazis toklarini aniqlaymiz: $I_{bI} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37} = 1,56 \text{ kA}$.

$$I_{bII} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ kA}$$

1) havo liniyasi AS – 70, $l=0,9 \text{ km}$

$$r_0 = 0,42 \text{ Om/km}$$

$$x_0 = 0,43 \text{ Om/km}$$

$$R_{hl} = r_0 l \frac{S_b}{U_N^2} = 0,42 \cdot 0,9 \frac{100}{37^2} = 0,027$$

$$X_{hl} = x_0 l \frac{S_b}{U_N^2} = 0,43 \cdot 0,9 \frac{100}{37^2} = 0,028$$

$$Z_{hl} = 0,027 + j \cdot 0,028$$

2) transformator T1 uchun

$$u_{aT-1} = \frac{\Delta P_{qt}}{S_n} \cdot 100\% = \frac{46,5}{6300} \cdot 100\% = 0,738\%$$

$$u_{RT-1} = \sqrt{u_k^2 - u_{aT-1}^2} = 7,464\%$$

$$r_{T-1}^b = \frac{U_{aT-1}}{100} \cdot \frac{S_b}{S_n} = \frac{0,738}{100} \cdot \frac{100}{6,3} = 0,117\%$$

$$X_{T-1}^b = \frac{U_{RT-1}}{100} \cdot \frac{S_b}{S_n} = \frac{7,464}{100} \cdot \frac{100}{6,3} = 1,185\%$$

3. KL (1 ta liniyadagi qarshilik)

AASh_v – 50, $l = 0,035 \text{ km}$

$$r_0 = 0,62 \text{ Om/km}$$

$$x_0 = 0,09 \text{ Om/km}$$

$$r_{kl}^b = 0,62 \cdot 0,035 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,02$$

$$x_{kl}^b = 0,09 \cdot 0,035 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,003$$

$$Z_{kl} = 0,02 + j \cdot 0,003$$

4. K-1 nuqtadagi tokni hisobi:

$$Z_{ekv1} = Z_{hl} = 0,027 + j \cdot 0,028$$

$$|Z_{ekv1}| = 0,0039$$

$$I_{K-1} = \frac{I_{bI}}{Z_{e-1}} = \frac{1,56}{0,039} = 40 \text{ kA}$$

5. K-2 nuqtadagi tok:

$$Z_{ekv2} = Z_{ekv1} + Z_{T-1} = 0,027 + j0,028 + 0,117 + j1,185 = 0,144 + j1,213$$

$$|Z_{ekv2}| = 1,222$$

$$I_{K-2} = \frac{I_{bII}}{Z_{e-2}} = \frac{5,5}{1,222} = 4500 \text{ A}$$

6. K-3 nuqtadagi tok:

$$Z_{ekv3} = Z_{ekv2} + Z_{kl} = 0,144 + j1,213 + 0,02 + j0,003 = 0,164 + j1,216$$

$$|Z_{ekv3}| = 1,227$$

$$I_{K-3} = \frac{I_{bII}}{Z_{e-3}} = \frac{5,5}{1,227} = 4481 \text{ A}$$

7. $U=0,4 \text{ kV}$ uchun hisob nomli birlikda olib boriladi.

a) sistema qarshiliklarini nisbiy birlikdan nomli birlikka keltiramiz.

$$r_{\Sigma 10} = r_{ekv3} \cdot \frac{U^2}{S_b} = 0,164 \cdot \frac{10,5^2}{100} \cdot 10^3 = 180,8 \text{ MOm}$$

$$x_{\Sigma 10} = x_{ekv3} \cdot \frac{U^2}{S_b} = 1,216 \cdot \frac{10,5^2}{100} \cdot 10^3 = 1340,6 \text{ MOm}$$

b) sistema qarshiliklarini $0,4 \text{ kV}$ kuchlanishga o'tkazamiz:

$$r_{\Sigma 0.4} = r_{\Sigma 10} \cdot K_T^2 = 180,8 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5}\right)^2 = 0,262 \text{ MOm}$$

$$x_{\Sigma 0,4} = x_{\Sigma 10} \cdot K_T^2 = 1340,6 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5}\right)^2 = 1,945 \text{ MOm}$$

d) T2 transformatorining qarshiligini aniqlaymiz:

$$r_{T-5} = \frac{\Delta P_q}{S_{nT}} \cdot \frac{U_n^2}{S_{nT}} = \frac{11,6}{1000} \cdot \frac{0,4^2}{1000} = 1,856 \text{ MOm}$$

$$x_{T-5} = \sqrt{\left(\frac{U_K\%}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_q}{S_{nT}}\right)^2} \cdot \frac{U_n^2}{S_{nT}} \cdot 10^6 = \left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{11,6}{100}\right)^2 \cdot \frac{0,4^2}{1000} \cdot 10,6 = 8,602 \text{ MOm}$$

8. K-4 nuqtadagi qisqa tutashuv tokini hisoblash.

Reaktiv qarshiliklarning yig'indisi:

$$x_{\Sigma K-4} = x_{\Sigma 0,4} = x_{T-2} = 1,945 + 8,602 = 10,547 \text{ MOm}$$

Kontaktlarning o'tkinchi qarshiligi:

$$r_{kon} = 15 \text{ mOm}$$

Aktiv qarshiliklarning yig'indisi:

$$r_{\Sigma K-4} = r_{\Sigma 0,4} = r_{T-5} + r_{kon} = 0,262 + 1,865 + 15,0 = 17,118 \text{ MOm}$$

$$I_{K-4} = \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r_{\Sigma K-4}^2 + x_{\Sigma K-4}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{17,118^2 + 10,547^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 20,106} = 11,486 \text{ A}$$

1.3. Nonormal rejimlar

Nonormal rejimlar deb tok kuchi, kuchlanish va chastota qiymatlarining chegaradan chiqib ketishi yoki qurilma va elektr tizimining turg'un ishlashiga xavf tug'ilishiga aytiladi.

Xarakterli nonormal rejimlar:

a) qurilmaning o'ta yuklanishi, ya'ni tokning normadan juda oshib ketishi;

b) chastotani pasayishi, ya'ni generator quvvatini yetishmasligi, bu hol, odatda, bir qism generatorlarning birdaniga o'chishi bilan bog'liq.

Chastotani chuqur pasayishi (45–47 Hz gacha) og'ir avariya holati hisoblanib, energetik tizimning ishlashini to'liq to'xtashiga olib keladi.

d) kuchlanish oshishi, ya'ni generatorning yuklarini birdaniga o'chirilishi natijasi. Yuki yengillashgan generator tezroq aylanadi va

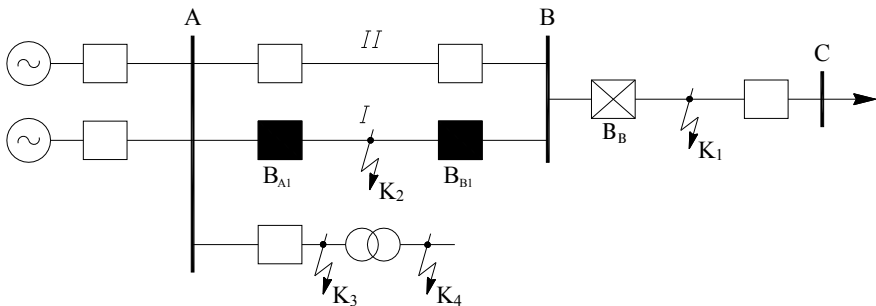
bunda statorning E.Yu.Ki izolyatsiyani teshish darajasidagi qiymatiga yetadi.

1.4. Releli himoyaga qo‘yiladigan talablar

a) tanlovchanlik (selektivlik).

Tanlovchanlik bu himoyaning shunday xususiyatiki, bunda u faqat elektr tarmoqning shikastlangan qisminigina o‘chiradi.

1.4-rasmda shikastlangan qismlarni tanlab o‘chirishga misollar keltirilgan. K_1 nuqtada qisqa tutashuv yuz berganda shikastlangan liniyani qisqa tutashuvga yaqin bo‘lgani uchun, B_b o‘chirgich o‘chiradi. Bunda qolgan hamma iste‘molchilar (shikastlangan liniyadan tashqari) ishlab turadilar.



1.4-rasm. Elektr tizimidagi qisqa tutashuvda shikastlangan qismlarni tanlab o‘chirilishi

K_2 nuqtadagi qisqa tutashuvni tanlovchanlik shartiga asosan B_{A1} va B_{B1} o‘chirgichlar o‘chirishi kerak.

Shu misoldan ko‘rinib turibdiki, agar nimstansiya bilan bir necha liniyalar ulangan bo‘lsa, u holda bir liniyadagi (L1) qisqa tutashuvni tanlab o‘chirish, bu nimstansiyasini boshqa liniya (L2) orqali tarmoq bilan ulanishini saqlab qoladi va iste‘molchilarning uzluksiz energiya ta‘minotiga sharoit yaratiladi.

Shunday qilib, tanlovchanlik talabi iste‘molchilarni uzluksiz energiya bilan ta‘minlashning asosiy sharti bo‘lib xizmat qiladi.

b) tezkorlik (tezlik bilan o‘chirish). Elektr uskunalari buzilish darajasini kamaytirish uchun qisqa tutashuvni mumkin qadar katta tezlikda, qisqa vaqtda o‘chirish kerak. Masalan,

300-500 kV li EULda o‘chirish vaqti 0,1-0,12 s.

110-220 kV li EULda o‘chirish vaqti 0,15-0,3 s.

6-10 kV li EULda o‘chirish vaqti 1,5-3 s ni tashkil etadi.

EUQ (elektr uskunalari qoidalari)da ko‘rsatilishicha, agar qoldiq kuchlanish normadan 60 % kam bo‘lsa, u holda turg‘unlikni saqlash uchun shikastlanish tez o‘chiruvchi releli himoya yordamida bajari-lishi kerak.

Shikastlanishni to‘liq o‘chirish vaqti $t_{o'chirish}$ himoyani va o‘chirgichni ishlash vaqtidan iborat.

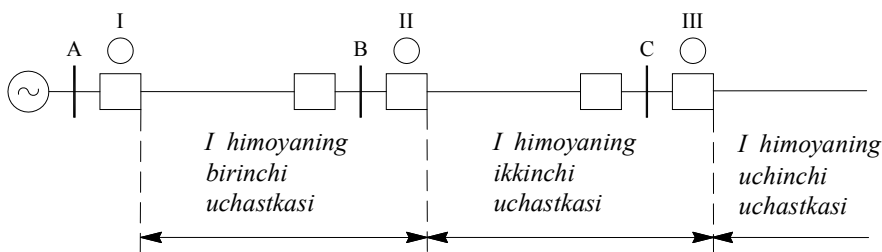
$$t_{o'chirish} = t_{himoya} + t_{o'chirgich}$$

Tezkor o‘chirgichlarning ishlash vaqti $t_{o'chirish}=0,15+0,06$ s ni tash-ki etadi. Tezkor va tanlovchan himoyalarni sozlash juda muhim bo‘lib, bu releli himoyaning asosiy masalasidir.

d) sezgirlik.

Himoya qisqa tutashuv paytida o‘zgarishlarni sezishi uchun o‘rnatilgan zonalarda aniq bir sezgirlikka ega bo‘lishi kerak.

I himoya (masalan: 1.5-rasm) AB uchastkadagi shikastlanishlarni o‘chirishi kerak (birinchi himoyaning birinchi uchastkasi) va bundan tashqari BC uchastkada qisqa tutashuv bo‘lganda, *II* himoya ishla-masa, ma‘lum vaqtdan so‘ng ishlashi kerak. Birinchi himoyaning *II* uchastkadagi shikastlanishga ta‘sir javobi uzoqdan zaxiralash deyiladi. Keyingi himoyaning uchastkasini zaxiralashi muhim talablardan biri-dir.



1.5-rasm. Himoyasining ta‘sir zonalar.

1.5-rasmdagi 1-himoyaning *III* uchastkasida qisqa tutashuv bo‘lgan-da, ishlashi talab qilinmaydi, chunki *III* uchastkani himoyasi yoki o‘chirgichi ishlamay qolganda 2-himoya ishlashi kerak. Birdaniga 2 ta himoyaning (2 ta uchastkadagi) ishlamay qolishi kam ehtimolga ega, shuning uchun bunday hollar hisobga olinmaydi.

Ma'lum bir tur himoyalar ishlash prinsiplariga ko'ra o'z ta'sir zonasidan (asosiy uchastkasidan) tashqarida ishlamaydilar. Bu himoyalarning sezgirligi I uchastkada to'la ta'minlanishi zarur. II uchastkani himoyasini zaxiralash uchun bunday hollarda zaxira (qo'shimcha) himoya qo'llaniladi.

Himoyalarning sezgirligi shu darajada bo'lishligi kerakki, ular tizimlarning minimal rejimlaridagi qisqa tutashuvlarda ham ishlashlari kerak, chunki bu hollarda ham tokning qiymati juda katta bo'ladi.

Himoyaning sezgirligi sezgirlik koeffitsiyenti bilan xarakterlanadi. Qisqa tutashuv tokini sezuvchi himoyalar uchun sezgirlik koeffitsiyenti:

$$K_{sez} = \frac{I_{k.t.min}}{I_{x.i}}$$

$I_{q.t.min}$ – minimal rejimdagi qisqa tutashuv toki;

$I_{h.i}$ – himoya ishlashi uchun yetarli bo'lgan tok miqdori.

e) ishonchlilik.

Himoyaning ishonchliligi sxemaning soddaligiga, unda o'rnatilgan relelar va ularning kontaktlari soniga, yig'ish va bajarilish sifatiga, yig'ish materiallariga va xizmat ko'rsatishiga bog'liq. Murakkab sxemalar o'zlari shikastlanishga sabab bo'lishi mumkin.

Nazorat savollari

1. *Shikastlanish va nonormal holatlarning sabablari nimada?*
2. *Qisqa tutashuv turlarini keltiring.*
3. *Rele himoyasiga qanday talablar qo'yiladi?*
4. *Himoyaning tanlovchanligi nima?*
5. *Himoyaning sezgirligi qanday aniqlanadi?*

II bob. RELELI HIMOYA ELEMENTLARI

2.1. Rele va ularning turlari

Odatda, releli himoyaning qurilmalari bir necha ma'lum bir sxema bo'yicha ulangan relelardan iborat bo'ladi.

Rele bu avtomatik qurilma bo'lib, ma'lum bir ta'sir etuvchi kattalikni qiymatida harakatga keladi yoki ishlaydi.

Rele texnikasida kontaktli (elektromexanik) va kontaktsiz (yarim o'tkazgichli yoki ferromagnit elementli) relelar qo'llaniladi.

1-tur relelar ishlagan paytda kontaktlar ulanadi yoki uziladi.

2-tur relelar ishlagan paytda kiruvchi kattalikning ma'lum qiymatida chiqish kattaligi (masalan, kuchlanish) sakrab o'zgaradi.

Har bir himoya qurilmasi va uning sxemasi ikki qismga bo'linadi:

- ta'sir javob beruvchi (reaksiya ko'rsatuvchi);
- mantiq (logik).

Ta'sir javob beruvchi (yoki o'lchovchi) qism bosh qism bo'lib, u asosiy relelardan iborat bo'ladi. Bu relelar himoya qilinuvchi element to'g'risidagi axborot va xabarlarini doimo qabul qilib turadi va shikastlanish, nonormal rejimda himoyaning mantiq qismiga mos keluvchi axborot uzatib beradi.

Mantiq qism (amalga oshiradigan qism) yordamchi qism bo'lib, u ta'sir javob beradigan qismdan olgan axborotni qabul qiladi, agar bu axborotlar ketma-ketligi berilgan programmaga mos bo'lsa, oldindan ko'zlangan amallarni bajaradi va o'chirgich boshqaruviga impuls beradi.

Mantiq qism elektromexanik rele yoki elektron lampali (yarim o'tkazgichli) sxema yordamida tayyorlanadi. Yuqoridagilar asosida aytish mumkinki, relelar asosiy (shikastlanishga ta'sir javob beruvchi) va yordamchi (asosiy relening axboroti ostida va sxemalarning mantiq qismida ishlovchi) guruhlariga bo'linadi.

Qisqa tutashuvni va shikastlanishlarning belgilari bo'lib I tokning oshib ketishi, U kuchlanishning kamayib ketishi va himoya qilinayotgan qism Z qarshiligining kamayib ketishi hisoblanadi, chunki liniya uchun

$$Z = \frac{U}{I}$$

Shunga asosan himoyalarda ta'sir javob beruvchi rele sifatida tok

relelari (tokning kattaligiga qarab ta'sir javob beruvchi), kuchlanish relelari (kuchlanishning kattaligiga qarab ta'sir javob beruvchi) va qarshilik relelari (qarshilikning o'zgarishiga qarab ta'sir qiluvchi) qo'llaniladi.

Agar rele biror kattalikning oshishiga ta'sir javob bersa, bu rele maksimal rele deyiladi. Agar rele kattalikni kamayishiga ta'sir javob bersa, bu rele minimal rele deyiladi.

Nonormal rejimlardan himoya qilish uchun ham tok va kuchlanish relelari ishlatiladi. Tok relelari o'ta yuklanish sodir bo'lgan holdalarda, kuchlanish relelari esa, elektr tizimlarida kuchlanish xavfli darajada oshib yoki kamayib ketganda ishlab ketadi. Bulardan tashqari, maxsus relelardan bo'lgan chastota relelari va issiqlik relelari nonormal rejimlarda ta'sir javob berish uchun ishlatiladi.

Yordamchi relelar qatoriga vaqt relelari, ko'rsatkich relelar, oraliq relelari kiradi. Vaqt relelari himoyaning harakatini sekinlashtiradi, ko'rsatkich relelari esa himoya elementlari harakatidan xabar beradi va qayd qiladi, oraliq relelar himoya elementlarini o'zaro bog'laydi va asosiy relening uzatayotgan xabarini o'chirgichga yetkazadi.

Har bir releni ikki qismga ajratish mumkin: qabul qiluvchi va bajaruvchi organlar. Qabul qiluvchi organning vazifasi relega kelayotgan elektr kattaligini o'zgarishini qayd qilish va shunga mos bo'lgan o'zgarishlarni boshqa relelarda amalga oshirishdan iborat. Bajaruvchi organning vazifasi tashqi zanjirlarga ta'sir qilishdan, o'chirgichni o'chirishdan, boshqa relelarni ishga tushirish yoki ularga xabar berishdan iborat.

2.2. Rele va himoya elementlarini chizmalarda tasvirlash usullari

Rele va himoya elementlarini chizmalarda tasvirlashning ikki prinsipial usullari mavjud.

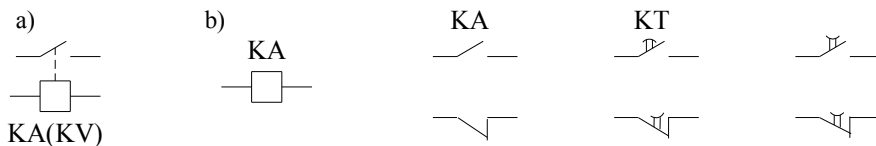
Birinchi usul bo'yicha rele birlashgan holda, ya'ni chulg'am to'g'ri burchakli to'rtburchak shaklida tasvirlanadi, relening kontaktlari yuqori qismda ko'rsatiladi (2.1- a rasm).

Belgining pastki qismida relening chulg'ami va rele tipining bosh harflari yoziladi; ya'ni:

Tok relesi – KA, kuchlanish relesi – KV, vaqt relesi – KT, oraliq, relesi – KL va ko'rsatkich relesi – KH.

Ikkinchi usul bo'yicha rele himoyasi yoyilgan holda ko'rsatiladi

(2.1-rasm). Relening chulgʻami va kontakti chizmaning har xil qismlarida joylashadilar va mos keluvchi harflar bilan belgilanadi. Yoyilgan tasvirlash murakkab sxemalarni oʻqishni osonlashtiradi.



2.1-rasm. Relelarning prinsipial chizmalardagi shartli tasvirlari.

2.3. Relening ulanish usullari

Relening chulgʻami elektr tarmoqqa (tok va kuchlanishga) toʻgʻridan toʻgʻri yoki tok va kuchlanish transformatorlari orqali ulanishi mumkin. Birinchi tur relelar birlamchi, ikkinchi tur esa ikkilamchi relelar deyiladi.

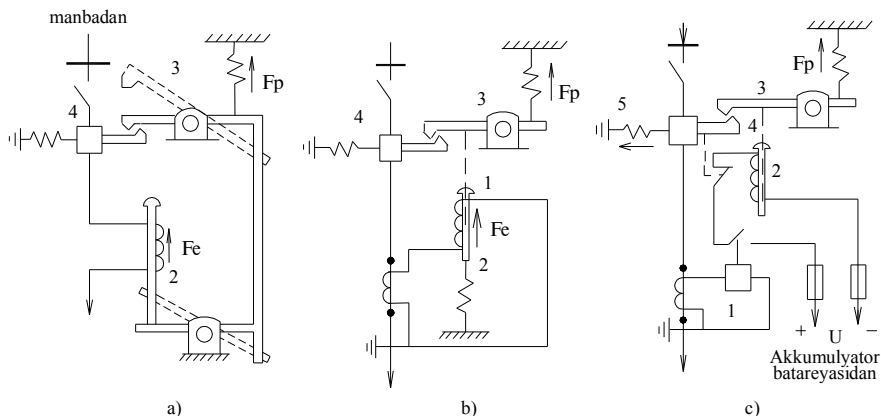
Ikkilamchi relelar koʻproq qoʻllaniladi. Buning sababi shundaki, ular yuqori kuchlanishdan izolyatsiyalanganlar, himoya qiluvchi elementdan uzoq masofada joylashadilar, xizmat koʻrsatish uchun qulay va maʼlum bir nominal tok (1 yoki 5 A) va kuchlanish (100 V)ga moʻljallanadilar. Bunda himoyalananayotgan elementning birlamchi toki yoki kuchlanishiga bogʻliqlik yoʻq.

Birlamchi relening afzalligi shuki, ularda oʻlchov transformatorlari, operativ tok manbalari ishlatilmaydi. Ular kichik quvvatli elektr motorlarida, transformatorlarda va liniyalarda keng qoʻllanadi.

2.4. Himoyaning oʻchirgichga taʼsir qilish usullari

Himoya oʻchirgichga toʻgʻridan toʻgʻri (bevosita) va bilvosita taʼsir koʻrsatishi mumkin (2.2-rasm).

Rele 1 ishlagan paytda, yaʼni rele chulgʻaming elektromagnit kuchi F_e prujinaning tortish kuchidan katta boʻlganda, uning qoʻzgʻaluvchi qismi 2 oʻchirgichning bir-biridan ajratuvchi richagi 3 ga toʻgʻridan toʻgʻri taʼsir qiladi. Shundan keyin oʻchirgich prujina 4 harakati yordamida oʻchiriladi. Bevosita taʼsir qilish relelari oʻchirgichning yuritmasiga oʻrnatiladi. Shuning uchun bu relelar oʻrnatilgan rele deyiladi.



2.2-rasm. **Bevosita (a, b) va bilvosita (c) ta'sir ko'rsatuvchi relelar.**

2.2- c rasmda bilvosita ta'sir ko'rsatuvchi ikkilamchi releli himoya sxemasi tasvirlangan.

Rele 1 ishlagan paytda uning kontakti elektromagnit 2 chulg'amini ulaydi. Bu chulg'am o'chirgichning o'chirish chulg'ami deyiladi. Maxsus manbaning qisqichlaridan olinuvchi kuchlanish ta'siri ostida o'chiruvchi chulg'amda tok paydo bo'ladi. O'chirish chulg'ami 2 dan tok oqqan paytda o'zak 3 prujinaning F_p halqa 4 ni qo'yib yuboradi. Buning natijasida prujina 5 harakati yordamida o'chirgich o'chadi. O'chirgich o'chgandan keyin rele chulg'amidagi tok yo'qoladi va rele kontakti ajraladi. Ularni ishini yengillatish uchun yordamchi blok-kontakt BK ishlatiladi. O'chirgich o'chgandan keyin BK o'chirish chulg'am zanjirini operativ manbadan uzib qo'yadi. 2.2- c rasmda ko'rsatilgan sxemadan ko'rinadiki, bilvosita harakatlanuvchi releli himoya uchun yordamchi kuchlanish manbai – operativ tok manbai kerak. Bevosita harakatlanuvchi releli himoyaga operativ tok manbai zarur emas, lekin bu himoyaning relelari o'chirgich mexanizmini ajratish yoki qo'shish uchun katta kuch bilan ta'sir qilishlari kerak. Shuning uchun bevosita harakatlanuvchi relelar aniq bo'lmaydilar va katta quvvat talab qiladilar.

Bilvosita harakatlanuvchi relelarning ta'sir kuchi kichik bo'lishi mumkin, shuning uchun ular katta aniqlik va kam quvvat sarf qiladi. Ko'p releli himoyalarda o'zaro aloqa operativ tok orqali olib boriladi, chunki bu mexanik yo'lga nisbatan oson va soddadir.

Xulosa qilish mumkinki, ikkilamchi bilvosita ta'sir qiluvchi relelar himoyada keng tarqalgan va ko'p qo'llaniladi.

3, 6, 10 kV kuchlanishli elektr liniyalarida bevosita ta'sir qiluvchi tok relelari ham keng qo'llanadi.

Nazorat savollari

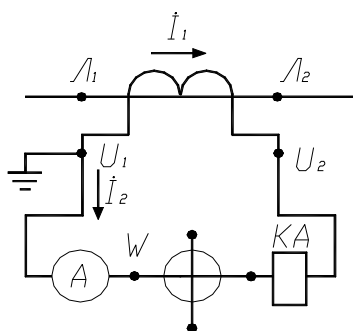
- 1. Asosiy relelarni ta'riflang.*
- 2. Qanday relelar yordamchi hisoblanadi?*
- 3. Bevosita ulanuvchi relelar sxemasi haqida tushuntiring.*
- 4. Bilvosita ulanuvchi relelarni qayerda qo'llash mumkin?*

III bob. RELELI HIMOYADA TOK VA KUCHLANISH TRANSFORMATORLARI

3.1. Tok transformatorining vazifasi

Tok transformatorlari (TA) o'lchov asboblari va himoya apparatlarini yuqori kuchlanish zanjiridan izolyatsiya qilish uchun va himoya zanjirini tarmoqdagi tok bilan ta'minlash uchun qo'llaniladi.

Tok transformatori nazorat qilinayotgan zanjirga xuddi ampermetr ulagandek, ketma-ket ulanadi (3.1-rasm). Ikkilamchi chulg'amlariga ampermetr, o'lchov asboblarning va himoya apparatlarining tok zanjirlari ulanadi.



3.1-rasm. TA ning tarmoqqa ulanishi.

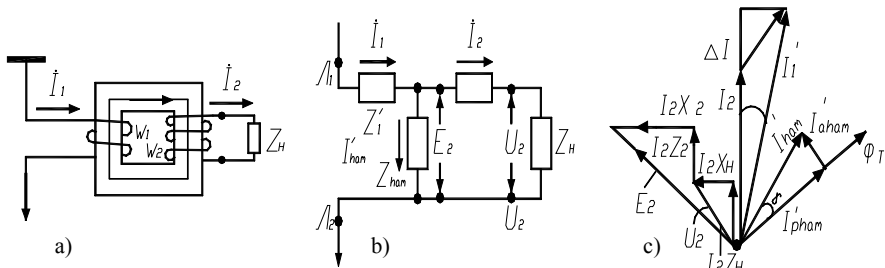
magnit oqimi F_t hosil qilgan $I_{mag}W_1$ ga teng.

$$I_1 \cdot W_1 + I_2 \cdot W_2 = I_{mag} \cdot W_1$$

Magnitlovchi tok $I_{mag} = 0$ bo'lganda, ikkilamchi tok $I_2 = I_1/n_t$ ga teng, bu yerda: $n_T = W_2/W_1$ – tok transformatori chulg'amlarining soni nisbati bo'yicha aniqlangan transformatsiya koeffitsiyenti.

Shunday qilib, magnitlovchi tok hisobga olinmaganda, tok transformatorlari ideal, xatosiz ishlaydi. Bunda uning ikkilamchi toki birlamchi tokining transformatsiya koeffitsiyenti n_t bo'linganiga teng va ikkilamchi tok birlamchi tokdan 180° ga faza bo'yicha farq qiladi.

Haqiqiy magnitlovchi tok hech qachon nolga teng bo'lmaydi. Buni hisobga olgan holda ikkilamchi tok quyidagicha topiladi:



3.2-rasm. Tok transformatorining tuzilishi (a), almashtirish sxemasi (b) va vektor diagrammasi (c).

$$I_2 = (-I_1 + I_{mag}) \frac{W_1}{W_2} = -\left(\frac{I}{n_T} - \frac{I_{mag}}{n_T}\right).$$

Bu formuladan kelib chiqadiki, haqiqiy ikkilamchi tok hisoblab topilgan qiymatdan farq qiladi. Bu farq I_{mag}/n_T ga teng. I_{mag} magnitlovchi tok ikkilamchi tokning miqdorini va fazasini o'zgartiradi.

Shunday qilib, magnitlovchi tokning ishtirok etganligi tufayli tok transformatorining ikkilamchi chulg'amiga birlamchi tokning faqat bir qismigina transformatsiyalanadi, ya'ni tok transformatorining ishida xatolik paydo bo'ladi.

Almashtirish sxemasida birlamchi va ikkilamchi chulg'am orasidagi magnit bog'lanish elektr bog'lanish bilan almashtirilgan va birlamchi tomonning barcha kattaliklari ikkilamchi chulg'amlar soniga keltirilgan.

Tok kattaligining xatosi ikkilamchi tokning qiymatiga asosan foizda o'lchanadi.

$$f_i = \frac{\Delta I}{I_1} \cdot 100\% = \frac{I_1 - I_2}{I_1} \cdot 100\%$$

δ burchak bo'yicha xatoliklar (3.2- c rasm) gradus va minutlarda o'lchanadi.

Tok transformatorlarning magnitlovchi toklari qancha katta bo'lsa, uning xatosi ham shuncha katta bo'ladi. Natijada katta xatoliklar releli himoya qurilmalarining xato ishlashiga olib keladi. Shuning uchun tok transformatorlarining xatoliklarini kamaytirish muhim va buning uchun tok transformatorlarida magnitlovchi toklarni kamaytirish kerak.

Magnitlovchi tokni kamaytirishga ta'sir qiluvchi parametrlar

Magnitlovchi tokni aktiv qismi I_{amag} ni kamaytirish uchun tok transformatorining magnit o'zaki shixtlangan po'latdan tayyorlanadi. Bunda quvvat yo'qolishi kam bo'ladi. Reaktiv qismi esa quyidagicha

$$I_{rmag} = \frac{\Phi_T \cdot R_t}{W_1}$$

Tok transformatorining ishlash asosidan kelib chiqadiki, magnit oqimi Φ_T shunday qiymatga ega bo'lishi kerakki, bunda ikkilamchi E.Yu.K. E_2 ikkilamchi chulg'amda yuz berayotgan kuchlanish tushishini kompensatsiyalash uchun yetarli bo'lishi kerak.

Magnitlash tokining kattaligiga tok transformatorining konstruktiv parametrlari katta ta'sir qiladi.

Ushbu formuladan ko'rinib turibdiki, I_{rmagn} ni kamaytirish uchun magnit qarshilik R_m ni kamaytirish va birlamchi chulg'amlar sonini W_1 oshirish kerak.

Tok transformatorlarining xatoligi qisqa tutashuvning boshlang'ich vaqtida keskin ortadi, chunki bunda birlamchi tokda aperiodik tashkil qiluvchilar ishtirok etadi. Bu holni tez ta'sir qiluvchi himoyalarni hisoblashda e'tiborga olish kerak.

3.2. Tok transformatorlarining aniqlik darajasi

Tok transformatorlari aniqlik darajasiga asosan guruhlariga (klass) bo'linadi. Har bir daraja ruxsat berilgan xatolik kattaliklari bilan xarakterlanadi. Bu xatoliklar o'lchov uskunalarining aniq ishlashiga ta'sir qiladi.

Sanoat qurilmalari uchun 0,5; 1; 3 va D xatolik darajalariga mos tok transformatorlari tayyorlanadi.

D darajali tok transformatorlari differensial himoyalar uchun mo'ljallangan va ularning xatoliklari nominal tokda normalangan. Tok transformatorlarining ma'lum bir darajadagi xatoliklar bilan ishlashlari nominal tokdan 120 %ga farq qiladi.

Odatda nominal quvvat nominal ikkilamchi tok (5 yoki 1 A) yoki ikkilamchi yukning qarshiligi xarakterlanadi.

Tajribalar va nazariy tahlil asosida aytish mumkinki, ko'pchilik himoyalarda tok bo'yicha 10 %gacha, burchak bo'yicha 7° xatolikka ruxsat beriladi.

3.3. Tok transformatorlari chulgʻamlarining belgilanishi

Tok transformatorlarini ishlab chiqarish paytida ularning birlamchi va ikkilamchi chulgʻamlarining chiqishlari shunday belgilanadiki, bunda birlamchi tokning yoʻnalishi boʻyicha ikkilamchi tokning yoʻnalishini aniqlash mumkin boʻladi.

Birlamchi chulgʻamning chiqishlari ixtiyoriy belgilanishi mumkin: ulardan biri boshlanishi (L_1), ikkinchisi esa chulgʻamning oxiri (L_2) deb hisoblash mumkin. Ikkilamchi chulgʻamning boshi va oxiri U_1 va U_2 qilib belgilanadi (3.1-rasm).

Chiqishlarini belgilanishidan foydalanib, quvvat yoʻnalishi relelari, vattmetrlar va shu kabi asboblarning chulgʻamlarini va tok transformatorlarning ikkilamchi chulgʻamlarini berilgan sxema boʻyicha ulash ishlari olib boriladi. Rasmda bir xil shaklli sxemalardagi belgilanishlar berilgan.

3.2-rasmda ikkilamchi tokning yoʻnalishi va chiqishlarining birlamchi tok doimo L_1 dan L_2 ga yoʻnalganda hamda birlamchi va ikkilamchi chulgʻamlarning bir xil va har xil oʻralgandagi holatda koʻrsatilgan. Oqim F_1 ning yoʻnalishi va ikkilamchi tokning yoʻnalishi parma qoidasi asosida aniqlanadi.

3.4. Tok transformatorlarining ulanish sxemalari

a) tipik sxemalar va ularning tahlili.

Releli himoya qurilmalarining liniya toki bilan taʼminlanishi quyida keltirilgan tok transformatorlari va rele chulgʻamlarini ulashning tipik ulanish sxemalari asosida amalga oshiriladi. Har bir keltirilgan sxemadagi relening ishlashi va xatti-harakati normal va nonormal holatlarida ikkilamchi zanjirdagi tokning tarqalish xarakteriga bogʻliq. Sxemalarda tokni tarqalishini aniqlash uchun avvalambor koʻrilayotgan qisqa tutashuvda birlamchi toklarning haqiqiy qiymatlarining musbat yoʻnalishlari koʻrsatiladi, keyin esa har bir tok transformatorlaridagi toklarning yoʻnalishini koʻrsatkichlari (strelkalari) chiziladi, bu yoʻnalish koʻrsatkichlari birlamchi tokning oʻtishiga bogʻliq. Eng oxirida tok transformatorining ikkilamchi tokini oʻtish yoʻli koʻrsatiladi. Agar sxemaning biror elementida (oʻtkazgich va rele chulgʻamida) har xil fazalarning ikkilamchi toklari qoʻshilayotgan yoki ayrilayotgan boʻlsa, bunda natijaviy elementdagi tok fazaviy siljishlarini hisobga olgan holda mos keluvchi faza toklarining vektorlarini geometrik qoʻshish yoki ayirish natajasida topiladi.

Har bir sxema uchun reledagi tok I_R ning fazadagi tok I_F ga nisbatini topish mumkin. Bu nisbat sxema koeffitsiyenti deyiladi:

$$K_{SX} = \frac{I_R}{I_F}$$

Bu koeffitsiyent himoyani sezgirligini baholashda va ustavka toklarini hisoblashda ishlatiladi.

Quyida asosiy tipik sxemalardagi toklarning tarqalishi va ularning ishlatilish joylariga doir ma'lumotlar keltirilgan.

b) tok transformatorlari va rele chulg'amlarini to'liq yulduz sxemasi bo'yicha ulanishi.

Bu sxemada tok transformatorlari hamma fazalarga o'rnatiladi. Tok transformatorlarining ikkilamchi chulg'amlari va relening chulg'amlari yulduz ko'rinishida ulanadi va ularning nol nuqtalari, nolinchi liniya deb ataluvchi sim bilan ulanadi (3.3-rasm).

Nol nuqtaga tok transformatorlarining bir xil nomli chiqishlari ulanadi.

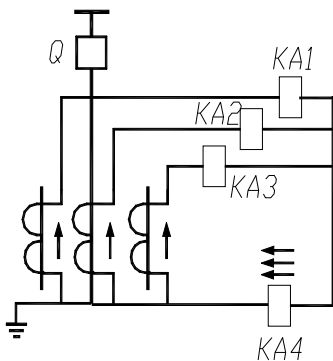
Normal holat va uch fazali qisqa tutashuvlarda. $KA1$, $KA2$ va $KA3$ relelardan faza toklari oqadi.

Nol liniya simidan esa ularning geometrik yig'indisi oqadi:

$$I_{N.T.S} = (I_A + I_B + I_C)$$

$I_{N.T.S} = I_0$ simmetrik rejimida nolga teng bo'ladi. (3.4- a rasm)

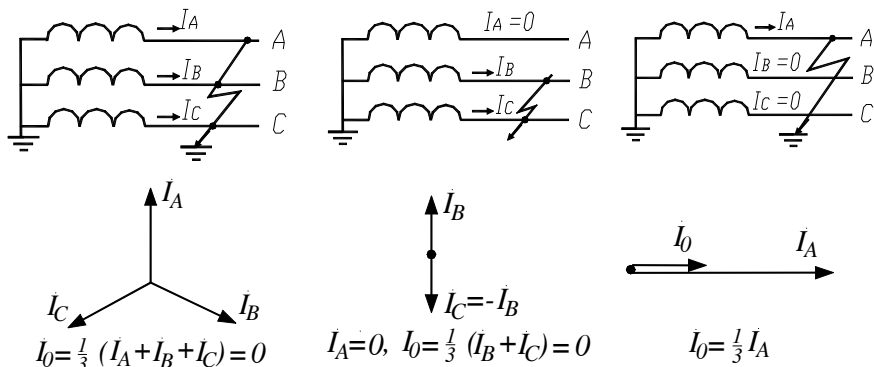
Ikki fazali Q.T.da Q.T. toki ikkita shikastlangan fazalarga ulangan tok transformatorlari va ularga mos keluvchi relelardan oqib o'tadi.



3.3-rasm. Tok transformatorlari va rele chulg'amlarini to'liq yulduz sxemasi.

Shikastlanmagan fazadan tok oqmaydi.

Kirxgof qonuniga asosan tugundagi toklar yig'indisi nolga teng, shuning uchun $\dot{I}_A + \dot{I}_B = 0$, bu yerda: $I_C = -I_B$. Buni hisobga olgan holda, vektor diagrammada $I_B + I_C = 0$. I_B va I_C toklar bir-birlaridan 180° ga burilgan holda ko'rsatilgan (3.4- b rasm).



3.4-rasm. Qisqa tutashuv turlari va toklarning vektor diagrammasi:
a – 3 fazali, b – 2 fazali va c – 1 fazali Q.T.

Shuning uchun nol simga ulangan $K44$ rele fazalararo Q.T.ga ta'sir javob bermaydi va bu yulduz sxemaning muhim xususiyatlaridan biridir.

