

B. Babayew

ELEKTROENERGETIKI ULGAMLARYŇ RELE GORAGY

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

*Türkmenistanyň Bilim ministrligi
tarapyndan hödürlenildi*

Aşgabat
Türkmen döwlet neşirýat gullugy
2019

UOK 378:621.31

B 12

Babaýew B.

B 12 **Elektroenergetiki ulgamlaryň rele goragy.** Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2019.

TDKP № 34, 2019

KBK 31.2 ýa 73

© B. Babaýew, 2019.



**TÜRKMENISTANYŇ PREZIDENTI
GURBANGULY BERDIMUHAMEDOW**



TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET TUGRASY



TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET BAÝDAGY

TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET SENASY

Janym gurban saňa, erkana ýurdum,
Mert pederleň ruhy bardyr köňülde.
Bitarap, garaşsyz topragyň nurdur,
Baýdagyň belentdir dünýäň öňünde.

Gaýtalama:

Halkyň guran Baky beýik binasy,
Berkarar döwletim, jigerim-janym.
Başlaryň täji sen, diller senasy,
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym!

Gardaşdyr tireler, amandyr iller,
Owal-ahyr birdir biziň ganymyz.
Harasatlar almaz, syndyrmaz siller,
Nesiller döş gerip gorar şanymyz.

Gaýtalama:

Halkyň guran Baky beýik binasy,
Berkarar döwletim, jigerim-janym.
Başlaryň täji sen, diller senasy,
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym!

SÖZBAŞY

Hormatly Prezidentimiz senagatyň ileri tutulýan ugurlarynyň biri bolan energetika pudagy babatda uly işler alyp barýar. Ýurdumyzda gurulýan we guruljak stansiýalaryň, podstansiýalaryň sany günsaýyn artýar. Hormatly Prezidentimiziň Daşoguz döwlet elektrik stansiýasyny, Awaza döwlet elektrik stansiýasyny, Ahal döwlet elektrik stansiýasyny, Balkanabat döwlet elektrik stansiýasyny, Türkmenabat döwlet elektrik stansiýasyny, Aşgabat döwlet elektrik stansiýasyny, Derweze döwlet elektrik stansiýasyny, Lebap welaýatynda «Watan» döwlet elektrik stansiýasyny, Mary döwlet elektrik stansiýasynda üç sany gazyturbina elektrik stansiýasyny gurup bermegi we Mary döwlet elektrik stansiýasynda utgaşykly dolanyşykda işleýän gazbug elektrik stansiýasynyň gurluşyk işleriniň güýçli depginde alnyp barylmagy halkymyzyň elektrik energiýasy bilen üpjünçiliginiň ýokarlandyrylmagynyň aýdyň subutnamasydyr.

Hormatly Prezidentimiz ýurt başyna geçen ilkinji günlerinden başlap özüniň taglymatlaryny ylym-bilim ulgamyna bagyşlady. Türkmenistan döwletimizde Garaşsyz Diýarymyzyň kalplary ylma teňne juwan oglan-gyzlarynyň ylymly-bilimli bolmagy üçin uly mümkinçilikler açyldy. Hormatly Prezidentimiziň alyp barýan ylmy syýasatynyň düýp özeninde türkmen jemgyýetini dünýä ylmynyň gazananlary bilen aýakdaş ösdürip, Türkmenistan döwletimizi dünýä derejesinde täze aňyýetli, täze bir ylmy syýasatly ýurt hökmünde öňe çykarmak maksady ýatyr.

Hormatly Prezidentimiziň: «Ýurdumyzyň gülläp ösüşi, Watanymyzyň mundan beýläk-de gowulandyrylmagy, size, ylymly-bilimli ýaşlara baglydyr. Özünüze bildirilýän ynamy ödemek mukaddes borjuňyz bolmalydyr» diýen sözleri her bir ýaş nesil üçin atalyk sargydy bolup durýar.

Hormatly Prezidentimiziň täze bilim syýasatyna laýyklykda talyp ýaşlara öz hünärleri boýunça berilýän bilimleri dünýä ülhülerine deňleşdirmek maksady bilen ýokary okuw mekdeplerinde okuw dersleri boýunça meýilnamalar täzedan işlenip düzüldi.

Ulanýjylaryň elektrik üpjünçiliginiň üznüksizligini we energoulgamyň ygtybarly işlemegini üpjün etmek rele goragynyň we awtomatikanyň esasy meselesidir. Energoulgamyň we elektrik setleriň ösmegi we olaryň shemalarynyň çylşyrymlaşmagy, uly ýüklenen ýokary naprýażeniýeli we uzyn elektrik geçiriji liniýalaryň (elektrik geçiriji liniýa – bu elektrik geçiriji simlerden, sütünlerden, izolýatordan durýan gurluş) sanynyň artmagy rele goragynyň we awtomatikanyň ygtybarlylyk, çalt täsirlilik, saýlaýjylyk we duýgurlyk talaplaryny has hem ýokarlandyrýar.

Bu okuw kitabynda operatiw toguň çeşmeleri, tok transformatorlary, maksimal tok goragy, tokdan bölüp aýyrýan gorag, gönükdirilen tok goragy, ýere gysga utgaşmadan goraýan gorag, 110-220 *kW* naprýażeniýeli howa elektrik geçiriji liniýalaryň goragy, energoulganda çaykanmada goragyň nädogry täsiriniň önüni almak, transformatoryň we awtotransformatoryň goragy, generatoryň goragy, stansiýanyň we podstansiýanyň ýygyny şinalarynyň goragy, öçüriji işlemedik ýagdaýynda rele goragynyň ätiýaçlyk täsiriniň ýerine ýetiriliş düzgüni, şahalanýan liniýanyň goragy, şeýle hem elektrohereketlendirijileriň goragy meselelerine seredildi.

Bu okuw kitaby elektroenergetiki ulgamlar we torlar, elektroenergetiki ulgamlaryň rele goragy we awtomatikasy, elektrik üpjünçiligi we awtomatika we tehniki ulgamlarda dolandyrys hünärleri üçin niýetlenendir.

ELEKTROENERGETIKI ULGAMLARYŇ RELE GORAGY BARADA UMUMY DÜŞÜNJELER

1.1. Rele goragynyň niýetlenilişi

Elektroenergetiki ulgamlarda zeper ýetmeler we kadasyz iş düzgünleri ýüze çykýar. Energoulgamyň elementlerinde toguň ýokarlanmagy we naprýaženiýesiniň peselmegi bilen zeper ýetmeler häsiýetlendirilýär.

Ýokarlanan tok ýylylygyň uly mukdaryny bölüp çykarýar, bu bolsa abat liniýalary we enjamlary howply gyzdyrýar hem-de zaýalaýar.

Naprýaženiýäniň peselmegi ulanyjylaryň kadaly işini, generatorlaryň parallel işini we tutuş energoulgamyň durnuklylygyny bozýar.

Kadasyz iş düzgünlerinde naprýaženiýe, tok we ýygylk rugsat edilýän bahadan üýtgeýär. Naprýaženiýäniň we ýygylgyň peselmegi energoulgamyň durnuklylygynyň we ulanyjylaryň kadaly işiniň bozulmak howpuny döredýär. Toguň we naprýaženiýäniň ýokarlanmagy elektrik geçiriji liniýalaryň we enjamlaryň kadaly işine howp salýar.

Elektrik energiýany ulanyjylaryň we energoulgamyň kadaly işini üpjün etmek üçin zeper ýetmeleri tiz ýüze çykarmaly we olary abat setden aýrmaly.

Kadasyz iş düzgünleriniň howply täsiriniň önüni almak üçin, kadasyz iş düzgünlerini wagtynda duýup, çäreler kabul etmeli. Şonuň bilen baglanyşykda kadasyz iş düzgünlerinden we zeper ýetmelerden energoulgamy we onuň elementlerini goraýan hem görkezilen operasiýalary ýerine ýetirýän awtomatik gurluşlary ulanmak hökmandyr.

Ilkibaşda gorag gurluşy hökmünde ereýji goraýjylar ulanylýardy. Elektrik desgalaryň naprýaženiýesiniň we kuwwatynyň ösmegi, energoulgamlaryň we elektrik setleriniň shemalarynyň çylşyrymlaşmagy bilen bu gorag ýeterlik däl. Şonuň üçin hem rele goragy diýlip atlandyrylýan ýörite awtomatik gurluş döredilýär.

Rele goragy energoulgamyň ähli elementleriniň iş düzgünlerine üznüksiz gözegçilik edýär hem-de zeper ýetmeleriň we kadasyz iş düzgünleriniň döremegini duýýar.

