

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА
МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**НАМАНГАН МУХАНДИСЛИК ПЕДАГОГИКА
ИНСТИТУТИ**

**«ЭЛЕКТРОТЕХНИКА ВА ЭНЕРГЕТИКА»
КАФЕДРАСИ**

9-КТЭ-09 гуруҳ талабаси Абдулазиз ўғли Абдурауфнинг
“Станция ва электр энергетика тизимларининг релели химояси ”
фанидан курс иши

НАМАНГАН-2014

1. Кириш
2. Битта манбага эга бўлган электр тармоғи линияларини ҳимоя ўрнатмаларини ҳисоблаш.
3. Ҳимоя қурилмаларини танлаш.
4. Ҳимоя сезгирлигини текшириш.
5. Энергосистема билан параллел ишлайдиган кучайтирувчи трансформаторларни ҳимоя ўрнатмаларини ҳисоблаш.
6. Ҳимоя қурилмаларини танлаш.
7. Ҳимоя сезгирлигини текшириш.
8. Хулоса.
9. Фойдаланилган адабиётлар.

Кириш

Электр тизимларининг, электр станцияларининг электр қурилма ва асбобларида, электр узатиш линияларида, электр истеъмолчиларида нормал қурилма жихозлар ва ишдан чиқиш, шикастланиш ҳолатларини учратиш мумкин. Ишдан чиқиш ёки истеъмолчиларнинг иш фаолияти носозлиги кўп ҳолларда электр тизимининг элементларида токнинг меъёридан ошиб кетиши ёки кучланишнинг пасайиши билан боғлиқ.

Меъёридан ошиб кетган ток катта миқдорда иссиқлик ажралиб чиқишига олиб келади. Бунинг натижасида электр узатиш линиялари ва қурилмалари хавфли даражада қизиши ва шикастланиши мумкин. Кучланишнинг нормадан пасайиши электр истеъмолчиларнинг нормал ишлашига йўл қўймайди ва параллел ишлаётган генератор ва энергетика тизимининг турғунлигига таъсир кўрсатади.

Электр тизимларини ва истеъмолчиларни нормал ишлари учун шикастланган қурилма, электр линиялари тезда аниқланиши, ўчирилиши керак ва шу орқали қолган электр истеъмолчилари ва энергетик тизимни нормал ишлашига шароит яратилиши керак.

Электр тизимлари ва электр истеъмолчиларни шикастланиш ва нормадан ташқари ҳолатлардан сақлаш учун унинг элементларини ҳимояловчи автоматик қурилмани жорий этиш зарур. Электр тизимида даставвал эрувчан сақлагичлар ҳимоя қурилмаси сифатида қўлланилган. Қувват ва кучланишнинг ошиши, электр тизимлари уланиш схемаларининг мураккаблашиши эрувчан сақлагичларни кўп камчиликларини намоён қилди ва бунинг оқибатида янги ҳимоялавчи қурилма яратилди. Бу ҳимояловчи қурилма махсус автомат – реле ёрдамида амалга оширилади ва релели ҳимоя деб номланди. У энергетика тизимининг барча элементларининг ҳолатларини доимо текшириб, назорат қилиб боради.

Энергетика тизимида шикастланиш бўлганда уни аниқлайди ва шикастланган энергетика тизимининг қисмини махсус катта токка мўлжалланган куч ўчиргичларига таъсир этиб ўчиради.

Ҳозирги замон энергетика тизими релели ҳимоялар электр таъминотини тез тикловчи ва тизимни нормал ҳолатга келтирувчи мустаҳкам ва аниқ электр автоматикаси билан таъминланган.

Электр автоматикаси қурилмаларига қайта улаш автоматикаси (АҚУ), частота асосида сигналлаш автоматикаси (АЧР) ва захирадаги манбани улаш автоматикаси (АВР) киради.

Ҳозирги замон энергетика тизими релели ҳимоясига қўйиладиган асосий талаблар:

1. Танловчанлик. Танловчанлик бу ҳимоянинг шундай хусусияти, бунда у фақат электр тармоқнинг шикастланган қисминигина ўчиради. Танловчанлик талаби истеъмолчиларнинг турғун энергия билан таъминлашнинг асосий шарти бўлиб хизмат қилади.

2. Тезкорлик. Қисқа туташувни мумкин қадар катта тезликда, қисқа вақтда ўчириши керак.

3. Сезгирлик. Ҳимоя қисқа туташув пайтида ўзгаришларни сезиши учун ўрнатилган зоналарда бир сезгирликка эган бўлиши керак. Ҳимояларнинг сезгирлиги шу даражада бўлишлиги керакки, улар тизимларнинг минимал режимлардаги қисқа туташувларда ҳам ишлаши керак, чунки бу ҳолларда токнинг қиймати жуда катта бўлади.

4. Ишончлилик. Ҳимоянинг ишончлилиги схеманинг соддалигига, унда ўрнатилган релелар ва уларнинг контактлари сонига, ўрнатилиш ва бажарилиш сифатига, ўрнатиш материалларига ва хизмат кўрсатишга боғлиқ.

Биз бу курс лойиҳасида электр тармоғи линиялари ва куч трансформаторини ҳимоя ўрнатмаларини ҳисоблаш ва қурилмаларини танлашни ўрганамиз.

“Станция ва электрэнергетика тизимларининг релели ҳимояси” фанидан бажариладиган курс лойиҳасининг асосий мақсади: талабаларнинг назарий билимларини тартибга солиш, уларнинг ўқиш давомида олган билимларини мустаҳкамлаш, релели ҳимоя ўрнатмаларини ҳисоблаш бўйича кўникма ҳосил қилишдан иборат.

Курс лойихаси иккита топшириқдан иборат:

1. Битта манбага эга бўлган халқасимон электр тармоғи линиялари учун асосий ҳимоя ўрнатмаларини ҳисоблаш ва ҳимоя қурилмаларини танлаш; берилган вариант бўйича битта линия учун ҳимоянинг сезгирлигини текшириш.
2. Қудратли энергосистема билан параллел ишлайдиган кучайтирувчи трансформаторларни ташқи фазалараро қисқа туташувлардан ҳимоя ўрнатмаларини ҳисоблаш ва ҳимоя қурилмаларини танлаш.

1-топширик:

Битта таъминловчи нимстанцияга эга бўлган халқасимон электр тармоғи линиялари учун асосий ҳимоя тизимларини ҳисоблаш ва ҳимоя курилмаларини танлаш; берилган вариант бўйича линия учун ҳимоянинг сезгирлигини текшириш.

Бошланғич маълумотлар сифатида тармоқ қаршилиги X_c , линия узунлиги $\ell_1, \ell_2, \ell_3, \ell_4$, нимстанция тўла қуввати S_{II}, S_{III}, S_{IV} , сабр вақтлари t_{II}, t_{III}, t_{IV} , тармоқ кучланиши U_c берилган.

Вариант №1

X_c , ОМ	ℓ_1 , км	ℓ_2 , км	ℓ_3 , км	ℓ_4 , км	S_{II} , МВА	S_{III} , МВА	S_{IV} , МВА	t_{II} , сек	t_{III} , сек	t_{IV} , сек	U_c , кВ
1,0	10	15	17	15	6	4	6	1,0	1,0	1,5	35

Дастлаб электр тармоғи халқасидаги барча химоялар йўналтирилган химоя деб ҳисобланади. Шундай бўлганда нимстанцияга ўрнатилган бу химоялар қисқа туташув қуввати нимстанциядан линияга қараб йўналганда ишга тушиши керак.