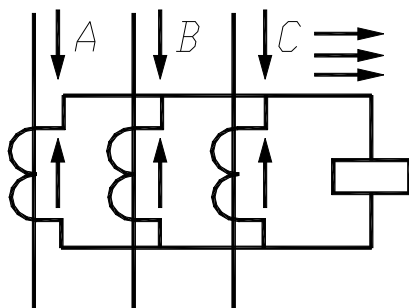
Bir fazali qisqa tutashuv paytida birlamchi qisqa tutashuv toki faqat shikastlangan fazada oqadi (3.4- c rasm). Unga mos keladigan ikkilamchi tok ham faqat bir reledan nol sim orqali o'tadi.

Ko'rib o'tilgan sxemada fazalarga o'rnatilgan relelar hamma tur qisqa tutashuvlarga ta'sir javob beradi, nol simdagi rele esa faqat yer orqali bo'lgan qisqa tutashuvlarga ta'sir javob beradi.

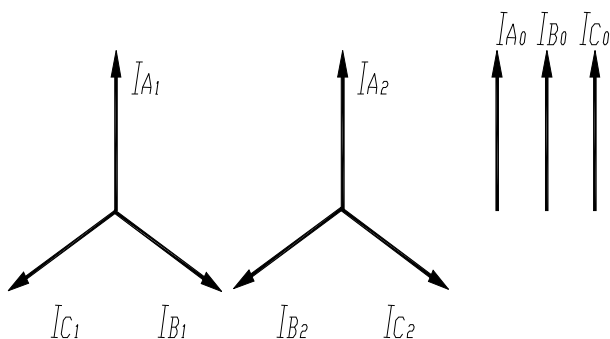
Yulduz sxema bo'yicha ulanish hamma tur qisqa tutashuvlarga o'rnatilgan himoyalarda qo'llaniladi. Reledagi tok fazadagi tokka teng. Shuning uchun sxema koeffitsiyenti $K_{cx}=1$.

Yulduz sxemasi bo'yicha tokning nol ketma-ketlik filtriga ulash mumkin (3.5-rasm). To'g'ri va teskari ketma-ketlik toklari nol simdan o'tmaydi, chunki bu sxemadagi vektorlarining yig'indisi nolga teng (3.6-rasm).

Nol ketma-ketlik toklari faza bo'yicha mos keladilar va shuning uchun nol simda bu tokning uch barobar qiymati oqadi $I_{N.T.S.}=3I_0$



3.5-rasm. Nol ketma-ketlik filtrlı sxemasi.



3.6-rasm. To'g'ri, teskari va nol ketma-ketlik toklarining diagrammalari.

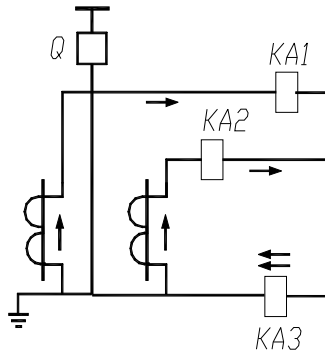
d) tok transformatorlarining va rele chulg'amlarini to'liq bo'lmagan yulduz sxemasida ulanishi.

Tok transformatorlari 3.7-rasmda ko'rsatilgandek qilib ikki fazaga ulanadi. $KA1$ va $KA2$ relalardan mos faza toklari oqadi, $KA3$ dan esa bu toklarning geometrik yig'indisiga teng tok oqadi.

To'liq bo'lmagan yulduz sxema faqat B fazadagi bir fazali qisqa tutashuvigagina javob bera olmaydi va shuning uchun u fazalararo shikastlanishning barcha turlaridan himoya uchun ishlatiladi. Sxema koeffitsiyenti $K_{sx}=1$.

e) tok transformatorlarining uchburchakka ulangan chulg'amlariga releni yulduz sxemasini ulash.

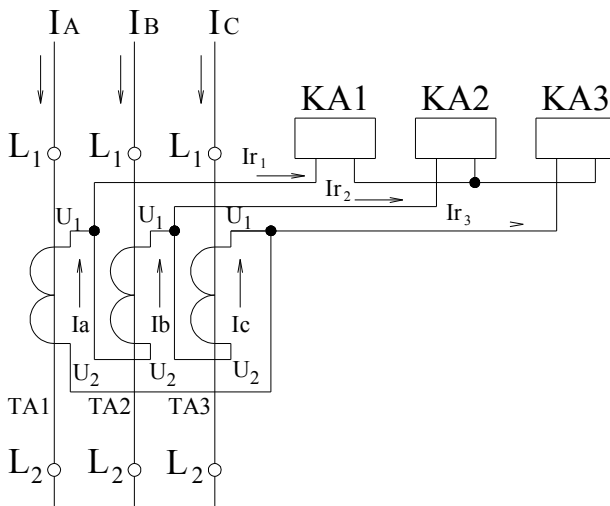
Tok transformatorlarini har xil nomli ikkilamchi chulg'amlarini ketma-ket ulanishlaridan uchburchak hosil bo'ladi (3.8-rasm).



3.7-rasm. To‘liq bo‘lmagan yulduz sxema.

Yulduz sxema bo‘yicha ulangan relelar uchburchakning uchlariga ulanadi. 3.8-rasmda berilgan toklarning tarqalishidan ko‘rinib turibdiki, har bir rele dan ikkita faza toklarining geometrik farqlariga teng bo‘lgan tok oqadi:

$$I_{r1} = \frac{I_A}{n_T} - \frac{I_B}{n_T}; \quad I_{r2} = \frac{I_B}{n_T} - \frac{I_C}{n_T}; \quad I_{r3} = \frac{I_C}{n_T} - \frac{I_A}{n_T}.$$



3.8-rasm. Tok transformatorlarining uchburchakka ulangan chulg‘amlariga releni yulduz sxemasini ulash.

Bu formulalar asosida reledan oqadigan tok I_{r1} , I_{r2} va I_{r3} ni har xil qisqa tutashuvlarda topish mumkin.

Tok transformatorlarining ikkilamchi chulg'amini uchburchak sxema bo'yicha ulanishi quyidagi xususiyatlarga ega:

1. Reledan toklar hamma tur qisqa tutashuvlarda o'tadi va shuning natijasida bu sxema bo'yicha tuzilgan himoya hamma tur qisqa tutashuvlarga ta'sir javob beradi.

2. Reledagi tokning fazadagi tokka nisbati qisqa tutashuv turiga bog'liq.

3. Nol ketma-ketlik toklari tok transformatorlarining ikkilamchi chulg'amlari uchburchagidan chetga chiqmaydi.

Bundan kelib chiqadiki, yer orqali qisqa tutashuvlarda relega faqat to'g'ri va teskari ketma-ketlik toklari ta'sir etadi (oqadi) yoki qisqa tutashuv toklarining qismi oqadi (3.1-jadval).

Yuqorida ko'rilgan sxema asosan differensial va distansion (masofali) himoyalarda qo'llaniladi.

3.1-jadval

Q.T turi	Shikastlangan faza	Fazadagi toklar	Reledagi toklar		
			I I_A-I_B	II I_B-I_C	III I_C-I_A
ikki fazali	A, B	$I_B=-I_A; I_C=0$	$2I_A$	I_B	$-I_A$
	B, C	$I_C=-I_B; I_A=0$	$-I_B$	$2I_B$	I_C
	C, A	$I_B=0; I_A=-I_C$	I_A	$-I_C$	$2I_B$
bir fazali	A	$I_A=I_Q$	I_A	0	$-I_A$
	B	$I_B=I_Q$	$-I_B$	I_B	0
	C	$I_C=I_Q$	0	$-I_C$	I_C

Ko'rib o'tilgan sxema uchun uch fazali simmetrik rejimda reledagi tok fazadagi tokdan $\sqrt{3}$ marta katta, shunga asosan sxema koefitsiyenti:

$$K_{SX} = \frac{I_R}{I_F} = \frac{\sqrt{3}I_F}{I_F} = \sqrt{3}$$

d) ikki faza toki farqiga ulangan bit-ta releli sxema.

Tok transformatorlari ikkita fazaga ulanadilar (masalan, A va C) ularning ikkilamchi chulg'amlarining har xil nomli chiqishlari o'zaro birlashtirilib, unga parallel ravishda relening chulg'ami ulanadi.

Simmetrik yuk va uch fazali qisqa tutashuv paytida birlamchi va ikkilamchi toklarning oqishi 3.9-rasmda ko'r-satilgan.

3.9-rasmda ko'rsatilgan holdagi tok tarqalishidan ko'rinib turibdiki, birlamchi zanjirdan musbat I_A , I_B , I_C toklar oqqanda reledagi tok I_R ikki faza toki I_A va I_B ning geometrik farqiga teng bo'ladi, ya'ni

$$I_R = I_A - I_C$$

bu yerda:

$$I_A = \frac{I_A}{n_T},$$

$$I_C = \frac{I_C}{n_T}$$

Ko'riyatog'an sxema faqat fazalararo qisqa tutashuvdan himoyalardagina ishlatilishi mumkin. Sxema koeffitsiyenti simmetrik rejim-larda quyidagicha topiladi.

$$K_{sx} = \frac{I_R}{I_F} = \frac{\sqrt{3}I_F}{I_F} = \sqrt{3}$$

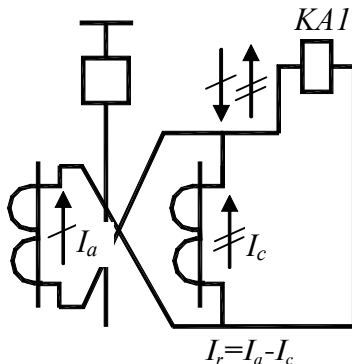
3.5. Tok transformatorlarining yuki

Tok transformatorlari xatoligi uning yuki miqdoriga teng.

Tok transformatorining ikkilamchi chulg'amidagi qarshilik quyidagicha topiladi:

$$Z_{yu} = U_2 / I_2,$$

bu yerda: U_2 va I_2 – ikkilamchi chulg'amning kuchlanishi va toki (3.2-a rasm).



3.9-rasm. Ikki faza toki farqiga ulash sxemasi.

Z_{yu} ni topish uchun U_2 kuchlanishni hisobga olish kerak, U_2 kuchlanish esa yuk qarshiligi Z_{yu} dan tok oqqandagi kuchlanishni tushuviga teng (3.2-rasm).

Yukning qarshiligi simning qarshiligi Z_S va relening qarshiligi Z_R lardan iborat: $Z_{yu} = Z_S + Z_R$, unda, $U_2 = I_2 \cdot Z_{yu}$ ning kattaligi tok transformatorlarini ulanish sxemalariga bog'liq. Z_{yu} ni kattaligi esa qisqa tutashuv turiga bog'liq.

Tok transformatori TA ning ikkilamchi chulg'amini uzish mumkin emas, chunki $I_2 = 0$ bo'lsa, hamma birlamchi tok magnetlovchi tokka aylanib qoladi. Bu esa oqim Φ_i ni oshishiga sabab bo'ladi, natijada katta oqimga proporsional E_2 hosil bo'ladi, uning qiymati 1,5 kV gacha yetadi, natijada izolyatsiya teshilishi mumkin, bu esa qisqa tutashuvga olib keladi. Katta oqim ta'sirida po'lat o'zak qizib, kengayib ketadi.

Ikkilamchi chulg'amdagi yukning miqdori tok transformatorining xatoligiga ta'sir etadi. Z_{yu} kam bo'lgani sari o'lchov aniqlashadi. Xulosa qilib aytganda, TA ning normal ish holati qisqa tutashuv rejimiga yaqin.

Tok transformatorlarining yukini kamaytirish uchun ikkita tok transformatorini ketma-ket ulash mumkin, ya'ni ular bir fazada o'rnatiladi va bir xil n_t transformatsiya koeffitsiyentiga ega bo'ladi.

3.6. Kuchlanish transformatorlari haqida umumiy ma'lumotlar

Kuchlanish transformatori (TV) quvvati kichik bo'lgan kuch transformatoriga o'xshash (3.10-rasm).

W_1/W_2 –birlamchi va ikkilamchi chulg'amlar sonining nisbati transformatsiya koeffitsiyenti deyiladi.

TV tarmoqqa parallel ulanadi. Ikkilamchi kuchlanish standart 100 V ga teng. TV chulg'amlari nol guruhiga mos ravishda ishlab chiqariladi, ya'ni yuqori va past kuchlanish vektorlarining orasidagi burchak nolga teng. TV ning ikkilamchi chulg'amiga voltmetr, o'lchov asboblarning va himoya apparatlarining kuchlanish zanjirlari ulanadi. Transformatsiyalash koeffitsiyenti shu nisbatga teng:

$$n_n = \frac{W_1}{W_2},$$

bu nisbat doimiy emas, chunki chulg'amlarda kuchlanish tushuvi mav-

jud, bu hol xatolikka olib keladi. Kuchlanish transformatorining ikkilamchi chulgʻamidagi kuchlanish:

$$U_2 = \frac{U_1}{n_n} - \Delta U$$

bu yerda: ΔU – chulgʻamlarda kuchlanish tushuvi;

$$\Delta U = I_2(Z'_1 + Z_2) + I'_{mag} \cdot Z'_1$$

I_2 – ikkilamchi chulgʻamdagi tok;

Z'_1 – birlamchi chulgʻamning ikkilamchi tomonga keltirilgan qarshiligi;

I'_{mag} – ikkilamchi tomonga keltirilgan magnetlovchi tok;

Z_2 – ikkilamchi chulgʻamning qarshiligi.

TV ning xatoligini kamaytirish uchun Z_2 , I'_{mag} , I_2 larni kamaytirish kerak. Kuchlanish boʻyicha xatolik quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta U\% = \frac{U_2 - U_1/n_n}{U_1/n_n} \cdot 100$$

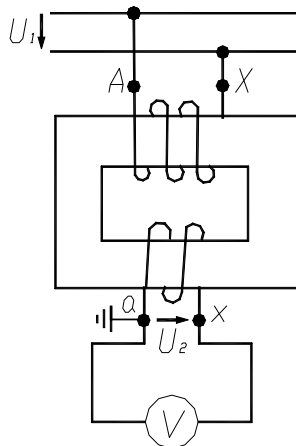
bu yerda: U_2 – haqiqiy ikkilamchi kuchlanish.

Kuchlanish transformatorlari aniqlik boʻyicha uchta darajaga boʻlinadi: 0,5; 1; 3. Ikkilamchi chulgʻamining yukiga bogʻliq ravishda TV har xil darajada ishlashi mumkin.

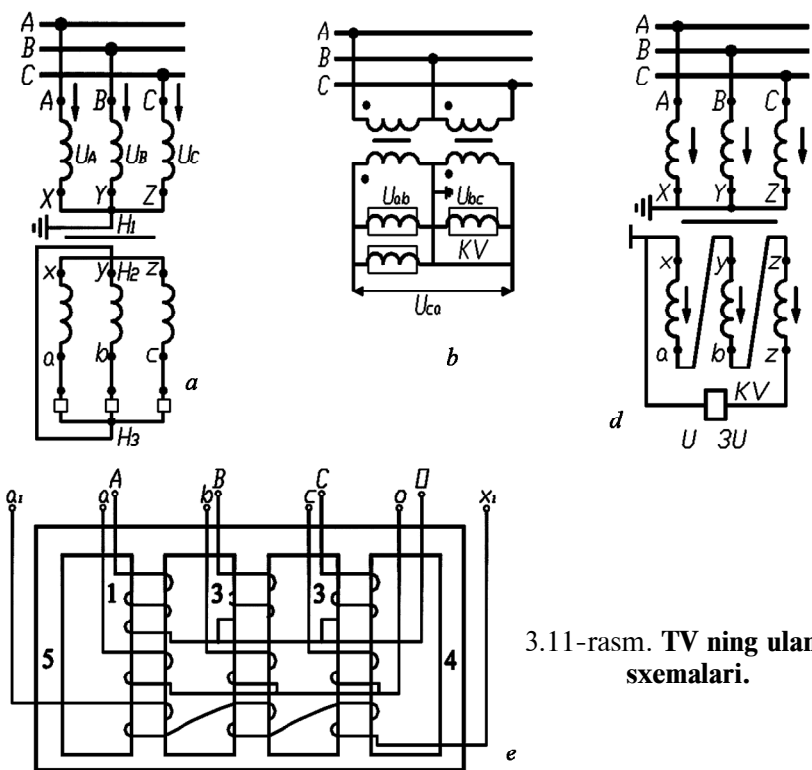
TVlarning bir necha ulanish usullari mavjud:

1. Yulduz usuli – bu sxema uchta bir fazali TV lar yoki bitta uch fazali beshta sterjenli TV yordamida yigʻiladi (4-, 5-sterjenlar nol ketma-ketlik oqimi uchun xizmat qiladi). Bu sxema yordamida fazalararo kuchlanishni, faza kuchlanishini va neytral nuqtaga nisbatan kuchlanishni oʻlchash mumkin (3.11- a, e rasm).

2. Kuchlanish transformatori TV chulgʻamini ochiq uchburchakka ulash – bu sxema ikkita bir fazali TV yordamida yigʻiladi. Ikkita fazalararo kuchlanishga ulanadi. Faza kuchlanishini oʻlchash mumkin emas (3.11- b rasm).



3.10-rasm. TV ni tarmoqqa ulanishi.



3.11-rasm. TV ning ulanish sxemalari.

3. Nol ketma-ketlik filtri – bu sxema uchta bir fazali TV lar yordamida yig‘iladi. Birlamchi chulg‘amlar neytrali yerga ulangan yulduz usulida, ikkilamchi chulg‘amlari ochiq uchburchakni tashkil qiladi. Fazalararo kuchlanishni va neytral nuqtaga nisbatan kuchlanishni o‘lchash mumkin (3.11- d rasm).

Nazorat savollari

1. Tok transformatori (TA) ning vazifasi nimadan iborat?
2. TA tarmoqqa qanday ulanadi?
3. TA ning ishlash prinsipini tushuntiring.
4. TA ning aniqlik darajasi nimaga bog‘liq?
5. TA ikkilamchi chulg‘ami va relening ulanish sxemalarining turlari.
6. Kuchlanish transformatorlarining (TV) vazifasi nimadan iborat?
7. TV ning ulanish usullarini keltiring.

IV bob. RELE QURILMALARINING ASOSLARI

4.1. Elektromexanik relelar

Releli himoya va elektr avtomatikasida elektromexanik relelar, yarim o'tkazgich uskunalari yordamida qurilgan relelar va to'yinuvchi magnet sistemali relelar keng ishlatiladi. Bulardan eng ko'p tarqalgani elektromexanik relelardir.

Elektromexanik relelar katta o'lchamga ega. Ular ulanadigan tok va kuchlanish transformatorlari bilan birgalikda ko'p quvvat iste'mol qiladi. Relelarning yarim o'tkazgich asosida qurilishi ularning parametr va xarakteristikalarini yaxshilashga olib keladi. Shuning uchun ular amalda borgan sari ko'proq qo'llanilmoqda.

Elektr kattaliklarga ta'sir javob beruvchi relelardan tashqari, bilvosita shikastlanish va nonormal rejimlarni xarakterlovchi noelektrik kattaliklarda ishlovchi relelar keng joriy etilmoqda.

Masalan, gaz yoki bosimning oshishiga ta'sir ko'rsatuvchi, moyli transformator va reaktorlarda qo'llaniluvchi, temperaturani sezuvchi relelar ko'p ishlatilmoqda.

Elektr kattaliklarga ta'sir javob beruvchi relelarni 2 guruhga bo'lish mumkin:

- bir elektr kattalikka (tok yoki kuchlanish) ta'sir javob beruvchi relelar;

- ikki elektr kattaliklarga (tok va kuchlanish, ikkita kuchlanish) ta'sir javob beruvchi relelar;

Birinchi guruhga tok va kuchlanish relelari, ikkinchi guruhga bir fazali quvvat va qarshilik relelari kiradi.

Elektromexanik relelar elektromagnit, induksion, elektrodinamik va magnitoelektrik prinsiplari asoslarida qurilishi mumkin. Sanoatda asosan, elektromagnit induksiya prinsipi asosida ishlovchi va hamma talablarga javob beruvchi relelar ishlab chiqarilmoqda.

Elektromexanik relelarning asosiy qismlari o'rni chulg'am va kontaktlardan iborat.

Relening kontaktlari himoya qurilmalarida tokning ishonchli uzilishi va qo'shilishini ta'min etishi kerak va shu bilan birga, bir necha marotaba harakatlanishga chidamli bo'lishi zarur.

Kontaktlarning qo'shib-uzilishi zanjirning qo'shilishi va uzilishini ta'minlovchi quvvat S_k bilan shartli ravishda xarakterlanadi. Quvvat S_k ning kattaligi operativ tok manbayi kuchlanishi U bilan

kontakt ruxsat beruvchi eng katta tok I_k ning ko‘paytmasi shaklida topiladi.

$$S_k = U I_k$$

Relening chulg‘amlari uni xarakterlovchi tok va kuchlanishning kattaligiga mos keladigan issiqlikka chidamli bo‘lishi kerak va shu bilan birga mos bo‘lgan iste‘mol qiluvchi quvvat $S_r = U_r I_r$ ga to‘g‘ri kelishi kerak.

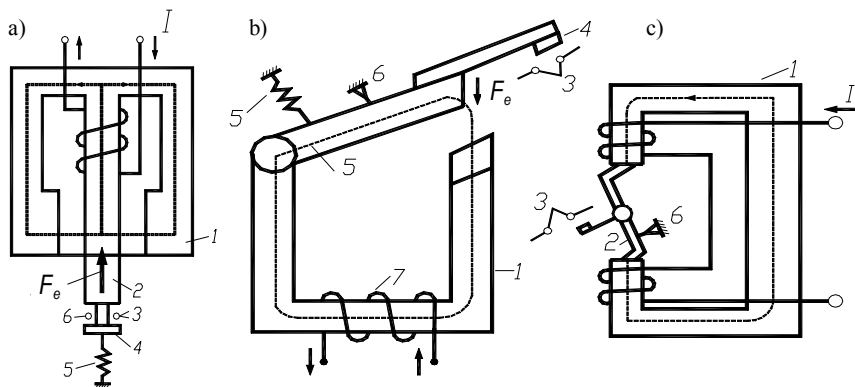
Iste‘mol qilinayotgan quvvat S_r relening qo‘zg‘aluvchi sistemasi harakatga keltiruvchi chulg‘ami magnitlovchi kuchining miqdoriga bog‘liq.

4.2. Elektromagnit relelar

A. Ishlash prinsipi. 4.1-rasmda elektromagnit relelarning asosiy uch xil turi berilgan.

Har bir rele o‘z ichiga elektromagnit 1 (o‘zak va chulg‘amdan iborat), ferromagnit materialdan yasalgan harakatlanuvchi yakor 2, harakatlanuvchi kontakt 3, harakatlanmaydigan kontakt 4 va teskari ta‘sir etuvchi prujina 5 ni oladi.

Elektromagnit chulg‘amidan oqayotgan tok I , magnitlovchi kuch (M.K.) I, W_r ni hosil qiladi. U kuch ta‘sirida elektromagnit o‘zakdan, havo oralig‘i va yakor orqali o‘tuvchi magnet oqim Φ hosil bo‘ladi. Bunda yakor magnitlanadi va elektromagnitning qutbiga tortiladi. Oxirgi



4.1-rasm. Elektromagnit relelarning konstruktiv turlari.

*a – tortiluvchi yakorli; b – buriluvchi yakorli;
c – ko‘ndalang harakat qiluvchi yakorli.*

holatigacha harakatlangan yakor bilan bog'langan qo'zg'aluvchi kontakt 4 qo'zg'almas kontakt 3 ga ulanadi. Yakorning boshlang'ich holati tayanch 6 bilan chegaralanadi.

Po'lat yakorni elektromagnitga tortuvchi elektromagnit kuch havo oraliqdagi magnit oqimining kvadratiga to'g'ri proporsional.

$$F_e = k\Phi^2$$

Magnit oqimi va uni hosil qiluvchi tok I_r quyidagicha bog'lanishga ega.

$$\Phi = \frac{I_r \cdot W_r}{R_M}$$

bu yerda: R_m – magnit oqimi Φ oqayotgan yo'lining magnit qarshiligi; W_r – rele chulg'amining o'ramlar soni.

Formulalarni o'rniga qo'yib quyidagini hosil qilamiz:

$$F_z = \frac{W_r^2}{R_M^2} I_r^2 = K' I_r^2.$$

Buriluvchi yakorli va ko'ndalang harakat qiluvchi yakorli relelarda (4.1- b, c rasm) elektromagnit kuch aylanish momentini hosil qiladi:

$$M_e = F_e l_p = K'' I_r^2.$$

bu yerda: l_p – F_e kuchning yelkasi.

K' va K'' koeffitsiyentlar R_m ga bog'liq.

Formulalardan ko'rinib turibdiki, tortuvchi kuch F_e yoki uning momenti M_e rele chulg'amidagi tok I_r ning kvadratiga to'g'ri proporsional va shuning uchun o'zgarmas yo'nalishga ega (ya'ni tokning yo'nalishiga bog'liq emas). Xulosa shuki, elektromagnit releni o'zgaruvchan va o'zgarmas tokda ishlaydigan qilib yasash mumkin.

B. Relening ishlash toki, qaytish toki va qaytish koeffitsiyenti.

Relening ishlashi uchun uning elektromagnit kuchi F_e yoki momenti M_e prujinaning qarshilik kuchi F_p , ishqalanish va og'irlik kuchi F_{ishq} lardan katta bo'lishi shart.

$$F_E = F_{EI} = F_p + F_{ISHQ} \text{ yoki } M_E = M_{EI} = M_p + M_{ISHQ}$$

Moment M_{ei} va kuch F_{ei} ning ma'lum bir qiymatiga relening ishlay boshlashi uchun zarur bo'lgan ma'lum bir I_r tok to'g'ri keladi.

Relening ishlash toki I_r deb ishga tushishi uchun zarur bo'lgan eng kichik tokka aytiladi.

$$I_r = I_{rU} = \frac{R_M}{W_r} \sqrt{Me}.$$

Relening ko'p tuzilishlarida ishlash toki I_{ri} ni o'zgartirish imkoniyati bor. Buni formuladan ham ko'rish mumkin. W_r ni o'zgartirish, prujinaning qarshilik momentini o'zgartirish, havo oralig'i δ ni o'zgartirish bilan ishlash tokining qiymatiga ta'sir etish mumkin.

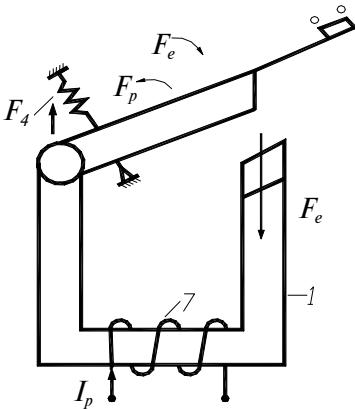
4.1-rasmga asosan relening chulg'amida tok kamayganda tortilgan yakor o'zining boshlang'ich holatiga qaytishi prujina 5 ta'sirida amalga oshiriladi.

Relening qaytish toki I_k deb yakor boshlang'ich holatga qaytgandagi tokka aytiladi. Qaytish tokining ishlash tokiga nisbati I_{qayt}/I_{ri} qaytish koeffitsiyenti $K_{qayt} < 1$ deyiladi.

Tokning oshishiga ta'sir javob beruvchi relelar uchun I_{ri}/I_{qayt} shuning uchun $K_{qayt} < 1$.

Ko'rib o'tilgan relelar chulg'amlarida tokning qiymati oshganda harakatga keladi, shuning uchun ular maksimal tok relelari deyiladi.

Tokning kamayishiga ta'sir javob beruvchi relelar minimal tok relelari deyiladi. Normal holatlarda minimal relelarning yakorlari tortilgan bo'ladi (4.2-rasm), bunda $M_e > M_p$ va relening kontaktlari ochiq (uzuq) holda turadi.



4.2-rasm. Minimal tok yoki kuchlanish relesining tuzilishi.

Relening ishlashi uchun rele tokini kamaytirish kerak, bunda prujinaning momenti elektromagnit moment va ishqalanish momentidan oshib ketadi:

$$M_p > M_e + M_{ishq},$$

natijada relening yakori qaytadi va relening kontaktlari ulanadi. Minimal relening ishlash toki deb relening yakori qaytgandagi tokka aytiladi, qaytish toki bu relening yakorini tortadigan eng kichik tok. Maksimal reledagiday I_{qayt} ning I_{ri} ga nisbati qaytish koeffitsiyenti deyiladi. Minimal relelarda $I_{qayt} > I_{ri}$, shuning uchun $K_{qayt} > 1$.

4.3. Rele o'zgaruvchan tokda ishlaganda yakorning titrashi (vibratsiya)

O'zgaruvchan tok relesi o'zgaruvchan sinusoidal tok $i_r = I_m \sin \omega t$ bilan ta'minlanadi, bunda elektromagnit kuchning oniy qiymati:

$$F_{et} = k' i_p^2 = k I_m^2 \sin^2 \omega t.$$

Agar $\sin \omega t = 0,5(1 - \cos 2\omega t)$ ekanligini hisobga olsak,

$$F_{et} = k' I_m - k' I_m \cos 2\omega t.$$

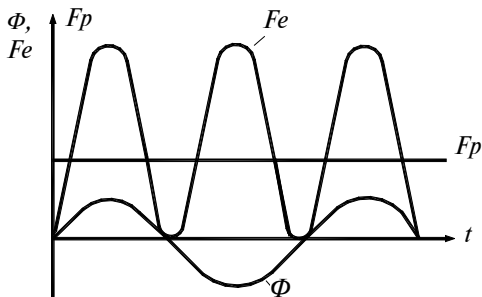
Bundan kelib chiqadiki, F_{et} qiymati ikki tashkil qiluvchidan iborat: o'zgarimas $k' I_m^2$ va o'zgaruvchan $k' I_m^2 \cos 2\omega t$ (ikkilangan chastota bilan o'zgaruvchi). Natijalovchi elektromagnit kuch F_e pulssimon xarakterga ega, ya'ni bir davrda noldan maksimal qiymatgacha ikki marotaba o'zgaradi (4.3-rasm).

4.3-rasmga asosan $F_p > F_e$ bo'lganda relening yakori qaytishga intiladi, $F_e > F_p$ bo'lganda yana tortiladi. Tortilgan yakor natijalovchi kuch $F_{nat} = F_e - F_p$ o'z ishorasini davriy o'zgartirib turishi hisobiga doimo titrab turadi.

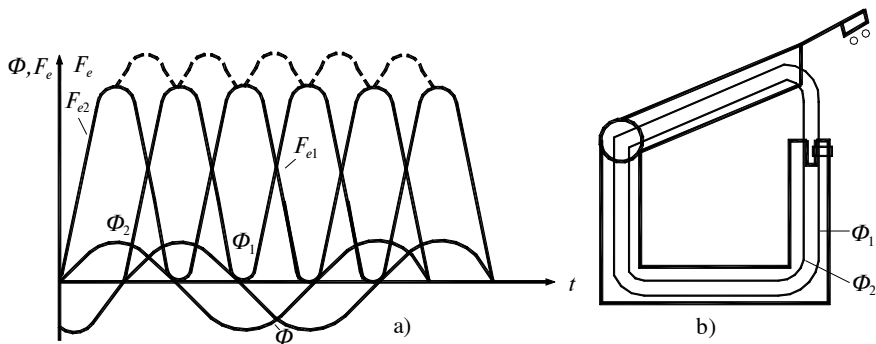
Yakorning titrab turishi relening ish paytida kontaktlarini ham titrashga olib keladi, bu esa rele kontaktlarining kuyib ketishiga, o'q va uning aylanadigan qismini (sapfa) yeyilishiga olib keladi va relening ishiga yomon ta'sir qiladi.

Yakorning inersiya momenti katta bo'lganda u natijalovchi kuch $F_{nat} = F_e - F_p$ ning ishorasini tez o'zgarishini kuzata olmay va unga bog'lana olmay qoladi, bu hollarda titrash kuzatilmaydi. Agar yakorning inersiya momenti yetarli bo'lmasa, u holda titrashni oldini olish uchun chulg'amning magnit oqimi fazalar bo'yicha farq qiladigan ikkita tashkil qiluvchiga bo'linadi.

4.4- b rasmda ko'rsatilgan reledagi qisqa tutashgan chulg'am magnit o'zakning bir bo'lagini o'rab olgan.



4.3-rasm. Elektromagnit rele chulg'amidan o'zgaruvchi tok oqqanda yakorning tortish kuchi F_e ning o'zgarishi.



4.4-rasm. Qisqa tutashgan chulg'amli (b) elektromagnit relening chulg'amidan o'zgaruvchan tok oqqanda yakorni tortuvchi natijalovchi kuch F_e ning o'zgarishi (a)

Qisqa tutashgan chulg'amdan asosiy magnet oqimi Φ ni induksiyaning natijasida tok oqadi. Tok Φ_1 oqimni hosil qiladi.

Qisqa tutashgan chulg'am bilan o'ralmagan qismdan oqayotgan oqim Φ_2 deb belgilanadi.

Har bir magnet oqimi ta'sirida F_{e1} va F_{e2} kuchlar hosil bo'ladi. Bu kuchlarning k vaqt bo'yicha o'zgarish chiziqlari xuddi magnet oqimining o'xshash.

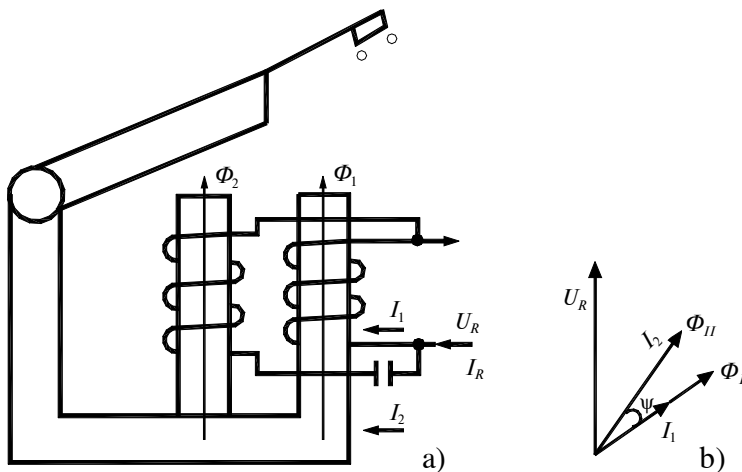
Buning natijasida bir oqim kamaygan paytda ikkinchi oqim ortib boradi va elektromagnit kuchni nolga teng bo'lishiga yo'l qo'ymaydi. Titrashni yo'qotish uchun natijalovchi kuch vaqtning har bir momentida prujinaning kuchi F_p dan katta bo'lishi kerak.

$$F_{nat} = F_{e1} + F_{e2} = K_1 \Phi_1 \sin^2 \omega t + K_2 \Phi_2 \sin^2(\omega t + \psi)$$

Eng yaxshi natijalar $\psi = 90^\circ$ va $F_1 = F_2$ bo'lganda erishiladi; bunda F_{nat} o'zgarmas qiymatga ega bo'ladi.

Xuddi shunday natijaga relning chulg'amlarini ikkita seksiya ko'rinishida bajarilganda erishiladi. Bunda 1 va 2 seksiyalar magnet o'zakning qutblarida joylashadi (4.5-rasm).

1-chulg'am to'g'ridan to'g'ri ta'minlovchi manbaga ulanadi, 2-chulg'am esa C kondensator orqali ulanadi. Buning natijasida I_1 va I_2 toklar reledagi U_R kuchlanishga nisbatan har xil burilishlarga ega bo'ladi. 4.5-b rasmdagi vektor diagrammada Φ_1 oqim Φ_2 oqimdan ψ burchakka burilganini ko'ramiz. Bundan kelib chiqadiki, natijalovchi elektromagnit kuch $F_{nat} = F_{e1} + F_{e2}$ xuddi 4.4- a rasmdagidek xarakterga ega bo'ladi.



4.5-rasm. Seksiyalangan magnet o‘zakli elektromagnit relening tuzilishi.

4.4. Tok relolari

Elektromagnit relening chulg‘amini liniya tokiga to‘g‘ridan to‘g‘ri yoki tok transformatori orqali ulaganda uning elektromagnit momenti $M_E = kI_L^2$ ga teng. Bu xil relalar tok relolari deyiladi, chunki ularning ishlashi liniya toki I_L ga bog‘liq.

Tok transformatorlarida bo‘ladigan yukni kamaytirish uchun tok relolari iloji boricha kam quvvat iste‘mol qilishlari kerak. Tok relolarining chulg‘amlaridagi yuklama tokining uzoq vaqt o‘tishiga, qisqa tutashuv tokining qisqa vaqt ichida o‘tishiga moslab hisoblangan bo‘lishi kerak.

Relening ishlash toki prujinaning tortish kuchini o‘zgartirish bilan tekis o‘zgartiriladi. Relening chulg‘ami 2 ta seksiyadan iborat, bu seksiyalarni parallel va ketma-ket ulash hisobiga ishlash tokining chegarasini 4 marotaba o‘zgartirish imkonini beradi. ET-520 va shu markali relolarga nisbatan RT-40 relolarda kontakt sistemasi yaxshilangan va teskari ta‘sir qiluvchi moment oshirilgan. Buning natijasida rele iste‘mol qiladigan quvvat katta. Kichik ustavkalarda RT-40 relesining har xil sezgirliklarida iste‘mol qilayotgan quvvat miqdori 0,2 dan 8 VA gacha o‘zgaradi.

4.5. Kuchlanish relexlari

Rele chulg'amini to'g'ridan to'g'ri yoki kuchlanish transformatorlari orqali liniya kuchlanishiga (U_L) ulasak, liniya kuchlanishining kataligiga ta'sir javob beruvchi releni hosil qilamiz.

Bilamizki, $M_E = k'I_R^2$ va $I_R = U_R/Z_R$;

bu yerda: Z_R – rele chulg'amining qarshiligi;

U_R – rele chiqishidagi kuchlanish.

$M_E = k'I_R^2$, $U_R = U_L/n_N$ ni hisobga olsak, $M_E = k''I_{liniya}^2$. Bundan kelib chiqadiki, rele harakati liniya kuchlanishi bilan xarakterlanadi.

Yakor harakat qilib, havo oralig'i δ ning o'zgarishi oqim Φ va kuch F_E ni o'zgarishiga olib kelmaydi. Bu kuchlanish relesining tok relesidan farq qiluvchi belgisidir.

Buni sababi, δ kamayganda rele chulg'amining induktiv qarshiligi ortadi $X_R = \omega L$, bu esa rele toki $I_R = U_R/X_R$ ni kamayishiga olib keladi. Bu bilan bir vaqtda rele zanjirining magnit qarshiligi $R_\mu = \delta/4\pi S$ ham kamayadi.

I_R rele tokining o'zgarishi R_m magnit qarshilikning o'zgarishi bilan kompensatsiyalanadi, natijada magnit oqim $\Phi = I_r W_r / R_\mu$ o'zgar olmay qoladi.

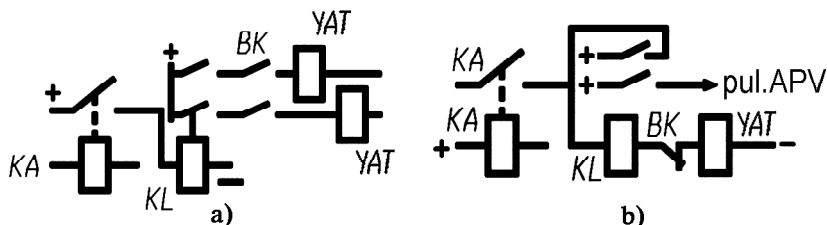
4.6. Elektromagnit oraliq relexlari

Oraliq relexlari yordamchi relexlar hisoblanadi. Ulardan bir vaqtda bir necha o'zaro bog'liq bo'lmagan zanjirlarni qo'shish yoki uzishda va shuningdek katta toklarni zanjirini baquvvat kontaktlar bilan qo'shib uzuvchi relexlar sifatida foydalaniladi. 4.6- a, b rasmlarda oraliq relexlarining himoya sxemalarida qo'llanishlariga oddiy misollar keltirilgan.