1.2 Elektrik desgalarynda zeper ýetmeler

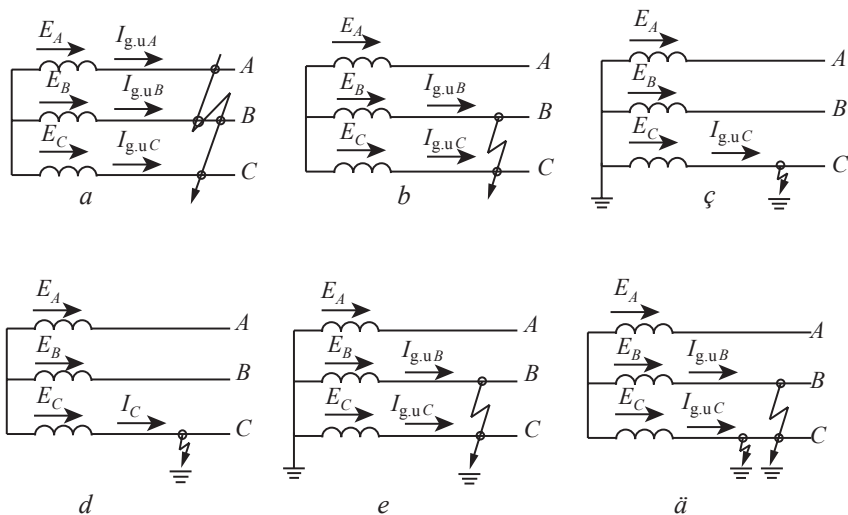
Elektrik ulgamlarynda esasy zeper ýetmeler fazalaryň arasynda we faza bilen ýeriň arasynda gysga utgaşmadyr. Elektrik maşynlarda we transformatorlarda bir fazanyň sarymlarynyň arasynda gysga utgaşma ýüze çykýar. Zeper ýetmeleriniň esasy sebäbi bolup:

1. Izolýasiýanyň könelmegi, kanagatlanarsyz ýagdaýy, aşa naprýaženiýe we mehaniki zeper ýetmeler esasynda izolýasiýanyň hatardan çykmagydyr;

2. Operasiýa wagty personalyň ýalňyşydyr (aýryjyny ýük bar wagty ýazdyrmagy we ş.m.).

Zeper ýetmeleriniň in howply we agyr görnüşi gysga utgaşmadyr. Gysga utgaşmada iýmitlendiriji çeşmäniň E elektrik hereketlendiriji güýji transformatoryň, generatoryň we liniýanyň örän kiçi garşylygynyň üstünden gysga utgaşýar. Elektrik hereketlendiriji güýç gysga birleşdirilen konturda gysga utgaşmanyň togy $I_{g.u}$ diýlip atlandyrylýan uly tok ýüze çykarýar.

Gysga utgaşma üçfazly, ikifazly we birfazly gysga utgaşma görnüşlere bölünýär (*1.1-nji çyzgy*).

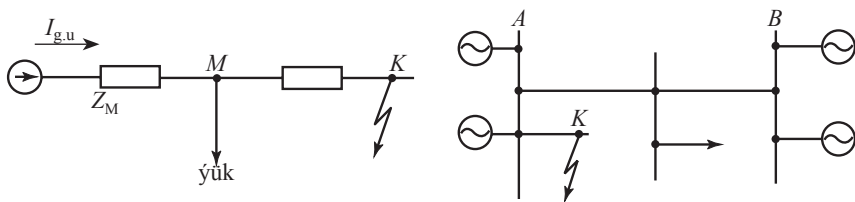


1.1-nji çyzgy. Elektrik enjamlarda zeper ýetmeleriniň görnüşleri:

*a, b, ç we e – üçfazly, ikifazly, birfazly we ikifazly ýere gysga utgaşma;
d we ä – neýtraly izolirlenen elektrik setde birfazly we ikifazly ýere gysga utgaşma*

Gysga utgaşmada toguň ýokarlanmagy netijesinde, elektrik ulgamyň elementlerinde naprýaženiýäniň pese gaçmasy ulalýar we elektrik setiň hemme nokatlarynda naprýaženiýäniň peselmegine getirýär. Gysga utgaşan ýerinde we golaýynda naprýaženiýe peselýär. Zeper ýeten ýerden daşda ýerleşýän nokatlarda naprýaženiýe az derejede pese gaçýar. Gysga utgaşmada toguň ýokarlanmagy we naprýaženiýäniň pese gaçmasy bilen aşakdaky howply ýagdaýlar ýüze çykýar:

a) Joule-Lensiň kanunyna görä gysga utgaşmanyň togy $I_{g.u}$ ýylylyk bölüp çykarýar. Gysga utgaşmanyň togy we wagty näçe uly bolsa, ýylylyk hem-de ýalyn şonça-da köp zeper ýetirýär. Abat liniýalardan we enjamlardan gysga utgaşmanyň togy $I_{g.u}$ akyp, olary rugsat berilýän bahadan aşa gyzdýrýar.



1.2-nji çyzgy. Gysga utgaşmada naprýaženiýäniň peselmeginiň täsiri:

a – ulanyjylara; b – energoulgama

b) Gysga utgaşmada naprýaženiýäniň peselmegi ulanyjylaryň kadasyz işini döredýär.

Elektrik energiýany esasy ulanyjylar asinhron elektroherketlendirijilerdir. Hereketlendirijiniň aýlanma momenti onuň gysgyçlaryndaky naprýaženiýäniň kwadratyna proporsionaldyr $M=kU^2$. Şonuň üçin hem naprýaženiýäniň peselmegi bilen elektroherketlendirijileriň aýlanma momenti, mehanizmiň garşylyk momentinden kiçi bolup, elektroherketlendirijiniň durmagy mümkin. Ýagtylandyryş enjamlaryň ýagtylyk berişi peselýär. Ýarym geçiriji enjamlar naprýaženiýäniň peselmegini duýýar.

ç) Naprýaženiýäniň peselmegi generatorlaryň parallel işiniň durnuklylygyny bozýar. Energoulgamyň durnuklylygynyň bozulmagy energoulgamyň durmagyna we hemme ulanyjylara berilýän elektrik energiýanyň kesilmegine getirýär.

1.3. Kadasyz iş düzgünleri

Kadasyz iş düzgünleri diýlip, toguň, naprýaženiýäniň we ýygylýgyň rugsat berilýän bahadan üýtgemesine düşünilýär. Ol üýtgemeler energoulgamyň durnuklylygy we enjamlary üçin howpludyr.

a) Enjamyň aşa ýüklenmesi toguň nominal bahadan ýokarlanmagy bilen ýüze çykýar. Enjamyň üstünden çäklendirilmedik wagtyň dowamynda akmaga rugsat berilýän maksimal toga *nominal tok* diýilýär.

Eger tok nominal bahadan ýokarlansa, bölünip çykýan ýylylygyň hasabyna izolýasiýanyň könelmegi we zeper ýetmesi bolup geçýär.

b) *Ýygylýgyň peselmegi*. Ýygylýgyň peselmegi generatoryň kuwwatynyň ýetmezçiligi bilen, ýagny parallel işleýän generatorlaryň bir böleginiň öçmegi bilen ýüze çykýar. Ýygylýk peselende mehanizmleriň öndürilijili peselýär we agregatlaryň tehnologik prosesi bozulýar.

Ýygylýgyň has peselmegi (47-45 Gs-den aşakda) bilen elektroenergetiki ulgam işini bes edýär. Şeýle heläkçiligiň önüni almak üçin öndürilýän we kabul edilýän kuwwatyň balansyny saklamaly.

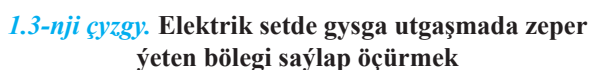
ç) *Naprýaženiýäniň ýokarlanmagy*. Naprýaženiýäniň ýokarlanmagy turbogeneratorlaryň ýüki duýdansyz öçürilende ýüze çykýar.

Ýüksüzlendirilen turbogenerator aýlaw ýygylýgyny ýokarlandyrýar we statoryň elektrik hereketlendiriji güýji onuň izolýasiýasy üçin howply baha çenli ýokarlanýar. Şeýle ýagdaýda gorag generatoryň oýandyryjy toguny azaltmaly ýa-da generatory öçürmeli.

1.4. Rele goragyna bildirilýän talaplar

1. Saýlaýjylyk. Goragyň saýlaýjylygy diýlip, goragyň diňe zeper ýeten ýeri saýlap öçürmegine aýdylýar. 1.3-nji çyzgyda zeper ýetmäniň saýlap öçürilişi görkezilendir.

K1 nokatda gysga utgaşmada, gorag zeper ýeten liniýanyň Q_w öçürijisini öçürmeli. Zeper ýeten liniýanyň iýmitlendirýän ulanyjylaryndan başga ulanyjylar iş ýagdaýynda galýar. K2 nokatda gysga utgaşmada I liniýa öçürilýär we II liniýa iş ýagdaýyndadyr (1.3-nji çyzgy). Şeýle öçürilmede elektrik setiň ähli ulanyjylary iş ýagdaýynda galýar.



2. Täsir ediş çaltlygy. Energoulgamlaryň we elektrik stansiýalaryň, generatorlaryň parallel işiniň durnuklylygyny saklamak we ulanyjylaryň naprýaženiýesiniň peselmeginiň dowamlylygyny azaltmak, ýygyny şinalaryň we liniýalaryň awtomatik gaýtadan birikdirilişiniň effektiwligini ýokarlandyrmak, enjamlaryň hatardan çykmasynyň göwrümini çäklendirmek üçin gysga utgaşmada çalt öçürmek zerurdyr. Energoulgamyň durnuklylygy saklamak şertine görä gysga utgaşmada öçürmek wagty birnäçe şertlere baglydyr. Energoulgamyň düwün podstansiýasyndaky we elektrostansiýanyň şinasyndaky galyndy naprýaženiýesiniň ululygy esasy şertleriň biridir. Galyndy naprýaženiýe näçe kiçi bolsa, şonça-da energoulgamyň durnuklylyk şerti ýaramazlaşýar we gysga utgaşmany çalt öçürmek talap edilýär. Ýere neýtraly göni birikdirilen elektrik setlerde üçfazly we ikifazly ýere gysga utgaşma, durnuklylyk şertine görä iň agyr iş düzgüni hasaplanylýar, bu zeper ýetmelerde hemme fazalarda naprýaženiýe has-da peselýär.