Таъминловчи нимстанциядан бошлаб халқа аввал бир йўналишда, сўнгра тескари йўналишда айланиб чиқилади. Ҳар бир йўналиш учун халқанинг энг узокдаги химояси топилади ва бу химоя учун сабр вақти $t = 0$ деб олинади. Шу йўналиш бўйича ҳаракатда бўладиган резерв химоянинг сабр вақти нимстанция шиналарига уланган элементларнинг (истеъмолчиларнинг) сабр вақтидан ростланади. Бош нимстанцияга яқинлашиб борган сари химоянинг сабр вақти шу тартибда ўзидан олдинги химоянинг сабр вақтига мослаб танланади. Масалан, 1 – расмда кўрсатилган халқасимон тармоқ линиялари учун қуйидагиларга эга бўламиз:

$$t_{2'} = t_4 = 0 ;$$

$$t_{3'} = t_{II} + \Delta t = 1 + 0,5 = 1,5 \quad \text{сек} ;$$

$$t_{4'} = t_{III} + \Delta t = 1,5 + 0,5 = 2 \quad \text{сек} ;$$

$$t_{1'} = t_{4'} + \Delta t = 2 + 0,5 = 2,5 \quad \text{сек} ;$$

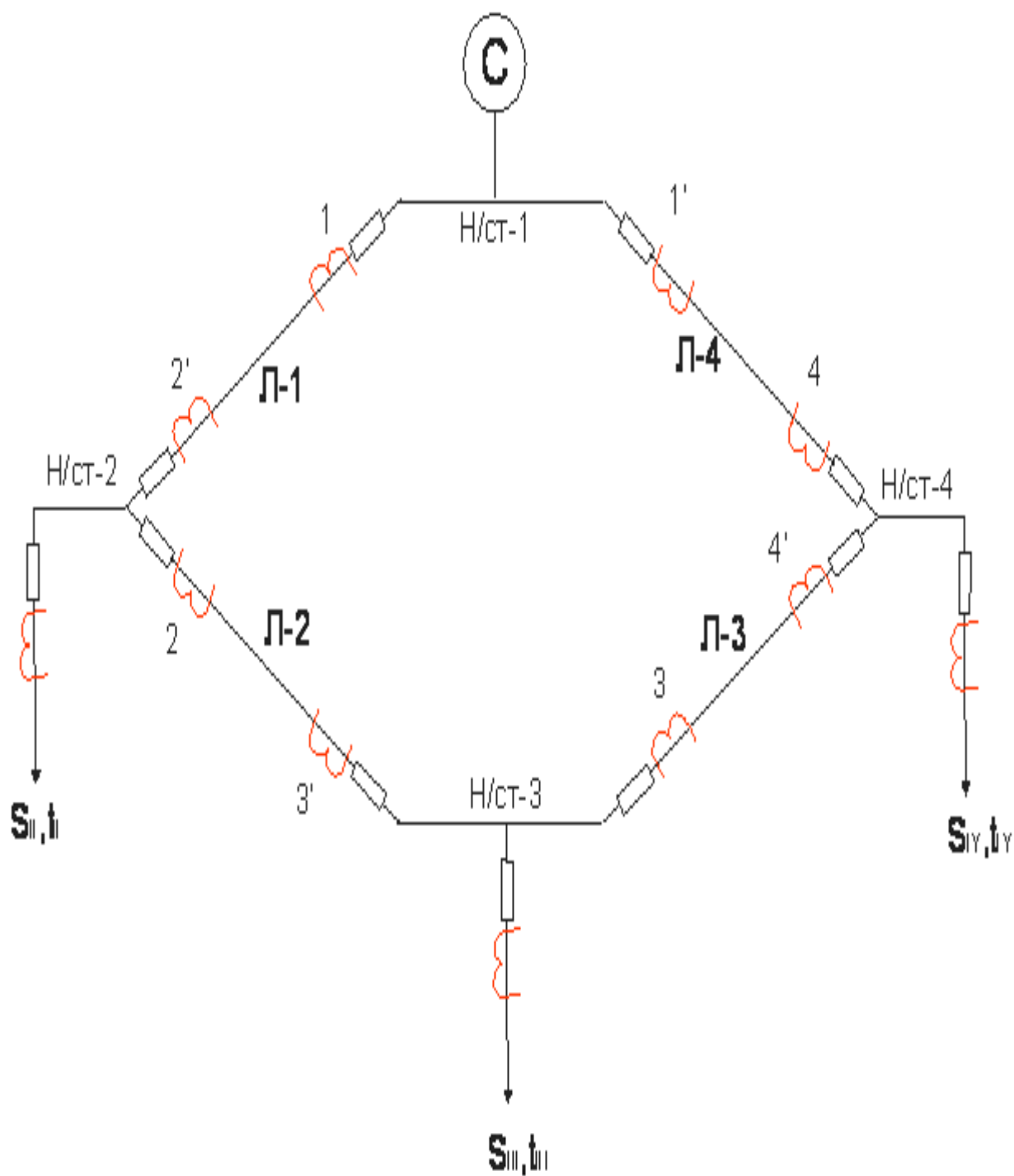
$$t_3 = t_{IV} + \Delta t = 1,5 + 0,5 = 2,0 \quad \text{сек} ;$$