Oraliq relexlari ulanish usullariga qarab ikki guruhga bo'linadi: parallel (4.6- a) va ketma-ket (4.6- b) ulanadigan relexlar.

Parallel ulangan relexlarning chulg'amlari manbaning to'liq kuchlanishiga, ketma-ket ulangan relexlarniki esa yoki o'chirgichning o'chirish chulg'amiga, yoki biror boshqa apparat bilan zanjir tokiga ketma-ket ulanadi.

Bu ikki xil relexlardan tashqari, qo'shishga ushlab turuvchi chulg'amli oraliq relexlar ham ishlab chiqiladi. Ular tok relesining kontaktlari bilan parallel, ushlab turuvchi chulg'am va o'chirgichning zanjiriga ket-



4.6-rasm. **Oraliq relelarining himoya sxemalarida ulanishi**

ma-ket ulanadilar. Bular qisqa vaqt relening chulg'amiga ta'sir etgan tok impulsiga ta'sir javob berib, biror jarayon tamom bo'lmaguncha uni (releni) ishlagan holatda ushlab turadi.

Bir-biriga bog'liq bo'lmagan zanjirlarni ulab-uzish uchun rele bir necha kontaktga ega. Oraliq relelari asosiy rele berayotgan xabarni quvvatini oshirish uchun ham xizmat qiladi.

Oraliq relelarining kontaktlari himoya zanjirlarini qo'shish uchun odatda, 50-200 Vt va o'chirgichlarning zanjirlarini qo'shib uzish uchun 1500-2000 Vt quvvat iste'mol qiladi.

O'zgarmas tokda ishlaydigan RP-210, RP-232 oraliq relelar 24, 48, 110, 220 V kuchlanishlarga mo'ljallangan bo'ladi, ularning be-shta qo'shib-uzishga mo'ljallangan kontaktlari bor, iste'mol qiluvchi quvvati 6-8 Vt.

O'zgaruvchan tokda ishlash uchun RP-321 va RP-341 tipdagi 100, 127, 220 va 380 V kuchlanishlarga mo'ljallangan oraliq relelar ishlab chiqariladi.

Oraliq relesi sifatida (o'zgarmas va o'zgaruvchan tokda ishlovchi) kichik gabaritli MKU-48 rele va kodlanuvchi rele KDR ham ishlatiladi. Ulardagi kontakt plastinkalarini tanlash bilan ko'p miqdordagi qo'shuvchi va uzuvchi kontaktlar to'plamini olish mumkin.

Parallel ulangan oraliq relelarining ishonchligini oshirish uchun ularning ishlash kuchlanishlari nominal qiymatning 60-70 %ini tashkil etishi maqsadga muvofiq. Oraliq relelarning qaytish koeffitsiyent-lariga hech qanday talab qo'yilmaydi, chunki ularning kontaktlari rele chulg'amida tok bo'lmaganida qaytishi yetarli. Ularning ishlash vaqti ayniqsa, tezkor himoyalarda juda kichik bo'lishi kerak. Tez ishlovchi oraliq relening ishlash vaqti 0,01-0,02 s.

Oraliq relening tuzilishi.

Ko'p hollarda oraliq relelar buraluvchi yakorli sistemada bajariladi. Ular iste'mol qilgan kichik quvvatda katta elektromagnit kuch

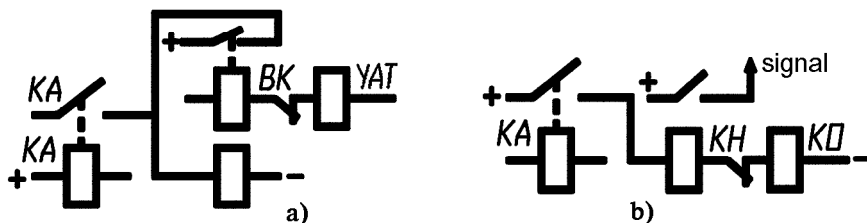
hosil boʻladi. Oraliq relelini yigʻish jarayonida tortiluvchi yakorli sistemalar ham qoʻllaniladi.

Oraliq relelining ishlash vaqti.

Relening chulgʻamidagi kuchlanish turgʻun qiymatga birdaniga erishmaydi. U tok noldan maʼlum bir qiymatga maʼlum bir vaqt mobaynida yetadi. Relening ishlashi uchun ketgan vaqt rele chulgʻamidagi ishlash tokining oshish vaqti bilan yakorning harakatlanish vaqti yigʻindisiga teng. Tez ishlovchi oraliq relelari uchun vaqtni kamaytirish kerak, yaʼni relening teskari taʼsir qiluvchi prujinasi boʻshatiladi va tokning karraliligi oshiriladi. Releni ulagan paytda uning oʻzakida uyurma toklar hosil boʻladi. Bu toklar magnit oqimini oshishini sekinlatadi va ish vaqtini oshishiga olib keladi. Ishlash vaqtini kamaytirish tez ishlovchi relelarda asosan harakatlantiruvchi qismni yengillashtirish va ishqalanishni kamaytirish hisobiga erishiladi.

4.7. Koʻrsatkich relelari

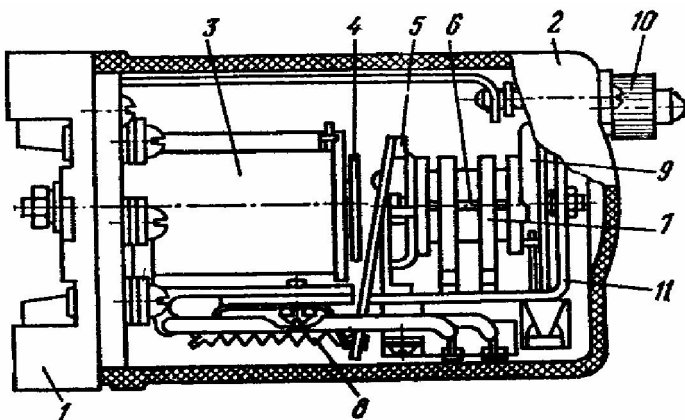
Koʻrsatkich relelari tegishli himoyalarni ishlaganlari toʻgʻrisida xabar berish uchun moʻjallangan. Bu relelar boshqa rele va apparatlarining zanjirlariga kema-ket (4.7- b rasm) va parallel (4.7- a rasm) ulanadi.



4.7-rasm. Koʻrsatkich relelining ulanish sxemalari.

4.7-rasmda koʻrsatkich rele KH oʻchirgichning himoya ishlashi natijasida oʻchishi haqida signal beradi. Koʻrsatkich relelarining ishini koʻrsatuvchi signal bayroqchasi (blinker) va kontaktlari xizmat koʻrsatuvchi shaxs orqaga qaytarmagunicha ish holatida boʻladi. Kema-ket ulanuvchi koʻrsatkich relelar qulay boʻlgani uchun koʻp ishlatiladi.

RU-21 turdagi koʻrsatkich relelar oʻzgaruvchan va oʻzgarmas toklarda ham ishlatilishi mumkin (4.8-rasm).



4.8-rasm. PY-21 turidagi ko'rsatkich relisi:

1-sokol; 2-kojuxi; 3-chulg'am; 4- o'zak; 5-yakor; 6-kontaktli ko'prikcha; 7-kontaktli plastinkalar; 8-qaytarish prujinasi; 9-bayroqcha; 10-qaytish knopkasi; 11-skoba.

4.8. Vaqt relolari

Vaqt relolari relili himoya qurilmalari va avtomatik uskunalari ulash va uzish harakatlarini sun'iy sekinlatish uchun xizmat qiladi.

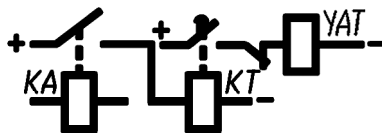
4.9-rasmda himoyalarda vaqt relolarini ulash sxemasi berilgan.

Vaqt relasining chulg'amiga kuchlanish berilgandan keyin to u o'z kontaktlarini ulaguncha ketgan vaqt relaning sabr vaqti deyiladi.

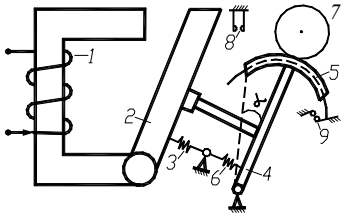
Relili himoya sxemalarida ishlovchi vaqt relolariga bo'ladigan asosiy talablardan biri bu ularning aniqligidir. Vaqt relolarining ishlash vaqtlaridagi xatolik $\pm 0,25$ s, ayrim holatlarda $\pm 0,06$ s dan oshmasligi kerak. Ayrim xabar va avtomatika qurilmalarida vaqt relolaridagi xatolik kattaroq ham bo'lishi mumkin.

Vaqt relolari nominal kuchlanishining 80 % qiymati berilganda ishonchli ishlashi kerak.

KT relolari qayta ulashga tezda tayyor bo'lishlari uchun o'zlarida operativ tok manbai o'chganda ishlaydigan va bir zumda qaytaradigan qismga ega bo'lishi zarur.



4.9-rasm. Vaqt relasini ulash sxemasi.



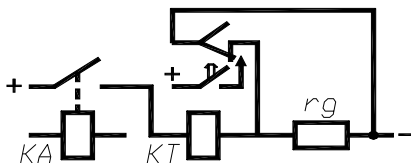
4.10-rasm. PB tipidagi vaqt releli tuzilishi.:

- 1- chulg'am; 2- yakor;
 3-qaytish prujinasi; 4-richag;
 5-tishli segment; 6-boshqaruvchi prujina; 7-sabr vaqti hosil qiluvchi soat mexanizmi;
 8- rele kontakti; 9-lahza kontakti.

va bu bilan bir vaqtda vaqt bo'yicha sabrsiz ulaydigan lahza kontaktini ulaydi. Kuchlanish o'chirilganda richaglar sistemasi o'zining boshlang'ich holatiga qaytadi, lahza kontaktlari uziladi, bunda burilgan soat mexanizmi richagga ta'sir etadi, harakatlanuvchi kontakti siljitadi va kontaktlar uziladi. Sabr vaqti kontakti siljitish bilan o'rnatiladi.

Elektromexanik vaqt relelari sifatida sinxron kichik motorli vaqt relelari ham qo'llaniladi.

Vaqt releining gabaritlarini kamaytirish uchun uzoq vaqt kuchlanish ostida bo'ladigan rele chulg'amlari ketma-ket ulangan qo'shimcha qarshilik r_d bilan bog'langan bo'ladi (4.11-rasm). Qarshilik r_d normal holatda lahzada ishlaydigan relening uzuluvchi kontakti bilan shuntlangan. Rele ishlagandan keyin bu kontakt uziladi va qarshilik r_d releining zanjiriga ulanadi.



4.11-rasm. Issiqlikka chidamli vaqt releli.

Vaqt releining ishlash prinsipi

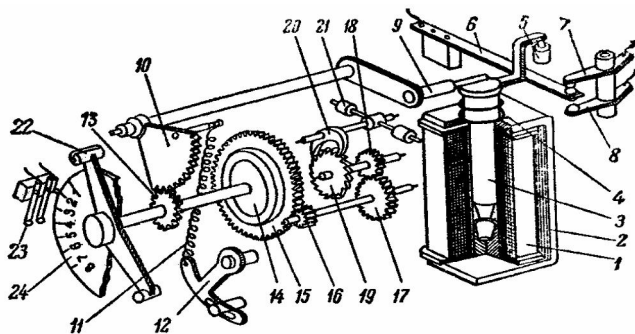
Kuchlanish ostida chulg'amdan tok o'tganda yakor tishli segment bilan richagni bo'shatib, o'zakka bir lahzada tortiladi (4.10-rasm). Boshqaruvchi prujinaning ta'sirida richag soat mexanizmi yordamida sekinlashib harakatga keladi. Richag ω tezlik bilan α burchakka bog'liq vaqt $t=f(\alpha)$ da harakatga keladi va kontaktlarni qo'shadi.

$$\text{Relening ishlash vaqti } t_p = \frac{\alpha}{\omega_p}.$$

Yakor richaglar sistemasi orqali soat mexanizmlariga burilish beradi

4.12-rasmda issiqlikka chidamli vaqt releining berilgan.

Soat mexanizmining prujinasi (11) doim tortilgan holatda bo'ladi. Chulg'amga (1) kuchlanish berilganda yakor (3) qaytaruvchi prujina (4) qarshiligini yengib, tortiladi va soat mexanizmining richagini (9) qo'yib yuboradi. Soat mexanizmi



4.12-rasm. **PB–200 vaqt rellesi:**

- 1-chulg'am; 2-magnit o'tkazgich; 3-yakor; 4-qaytaruvchi prujina;
 5-o'tkazgich simcha; 6-qo'zg'aluvchan lahzali kontakt; 7 va
 8-qo'zg'almas lahzali kontaktlar; 9-pales (barmoq); 10-tishli sektor;
 11-haraklantiruvchi prujina; 12-prujinani tortish uchun skoba;
 13-tishli g'ildirak; 14-friksion ulovchi mexanizm; 15-harakatlantiruvchi
 tishli g'ildirak; 16-soat mexanizmining trubkasi; 17 va 18-tishli uzatma;
 19-ankerli tishli g'ildirak; 20-ankerli skoba; 21-yukchalar;
 22-qo'zg'aluvchan kontakt; 23-qo'zg'almas kontakt; 24-shkala.

(10) prujina (11) ta'sirida harakatlana boshlaydi va qo'zg'aluvchan kontaktni (22) bir tekis harakatlanishini ta'minlaydi, u esa berilgan vaqt oralig'idan so'ng qo'zg'almas kontaktni (23) yopadi. 22 va 23 kontaktlarning yopilish vaqti 23 kontaktning holatini o'zgartirish yo'li bilan o'zgartiriladi. Soat mexanizmining bir tekis harakatlanishi ankerli mexanizm (20) yordamida ta'minlanadi, uning harakatlanish tezligi yukchalarning (21) holatini o'zgartirish yo'li bilan sozlanadi.

Rele ta'minlash manbayidan uzilganda yakor (3) prujina (4) ta'sirida oldingi holatiga qaytadi, bunda rele kontaktlari ochiladi, prujina (11) ko'tariladi va rele keyingi harakatga tayyor bo'ladi. Releni oldingi holatga qaytarish tez amalga oshiriladi, chunki rele oldingi holatiga qaytayotganda yetaklovchi shesternaning (15) shesterna g'ildiragi (13) bilan bo'linishini ta'minlovchi friksion mahkamlash moslamasi (14) mavjud.

Nazorat savollari

1. Elektromexanik relslarning turlari.
2. Elektromagnit ishlash prinsipini tushuntiring.

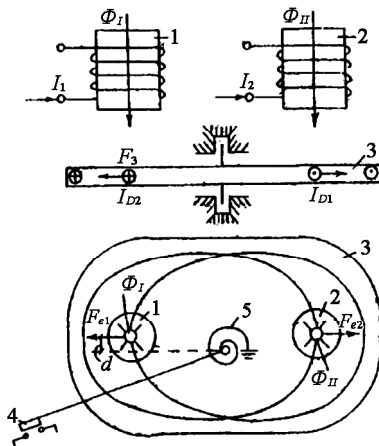
3. Elektromagnit relening konstruksiyasi qanday?
4. Yakorga ta'sir qiluvchi kuch nimaga teng?
5. Titrashni o'chirish yo'llarini keltiring.
6. Oraliq, ko'rsatkich va vaqt relearining vazifalari nimadan iborat?

4.9. Induksion relear

Induksion rele ikki magnit oqim Φ_I va Φ_{II} ning magnit maydoni ta'sirida harakatlanuvchi qism (3)dan iborat. Magnit oqimlar qo'zg'almas elektromagnitlar (1 va 2)ning chulg'amida tok oqishi natijasida yuzaga keladi. Harakatlanuvchi qism mis yoki alyuminiydan yasalgan va o'qqa mahkamlangan aylanuvchi disk yoki silindr shaklida tayyorlanadi. Soat strelkasiga teskari harakatlangan qism (disk) prujina (5)ni kuchini yengib kontaktlar (4)ni ulaydi. 4.13-rasmda induksion relearning yasalish prinsipi ko'rsatilgan.

Chulg'amlar (1 va 2) dan Φ_I va Φ_{II} magnit oqimlar hosil qiluvchi o'zgaruvchan (sinusoidal) I_1 va I_2 toklar oqadi. Magnitlashga sarf bo'lgan yo'qolishlarni hisobga olmasak, Φ_I va Φ_{II} oqimlar fazalari bo'yicha ularni hosil qiluvchi toklar bilan mos keladi, bu 4.14-rasmdagi vektor diagrammada ko'rsatilgan.

Harakatlanuvchi qism (3) ga singib Φ_I oqim unda $E_{D1} \equiv \frac{d\Phi}{dt}$

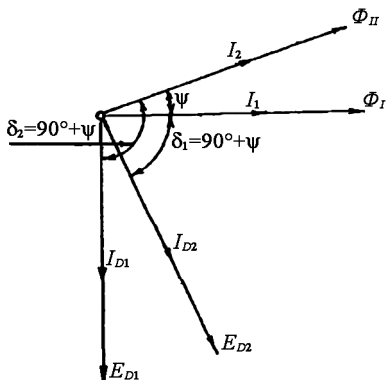


4.13-rasm. Induksion relearning tuzilishi.

E.Yu.K.ni hosil qiladi. Induksiya qonuniga asosan hosil qilingan E.Yu.K. uni hosil qiluvchi magnit oqimlardan faza bo'yicha 90° ga orqada qoladi. E_{D1} va E_{D2} E.Yu.K.lar ta'siri ostida harakatlanuvchi qismda I_{D1} va I_{D2} uyurma toklar hosil bo'ladi. Bu toklar ularni induksiyalovchi magnit oqimlar o'qi atrofida oqib tutashadilar. I_{D1} va I_{D2} toklarning musbat yo'nalishlari Φ_I va Φ_{II} oqimlarning musbat yo'nalishlari asosida "parma" qoidasi bo'yicha aniqlanadi. Uyurma toklar konturi induktiv qarshiligining kichikligi natijasida ularning yo'nalishlari E.Yu.K.larga mos qilib olinadi. Ko'rilayotgan konstruksiyada Φ_I oqim va I_{v2} tok, Φ_{II}

oqim va I_{v1} toklarning o‘zaro ta’siri natijasida F_{E1} va F_{E2} kuchlar hosil bo‘ladi.

Ma’lumki, magnit oqim bilan u hosil qilgan tokning konturi orasidagi ta’sir kuchi magnit oqimining bir tekis magnit maydon hosil qilish shartiga asosan nolga teng. Shuning uchun Φ_I va I_{D1} , Φ_{II} va I_{D2} kattaliklar orasida o‘zaro ta’sir kuchi kuzatilmaydi. F_{e1} va F_{e2} kuchlarning yo‘nalishlari oqim va toklarning musbat qiymatlari uchun “chap qo‘l” qoidasi bo‘yicha aniqlanadi (4.14-rasm). Har bir kuchning yo‘nalishi va ishorasi magnit oqim va u bilan ta’sirlashayotgan tok I_{D1} oralaridagi fazalar burilish burchagi bilan aniqlanadi. F_{e1} va F_{e2} kuchlar natijalovchi elektromagnit kuch F_e hosil qiladilar va bu natijalovchi kuch F_{e1} va F_{e2} ning algebraik yig‘indisi tarzida aniqlanadi.



4.14-rasm. Induksion rele E.Yu.K.i, tok va magnit oqimlari vektor diagrammasi.

$$F_e = F_{e1} + F_{e2}$$

Natijalovchi kuch F_e aylanuvchi moment $M_e = F_e d$ ni hosil qiladi, bu yerda d – F_e kuchning yelkasi. Elektromagnit kuch va moment (F_e va M_e) ta’sirida, M_e ning ishorasiga bog‘liq ravishda rele kontakti 4 ni qo‘shadi yoki uzadi.

Xulosa qilib aytganda, induksion relalarning ishlashi ikki magnit oqimining reledagi harakatlanuvchi qismda induksiyanuvchi toklar bilan o‘zaro ta’siriga asoslangan.

Elektromagnit kuch va uning momenti

Elektromagnit kuch F_e ning kattaligi va ishorasi magnit oqimlar Φ_I va Φ_{II} , ular orasidagi faza bo‘yicha burilish burchagi va o‘zgaruvchan tokning chastotasi f lar orqali ifodalanadi.

$$F_e = kf\Phi_I\Phi_{II} \sin \psi$$

Shunga mos ravishda elektromagnit moment ham topiladi.

$$M_{ek} F_e d = k''f\Phi_I\Phi_{II} \sin \psi$$

bu yerda: $k' = k_1 + k_2$ – o‘zgarimas kattaliklar bo‘lib, ular disk (harakatlanuvchi qism)ning o‘lcham va materialiga, qutblarning disk

o'qiga nisbatan joylashishiga (yelka d ga) va tokning chastotasi f ga bog'liq.

Elektromagnit momentning formulasini tahlil qilib, quyidagilarni aytish mumkin:

1. Elektromagnit momentni hosil qilish uchun relening tuzilishi ikkita o'zgaruvchi oqim Φ_I va Φ_{II} hosil qilishga imkon berishi kerak.

2. Moment M_e ning kattaligi magnit oqimlar Φ_I va Φ_{II} ning amplitudasiga, ularning chastotasi f ga va oqimlar orasidagi fazalar burilish burchagi ψ ga bog'liq. Rele eng katta momentga magnit oqimlari fazalari orasidagi burchak 90° bo'lganda erishadi. $\psi=0^\circ$ bo'lganda rele ishlamaydi, chunki $M_e=0$ ga teng.

3. Momentning ishorasi $\sin\psi$ ga bog'liq. Boshqacha qilib aytganda, u magnit oqimlar Φ_I va Φ_{II} orasidagi yoki ularni hosil qiluvchi toklar I_1 va I_2 orasidagi faza burilishi ψ ga bog'liq. ψ ning 0 dan 180° ga bo'lgan qiymatlarida moment M_e musbat ishoraga ega, ψ 180° dan 360° gacha o'zgarib esda moment M_e manfiy.

4. Induksiya asosida ishlovchi relelar faqat o'zgaruvchan tokda ishlashga mo'ljallangan bo'ladilar, chunki elektromagnit induksiya qonuni ishlashi uchun o'zgaruvchan magnit oqim hosil bo'lishi kerak.

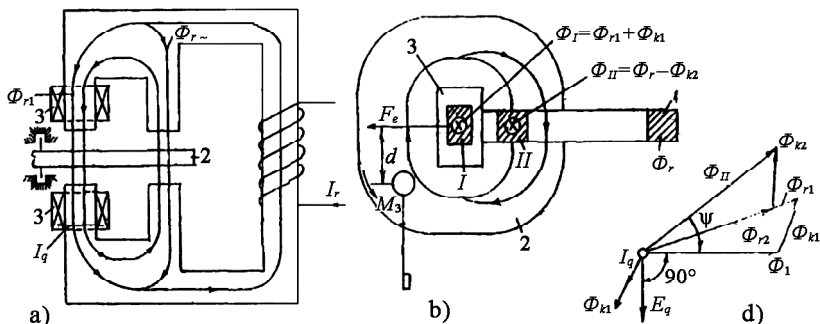
Tok va kuchlanish induksion relelar

a) Qisqa tutashgan chulg'amli (ekranli) relelar.

Rele (4.15-rasm) disk (2) o'qi joylashgan qutbli elektromagnit (1) dan iborat. Elektromagnitning yuqori va pastki qutblarida qutbning bir qismini o'rab turuvchi misdan yasalgan qisqa tutashgan chulg'amlar 3 joylashgan. Relening chulg'amidagi tok I_r va qisqa tutashgan chulg'amdagi tok I_k , F_r va F_k oqimlar hosil qiladi. Bu oqimlarning musbat yo'nalishlari 4.15-rasmda ko'rsatilgan.

Qisqa tutashgan chulg'amni o'rab olgan qutb I dan natijalovchi $\Phi_I = \Phi_{r1} + \Phi_{k1}$ magnit oqim chiqadi. Ikkinchi qutbdan $\Phi_{II} = \Phi_{r2} - \Phi_{k2}$ oqim chiqadi. Ikkala magnit oqim ham diskka singadi va unda uyurma toklar hosil qiladi.

Oqimlarning vektor diagrammasi 4.15- d rasmda ko'rsatilgan. U xuddi qisqa tutashgan chulg'amli elektromagnit relening vektor diagrammasi shaklida quriladi. Vektor diagrammadan ko'rinib turibdiki, Φ_I va Φ_{II} oqimlar bir biridan faza bo'yicha ψ burchakka farq qiladi, Φ_{II} oqim Φ_I dan o'tib ketadi. Bundan xulosa shuki, qisqa tutashgan chulg'amli relening tuzilishi ikkita bir-biridan fazalar bo'yicha farq qiluvchi va fazoda bir-biriga nisbatan siljigan oqim



4.15-rasm. Qisqa tutashgan chulgʻamli tok va kuchlanish Induksion rele ларининг tuzilishi, vektor diagrammasi.

hosil qilib beradi. Φ_I va Φ_{II} oqimlarning diskdagi induksiyalangan toklar bilan taʼsiri natijasida F_e elektromagnit kuch va diskka taʼsir qiluvchi moment hosil boʻladi:

$$M_e = F_e d = k \Phi_I \Phi_{II} \sin \psi.$$

Ikkala magnit oqim ham I_r tokka proporsional boʻlganligi sababli I_r tok oʻzgarganda burchak ψ oʻzgarmasdan qoladi va elektromagnit moment:

$$M_e = k' I_r^2$$

hosil boʻladi.

Rele chulgʻami tarmoqdagi tok bilan taʼminlanganda, relening momenti $M_e = k' I_r^2$ shuning uchun rele tok relesi deyiladi. Agar relening chulgʻami katta qarshilikka ega boʻlsa va u tarmoq kuchlanishi

U_T bilan taʼminlansa, relening chulgʻamidagi tok $I_R = \frac{U_T}{Z_r n_n}$ boʻladi.

Bu yerda n_n – kuchlanish transformatorining transformatsiya koef-fitsiyenti, Z_p – rele chulgʻamining qarshiligi. Bunday relening ishlashi tarmoq kuchlanishi bilan xarakterlanadi, shuning uchun bu rele kuchlanish relesi deyiladi.

$$M_e = k U_T^2.$$

b) Induksion relelarning sabr vaqti.

Induksion relelarning tuzilishi ularni maxsus soat mexanizmlarisiz vaqt boʻyicha ishlovchi qilib tayyorlash imkonini beradi. Induksion relelarning ishlash vaqti rele kontaktlarini disk yordamida α burchak-

ka burilishiga va disk harakatining burchak tezligiga bog'liq (4.15-rasm). Agar aylanish tezligi o'zgarmas bo'lsa, vaqt $t_r = \frac{\alpha}{W}$ formuladan topiladi. Diskning harakati ortiqcha moment $M_{ayl} = M_e - M_k$, ya'ni elektromagnit moment M_e va unga teskari ta'sir qiluvchi qarshilik momenti M_k hisobiga sodir bo'ladi. Aylanish momenti sistemaning inersiya momenti $Jd\omega/Fdt$ ni yengadi va unga $d\omega/Fdt$ tezlanish beradi:

$$M_{ayl} = Jd\omega/Fdt.$$

M_{ayl} ortiqcha moment qancha ko'p bo'lsa, diskning aylanish tezligi ω_r shuncha katta bo'ladi. Rele chulg'amidagi I_r tokning oshishi bilan ortiqcha moment I_r^2 ga proporsional oshadi. Buning natijasida tezlik ω_r oshadi va bunga mos ravishda relening ishlash vaqti t_r kamayadi.

Shunday qilib, induksion relelarning ishlash vaqtlari tokning funksiyasidir, tok ortganda vaqt t_r kamayadi. Rele ishlash vaqtining bu xususiyati tokka bog'liq bo'lgan xususiyat deyiladi. Amalda vaqt bo'yicha chegaralangan bog'liq xususiyatli tok relelari qo'llaniladi.

Bu bog'liqlikning xususiyati shundaki, reledagi tokning ma'lum bir qiymatdan boshlab relening ishlash vaqti o'zgarmas bo'lib qoladi. Bu bog'liq bo'lmagan xususiyat deyiladi.

Chegaralangan bog'liq bo'lgan xarakteristikali relening parametrlari shunday olinadiki, bunda xarakteristikaning bog'liq bo'lmagan qismiga mos keluvchi toklarda relening magnit o'zaki to'yinadi. Magnit o'zak to'yinganda I_r tokining oshishi bilan magnit oqimlar Φ_I va Φ_{II} o'zgarmaydi. Natijada ortiqcha moment va u bilan bog'liq bo'lgan diskning aylanish tezligi va relening sabr vaqti o'zgarmasdan qoladi.

Induksion relelarda sabr vaqtini oshirish uchun diskni o'z qutblari bilan o'rab turuvchi doimiy magnit o'rnatiladi, disk aylanish paytida uni doimiy magnitning magnit oqimi Φ_m kuch chiziqlari kesib o'tadi va buning natijasida diskda "qirqish" toklari paydo bo'ladi. Bu toklarning magnit oqim Φ_m bilan o'zaro ta'siri natijasida moment $M_r = k\Phi_m^2\omega_r$ hosil bo'ladi va u diskning harakatiga teskari ta'sir qiladi. Moment M_M ortiqcha momentni kamaytiradi, buning natijasida tezlik ω_r kamayadi va sabr vaqti t_r ortadi.

Induksion relelarning ishlash vaqtlari, odatda, qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan kontaktlar orasidagi masofani o'zgartirish hisobiga boshqariladi. Tezkor induksion relelar doimiy magnitsiz va harakat-

lanuvchi sistemasi kichik yo‘l bosadigan qilib tayyorlanadi. Bulardan tashqari relening tezroq ishlashi uchun harakatlanuvchi sistemaning tezligi oshirilgan bo‘ladi.

$M_{ayl} = Jd\omega/Fdt$ formuladan ko‘rinib turibdiki, inersiya momenti J qancha kichik bo‘lsa, relening harakatlanuvchi qismi shuncha tez aylanadi. Shuning uchun kichik diametrli va kichik inersiya momentli silindrik rotorli aylanuvchi sistemalar ishlatiladi. Silindrik rotorli relening ishlash vaqti 0,02–0,04 s, diskli relening eng kam ishlash vaqti 0,1 s.

d) Inersion aylanish.

Yig‘ilib qolgan kinetik energiya hisobiga induksion relening aylanuvchi diski elektromagnit kuchning ta‘sirini tugagandan keyin ham aylanaveradi. Diskning inersion aylanishi relening kontaktlarini tarmoqning qisqa tutashuvi o‘chirilgandan keyin ham qo‘shib yuborishi mumkin. Diskning inersion aylanishini kamaytirish uchun doimiy magnit ishlatiladi. Shu sababli bu turdagi relelar qo‘llanilgan himoyaning noto‘g‘ri ishlashini oldini olish uchun sabr vaqtni o‘rnatayotganda inersion xatolik hisobga olinadi.

Nazorat savollari

- 1. Relening ishlash prinsipini tushuntiring.*
- 2. Elektromagnit kuch va uning momenti nimaga teng?*
- 3. Oqimlar vektor diagrammasini chizing.*
- 4. Induksion relelarning sabr vaqti nimaga bog‘liq?*
- 5. Inersion aylanish nima?*

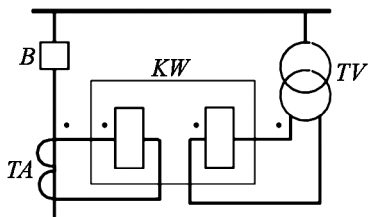
4.10. Induksion quvvat yo‘nalishi relelari

Induksion quvvat yo‘nalishi relelarining ulanishi.

Quvvat yo‘nalishi relelari ularga berilgan quvvatning kattaligi va ishorasiga ta‘sir javob beradi. Ular himoya sxemalarida quvvatning yo‘nalishini aniqlovchi organ sifatida ishlatiladi.

Quvvat relelining ikkita chulg‘ami bor: bittasi tarmoq kuchlanishi U_r bilan ta‘minlanadi, ikkinchisi tarmoqdan oqayotgan tok I_r bilan (4.16-rasm). Chulg‘amlardan oqayotgan toklar ta‘sirida kattaligi va ishorasi kuchlanish U_r , tok I_r va ular orasidagi burilish burchagi φ_r ga bog‘liq bo‘lgan elektromagnit moment hosil bo‘ladi.

Quvvat yo‘nalishi relelari yo‘naltirilgan himoyalarda ishlatiladi. Ular yuqori sezgirlikka ega bo‘lishlari kerak, chunki qisqa tutashuv joyiga



4.16-rasm. **Quvvat yo'nalishi relesinin tarmoqqa ulanish sxemasi.**

ishlash quvvati deyiladi va S_{ish} bilan belgilanadi.

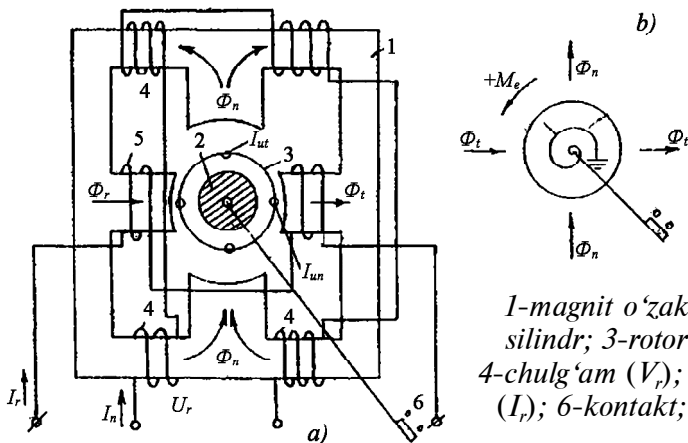
Quvvat yo'nalishi relolari juda tez ishlaydigan qilib tayyorlanadi, chunki ular vaqt bo'yicha sabrsiz ishlaydigan himoyalarda qo'llaniladi.

Induksion quvvat relelarining tuzilishi va ishlash prinsipi.

Hozirgi zamon induksion quvvat relelarining harakatlanuvchi qismi silindrik rotor ko'rinishda yasaladi. (4.17-rasm). Relening o'zaki bir qutblari ichkariga chiqib turgan yopiq magnitdan iborat. Qutblar orasiga qutblararo bo'shliqqa magnit singdiruvchanligini oshiruvchi po'lat silindr (2) o'rnatilgan. Alyumiydan yasalgan silindr (3) (rotor) po'lat o'zak va qutblar orasidagi havo oralig'ida aylanishi mumkin. Rotor (3) aylangan paytda relening kontaktlari (6) qo'shiladi. Rotor va kon-

yaqin o'rnatilgan himoya qurilmalari-da kuchlanish U_r keskin kamayadi, hatto nolgacha pasayishi mumkin. Bunda rele-ga berilayotgan quvvat juda kichik bo'ladi. Natijada sezgirligi kam bo'lgan rele ishlamay qoladi, ya'ni "o'lik" zon-aga ega bo'lib qolishi mumkin.

Relening sezgirligi uning o'z kon-taktlarini qo'shadigan eng kichik qu-vvat bilan xarakterlanadi. Bu quvvat



4.17-rasm. **Quvvat relesi:**
a)-silindrik rotorli rele; b)-relening rotori va M_e musbat momentning yo'nalishi

taktlarning boshlang'ich holatiga qaytarish uchun teskari ta'sir qiluvchi spiralsimon prujina (7) ishlatilgan.

Chulg'am 4 $U_r=U_i/n_n$ kuchlanish bilan, chulg'am (5) esa $I_r=I_i/n_i$ tok bilan ta'minlanadi, bu yerda U_i va I_i tarmoq (himoya qilinayotgan elementdagi) kuchlanishi va toki.

$I_n = U_r/Z_n$ tok chulg'am (4)da F_n magnit oqimini hosil qiladi. O'z navbatida I_r tok (5) chulg'amdan oqib F_r oqimni hosil qiladi.

4.18-rasmda Φ_n va Φ_r magnit oqimlarining vektor diagrammasi berilgan.

Vektor diagrammasini qurishga asos bo'lib U_r kuchlanish xizmat qiladi. I_r tok U_r kuchlanishdan faza bo'yicha φ_r burchakka burilgan.

α burchak chulg'am (4)ning aktiv va reaktiv qarshiliklari munosabati bilan, ta'minlanayotgan kuchlanish bilan aniqlanadi va relening ichki burilish (siljish) burchagi deyiladi.

φ_r burchak liniyaning tashqi parametrlariga va relening ulanish sxemasiga bog'liq Φ_n va Φ_r magnit oqimlar vektor diagrammada ularni hosil qiluvchi I_n va I_r toklar bilan mos keladigan qilib chizilgan.

Vektor diagrammadan ko'rinib turibdiki, Φ_n va Φ_r oqimlar va I_n , I_r toklar faza bo'yicha ψ burchakka burilgan, uning qiymati burchak φ_r ning o'zgarishiga bog'liq.

Φ_n va Φ_r magnit oqimlar relening harakatlanuvchi qismiga singib, unda I_{un} , I_{ur} uyurma toklar hosil qiladi.

Uyurma toklar magnit oqimlar bilan ta'sirlanib elektromagnit moment hosil qiladi.

$$M_E = K \cdot \Phi_n \Phi_r$$

Φ_n ni I_n va U_n ga, Φ_r ni I_r ga va $\psi = \alpha - \varphi_r$ ga bog'liqligini hisobga olsak:

$$M_e = K_1 U_r I_r \sin(\alpha - \varphi_r) = K_1 S_r \quad (*)$$

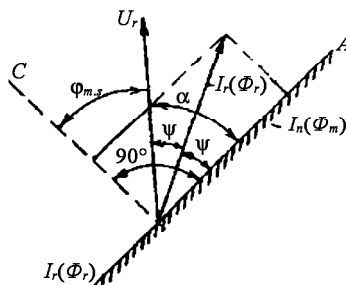
ni hosil qilamiz,

bu yerda:

$$S_r = U_r I_r \sin(\alpha - \varphi_r)$$

relega berilgan quvvat.

Yuqoridagi (*) formulani tahlil qilib, quyidagi xulosalarga kelish mumkin:



4.18-rasm. Quvvat relining vektor diagrammasi.

1. Relening elektromagnit momenti unga berilayotgan quvvatga proporsional.

2. Relening elektromagnit momenti ishorasi $\sin(\alpha - \varphi_r)$ ning ishorasi bilan aniqlanadi va φ_r ning qiymatiga bog'liq.

Sinus va unga bog'liq elektromagnit moment M_e – burchak ψ 0° dan 180° gacha oraliqda bo'lganda musbat ishorali, agar ψ 180° dan 360° gacha o'zgarsa, M_e manfiy – (bu 4.18-rasmda ko'rsatilgan). Manfiy momentlar zonasi shtrixlangan.

4.18-rasmdagi AB chiziq momentning ishorasini o'zgarish chizig'i deyiladi. U doimo U_r vektorga nisbatan α burchakka farq qiladi, ya'ni I_n vektorning yo'nalishi bilan mos keladi.

Aytilganlardan kelib chiqadiki, Φ_n oqim Φ_r oqimdan oldinlab ketganida M_e moment musbat, orqada qolganda esa manfiy. CD chiziq (AB ga perpendikulyar bo'lgan) M_e momentlarning maksimal chizig'i deyiladi. I_n ning CD ga proyeksiyasi $I_r \sin(\alpha - \varphi_r)$ ga teng. Kuchlanish U_r va tok I_r o'zgarimas bo'lganda moment M_e ning kattaligi va ishorasi φ_r burchakka bog'liq.

Burchak $\alpha - \varphi_r = 90^\circ$ da, ya'ni I_r , I_n dan 90° ga o'tib ketganda moment M_e o'zining maksimum qiymatiga erishadi. Bunga mos kelgan burchak φ_r maksimal sezgirlik burchagi φ_{ms} deyiladi. α va φ_{ms} burchaklarni U_r vektoridan qarama-qarshi tomonga qo'yilishini hisobga olsak, ularning yig'indisi – $\varphi_{ms} + \alpha = 90^\circ$ yoki $\varphi_{ms} = \alpha - 90^\circ$ ga teng.