Energoulgamda durnuklylygy saklamak üçin gysga utgaşmany az wagtda öçürmelidir. Çalt täsir ediji goraglary ulanmak üçin

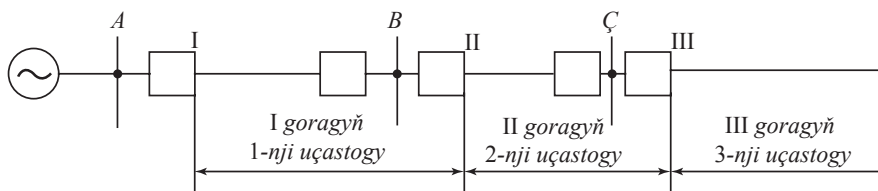
elektrik gurnawlaryň gurluş düzgünine laýyklykda elektrik setlerde üçfazaly gysga utgaşmada düwün podstantsiýalaryndaky we elektros-tansiýanyň şinalaryndaky galyndy naprýaženiýeleri kesgitlemelidir. Eger-de galyndy naprýaženiýe nominal naprýaženiýäniň 60%-inden kiçi bolsa, onda energoulgamyň durnuklylygyny saklamak üçin çalt täsir ediji goragy ulanmalydyr.

Zeper ýetirmäni öçürmegiň doly wagty $t_{\text{öç}}$ goragyň işleme t_{gor} wagty we öçürijiniň $t_{\text{öç.t.w}}$ täsir wagtyny öz içine alýar:

$$t_{\text{öç}} = t_{\text{gor}} + t_{\text{öç.t.w.}}$$

Öçürmäni tizlendirmek üçin goragyň we öçürijiniň täsir wagty tizlendirmeli. Çalt täsirlilik talaby energoulgamlaryň we elektrik stan-siýalaryň durnuklylygyny üpjün edýän talaplaryň biridir.

3. Duýgurlyk. Kadaly iş düzgüninden gysga utgaşmada döreyän üýtgemeleri goragyň hasaba almagy üçin goragyň kesgitli duýgurly-gy bolmalydyr.



1.4-nji çyzgy. Goragyň täsir zolagy

Her bir gorag (1.4-nji çyzgyda I gorag) öz goýlan zolagynda AB liniýada zeper ýetmede öçürilmelidir we ondan başga-da BC liniýada zeper ýetmede onuň öz goragy täsir etmedik ýagdaýynda I gorag täsir etmelidir. Oňa 2-nji uçastokdaky goragyň täsirini uzakdan ätiýaçlandyrmak diýlip atlandyrylýar. Eger II gorag ýa-da BC liniýanyň öçür-jisi näsazlygy sebäpli işlemedik ýagdaýynda bu gorag täsir edýär. Uçastogyň goragyny ätiýaçlandyrmak esasy talaplaryň biridir. Eger ätiýaçlyk gorag ulanylmasa, BC uçastogyň goragy ýa-da öçürijisi iş-lemese, zeper ýetme öçürilmeýär, ol elektrik setiň hemme ulanyjyla-rynyň kadaly işini bozýar. 3-nji uçastokda gysga utgaşmada I goragyň täsiri talap edilmeyär.

Elektrik duganyň üstünden we goragyň goýlan zolagynyň ahyryn-daky gysga utgaşmada gorag işläř ýaly duýgurlygy ýeterlik bolmalydyr.

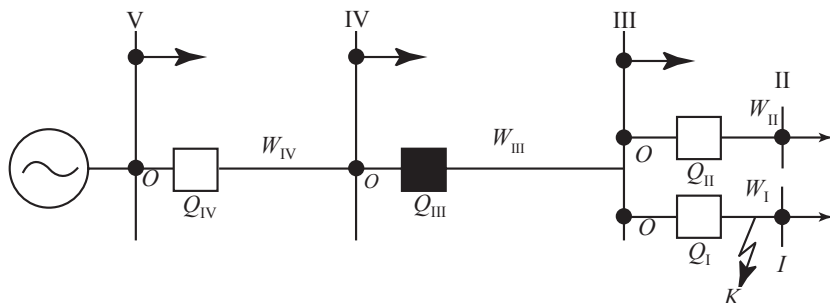
Goragyň duýgurlygy duýgurlyk koeffisiýenti $k_{\text{duý}}$ bilen häsiýet-lendirilýär:

$$k_{\text{duý}} = \frac{I_{\text{g.u.min}}}{I_{\text{gor.iş}}}, \quad (1.1)$$

bu ýerde $I_{\text{g.u.min}}$ – gysga utgaşmanyň iň kiçi togy; $I_{\text{gor.iş}}$ – goragyň işleýän iň kiçi togy.

4. Ygtybarlylyk. Gorag öz ýerleşdirilen zolagyndaky gysga utgaşmada saz işlemeli we goragyň işlemegi göz önüne tutulmadyk ýagdaýynda gorag nädogry işlemeli dälär.

Ygtybarlylyk möhüm talaplaryň biridir. Haýsydyr bir goragyň nädogry işlemegi ýa-da näsaz işlemegi goşmaça öçürilmelere getirýär.



1.5-nji çyzgy. Näsazlygy sebäpli gorag işlemedik ýagdaýynda gysga utgaşmada ýalňyş öçürilme

Mysal üçin, K nokatda gysga utgaşmada (1.5-nji çyzgy). Q_I öçüriji işlemedik ýagdaýynda, Q_{III} öçüriji işleýär, şonuň netijesinde II we III podstansiýalar goşmaça öçýär. Kadaly iş düzgüninde Q_{IV} ýalňyş öçmeği netijesinde I, II, III we IV podstansiýalar elektrik energiýasyz galýar. Şeýlelikde, ygtybarsyz goragyň özi zeper ýetmäniň çeşmesidir.

II BAP

OPERATIV TOGUŇ ÇEŞMELERI

2.1. Niýetlenilişi we umumy talaplar

Rele goragynyň, awtomatikanyň, telemehanikanyň we signalyň dürli görnüşleriniň operativ zynjyryny, öçürijiniň aralykdan (distan-sion) dolandyryş zynjyryny iýmitlendirýän toga *operativ tok* diýilýär.

Zeper ýeten liniýany we enjamlary öçürmek üçin niýetlenlen go-raglaryň operativ zynjyryndan, şonuň bilen birlikde hem operativ to-

guň çeşmesinden aýratyn talap edilýär. Operativ toguň kuwwaty we naprýaženiýesi gysga utgaşmada rele goragynyň we awtomatikanyň enjamlaryny, öçürijini ygtybarly birikdirmek we öçürmek üçin ýeterlik bolmalydyr.

Operativ zynjyry iýmitlendirmek üçin hemişelik we üýtgeýän toguň çeşmesi ulanylýar.

2.2. Akkumulýator batareýalary

Umumy maglumat. Jogapkärli podstantsiýalarda operativ toguň çeşmesi hökmünde akumulýator batareýalary ulanylýar. Akkumulýator batareýalary in ygtybarly iýmitlendiriji çeşmedir. Akkumulýator batareýalarynyň naprýaženiýeleri elektrik setde naprýaženiýäniň bardygyna we ululygyna bagly däldir. Batareýanyň kuwwaty islendik öçürijini birikdirmek üçin ýeterlikdir. Ýokary bahalylygyny we adaty stasionar akumulýator batareýalaryna hemişe hyzmat etmegiň zerurlygyny hasaba alyp, akumulýator batareýalary 110 *kW* we ondan ýokary naprýaženiýeli podstantsiýalarda goýulýar.

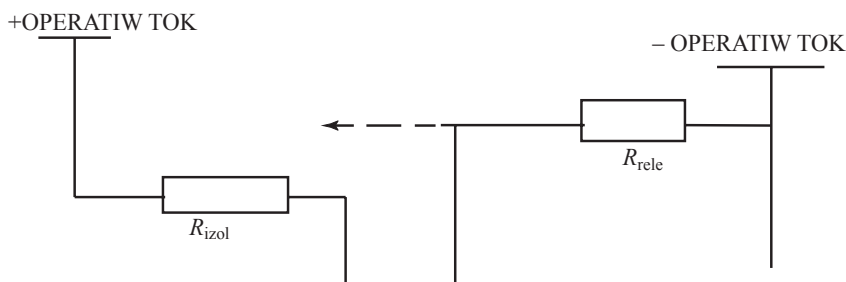
Akkumulýator batareýalary hemişelik toguň şinasyna birikdirilen ýörite göneldijilerden (БАЗП, ВУК) hemişe zarýadlanýarlar we şonuň bilen bir wagtda hem operativ toguň şinasynda naprýaženiýäni durnukly saklaýar. Hususy zerurlygynyň dürli transformatorlaryndan iýmitlenýän iki sany göneldiji iş ýagdaýyndadyr.

Akkumulýator batareýalarynyň we göneldijileriň awtomatlary öçen ýagdaýynda signal işlemelidir we bu çeşmeleriň biriniň operativ toguň ulanyjylarynyň ygtybarly işini üpjün etmeýändigini, täzeden birikdirmek çäreleri üçin geçirilmelidir. Signalyň bardygyna garamazdan, hemişelik toguň şinasyna we akumulýator batareýalaryna ((220-230*W*) naprýaženiýäniň derejesine, zarýadlandyryjy enjamlaryň we akumulýator batareýalarynyň toguna) yzygiderli gözegçilik edilmelidir.

Zarýadlandyryjysy ýok bolan akumulýator batareýalary podstantsiýanyň yüküniň hasabyna öz zarýadyny ýitirýär, şonuň üçin rele goragy we awtomatika öçürijini öçürip bilmeýär.

Hemişelik toguň setiniň izolýasiýasynyň garşylygyny awtomatiki gözegçilikde saklamalydyr. 220 *W* naprýaženiýeli operativ toguň setinde izolýasiýanyň garşylygy 20 *kOm*-dan (110 *W* setde 10 *kOm*)

pese düşse, «operativ toguň şinasynda ýer» diýen signal işleýär. Izolýasiýanyň garşylygynyň bu derejeden peselmegi, reläniň sarymy ýere gysga utgaşanda, rele ýalňyş işleýär (2.1-nji çyzgy). Şonuň üçin «ýer» signaly döwründe, ýere gysga utgaşmanyň ýerini gözlemekden başga, ähli işler togtadylýar.