$$t_2 = t_3 + \Delta t = 2 + 0,5 = 2,5 \quad \text{сек} ;$$

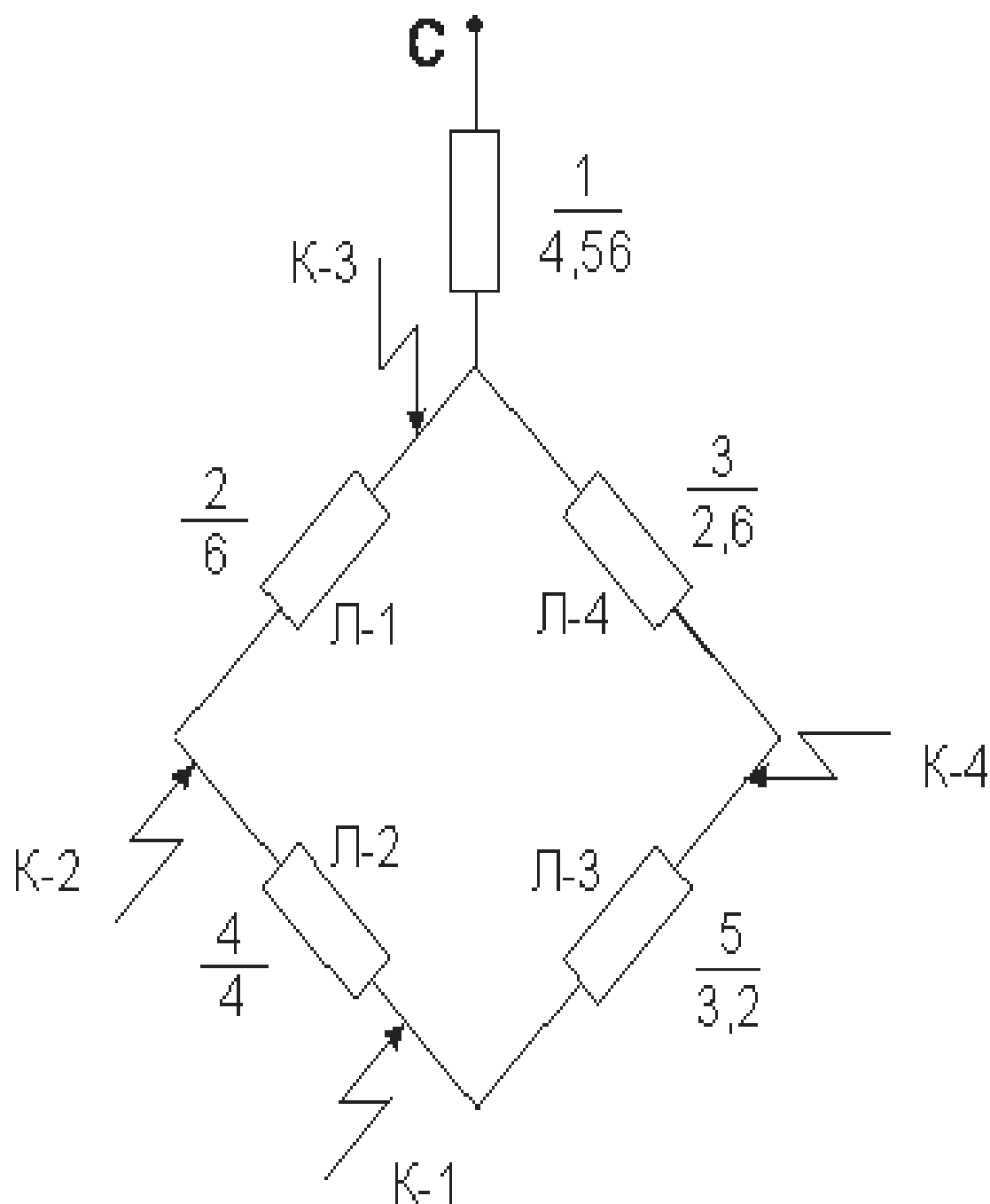
$$t_1 = t_2 + \Delta t = 2,5 + 0,5 = 3 \quad \text{сек} ;$$

$t_3 < t_1$, бўлганлиги учун бу ҳимоялар йўналтирилган бўлиши керак.

$t_3 = t_4$ бўлса бу ҳимоялар оддий, йўналтирилмаган ҳимоя кўринишида бажарилиши мумкин. Бу ерда шу нарсани назарда тутиш лозимки, Л-3 линия ҳимоялар учун (3 ва 4 ҳимоялар) ишлаш токи $I_{ини}$ ни танланганда ҳалқа узилган ҳолатида шу линия орқали қувват йўналишидан қатъий назар ўтиши мумкин бўлган энг катта қиймати қабул қилинади. Акс ҳолда кичикроқ токка ростланган ҳимоя қувват йўналиши линиядан шиналарга йўналганда ҳам ишга тушиб кетади, яъни танловчанлик йўқолади, чунки бу ҳимоя йўналтирилмаган ҳимоя. Агар ҳимоянинг сезгирлиги етарли бўлмаса уни нимстанция шинасидан линияга қараб ўтадиган энг катта қувватга мос келадиган ишчи токига мослаб ҳимояни йўналтирилган кўринишда бажариш керак. 1-расмда бир манбали ҳалқасимон тармоқ ва унинг алмаштириш схемаси келтирилган.



А) Бир манбали ҳалқасимон тармоқ схемаси



Б) Тармоқнинг алмаштириш схемаси

1-Расм. Бир манбали ҳалқасимон тармоқ ва унинг алмаштириш схемаси

Л-2 линияда 3-ҳимоя йўналтирилган бўлиши керак, чунки $t_3 < t_2$. Л-1 линияда эса 2-ҳимоя йўналтирилган бўлиши керак, чунки $t_2 < t_1$. 3-ҳимоя учун максимал ҳисобланган ток Л-1 линия узилганда ҳосил бўлади.

Бу қувватлар бўйича ҳимоялар учун максимал ишчи токлари ҳисобланади:

$$I_{\text{иш. макс}} = \frac{S_{II}}{\sqrt{3}U_{\text{НОМ}}} = \frac{6}{\sqrt{3} \cdot 35} = 0,099 \text{ кА} ,$$

бунда:
$$I_{\text{ХИ (3)}} = \frac{K_H K_{\text{С.З}}}{K_B} I_{\text{иш. макс}} = \frac{1,2 \cdot 1,5 \cdot 99}{0,8} = 222 \text{ А} .$$

Йўналтирилмаган 3 ва 4-ҳимоялар учун ишлаш токи:

$$I_{\text{иш. макс}} = \frac{S_{II} + S_{III}}{\sqrt{3}U_{\text{НОМ}}} = \frac{6 + 4}{\sqrt{3} \cdot 35} = 0,165 \text{ кА} ,$$

бунда:
$$I_{\text{ХИ (3)}} = I_{\text{ХИ (4)}} = \frac{K_H K_{\text{С.З}}}{K_B} I_{\text{иш. макс}} = \frac{1,2 \cdot 1,5 \cdot 165}{0,8} = 371 \text{ А} .$$

Ҳимоя 2 учун:
$$I_{\text{иш. макс}} = \frac{S_{II} + S_{III}}{\sqrt{3}U_{\text{НОМ}}} = \frac{6 + 4}{\sqrt{3} \cdot 35} = 0,165 \text{ кА} .$$

$I_{\text{ХИ(2)}}$ ҳам 371 А га тенг бўлиши керак эди, лекин ҳимоя 2 таъминловчи нимстанция 1 га 3-ҳимояга нисбатан яқинроқ жойлашганлиги учун $I_{\text{ХИ(2)}} \geq 1,1 \cdot I_{\text{ХИ (3)}}$ деб олишга тўғри келади. Шунинг учун:

$$I_{\text{ХИ(2)}} = 1,1 \cdot I_{\text{ХИ (3)}} = 1,1 \cdot 371 = 408 \text{ А} .$$

Л-2 ҳимоя сезгирлигини текшириш учун қисқа туташувлар токини ҳисоблаймиз. Бунинг учун берилган тармоқнинг алмаштириш схемасини тузамиз (1-б расм). Тармоқнинг барча қаршиликлари 37 кВ кучланишга келтирилган.

$$x_1 = x_c \cdot \frac{U^2}{I_{\text{иш. макс}}^2} = 1 \frac{37^2}{165} = 7,4 \text{ Ом} ;$$

$$x_2 = x_{y\partial} \cdot l_1 = 0,4 \cdot 10 = 4 \quad \text{Ом};$$

$$x_3 = x_{y\partial} \cdot l_4 = 0,4 \cdot 15 = 6 \quad \text{Ом};$$

$$x_4 = x_{y\partial} \cdot l_2 = 0,4 \cdot 15 = 6 \quad \text{Ом};$$

$$x_5 = x_{y\partial} \cdot l_3 = 0,4 \cdot 17 = 6,8 \quad \text{Ом};$$

бу ерда, $x_{y\partial} = 0,4 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ - линиянинг солиштира қаршилиги. Берк ҳалқа ҳолатида К-2 нуқтада уч фазали қисқа туташув бўлганда шу нуқтагача бўлган натижавий қаршилик қуйидагига тенг бўлади:

$$x_{\Sigma (K2)} = x_1 + \frac{x_2(x_3 + x_5 + x_4)}{x_2 + x_3 + x_5 + x_4} = 7,4 + \frac{4(6 + 6,8 + 6)}{4 + 6 + 6 + 6,8} = 7,9 \quad \text{Ом}$$