3. Releda kuchlanish yoki tok bo'lmasa yoki $\sin(\alpha - \varphi_r) = 0$ bo'lsa, rele ishlamaydi, bu hol burchak $\varphi_r = \alpha$ va $\varphi_r = \alpha + 180^\circ$ ga teng bo'lganda kuzatiladi.

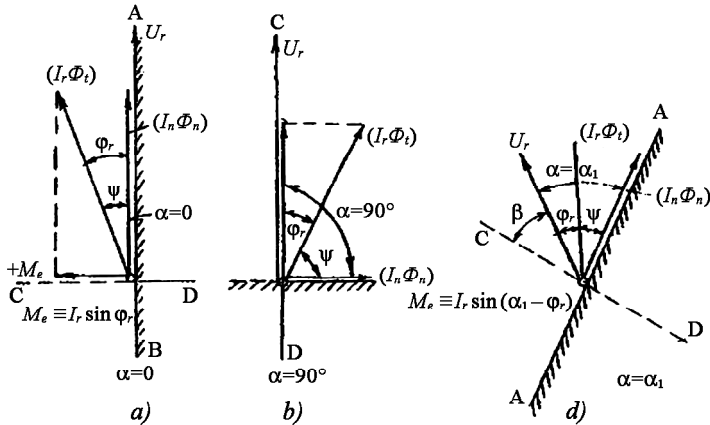
Shunday qilib (*) dan ko'rinadiki, qurilmaning tuzilishi quvvat yo'nalishi va ishorasiga ta'sir javob beruvchi relening tuzilishidir.

Relening ichki burilish burchagini kattaligi o'zgartarib, M_e ning F_r ga bog'lanish xarakteri bilan farq qiluvchi uch xil turdagi quvvat relesini hosil qilish mumkin (4.19-rasm).

1. $\alpha = 0$ da $M_e = K_1 U_r I_r \sin \varphi_r$. Bu demak, M_e momenti relening qisqichlarida o'lchangan reaktiv quvvatga proporsional. Bunday relelar sinusli yoki reaktiv quvvat relesi deyiladi. $\varphi_r = 90^\circ$ bo'lganda rele maksimal aylantiruvchi momentga ega bo'ladi. $\varphi_r = 0$ da M_e moment nolga teng bo'ladi. 4.19- a rasmda relening musbat va manfiy aylanish momentlar zonasi va relening momenti ishorasini o'zgarish chizig'i AB ko'rsatilgan.

2. $\alpha = 90^\circ$ da $M_e = K U_r I_r \sin(90^\circ - \varphi_r) = K U_r I_r \cos \varphi_r$.

Ya'ni moment relega berilayotgan aktiv quvvatga proporsional.



4.19-rasm. Quvvat releining uch turi.

Shuning uchun bunday relelar aktiv quvvat relelari yoki kosinusli relelar deyiladi. 4.19- b rasmda bu tip relelarning vektor diagrammasi berilgan.

3. Burchak $\alpha = \alpha_1$ ning oraliq qiymatlarida, ya'ni α_1 noldan katta lekin 90° dan kichik bo'lgan qiymatlarda $M_e = KU_r I_r \sin(\alpha_1 - \varphi_r)$ ga teng.

Bunday relelar aralash tipdagi quvvat relelari deyiladi. Agar α ni to'ldiruvchi burchak β bilan ifodalasak, ya'ni $\alpha = 90^\circ - \beta$, bo'lsa, moment formulasi quyidagicha yoziladi:

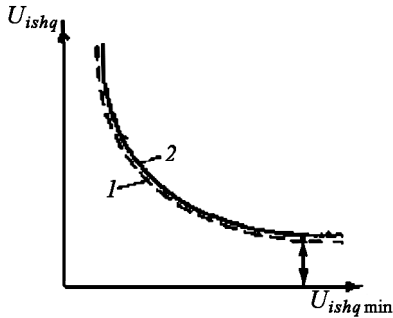
$$M_e = KU_r I_r \sin(90^\circ - \beta - \varphi_r) = KU_r I_r \cos(\varphi_r + \beta).$$

4.19- d rasmda aralash turdagi relening musbat va manfiy momentlar zonalarini ko'rsatilgan. Rele himoyasi sxemalarida ko'rib o'tilgan uch tip quvvat relelari ishlatiladi.

Quvvat relelarining asosiy xarakteristiklari

1. Ishlash quvvati. Elektromagnit moment M_e prujinaning qarshi momenti M_p va ishqalanishlik M_{ishq} momentlarini yengganda rele ishlaydi. Rele ishlagandagi eng kichik quvvat relening ishlash quvvati $S_{r.i}$ deyiladi.

Hozirgi zamon quvvat yo'nalishi relelarida maksimal sezgirlik burchagida relening ishlash quvvati 0,2 dan 4 BA gacha bo'lgan qiymatni tashkil etadi. Relening ishlash quvvati I_r tokka va φ_r burchakka bog'liq. Bu bog'liqlik sezgirlik va burchak xarakteristiklari bilan baholanadi.



4.20-rasm. Quvvat relesining sezgirlik xarakteristikasi:
1-nazariy; 2-real.

2. Sezgirlik xarakteristikasi φ_r burchak o'zgarimanda reledagi kuchlanish va tok o'rtasidagi $U_{r,i}=f(I_r)$ bog'liqlikni ko'rsatadi. Bu yerda $U_{r,i}$ relening ishlashi uchun kerak bo'lgan eng kichik kuchlanish (4.20-rasm).

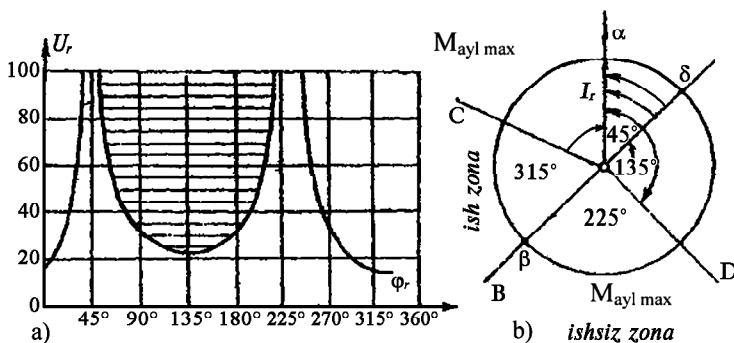
Odatda, xarakteristika φ_r ning qiymati maksimal sezgirlik burchagiga teng bo'lganda, ya'ni $\sin(\alpha-\varphi_r)=1$ bo'lganda olinadi. Nazariy sezgirlik xarakteristikasi giperbola ko'rinishda (1-grafik). Haqiqatda po'lat o'zakning I_r ning katta qiymatida to'yinishi

hisobiga U_r o'zgarimasdan qoladi va sezgirlik chizig'i tok o'qiga parallel bo'ladi (2-grafik).

4.20-rasmda aralash turdagi relening $\alpha=+45^\circ$ ga teng bo'lgandagi xarakteristikasi berilgan.

3. Burchak xarakteristikasi quyidagilarni aniqlashga yordam beradi:

- a) relening sezgirliğini ($U_{r,i}$ ni kattaligi bilan xarakterlanuvchi) har xil φ_r ning qiymatlarida o'zgarishini;
- b) rele ishlagandagi kuchlanishning kichik qiymatini va burchak φ_r ni eng qulay zonasini (4.21- a rasm).
- d) qachon elektromagnit moment o'z ishorasini o'zgartirishini, φ_r



4.21-rasm. Aralash turdagi quvvat relesini $\alpha=45^\circ$ hol uchun burchak xarakteristikalari:

a - burchak xarakteristikasi; b - aylanalı vektor diagrammasi.

burchakning musbat va manfiy momentlarga mos chegaralarini (4.21-b rasm).

Reledagi elektromagnit momentning ishorasi uning chulgʻamlaridan oqayotgan I_n va I_r toklarning (yoki ular hosil qilgan oqimlarning) nisbiy yoʻnalishlariga bogʻliq. Quvvat relelarini qurishda shunday shart qabul qilinganki, bu shartga binoan relening chulgʻamlaridan oqayotgan toklar (I_n va I_r) toklar bir xil yoʻnalishli boʻlganda kontaktlar ulanishi kerak.

Oʻlchov transformatorlariga rele chulgʻamlarining qutblarini hisobga olgan holda ulanadi. Natijada himoya zonasida rele oʻz kontaktlarini ulaydi (4.16-rasm).

Oʻzicha yurib ketish (samoxod) hodisasi

Agar rele faqat tok chulgʻamidan yoki faqat kuchlanish chulgʻamidan tok oqqanda ishlab ketsa, bu hol oʻzicha yurib ketish hodisasi deb ataladi.

Qisqa tutashuv relega yaqin joyda yuz berib, uni qisqichlaridagi kuchlanish nol yoki unga yaqin boʻlib qolsa, tokka qarab oʻzicha yurib ketuvchi relelar quvvat teskari yoʻnalganda ham ishlab ketishi mumkin.

Relening oʻz-oʻzidan ishlab ketishiga sabab, uning magnit sistemasi silindrik rotorga nisbatan nosimmetrik joylanishi natijasi hisoblanadi. Silindrik rotorli relelarda oʻz-oʻzidan ishlab ketish hollarining oldini olish uchun poʻlat oʻzakda kertik qoʻyilgan boʻladi, oʻzakning holatini oʻzgartirib oqimning havo oraliqidagi notekisligi kamaytiriladi.

RBM tipdagi induksion quvvat relelari

RBM turidagi tez ishlovchi quvvat yoʻnalishi relelari himoyalarda keng qoʻllaniladi. Relening momenti:

$$M_e = KU_r I_r \sin(\alpha - \varphi_r) = KU_r I_r \cos(\varphi_r + \beta).$$

Formula orqali aniqlanadi.

Relening ikki xil yasaliş varianti mavjud:

a) RBM-171 va RBM-271 turdagi relelar odatda faza toki va fazalararo kuchlanishga moʻljallanib ishlangan. Bu relelarning maksimal sezgirlik burchagi oʻzgartirilishi mumkin va ikki qiymatga $\varphi_{m.s} = -45^\circ$, $\varphi_{m.s} = -30^\circ$ ga teng.

b) RBM-178, RBM-278 va RBM-177, RBM-277 turdagi relelar, odatda, nol ketma-ketlik toki va kuchlanishga ulanadi, ularning maksimal sezgirlik burchagi $\varphi_{m.s} = +70^\circ$.

RBM-178, RBM-278 relelar uchun iste'mol qilinuvchi quvvat $S_{r.i}=0,2-4$ VA, RBM-177, RBM-277 relelar uchun $S_{r.i}=0,6-3$ VA.

RBM-171, RBM-177, RBM-178 relelar bir tomonga ishlovchi kontaktli, RBM-271, RBM-277, RBM-278 relelar esa ikki tomonga ishlovchi kontaktlarga ega.

Nazorat savollari

1. Induksion quvvat yo'nalishi relesi qanday ulanadi?
2. Relening tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
3. Qanday relelar sinusli hisoblanadi?
4. Kosinusli relelar uchun vektor diagrammasini chizing.
5. Aralash relelarning xarakteristikasi.
6. O'z-o'zidan ishlab ketish hodisasini tushuntiring.

4.11. Magnit elektrik va yarim o'tkazgichli relelar.

Magnit elektrik relelarning tuzilishi

Magnit elektrik relelar (4.22-rasm) doimiy magnitdan (1), I_r tok oquvchi chulg'am (2) o'ralgan harakatlanuvchi ramkadan (3) va kontaktlardan (4) iborat.

Magnit elektrik relening ishi ramka chulg'amidan oqayotgan I_r tok bilan doimiy magnitning magnit oqimi Φ orasidagi o'zaro ta'sirlashuvga asoslangan.

Ramkaning chulg'amiga ta'sir qilayotgan kuch Bio va Savar qonuniga asosan quyidagicha topiladi:

$$F_e = KB_m I_r W_r$$

bu yerda: B_m – doimiy magnit magnit maydonining induksiyasi;

I_r – ramka chulg'amidagi tok;

l – chulg'am o'ramining aktiv uzunligi;

W_r – ramka chulg'amining o'ramlar soni.

F_e – kuch tomonidan hosil qilingan aylanish momenti

$$M_e = F_e d = K' B_m I_r$$

bu yerda: dF_e juft kuchlar yelkasi:

$$K' = K_l \cdot d \cdot W_r \cdot d$$

Ramkaning burilish burchagi kichik ($5^\circ - 10^\circ$) qilib qabul qilinadi. Magnitning qutblari magnit maydoni bir tekisda tarqaladigan qilib tanlanadi. Bu holda magnit induksiya B_m doimiy bo'ladi va buning

natijasida M_e moment rele chulg'amidan oqayotgan tok I_r ga proporsional bo'ladi, ya'ni

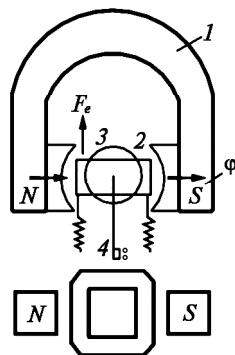
$$M_e = K'' I_r.$$

Moment M_e va F_e kuchning ishorasi relening harakatlanuvchan ramkasi chulg'amidan oqayotgan tokning yo'nalishiga bog'liq. 4.22-rasm-dagi ko'rsatilgan I_r ning yo'nalishidan kuchning yo'nalishi "chap qo'l" qoidasi asosida aniqlangan. I_r ning yo'nalishi o'zgarganda F_e ning yo'nalishi ham o'zgaradi.

Shunday qilib, magnit elektrik relelar tokning yo'nalishiga ta'sir javob beradi va shuning uchun o'zgaruvchan tokda ishlay olmaydi.

Magnit elektrik relelar yuqori sezgirlikka ega va kam quvvat qabul qiladi. Ishlash quvvati 10^{-8} – 10^{-10} Vt ni tashkil qiladi.

Kam quvvat iste'mol qilish bilan bir qatorda magnit elektrik relelar kuchsiz va kam o'chirish xususiyatiga ega bo'lgan kontakt sistemasidan iborat. Kontaktlar orasidagi havo oraliq juda kichik – 0,3–0,5 mm ga yaqin. Sezgirlikni oshirish maqsadida magnit elektrik relelardagi teskari ta'sir qiluvchi prujina kichik momentli qilib yasaladi.



4.22-rasm. Magnitoelektrik relelarning tuzilishi.

Yarim o'tkazgichli relelar

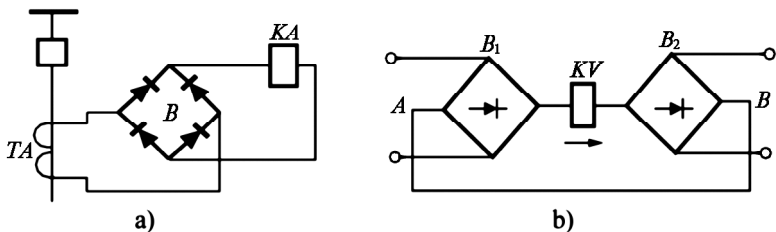
Yarim o'tkazgichli prinsipda asosiy (tok, kuchlanish, quvvat, qarshilik) va mantiq relelari ishlab chiqariladi. Bu xildagi relelarni 2 turga bo'lish mumkin:

1) sodda relelar – 1 ta kattalikka ta'sir javob beruvchi.

4.23- a rasmda to'g'rilangan tokda ishlovchi sodda tok relesi KA ning sxemasi keltirilgan. KA rele o'zgarmas tokda ishlovchi elektromagnit yoki qutblangan yoki magnit elektrik rele bo'lishi mumkin.

B – ikki yarim davrlik ko'prik sxemali to'g'rilagich, u to'g'rilangan tokning pulsatsiyasi rele kontaktlarini tebranishiga olib keladi. Bu tebranishlarni yo'qotish uchun maxsus qurilmalar ishlatiladi.

2) Murakkab relelar 2 ta elektr kattalikning absolyut qiymatlarini solishtirishga asoslangan. 2 ta to'g'rilagich B_1 va B_2 , solishtiriluvchi A va B kattaliklar va bajaruvchi organ KV lar ishtirokidagi sxema 4.23- b rasmda keltirilgan.



4.23-rasm. Yarim o‘tkazgichli relelarning ulanishi.

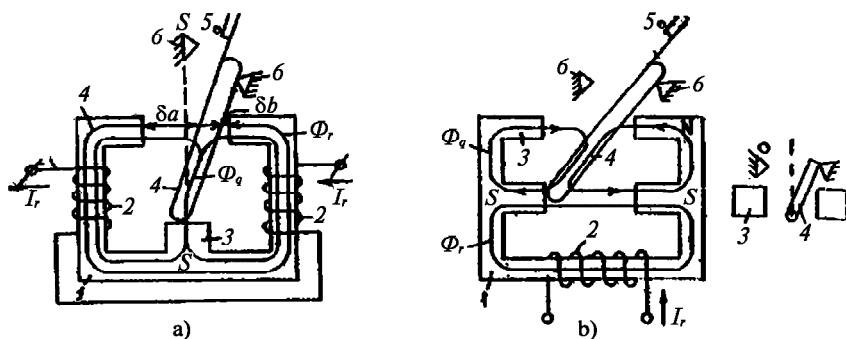
Yarim o‘tkazgichlar qo‘llangan relelarning gabaritlari kichiklashadi, iste‘mol qilinadigan quvvat kamayadi, relelarning sezgirligi ko‘payadi.

Ular yordamida kontaktsiz va harakatlanuvchi qismlarsiz relelar ishlab chiqarish mumkin. Yarim o‘tkazgichli relelarning parametrlari temperaturaga bog‘liqligi va qarshiligining noxizirligi bu relelarning kamchiligi hisoblanadi.

Qutblangan relelar

Qutblangan relelar elektromagnit tuzilishli relelarning bir turidir. Yuqorida ko‘rib o‘tilgan elektromagnit relelardan farqli o‘laroq qutblangan releni yakori ikki magnit oqim ta‘sirida bo‘ladi, ulardan birini relening chulg‘amidan oqayotgan tok hosil qiladi, ikkinchisini doimiy magnit hosil qiladi. Chulg‘amning magnit oqimi ishchi oqim deb, doimiy magnitniki esa qutblovchi deb nomlanadi. Qutblangan rele ikki variantda ishlab chiqiladi: differensial va ko‘priksimon magnit sistemali. Ikkala tuzilish ham o‘zakdan (1), chulg‘amdan (2), magnitdan (3), yakordan (4) va kontakt sistema (5)dan iborat bo‘ladi (4.24-rasm).

Relening ishlash prinsipi bilan soddaroq bo‘lgan differensial sistema orqali tanishib chiqamiz (4.24- a rasm). Doimiy magnit qutblovchi magnit oqim Φ_{qa} va Φ_{qb} qismlariga bo‘linadi. Bu oqimlar havo oralig‘lar δ_a va δ_b hamda o‘zak (1)ning mos qismlari orqali oqib o‘tadi. I_r tok chulg‘am (2) orqali oqib o‘tib ishchi magnit oqim Φ_r hosil qiladi. Bu oqim ham o‘zak (1) orqali oqib o‘tadi, ko‘rilayotgan qurilmani soddalashtirish uchun yakor orqali tarqalayotgan magnit oqimi hisobga olinmaydi. δ_a havo oralig‘ida Φ_q va Φ_r magnit oqimlar qo‘shiladi, δ_b da esa ayriladi. Bunda natijalovchi magnit oqimlar quyidagicha topiladi:



4.24-rasm. Qutblangan relening tuzilishi

$$\Phi_a = \Phi_{qa} + \Phi_r, \quad \Phi_b = \Phi_{qb} - \Phi_r$$

Φ_a magnit oqim ta'sirida yakor chap qutb "a"ga tortiladi. Bunda tortish kuchi $F_a = k\Phi_a^2$, F_a kuch $F_b = k\Phi_b^2$ kuchga teskari ta'sir qiladi. Chunki F_b kuch yakorni δ_b qutbga tortishga harakat qiladi.

Ma'lum bir $I_r > I_{r,i}$ tokda Φ_a magnit oqim Φ_b oqimdan $F_a > F_b$ katta bo'ladi va releni yakori chapga, "a" qutbga tortiladi.

I_r tokning yo'nalishi o'zgariganda Φ_r oqim ham o'z yo'nalishini o'zgartiradi, buning natijasida δ_a oraliqdan oqimlar farqi, δ_b oraliqdan esa oqimlar yig'indisi oqib o'tadi. Toklar $I_r > I_{r,i}$ da oqimlar $\Phi_b > \Phi_a$ va kuchlar $F_b > F_a$ bo'lib, relening yakori o'ngga tortiladi. Shunday qilib, qutblovchi oqimning borligi hisobiga rele yo'naltirilgan bo'lib qoladi. Rele nafaqat tokning kattaligiga, balki uning yo'nalishiga ham bog'liq bo'ladi va unga ta'sir javob beradi.

Releni o'zgaruvchan tok bilan ta'minlaganda uning yakori tokning o'zgarishiga monand ravishda titraydi. Shuning uchun qutblangan relelar o'zgaruvchan tokda ishlay olmaydilar.

Qutblangan relelar muhim afzalliklarga ega: 1) yuqori sezgirlik, kichik ishlash toki va unga bog'liq bo'lgan energiya sarfi (agar havo oraliq 0,5 mm bo'lsa, 0,005 Vt quvvat iste'mol qiladi); 2) issiqlikka chidamli tok karraligi miqdori (20-50) $I_{r,i,min}$. Elektromagnit relelarning boshqa turlarida relening issiqlikka chidamlilik tok karraligi 1,5 $I_{r,i,min}$ dan oshmaydi; 3) tezkor ishlovchanlik (0,005 s).

Qutblangan relelarning kamchiliklariga: 1) kontaktlarning kam quvvatlilik; 2) kontaktlar orasidagi masofaning kichikligi (0,1 dan 0,5 mm gacha) va katta bo'lmagan qaytish koeffitsiyenti kiradi.

Qutblangan relelar releli himoyaning o‘zgarimas tok sxemalarida yordamchi relelar sifatida katta tezlik, yuqori sezuvchanlik kerak bo‘lganda ishlatiladi.

Nazorat savollari

1. *Magnit elektrik relelarning tuzilishini tushuntiring.*
2. *Aylanish momenti nimaga teng?*
3. *Yarim o‘tkazgichli soddala relelarning sxemasini keltiring.*
4. *Yarim o‘tkazgichli murakkab relelar qanday ishlaydi?*

4.12. Operativ tok manbalari

Operativ tok zanjirining vazifasi

Operativ tok, deb o‘chirgichni masofali boshqarishni ta‘minlovchi zanjirni, releli himoyaning operativ zanjirini, avtomatika, telemexanika va axborotlarni qabul qiladigan uskunalarni ta‘minlaydigan tokka aytiladi.

Operativ tokka haqli va muhim talab qo‘yiladi. Asosiy talab bu ishonchlilikdir. Nonormal holatlarda va qisqa tutashuvlarda operativ manbaning kuchlanishi va quvvati himoya elementlarini, shikastlangan liniya va qurilmalarni o‘chiradigan uskunalarni tok bilan ta‘minlash uchun yetarli darajada bo‘lishi kerak.

Stansiya va nimstansiyalarda operativ tokning quyidagi manbalari ishlatiladi:

1. Akkumulyator batareyalari (AB)dan ta‘minlanuvchi o‘zgarimas operativ tok manbayi;

2. Himoyalananayotgan qurilmaning zanjiriga ulangan tok va kuchlanish transformatorlari, o‘z ehtiyoji transformatorlari va zaryadlangan kondensatorlardan ta‘minlanuvchi o‘zgaruvchan operativ tok manbayi;

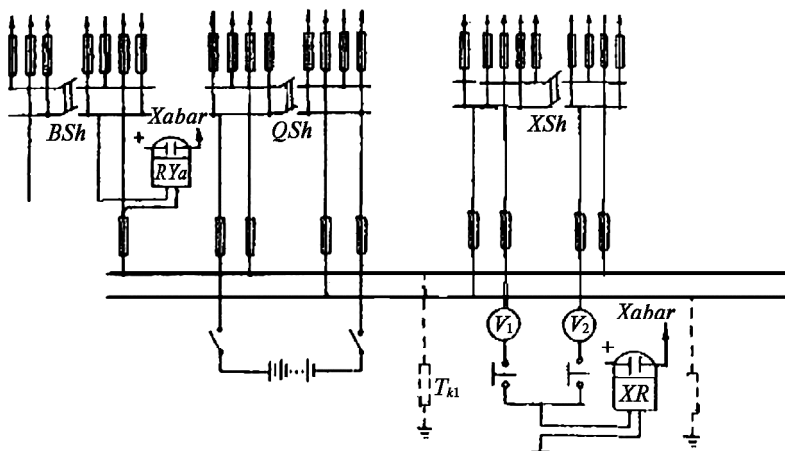
3. Maxsus ta‘minlash bloki yoki to‘g‘rilagichlar yordamida o‘zgarimas tokka aylantirilgan o‘zgaruvchan tok manbayi.

Operativ tok tizimlari:

- nazorat qilinayotgan elektr qurilmaning ish rejimiga bog‘liq va bog‘liq bo‘lmasligi mumkin.

Operativ o'zgarmas tok

O'zgarmas operativ tok manbai sifatida kuchlanishi 110–220 V, kichik nimstansiyalarda esa 24–48 V bo'lgan akkumulyator batareyalari ishlatiladi. Ishonchlilikni oshirish uchun o'zgarmas tok liniyalari bir necha qismlarga bo'linib, har biri alohida batareyaning ishlash tizimiga ulanadi (4.25-rasm).



4.25-rasm. Himoyani operativ zanjirini (boshqarish, qo'shish, xabar berish zanjirlari) o'zgarmas tok bilan ta'minlashning prinsipial chizmasi.

Himoya zanjirlari, o'chirish chulg'amlari boshqarish shinasasi (BSh) dan ta'minlanadi.

Qo'shish shinasasi (QSh)dan 400–500 A tok qabul qiluvchi moyli o'chirgichlarni ulovchi chulg'amlari ta'minlanadi.

Xabar (signal) shinasidan (XSh) xabar beruvchi qurilmalar ta'minlanadi.

Operativ tokning boshqa iste'molchilari (avariya vaqtidagi yoritish, o'z ehtiyoj motorlari va h.k.) alohida liniyadan ta'minlanadilar.

Operativ zanjirlarni qisqa tutashuv tokidan himoya qilish uchun saqlagich yoki tokning oshishiga ta'sir javob beruvchi maxsus avtomatlar ishlatiladi. Saqlagichlarning ishga yaroqliligi nazorat relelari (RYa) yordamida kuzatiladi (4.25-rasm). Shina XSh o'chirgich holatini ko'rsatuvchi xabar lampalarini ulashga mo'ljallangan.

Akkumulyator batareyalari xohlagan vaqtda yetarli qiymatdagi kuchlanish va quvvat bilan operativ tok zanjirlarini ta'minlab tura

oladilar va bunda asosiy tarmoqqa hech qanday bog‘liqlik yo‘q. Shuning uchun ular eng ishonchli manbalardan hisoblanadi.

Lekin bu akkumulyator batareyalari qimmat, ularni zaryadlash uchun maxsus qurilmalar kerak, maxsus joy va malakali xizmat talab etiladi. Bundan tashqari markazlashgan ta‘minot bo‘lganligi sababli zanjirlarda murakkab, uzun va qimmatbaho tok uzatuvchi simlar ishlatiladi.

Shuning uchun keyingi paytda o‘zgaruvchan operativ tok manbalari keng qo‘llanilmoqda.

Operativ o‘zgaruvchan tok

O‘zgaruvchan operativ tok manbalari bo‘lib tok, kuchlanish transformatorlari va o‘z ehtiyoj transformatorlari xizmat qiladi.

Tok transformatorlari operativ zanjirlarni qisqa tutashuv paytida ta‘minlovchi eng mustahkam manbalardan hisoblanadi. Tok transformatorlarida himoyaning ishlash vaqtida quvvat ortadi va operativ zanjirlarni ishonchli energiya bilan ta‘minlash mumkin.

Lekin tok transformatorlari tok oshishi kuzatilmaydigan shikastlanish va nonormal rejimlarda yetarli quvvatni ta‘minlab bera olmaydi. Shuning uchun neytrali izolyatsiyalangan liniyalarda 1 fazali qisqa tutashuv bo‘lganda tok transformatorlaridan manba sifatida foydalanib bo‘lmaydi.

Kuchlanish transformatorlari va o‘z ehtiyoj transformatorlari qisqa tutashuv vaqtida operativ zanjirlarini ta‘minlashga mo‘ljallanmaganlar, chunki qisqa tutashuv paytida liniya kuchlanishi birdan pasayib ketadi, ma‘lum bir hollarda nolga teng bo‘lib qoladi. Shuning uchun ular kuchlanish tushuviga olib kelmaydigan nonormal hollar uchun xizmat qiladi.

Zaryadlangan kondensatorlardan foydalanish

Agar kondensator yetarli kattalikdagi uzoq vaqtga mo‘ljallangan razryad tokiga ega bo‘lsa, u himoya zanjirini shikastlanish va nonormal holatlarining xarakter va turiga bog‘liq bo‘lmagan holda energiya bilan ta‘minlashi mumkin.

Kondensatorni oldindan zaryadlanishi odatda elektr tarmoqda normal rejim bo‘lganda amalga oshiriladi. Podstansiyada kuchlanish yo‘qolsa himoya zanjirini va avtomatlarni zaryadlangan kondensator yordamida energiya bilan ta‘minlash mumkin.

Energiya bilan ta'minlash manbayining quvvati operativ zanjirlar iste'mol qilinayotgan quvvatdan ko'p bo'lishi kerak.

Tok va kuchlanish transformatorlaridan foydalanilganda quvvat taqchilligi yaqqol kuzatiladi va bu ko'p qiyinchilikka olib keladi. O'chirgichni qo'shish va uzish qisqa vaqt davom etib, bu vaqtda o'lchov transformatorlari ishlatilishi mumkin.

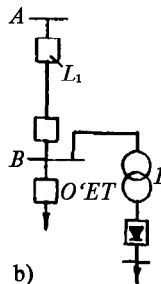
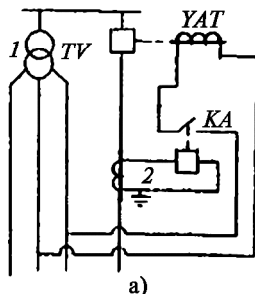
Ish holatida tok transformatorlaridan ta'minlanishni ikki xil usul va sxemasidan foydalaniladi:

a) operativ zanjirlarni tok transformatorlari tomonidan vositasiz ta'minlash;

b) operativ zanjirlarni yordamchi oraliq tok transformatorlari (OTT) vositasida ta'minlash.

4.26- a rasmdagi sxema faqat himoyaning operativ zanjirini ta'minlashga, 4.26- b rasmdagi sxema esa boshqarish va qo'shish zanjirlarini ta'minlashga xizmat qiladi.

4.26-rasm. Operativ zanjirlarni kuchlanish TV va o'z ehtiyoji O'E transformatorlari orqali ta'minlash.



O'zgarmas tok to'g'rilagich (2) yordamida to'g'rilanadi. Ta'minlovchi transformator (1) liniya L_1 orqali "A" manbaga ulanadi. To'g'rilangan tok yordamida "B" shinada operativ zanjir ishga tushadi.

Nazorat savollari

1. Operativ tok zanjirining vazifasi nimadan iborat?
2. Operativ tok manbayining qanday turlari bor?
3. O'zgarmas operativ tok sxemalarini keltiring.
4. O'zgaruvchan operativ tok sxemalarini tushuntiring.

V bob. TOKLI HIMOYALAR

Tokli himoya uchun ta'sir etuvchi kattalik himoya o'rnatilgan joydan A o'tuvchi tok hisoblanadi.

Eng birinchi va oddiy tokli himoya eruvchan saqlagichlar yordamida bajarilgan. Kuchlanishi 1 kV gacha bo'lgan tarmoqlarda ular hozir ham qo'llaniladi.

Tokli himoyalarning ikki turi bo'lib, birinchisi – tokli kesim (TK) va ikkinchisi – maksimal tokli himoya (MTH) deb yuritiladi.

5.1. Maksimal tokli himoyalar

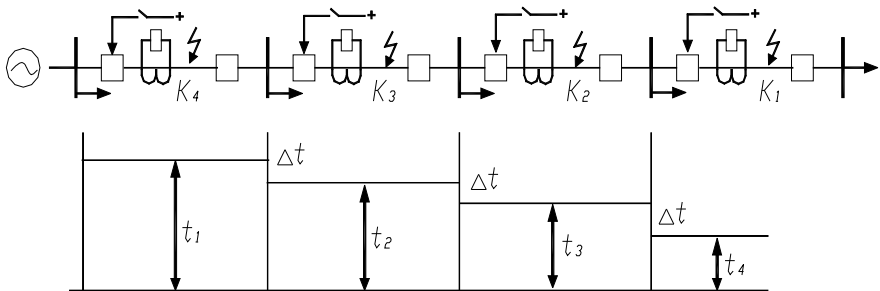
MTH bir tomonlama ta'minlangan elektr ta'minot tizimida asosiy himoya turi hisoblanadi. Ikki tomonlama ta'minlanadigan hamda murakkab sxemali tizimlarda MTH yordamchi himoya sifatida ishlatiladi. MTHning tanlovchanligi sabr vaqti yordamida amalga oshiriladi.

Bir tomonlama ta'minlanadigan tarmoqlardagi har bir liniyaning boshida manba tarafdin boshlab MTH o'rnatiladi.

Buning natijasida liniyalar alohida himoyaga ega bo'ladi.

K_1 nuqtada qisqa tutashuv sodir bo'lsa (5.1-rasm), qisqa tutashuv toki tarmoqning barcha qismlaridan o'tadi, natijada hamma o'rnatilgan himoyalar ishga tushadi. Lekin tanlovchanlik shartiga asosan, faqat shikastlangan liniya o'chirilishi kerak. Buning uchun MTH sabr vaqti bilan bajariladi va bu vaqt iste'molchidan manbaga sari ortib boradi.

Shu prinsip amalga oshsa K_1 nuqtada qisqa tutashuv sodir bo'lganda 1-himoya ishga tushib, shikastlangan liniyani o'chiradi, 2, 3, 4-himoyalar ishga tushib ulgurmasdan ular avvalgi hollariga qaytadi.



5.1-rasm. MTHning pog'onali prinsipi

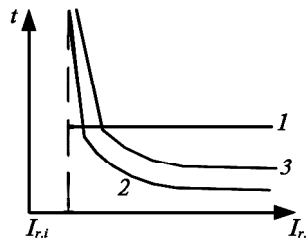
Xuddi shuningdek, K_2 nuqtada qisqa tutashuv bo'lsa, 2-himoya tezroq ishga tushadi, 3-himoya esa ko'proq sabr vaqtli bo'lgani sababli ishlamaydi.

Sabr vaqtini bunday tanlash pog'onali prinsip deb ataladi.

Δt – sabr vaqtining pog'onasi deyiladi.

$\Delta t = 0,5 \div 0,6$ s oraliq olinadi.

Sabr vaqti tokka bog'liq, bog'liq bo'lmagan yoki qisman bog'liq bo'lishi mumkin (5.2-rasm).



5.2-rasm. Sabr vaqtini reledagi tokka bog'liqligi

MTH sxemalari

Himoyaning prinsipial sxemalari birlashgan yoki tarqoq holda ko'rsatilishi mumkin. Birlashgan sxemalarda relening chulg'amlari va kontaktlari bir-birlariga tegishli ekanligi yaqqol ko'rinib turadi. Sxemalar murakkablashgan sari tok va kuchlanish zanjirlari hamda operativ zanjirlar alohida chizilishi lozim. Operativ zanjirlarning manbayiga qarab MTH ikki guruhga bo'linadi:

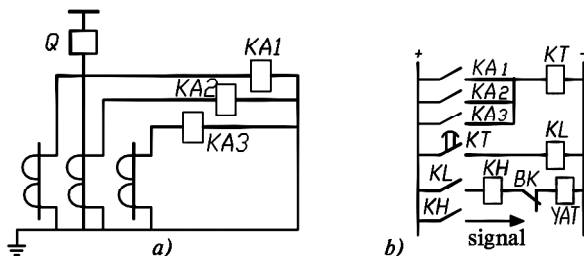
- 1) o'zgarmas tokli;
- 2) o'zgaruvchan tokli.

1. O'zgarmas tokli uch fazali sxemalar

O'zgarmas tokli uch fazali sxema himoyaning tok zanjirida uchta fazaga o'rnatilgan TA1, TA2, TA3 tok transformatorlari va uchta KA1, KA2, KA3 tok relelarini to'liq yulduz usulida yig'ib amalga oshiriladi. Texnika xavfsizligi talablariga mos ravishda tok transformatorlarining ikkilamchi chulg'amlari zaminlanadi. 5.3-rasmda MTHning uch fazali sxemasi alohida zanjirlarda keltirilgan.

Himoya qilinayotgan liniyadagi qisqa tutashuv turiga qarab bir yoki bir necha tok relesi (KA) ishga tushadi, natijada vaqt relesi KT ning chulg'amidan tok o'tadi. Ma'lum bir fursatdan keyin rele KT ning kontaktlari qo'shilib oraliq relesi KL ni ishga tushiradi. Oraliq relesi KL vaqt relesi KT kontaktlari quvvatini oshirish uchun xizmat qiladi.

KL ning kontaktlari ko'rsatish relesi KH va o'chirgichning blok - kontaktlari Q orqali o'chiruvchi solenoidning zanjirini tutashtiradi,



5.3-rasm. Uch fazali uchta releli MTH:

a) tok zanjir; b) operativ zanjir.

bu esa Q o'chirgichni o'chishiga olib keladi, keyin blok kontakt Q himoya zanjirini uzadi.

MTHni ishlash toki, sabr vaqti va sezgirlik koeffitsiyenti himoya-ning aniqlanishi talab etiladigan parametrlari hisoblanadi. O'chirgichni o'chirishga olib keladigan fazadagi birlamchi minimal tok himoyaning ishlash toki deyiladi. Shu vaqtda relening chulg'amidan o'tayotgan ikkilamchi tok relening ishlash toki hisoblanadi ($I_{r,i}$). Himoyani dastlabki holatiga qaytaruvchi maksimal tok qaytish toki deyiladi. Qaytish tokining ishlash tokiga nisbati relening qaytish koeffitsiyenti deb ataladi (Q_k).

Himoyaning ishlash toki $I_{H,ISH}$ ni aniqlash

MTH shikastlanishlarda ishonchli bo'lishi kerak. Yuklamaning maksimal toklarida va qisqa davom etuvchi tok sakrashlarida bu himoya ishlamasligi shart.

Parametrlarni tanlash shartlari quyidagicha:

1) himoyaning tok relesi yuklama tokining maksimal qiymatida harakatga kelishi mumkin emas, shuning uchun himoyaning ishlash toki eng katta yuklama tokidan katta bo'lishi kerak:

$$I_{h,ish} > I_{ish,max}$$

bu yerda:

$I_{ish,max}$ – himoya qilinayotgan elementdagi maksimal ishchi tok.

$I_{h,ish}$ – himoyaning ishlash toki, birlamchi tok.

$I_{r,i}$ – relening ishlash toki (ustavka toki), bu ikkilamchi tok hisoblanadi.

2) qisqa tutashuvda harakatga kelgan tok relelari qisqa tutashuv o'chirilgandan so'ng boshlang'ich holatiga qaytishi zarur:

$$I_q > K_{smz} \cdot I_{ish.max},$$

bu yerda:

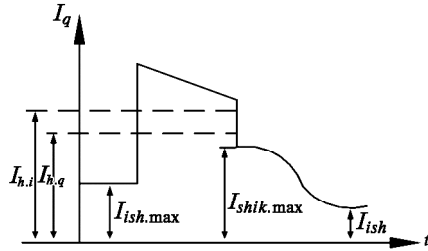
I_q – relening qaytish toki

K_{smz} – o‘z-o‘zini ishga tushirish (самозапуск) koeffitsiyenti.