2.1-nji çyzgy. Operativ toguň zynjyrynda gysga utgaşmada reläniň işlemek mümkinçiligi

Reläniň birikdirilen gysgyçlary ýere utgaşan ýagdaýynda, reläniň sarymlaryna izolýasiýanyň garşylyklary yzygider birikdirilýär. Relede reläniň we izolýasiýanyň garşylygynyň gatnaşygyna proporsional naprýaženiýe goşulýar. Izolasiýanyň kiçi garşylygynda naprýaženiýe reläniň işlemegi üçin ýeterlikdir. Ýere gysga utgaşma goragyň relesiniň işlemegine ýeterlik bolanda, signalyň işlemegi talap edilýär we garşylygyň ululygy hem şoňa görä alynýar. Reläniň tegeginiň garşylygy $20\text{ k}\Omega$ -dan uly we onuň işleme naprýaženiýesi U_{nom} nominal naprýaženiýäniň 50%-den kiçi bolmadyk ýagdaýy araçäk şert hasaplanýar.

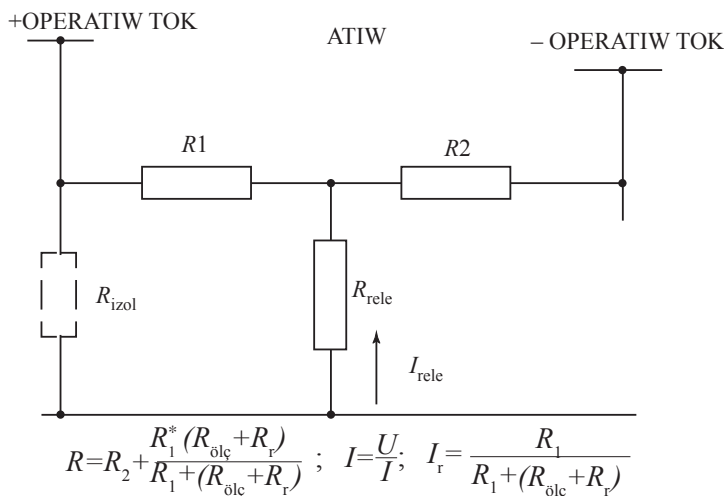
Operativ toguň setinde ýere utgaşmany tapmak üçin awtomatlar gezekli-gezegine öwürmek bilen amala aşyrylýar. Zeper ýeten fider anyklanylandan soňra, ony öwürmek mümkinçiligini kesgitlemelidir. Eger gorag diňe bu fiderden iýmitlenmeýän bolsa, onda awtomatika işden çykarylýar. Ýere utgaşmany gözlemek we bejermegi rele goragynyň hünärmeni ýerine ýetirýär. Uly podstantsiýalaryň hemişelik togunyň setleri, fideri öwürmezden zeper ýeten fideri anyklamaga mümkinçilik berýän gurluş bilen üpjün edilen. Şeýle gurluş ýere utgaşmada işe girýär we fideri barlaýar. Gurluşyň düzümi hemişelik

toguň şitiniň şinasy bilen ýeriň arasyňa birikdirilen generatordan durýar.

Hemişelik operatiw toguň dolandyryjysynyň we goragyň çêşmesiniň ygtybarlylygyny ýokarlandyrmak üçin, hemişelik toguň şitinden çykyp gidýän birikmeleriniň awtomatlary bilen akkumulýator batareýasynyň awtomatlarynyň arasynda saýlaýjylyk üpjün edilen bolmalydyr. Şeýle saýlaýjylygy almak tehniki taýdan çylşyrymly, sebäbi hemişelik toguň birikmeleriniň ýüküniň togy uludyr (elektromagnet hereketlendirijileri birikdiriji solenoid, hemişelik toguň hereketlendirijisi). Adaty görnüşli akkumulýator batareýalary üçin ýyladyş ulgamly we howalandyryjyly, ýörite jaýlar gerek, sebäbi batareýa zarýadlananda ol ýangyn howply wodorod bölüp çykarýar. Akkumulýator batareýasynyň zarýadynyň derejesine, dykzylygyna we elektrolitiň derejesine hemişe gözegçilik etmeli. Bu kynçylyklar üçin akkumulýator batareýalar diňe uly elektrik desgalarynda ulanylýar. Galan ýagdaýlarda üýtgeýän operatiw toklaryň dürli görnüşleri ulanylýar.

2.3. Hemişelik toguň şitiniň elementleri

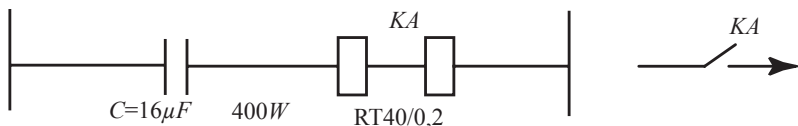
Hemişelik toguň şitiniň izolýasiýasyna gözegçiligiň ýönekeý shemasy 2.2-nji çyzgyda görkezilendir.



2.2-nji çyzgy. Hemişelik toguň şitiniň izolýasiýasyna gözegçilik edýän reläniň birikdiriliş shemasy

Napryáženiýäniň derejesine awtomatik gözegçilik etmek üçin yza gaýdyş koeffisiýenti uly, hemişelik toguň napryáženiýe relesi gerek. Sebäbi hemişelik toguň şitinde napryáženiýäniň $\pm 5\%$ üýtgemegine rugsat berilýär. 220 W napryáženiýede 210-230 W araçäkde napryáženiýe üýtgeýär. Napryáženiýäniň uly üýtgemesinde signal işleýär. Napryáženiýäniň 230 W-a çenli ýokarlanmasyna, 210 W-a çenli peselmesine signalyň goýluş parametri sazlanýlar.

Hemişelik toguň şitiniň awtomatikasynyň esasy funksiýalarynyň biri – akkumulýator batareýasyny zarýadlandyryjynyň işleýşine gözegçilik etmekdir. Akkumulýator batareýasynyň awtomaty öçende ýa-da batareýanyň zynjyry üzülende, hemişelik toguň şitiniň ýükleri zarýadlandyryjydan ýymitlenýär. Bu ýagdaýda akkumulýator batareýasynyň öçendigi bilinmeýär. Şeýlelikde, gysga utgaşmada, napryáženiýäniň peselmeginde operativ tok ýitýär. Şonuň üçin hemişelik toguň şitleri operativ toguň şitleriniň awtomatlary öçende signal berýär. Zarýadlandyryjynyň zarýad berşine, akkumulýator batareýasynyň şinasynda napryáženiýäniň pulsasiýasynyň bardygyna görä goşmaça gözegçilik ediji signal goýulýar. Akkumulýator batareýasy öçenden soňra, pulsasiýanyň derejesine görä sazlanan ýörite rele işleýär (2.3-nji çyzgy).



2.3-nji çyzgy. Hemişelik toguň şinasynda ýokary garmonikanyň derejesiniň ýokarlanmagynyň signaly

Bu maksat üçin, «RITM» firmasy EJI-18 görnüşli rele goýberýär. Bu releler üç sany funksiýany ýerine ýetirýär.

1. Napryáženiýe gözegçilik funksiýasy – 220 W napryáženiýeli operativ hemişelik toguň zynjyryna gözegçiligi üpjün edýän iki sany sazlanýlan, ýagny işleme we yza gaýdyş ululyklara gözegçilik edýär.

2. Izolýasiýa gözegçilik funksiýasy – hemişelik toguň islen-dik şinasyynyň izolýasiýasyna gözegçilik edýär. Izolýasiýanyň gysga wagtlaýyn üýtgemesinde reläniň işlemezligi üçin, izolýasiýanyň gar-

şylygynyň goýluş parametrlerinden pese düşende wagt saklanmasyndan soň rele işleýär.

3. Zaryadyň toguna gözegçilik funksiýa – akkumulýator batareýanyň zaryadlandyryjy togunyň bardygyna gözegçilik edýär. Akkumulýator batareýasynyň zaryadlandyryjy togy ýitende gyzylyk, ýagtylyk diody ýanýar we wagt saklanmasyndan soň rele işleýär.

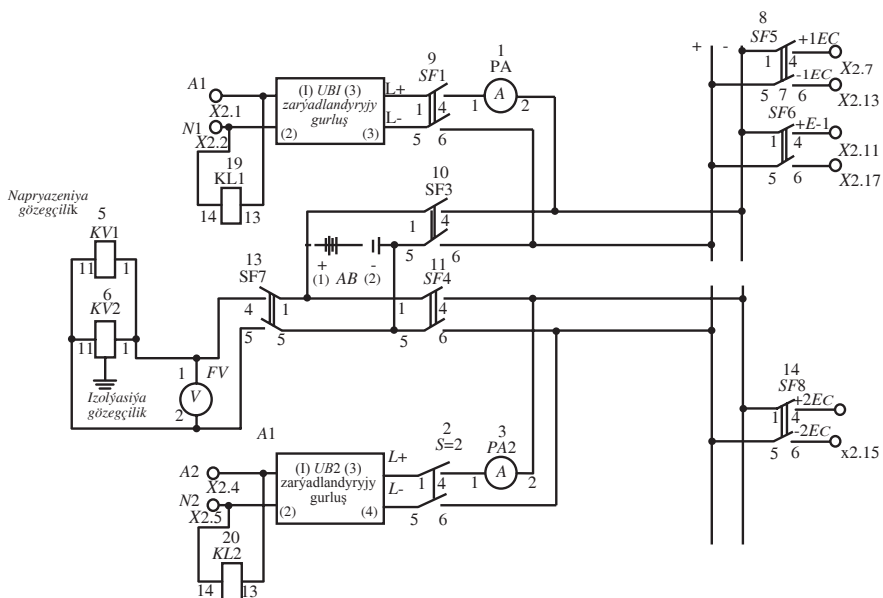
2.4. Operatiw tokly dolandyryjy şkafl

Uly göwrümlü akkumulýator batareýasynyň zerur bolmadyk, kiçi elektrik desgalar üçin operatiw tokly dolandyryjy şkaflar ulanylýar. Operatiw tokly dolandyryjy şkaflar kiçi kuwwatly, 220 W naprýaženiýeli akkumulýator batareýasyndan we zaryadlandyryjy gurluş ýerleşdirilen iki şkaflardan durýar. Operatiw tokly dolandyryjy şkaflar ýönekeý shemaly podstantsiýalarda ulanylýar. Podstantsiýanyň ýokary naprýaženiýeli tarapynda solenoid hereketlendiriji öçüriji ulanylýan bolsa, operatiw tokly dolandyryjy şkaflar bu öçürijileri birikdirmegi üpjün edip bilmeýär. Birikdiriji solenoidleri iýmitlendirmek üçin, ýörite göneldiji ulanylýar (БПРУ,УКП görnüşli). Öçürijileri birikdirmek üçin podstantsiýanyň üýtgeýän naprýaženiýesi gerek.