К-2 нуқтадаги қисқа туташув токини ҳисоблаймиз:

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot x_{\Sigma K2}} = \frac{37}{\sqrt{3} \cdot 7,9} = \frac{37}{13,7} = 2,7 \quad \text{кА}.$$

2-ҳимоя орқали ўтадиган токнинг улуши:

$$K_{m.p(2)} = \frac{x_3 + x_5 + x_4}{x_3 + x_2 + x_5 + x_4} = \frac{6 + 6,8 + 6}{6 + 4 + 6,8 + 6} = \frac{18,8}{22,8} = 0,82 \quad \text{бўлади}.$$

Шунинг учун:

$$K_{C(2)} = \frac{0,87 \cdot I_{K2}^{(3)} \cdot K_{(2)}}{I_{\text{МН}(2)}} = \frac{0,87 \cdot 2700 \cdot 0,82}{408} = 4,72 \quad \text{Ом}$$

$4,72 > 1,5$ талабга жавоб беради.

К-1 нуқта учун қисқа туташув токини ҳисоблаймиз. Шу нуқтагача бўлган натижавий қаршилик:

$$x_{\Sigma (K-1)} = x_1 + \frac{(x_2 + x_4)(x_3 + x_5)}{x_2 + x_4 + x_3 + x_5} = 7,4 + \frac{(4 + 6)(6 + 6,8)}{4 + 6 + 6 + 6,8} = 10,2 \quad \text{Ом}$$

Шунинг учун:

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot x_{\Sigma K1}} = \frac{37}{\sqrt{3} \cdot 10,2} = 2,1 \quad \text{кА}.$$

Ҳимоя 2 орқали ўтадиган токнинг улуши:

$$K_{(2)} = \frac{x_3 + x_5}{x_2 + x_4 + x_3 + x_5} = \frac{6 + 6,8}{4 + 6 + 6 + 6,8} = \frac{12,8}{22,8} = 0,56 \quad \text{ва}$$

$$K_{C(2)} = \frac{0,87 \cdot 2700 \cdot 0,56}{408} = 3,23 > 1,5 \quad \text{талабга жавоб беради}.$$

Яъни ҳалқа тармоғи берк бўлганда ва Л-2 линия охирида қисқа туташув бўлганда химоя 2 нинг сезгирлиги таъминланади. Химоя 3 нинг сезгирлигини Л-2 линия химояси резерв химоя каби ишлаганди текшириш мумкин.

Ҳалқа тармоғи узилган ҳолатда К – 2 нуқтада икки фазали қисқа туташув рўй берганда химоя 3 орқали ўтадиган ток.

$$I_{\kappa-2}^{(2)} = \frac{0,87 \cdot U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot (x_1 + x_3 + x_5 + x_4)} = \frac{0,87 \cdot 37}{\sqrt{3} \cdot (4,56 + 6 + 6,8 + 4)} = 0,87 \text{ кА}.$$

$$I_{C(3')} = \frac{I_{\kappa-2 \text{ мин}}^{(2)}}{I_{c,3(3')}} = \frac{870}{222} = 3,99 > 1,5 \text{ талабга жавоб беради.}$$

Ҳалқа тармоғи узилган ҳолатда К – 1 нуқтада икки фазали қисқа туташув бўлганда 3 химоя орқали ўтадиган ток:

$$I_{\kappa-1}^{(2)} = \frac{0,87 \cdot U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot (x_1 + x_3 + x_5)} = \frac{0,87 \cdot 37}{\sqrt{3} \cdot (4,56 + 6 + 6,8)} = 1,1 \text{ кА}.$$

Резерв химоя каби ишланганда химоя 3 нинг сезгирлиги

$$I_{C(3')PE3} = \frac{I_{\kappa-1 \text{ мин}}^{(2)}}{I_{ХИ}} = \frac{1100}{222} = 4,95 > 1,2$$

3 химоя 3 химояни резервланганда унинг сезгирлигини ҳалқа тармоғи узилганда К – 4 нуқтада икки фазали қисқа туташув бўлганда текшириш керак. Бу ҳолда химоя 2 орқали ўтадиган ток

$$I_{\kappa-4 \text{ мин}}^{(2)} = \frac{0,87 \cdot U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot (x_1 + x_2 + x_4 + x_5)} = \frac{0,87 \cdot 37}{\sqrt{3} \cdot (4,56 + 4 + 6 + 6,8)} = 0,88 \text{ кА}.$$

ва

$$I_{C(2)PE3} = \frac{I_{\kappa-4 \text{ мин}}^{(2)}}{I_{c,3(2)}} = \frac{880}{408} = 2,16 > 1,2$$

Шундай қилиб қараб чиқиладиган Л – 2 линия химояси сезгирлик максимал ишчи токи (165 А) га мос келадиган ток трансформаторни танлаб унинг трансформация коэффициенти топамиз:

$$K_{ТТ} = \frac{100}{5} = 20.$$

Химояда қўлланиладиган реленинг ишлаш токини аниқлаймиз:

$$I_{PI(3)} = \frac{K_{cx} \cdot I_{XII(3)}}{K_{TT}} = \frac{1 \cdot 222}{20} = 11,1 \text{ А}$$

РТ-40/20 ток релесини танлаймиз: $t_3 = 1,0 \text{ сек}$, *ЭВВ – 122* вақт релесини қўллаймиз. Энергия йўналиши релеси сифатида *РБМ – 171* релесини танлаймиз.

Химоя 2 релесининг ишга тушиш токи

$$I_{PI(2)} = \frac{1 \cdot 408}{20} = 20,4 \text{ А}; \quad t_2 = 2,5 \text{ сек}.$$

РТ – ток релеси ва *ЭВ – 122* вақт релесини танлаймиз.

Танланган релеларни параметрлари.

1. *РТ-40*

- Созлаш оралиғи 2,5 – 10 А
- Электр истемол қуввати 0,5 Вт

2- топшириқ.

Қудратли энергосистема билан параллел ишлайдиган кучайтирувчи трансформаторларни ташқи фазалараро қисқа туташувлардан ҳимоя ўрнатмаларини ҳисоблаш ва ҳимоя қурилмаларини танлаш.

Бошланғич маълумотлар сифатида электростанция типи, генераторлар сони n_G , қуввати S_G , кучланиши U_G , бир вақтда ишлайдиган генераторларнинг минимал сони $n_{G\min}$, қуввати S_T , юқори кучланиши $U_{\text{юк}}$, паст кучланиши $U_{\text{пк}}$, кучайтирувчи трансформаторлар сони n_T , уларнинг қисқа туташув кучланиши $U_K\%$, системанинг қисқа туташув қуввати $S_{K.C}$, электр узатиш линияси узунлиги ℓ , ҳимоянинг ишлаш токи $I_{\text{хи}}$ ва ишлаш вақти t берилган бўлади.