Himoya to‘g‘ri ishlashi uchun I_q qaytish toki shikastlanishdan keyingi maksimal tokdan katta bo‘lishi kerak.

$$I_{shik.max} = K_{smz} \cdot I_{ish.max}$$

agar relening qaytish koeffitsiyenti:



5.4-rasm. Qisqa tutashuvda va u o‘chirilgandan keyin liniyadagi tokni o‘zgarishi.

$$K_q = \frac{I_q}{I_{r.i}}$$

bo‘lsa, unda

$$I_{q.ish} = \frac{I_q}{K_q} = \frac{K_z \cdot K_{smz}}{K_q} \cdot I_{ish.max},$$

bu yerda: K_z – zaxira koeffitsiyenti, $K_z=1,1 \div 1,2$

Relening ishlash toki:

$$I_{r.i} = \frac{K_z \cdot K_{smz} \cdot K_{sx}}{K_q \cdot n_{TT}} \cdot I_{ish.max},$$

bu yerda:

K_{sx} – sxema koeffitsiyenti.

K_q – qaytish koeffitsiyenti.

n_{TT} – tok transformatorining transformatsiya koeffitsiyenti.

Himoyaning ishlash toki orqali sezgirlik koeffitsiyenti hisoblanadi.

$$K_{sez} = \frac{I_{q.t.min}}{I_{ish}}$$

bu yerda:

$I_{q.t.min}$ – qisqa tutashuv tokining minimal qiymati.

PUE ga asosan bu koeffitsiyent himoya qilinayotgan zonada $K_{sez} > 1,5$ bo‘lishi kerak.

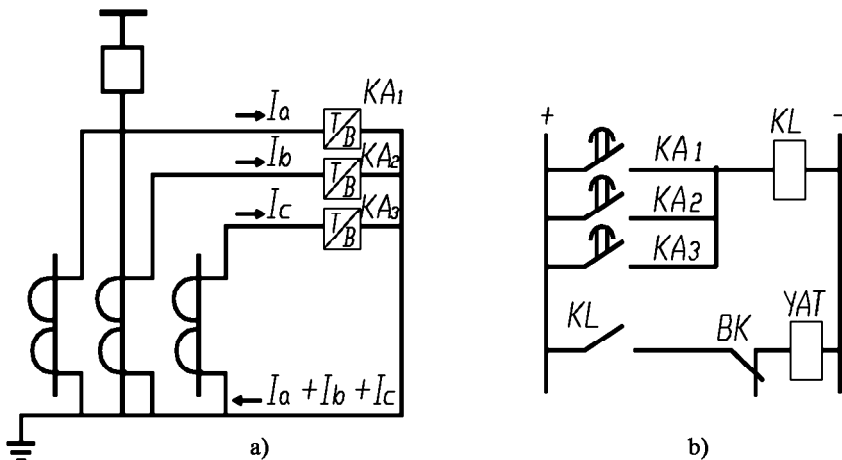
Zaxira zonada esa bu koeffitsiyent $K_{sez} > 1,2$ ga teng bo‘lishi kerak.

MTH sxemalari sodda va ularni sozlash ham oson. Bu MTHning asosiy afzalligi hisoblanadi.

MTHning kamchiligi shundan iboratki, manba yaqinidagi qisqa tutashuv toklarini katta sabr vaqt bilan o‘chiradi.

Sabr vaqti tokka bog‘liq MTH

Bu sxemada (5.5-rasm) ishga tushiruvchi organlar funksiyasini, tanlovchanlikni induksion tipidagi rele RT-80 bajaradi, vaqt rele, ko‘rsatish relolari ishlatilmaydi. Quyidagi sxemada xuddi shu rele yordamida bajarilgan himoyaning tok va operativ zanjirlari ko‘rsatilgan:



5.5-rasm. Uch fazali uchta releli sabr vaqti tokka bo‘g‘liq MTH:

a) tok zanjiri; b) operativ zanjir

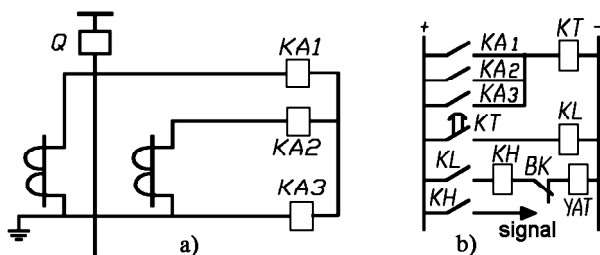
Sxemadagi relolar soni kam. Lekin ularni sozlash qiyinroq amalga oshiriladi. Nol simdagi tok

$$I_n = I_a + I_b + I_c = 3I_0$$

Bu turdagi 3 fazali MTH sxemalari qisqa tutashuvning barcha turlariga ta’siran javob beradi, ammo neytrali izolyatsiyalangan tarmoqlarda 2 faza yerga tutashsa tanlovchanligi susayadi.

Ikki fazali sxemalar

Himoya sxemasi to‘liq bo‘lmagan yulduz usulida yig‘iladi (5.6-rasm). Buning uchun A va C fazalarga ikkita tok transformatorlari TA1 va TA2 o‘rnatiladi va ularning ikkilamchi chulg‘amlariga KA1 va KA2 tok relolarining chulg‘amlari ulanadi. Bu sxemalar TT qo‘yilmagan fazadan boshqa hamma qisqa tutashuvlarga ta’siran javob beradi.



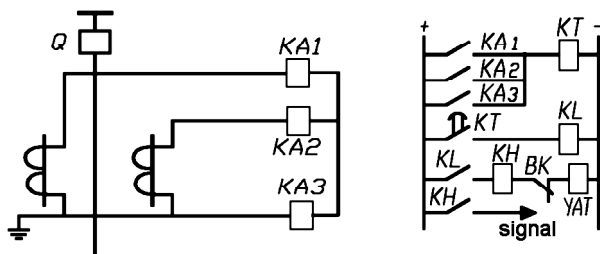
5.6-rasm. **Sabr vaqti tokka bog‘liq ikki fazali MTH**
a) tok zanjir; b) operativ zanjir.

a) Sabr vaqti tokka bog‘liq MTH. Himoya elementlarining sxemalari va vazifalari xuddi uch fazali sxemalarnikidek.

Sxema nol sim bilan yig‘iladi, KA_3 rele faza toklarining yig‘indisiga ulanadi, natijada sezgirlik koeffitsiyenti oshadi.

b) Sabr vaqti tokka bog‘liq bo‘lmagan MTH.

Quyida ko‘rsatilgan sxemada tok relelarining vaqt-tok xarakteristikalari to‘g‘ri chiziqdan iborat. MTH ning sabr vaqti vaqt relesi KT yordamida amalga oshiriladi. Xabar berish relesi KN ham ishlatiladi.



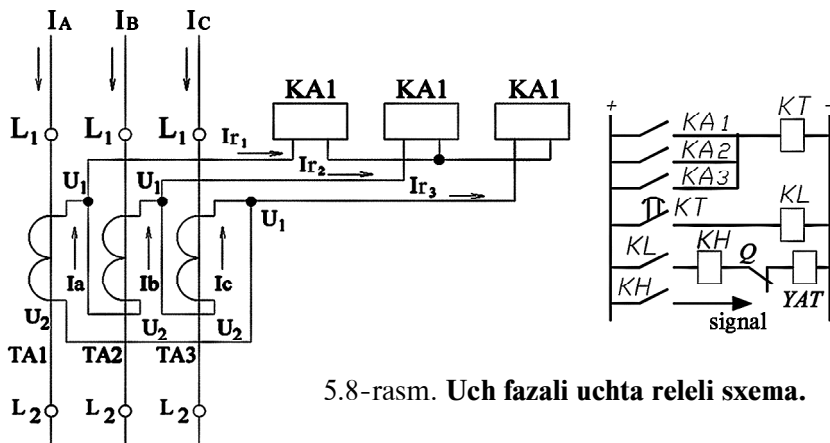
5.7-rasm. **Sabr vaqti tokka bog‘liq bo‘lmagan ikki fazali MTH**

Nol sim bilan yig‘ilgan ikki fazali sxemalar uch fazali sxemalardan arzonroq. Yulduz-uchburchak yoki uchburchak-yulduz usulida ulangan transformatorlardan keyingi ayrim ikki fazali qisqa tutashuvlarda himoyaning sezgirligi to‘liq yulduz usuliga nisbatan ikki marta kam.

TT ning ikkilamchi chulg‘amlari uchburchak shaklida, relelar esa yulduz usulida ulangan uch fazali sxema

Bu sxema har bir fazaga o‘rnatilgan uchta tok transformatorlari va uchta tok relelari yordamida bajariladi.

Bunday sxema qisqa tutashuvning hamma turlariga ta'siran javob beradi.



5.8-rasm. Uch fazali uchta releli sxema.

Sxema koeffitsiyenti K_{sx} qisqa tutashuv turiga qarab o'zgaradi.

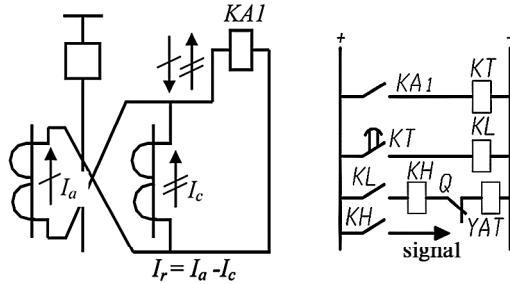
11.1-jadval

Q.T turi	shikastlangan faza	fazadagi toklar	reledagi toklar		
			I	II	III
			I_{A-I_B}	I_{B-I_C}	I_{C-I_A}
ikki fazali	A, B	$I_B = -I_A; I_C = 0$	$2I_A$	I_B	$-I_A$
	B, C	$I_C = -I_B; I_A = 0$	$-I_B$	$2I_B$	I_C
	C, A	$I_B = 0; I_A = -I_C$	I_A	$-I_C$	$2I_B$
bir fazali	A	$I_A = I_Q$	I_A	0	$-I_A$
	B	$I_B = I_Q$	$-I_B$	I_B	0
	C	$I_C = I_Q$	0	$-I_C$	I_C

Ikki fazali bitta releli sxema

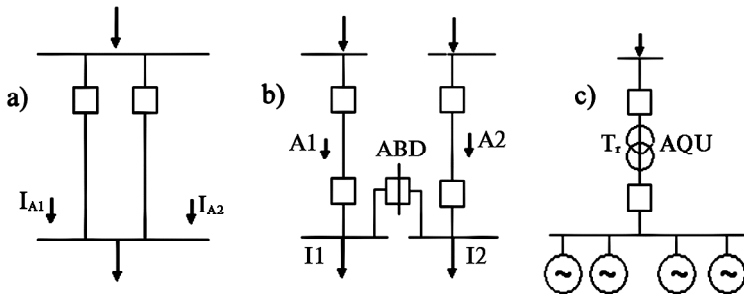
Sxema A va C fazalarga o'rnatilgan ikkita tok transformatori va ularning ikkilamchi chulg'amidan o'tuvchi toklarning ayirmasiga ulangan bitta tok relesi KA1 yordamida yig'iladi. Quyida keltirilgan sxemaning tok zanjirida reledan o'tayotgan toklarning yo'nalishlari ko'rsatilgan. Bu sxema neytral nuqtasi yerga ulanmagan tarmoqlarda fazalararo qisqa tutashuvlardan himoya qilish uchun ishlatiladi.

5.9-rasm. Toklar ayirmasiga ulangan releli sxema.



Sxemaning koefitsiyenti K_{sx} qisqa tutashuvning turiga bog‘liq. Chulg‘amlari yulduz – uchburchak usulida ulangan transformatorlardan keyin bo‘ladigan ikki fazali qisqa tutashuvlarni sxema sezmasligi mumkin. Sxema arzon va sodda bo‘lganligi uchun keng qo‘llaniladi.

MTHda himoyaning ish toki $I_{ish.max}$ ni aniqlash



5.10-rasm. MTHning ish tokining aniqlashda tarmoqning turli **cxemalari:** a) parallel liniyalarda; b) zaxiradagi manbani avtomatik ulaydigan sxemalarda; c) bir necha motorli liniyalarda.

a) parallel liniyalarda, liniya L1 (L2) o‘chirilganda, L2 (L1) liniyada yuklama ikki marta ortadi. Shuning uchun

$$I_{ish.max} = 2I_l = I_{yuk};$$

b) zaxiradagi manbani avtomatik ulaydigan (AVR li) sxemalarda

$$I_{ish.max} = I_1 + I_2;$$

c) bir necha motorli liniyalarda, avtomatik qayta ulash qo‘llanilgan liniyalarda elektr motorlarning o‘z-o‘zidan ishga tushishlarini hisobga olish zarur.

Buning uchun koefitsiyent K_{smz} – aniqlanadi.

$$K_{smz} = \frac{I_{Yn}}{I_{tr.nom}} = \frac{1}{x_Y^* S_{tr.nom}}$$

bu yerda: I_{Yn} – ishga tushirish toklari yig‘indisi.

$I_{tr.nom}$ – transformatorning nominal toki.

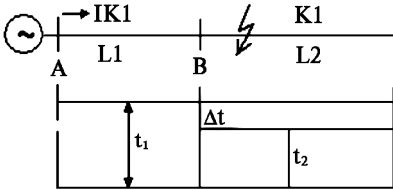
x_Y^* – motorlarning qarshiliklari yig‘indisi,

$S_{tr.nom}$ – transformatorning nominal quvvati.

Sabr vaqtini tanlash

Sabr vaqti pog‘ona prinsipiga asosan tanlanadi. Tanlov manbadan eng uzoq joylashgan elementdan boshlanadi, manbaga yaqinlashgan sari sabr vaqti pog‘onasi Δt qo‘shib boriladi.

Liniya L1 dagi himoyaning sabr vaqti:



5.11-rasm. Sabr vaqtini pog‘onali prinsipda tanlash.

$$t_1 = t_2 + \Delta t.$$

Liniya L2 dagi himoyaning sabr vaqti:

$$t_2 = t_{xato(2)} + t_{h(2)} + t_{o'chir(2)}$$

dan iborat, ya'ni bu yerda:

$t_{xato(2)}$ – bo‘lishi mumkin xatolik vaqti.

$t_{h(2)}$ – himoyaning ishlash vaqti;

$t_{o'chir(2)}$ – o‘chiruvchi asbobjining ishlash vaqti.

$$t_1 > t_2$$

$$t_1 = t_{xato(1)} + t_{h(1)} + t_{o'chir(1)} + \Delta t.$$

PUE ga asosan

$\Delta t = 0,35 \div 0,6$ s (tokka bog‘liq bo‘lmagan hol uchun).

$\Delta t = 0,6 \div 1$ s (bog‘liq bo‘lgan hol uchun).

Misol. Birinchi bobda keltirilgan kabel liniyaning MTHsi hisob-lansin. $I_{yuk} = 136$ A.

Yechish: MTH tok relesi RT-40 va vaqt relesi RV-200 yordamida amalga oshiriladi.

$$I_{h.i} = \frac{K_z \cdot K_{smz}}{K_k} \quad I_{ish.max} = \frac{1,2 \cdot 1,5}{0,8} \quad 136 = 306A$$

$$I_{ish.max} = 136A$$

$$I_{r,i} = K_{sx} \cdot \frac{I_{h,i}}{n_{t,t}} = 1 \cdot \frac{306}{40} = 7,65 A$$

$$K_{sez} = \frac{I_{kt\min}^2}{I_{r,i} \cdot n_{t,t}} = \frac{0,87 \cdot 4481}{7,65 \cdot 40} = 13 > 1,5$$

Rezerv zonada:

$$K_{sez} = \frac{I_{kt\min}^2}{I_{r,i} \cdot n_{t,t}} = \frac{0,87 \cdot 11486}{7,65 \cdot 306} = 32 > 1,2$$

Sezgirlik koeffitsiyenti asosiy va rezerv zonalarda ruxsat etilgan darajada.

Nazorat savollari

1. Tokli himoyalarning turlari qanday?
2. Maksimal tokli himoya ishlash tokini aniqlang.
3. Himoyaning sabr vaqtini toping.
4. MTH sxemalari ko'rsating.

5.2. Kuchlanish bo'yicha ishga tushuvchi MTH

Qisqa vaqt davom etadigan (masalan, asinxron motorlarning ishga tushuvi) katta toklar MTHni qo'pollashuviga olib keladi.

Qisqa tutashuv tokini qo'shimcha yuklanish toklaridan farqi kuchlanishning pasayishida ko'rinadi. Ana shu farq asosida kuchlanish bo'yicha ishga tushuvchi MTH sxemalari bajariladi.

KA₁, KA₂, KA₃ – tok relelari (maksimal relelar)

KV₁, KV₂, KV₃ – kuchlanish relelari (minimal relelar)

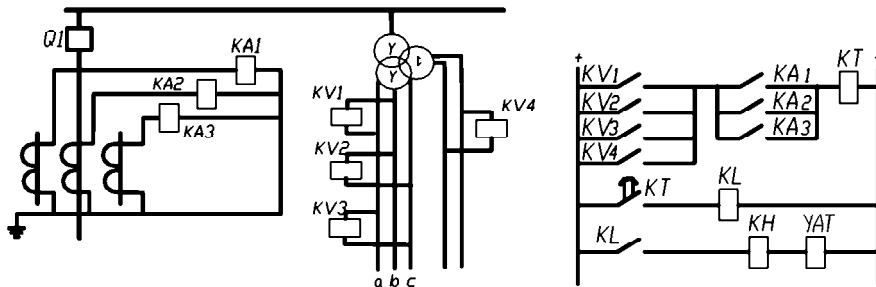
KV₄ – kuchlanish relesi ochiq uchburchakka ulangan bo'lib, bir fazali qisqa tutashuvlarda U₀ ga qarab ishlaydi (maksimal relelar)

O'ta yuklanishlardagi katta toklar ta'sirida tok relelarining kontaktlari ulanib qolsa ham, kuchlanish relelarining sozlangan ustavkasi himoyani ishga tushishiga yo'l qo'ymaydi. Faqat qisqa tutashuv natijasida kuchlanish pasayganda KV lar ishlaydi, KTning zanjiri operativ manbaga ulanadi, KTning kontaktlari ma'lum bir vaqtda so'ng KLning zanjirini ulaydi, KL kontaktini ishlashi o'chiruvchi chulg'am YAT ni ulanishiga olib keladi.

Buning natijasida o'chirgich yordamida liniya tarmoqdan uziladi.

Neytrali (betaraf nuqtasi) yerga ulanmagan tarmoqlarda sxema 2

fazali qilib bajariladi, KV_4 – rele ishlatilmaydi, himoya faqat fazalararo tutashuvlarda ish beradi.



5.12-rasm. **Kuchlanish bo‘yicha ishga tushuvchi MTH**

Himoya parametrlari.

Himoyaning ishlash toki yuklama tokiga bog‘liq holda aniqlanadi.

$$I_{ish} = \frac{K_z}{K_q} \cdot I_{yuk}$$

$$I_{ish.max} = (1,5 \div 2) I_{yuk}$$

bu yerda:

I_{yuk} – uzoq vaqt davom etadigan yuklama toki.

Himoyaning ishlash kuchlanishi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$U_{h.i} = \frac{U_{ish.min}}{K_z \cdot K_q}$$

K_z – zaxira koeffitsiyenti: $K_z = 1,1 \div 1,2$.

Himoyani ishga tushiruvchi shartlar:

1) $U_{r.i} < U_{ish.min}$

2) $U_{qay} < U_{ish.min}$

Qaytish koeffitsiyenti:

$$K_q = \frac{U_{qay}}{U_{ish}}$$

Relening ish kuchlanishi:

$$U_{r.i} = \frac{U_{ish.min}}{K_z \cdot K_q \cdot n_{t,t}}$$

$U_{ish.min}$ – nominal kuchlanishning $5 \div 10$ foiziga teng.

Sezgirlik koeffitsiyenti: $K_{sez} = \frac{U_{ish}}{U_{q.t.max}} \geq 1,5$ ga teng bo'lish kerak.

Bu yerda: $U_{q.t.max}$ – qisqa tutashuvdagi kuchlanish miqdori.

Bunday sxema o'rta va kichik uzunlikdagi liniyalarni himoya qilishda ishlatiladi.

KV_4 – maksimal kuchlanish rele si bo'lib, faqat bir fazali yoki 2 faza yer bilan tutashuvda hosil bo'lgan kuchlanishga qarab ishlaydi.

Normal rejimda $U_0 = 0$ ga teng.

Bunday MTH faqat qisqa tutashuv toklari paydo bo'lganda ishga tushadi, o'ta yuklanish toklarida esa ishga tushmaydi.

Shuning uchun kuchlanish bo'yicha ishga tushuvchi MTH shikastlanish hodisalari ehtimoli ko'p bo'lgan liniyalarda, oddiy MTH ning sezgirligi yetishmagani uchun qo'llaniladi.

O'zgaruvchan operativ tokli MTH

Bu turdagi himoyalar asosan uch xil sxemadan iborat:

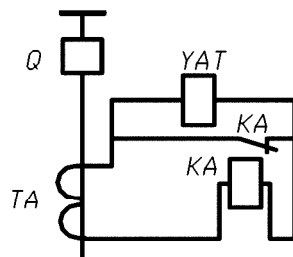
1) himoya ishlaganda o'chiruvchi elektromagnitni shuntidan ozod qiluvchi prinsipli;

2) ta'minlovchi bloklardan ishlovchi;

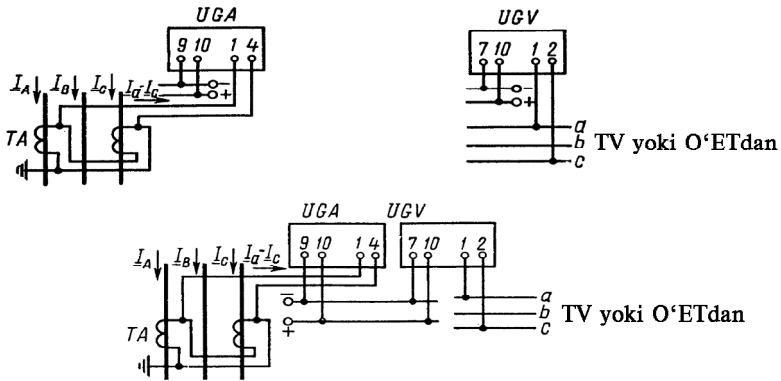
3) zaryadlangan kondensatorlardan ta'minlanuvchi.

5.13-rasmda avval aytib o'tilganidek, normal holatda o'chiruvchi elektromagnit zanjirida tok yo'q, chunki tok relesining kontakti KA o'chiruvchi elektromagnit YATni shuntlaydi. Himoya ishlab, KAning kontaktlari ochiladi, YAT TAga ulanib qoladi. Natijada Q zanjirini uzadi. Bunday sxemalar o'chiruvchi elektromagnitni kam quvvatli bo'lgan o'chirgichlarda keng qo'llaniladi.

O'zgaruvchan tokni to'g'rilash uchun maxsus bloklar ishlatiladi. Ular odatda tok va kuchlanish transformatorlari, o'z ehtiyoji transformatorlariga (O'ET) ulanadi. Blok UGA tok transformatorlariga ulanadi; blok UGV kuchlanish transformatorlariga yoki O'ETga ulanadi. Releli himoya va avtomatikasining tok zanjirlari bloklar ulangan tok va kuchlanish transformatorlarining zanjirlariga ulanmaydi. Bloklarni alohida va birga



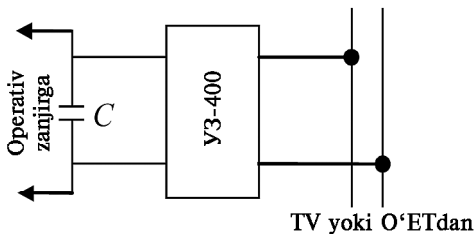
5.13-rasm. Shuntli MTH sxemasi



5.14-rasm. Ta'minlovchi bloklar sxemalari.

ishlatish mumkin. Bloklar tez to'yinuvchi tok transformatoridan va ikki yarim davrluk to'g'rilagichlardan iborat. 5.14-rasmda bloklarni ulanish usullari ko'rsatilgan.

UGA 2ta fazaning ayirmasiga ulangan. Bu sxema betaraf nuqtasi izolyatsiyalangan tarmoqda qo'llaniladi, lekin chulg'amlari Y/ Δ usulida ulangan transformator orqasida bo'ladigan qisqa tutashuvlarda ishlamaydi.



5.15-rasm. Operativ zanjirni kondensator energiyasidan taminlash.

vaqtli impuls yuborish mumkin, shuning uchun YAT zanjirida yordamchi blok-kontakt o'rnatilmaydi.

Bunday sxemalar TTdan uzatilayotgan quvvat shuntli sxemalarni ishlashi uchun kamlik qilganda, podstansiyalarda kuchlanishi va tok yo'q vaqtida, minimal kuchlanishli himoya sxemalarida ishlatiladi.

5.15-rasmda operativ zanjir C kondensatorida yig'ilgan energiya hisobidan ta'minlangan. Kondensator C zaryadlovchi va ta'minlovchi qurilmaga (Y3-400) ulangan, qurilma esa TV (yoki O'ET)ga ulangan.

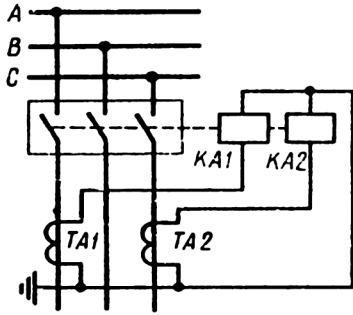
Kondensatorida yig'iladigan energiya nisbatan kichik bo'lgani uchun YATga qisqa

Birlamchi releli MTH

Kuchlanishi 6-10 kV li tarmoqlarda birlamchi releli MTH sxemalari qoʻllaniladi.

Birlamchi relelar oʻchirgichning yuritmasiga joylashtiriladi. Bu sxemalar shuning uchun sodda va arzon hisoblanadi, bir tomonlama taʼminlanadigan sxemalarda yuqori tanlovchanlikka erishish mumkin.

Manba yaqinida sabr vaqti kattalashgani uchun koʻp shoxobchalik tarmoqlarda sezgirlik yetarli darajada emas. 5.16-rasmda birlamchi releli MTH sxemasi koʻrsatilgan. Birlamchi relening ishlash prinsipi avvalgi boblarda yoritilgan. Relening chulgʻamlari ishlash tokida katta quvvat isteʼmol qiladi. Tok transformatorining aniqlik sinfi relening ishlash tokiga qarab moslanadi.



5.16-rasm. **Birlamchi releli MTH.**

Nazorat savollari

1. *Kuchlanish boʻyicha ishga tushuvchi MTH afzalliklari.*
2. *Oʻzgaruvchan operativ tokli MTH qayerda ishlatiladi?*
3. *Oʻzgaruvchan operativ tok manbalari.*
4. *Birlamchi releli MTH sxemasi.*

5.3. Tokli kesim

Tokli kesim (TK) tezkor tokli himoya hisoblanadi, tanlovchanligi himoyalalanayotgan qismning oxiridagi eng katta tokka bogʻliq boʻladi. TK faqat yaqin boʻlgan qisqa tutashuvlarda ishlaydi, yordamchi himoya hisoblanadi.

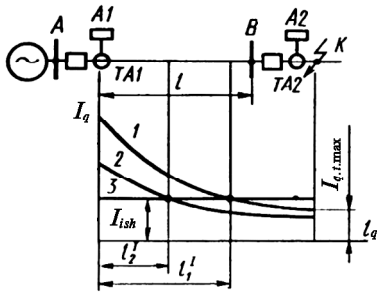
TK barcha havo liniyalarida, kichik quvvatli (1600 kVA gacha) transformatorlarda oʻrnatiladi.

TK sabr vaqtli va sabr vaqtsiz qilib bajariladi.

TKning taʼsir zonasi liniya uzunligining bir qismini tashkil etadi va tizimning ish rejimiga bogʻliq ravishda oʻzgarib turadi.

TKning ishlash toki quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{ish.tk} = K_i \cdot I_{q.t \max}$$



5.17-rasm. Sabr vaqtsiz tokli kesimning ish zonasi

bu yerda: K_i – ishonchlilik koefitsiyenti,

$I_{q,t,max}$ - himoya qilinayotgan elementning oxiridagi qisqa tutashuv toki.

$K_i=1,2 \div 1,3$ (RT-40 uchun)

$K_i=1,5$ (RT-80 uchun)

5.17-rasmda qisqa tutashuv tokining liniya masofasiga bog‘liq grafigi ko‘rsatilgan:

1 – maksimal rejim uchun

2 – minimal rejim uchun

3 – himoyani ishlash toki

l_1^I – tokli kesimning maksimal rejimdagi ish zonasi

l_2^I - tokli kesimning minimal rejimdagi ish zonasi.

PUE bo‘yicha TK ta‘sir zonasini liniyaning 20 %ni tashkil etsagina qo‘llaniladi.

Qisqa tutashuv toki $I_{q,t}$ shikastlanish joyigacha bo‘lgan qarshilikning miqdoriga bog‘liq, chunki

$$I_{q,t} = \frac{E_s}{X_s + X_l} = \frac{E_s}{X_s + X_{0l}}$$

TK quyidagi shart bajarilgandagina ishlaydi.

$$I_{ish.tk} < I_{q,t}$$

TK nisbatan uzun bo‘lgan liniyalarda qo‘llaniladi, shu yo‘l orqali MTHning asosiy kamchiligi hisoblangan manba yaqinidagi qisqa tutashuv tokini katta sabr vaqti bilan o‘chirishi yo‘qotiladi.

TKning ta‘sir zonasini quyidagicha aniqlash mumkin:

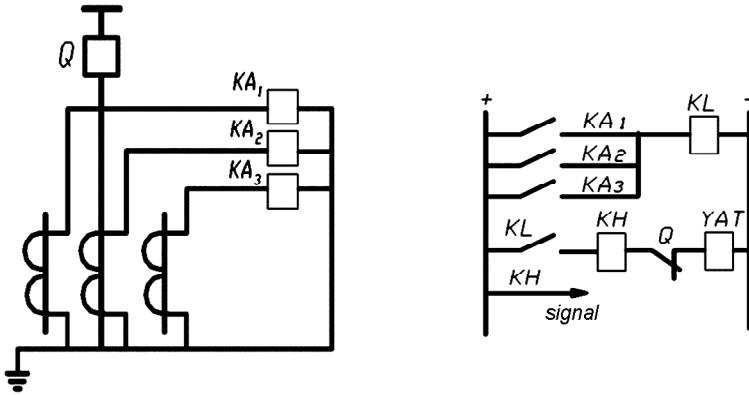
$$I_{tk\%} = \frac{100}{X_l} \left(\frac{E_s}{I_{ish.tk}} - X_s \right),$$

bu yerda: X_l – liniyaning qarshiligi.

X_s – sistemaning qarshiligi.

Betaraf nuqtaning holatiga qarab 3 fazali va 2 fazali sxemalar ishlatiladi.

Liniya bilan transformator blokli ravishda ishlasa, u holda TK transformatoridan keyin bo‘ladigan qisqa tutashuv tokiga qarab sozlanadi.



5.18-rasm. Tokli kesimning uch fazali sxemasi.

Bunda liniyani butunlay himoya qilish imkoniyati tug‘uladi.

$$I_{ish.tk.l} = (1,1 \div 1,2) I_{ish.tr}$$

$I_{ish.tk}$ – transformatorning himoya qiluvchi tok.

TK ning ta’sir zonasini uzaytirish uchun tanlovchan bo‘lmagan kesim himoyasi qo‘llaniladi. Bu himoya avtomat qurilmalari bilan birga ishlatilganda tanlovchanlik to‘g‘rilanadi.

Masalan, K nuqtadagi qisqa tutashuvda (rasm) himoya transformatorni ham o‘chiradi, lekin AQU yordamida transformator qayta ishga tushadi.

Transformatorlarning soni ko‘p bo‘lsa, shikastlangani o‘chirilib, liniya yana qayta tiklanadi. Tezkor TKning asosiy ahamiyati katta qiymatli toklarni qisqa vaqtda o‘chirishidan iborat.

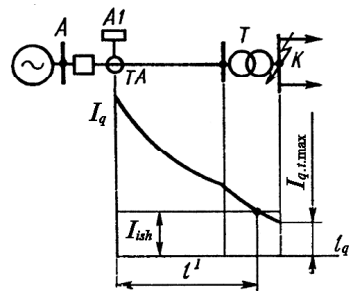
Tezkor TKning asosiy kamchiligi ta’sir zonasi liniyaning bir qismini tashkil etishdadir.

Liniyani butunlay himoya qilish uchun sabr vaqtli TK qo‘llaniladi. Bu himoyaning ta’sir zonasi va sabr vaqti tezkor TK ta’sir zonasi bilan muvofiqlashtiriladi.

$$I_{ish.t} = K_i \cdot I_{ish.o}; \quad K_i = 1,1 \div 1,2$$

bu yerda: $I_{ish.t}$ – sabr vaqtli TKning ishlash toki.

$I_{ish.o}$ – tezkor TKning ishlash toki.



5.19-rasm. Liniya-transformator blokida TK.

Ta'sir zonasi grafik orqali aniqlanadi:

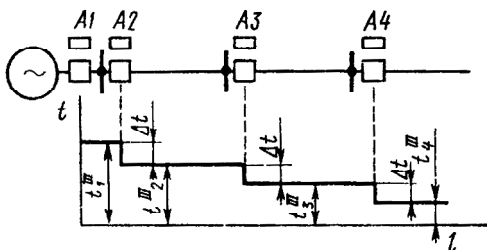
$$t_{xt} = t_{xo} + \Delta t; \quad \Delta t = 0,3 \div 0,6 \text{ s.}$$

Uch pog'onali himoyalar

Elektr ta'minoti tizimlarida uch pog'onali tokli himoyalar qo'llaniladi.

1 – tezkor TK, 2 – sabr vaqtli TK, ($t''=0,5 \text{ s}$), 3 – MTH.

Rasmda ko'rsatilgandek, himoyalarning ishga tushish vaqtlari har xil. Uch pog'onali himoya L1 dagi shikastlanishni tez o'chirib beradi, shu bilan birga 4,5 himoyalar uchun zaxira zona hosil qiladi.



5.20-rasm. Uch pog'onali himoyaning sabr vaqti

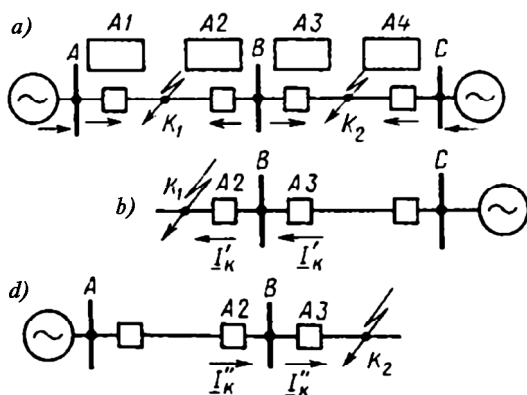
Tezkor TK, sabr vaqtli TK va MTH birgalikda murakkab himoyalarni o'rinini bosa oladi.

Nazorat savollari

1. Tokli kesimni ta'riflang.
2. Tokli kesim himoyasi parametrlarini aniqlang.
3. Tokli kesim himoyasini qo'llash sohasi.
4. Sabr vaqtli tokli kesimni hisoblash.
5. Uch pog'onali himoyalarni sozlash.

5.4. Yo'naltirilgan himoyalar

Qisqa tutashuv quvvatining yo'nalishiga bog'liq bo'lgan himoyalarni yo'naltirilgan himoyalar deyiladi. Ikki tomondan ta'minlangan liniyalarda MTHning tanlovchanligi talabga javob bermaydi. Shuning uchun bunday liniyalarda yo'naltirilgan MTH qo'llaniladi. Bu xildagi MTHda quvvat yo'nalishiga qarab ishlaydigan yordamchi organ – quvvat relesi KW ishtirok etadi.

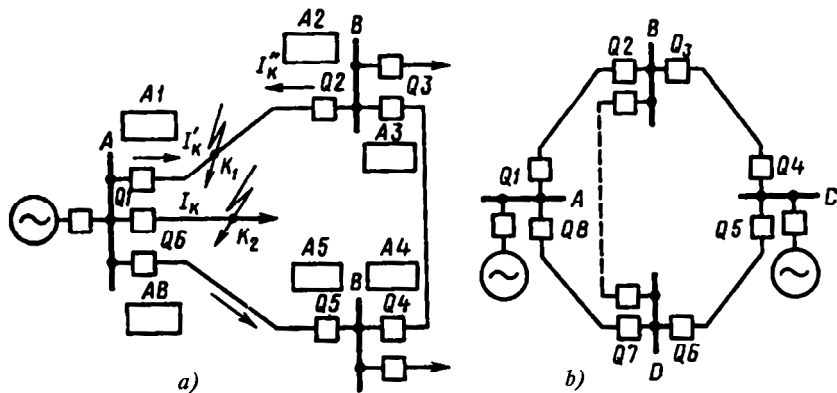


5.21-rasm. Himoyaning har xil tarmoqda joylashishi

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

Quvvat shinadan liniya tomonga oqqanda yordamchi organ quvvat yo'nalishiga qarab himoyani ishlashiga ruxsat beradi.

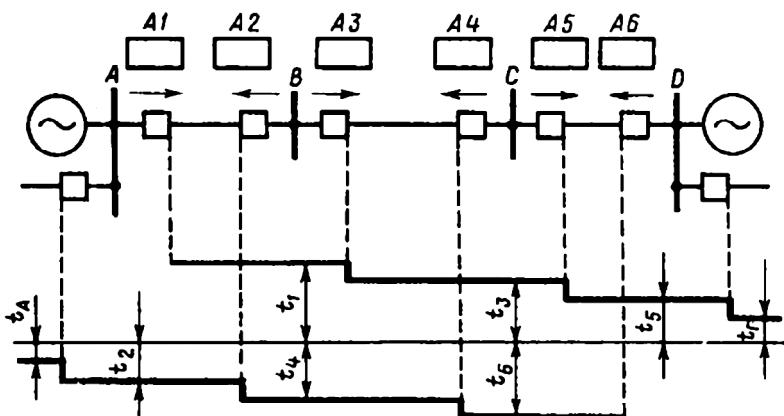
Masalan, K_2 nuqtadagi qisqa tutashuvda 1, 3-himoya ishga tushadi (5.22-rasm). Tanlovchanlik bir tomonga yo'naltirilgan.



5.22-rasm. Yo'naltirilgan himoyaning berk zanjirlarda joylashishi

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

Sxemalar 3 fazali, 2 fazali, operativ tok manbai o'zgaras va o'zgaruvchan bo'lishi mumkin (5.23-rasm).



5.23-rasm. Yo‘naltirilgan tokli himoyaning sabr vaqtini tanlash

Bu sxemada ishga tushiruvchi organ – tok releasi KA, yo‘nalishiga qaraydigan – quvvat releasi KW, sabr vaqti hosil qilish uchun KT releasi ishlatiladi. Himoyalananayotgan liniyada qisqa tutashuv sodir bo‘lsa, KA va KW relealar kontaktlarini qo‘shib KTni ishga tushiradi. Ma‘lum bir sabr vaqtdan keyin YAT ulanadi, liniya o‘chiriladi. Quvvat shinaga yo‘nalganda KWning kontaktlari uzilib himoyani ishlashga qo‘ymaydi. Normal rejimda KWning kontaktlari qo‘shilsa ham KAning ochiq kontaktlari himoyani ishlatmaydi.

$$S_r = U_r \cdot I_r \cdot \sin \Psi = I_r \cdot U_r \cdot \sin(\alpha - \varphi_r).$$

Quvvat releasi KW faza tokiga ulanadi, kuchlanish faza yoki fazalararo bo‘lishi mumkin.