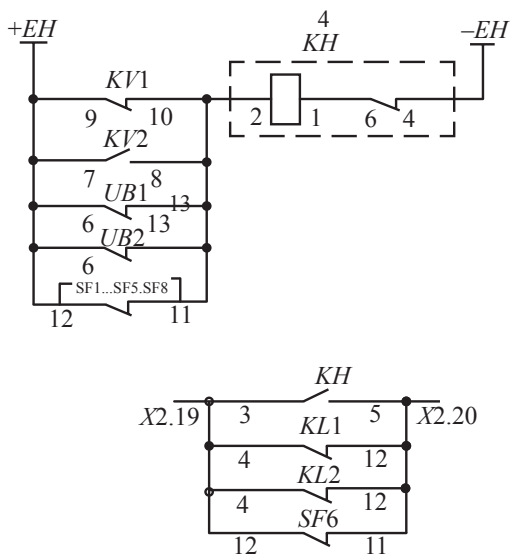
2.5. «Энергомашин» kompaniýasynyň önümi ШИОТ-01 operatiw hemişelik toguň şkaflы

ШИОТ-01 şkaflar hemişelik toguň şitiniň izolýasiýasynyň we naprýaženiýesiniň derejesine gözegçilik ediji gurluş bilen üpjün edilen. Operatiw toguň zynjyrynda «ýer», ýagny ýere utgaşma ýüze çykanda, awtomatlar öçende, naprýaženiýäniň gyşarmasy berlen araçäkden geçende we zaryadlandyryjy gurluşda näsazlyk bolanda signal işleýär. Şkaflыň arzan bahasy ony kiçi podstantsiýalarda ýa-da jogapkärli desgalarynda goşmaça iýmitlendiriji çeşme hökmünde ulanmaga mümkinçilik berýär.

Şkaflыň signal bilen üpjün edilendigi sebäpli, hemişelik gözegçiligi talap etmeýär. ШИОТ-1-50 operatiw toguň şkaflыnyň shemasy 2.4-nji çyzgyda görkezilendir.

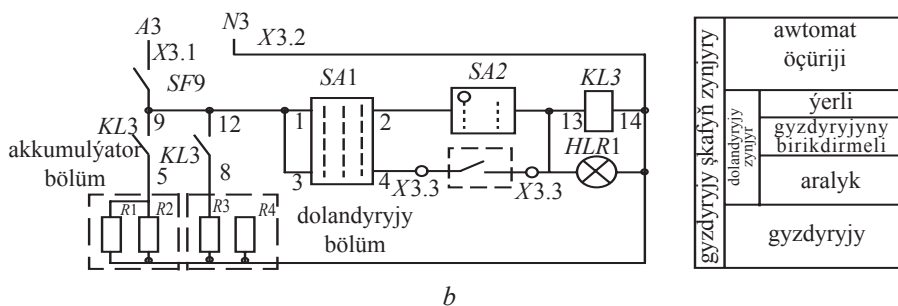


a

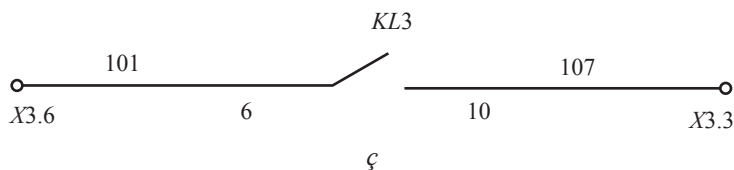


signal geçiriji zynjyr

signal zynjyry	signal şinasy
	hemişelik toguň napryazeniyesiniň gysarmasy
	hemişelik toguň şinasynda «ýer»
	akkumulýator batareýasynyň zynjyrynda üzüleme
	zaryadlandyryjy gurluşda näsazlyk
	iýmitlendiriji şkaфыň awtomatlarynyň ölçmegi
	«iýmitlendiriji şkaфda näsazlyk» signaly



beýleki zynjyrdan ulanylýan kontaktlar



2.4-nji çyzygy. ШОТ-1-50 operativ toguň şkaфыnyň shemasy:

a – akkumulýator batareýasynyň birikdiriliş shemasy; *b* – signal we akkumulýator bölüminiň shemasy; *ç* – başga goraglara signal beriji shemasy

ШОТ-01-50 şkaфы iki, aşaky (akkumulýator batareýalary bölümi) we ýokarky enjamlar bölüminden durýar. Şkaфыň ön böleginde iki sany gapysy bolup, her bölümi aýratyn ýapýar.

Operativ toguň şkaфыnyň aşaky bölümünde, ýanmaýan, urga çydamly korpusly, nominal naprýaženiýesi 12 W bolan, 17 sany akkumulýator batareýalary ýerleşdirilýär. Akkumulýator batareýasynyň sygymy 38 A. sag. Aşaky bölümniň işiginde howalandyryjy açyklar bar.

Ýokarky bölümde iki sany zarýadlandyryjy gurluş, operativ togy paýlaýjy shema, naprýaženiýe gözegçilik ediji rele, izolýasiýa gözegçilik ediji rele, pulsasiýa gözegçilik ediji rele ýerleşdirilen.

2.6. Iýmitlendiriji bloklar

Ýönekeýleşdirilen shemaly podstansiýalarda göneldilen operativ tok ulanylýar. Iýmitlendiriji bloklaryň çykalgalarynda göneldilen naprýaženiýe bolup, ol hemişelik toga niýetlenen goraglary birikdirmäge mümkinçilik berýär. БПН-1002 we БПНС görnüşli naprýaženiýäniň iýmitlendiriji bloklary naprýaženiýe transformatoryna, БПТ-1002 görnüşli toguň iýmitlendiriji bloklary tok transformato-

ryna birikdirilýär. Kadaly iş düzgüninde, birfazaly gysga utgaşmada we ähli üç fazada naprýażeniýe 50%-e çenli peselende БПНC bloklar çykalgalarynda göneldilen naprýażeniýäni nominal saklamagy üpjün edýär. Toguň ýmitlendiriji blogy diňe gysga utgaşmanyň togunda çykalgalarynda nominal naprýażeniýäni saklamagy üpjün edýär. Ähli ýmitlendiriji bloklaryň çykalgalary göneldilen operatiw toguň umumy shemasynda ýygnaýlar. Kadaly iş düzgüninde rele goragynyň gurluşlaryny ýmitlendirmek, naprýażeniýe transformatoryna birikdirilen ýmitlendiriji bloklardan amala aşyrylýar. Golaýyndaky gysga utgaşmada podstansiýanyň şinasynda naprýażeniýe peselýär we rele goragynyň gurluşlaryny gysga utgaşmanyň togundan ýmitlendirmek üçin toguň ýmitlendiriji blogy birikdirilýär. Podstansiýada naprýażeniýe ýitende ýmitlendiriji bloklar naprýażeniýe berip bilmeýär, şonuň üçin öçürijisi öçürilen podstansiýada we toksuz arakesmede bölüjini öçürmek üçin naprýażeniýe bermeýär. Şeýle-de göneldilen operatiw toguň shemasynda toguň pulsasiýasynyň we aşa naprýażeniýäniň impulsynyň derejesiniň ýokarydygy sebäpli, mikroprosessorly rele goragyny ýmitlendirmek kynlaşýar.

2.7. Kondensator batareýalary

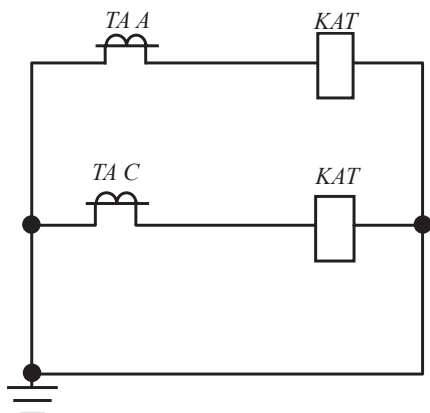
Kondensatorlar 400 W-a çenli naprýażeniýede ýörite göneldijiler bilen zarýadlanýarlar hem gorag we awtomatika işlände reläniň tegigine zarýadsyzlanýarlar. Ýmitlendiriji naprýażeniýe ýitenden soň, kondensatoryň zarýady 0,5 sagat saklanýar we podstansiýanyň naprýażeniýesi ýitende bir gezekleýin ulanylyp bilner.

Rele goragynyň gurluşyny ýmitlendiriji shemalar kondensator batareýalaryndan ýmitlendirme ýeterlik ygtybarlylygy, ýönekeýligi we arzan bahasy bilen tapawutlanýarlar. Şonuň üçin ätiýaçlyk çeşmäni awtomatik birikdirijiniň, güýç transformatorlarynyň rele goragy we awtomatikasy üçin kondensator batareýalary giňden ulanylyar.