Стан- ция типи	n_G	$n_{G\min}$	S_G , МВА	U_G кВ	n_T	S_T , МВА	$U_{\text{юк}}$ кВ	$U_{\text{пк}}$ кВ	U_K %	$S_{K.C}$ МВА	ℓ км	$I_{\text{хи}}$ А	t с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ГЭС	4	2	15	6,3	2	16	121	11	10,5	10^4	45	10^3	2,0

2-а расмда кўрсатилаган кучайтирувчи трансформатор ҳимоясини қараб чиқамиз. Тармоқнинг параметрлари схемада кўрсатилган. Минимал режимида ГЭС да 2 та генератор ишлайди.

Кучайтирувчи трансформаторда филтрли ҳимоя ўрнатиш керак ёки керак эмаслигини аниқлаш учун минимал режимда К-1 ва К-2 нуқталарда уч фазали ва иккита фазали қисқа туташув тоқларни ҳисоблаймиз. Ҳисобларни соддалаштириш учун $E_q'' = U_{ном}$ ва $X_{2ген} = X_d''$ қабул қиламиз. Шунда тесқари кетма – кетлик алмаштириш схемаси билан бир хил бўлади ва

$$I_{КТ}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{КТ}^{(3)}$$

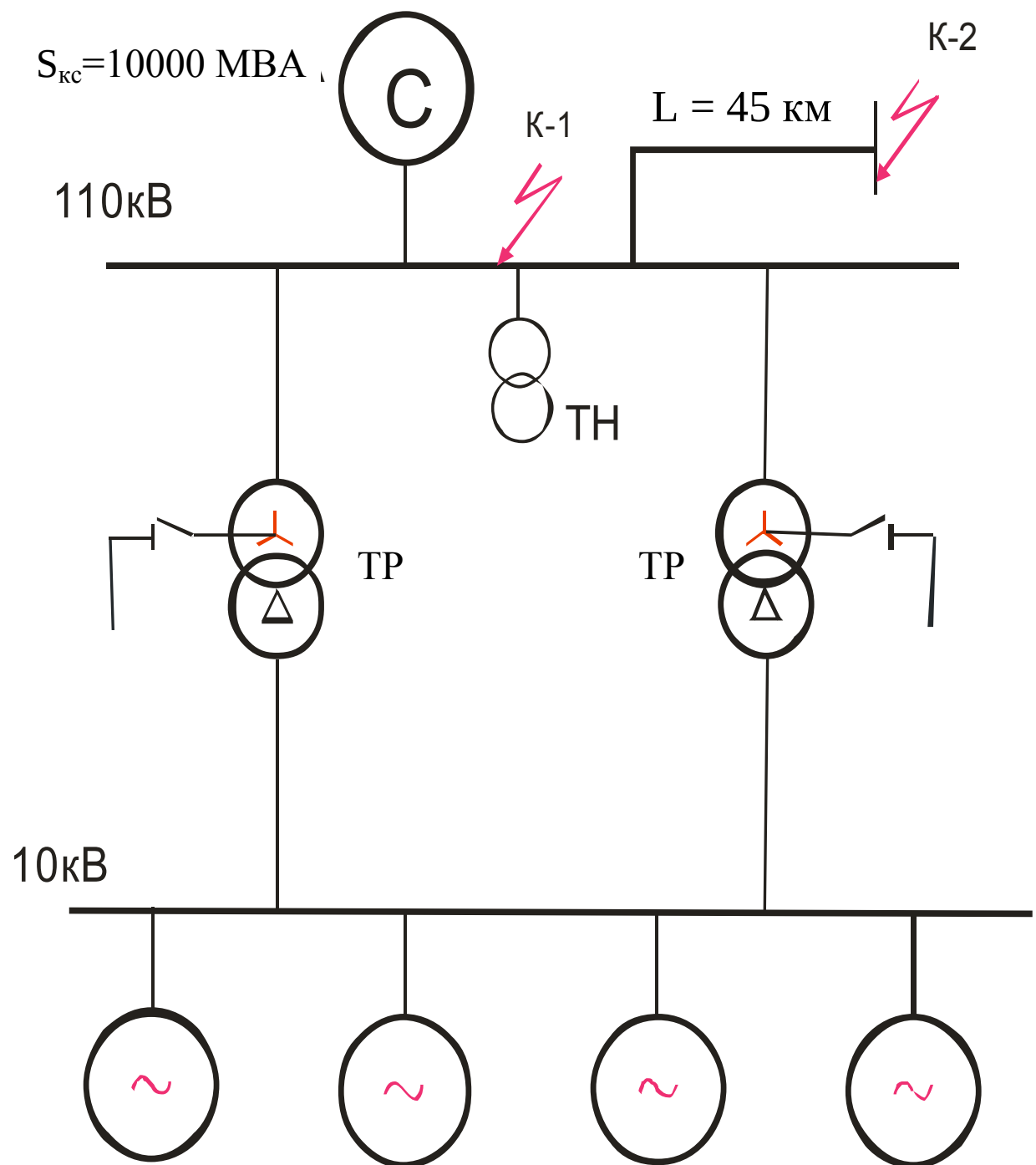
бу ерда $I_{КТ}^{(2)}$ ва $I_{КТ}^{(3)}$ – мос равишда икки фазали ва уч фазали қисқа туташув тоқлари.

Ҳисобларни номланган катталиқларда кучланишнинг ўртача қийматлари учун олиб борамиз. Базис кучланиш сифатида $U_б = 10,5 \text{ кВ}$ қабул қиламиз. Кўриб чиқилаётган тўғри кетма – кетликдаги алмаштириш схемаси 2-б расмда кўрсатилган:

$$x_1 = \frac{U_б}{S_{кс}} = \frac{10,5}{10^4} = 1,05 \quad \text{Ом}.$$

$$x_2 = x_3 = \frac{l_{\kappa} \%}{100} \cdot \frac{U_б^2}{S_T} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{(10,5)^2}{16} = 0,724 \quad \text{Ом}.$$

$$x_4 = x_5 = x_d'' \cdot \frac{U_б^2}{S_{Г}} = 0,131 \cdot \frac{10,5^2}{15} = 0,963 \quad \text{Ом}.$$