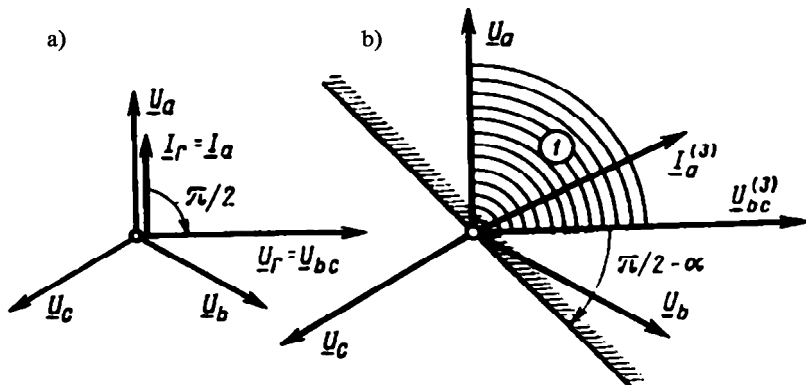
Ulanish sxemasi quvvat releasi KWni barcha holatlarda ishlashini ta‘minlashi kerak.

Sxemalarni 90° va 30° li turlari mavjud.

Quyidagi jadvalda 90° li sxema uchun tok va kuchlanishning mos kelishi keltirilgan.

Rele	Tok I_R	Kuchlanish U_R
I (KW ₁)	I_A	U_{BC}
II (KW ₂)	I_B	U_{CA}
III (KW ₃)	I_C	U_{AB}

90° – 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.



5.24-rasm. Quvvat relesini 90° li sxema bo‘yicha ulanishdagi vektor diagramma

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 sezgirlikni 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 kV li taqsimlovchi tarmoqlarda himoya ikki fazali qilib bajariladi. Yuqori kuchlanishli tarmoqlarda bu himoya zaxira sifatida ishlatiladi.

Himoya parametrlarini aniqlash

Himoyaning ishlash toki ikki xil shartni hisobga olgan holda sozlanadi.

1. Motorlarning o‘z-o‘zidan ishga tushishini hisobga olgan holda:

$$I_{h.ish} = \frac{k_i \cdot k_{smz} \cdot In \cdot \max}{k_q}$$

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

2. QTda shikastlanmagan fazalardagi tokdan (neytrali yerga ulangan tarmoqlarda).

$$I_{h,\text{ish}} = k_i \cdot I_{n,f}.$$

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:

$$I_{h,\text{ish}5} < I_{h,\text{ish}3} < I_{h,\text{ish}1}.$$

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

$$t_5 < t_3 < t_1.$$

Nazorat savollari

1. *Pog‘onalik prinsipi nima?*
2. *Himoyani amalga oshiruvchi organlarni sanab chiqing.*
3. *Quvvat relesini 90° li sxemasi vektor diagrammasini chizing.*
4. *Himoya parametrlarini aniqlash formulalarini keltiring.*

5.5. Differensial himoyalar

Differensial – lotincha “ayirma” degan ma‘noni anglatadi. Differensial tokli himoya esa toklarning ayirmasiga bog‘liq ravishda ishlaydigan himoya hisoblanadi. Differensial himoyalar absolyut tanlovchanlikka ega, ular liniyaning hamma uzunligi bo‘yicha tez o‘chirish uchun qo‘llaniladi.

Avvalgi ko‘rib chiqilgan tokli himoya (TK) liniyaning bir qismini himoya qilar edi, ya‘ni himoya zonasi bor edi.

Differensial himoyalarning ikkita turi mavjud:

Bo‘ylama differensial himoya.

Ko‘ndalang differensial himoya.

Bo‘ylama differensial himoyalar

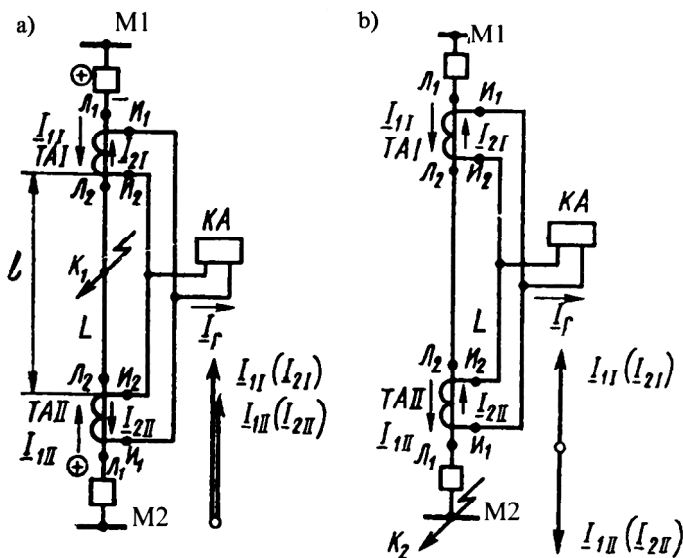
Bunday himoyalar alohida elementlarni himoyalash uchun qo‘llaniladi.

Himoyalanayotgan elementning boshidagi va oxiridagi toklar so-lishtiriladi.

Bu turdagi himoyalarni ikki xil sxema orqali yig‘ish mumkin.

- a) aylanuvchi toklar bilan;
- b) muvozanatlangan kuchlanish bilan.

5.25-rasmda aylanuvchi toklar bilan yig‘ilgan sxemadagi toklar-ning taqsimlanishi va ularning vektor diagrammalari ko‘rsatilgan. Unda tok transformatorlari TAI, TAII va tok releasi KA parallel ulangan.



5.25-rasm. Aylanuvchi toklar bilan yig‘ilgan sxemadagi toklar yo‘nalishi va vektorlar diagrammasi

Reledan o‘tayotgan tok, ikkilamchi toklarning geometrik yig‘indisi-ga teng.

$$I_r = I_{2I} + I_{2II}$$

TAI va TAII tok transformatorlari bilan chegaralangan L zonada qisqa tutashuv sodir bo‘lsa, (K_1 nuqta) I_{2I} va I_{2II} toklar manbalardan K_1 nuqtaga qarab yo‘nalishadi, unda $I_r = I_{2I} + I_{2II} = I_{2K}$ (5.25- a rasm).

Reledan olayotgan tok I_r , uning ishlash tokidan katta bo‘lganda himoya ishga tushadi ($I_r > I_{i.sh}$).

Normal ish rejimida va qisqa tutashuv K_2 nuqtada bo‘lgan hol

uchun $I_{2I} = -I_{2II}$, ya'ni ikkilamchi toklar bir biriga teng, hamda ular π burchakka farq qiladi (5.25- b rasm).

Shuning uchun $I_R = 0$, ya'ni himoya ishga tushmaydi.

Xulosa qilib aytganda, bo'ylama differensial himoya normal holatga va tashqi qisqa tutashuvlarga ta'siran javob bermaydi.

Aslida ikkilamchi toklar I_{2I} va I_{2II} teng emas, chunki tok transformatorlari xatolikka ega.

$$I_{2I} = I_{1I}^1 - I_{magI}^1;$$

bu yerda: I_{1I}^1 – I manbaning keltirilgan toki;

I_{magI}^1 – I tok transformatorining magnetlovchi toki;

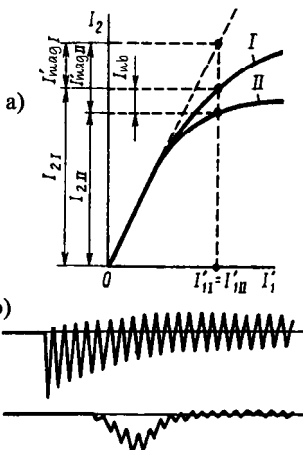
Xuddi shuningdek, $I_{2I} = I_{2I}^1 - I_{magII}^1$;

$$I_{1I}^1 = \frac{I_1}{n_T}; \quad I_{magI}^1 = \frac{I_{magI}}{n_T}.$$

Normal holda reledan o'tayotgan tok:

$$I_R = I_{2I} - I_{2II} = I_{magII}^1 - I_{magI}^1 = I_{nb}.$$

I_{nb} – nobalanslik toki deb ataladi.



5.26-rasm. TTning magnetlovchi toki xarakteristikasi

Yuqoridagi formuladan ko'rinib turibdiki, reledan olayotgan tok I_R magnetlovchi toklarga bog'liq, ular esa ikkita teng tok transformatori uchun har doim har xil bo'ladi. Himoyaning ishlash toki $I_{h.ish} > I_{nb.max}$ shartiga ko'ra aniqlanadi.

Qisqa tutashuv toki tarkibidagi tez so'nadigan tokning nodavriy qismi tok transformatorning o'zakini to'yinishiga sabab bo'ladi, bu esa o'z navbatida, davriy tokni transformatsiyasiga salbiy ta'sir ko'rsatadi va natijadagi magnetlovchi tok I_{mag} ortadi.

Shuning uchun nobalanslik tokining maksimal qiymati nodavriy tokning maksimal vaqtiga to'g'ri keladi. Himoyani ish toki quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{r.ish} = K \cdot I_{nb.his.max}$$

Muvozanatlangan kuchlanishli himoya.

Bu sxemada tok relesi KA tok transformatorlarining ikkilamchi chulgʻamlariga ketma-ket ulanadi, K_1 nuqtadagi qisqa tutashuvda E.Yu.K. E_{2I} va E_{2II} lar hosil qilgan toklar qarama-qarshi yoʻnalgan boʻlib, reledagi tok $I_r = 0$, himoya ishga tushmaydi.

Birlamchi toklar $I_{1I} = I_{1II}$ TTlarning xatoliklari E.Yu.K. E_{nb} ni hosil qiladi, E.Yu.K taʼsirida tok I_{nb} paydo boʻladi. Relening ishlash toki

$$I_{r,ish} > I_{nb}.$$

K_2 nuqtadagi qisqa tutashuvda esa $I_r = I_{2I} + I_{2II}$.

Demak, differensial himoya ishga tushadi. Agar differensial himoya uchun oddiy tok relolari ishlatilsa, himoyaning sezgirligi yetarli boʻlmaydi. Differensial himoyani sezgirligini oshirish uchun quyidagilar amalga oshiriladi:

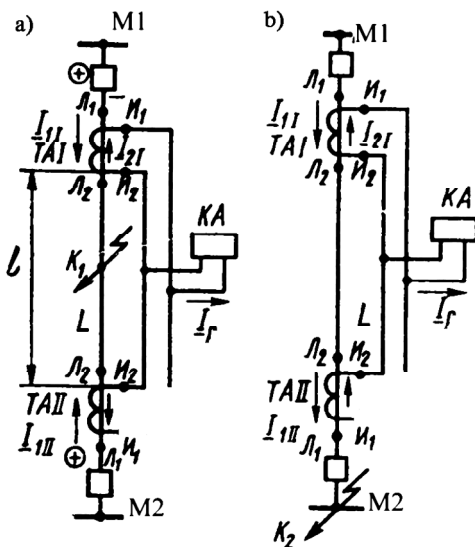
1. Nodavriy tokdan foydalanish usuli;

Bu usulni qoʻllash RNT relesi yordamida amalga oshiriladi. Reledan sinusoidal tok oʻtganda RNT reledagi tez toʻyinuvchi TT oddiy transformator kabi ishlayveradi, uni ish bajaruvchi organi – tok relesiga taʼsir etmaydi.

Nodavriy tok paydo boʻlishi bilan RNT reledagi TTning toʻyinishi ortadi, magnitlovchi I_{mag} ham oshadi; ikkilamchi tok esa kamayadi, chunki transformatsiya yomonlashadi, natijada himoyaning sezgirligi kamayadi. Nodavriy tok soʻnishi bilan RNTdagi TTning normal ishi qayta tiklanadi.

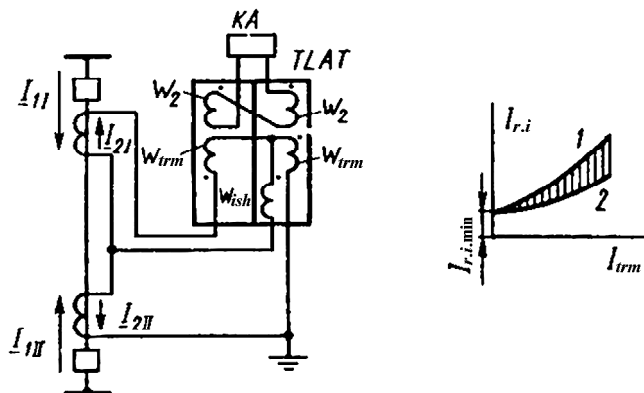
Himoyaning murakkablashishi qisqa vaqt davom etadigan oʻtkinchi nobalanslik tokining oʻtish vaqtida yuz beradi, yaʼni himoya nodavriy tok soʻnguncha ishlamaydi.

2. Himoyani maxsus “tormoz” chulgʻamli rele yordamida amalga oshirish usuli.



5.27-rasm. Muvozanatlanuvchi kuchlanishli sxema

Nobalanslik toki I_{nb} turg'un ish holatlarida katta qiymatga ega bo'lishi mumkin.



5.28-rasm. Magnit tormozli differensial himoya

Maxsus reledagi tormoz chulg'ami katta I_{nb} toklardan sozlash imkonini beradi, bu chulg'amdagi tok I_{irm} ning oshish darajasiga mos ravishda to'yinish ham ortadi, natijada ish chulg'ami W_{ish} dagi tokning ikkilamchi chulg'am W_2 ga transformatsiyasi yomonlashadi.

Himoyaning ishlash toki:

$$I_{ish} = I_{2I} + I_{2II}.$$

Tormoz chulg'amidagi tok:

$$I_{irm} = 0,5(I_{2I} + I_{2II}).$$

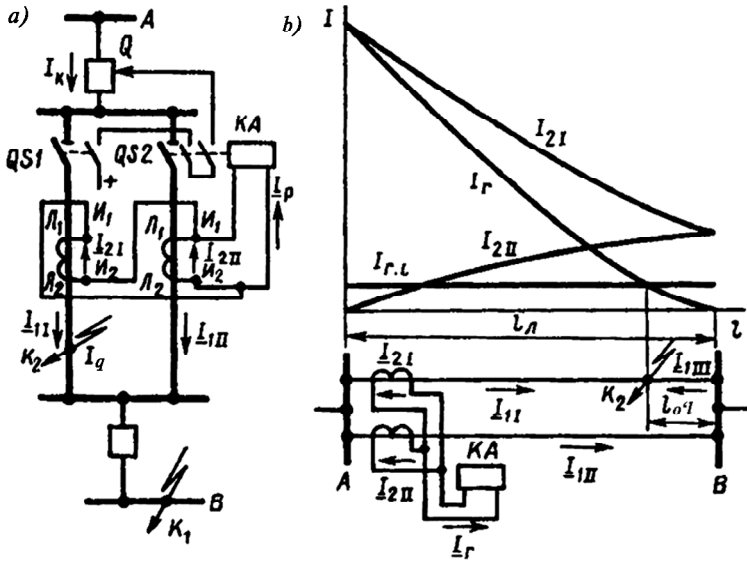
Tormoz chulg'amidagi tokning oqimi ta'sirida induksiyalangan E.Yu.K. relening ishlashiga ta'sir ko'rsatmasligi uchun ikkilamchi chulg'ami W_2 E.Yu.K.ni muvozanatlanadigan qilib ulanadi.

Ko'ndalang differensial himoyalar

Bu turdagi himoyalar parallel liniyalarning bir xil nomli fazalaridagi toklarni solishtirishga asoslangan. Liniyalarning qarshiliklari teng yoki juda kam farq qilishi kerak.

Tok relesi KA faza toklarining ayirmasiga ulanadi. Bunda reledan o'tayotgan tok teng $I_r = I_{2I} - I_{2I}$. Normal holatlarda, tashqi qisqa tutashuvlarda reledan faqat nobalanslik toki oqib o'tadi.

Shuning uchun releni ishlash toki teng $I_{r,ish} = k_{os} \cdot I_{nb,h.ish,max}$ qisqa tutashuv K_2 nuqtada sodir bo'lsa, $I_r = (I_{2I} - I_{2I}) \geq I_{r,ish}$, bu tok himoyani ishlashga olib keladi, natijada o'chirgich o'chadi. Qisqa tutashuv hi-



5.29-rasm. Liniyaning ko'ndalang differensial himoyasi:
 a) ishlash prinsipi; b) «o'lik zonani» aniqlash

moya o'rnatilgan joydan uzoqlashgan sari toklar munosabati liniya-ning qarshiligiga proporsional ravishda o'zgarib boradi.

Liniyaning ma'lum bir uzunligida reledagi tok relening ishlash tokidan kichik bo'lib qoladi: $I_r < I_{r.ish}$, bu holatda himoya ishga tushmaydi. Liniyaning bu qismi «o'lik zona» deb aytiladi:

$l_{o'q} = I_{h.ish} \cdot l / I_k$, agar bu zonaning uzunligi liniya uzunligining 10 %ga teng bo'lsa, himoya effektiv hisoblanadi.

Nazorat savollari

1. Differensial himoyaning ma'nosi.
2. Himoya parametrlarini aniqlash formulalari.
3. Nobalanslik toki nima?
4. Tormozli rele yordamidagi himoyaning afzalliklari.
5. «O'lik zona» nima?

5.6. Distansion himoyalar

Distansion himoyalar tanlovchanlikni, kerakli tezkorlikni va sezgirlikni ta'minlash uchun murakkab sxemali tarmoqlarda qo'llaniladi.

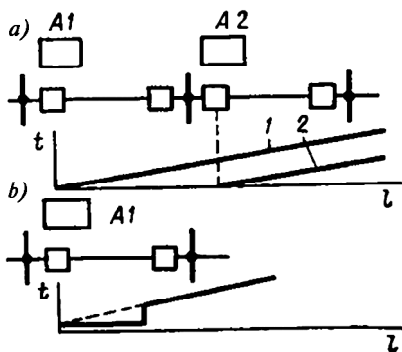
Himoyaning ishlash vaqti himoya oʻrnatilgan joy bilan qisqa tutashuv nuqtasi orasidagi masofaga bogʻliq.

Himoyaning asosiy organi (qismi) – distansiyali organ bu qarshilik relesi. Qarshilik esa masofaga bogʻliq:

$$z = z_0 \cdot l_{r,q} \quad r = r_0 \cdot l_{r,q} \quad x = x_0 \cdot l_{r,q}$$

$t = f(l_{r,q})$ – distansion himoya sabr vaqtining xarakteristikasi.

Bu xarakteristika uch turda: sekin koʻpayuvchi, pogʻonali va aralash boʻladi.



5.30-rasm. Distansion himoyaning sabr vaqti xarakteristikasi

Eng koʻp tarqalgan turi - bu pogʻonali xarakteristikali himoya, shikastlanishlar tez oʻchirilishini taʼminlaydi, pogʻonasi uchta himoya zonasi ham uchta sabr vaqtli (t_I, t_{II}, t_{III}).

I pogʻona liniya uzunligini 0,7-0,85 qismiga teng, II pogʻona keyingi (uchastka) himoyasi bilan kelishtiriladi, oxirgi pogʻona esa zaxira (rezerv). Bu pogʻona keyingi uchastkani qamrab olishi kerak.

Himoyaning asosiy qismlari:

1-ishga tushiruvchi qism, tok relelari yoki toʻla qarshilik relesi KZ3 amalga oshiradi.

2-distansion qism – qisqa tutashuv joyini aniqlaydi, minimal qarshilik relelari KZ1 va KZ2 amalga oshiradi.

$$Z_R = \frac{U_R}{I_R} < Z_{r.ish}$$

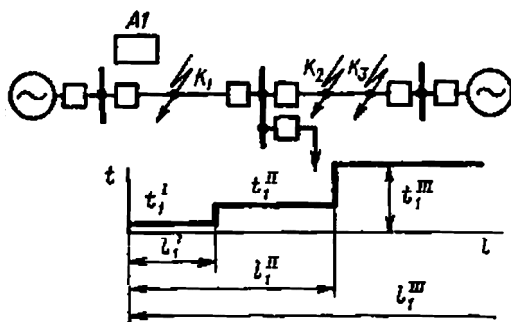
3-sabr vaqtini hosil qiluvchi qism – KT1 va KT2 vaqt relelari yordamida bajariladi.

4-quvvat yoʻnalishini aniqlovchi qism – himoyani bir tomonlama ishlashida imkon beradi.

Quvvat relesi KW birinchi va ikkinchi qismlar yoʻnaltirilmaganda qoʻllaniladi.

Himoyaning ishlashi

Liniyaning K_1, K_2, K_3 nuqtalarida qisqa tutashuv sodir boʻlsa (shindan liniyaga qarab), ishga tushiruvchi qism ishlay boshlaydi:



5.31-rasm. Uch pog‘onali yo‘naltirilgan distansion himoya

K_1 nuqtada t_1 vaqt bilan birinchi zonani ishga tushiruvchi qismi kontaktlarini qo‘shib, liniyani o‘chiradi.

K_2 nuqtada esa KZ2 t_2 vaqt bilan ishga tushib, KTni ishga tushiradi.

K_3 nuqtada KZ1 va KZ2 lar ishga tushmaydi, t_3 vaqtdan so‘ng o‘chirgich o‘chiriladi.

Bunday himoyalar kuchlanishi 35 kV gacha bo‘lgan tarmoqlarda qo‘llaniladi.

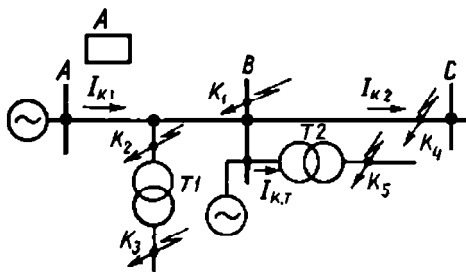
Distansion himoya sxemalarida juda ko‘p rele ishlatiladi. Relelar sonini kamaytirish uchun himoyaning distansion qismida yarim o‘tkazgichli relelar qo‘llaniladi.

Himoyaning parametrlari – Z_{ish} va t_{ish} . Bu kattaliklar himoyaning har bir pog‘onasi uchun alohida aniqlanadi.

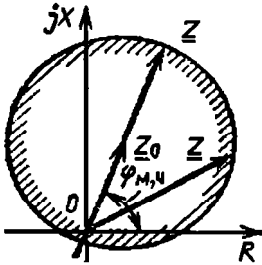
Qarshilik relesi – KZ kuchlanish U_R tok I_R ga bo‘lgan nisbatining kamayishiga ta’siran javob beradi.

Qisqa tutashuv vaqtida kuchlanish kamayadi, tok oshadi. U_R va I_R

larni tanlashda $Z_R = \frac{U_R}{I_R}$ nisbat qisqa tutashuvning barcha turlarida



5.32-rasm. Uch pog‘onali distansion himoyalarni muvofiqlashtirish sxemasi



5.35-rasm. Qarshilik relesining φ_r – burchakka bog‘liq xarakteristikasi

bir xil bo‘lib, qisqa tutashuv joyigacha bo‘lgan masofaga proporsional bo‘lishi kerak:

$$Z_R = \frac{U_R}{I_R}.$$

Himoyaning afzalliklari quyidagilardan iborat:

Barcha turdagi tarmoqlarda tanlovchan; 1-pog‘onadagi sabr vaqti $t = 0$, qisqa tutashuv manbaga yaqin bo‘lsa, himoya juda tez ishga tushadi;

Sezgirligi yuqori.

Kamchiliklari esa quyidagilar:

Sxemalari murakkab, chunki relelarning soni ko‘p.

Pog‘onalarning sabr vaqtlari turlicha, shuning uchun asosiy himoya sifatida qo‘llanilmaydi.

Yuklama toklariga ham ta’siran javob berishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Distansion himoyani ta’riflang.
2. Pog‘onalik himoyalar ishlashini tushintiring.
3. Qarshilik relesi xarakteristikasi.
4. Himoya parametrlarini aniqlang.

VI bob. ELEKTR USKUNALARINING HIMOYALARI

6.1. Kuch transformatorining himoyasi

Transformatorlarda yuz beradigan shikastlanishlar va nonormal holatlar.

1. Chulgʻamlaridagi va tashqi uchlaridagi fazalararo va bir fazali qisqa tutashuvlar;

2. Magnit oʻtkazgichning shikastlanishi.

Bir fazali qisqa tutashuv 2 xil boʻlishi mumkin; yerga nisbatan yoki bir fazadagi chulgʻamlar orasidagi (chulgʻamli).

Koʻpincha bir fazali va fazalararo qisqa tutashuv transformatorning tashqi uchlarida va chulgʻamlarida sodir boʻladi.

Fazalararo izolyatsiyaning mustahkamligi uchun fazalararo q.t. juda kam uchraydi.

Betaraf nuqtasi izolyatsiyalangan tarmoqlarda bir fazali yerga tutashuv xavfli, shuning uchun himoya transformatorini oʻchirishi kerak.

Betaraf nuqtasi yerga ulanmagan tarmoqlarda esa shikastlanish toki uncha katta emas, shuning uchun sezgirligi yuqori boʻlgan himoya kerak boʻladi, himoya signal berish uchun xizmat qiladi. Chulgʻamlararo qisqa tutashuvda ham xuddi shunday.

Asosiy ichki shikastlanish – bu magnit oʻtkazgichning qizishi, oʻzakning qatlamlari orasidagi izolyatsiyaning buzilishi natijasida yuz beradi, poʻlat oʻzak haddan tashqari qiziydi, buning hammasi izolyatsiyani yanada koʻproq ishdan chiqaradi.

Shikastlanishlardan saqlash uchun tokli himoyalar, differensial himoya va gazli himoya qoʻllaniladi.

Gazli himoya

Moyli transformatorlar uchun maxsus – gazli himoya qoʻllaniladi.

Magnit oʻtkazgichning qizishi, chulgʻamlararo qisqa tutashuvlar natijasida elektr yoy hosil boʻladi, yoyning taʼsirida moy va izolyatsiya materiallari parchalanib, gaz hosil boʻladi. Shu gazlarga taʼsirchan javob beradigan himoya gazli himoya deyiladi. Gaz yengil boʻlgani uchun transformatorning yuqori tomoniga harakat qiladi. Shikastlanishga bogʻliq holda gazlar koʻpayib, katta bosim hosil qiladi. Bosim ostida gaz bilan birga yogʻ harakatga kelib, transformatorning tashqarisidagi kengaytirgich tomonga siljiydi. Maxsus gazli relelar transformatorning qoplamasi bilan kengaytirgich orasidagi trubaga oʻrnatiladi.

Reledan o'tgan gaz va yog'ning miqdoriga qarab relega signal beradi yoki transformatorni o'chirishga komanda beradi. Elektr yoyi fazalararo qisqa tutashuvlarda paydo bo'lishini e'tiborga olganda, gazli himoyani universal himoya desa bo'ladi.

Nonormal holatlar quyidagilardan iborat:

1. Transformatoridan tashqarida bo'ladigan qisqa tutashuv. Bu toklar chulg'amlarning izolyatsiyasiga ta'sir qiladi, ulardan himoya qilish uchun MTH qo'llaniladi.

2. O'ta yuklanish, himoya signal berish uchun xizmat qiladi.

O'ta yuklanish toklarning ruxsat etilgan qiymatlari jadvalda keltirilgan:

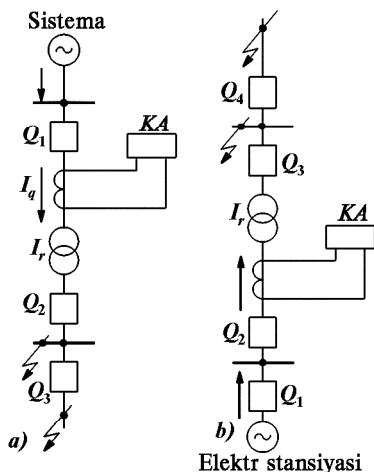
I_{yuk}/I_{nom}	1,3	1,75	2
$t_{rux}(min)$	120	20	10

Xizmat ko'rsatuvchi personalni yo'q podstansiyalarda himoya transformatorni o'chirishi yoki yuklamani kamaytirishga ishlashi kerak.

3. Moyning kamayishi.

Tokli himoyalar

Eng oddiy tokli himoya – bu MTH.



6.1-rasm. **Kuchlanishni transformatorlarda himoyaning joylashishi:** a) pasaytiruvchi va b) ko'taruvchi.

MTHning sezgirligi yetarli bo'lmasa, kuchlanish bo'yicha ishga tushadigan MTH qo'llaniladi.

Kuchlanishni oshiruvchi transformatorlar uchun MTH (6.1-rasm).

Himoyaning sezgirligi yuqori bo'lishi kerak, chunki qisqa tutashuv tokining qiymati asosan bitta stansiya quvvati bilan bog'liq.

Kuchlanishni pasaytiruvchi transformatorlarning himoyasi sezgirligini aniqlashda sistemadan oqib keladigan toklar yig'indisi ishlatiladi.

Kichik va o'rta quvvatli ($S_N < 6,3$ MVA) transformatorlar uchun fazalararo qisqa tutashuvdan 2 pog'onali himoya qo'llaniladi; 1-pog'ona tokli kesim (6.2-rasm), 2-pog'ona – MTH.

1. Himoya manba tomonga o'rnatiladi.

Ishonchli himoya tashkil qilish uchun Q_1 va Q_2 o'chirgichlar o'chishi kerak. Bir tomonlama ta'minlangan tarmoqlarda Q_1 ni o'chirish kifoya.

Tarmoqning betaraf nuqtasi holatiga bog'liq holda 3 fazali va 2 fazali himoyalar qo'llaniladi.

TK – eng sodda ham eng tezkor himoya. Lekin bu himoya yordamida katta toklarni ma'lum bir oraliq (zona)da o'chirish mumkin. Zona transformatorning bir qismini o'z ichiga olib, chulg'amli ham yerga ulangan tutashuvlarda gazli himoya bilan birga yig'ilgan sxemalar kichik quvvatli transformatorlar uchun yaxshi natija beradi.

Himoyaning parametrlari quyidagicha:

TK uchun ikki shart asosida aniqlanadi.

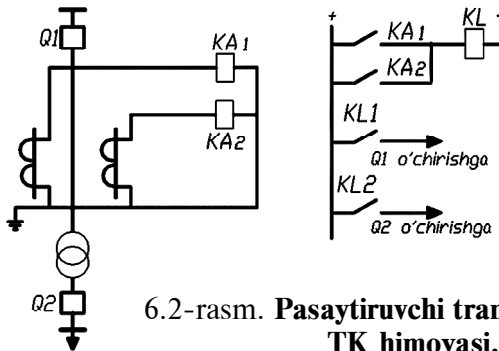
$$1. I_{ish} = K_n \cdot I_{q.t.max}$$

bu yerda: K_n – relening turiga bog'liq ravishda $1,25 \div 1,5$ ga teng deb olinadi.

$I_{q.t.max}$ – transformatorning keyingi joydagi qisqa tutashuv tokining maksimal qiymati.

$$2. I_{ish} > I_{mag}$$

bu yerda: I_{mag} – magnetlovchi tokning sakrashi.



6.2-rasm. Pasaytiruvchi transformatorning TK himoyasi.

MTH uchun:

$$I_{ish} = \frac{K_i \cdot K_{smz}}{K_q} \cdot I_{ish.max}$$

bu yerda: K_{smz} – kuchlanish pasayganda o'chib, keyin o'z-o'zidan ishga tushuvchi motorlarning toklarini hisobga oluvchi koeffitsiyent.

$I_{ish,max}$ – normal ish holatdagi yuklama toklarning maksimal qiymati, bu tok har xil holatlar uchun alohida aniqlanadi.

Sezgirlik koeffitsiyenti:

$$K_{sez} = \frac{I_{q.t.min}}{I_{ish}} \geq 1,3$$

ga teng bo'lsa, himoya sezgir hisoblanadi, aks holda, sezgirligi yuqoriroq bo'lgan himoya qo'llanishi kerak.

Himoyaning ish vaqti: $t_{him} = t_L + \Delta t$;

bu yerda: t_L – transformatoridan ta'minlanayotgan liniyalar himoyasining eng katta sabr vaqti.

Bir tomondan ta'minlanayotgan uch chulg'amli transformatorlarning O'K va PK chulg'amlarida shu tomonlardagi o'chiruvchi qurilmalarga ta'sir ko'rsatadigan alohida MTH o'rnatiladi.

Uchinchi himoya YUK tomonga o'rnatiladi va bu himoya O'K va PK chulg'amlar uchun zaxira bo'lib xizmat qiladi.

U holda $t_1 > t_2, t_3$, ya'ni YUKdagi himoyaning sabr vaqti O'K va PK tomondagidan katta.

Ikki va undan ko'p tomondan ta'minlanuvchi transformatorlar uchun yo'naltirilgan himoyalar qo'llaniladi.

O'ta yuklanishdan himoya

Bu himoya bitta fazaga ulangan tok relesi yordamida bajariladi. Himoyaning ishlash toki:

$$I_{ish} = \frac{K_i}{K_{qayt}} \cdot I_{nom}$$

bu yerda: K_i – ishonchlilik koeffitsiyenti, 1,05 ga teng qilib olinadi.

I_{nom} – transformatorning nominal toki;

K_{qayt} – relening qaytish koeffitsiyenti.

Sabr vaqti $t = t_{him,max} + \Delta t$;

bu yerda: $t_{him,max}$ – transformatoridan ta'minlanuvchi iste'molchilar himoyasining eng katta sabr vaqti.

Bu himoya pog'onali bo'lib, birinchisi – signal berish uchun, ikkinchisi – bir qism iste'molchilarni o'chirish uchun, uchinchisi – transformatorni o'chirishga xizmat qiladi.

Birinchi pog'onaning sabr vaqti: $t_1 = t_{MTH} + \Delta t$;

Ikkinchi pog'onaning sabr vaqti: $t_2 < t_{mux}$;

t_{rux} – ruxsat etilgan vaqt transformatorning o‘ta yuklanish qobiliyatiga bog‘liq.

Uch chulg‘amli transformatorlarda o‘ta yuklanishdan himoya asosan ta‘minlovchi chulg‘amda o‘rnatiladi, agar chulg‘amlar bir xil yuklanmagan bo‘lsa, barcha chulg‘amlarda o‘rnatilishi kerak.

Nazorat savollari

1. Transformatorlardagi shikastlanishlarni ta‘riflang.
2. Transformatorlardagi nonnormal holatlarni tushuntiring.
3. Gazli himoyaning vazifasi.
4. Tokli himoyalar turlari.
5. O‘ta yuklanishdan himoya xossalari.

Transformatorlarning differensial himoyasi

Transformatorni chulg‘amlarida, uchlarida, o‘chirgich bilan ulangan qismlarida bo‘ladigan shikastlanishlarni tez o‘chirish o‘chun differensial himoya qo‘llaniladi. Himoyalananayotgan transformatorning ikki tomoniga tok transformatori o‘rnatiladi. Ularning ikkilamchi chulg‘amlari va tok relesi aylanuvchi toklar sxemasiga mos holda ulanadi.

Yuklama toki o‘tayotganda va transformatoridan tashqarida qisqa tutashuv sodir bo‘lsa reledan o‘tayotgan tok

$$I_r = I_{2I} - I_{2II}$$

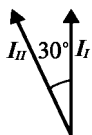
Agar qisqa tutashuv transformatorlarda bo‘lsa

$$I_r = I_{2I} + I_{2II}$$

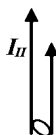
Tanlovchanlik sharti bajarilishi uchun ikkilamchi toklarni tenglashtirish zarur

$$I_{2I} = I_{2II}$$

Tok transformatorlarining birlamchi chulg‘amlardagi toklar qiymati har xil, Y/Δ – guruhga taalluqli kuch transformatorlar uchun bu toklar faza bo‘yicha ham farq qiladi.



Y/Δ – 11 guruh uchun



Y/Y-12 guruh uchun

Faza bo'yicha farqini kompensatsiya qilish uchun TTning ikkilamchi chulg'amlari yulduz tomonida (TAI) uchburchak, uchburchak (TAII) tomonida yulduz usulida ulanadi.

Ikkilamchi toklarni tenglashtirish uchun TTLarni transformatsiya koeffitsiyentini tanlab olish kerak.

1. Kuch transformatorining guruhi Y/Y; n – transformatsiyalash koeffitsiyenti bo'lsa:

$$\frac{I_I}{n_{TI}} = \frac{I_{II}}{n_{TII}}$$

yoki

$$\frac{n_{TII}}{n_T} = \frac{I_{II}}{I_I} = N.$$

2. Kuch transformatorlarining guruhi Y/ Δ bo'lganda:

$$\frac{I_I}{n_{TI}} \cdot \sqrt{3} = \frac{I_{II}}{n_{TII}}$$

yoki

$$\frac{n_{TII}}{n_{TI}} = \frac{I_{II}}{I_I \cdot \sqrt{3}} = \frac{N}{3}.$$

Hisobiy transformatsiya koeffitsiyentlari shkaladagidan farq qiladi, buning natijasida nobalans tokining yana bir tashkil etuvchisi hosil bo'ladi.

$$I_{nb.teng} = (\Delta f_{teng} / 100) \cdot (I_{q.tash}^{(3)} / N)$$

bu yerda: $\Delta f_{teng} = [(I_{2I} - I_{2II}) / I_{2I}] \cdot 100$ – tenglashtirishdagi xatolik.

Δf_{teng} 5 %dan oshmasligi kerak, agar oshsa, tenglashtirish uchun maxsus relelar qo'llaniladi.

Kuch transformatorlari ishga tushirilayotganda va tashqi qisqa tushuvlarni o'chirgandan keyin kuchlanish ko'tarilganda, o'tkazgichda magnetlovchi toklar hosil bo'ladi.

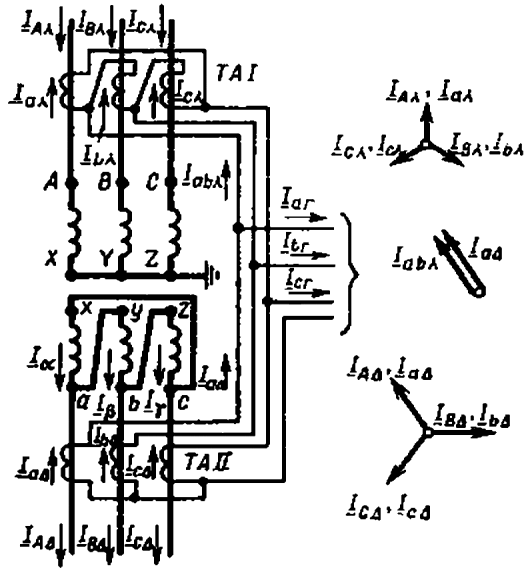
Differensial himoya bu toklarda ishga tushmasligi uchun ishlash toki quydagicha aniqlanadi:

$$I_{h.ish} \geq K_{soz} \cdot I_{mag}$$

bu yerda: K_{soz} – sozlash koeffitsiyenti:

$$K_{soz} = 0,3 \div 4,5.$$

6.3-rasm. Differensial himoya zangiridagi toklar yoʻnalishi va vektor diagrammasi

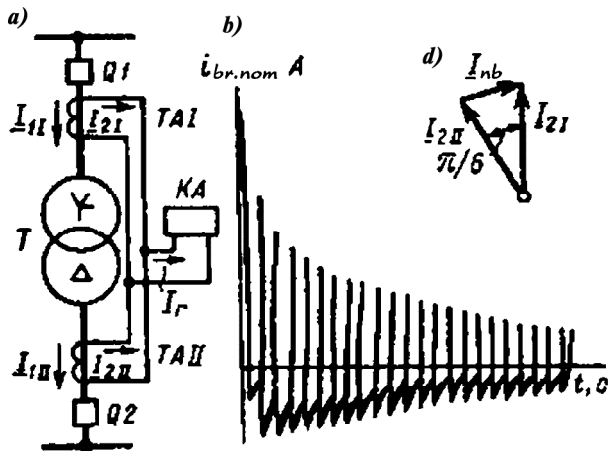


Koeffitsiyentning qiymati ishlatilayotgan relening turiga bogʻliq. Kuch transformatorining transformatsiya koeffitsiyentini oʻzgarishi differensial himoyadagi toklarga taʼsir koʻrsatadi. Natijada yana bir nobalans I_{nbrost} toki hosil boʻladi. Bu tok kuchlanishni rostdashdagi diapazonga bogʻliq (ΔU_{rost}):

$$I_{nbrost} = (K_c / 100) \cdot (I_{q.tash} / N).$$

6.4-rasm. Ikki chulgʻamli transformatorning differensial himoya sxemasi:

- a) oʻtkinchi magnetlovchi tok koʻrinishi;
- b) Y/ Δ – II guruh uchun fazoviy siljish burchagi (B).