2.8. Göni täsirli rele

Tok goragyny ýerine ýetirýän göni täsirli reläniň üýtgeýän operatiw togunyň çeşmesi bolup, goralýan birikmäniň tok transformatorlary hyzmat edýär. Göni täsirli rele – bu öçüriji bilen bilelikde ýerleşdirilen üýtgeýän toguň elektromagnitidir. Olar birikmäniň tok

transformatorynyň zynjyryna birikdirilýär we öçürijini öçürmäge täsir edýär. Şeýle goragyň shemasynda (2.5-nji çyzgy) öçürijini öçürmäge täsir edýän planka täsir edýän birnäçe öçüriji elementden durýar.



2.5-nji çyzgy. PTB görnüşli göni täsirli releli 6-10 kW naprýaženiýeli liniýanyň goragyň shemasy

Tegekke elektromagnitiň işleme togundan uly tok dörände, ol işleýär hem-de planka täsir edýär we öçürijini öçürýär. Şeýle element wagt saklanmasyz tok rele hasaplanýar we PTM diýlip atlandyrylýar. Wagt saklanmasyňy döretmek üçin elektromagnitiň hereketlenýän polýusy sagat mehanizmine birikdirilýär we PTB diýlip atlandyrylýan wagt saklanmaly rele ulanylýar. Reläniň işleme togy tegegiň sargy sanyny üýtgetmeleri geçirmek (çykalgada 5; 6; 7,5; 10 A) bilen, işleme

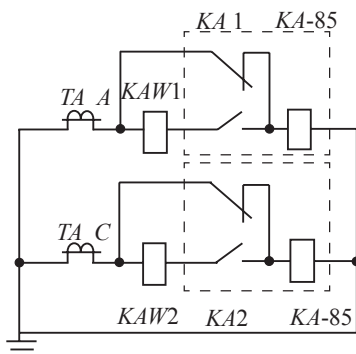
wagtyny sazlamak sagat mehanizminiň hereketini üýtgetmek bilen üýtgedilýär. PTB releler 10 kW naprýaženiýeli häzirki elektrik setlerinde şu wagta çenli giňden ulanylýardy. Şonuň bilen birlikde hem pes ygtybarlylygy we takyklygynyň ýeterlik dälidigi üçin täze desgalarda ulanylmayar.

2.9. Deşuntirleme shemasy

Deşuntirleme düzgüni boýunça ýerine ýetirilen tok goragy (2.6-njy çyzgy) goralýan birikmäniň tok transformatorynyň operatiw togundan iýmitlenýär we şonuň üçin podstantsiýanyň operatiw togy ýitende hem kommutasion enjamlary öçürmegi we goragyň işini üpjün edýär. Ygtybarlylygynyň ýeterlikdigi, ýönekeýligi we arzan bahalylygy sebäpli, deşuntirleme düzgüninde ýerine ýetirilen tok goraglary 6-35 kW naprýaženiýeli elektrik setlerinde we 35-110 kW naprýaženiýeli podstantsiýanyň güýç transformatorlarynyň goragy üçin giňden ulanylýar.

Gorag işlände tok zynjyryny üzmezden öçürijiniň hereketlendirijisinde ýerleşdirilen toguň tegegi tok transformatorynyň zynjyryna birikdirýär we reläniň kontaktlaryny ýazdyrýar. Tok transformatoryndan üýtgeýän toguň elektromagnitine tok berilýär we toguň ululygy ýeterlik bolanda kommutasion enjam işleýär. Deşuntirleme üçin kontaktlary kuwwatly bolan PT-85, ПП-341 elektromehaniki releler ulanylýar we deşuntirlenýän tok 150 A toga çenli üpjün edilýär.

«Энергомашвин» firmasy elektromehaniki relä derek simitor ulanylýar, ol deşuntirleme togunyň 250 A-e çenli ýokarlanmagyna mümkinçilik berýär. Şeýle simitorlar deşuntirleme üçin У3А-10, У3А-10А, У3А-АТ relelerde ulanylýar.



2.6-njy çyzgy. PT-85 görnüşli releli deşuntirleme düzgünine görä ýerine ýetirilen 6-10 kW naprýaženiýeli liniýanyň goragynyň shemasy

III BAP

TOK TRANSFORMATORLARY WE OLARYŇ BIRIKDIRILIŞ SHEMALARY

3.1. Umumy maglumat

Tok transformatorlary ýokary naprýaženiýeli enjamlaryň toguny ölçemek we rele goragyny iýmitlendirmek üçin ulanylýar. Birinji sarym ölçenilýän toga yzygider birikdirilýär. Ikinji sarym ölçeg enjamlaryna we relä birikdirilýär.

Tok transformatorynyň esasy parametrleri:

1. Nominal naprýaženiýe – tok transformatorynyň birikdirilen energosetiniň liniýa naprýaženiýesi. Bu naprýaženiýe 1-nji sarymyň izolýasiýasyny kesgitleýär.

2. 1-nji we 2-nji nominal toklar – tok transformatorynyň dowamly goýberip biljek togy.

3. Nominal transformasiýa koeffisiýenti – 1-nji we 2-nji toklaryň nominal bahasynyň gatnaşygy:

$$K_{\text{nom}} = \frac{I_{1\text{nom}}}{I_{2\text{nom}}},$$

bu ýerde K_{nom} – hakykatda nominal baha deň däl, ol şertli alynýar. Sebäbi, transformatorlarda ýitgi sebäpli ýalňyşlyklar bar:

- a) tok ýalňyşlygy;
- b) burç ýalňyşlygy.

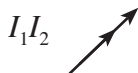
Tok ýalňyşlygy göterimde aşakdaky aňlatma bilen aňladylýar:

$$\Delta I\% = \frac{K_{\text{nom}} \cdot I_2 - I_1}{I_1} \cdot \frac{I_2 - I_1}{I_1} \cdot 100\%,$$

bu ýerde I_2 – 2-nji sarymdan çykýan tok. I_1 – 1-nji sarymdan getirilen tok.

DST-78 boýunça 1-nji tok 1-nji sarymyň başyndan, 2-nji tok 2-nji sarymyň başyndan akýar.

Iki sarym hem bir tarapa saralýar. Ýalňyşlyk ýok bolsa, tok transformatorynyň toklarynyň fazalarynyň wektor ugry biri-birine gabat gelmeli.



Hakykatda tok transformatorynyň I_1 we I_2 toklarynyň wektorlarynyň arasynda burç emele gelýär. Ony burç ýalňyşlygy diýip atlandyrýarlar. 2-nji tok 1-nji tokdan öňe gitse, bu burç oňyn hasaplanylýar. Burç ýalňyşlyk zynjyryň aktiw kuwwaty hasaplanylanda hasaba alynýar:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi,$$

bu ýerde φ – burç.

Şu ýalňyşlyklara görä takyklyk klasy girizilýär: 0,2; 0,5; 1; 3; 5; 10.

Tok we burç ýalňyşlyklary doly ýalňyşlygy emele getirýär. $\varepsilon\%$ ol magnitlendiriji togy häsiýetlendirýär:

$$\varepsilon = \frac{100\%}{I_1} \cdot \sqrt{\frac{\varepsilon}{T} \int_0^T (K_{\text{nom}} \cdot I_2 - I_1)^2 \cdot dt},$$

bu ýerde I_1 – 1-nji toguň hakyky bahasy; I_2 – 2-nji toguň moment bahasy; I_1 – 1-nji toguň moment bahasy; T – üýtgeýän toguň periodiki ýygylgy (0,02 s).

Tok transformatorlarynda bejergi geçirilende onuň ýalňyşlygy kesgitlenilýär.

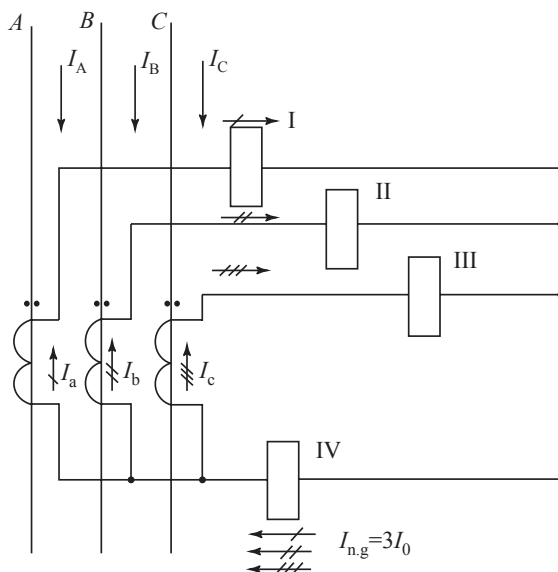
3.2. Tok transformatorlarynyň birikdiriliş shemalary

Her bir birikme shema üçin shema koeffisiýenti kesgitlenilýär:

$$K_{sh} = \frac{I_r}{I_f}.$$

Shema koeffisiýenti goragyň duýgurlygy we goýluş parametri hasaplananda ulanylýar.

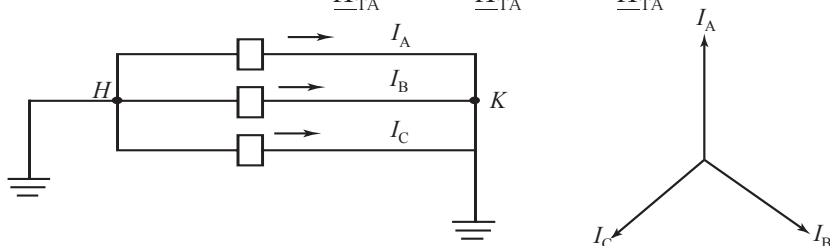
Tok transformatorynyň we reläniň sarymy doly ýyldyz görnüşinde birikdirilen (3.1-nji çyzgy).