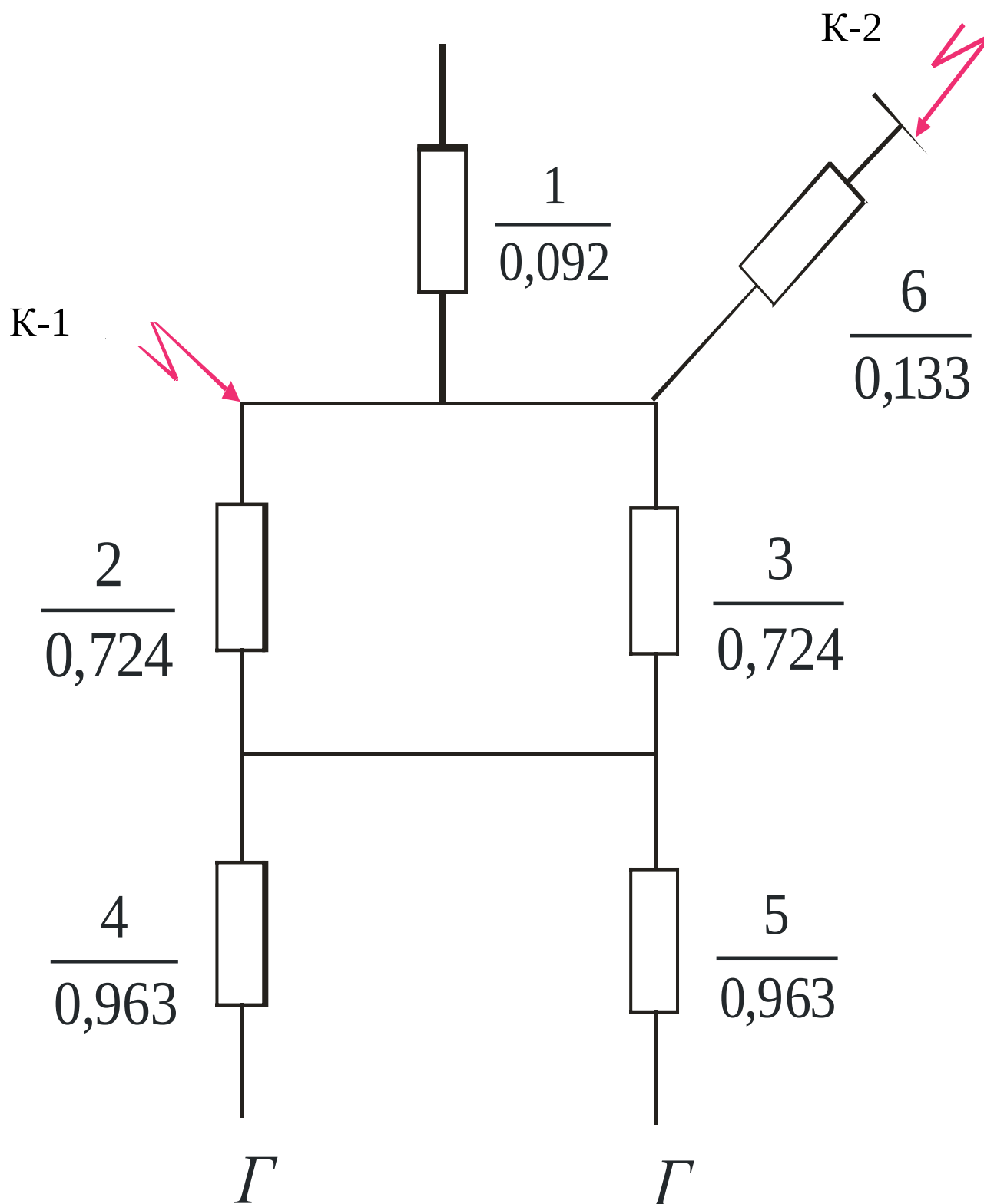
$$S_T = 16 \text{ MVA}$$

$$U_K = 10,5 \%$$

$$S_F = 15 \text{ MVA}$$

$$X_d'' = 0,131$$

А) Кучайтирувчи трансформатор химоясининг схемаси



Б) Тармоқнинг алмаштириш схемаси

2-расм. Кучайтирувчи трансформатор ҳимояси ва тармоқнинг алмаштириш схемаси

К-1 нуқтада қисқа туташув бўлганда:

$$x_{рез} = \frac{\left(\frac{x_2}{2} + \frac{x_4}{2}\right) \cdot x_1}{\frac{x_2}{2} + \frac{x_4}{2} + x_1} = \frac{\left(\frac{0,724}{2} + \frac{0,963}{2}\right) \cdot 1,05}{\frac{0,724}{2} + \frac{0,963}{2} + 1,05} = 0,083 \quad \text{Ом}$$

Уч фазали қисқа туташув токи:

$$I_{\kappa-1}^{(3)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot x_{рез}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,083} = 73,1 \quad \text{кА}.$$

Икки фазали қисқа туташув токи:

$$I_{\kappa-1}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{\kappa-1}^{(3)} = 0,87 \cdot 73,1 = 63,4 \quad \text{кА}.$$

Хар бир трансформатор орқали икки фазали қисқа туташув токи

ўэтади:

$$I_{\kappa-1(T)}^{(2)} = I_{\kappa-1}^{(2)} \cdot K_{2T.P};$$

$$K_{2T.P} = \frac{x_1}{2\left(\frac{x_2}{2} + \frac{x_4}{2} + x_1\right)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1,05}{\frac{0,724}{2} + \frac{0,963}{2} + 1,05} = 0,28$$

$$I_{\kappa-1(T)}^{(2)} = 63,4 \cdot 0,28 = 17,7 \quad \text{кА}.$$

Юқорида қабул қилинган соддалаштиришлар асосида $K_{1T.P} = K_{2T.P} = 0,28$

деб ҳисоблаш мумкин ва шунинг учун:

$$I_{\kappa-1(T)}^{(3)} = 73,1 \cdot 0,28 = 20,47 \quad \text{А}.$$

К-2 нуқтада 3 фазали қисқа туташув бўлганда

$$x_{\Sigma} = 0,083 + x_6 = 0,083 + 0,15 = 0,23 \quad \text{Ом}.$$

$$I_{\kappa-2}^{(3)} = \frac{10,5}{3 \cdot 0,23} = 15,2 \quad \text{кА}.$$

Шу нуқтада икки фазали қисқа туташув бўлганда.

$$I_{\kappa-2}^{(2)} = 0,87 \cdot 15,2 = 13,2 \quad \text{кА}.$$

Мос равишда ҳимояланаётган трансформатор орқали ўтадиган қисқа туташув токлари.

$$I_{\kappa-2(T)}^{(3)} = 15,2 \cdot 0,28 = 4,26 \quad \text{кА}.$$

$$I_{\kappa-2(T)}^{(2)} = 13,2 \cdot 0,28 = 3,7 \quad \text{кА}.$$

Паст кучланиш томонида трансформаторнинг нормал токи.

$$I_{ном} = \frac{S_T}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{16}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 0,881 \quad \text{кА}.$$

Ўрнатманинг уч фазали қисқа туташувдан ишга тушиш токи.

$$I_{ХИ} = \frac{K_H}{K_B} \cdot I_{ном} = \frac{1,2}{0,8} \cdot 0,881 = 1,32 \quad \text{кА}.$$

Агар трансформаторни ташқи қисқа туташувларидан ҳимоя қилиш учун кучланиш бўйича ишга тушадиган комбинациялашган максимал токли ҳимоя қўлланилганда унинг ишга тушиш токи ҳам худди шундай бўлар эди. Шунинг учун К-2 нуқтадаги икки фазали қисқа туташув бўлганда сезгирлик коэффициенти.

$$K_C^{(2)} = \frac{I_{\kappa-2(T)}^{(2)}}{I_{ХИ}} = \frac{1,2}{1,32} = 0,91 < 1,2$$

Демак, бу ҳимояни қўллаб бўлмайди. Бу ерда уч фазали қисқа туташувдан ҳимояладиган ўрнатма билан бирга тескари кетма-кетликдаги токли ҳимоя ўрнатиш керак бўлади.