Yuqorida aytilgandek, differensial himoya uchun 2 ta tok transformatori ishlatiladi. Ularning umumiy xatoligi bilan bog‘liq bo‘lgan nobalanslik toki

$$(K_{\varepsilon} = f(\text{xatolik}))$$

$$I_{nb.xato} = (K_{\varepsilon} / 100) \cdot (I_{q.tash}^{(3)} / N).$$

Xulosa qilib aytganda, differensial himoyaning nobalans toklari tashqi qisqa tutashuvlarda bir necha tashkil etuvchilardan iborat:

$$\begin{aligned} I_{nb.max} &= I_{nb.teng} + I_{nb.rost} + I_{nb.xato} = \\ &= [(\Delta f_{teng} + \Delta U_{rost} + K_{\varepsilon}) / 100] \cdot (I_{q.tash} / N). \end{aligned}$$

Tashkil etuvchilarning maksimal qiymatida:

$$I_{nb.max} = 0,4 I_{q.tash}^{(3)} / N$$

Differensial himoyaning ishlash toki bu toklardan katta bo‘lishi kerak:

$$I_{h.ish} \geq I_{nb.max}$$

Himoyaning ishlash toki 2 ta shartning kattasiga qarab olinadi. Sezgirlik koeffitsiyenti:

$$K_{sez} = \frac{I_{q.tash}^{(2)}}{I_{h.ish}}.$$

Bu yerda: $I_{q.tash}^{(2)}$ kuch transformatorining PK tomondagi 2 fazali qisqa tutashuv toki.

Talabga muvofiq bu koeffitsiyent quyidagi oraliqda bo‘lishi shart:

$$2 \geq K_{sez} \geq 1,5.$$

Differensial himoya turlari

Differensial himoya quyidagicha usullar yordamida amalga oshiriladi:

- 1) differensial tokli kesim;
- 2) tez to‘yinuvchi tok transformatorli;
- 3) tormozli rele ishtirokida.

1. Differensial tokli kesim

Bu himoyada KA1, KA2 maksimal tok relelari ishlatiladi. (6.5- a rasm). Bunday sxema yordamida tezkor, sodda himoya hosil bo‘ladi. Lekin himoyaning ishlash toki ancha katta bo‘lishi mumkin, natijada sezgirlik koeffitsiyentining qiymati normadan kichiklashadi. Shuning uchun bu sxemalar kichik va o‘rta quvvatli transformatorlar himoyasida qo‘llaniladi.

2. Tez to‘yinuvchi tok transformatorli himoya

Differensial tokli kesimning sezgirligi kam bo‘lgan hollarda tez to‘yinuvchi tok transformatorli maxsus rele RNT-565 yordamidagi himoya ishlatiladi (6.5- b rasm).

Himoya parametrlarining hisobi dastlabki ishlash tokini aniqlashdan boshlanadi.

Magnitlovchi tokning sakrashidan sozlash uchun

$$I_{h.ish} \geq 1,3I_{t.nom}.$$

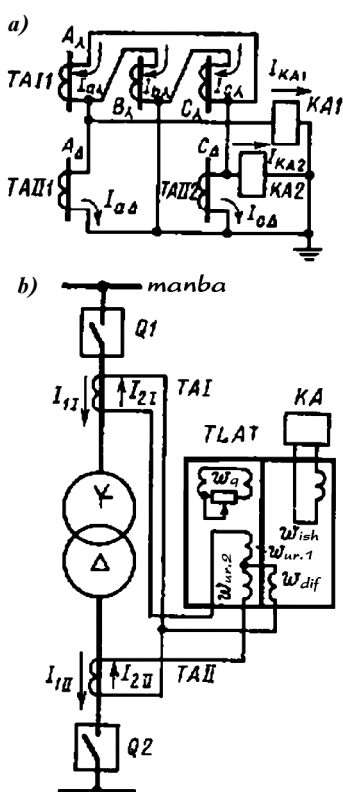
Maksimal nobalans tok bo‘yicha

$$I_{h.ish} \geq I_{nb.max}.$$

Ikki shartning kattasiga mos himoyaning ishlash toki qabul qilinadi, sezgirligi quyidagicha tekshiriladi,

$$K_{sez} = \frac{K_{sx} \cdot I_{q.min.tash}}{I_{h.ish}} \geq 1.5.$$

Sezgirlik qoniqarli bo‘lsa, hisob davom etadi, RNT releining differensial W_{dif} , muvozanatlovchi W_{ur1} , W_{ur2} chulg‘amlar soni aniqlanadi. Himoyani hisoblash tartibi odatda jadval ko‘rinishida keltiriladi.



6.5-rasm. Differensial tokli kesim(a) va tez to‘yinuvchi tok transformatorli (b) differensial himoya sxemasi.

6.2. Asinxron va sinxron motorlar himoyasi

Motorlarning shikastlanish turlari va nonormal rejimlari.

Motorlarda quyidagi shikastlanishlar bo'lishi mumkin: stator chulg'amida ko'p fazali hamda bir fazali qisqa tutashuvlar, 1 fazadagi chulg'amlarning o'zaro tutashuvi, sinxron motorlar uchun rotor chulg'aminga yerga ulanishi. Bu shikastlanishlar natijasida motorda tok oshadi, tarmoqda kuchlanish pasayishi sodir bo'ladi. Shuning uchun ko'p fazali qisqa tutashuvdan himoya sabr vaqtsiz o'chirishga xizmat qiladi.

Motorni bir fazali qisqa tutashuvdan himoyasi tarmoqning betaraf nuqtasi holati bilan aniqlanadi.

Kuchlanishi 1000 V gacha tarmoqlarda betaraf nuqta yerga tutashtirilgan bo'ladi va bu yerda bir fazali qisqa tutashuv sabr vaqtsiz o'chiriladi.

Yuqori kuchlanishli tarmoqlarning betaraf nuqtasi yerdan izolyatsiyalangan yoki yoy so'ndiruvchi reaktor orqali ulangan bo'ladi. Bunday tarmoqlarda bir fazali qisqa tutashuv ko'p hollarda xavfli hisoblanmaydi. Shuning uchun himoya faqat xabar berish uchun ishlaydi.

Bir fazali qisqa tutashuvdan maxsus himoya qisqa tutashuv toki $I_{3,\max}$ 10 A bo'lganda, quvvati 2 MVt dan yuqori, kuchlanishi 1000 V gacha bo'lgan motorlar uchun qo'llaniladi.

Chulg'amlarni o'zaro tutashuvi natijasida nominal tok oshadi, magnit o'zak va shikastlanmagan chulg'amlar ortiqcha qiziydi, bu hol izolyatsiyani yanada ko'proq buzilishiga olib keladi. Shuning uchun filtrli tok himoyasi taklif etiladi.

Motorlarning nonormal rejimlari:

- yuklama ortishi;
- kuchlanishning pasayishi natijasida aylanishlar sonini kamayishi;
- ta'minlovchi tarmoq fazasining uzilishi;
- motorning mexanik qismini shikastlanishi.

Asinxron motorlarning himoya turlari

Kichik quvvatli, kuchlanishi 1000 V dan yuqori bo'lgan motorlarni himoyalash uchun eruvchan saqlagichlar ishlatiladi. Bunda tokning maksimal qiymati $I_{ish,\max}$ sifatida motorning nominal $I_{dv,nom}$ toki olinadi. O'ta yuklanish toki I_{yuk} ishga tushish toki $I_{ish,tush}$ ga teng qilib

olinadi. Saqlagichning eruvchan qismidagi tok $I_{saq.nom}$ quyidagi shartlar asosida tanlanadi:

$$I_{saq.nom} \geq k_{soz} \cdot I_{ish.max};$$

$$I_{saq.nom} \geq I_{yuk} \cdot K_{yuk}.$$

Quvvati 2000 kVt dan yuqori bo‘lgan motorlar uchun 2 ta releli sabr vaqtsiz tokli kesim ishlatiladi, quvvati 5000 kVt dan yuqori bo‘lgan motorlar uchun TK 3 ta rele yordamida bajariladi. TKning ishlash toki motorning ishga tushish tokiga qarab sozlanadi.

$$I_{h.ish} = K_{soz} \cdot I_{ish.tush.max};$$

bu yerda: $I_{ish.tush.max}$ – motorning ishga tushish tokining maksimal qiymati;

K_{soz} – sozlash koeffitsiyenti.

Bevosita ta’sir etuvchi relelar uchun $K_{soz} = 2 - 2,5$ ga teng deb olinadi, bilvosita ta’sir qiluvchi relelar uchun esa $K_{soz} = 1,8 - 2$.

Agar TK talab qilingan sezgirlik ta’minlamasa, quvvati 2 MVt dan undan katta bo‘lgan motorlar uchun differensial tokli himoya ishlatiladi.

Asinxron motorning qisqa tutashuvdan tokli himoyasi turlari quyidagicha:

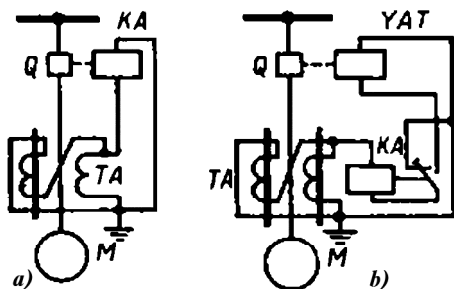
a) bevosita ta’sir etuvchi releli; (6.6- a rasm).

b) bilvosita ta’sir etuvchi releli (o‘zgaruvchan operativ tokda); (6.6- b rasm).

d) bilvosita ta’sir etuvchi releli (o‘zgarmas operativ tokda).

Betaraf nuqtasi yerdan izolyatsiyalangan tarmoqlarda ishlovchi motorlarni himoyasi faqat ikki fazali qisqa tutashuvlarda ishga tushadi.

Himoya, odatda, ikki fazali va bir releli qilib tuziladi.



6.6-rasm. Asinxron motorlarning TK sxemalari

Asinxron motorning o‘ta yuklanishdan himoyasi

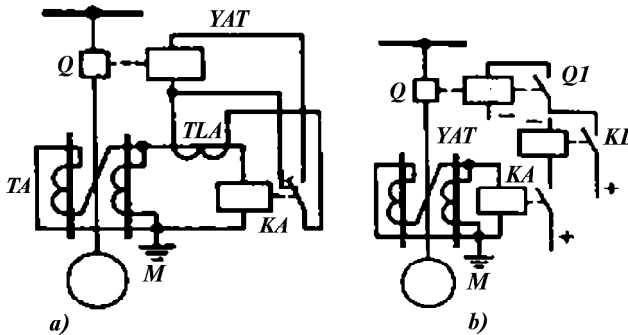
Odatda, himoya sabr vaqti xarakteristikasi tokka qisman bog‘liq bo‘lgan tok relesi yordamida bajariladi (masalan, induksion tok relesi RT-80).

Himoyaning ishlash toki motorning nominal tokini hisobga olgan holda aniqlanadi.

$$I_{h.ish} = K_{soz} \cdot I_{nom};$$

bu yerda: I_{nom} – motorning nominal toki;

K_{soz} – sozlash koeffitsiyenti.



6.7-rasm. O‘zgaruvchan va o‘zgarmas operativ tokda ishlovchi sxemalar.

Bu himoya uchun $K_{soz} = 1,1 - 1,2$ ga teng deb hisoblash mumkin. Sabr vaqti topilayotganda ikki shartning bajarilishi hisobga olinadi:

- normal ishga tushirishda yoki o‘z-o‘zidan ishga tushishida ishlab ketmasligi;
- chulg‘am qizib ketmasligi.

Odatda bular bir-biri bilan bog‘langan, ishga tushish va o‘z-o‘zidan ishga tushish vaqti 10–15 sekundni tashkil qiladi, shuning uchun tok relesining maxsus turlari kerak bo‘ladi.

Kuchlanishi 1000 V dan yuqori katta quvvatli motorlar uchun differensial tokli himoya qo‘llaniladi.

Differensial tokli himoya

Quvvati katta bo'lmagan motorlarda differensial tokli himoya odatda ikkita tok relesi bilan ikki fazali qilib bajariladi. Bunda sezgirlik yetarli darajada yuqori bo'ladi:

$$K_{sez} = \frac{I_{q.t. \min}^{(2)}}{I_{h.ish}}$$

Himoyaning ishlash toki $I_{h.ish} = (1,5-2) I_{nom}$ ga teng qilib olinadi.

Himoyaning sezgirligini oshirish uchun differensial zanjirda to'yingan tok transformatorli tok relesi qo'llaniladi.

Katta quvvatli motorlar uchun (5000 kVt va undan yuqori) differensial himoya uch fazali qilib bajariladi.

Betaraf nuqtasi yerdan izolyatsiyalangan tarmoqlar uchun nol ketma-ketlik himoya nol ketma-ketlik toklari filtriga ulanadi. U odatda nol ketma-ketlik tok transformatori yordamida bajariladi va motor ulangan kabellarda o'rnatiladi. Himoya sabr vaqtsiz o'chirishga ta'sir etadi.

Asinxron motorlar uchun minimal kuchlanishli himoya

Vazifasi:

1) o'ta muhim motorlarni o'z-o'zidan ishga tushish sharoitini ta'minlash;

2) texnologik jarayon va texnika xavfsizligi shartlarini ta'minlash uchun o'z-o'zidan ishga tushishi mumkin bo'lmagan motorlarni o'chirish.

Ish kuchlanishi: Tashqi qisqa tutashuv o'chirilgandan so'ng o'z-o'zidan ishga tushishni va minimal kuchlanish relesini qaytarishni ta'minlash shartlari bo'yicha:

$$U_{h.ish} \approx (0,6 \div 0,7)U_{nom}$$

Agar himoya muhim motorlarni o'chirishi kerak bo'lsa, unda qo'shimcha ishga tushirish organi V ko'zda tutiladi:

$$U_{h.ish} \approx (0,45 \div 0,5)U_{nom}$$

Himoyani bajarilishiga bir necha misollar keltirish mumkin. Sxemalari variantlari bir nechta, har biri o'zini xususiyatlariga ega.

$U_{nom} = 6$ kV bo'lgan muhim motorlar uchun himoya sxemasini ko'rib chiqamiz.

Rasmlarda sxemaning ikki varianti keltirilgan. Ular bir-biridan kuchlanish zanjiri (kuchlanish transformatori) buzilganda noto‘g‘ri ishlab ketishi oldini olish bilan farq qiladi: a) sxemada buning uchun uchta minimal kuchlanish relelari ishlatiladi: KV-1÷KV-3; b) sxemada teskari ketma-ketlik kuchlanish filtridan FNOP ta‘minlanadigan maksimal kuchlanish relesi KV-1.

Himoya sxemasi ikki pog‘onadan iborat:

Birinchi pog‘ona: a) KV-1÷KV-3 va KT6

b) KV2 va KT4

Bu pog‘ona o‘ta muhim motorlarning o‘z-o‘zidan ishga tushishini yengillashtirish maqsadida muhim bo‘lmagan motorlarni o‘chirish uchun xizmat qiladi.

$$U_{h.ish} \approx 0,7U_{nom}; t \approx 0,5 s.$$

Ikkinchi pog‘ona: a) KV 4 va KT 5

b) KV 3 va KT 5

Bu kuchlanish uzoq yo‘qolganda muhim motorlarni o‘chirish uchun mo‘ljallangan:

$$U_{h.ish} \approx 0,5U_{nom}; t \approx 3 - 9 s.$$

Sinxron motorlar himoyasi

Shikastlanish turlari:

- ko‘p fazali qisqa tutashuvlar;
- bir fazali qisqa tutashuvlar (380 V tarmoqlarda).

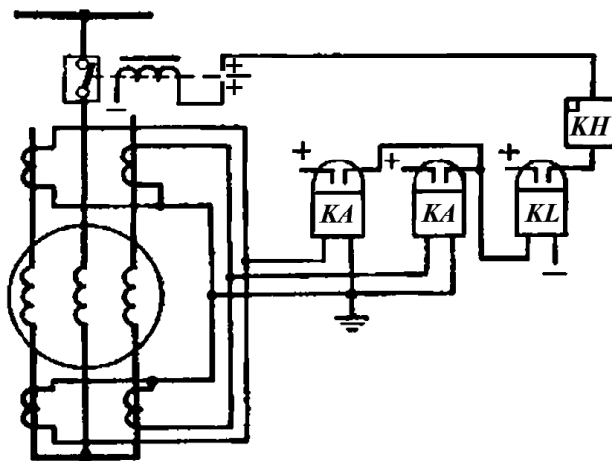
Ulardan himoya sabr vaqtsiz qilib bajariladi. Sinxron motorlardagi bir fazali qisqa tutashuvlardan himoya asinxron motorlar himoyasiga o‘xshab bajariladi va himoya o‘chirishga ta’sir etadi.

Nonormal ish rejimlari quyidagilardan iborat:

- yuklamani ortishi;
- uzoq davom etadigan ishga tushish;
- asinxron rejim.

Sinxron motorlarni yuklama ortishidan himoyasi AD himoyasiga o‘xshab bajariladi. Sinxron motorni sinxronizmdan chiqib ketishi oqibatida asinxron rejim sodir bo‘ladi. Bu quyidagilar natijasida bo‘lishi mumkin:

- tarmoqdagi kuchlanish pasayishi;
- qo‘zg‘atish tokini kamayishi;
- yuklamani ortishi natijasida.



6.8-rasm. Katta quvvatli motorning differensial himoyasi.

Sinxron motor uzoq asinxron rejimga mo'ljallanmagan. Shuning uchun asinxron rejimdan himoya o'rnatiladi.

Muhim bo'lmagan motorlarda himoya o'chirishga ta'sir etadi.

O'ta muhim motorlarda himoya resinxronlash qurilmasiga, avtomatik yuk tushirish yoki o'chirishga ta'sir etadi. Sinxron motorlarning himoya turlari asinxron motorlarnikiga o'xshagan bo'ladi.

Sinxron motorni asinxron rejimdan himoyalash sxemalari:

- a) o'zgarmas operativ tokda;
- b) o'zgaruvchan operativ tokda bajariladi.

Asinxron rejimda stator chulg'amida vaqt bo'yicha pulsatsiyalanadigan tok I_{dv} oqib o'tadi. Uning maksimal qiymati motorning nominal toki $I_{dv,nom}$ dan bir necha barobar katta. Bu tok himoya ishi uchun ishlatilishi mumkin. Shu maqsadda induksion tok rele si qo'llaniladi.

I_{dv} toki ta'sirida KA relening qo'zg'aluvchan qismi sekin-asta harakatlanishi mumkin, I_{dv} kamayganda u boshlang'ich holatiga qayta olmaydi. Buning uchun RT-80 rele si yordamidagi himoyaning ishlash toki $I_{dv,max} > 3 I_{h,ish}$ ga ega bo'lishi kerak.

$$I_{h,ish} = (1,3 \div 1,4) I_{dv,nom}$$

$$t_q = (1,2 \div 1,5) Dt - \text{qaytish vaqti.}$$

6.3. Kuchlanishi 1000 V gacha elektr tarmoqlar himoyasi

Kuchlanishi 1000 V gacha tarmoqlarda himoya eruvchan saqlagichlar va avtomatik o'chirgichlar yordamida bajariladi.

Eruvchan saqlagich elektr uskunalarini qisqa tutashuv toklaridan va yuklama ortishidan himoyalash uchun xizmat qiladi. Uning asosiy xarakteristikalarini-eruvchan qo'yilmaning nominal toki I_{nom} , saqlagichning nominal toki $I_{nom.saq}$, saqlagichning nominal kuchlanishi $U_{nom.saq}$, saqlagichning nominal o'chirish toki $I_{nom.o'ch}$, saqlagichning kimyoviy xarakteristikasi.

Eruvchan qo'yilmaning nominal toki deb, nominal rejimda eruvchan saqlagich uzoq muddat ishlashga mo'ljallangan tokka aytiladi. Saqlagichning nominal toki – bu tok saqlagichdan uzoq muddat oqib o'tganda uning qizishi kuzatilmaydigan tok. Saqlagichning o'chirish qobiliyati nominal o'chirish toki bilan xarakterlanadi, bu eng katta qisqa tutashuv toki bo'lib, bunda saqlagich zanjirni hech qanday shikastlanishsiz uzadi.

Kuchlanishi 1000 V gacha tarmoqlarda NPN va PN2 turidagi saqlagichlar keng tarqalgan, ular qisqa muddatli yuklama ortishiga chidamli.

Eruvchan saqlagichlar inersion (IP turdagi) va yuklama ortishiga chegaralangan qobiliyatli noinersion (NPN, PN2 turdagi) xillarga bo'linadi.

Saqlagichlarni tanlash quyidagi shartlar bo'yicha amalga oshiriladi.

$$U_{nom.saq} \geq U_t;$$

$$I_{o'ch.nom} \geq I_{q,max};$$

$$I_{nom.saq} \geq I_{r,max}.$$

Inersion saqlagichlar uchun eruvchan qo'yilma liniyaning uzoq muddatga ruxsat etilgan toki bo'yicha tanlanadi.

$$I_{nom.vy} \geq I_{r,max}.$$

Noinersion saqlagichlar uchun quyidagi shartlar hisobga olinadi:

$$I_{nom.vy} \geq I_{r,max};$$

$$I_{nom.vy} \geq (i_p / K_{yuk}).$$

Yuqoridagi ifodalarda:

U_t – tarmoqning nominal kuchlanishi;

$I_{q.max}$ – tarmoqning maksimal qisqa tutashuv toki;

$I_{r.max}$ – tarmoqning maksimal ish toki;

i_r – bir motorning ishga tushirish toki ($i_p = I_{nom} \cdot K_{ish.tush}$);

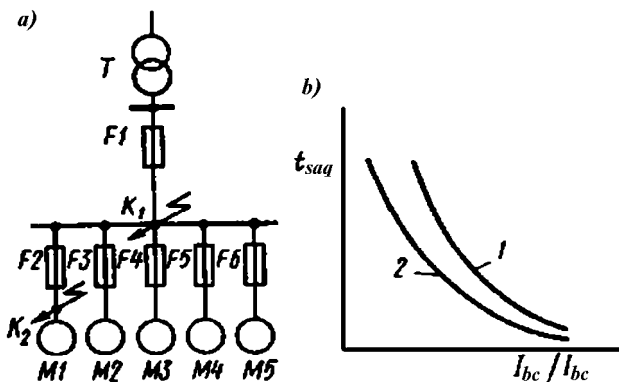
I_{nom} – motorning nominal toki;

$K_{ish.tush}$ – ishga tushirish tokining karraligi;

K_{yuk} – yuklama ortish koeffitsiyenti (og‘ir sharoitli ishga tushirish sharti uchun – 1,6÷2; va yengil sharoitli uchun 2,5 ga teng).

K_1 nuqtada qisqa tutashuv sodir bo‘lsa, tanlovchanlik shartiga asosan F1 saqlagichning eruvchan qismi zanjirni uzadi. K_2 nuqtada esa F2 saqlagich ishga tushadi.

Kondensator batareyasini himoyalaydigan eruvchan qo‘yilmaning toki ulanish va kondensatorlar razryadi toklaridan saqlashni hisobga olib tanlanadi.



6.9-rasm. a) radial tarmoqni saqlagichlar yordamida himoyalash sxemasi; b) saqlagichlar xarakteristikasi.

$$I_{nom.vy} \leq 1,6n \frac{Q_{nom.k}}{\sqrt{3}U_L}$$

Bu yerda:

n – barcha fazalar batareyasidagi kondensatorlarning umumiy soni;

$Q_{nom.k}$ – bir kondensatorning nominal quvvati;

U_L – tarmoqning chiziqli kuchlanishi.

Eruvchan saqlagichlardan tashqari kuchlanishi 1000 V gacha uskunalarda avtomatik havо o‘chirgichlari keng qo‘llaniladi va ular bir-

ikki va uch qutbli qilib hamda o'zgarmas va o'zgaruvchan holda ishlab chiqariladi.

Avtomatik o'chirgichlar maxsus rele qurilmasi bilan ta'minlanadi va ular o'chirgich turiga qarab, tokli kesim, maksimal tokli himoya yoki ikki pog'onali tokli himoya ko'rinishida bajariladi. Buning uchun elektromagnit va issiqlik relelari qo'llaniladi.

Tuzilishi bo'yicha avtomatik o'chirgichlar saqlagichlarga qaraganda murakkab bo'lib, o'chirgich va ajratqich to'plamidan tashkil topgan.

Avtomatik o'chirgichning nominal toki $I_{nom.A}$ eng katta tok bo'lib, u oqib o'tganda, o'chirgich uzoq muddat shikastlanmasdan ishlashi mumkin.

Avtomatik o'chirgichning nominal kuchlanishi $U_{nom.V}$ elektr tarmog'i kuchlanishiga teng. Bu o'chirgich ishlashi uchun mo'ljallangan kuchlanish bo'lib, o'chirgichning pasportidagi ko'rsatiladi.

Ajratqichning nominal toki $I_{nom.pas}$ – pasportida ko'rsatilgan tok bo'lib, uning uzoq oqib o'tishi ajratqichni ishlab ketishiga olib kelmaydi.

Ajratqichning o'rnatma toki eng kichik tok bo'lib, u oqib o'tganda, ajratqich ishlab ketmaydi.

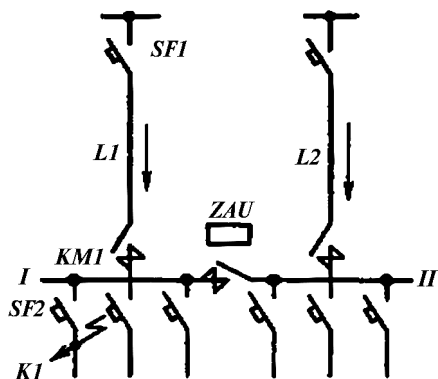
Avtomatik o'chirgich turlari

Sanoat korxonalari elektr ta'minotida AVM, "Elektron", A3700, AE-200 va boshqa turdagi avtomatik o'chirgichlar qo'llaniladi.

AVM turidagi avtomatik o'chirgichlar ikki va uch qutbli qilib tayyorlanadi. O'rnatish usuliga qarab surilmaydigan va suriladigan bo'ladi.

Bunday o'chirgichlarning maksimal o'chirish qobiliyati o'zgaruvchan tok uchun $I_{o'ch.A} = 20$ kA ni, o'zgarmas tok uchun $I_{o'ch.A} = 30$ kA ni tashkil qiladi. Avtomatik o'chirgich soat mexanizmi sozlanadigan maksimal elektromagnitli ajratqichga ega. Yuklama ortganda tokka teskari bog'langan holda soat mexanizmi hosil qiladigan sabr vaqtlari AVM-4s, AVM-10s va AVM-15s turidagi avtomatik o'chirgichlarda tok noldan $2I_{nom.A}$ gacha, AVM-20 s da $-1.5I_{nom.A}$ gacha o'zgartiriladi.

AVM turidagi avtomatik o'chirgichlarni kommutatsiya qobiliyati past. "Elektron" turidagi ikki va uch qutbli avtomatik o'chirgichlar 660 V li o'zgaruvchan va 400 V li o'zgarmas kuchlanishlarda mo'ljallangan. Ajratqichlarning toki 250–4000 A ga teng.



6.10-rasm. Tarmoqni avtomat o'chirgichlar yordamida himoyalash.

A3700 turidagi avtomatik o'chirgichlar ikki va uch qutbli, 160–630 A toklarga mo'ljallangan. Himoya xarakteristikalarini yaxshilash uchun o'chirgichda yarim o'tkazgichli himoya bloki ko'zda tutilgan. U o'lchov organidan signal oladi va o'chirish buyrug'ini elektromagnitli ajratqichga uzatadi. O'chirgichlar tokni cheklovchi qilib bajariladi:

1. Yarim o'tkazgichli va maksimal tokli elektromagnit ajratqichli o'chirgichlar (A37105–A37405).
2. Maksimal tokli elektromagnit ajratqichli o'chirgichlar (A37115–A37425).

Ikkala holda ham elektromagnit ajratqichda o'rnatma toki $10I_{nom.pas}$ ga teng.

AE-1000 turidagi avtomatik o'chirgichlar bir qutbli 6, 10, 16, 20, 25 A nominal toklarga mo'ljallangan issiqlik ajratqichli qilib bajariladi. Ularning asosiy vazifasi yoritish tarmoqlarini himoyalash.

Avtomatik o'chirgichlarni tanlash

Avtomatik o'chirgichlarni tanlashga quyidagi talablar qo'yiladi:

1. O'chirgichlarning nominal kuchlanishi tarmoq kuchlanishidan past bo'lmasligi lozim;
2. O'chirish qobiliyati himoyalananayotgan elementdan oqayotgan maksimal qisqa tutashuv tokiga hisoblangan bo'lishi kerak;
3. Ajratqichning nominal toki himoyalananayotgan elementdan uzoq oqayotgan eng katta hisobiy yuklama tokidan kichik bo'lmasligi kerak;

$$I_{nom.pas} \geq I_{r.max}$$

4. Avtomatik o'chirgich himoyalananayotgan elementning normal rejimda o'chirishi mumkin emas, shuning uchun rostlanadigan ajratqichlarning o'rnatma toklari quyidagi shart bo'yicha tanlanadi:

$$I_{nom.pas} \geq (1,1 + 1,3)I_{r.max}$$

Ajratqichlari rostlanmaydigan avtomatik o'chirgichlarda birinchi shartni bajarilishi yetarli hisoblanadi.

5. Himoyalananayotgan elementda yuklama qisqa muddatga osha avtomatik o'chirgich ishlab ketmasligi kerak. Bu quyidagi shart bo'yicha ta'minlanadi:

$$I_{nom.pas.E} \geq (1,25 + 1,35)i_{o'x}$$

$i_{o'x}$ – saqlagichni tanlashga o'xshab aniqlanadi.

Ketma-ket o'rnatilgan avtomatik o'chirgichlarni tanlovchanligini ta'minlash uchun ularning himoya xarakteristikalari selektivlik kartasida kesishmasligi kerak. Bunda ta'minlash manbayiga yaqin joylashgan o'chirgichlar ajratqichlarining o'rnatma toki uzoq joylashgan o'chirgichlarnikidan 1,5 barobar katta bo'lishi kerak.

O'rnatmalari tanlovchanlik sharti bo'yicha tanlangan o'chirgichlarning ajratqichlari sezgirlik talabini qoniqtirishi kerak, ya'ni himoyalananayotgan liniyaning eng uzoq nuqtasidagi minimal qisqa tutashuv toki (odatda, 1 fazali qisqa tutashuv) ajratqichning nominal tokidan kamida 3 barobar katta bo'lishi kerak.

Nazorat savollari

1. *Eruvchan saqlagichlarni tanlash shartlari.*
2. *Avtomatik o'chirgichlarning turlarini keltiring.*
3. *Avtomatik o'chirgichlarni tanlash usullari*
4. *Saqlagich va avtomatlarni sxemada ko'rsatilishi.*

VII bob. ELEKTR TA'MINOTI SISTEMASINING AVTOMATIKASI

Elektr tizimi iste'molchilarining ishonchli va uzluksiz elektr ta'minoti relesi himoya bilan bir qatorda shikastlanishga qarshi avtomatika sistemasi bilan ham ta'minlanadi. Ulardan asosiysi quyidagilar:

- zaxiradagi ta'minot manbani avtomatik ulash (ZAU);
- qisqa tutashuvda rele himoyasi bilan o'chirilgan liniya, transformator va shinalarni avtomatik qayta ulash (AQU);
- avtomatik chastotali yuksizlantirish (AChT);

7.1. Zaxiradagi manbani avtomatik ulash

Elektr energiyasi ta'minotida uzilishi mumkin bo'lmagan birinchi kategoriya iste'molchilari zaxirali manba bilan ta'minlanishi kerak.

Zaxirali ta'minot manbani avtomatik ulash (ZAU) qurilmasi elektr stansiyalarida hamda ikki va undan ortiq liniya yoki transformator bilan ta'minlangan tarmoq podstansiyalarida keng qo'llaniladi. Elektr stansiyalarida ZAU qurilmasi o'ta muhim mexanizmlarning elektr motorlari (ta'minlash nasosi, tutun so'rgich va boshqalar) ulanganda ishlatiladi.

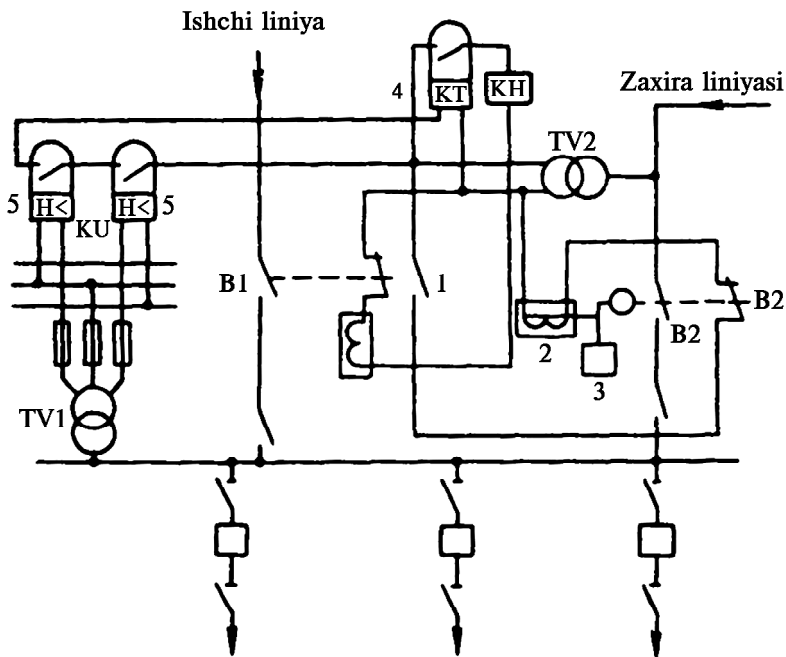
ZAU qurilmasi ikki qismdan iborat. Birinchi qismga ishchi ta'minot manbani himoyasini to'ldiruvchi minimal kuchlanish himoyasi kiradi. Bu himoya ZAU qurilmasini ulaydi. Iste'molchilarni elektr energiya bilan ta'minlash to'xtatilgan barcha hollarda ishchi ta'minot manbani o'chirilishini ta'minlaydi.

Ikkinchi qismga ishchi manba o'chirgichi o'chirilganda zaxira ta'minot manbani avtomatik ulanishini ta'minlovchi ulash avtomatikasi kiradi.

Taqsimlovchi uskuna ishchi liniya bo'yicha normal ta'minlanadi (7.1-rasm), uning o'chirgichi B1 ulangan. Zaxiradagi liniya o'chirgichi B2 normal o'chirilgan. B2 o'chirgich 2 yukli yuritma bilan ta'minlangan. B2 o'chirgichni 3 yukni tushirish yo'li bilan ulash mumkin. O'chirgich qo'l bilan yoki distansion (masofada) ulanadi. Bunda yuritma richagi-ni ozod etuvchi maxsus ulash chulg'am zanjiri tutashtiriladi.

Ko'rsatilayotgan sxemada ZAU qurilmasi zaxirali liniyada o'rnatilgan TV2 kuchlanish transformatoridan ta'minlanadi.

B1 o'chirgich o'chirilganda uning yuritmasidagi 1-blok-kontakti tutashadi, natijada ikkinchi yukli yuritma-g'altak chulg'amida tok paydo



7.1-rasm. ZAU qurilmasining elektr sxemasi.

bo'ladi; g'altak o'zakni tortadi va 3 yukni ozod etadi, u esa og'ib o'chirgich yuritmasi o'qini buradi va B2 o'chirgichni ulaydi, bunda zaxira liniyadan uskuna ta'minoti tiklanadi.

Sxemada uskunaning yig'ma shinasida kuchlanish yo'qolganda, ZAU ni ishga tushirishni ta'minlovchi minimal kuchlanish rele si (H<) ko'zda tutilgan, agarda B1 o'chirgich ulangan bo'lsa, bunda 5 va 4 rele ishga tushadi, B1 o'chirgich o'chadi, B2 esa ulanadi.

TV1 kuchlanish transformatori saqlagichlar yordamida himoyalanganida avtomatik qurilmaning noto'g'ri harakati bo'lmasligi uchun 2 ta kuchlanish rele si o'rnatiladi, ularning chulg'amlari har xil fazalarga ulanadi, kontaktlari esa ketma-ket ulanadi (7.1-rasm).

ZAU qurilmasi ishga tushganda iste'molchilar ta'minotidagi uzilish vaqti himoyaning harakati vaqtlari yig'indisidan tashkil topadi. Bular o'chirgichning ishchi manbadan o'chirish va zaxira ta'minot manbayi ulash vaqtlaridir. Tez harakatlanuvchi rele himoya, o'chirgich va yuritmalar uchun bu vaqt 0,4–0,5 s tashkil etadi.

7.2. Avtomatik qayta ulash

Havo elektr uzatish liniyalarida aksariyat qisqa tutashuvlar mo-maqaldiroqli razryad, qushlar simlarning har xil fazalarni tutashti-rishi, simlarning o‘ralashib ketishi va boshqalar natijasida sodir bo‘ladi. Tajriba ko‘rsatadiki, havo tarmoqlarida shunga o‘xshash tutashuv-larning aksariyat qismi qisqa vaqtli xarakterga ega, chunki shikast-langan qism o‘chirilgandan so‘ng tutashuv joyidagi izolyatsiya ko‘p holda tiklanadi va liniya yana ishga ulanishi mumkin.

Ko‘p hollarda qisqa tutashuvlar transformator podstansiyalarida izolyatsiyalarni yoki yuqori kuchlanish saqlagichlarining izolyatsiyala-rini tutashib qolishi natijasida sodir bo‘ladi va u ham qisqa vaqtli xususiyatga ega. Qisqa tutashuvdan so‘ng ular, odatda, ta‘mirlanmay, saqlagichsiz yana ishga tushirilishi mumkin.

Liniyani qayta ulash uchun maxsus qurilma qo‘llaniladi, u yorda-mida o‘chirilgan liniya avtomatik ravishda yana ishga tushiriladi. Bu qurilma avtomatik qayta ulash qurilmasi (AQU) deb ataladi. Bir tarafdin ta‘minlanadigan liniyalarda AQU ni samarasi yuqori, AQU ning har bir muvaffaqiyatli harakati iste‘molchilar ta‘minotining uzil-ishini oldini oladi. Respublikamiz energetika tizimida bir karra, ham-da ko‘p karra harakatlanuvchi uch fazali va bir fazali AQU qurilma-lari qo‘llaniladi.