3.1-nji çyzgy. Releleriň sarymlarynyň we tok transformatorlarynyň doly ýyldyz birikme shemasy

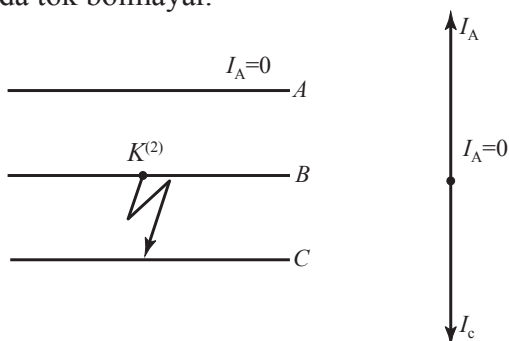
Kadaly iş düzgüninde we üçfazly gysga utgaşmada: I, II, III relelerden faza toklary akýar (3.2-nji çyzgy).

$$I_a = \frac{I_A}{K_{TA}}; \quad I_b = \frac{I_B}{K_{TA}}; \quad I_c = \frac{I_C}{K_{TA}}$$



3.2-nji çyzgy. Üçfazly gysga utgaşmada toklaryň wektor diagrammalary

Ikifazaly gysga utgaşmada gysga utgaşma toklary zeper ýeten iki fazadan, şonuň netijesinde hem zeper ýeten iki faza birinji tok transformatorynyň ikinji sarymyndan tok akýar (3.3-nji çyzgy). Zeper ýetmedik fazada tok bolmaýar.



3.3-nji çyzgy. Ikifazaly gysga utgaşmada toklaryň wektor diagrammalary

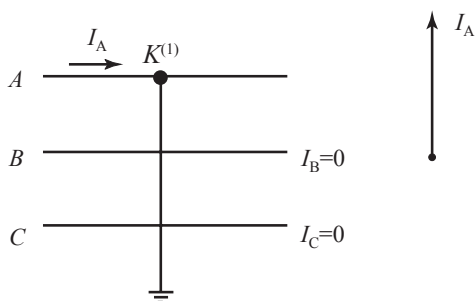
Ýükde we fazalaryň arasyndaky gysga utgaşmada nol yzygiderlige birikdirilen IV rele işlemeýär.

Tok transformatorynyň ýalňyşlygyna görä 2-nji sarymyň toklary noldan tapawutlanýar. Nol geçirijide galyndy tok akýar. Oňa deňsizlik togy diýilýär:

$$\underline{I}_{n.g} = \underline{I}_{ds.TA}.$$

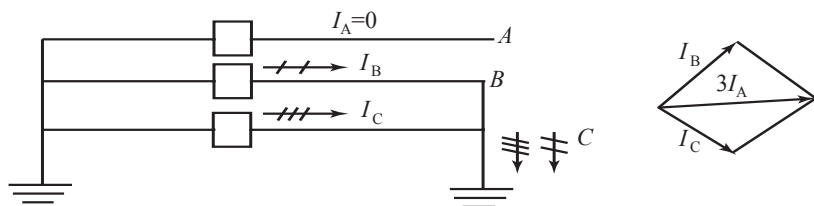
Kadaly iş düzgüninde deňsizlik togy 0,01-0,2 A. Gysga utgaşmada magnitlenme togunyň ulalmagy bilen deňsizlik togy hem ulalýar.

Birfazaly gysga utgaşmada zeper ýeten bir fazadan tok geçýär (3.4-nji çyzgy). Şoňa baglylykda hem 2-nji zynjyryň togy hem bir releden geçýär we nol sim bilen utgaşýar.

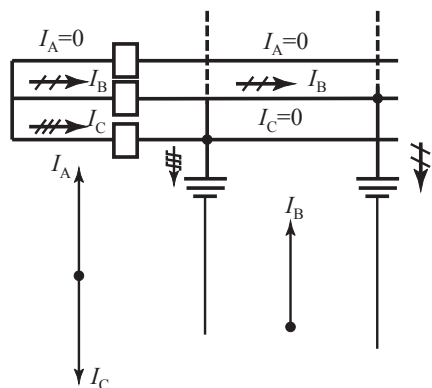


3.4-nji çyzgy. Birfazaly gysga utgaşmada toklaryň wektor diagrammalary

Ikifazaly ýere gysga utgaşma togy iki releden akýar. Nol geçirijide bu toklar goşulýar (3.5-nji çyzgy).

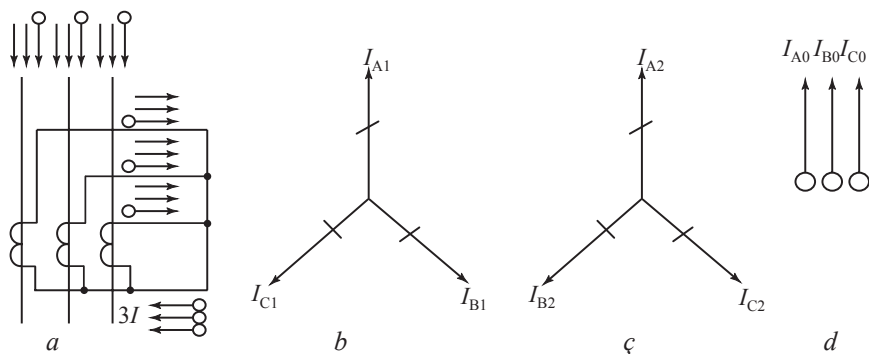


3.5-nji çyzgy. Ikifazaly ýere gysga utgaşmada toklaryň wektor diagrammalary



3.6-nji çyzgy. Dürli nokatlarda ikileýin gysga utgaşmada toklaryň wektor diagrammalary

Ýyldyz shemada nol geçiriji nol yzygiderligiň togunyň filtridir. Göni we ters yzygiderlikde tok nola deň (3.7-nji çyzgy).

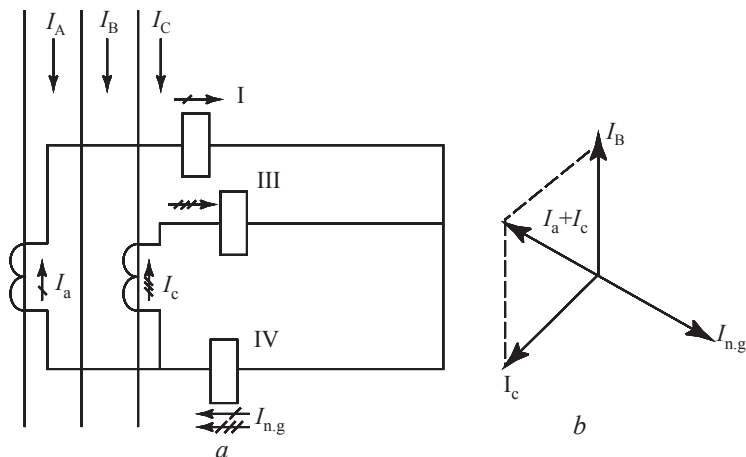


3.7-nji çyzgy. Ýyldyz shemada simmetrik düzüjilerde toklaryň akymy:

a – shemada toklaryň paýlanyşy; *b* – göni yzygiderligiň toklarynyň wektorlary; *ç* – ters yzygiderligiň toklarynyň wektorlary; *d* – nol yzygiderligiň toklarynyň wektorlary

Bu seredilen shemada gysga utgaşmanyň ähli görnüşi täsir edýär. Nol geçirijidäki rele diňe ýere gysga utgaşmada täsir edýär. Releden faza toklarynyň akýandygy sebäpli $K_{sh}=1$.

b) Tok transformatory we reläniň sarymy doly däl ýyldyz görnüşinde birikdirilen (3.8-nji çyzgy): tok transformatorlary iki faza doly däl ýyldyz shema görnüşinde birikdirilýär.



3.8-nji çyzgy. Releleriň sarymlarynyň we tok transformatorlarynyň doly däl ýyldyz birikme shemasy

$$\text{I we II relelerde tok: } I_a = \frac{I_A}{K_{TA}} \quad I_c = \frac{I_C}{K_{TA}}.$$

$$\text{Nol geçirijide: } I_{n.g} = -(I_a + I_c).$$

Kadaly iş düzgüninde we üçfazaly gysga utgaşmada toklar I we III relelerden we nol geçirijiden akýar. Ikifazaly gysga utgaşma toklar bir ýa-da iki fazada emele gelýär.

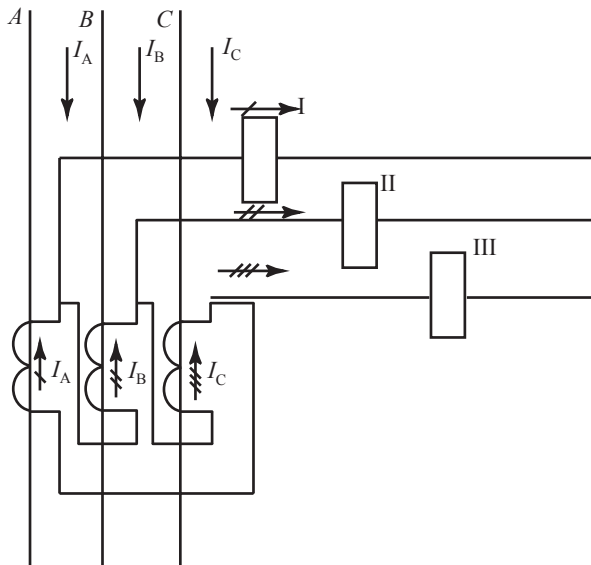
Eger *A* we *C* fazada ikifazaly gysga utgaşma bolsa, onda: $I_a = I_c$, nol yzygiderlikde $I_{n.g2}$.

$$\text{ABC fazada, } I_0 = I_a, \text{ onda BC fazada: } I_0 = I_c.$$

Tok transformatory goýlan fazalarda birfazaly gysga utgaşma bolsa $I_{n.g} = I_{n.g2}$.