Тескари кетма-кетлик ҳисобий токининг қийматини аниқлаш учун ёндош электр узатиш линиясида қандай ҳимоя қўйилишини ва унинг ишлаш параметрларини билиш керак бўлади.

Линиянинг ишчи токи:

$$I_{\text{иш}} = \frac{S_{\text{ЭУЛ}}}{\sqrt{3}U_{\text{НОМ.ЭУЛ}}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,05 \text{ кА} = 50 \text{ А}.$$

Электр узатиш линияси максимал токли ҳимоясининг ишга тушиш токи.

$$I_{\text{ХИ}} = I_{\text{иш}} \cdot \frac{K_{\text{Н}} \cdot K_{\text{СЗ}}}{K_{\text{В}}} = 50 \cdot \frac{1,2 \cdot 1,5}{0,8} = 113 \text{ А}.$$

Линия охиридаги (ЭУЛ кучланишга келтирилган) минимал икки фазали қисқа туташув токи (К-2).

$$\overset{\bullet}{I}_{\text{К-2.мин}}^{(2)} = I_{\text{К-2}}^{(2)} \cdot \frac{U_{\text{б}}}{U_{\text{НОМ.Леп}}} = 13,2 \cdot \frac{10,5}{115} = 1,2 \text{ кА}$$

Электр узатиш линиясининг сезгирлик коэффиценти.

$$K_{\text{С}} = \frac{\overset{\bullet}{I}_{\text{К-2.мин}}}{I_{\text{ХИ}}} = \frac{1200}{113} = 10,7 > 1,5$$

Шундай қилиб бу линияда максимал токли ҳимояни қўллаш мумкин.

Унинг базис кучланишга келтирилган ишга тушиш токи:

$$I_{\text{ХИ}} = I_{\text{ХИ}} \cdot \frac{U_{\text{НОМ}}}{U_{\text{б}}} = 113 \cdot \frac{115}{10,5} = 1240 \text{ А}.$$

Ҳисобий тескари кетма-кетлик токи:

$$I_{2\text{хис}} = K_{2\text{тр}} \cdot \frac{\overset{\bullet}{I}_{\text{ХИ}}}{\sqrt{3}} = 0,28 \cdot \frac{1240}{\sqrt{3}} = 20,4 \text{ А}$$

Трансформатор тескари кетма-кетлик ҳимоянинг ишга тушиш токи:

$$I_{2\text{ХИ}(Т)} = K_{\text{Н}} I_{2\text{ХИС}} = 1,2 \cdot 20,4 = 25 \text{ А}.$$

Бу ҳимоянинг К-2 нуқтадаги қисқа туташув бўлганда сезгирлиги:

$$K_c^{(2)} = \frac{I_{K-2(T).мин}}{\sqrt{3} I_{2XII(T)}} = \frac{3700}{\sqrt{3} \cdot 25} = 85,5$$

Юқорида кўрсатиб ўтилгандек, сезгирлик даражаси етарлича катта бўлганда ҳимояни бир оз қўполлаштириш мумкин, бунда қуйидагини қабул қиламиз:

$$I_{2XII(T)} = 0,5 I_{ном} = 0,5 \cdot 881 = 440 \text{ А.}$$

Шунда

$$K_c^{(2)} = \frac{3700}{\sqrt{3} \cdot 440} = 4,8 > 1,2$$

К-1 нуқтада икки фазали қисқа туташув бўлганда ўрнатма токли органининг сезгирлик коэффициенти.

$$K_c = \frac{I_{K-1.мин}^{(3)}}{I_{XII}} = \frac{20,47}{1,32} = 15,5 > 1,5$$

К-2 нуқтада 3 фазали қисқа туташув бўлганда

$$K_c = \frac{I_{K-2.мин}^{(3)}}{I_{XII}} = \frac{1,38}{1,32} = 1,05 < 1,2 \text{ талабга жавоб бермайди.}$$

Лекин уч фазали қисқа туташувларнинг улуши бошқа турдаги қисқа туташувлар билан солиштирилганда 5% ни ташкил қилинишни, шунингдек, трансформатордан чиққан жойда уч фазали қисқа туташув бўлганда ҳимоя органи етарлича сезгирлигини ҳисобга олсак, юқоридаги ҳимояни қўллаш мумкин бўлади.

Ҳимоя ўрнатмаси 110 В шиналарига уланган кучланиш

трансформаторига уланади. Унинг ишга тушиш кучланиши:

$$U_{\text{ХН}} = \frac{U_{\text{иш.мин}}}{K_{\text{Н}} \cdot K_{\text{В}}} = \frac{0,95 \cdot 115}{1,1 \cdot 1,2} = 82,8 \text{ кВ}$$

К-2 нуқтада уч фазали қисқа туташув бўлганда линия кучланишига келтирилган қисқа туташув токи.

$$I_{\text{К-2.мах}}^{(3)} = \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot x_{\text{рез.мин}}}, \text{ бу ерда } x_{\text{рез.мин}} = x_{\text{рез.мин}} \cdot \left(\frac{U_{\text{ном.леп}}}{U_{\text{б}}} \right)^2$$

$$\text{ва } x_{\text{рез.мин}} = \frac{\left(\frac{x_2}{2} + \frac{x_4}{2} \right) \cdot x_1}{\frac{x_2}{2} + \frac{x_4}{2} + x_1} + x_6 = 0,083 + 0,15 = 0,23 \text{ Ом.}$$

$$\text{Энди: } x_{\text{рез.мин}} = 0,23 \cdot \left(\frac{115}{10,5} \right)^2 = 27,6 \text{ Ом ва } I_{\text{К-2.мах}}^{(3)} = \frac{115}{\sqrt{3} \cdot 27,6} = 2,4 \text{ кА.}$$

$$\text{Линия қаршилиги: } x_{\text{л}} = x_{\text{уд}} \cdot l = 0,4 \cdot 45 = 18 \text{ Ом ва}$$

$$U_{\text{соз.макс}} = \sqrt{3} \cdot I_{\text{К-2.мах}}^{(3)} \cdot x_{\text{л}} = \sqrt{3} \cdot 2,4 \cdot 18 = 74,8 \text{ кВ}$$

Ҳимоя ўрнатмасининг кучланиш бўйича сезгирлик коэффициенти.

$$K_{\text{с}} = \frac{U_{\text{сз}}}{U_{\text{соз.макс}}} = \frac{82,8}{74,8} = 1,11$$

Бу қиймат бизни қониқтирадиган қиймат 1,2 дан бир оз кичикроқ, лекин юқорида айтиб ўтилганидек, уч фазали қисқа туташувларнинг камлигини ҳисобга олиб бу коэффициентни қабул қилса бўлади.

Ҳимояланаётган трансформаторнинг номинал токи 881 А бўлганда ток трансформаторининг трансформациялаш коэффициенти.

$$K_{\text{ТТ}} = 1000/5 = 200$$

Кучланиш трансформаторнинг трансформациялаш коэффициенти:

$$K_{TH} = U_{НОМ} / 100 = 110000 / 100 = 1100$$

Тескари кетма – кетлик фильтр – релесининг ишга тушиш токи.

$$I_{2PH} = \frac{I_{2XH}}{K_{TT}} = \frac{440}{200} = 2,2 \quad A$$

Демак, РТФ-7/2 релесини қабул қиламиз. Ўрнатма релесининг ишга тушиш токи.

$$I_{cp} = \frac{I_{сз}}{K_{TT}} = \frac{1320}{200} = 6,6 \quad A$$

РТ – 40/10 релесини қабул қиламиз.