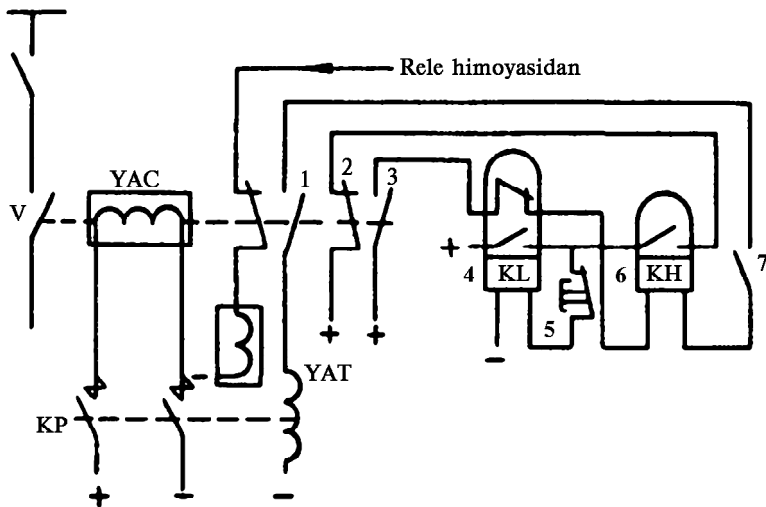
Bir karrali deb liniyani faqat bir marta ulaydigan AQU ga aytiladi, agar liniya yana himoya orqali o‘chirilsa, unda AQU qurilmasi ha-rakatdan to‘xtaydi va ikkinchi marta ishlamaydi. Bir fazali deb, faqat bitta o‘chirilgan fazani qayta ulaydigan AQU ga aytiladi.

AQU qurilmasi elektr relelar yordamida elektrli prinsipda yoki o‘chirgich yuritmasiga mos ravishda mexanik prinsipda bajariladi.

Elektrli AQU elektromagnitli va pnevmatik yuritma bilan ta‘min-langan o‘chirgichlarda ishlatiladi. Mexanik AQU qo‘l bilan yoki av-tomatik boshqariladigan yuritma (yukli, prujinali) bilan ta‘minlangan o‘chirgichlarda ishlatiladi.

Bir karrali qo‘l bilan qaytariladigan elektrli AQU sxemasida (7.2-rasm) oraliq (KL) 4 va ko‘rsatkich (KH) 6 relelar ko‘zda tutilgan.

Relening yuqoridagi kontakti 4 normal holatda yopiq, pastkisi ochiq, uzgich (7) ulangan. Liniyada qisqa tutashuv sodir bo‘lganda, releli himoya ishga tushadi va o‘chirish g‘altagi YAT yordamida o‘chir-gich V o‘chiriladi. O‘chirgich o‘chirilgandan so‘ng uning yuritmasi kontaktlari (3) oraliq relesi kontaktlarining OK ulanish solenoidi YAC



7.2-rasm. Bir karrali AQU AQU qurilmasini elektr sxemasi.

zanjirini tutashtiradi va o'chirgich ulanadi (tok zanjiri: plus – kontaktlar, 3 – relening yuqori kontaktlari, 4 – rele g'altagi, 6 – uzgich, 7 – kontaktlar, 1 – g'altak, OK – minus).

Bunda rele (6) ishga tushadi va o'zining kontaktlarini tutashtiradi: ulanganda tutashgan kontaktlar 2 – rele kontaktlari, 6 – rele g'altagi, 4 – minus).

Rele (4) ishga tushadi (yuqori kontaktlari ochiladi va pastki kontaktlari tutashadi) va o'z-o'zidan bekiladi (o'z-o'zidan bekilish zanjiri toki: plus – relening pastki kontaktlari, 4 – tugmacha, 5 – rele g'altagi, 4 – minus).

Agar avtomatik qayta ulash bartaraf etilmagan qisqa tutashuv vaqtida sodir bo'lsa, releli himoya ikkinchi marta ishga tushadi va ikkinchi marta o'chirgich V o'chiradi. Yana avtomatik o'chirish ulana olmaydi, chunki yuritma oraliq kontaktlarining OK ulanish solenoidi o'z-o'zidan bekilish relesining yuqoridagi kontaktlari (4) bilan ochilgan.

AQU qurilmasini oldingi (birlamchi) holatiga ketirish uchun (4) releni bekitish (blokirovka), (6) rele kontaktlarini (5) tugmani bosib va (6) rele shtiftasini burib uzish kerak. Ishlash sharoiti bo'yicha uni ma'lum vaqtga kerak bo'lmasa, uzish (7) AQU ni o'chirish uchun xizmat qiladi. Aytish joizki, hozirgi vaqtda AQU nafaqat elektr uzatish

liniyalari uchun, balkim podstansiyalarning yig‘ma shinalari uchun ham keng ishlatiladi, chunki o‘zgaruvchan qisqa tutashuvlar nafaqat elektr uzatish liniyalarida, balki podstansiyaning yig‘ma shinalarida ham bo‘ladi.

AQU tizimi iste‘molchilarning elektr energiya ta‘minotidan uzilishini yo‘q qilish bilan birga vaqtini qisqartiradi, ya‘ni qisqa tuta-shuvdagi yoini ishdan chiqarish (buzish) ta‘sirini kamaytiradi, chunki yoy paydo bo‘lgandan so‘ng liniya tezda o‘chirilishi kerak (0,2...0,3 s).

7.3. Avtomatik chastotali yuksizlantirish

Energotizim ish rejimining ajralib turadigan xususiyati shundan iboratki, har doim energiya manbayining quvvati RP yuklama va isrof yig‘indisiga teng bo‘ladi:

$$P_t = P_{yuk} + P_{isr},$$

bu yerda: P_{yuk} – yuklama quvvati;

P_{isr} – quvvat isrofi.

Yuklamani o‘zgarishi ishlab chiqarilayotgan quvvatni o‘zgarishini talab qiladi, aks holda, tizimdagi chastota o‘zgaradi, chunki quvvat balansi (muvozanati) chastota f_n bo‘lganda ta‘minlanadi. Elektr stansiyalarda generatorlar shikastlanish natijasida o‘chirilganda yoki energetizim har qanday sabab bilan alohida qismlarga bo‘linganda, oxirgilarda ishlab chiqarilayotgan aktiv quvvat yetishmovchiligi (tanqisligi) paydo bo‘lishi mumkin, shu sababli tokning chastotasi tushib ketishi mumkin. Tokning chastotasi tushishi bilan birga kuchlanish shunday past qiymatga ega bo‘lishi mumkin. Bunda ko‘plab elektr motorlar sekinlasha boshlaydi va ularning yuklama toklari oshadi, buning natijasida tizimdagi kuchlanish ko‘proq pasayadi. Natijada parallel ishlayotgan generatorlar sinxronizmdan chiqadi va o‘chiriladi. Iste‘molchilarning ta‘minoti uziladi.

Quvvat tanqisligi paydo bo‘lganda avval tizimda mavjud bo‘lgan: turbina tezligini rostlagichi yordamida avtomatik yuklovchi zaxira ishlatiladi.

Birinchi navbatda bug‘ turboagregatlari to‘la quvvatgacha yuklanadi. Agar chastota ma‘lum qiymatdan tushib ketsa, unda gidroelektr stansiyalarning zaxiradagi agregatlari avtomatik ravishda ishga tushiriladi. Ularning ishga tushirish vaqti 30...50 s dan oshmaydi.

Chastotani ma'lum minimal qiymatgacha tezda tiklash uchun tizimdagi zaxirani ishlatishdan tashqari iste'molchilarning bir qismi o'chirish yo'li bilan tizim yuksizlantiriladi. Bunda energotizimning yukini tushurish avtomatik chastotali yuk tushurish (AChYu) qurulmasi deb ataladigan maxsus qurulma yordamida amalga oshiriladi.

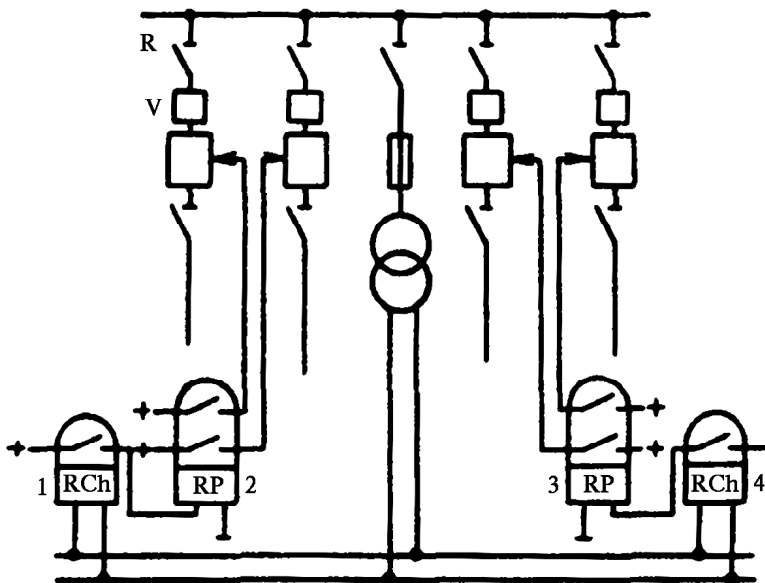
AChYu qurulmasi TV kuchlanish transformatoriga ulanadi.

AChYu ning ish ustavkasi 48-45 Hz oraliqda bo'lgan bir nechta chastota relelari RCh(1) va RCh(4)dan (7.3-rasm) tashkil topgan.

Ajratqich (R) orqali taqsimlovchi uskuna (TU) shinasiga ulangan o'chirgichlar (V) navbat bilan iste'molchilarni o'chiradi. Buning uchun ma'lum ustavkali chastota relesi oraliq relelar RP2 va RP3 yordamida ta'minlovchi liniyalar sonini kamaytiradi. Ularning soni energotizim dispetcherlik xizmati tomondan beriladi.

Elektr motorlarni o'z-o'zidan ishga tushirish.

Elektr tarmoqlar va iste'molchilardagi qisqa tutashuvlar va boshqa shikastlanishlar (TU) yig'ma shinalarida va ularga ulangan barcha tarmoqlarda 0,2–5 sekundli kuchlanishning qisqa vaqtli pasayishiga va



7.3-rasm. AChYu qurilmasining elektr sxemasi.

batamom yo‘qolishga olib keladi. Shundan keyin kuchlanish o‘sha (AQUda) yoki boshqa (ZAUda) manbadan tiklanadi. Elektr ta‘minoti qisqa vaqtga uzilganda, motorlarda ro‘y beradigan jarayonlarni ko‘rib chiqamiz.

Kuchlanish o‘chirilgan vaqtda (yoki juda pasayganda) motorlarning aylanish chastotasi kamayadi, sekinlashadi.

Kichik quvvatli motorlarda daqiqaning ulushigacha, katta quvvatli motorlarda – 10 s gacha davom etadigan bu jarayon “vibeg” deb ataladi. “Vibeg”da chulg‘amdagi toklar, EYuK, magnit oqimlar sekinasta so‘nib boradi. Ular to‘la so‘nmaganda, motorlar generator rejimida ishlaydi, o‘chirilmagan tarmoqdagi qoldiq kuchlanishni ushlab turadi. Katta quvvatli sinxron motorlar mavjud bo‘lganda qoldiq kuchlanishni so‘nish vaqti “vibeg” vaqtiga teng bo‘lishi mumkin (to‘la to‘xtagungacha). Bu hodisa ZAU ni ulash va minimal kuchlanishli himoya ishlashini kechikishiga olib keladi.

Ma‘lum hollarda ZAU ni tezroq ulash uchun minimal kuchlanish rele si emas, balki “vibeg” jarayonida aniqroq ishlaydigan minimal chastota relesini ishlatishga to‘g‘ri keladi.

Odatda yig‘ma shinalarga motorlardan tashqari boshqa statik yuklamalar ham ulangan. Ular qoldiq kuchlanishda quvvat iste‘mol qilib, motorlarning sekinlashishini tezlatadi.

Agar korxonadagi elektr motorlarning o‘z-o‘zidan ishga tushish imkoniyati bo‘lsa, elektr ta‘minoti ishonchliligi ancha oshadi. O‘z-o‘zidan yurgizish, deb elektr ta‘minotida qisqa uzilish bo‘lgandan so‘ng xodimlarning ishtirokisiz muhim mexanizmlar elektr motorlari ning normal ishini tiklashiga aytiladi.

Ta‘minot tiklanayotgan vaqtda o‘chirgichlari ulangan holatda bo‘lgan barcha motorlar o‘z-o‘zidan ishga tushadi (o‘z-o‘zidan yurgizish). Bu vaqtda motorlarning bir qismi to‘xtagan, boshqa qismi esa “vibeg”da bo‘ladi.

Taxminan qabul qilish mumkin, o‘z-o‘zidan yurgizish toki $I_{S.Z}$ barcha ulangan o‘zgaruvchan tok motorlarining yurgizish toklari ($I_{P\Sigma}$) plyus o‘chirilmagan statik elektr iste‘molchilarning umumiy nominal toklari (I_N) yig‘indisiga teng:

$$I_{S.Z} = (I_{P\Sigma}) + I_N.$$

Bu $I_{S.Z}$ toki nominal qiymatdan bir necha barobar oshib ketadi. Ilgari motorlar ta‘minoti tiklanganda yuqori toklardan shikastlanmasligi uchun motorlar “vibeg”da minimal kuchlanishli himoya bilan

o'chirilar edi. Oqibatda o'z-o'zidan yurgizish mumkinligi amaliyotda isbotlangan.

Boshqa tomondan, barcha elektr iste'molchilarini o'z-o'zidan yurgizish uchun ularni ulangan holda qoldirish har doim ham mumkin emas, chunki o'z-o'zidan yurgizishda qancha ko'p motorlar ishtirok esa, shuncha $I_{s,z}$ katta bo'ladi.

Natijada qancha o'z-o'zidan yurgizish tok kuchi $I_{s,z}$ katta bo'lsa, podstantsiya yig'ma shinasida kuchlanish shuncha past bo'ladi. Demak, qisqa vaqtli kuchlanish yo'qolishidan so'ng barcha iste'molchilarni ulangan holda qoldirish kerak emas, balki o'ta muhimlarini texnologik jarayonni davom ettirish uchun qoldirish kerak. Bundan tashqari, texnologiyasi yoki texnika xavfsizligi bo'yicha o'z-o'zidan yurgizish mumkin bo'lmagan motorlarni o'chirish kerak. Buning uchun motorlarda minimal kuchlanishli himoya ko'zda tutiladi va u motorlarni normal elektr ta'minoti buzilganda o'chiradi. Ta'minot tiklangandan so'ng bu iste'molchilar odatdagiday asta-sekin ishga tushiriladi.

Shuning uchun motorlarni guruhli o'z-o'zidan yurgizish navbat bilan amalga oshiriladi:

Birinchi navbatda sabr vaqtsiz ($t_1 = 0$) ulanadi, ikkinchi t_2 sabr vaqti bilan uchinchi t_3 sabr vaqti bilan va hokazo.

O'z-o'zidan yurgizish vaqtida ulanishi mumkin bo'lmagan motorlar zanjiri magnitli ishga tushirgichga ega.

Nasos va kompressor stansiyalarida motorni avtomatik qayta ulash ishlatiladi, u minimal kuchlanish himoyasi ishlagandan so'ng amalga oshiriladi.

7.4. Elektr ta'minoti tizimida dispetcherlik xizmati va telemexanizatsiya

Dispetcherlik xizmati energiya ta'minoti tizimini markazdan boshqaradi, uni alohida elementlarining harakatini nazorat qiladi. Ushbu tizimning normal ishini ta'minlash uchun uskunalarni ta'mirlash va shikastlanishlarni yo'qotish yoki tarqalishini to'xtatish bilan bog'liq operativ qayta ulashlarni amalga oshiradi.

Dispetcherlik xizmati xodimi joylashgan dispetcherlik punkti (DP) yoki boshqarish punkti (BP) bilan nazorat punktlaridagi (NG) boshqarish nazorat obyektlari (BNO) o'rtasidagi aloqa telemexanika yordamida amalga oshiriladi. Telemexanika TB-TS-TO'

(teleboshqaruv, telesignalizatsiya, teleo'lchov) qurilmasini o'z ichiga oladi.

Telemexanikaning hajmiga qarab TB-TS-TO' tizimi quyidagilarni ko'zda tutadi:

– liniya, transformator, avtomatik rostdash agregatlarining o'chirgichlarini, korxonada hududini yoritish kontaktorlarini teleboshqaruvini;

– barcha teleboshqaruvli va teleboshqaruvsiz obyektlar elektr ta'minoti tizimida yuklama taqsimlanishiga ta'sir etuvchi katta elektr iste'molchilar holatlarini (ulangan, o'chirilgan) telesignalizatsiyasini;

– 6-35 kV kuchlanishli tarmoqlarda o'chirgichlarni yerga tutashishdan releli himoya yordamida avariya o'chirilishi signalizatsiyasini;

– teleboshqaruv transformatori yoki rostdash agregatining o'ta yuklanish telemexanikasining normal ish rejimlari bilan bog'liq BPDagi nosozliklar signalizatsiyasini;

– podstansiya shinasidagi kuchlanishni, elektr ta'minoti liniyasidagi tokning teleo'lchovini.

Teleboshqaruv uskunalarning bajaruvchi mexanizmlariga ta'sir etuvchi boshqarish signallarini masofaga uzatishni ta'minlaydi: Normal va avariya rejimlarida tez-tez operativ qayta ulanishlarni amalga oshirish talab qilinsa va ko'rsatilgan qayta ulanishlarni avtomatika vositalari bilan amalga oshirish mumkin bo'lmasa, TB ko'zda tutiladi.

Teleboshqaruv tizimi doimiy navbatchi xodimsiz ishlaydigan obyektlar uchun hamda avtomatik boshqarish qurilmalari sifatida ham qo'llaniladi. Teleboshqaruvli elektr ta'minoti obyektlari albatta mahalliy boshqaruvga ega bo'lishlari kerak.

Uzatuvchi telemexanika qurilmalari va qabul qiluvchi qurilmalar aloqa kanallari bilan bog'langan. Ular uchun simli aloqa liniyalari, radioliniyalari, kuch va yuqori voltli liniyalar ishlatiladi.

Aloqa kanallaridan foydalanish usuli bo'yicha TB-TS-TO' qurilmasi ko'p va kam kanallilarga bo'linadi.

Nazorat savollari

1. Ta'minot manbai zaxirasini avtomatik ulash qanday maqsadda amalga oshiriladi?

2. Avtomatik qayta ulashning vazifasi nima?

3. *Avtomatik chastotali yuk tushirishning mazmuni nimada?*
4. *Elektr motorlarning o'z-o'zidan ishga tushish qanday amalga oshiriladi?*
5. *O'z-o'zidan ishga tushirish nima uchun kerak bo'ladi?*
6. *Qanday hollarda o'z-o'zidan ishga tushirishni ishlatish mumkin emas?*
7. *Dispetcherlik xizmatining vazifasi nima?*
8. *Teleboshqaruv qanday vazifani bajaradi?*

ILOVALAR

1-ilova

Induksion relelarning ustavkalari

Rele turi	Ish toklarining diapazoni, A	Sabr vaqti, s
RT-81/1	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	$0,5 \pm 0,1 \div 4 \pm 0,25$
RT-81/2	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	$0,5 \pm 0,1 \div 4 \pm 0,25$
RT-82/1	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	$2 \pm 0,5 \div 16 \pm 1$
RT-82/2	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	$2 \pm 0,5 \div 16 \pm 1$
RT-83/1	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	$1 \pm 0,1 \div 4 \pm 0,25$
RT-83/2	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	$1 \pm 0,1 \div 4 \pm 0,25$
RT-84/1	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	$4 \pm 0,5 \div 16 \pm 1$
RT-84/2	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	$4 \pm 0,5 \div 16 \pm 1$
RT-85/1	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	$0,5 \pm 0,1 \div 4 \pm 0,25$
RT-85/2	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	$0,5 \pm 0,1 \div 4 \pm 0,25$
RT-86/1	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	$4 \pm 0,5 \div 16 \pm 1$
RT-86/2	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	$4 \pm 0,5 \div 16 \pm 1$
RT-91/1	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	$0,5 \pm 0,1 \div 4 \pm 0,25$
RT-91/2	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	$0,5 \pm 0,1 \div 4 \pm 0,25$
RT-95/1	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	$0,5 \pm 0,1 \div 4 \pm 0,25$
RT-95/2	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	$0,5 \pm 0,1 \div 4 \pm 0,25$

Soat mexanizimli vaqt releining texnik xarakteristikalar

Rele turi	Ustavka diapazoni, s	Siljiydigan kontaktlarning yopiq turgan vaqti, s	U_{ish} / U_n	U_q / U_n	Quvvati
<i>O'zgarmas tokli rele $U_n - 24, 48, 110$ yoki $220 V$</i>					
EV-112	0,1-1,3	0,05-0,1	0,7	0,1	30 Vt
EV-113	0,1-1,3	-	0,7	0,03-0,05	30/15 Vt
EV-114	0,1-1,3	-	0,7	0,1	30 Vt
EV-122	0,25-3,5	0,17-0,25	0,7	0,1	30 Vt
EV-123	0,25-3,5	-	0,7	0,03-0,05	30/15 Vt
EV-124	0,25-3,5	-	0,7	0,1	30 Vt
EV-132	0,5-9	0,45-0,65	0,7	0,1	30 Vt
EV-133	0,5-9	-	0,7	0,03-0,05	30/15 Vt
EV-134	0,5-9	-	0,7	0,1	30 Vt
EV-142	1-20	1-1,5	0,7	0,1	30 Vt
EV-143	1-20	-	0,7	0,03-0,05	30/15 Vt
EV-144	1-20	-	0,7	0,1	30 Vt
<i>O'zgarmas tokli rele $U_n - 110, 127, 220$ yoki $380 V$</i>					
EV-215	0,1-1,3	0,05-0,1	0,75	0,55	20 VxA
EV-217	0,1-1,3	-	0,85	0,55	15 VxA
EV-218	0,1-1,3	0,05-1	0,85	0,55	15 VxA
EV-225	0,25-3,5	0,1-0,6	0,75	0,55	20 VxA
EV-227	0,25-3,5	-	0,85	0,55	15 VxA
EV-228	0,25-3,5	0,1-0,6	0,85	0,55	15 VxA
EV-235	0,5-9	0,1-0,75	0,75	0,55	20 VxA
EV-237	0,5-9	-	0,85	0,55	15 VxA
EV-238	0,5-9	0,1-0,75	0,85	0,55	15 VxA
EV-245	1-20	0,1-1,5	0,75	0,55	20 VxA
EV-247	1-20	-	0,85	0,55	15 VxA
EV-248	1-20	0,1-1,5	0,85	0,55	15 VxA

Xabar beruvchi relelarning texnik xarakteristikalari

Rele turi	Kuchlanish yoki tok		Chulg'anning qarshiligi, Om	Iste'mol qiluvchan quvvat, Vt	Kontakt guruhlari	220 V o'zgarmas kuchlanishda kontaktlarning ruxsat etilgan toki, A
	nominal	davomiy				
RU-21/0,01	0,01 A	0,03 A	2200	0,25	2 z. yoki	0,25
RU-21/0,015	0,015 A	0,05 A	1000	0,25	2 r. yoki	0,25
RU-21/0,025	0,025 A	0,075 A	320	0,25	1 z., 1 r.	0,25
RU-21/0,05	0,05 A	0,15 A	70	0,25		0,25
RU-21/0,075	0,075 A	0,225 A	30	0,25		0,25
RU-21/0,1	0,1 A	0,3 A	18	0,25		0,25
RU-21/0,15	0,15 A	0,5 A	8	0,25		0,25
RU-21/0,25	0,25 A	0,75 A	3	0,25		0,25
RU-21/0,5	0,5 A	1,5 A	0,7	0,25		0,25
RU-21/1	1 A	3 A	0,2	0,25		0,25
RU-21/2	2 A	6 A	0,05	0,25		0,25
RU-21/4	4 A	12 A	0,015	0,25		0,25

Oraliq transformatorli tok relelarining xarakteristikalari

Rele turi	Birlamchi cho'lg'am		Cho'lg'amlar bo'yicha ustavka diapazoni, A	Ikkilamchi cho'lg'am		
	Qisqichlarning belgilanishi	O'ramlar soni		O'ramlaar soni	Filtr ma'lumoti	Yarim o'tkazgich elementlari
RT-40/R-1	2-4	115	0,130-0,260	470	4 mkf, 250 V, 100 Om	D226
	6-8	115	0,130-0,260			
	5-7	230	0,065-0,130			
RT-40/R-5	2-4	23	0,650-1,3	470	4 mkf, 250 V, 100 Om	D226
	6-8	23	0,650-1,3			
	5-7	46	0,325-0,65			
RT-40/1D	2-4	30	0,5-1	470	4 mkf, 250 V, 100 Om	D226
	2-6	50	0,3-0,6			
	2-8	100	0,15-0,3			
RT-40/F	4-8	25	1,75-3,5	3050	6 mkf, 250 V, (50 Hz), 250 V (60 Hz)	-
	6-8	15	2,9-5,8			
	4-6	10	4,4-8,8			
	2-4	5	8,8-17,6			

Tok va kuchlanish relelarining texnik ma'lumotlari

Rele turi	O'rnatma oraliqlari	O'rnatmaning 1-oralig'i		O'rnatmaning 2-oralig'i		Qaytish ko'effitsiyenti	Iste'mol qilina yotgan quvvat
		Ishlab ketish	Issiqlikka bardoshligi	Ishlab ketish	Issiqlikka bardoshligi		
RT-40/0,2	0,05-0,2 A	0,05-0,1 A	0,55 A	0,1-0,2 A	1,1 A	0,8	0,2 V·A
RT-40/0,6	0,15-0,6 A	0,15-0,3 A	1,75 A	0,3-0,6 A	3,5 A	0,8	0,2 V·A
RT-40/2	0,5-2 A	0,3-1 A	4,15 A	1-2 A	8,3 A	0,8	0,2 V·A
RT-40/6	1,5-6 A	1,5-3 A	11 A	3-6 A	22 A	0,8	0,5 V·A
RT-40/10	2,5-10 A	2,5-5 A	17 A	5-10 A	34 A	0,8	0,5 V·A
RT-40/20	5-20 A	5-10 A	19 A	10-20 A	38 A	0,8	0,5 V·A
RT-40/50	12,5-50 A	12,5-25 A	27 A	25-50 A	54 A	0,8	0,8 V·A
RT-40/100	25-100 A	25-50 A	27 A	50-100 A	54 A	0,8	1,8 V·A
RT-40/200	50-200 A	50-100 A	27 A	100-200 A	54 A	0,8	8 V·A
RT-40/R-1	65-260 A	*	1,1 I _r	*	1,1 I _r	0,7	1 V·A
RT-40/R-5	325-1300 A	*	1,1 I _r	*	1,1 I _r	0,7	1 V·A
RT-40/1D	0,15-1 A	*	1,1 I _r	*	1,1 I _r	0,7	1,5 V·A
RT-40/F	1,75-17,6 A	*	1,1 I _r	*	1,1 I _r	0,8	1 V·A
RNT, DZT	3,5-3,6 V	-	-	-	-	0,8	-
RT-53/60	15-60 V	15-30 V	33 V	30-60 V	66 V	0,8	1 V·A
RT-54/48	12-48 V	12-24 V	33 V	24-48 V	66 V	1,25	1 V·A
RT-53/200	50-200 V	50-100 V	110 V	100-200 V	220 V	0,8	1 V·A
RT-54/160	40-160 V	40-80 V	110 V	80-160 V	220 V	1,25	1 V·A
RT-53/400	100-400 V	100-200 V	220 V	200-400 V	440 V	0,8	1 V·A
RT-54/320	80-320 V	80-160 V	220 V	160-320 V	440 V	1,25	1 V·A
RT-53/60D	15-60 V	15-30 V	110 V	30-60 V	220 V	0,8	5 V·A
RT-51/M34	-	3,2 V	-	-	-	0,5	0,02 Vt
RT-51/M56	-	0,7 V	-	-	-	0,5	0,02 Vt
RT-51/M78	-	16 V	-	-	-	0,5	0,02 Vt

6-ilova

Uch tolali kabellarning solishtirma aktiv va induktiv qarshiliklari

Tolaning nominal kesim yuzasi, mm ²	+20 °C dagi tolaning aktiv qarshiligi, Om/km		Kabelning kV da berilgan nominal kuchlanishiga mos +20 °C dagi tolaning induktiv qarshiligi, Om/km				
	Alyuminli	Mis tolali	1 gacha	6	10	20	35
4	7,74	4,6	0,095	–	–	–	–
6	5,17	3,07	0,09	–	–	–	–
10	3,1	1,84	0,073	0,11	0,122	–	–
16	1,94	1,15	0,0675	0,102	0,113	–	–
25	1,24	0,74	0,0662	0,091	0,099	0,135	–
35	0,89	0,52	0,0637	0,087	0,095	0,129	–
50	0,62	0,37	0,0625	0,083	0,09	0,119	–
70	0,443	0,26	0,0612	0,08	0,086	0,116	0,137
95	0,326	0,194	0,0602	0,078	0,083	0,11	0,126
120	0,258	0,153	0,0602	0,076	0,081	0,107	0,12
150	0,206	0,122	0,0596	0,074	0,079	0,104	0,116
185	0,167	0,099	0,0596	0,073	0,077	0,101	0,113
240	0,129	0,077	0,0587	0,071	0,075	–	–

7-ilova

10 kV li ikki cho‘lg‘amli transformatorlar

Marka	Quvvati	Yuqori kuchlanishi, kV	Pastki kuchlanishi, kV	Qisqa tutashuv kuchlanishi, %	Quvvat isrofi, kVt	Salt ishlash toki, %
TM-400/10	400	10; 6	0,4; 0,69	4,5	1,05	5,5
TM-630/10	630	10; 6	0,4; 0,69	5,5	1,56	7,6
TM-1000/10	1000	10	0,4	5,5	2,45	12,2
TM-1600/10	1600	10	0,4	5,5	3,3	18
TM-2500/10	2500	10	0,4	5,5	4,6	25
TM-4000/10	4000	10	0,4	5,5	6,4	33,5
TM-6300/10	6300	10	0,4	6,5	9,0	46,5

35 kV li ikki cho'lg'amli transformatorlar

Transformator turi	Uk, %	Isrof, kVt		I ₀ , %	Gabariti, mm		
		Rx	Rk		balandlik	uzunlik	eni
TM-4000/35	7,5	6,7	33,5	1,0	3900	3900	3650
TM-6300/35	7,5	9,4	46,5	0,9	4050	4300	3700
TM-10000/35	7,5	14,5	65,0	0,8	4350	3000	3760
TD-16000/35	8,0	21,0	90,0	0,6	4860	3950	3970
TD-40000/35	8,5	36,0	165,0	0,4	5700	5300	4400
TDS-80000/35	9,5	60,0	280,0	0,3	6100	5950	4550
TMN-2500/110	10,5	6,5	22,0	1,5	4090	5150	3540
TMN-6300/110	10,5	11,5	48,0	0,8	5150	6080	3170
TDN-10000/110	10,5	15,5	60,0	0,7	5380	5900	4270
TDN-16000/110	10,5	24,0	85,0	0,7	6300	6910	4470
TRDN-25000/110	10,5	30,0	120,0	0,7	5820	6580	4650
TRDN-32000/110	10,5	40,0	145,0	0,7	-	-	-
TRDN-40000/110	10,5	50,0	160,0	0,65	6190	6930	4850
TRDSN-63000/110	10,5	70,0	245,0	0,60	6500	8300	4400
TRDSN-80000/110	10,5	85,0	310,0	0,60	-	-	-
TRDSN-125000/110	10,5	120,0	410,0	0,55	-	-	-

Tok transformatorlari

Tip	Un, kV	Aniqlik sinfi	I _{nom} , A
TSh-0,5	0,5	0,5/R	14000
TNSh-0,66	0,66	3	1600; 2500
TNShL-0,66	0,66	0,5	800; 1000; 1500; 2000; 3000; 4000; 5000
TShN-0,66	0,66	3 1 0,5 0,5	100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000
TLM-6	6	1/R 0,5/R	300; 400; 600; 800; 1000; 1500;
TOLK-6	6	1	20; 30; 40; 50; 80; 100; 150; 200; 300; 400; 600
TPLM-10	10	R; 0,5/R R/R	5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400
TPOL-10	10	8; 0,5/R R/R	600; 800; 1000 1500
TOL-10	10	0,5/R R/R	30; 50; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500
TL-10	10	0,5/R 0,5/R/R	50; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000 1500; 2000; 3000
TPL-10K	10	0,5/R; R/R	10; 15; 30; 50; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500

Po'lat – alyumin simlar xarakteristikasi

Kesim yuzasi, mm ²	O'tkazgich markasi	Ruxsat etilgan yuklama toki, A		tashqi diametr, mm	1 km uchun aktiv qarshilik, Om/km
		Bino ichkarisida	Bino tashqarisida		
10	AS - 10	84	53	4,4	3,12
16	AS - 16	111	79	5,4	2,06
25	AS – 25	142	109	6,6	1,38
35	AS – 35	175	135	8,4	0,85
50	AS –50	210	165	9,6	0,65
70	AS – 70	265	210	11,4	0,46
95	AS –95	330	260	13,5	0,33
120	AS –120	390	313	15,2	0,27
150	AS –150	450	365	17	0,21
185	AS –185	520	430	19	0,17
240	ASO–240	605	505	21,6	0,13
300	ASO –300	710	600	23,5	0,108
400	AS –400	830	713	27,2	0,08
500	AS –500	960	830	30,2	0,065

Saqlagichlar xarakteristikasi

Saqlagich turi	Nominal toki, A	Eruvchan qismning nominal toklari, A	Eng katta o'chiriluvchi tok, A	Gabariti, mm
PR-2-15	15	6; 10; 15	8000	171×24,5×33
PR-2-60	60	15; 20; 25; 35; 45; 60	4500	173×30,5×43
PR-2-100	100	60; 80; 100	-	247×43×56
PR-2-200	200	100; 125; 160; 200	11000	296×56×76,5
PR-2-350	350	200; 225; 260; 300; 350	13000	346×72×10
PR-2-600	600	350; 430; 500; 600	23000	442×140×154
PR-2-1000	1000	600; 700; 850; 1000	20000	580×155×154

12 -ilova

Avtomat o'chirgichlar xarakteristikasi

Turi	Nominal toki, A	Kuchlanish, V	Qutblar soni	Ustavka toki, A	Eng katta o'chiriluvchi tok, kA		O'chirish vaqti, s
					O'zgar-mas	O'zgaruv-chan	
A3160	50	110, 220	1,2,3	15-50	1,6-3,6	2,5-4,5	0,025
A3110	100	220	2,3	15-100	5	2,5-10	0,015
A3120	200	220	2,3	15-100	20	18	0,015
A3130	200	220	2,3	100-200	17-28	14-25	0,015
A3140	600	220	2,3	100-200	17-28	14-25	0,015
A3710B- A3740B	160- 630	440 660	2,3	250- 600 -	25-50 110	32-40 40-60	0,03 -
A3710F- A3730F	160- 630	220 380	2,3	-	25-50	25-50	-

13- ilova

Kuchlanish trasformatorlari

Turi	Un, V		Sn, VA (aniqlik sinfida)		S _{max} , VA
	VN	NN	1	0,5	
NOS-0,5	380	100	50	25	100
	500	100	50	25	100
NOM-6	3000	100	50	30	240
	6000	100	75	50	400
NOME-6	6000	100	75	50	400
NTMK-10	10000	100	200	120	960
NTMI-10-66	10000	100; 100/3	200	120	960
NOL-08-10	10000	100	150	75	640
	11000	100-110			
ZNOL-06-10	10000/ $\sqrt{3}$	100/3	150	75	640
	11000/ $\sqrt{3}$	100/3-100			
NOM-15	13800	100	150	75	640
	15750				
	18000				
ZNOM-15-63	6000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	75	50	400
	10000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	150	75	640
	13800/ $\sqrt{3}$				
	15750/ $\sqrt{3}$				

Adabiyotlar

1. Чернобровов Н.В. Релейная защита. Москва, 1983 г.
2. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. Москва, 1991 г.
3. Кривенков В.В., Новелла В.Н. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. Москва. 1981 г.
4. Справочник по электроснабжению пром предприятий. Под. Ред Фёдорова А.А. Москва, 1996 г.
5. Я.С. Гелфанд. Релейная защита распределительных сетей. Москва, Энергоатомиздат.1987.
6. ПУЭ. Инспекция Узэнергонадзор. –Т.: 2007.
7. Ю.Д.Сибикин, М.Ю.Сибикин, В.А.Яшков. Электро-снабжение промышленных предприятий и установок.- М.:Вышш.шк., 2001.
8. К.Р.Аллаев. Энергетика мира и Узбекистана. Аналитический обзор. –Т.: Издательство «Молия» Банковско-финансовой академии, 2007.

MUNDARIJA

Kirish	3
--------------	---

I bob. Releli himoya haqida umumiy tushuncha

1.1. Elektr uskunalarida shikastlanishlar	4
1.2. Qisqa tutashuv turlari	5
1.3. Nonormal rejimlar	16
1.4. Releli himoyaga qo‘yiladigan talablar	16

II bob. Releli himoya elementlari

2.1. Rele va ularning turlari	20
2.2. Rele va himoya elementlarini chizmalarda tasvirlash usullari	21
2.3. Relening ulanish usullari	22
2.4. Himoyaning o‘chirgichga ta’sir qilish usullari	22

III bob. Releli himoyada tok va kuchlanish transformatorlari

3.1. Tok transformatorining vazifasi	24
3.2. Tok transformatorlarini aniqlik darajasi	26
3.3. Tok transformatorlari chulg‘amlarining belgilanishi	27
3.4. Tok transformatorlarining ulanish sxemalari	27
3.5. Tok transformatorlarining yuki	34
3.6. Kuchlanish transformatorlari haqida umumiy ma’lumotlar ...	34

IV bob. Rele qurilmalarining asoslari

4.1. Elektromexanik relelar	37
4.2. Elektromagnit relelar	38
4.3. O‘zgaruvchan tokda ishlovchi rele yakorining titrashi (vibratsiya)	39
4.4. Tok relelari	43
4.5. Kuchlanish relelari	44
4.6. Elektromagnit oraliq relelari	44
4.7. Ko‘rsatkich relelari	46
4.8. Vaqt relelari	47
4.9. Induksion relelar	50
4.10. Induksion quvvat yo‘nalishi relelari	56
4.11. Magnitelektrik va yarim o‘tkazgichli relelar	62
4.12. Operativ tok manbalari	66

V bob. Tokli himoyalar

5.1. Maksimal tokli himoyalar	70
5.2. Kuchlanish bo'yicha ishga tushuvchi maksimal tokli himoya	79
5.3. Tokli kesim	83
5.4. Yo'naltirilgan tokli himoyalar	87
5.5. Differensial himoyalar	90
5.6. Distansion himoyalar	96

VI bob. Elektr uskunalarning himoyalari

6.1. Kuch transformatorining himoyasi	100
6.2. Asinxron va sinxron motorlar himoyasi	109
6.3. Kuchlanishi 1000 v gacha bo'lgan elektr tarmoqlar himoyasi	115

VII bob. Elektr ta'minoti sistemasining avtomatikasi

7.1. Zaxiradagi manbani avtomatik ulash (ZAU)	120
7.2. Avtomatik qayta ulash (AQU)	121
7.3. Avtomatik chastotali yuksizlantirish (AChYu)	123
7.4. Elektr ta'minoti sistemasida dispetcherlik xizmati va telemexanizatsiya	126
Ilovalar	129
Adabiyotlar	137

**Taslimov Abdurahim Dehqonovich
Mamarasulova Tadjinisa Sagatovna
Rismuxamedov Dauletbek Amanovich**

RELE HIMOYASI

O'quv qo'llanma

*Muharrir A. Boyxon
Badiiy muharrir M. Odilov
Kompyuterda sahifalovchi A. Tillaxo'jayev*

Nashr lits. AI № 174, 11.06.2010.

Bosishga ruxsat etildi 30.10.2013. Bichimi 60x84¹/₁₆.
Bosma tabog'i 8,75. Adadi 395.
59-buyurtma.

«IQTISOD-MOLIYA» nashriyotida tayyorlandi.
100084, Toshkent, Kichik halqa yo'li ko'chasi, 7-uy.

«HUMOYUNBEK-ISTIQLOL MO'JIZASI» bosmaxonasida
rizografiya usulida chop etildi.
100003, Toshkent, Olmazor ko'chasi, 171-uy.