Минимал кучланиш релесининг ишга тушиш кучланиши.

$$U_{PH} = \frac{U_{XH}}{K_{TY}} = \frac{82800}{1100} = 75,2 \quad B$$

РН – 54/160 релесини қабул қиламиз.

Ҳимоянинг сабр вақти: $t = t_n + \Delta t = 3 + 0,5 = 3,5 \quad сек .$

ЭВ – 122 вақт релесини қабул қиламиз.

Хулоса

Дастлаб электр тармоғи халқасидаги барча ҳимояларни йўналтирилган ҳимоя деб ҳисобладим. Таъминловчи нимстанциядан бошлаб ҳар бир йўналиш учун халқанинг энг узоқдаги ҳимояси топилди ва бу ҳимоя учун сабр вақтини $t = 0$ деб олинди. 1 – расмда кўрсатилган халқасимон тармоқ линиялари учун сабр вақти қуйидагиларга тенглиги аниқланди : $t_2 = t_4 = 0$, $t_3 = 1,5c$, $t_4 = 2c$, $t_1 = 2,5сек$, $t_3 = 2,0сек$, $t_2 = 2,5сек$, $t_1 = 3сек$.

Қувватлар бўйича ҳимоялар учун максимал ишчи токлари ҳисобланди:

$$I_{иш. макс} = 0,099 \text{ кА} , \text{ бунда: } I_{ХИ(3)} = 222 \text{ А} .$$

Йўналтирилмаган 3 ва 4' ҳимоялар учун ишлаш токи : $I_{иш. макс} = 0,165 \text{ кА}$, бунда: $I_{ХИ(3)} = I_{ХИ(4')} = 371 \text{ А}$ га тенг.

Ҳимоя 2 учун: $I_{иш. макс} = 0,165 \text{ кА}$. $I_{ХИ(2)}$ ҳам 371 А га тенг бўлиши керак эди, лекин ҳимоя 2 таъминловчи нимстанция 3 - ҳимояга нисбатан яқинроқ жойлашганлиги учун $I_{ХИ(2)} \geq 1,1 \cdot I_{ХИ(3)}$ деб олишга тўғри келди.

Шунинг учун: $I_{ХИ(2)} = 408 \text{ А}$. қуйидагига тенг. Берк ҳалқа ҳолатида К-2 нуқтада уч фазали қисқа туташув бўлганда шу нуқтагача бўлган натижавий қаршилик қуйидагига тенг бўлди: $x_{\sum(K2)} = 7,9 \text{ Ом}$

К-2 нуқтадаги қисқа туташув токи ҳисобланди: $I_{К2}^{(3)} = 2,7 \text{ кА}$. 2-ҳимоя орқали ўтадиган токнинг улуши: $K_{т.р(2)} = 0,82$ бўлди. Шунинг учун: $K_{C(2)} = 4,72 \text{ Ом}$, $4,72 > 1,5$ талабга жавоб берди. К-1 нуқта учун қисқа туташув токи ҳисобланди. Шу нуқтагача бўлган натижавий қаршилик қуйидагига тенг: $x_{\sum(K-1)} = 10,2 \text{ Ом}$. Шунинг учун: $I_{К1}^{(3)} = 2,1 \text{ кА}$. Ҳимоя 2 орқали ўтадиган токнинг улуши: $K_{(2)} = 0,56$ ва $K_{C(2)} = 3,23 > 1,5$ талабга жавоб берди.

Халқа тармоғи узилган ҳолатда, К-2 нуқтада икки фазали қисқа туташув рўй берганда, ҳимоя 3' орқали ўтадиган ток қуйидагича бўлди: $I_{К-2}^{(2)} = 0,87 \text{ кА}$. $I_{C(3')} = 3,99 > 1,5$ талабга жавоб берди.

Халқа тармоғи узилган ҳолатда, К–1 нуқтада икки фазали қисқа туташув бўлганда, 3-химоя орқали ўтадиган ток қуйидагига тенг бўлди:

$I_{K-1}^{(2)} = 1,1 \text{ кА}$.. Резерв химоя ишлаганда химоя 3-нинг сезгирлиги:

$I_{C(3)PE3} = 4,95 > 1,2$. Химоя 2 орқали ўтадиган ток: $I_{K-4 мин}^{(2)} = 0,88 \text{ кА}$. ва

$I_{C(2)PE3} = 2,16 > 1,2$. га тенг.

Шундай қилиб, қараб чиқиладиган Л–2 линияни химоя сезгирлигига, максимал ишчи токи (165 А) га мос келадиган ток трансформаторни танлаб, унинг трансформация коэффициенти топилди: $K_{\pi} = \frac{100}{5} = 20$.

Химояда қўлланиладиган реленинг ишлаш токи: $I_{PI(3)} = 11,1 \text{ А}$

РТ-40/20 ток релеси танланди: $t_3 = 1,0 \text{ сек}$, ЭВВ – 122 вақт релеси қўлланилди. Энергия йўналиши релеси сифатида РБМ – 171 релеси танланди.

Химоя 2 релесининг ишга тушиш токи қуйидагига тенг бўлди $I_{PI(2)} = 20,4 \text{ А}$; $t_2 = 2,5 \text{ сек}$. РТ – ток релеси ва ЭВ – 122 вақт релеси танланди.

Танланган РТ-40 релесини параметрлари қуйидагилар:

- Созлаш оралиғи 2,5 – 10 А
- Электр истемол қуввати 0,5 Вт.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Б.А.Андреев. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. /Учебник- М.: ВШ, 1991 г.
2. Н.И.Овчаренко. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем./Учебник- М.: НЦ ЕНАС, 2001 г.
3. М.А.Беркович, А.Н.Комаров, В.А.Семенов. Основы автоматизации энергосистем. /Учебник- М.: Энергоиздат, 2001 г.
4. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. М. Энергоатомиздат, 1998 г.
5. Я.С.Гельфанд. Релейная защита распределительных сетей. /Учебник- М.: Энергоатомиздат, 1997 г.
6. М.А.Шабад. Максимальная токовая защита. Учебное пособие-М.: Энергоатомиздат, 1991 г.
7. А.М. Федосеев. «Релейная защита электрических систем». М., «Энергия», 1996 г.
8. Н.В. Чернобровов «Релейная защита». М.«Энергия», 1999 г.
9. Руководящие указания по релейной защите. Вып.1-13 Расчеты и схемы. М., Энергия, 2005.
- 10.М.А.Беркович, В.В.Молчанов, В.А.Семенов «Основы техники релейной защиты». М. «Энергоатомиздат», 2004.
- 11.Засыпкин А.С. Релейная защита трансформаторов М., Энергоатомиздат, 2003 г.
- 12.Сиддиков И.Х. и др. «Релейная защита и автоматика». Методические указания по выполнению курсовых работ (рус, узб). Ташкент. изд. МинЭнерго РУЗ 1993, 1995, 2004., 64 с.