B fazada ýere gysga utgaşma bolsa, onda $I_{n.g} = 0$. Diýmek, doly däl ýyldyz birikme shemasy birfazaly gysga utgaşmanyň hemmesinde işlemeýär. Şonuň üçin ol fazalaryň arasyndaky zeper ýetmelerden goramak üçin ulanylýar. Bu shemalarda releden faza toklary akýar. Onda shema koeffisiýenti $K_{sh}=1$.

ç) Tok transformatory üçburçluk, reläniň sarymy ýyldyz görnüşinde birikdirilen (3.9-njy çyzgy).

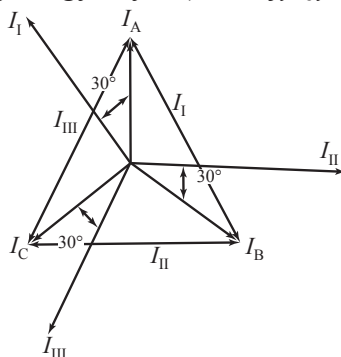


3.9-njy çyzgy. Releleriň sarymlarynyň ýyldyz, tok transformatorlarynyň üçburçluk birikme shemasý

Her bir releden iki fazanyň toklarynyň tapawudyna deň bolan tok akýar:

$$I_I = \frac{I_E}{K_{TA}} - \frac{I_B}{K_{TA}}; \quad I_{II} = \frac{I_B}{K_{TA}} - \frac{I_C}{K_{TA}}; \quad I_{III} = \frac{I_C}{K_{TA}} - \frac{I_A}{K_{TA}}.$$

Ýükde we üçfazaly gysga utgaşma releden faza togundan $\sqrt{3}$ esse uly bolan liniýanyň togy akýar (3.10-njy çyzgy).



3.10-njy çyzgy. 3.9-njy çyzgydaky shema üçin ikinji toklaryň wektor diagrammalary

Gysga utgaşma- nyň görnüşü	Zeper ýe- ten fazalar	Fazada toklar	Reläniň toklary		
			I $I_A - I_B$	II $I_B - I_C$	III $I_C - I_A$
Ikifazaly gysga utgaşma	AB	$I_B = -I_A$ $I_C = 0$	$2I_A$	I_B	$-I_A$
	BC	$I_C = -I_B$ $I_A = 0$	$-I_B$	$2I_B$	I_C
	CA	$I_A = -I_C$ $I_B = 0$	I_A	$-I_C$	$2I_C$
Birfazaly gysga utgaşma	A	$I_A = I_{g.u} I_B$ we $I_C = 0$	I_A	0	$-I_A$
	B	$I_B = I_{g.u} I_A$ we $I_C = 0$	$-I_B$	I_B	0
	C	$I_C = I_{g.u} I_A$ we $I_B = 0$	0	$-I_C$	I_C

Tok transformatory üçburçluk görnüşinde birikdirilen shemanyň artykmaçlyklary:

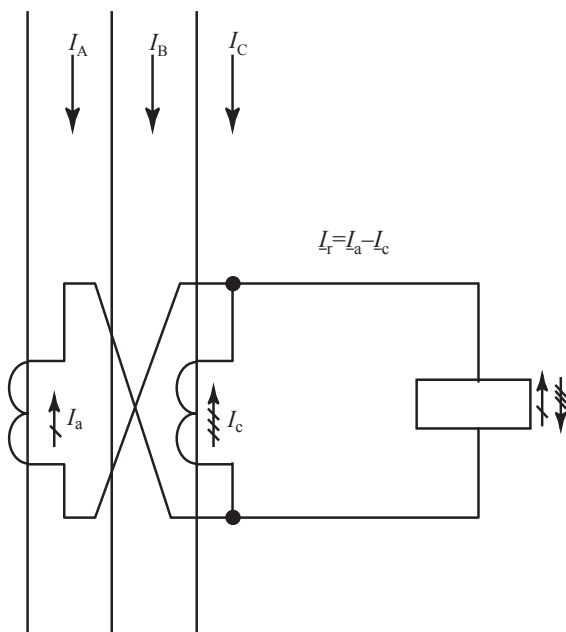
1. Gysga utgaşmanyň ähli görnüşinde täsir edýär.
2. Reläniň togunyň faza toguna gatnaşygy gysga utgaşmanyň görnüşine baglydyr.
3. Nol yzygiderligiň togy tok transformatorynyň üçburçlugynyň çägindeň çykmaýar, ýagny ýere gysga utgaşma togy relä göni we ters yzygiderligiň üstünden barýar.

Bu shema differensial we distansion goragda ulanylýar. Tok transformatorlarynyň üçburçluk birikmesinde releden faza togundan $\sqrt{3}$ esse uly tok akýar. Onda shema koeffisiýenti:

$$K_{sh} = \frac{I_r}{I_f} = \frac{\sqrt{3} I_f}{I_f} = \sqrt{3}.$$

d) Iki fazanyň toklarynyň tapawudy görnüşinde birikdirilen bir releli we iki tok transformatorly birikme shemasy (3.11-nji çyzgy).

Tok transformatorlary iki fazada ýerleşdirilýär. Olaryň ikinji sarymlary dürli atly gysgyçlara birikdirilýär.



3.11-nji çyzgy. Tok transformatorlarynyn iki fazanyň tapawudy görnüşinde birikme shemasy

Birinji zynjyrdan I_A, I_B, I_C položitel toklar akanda, releden iki fazanyň toklarynyň (I_A we I_C) geometriki tapawudyna deň bolan I_r tok akýar: $I_r = I_a - I_c$,

bu ýerde $I_a = \frac{I_A}{K_{TA}}; I_c = \frac{I_C}{K_{TA}}$.

Üçfazly gysga utgaşmada we simmetrik ýükde 1-nji we 2-nji toklaryň paýlanylyşy 3.12-nji çyzgyda görkezilen.

3.3-nji çyzgydaky wektor diagrammany ulanyp, toklaryň tapawudynyň I_a we I_c faza toklardan $\sqrt{3}$ esse uludygy kesgitlenýär:

$$I_r^{(3)} = \sqrt{3} I_a. \quad (1a)$$

Ikifazly gysga utgaşmada A we C fazalarda ikifazly gysga utgaşmada relä I_A we I_C toklar barýar. $I_c = -I_A$ wektor diagrammany hasaba alsak, $I_c = -I_a$, I_c -iň bahasyny 1-nji formula goýup alarys:

$$I_r^{(2)} = 2I_a = I_f, \quad (1b)$$

bu ýerde $I_f = I_a$.

A we B ýa-da B we C fazalaryň arasynda gysga utgaşmada, B fazada tok transformatorynyň ýokdugy sebäpli, releden I_A ýa-da I_C bir fazanyň toklary akýar:

$$I_r^{(2)} = I_f,$$

bu ýerde $I_f = I_a$ ýa-da $I_f = I_y$ (1ç)

$(I_a) - (I_c)$ -den görnüşi ýaly reläniň togy we shemanyň duýgurlygy dürli gysga utgaşmalarda dürli baha eýedir.

Reläniň I_r -den kiçi togunda, ol iň ýaramaz duýgurlyga eýedir. Tok transformatorynyň goýulmadyk fazasy bilen fazaara gysga utgaşmada goragyň duýgurlygy kiçidir.

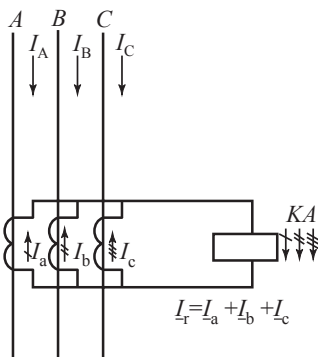
e) Tok transformatorynyň birikme shemasy nol yzygiderligiň togunyň filtri görnüşinde birikdirilen:

Tok transformatory üç fazada goýulýar, ikinji sarymlarynyň birmeňzeş gysgyçlary parallel birleşdirilýär. Olara reläniň sarymy birikdirilýär (3.12-nji çyzgy).

Toguň paýlanyş shemasyndan görnüşi ýaly, reläniň togy üç fazanyň ikinji toklarynyň jemine deň:

$$I_r = I_a + I_b + I_c.$$

Bu $I_r = 3I_0$ -a deň bolup, seredilýän shema nol yzygiderligiň togunyň filtridir.



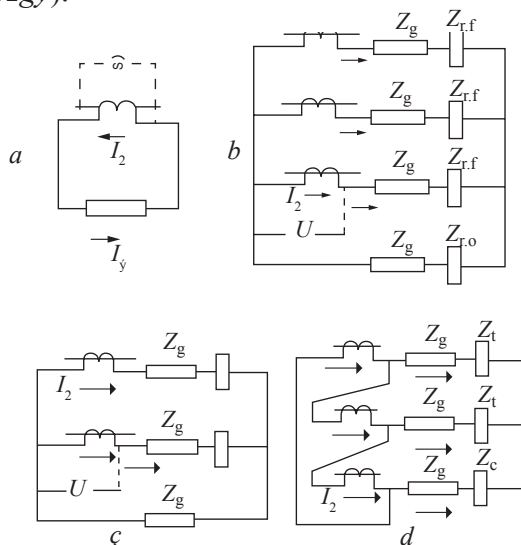
3.12-nji çyzgy. Tok transformatorlarynyň nol yzygiderligiň filtriniň görnüşinde birikme shemasy

Birfazaly we ikifazaly ýere gysga utgaşmada releda tok ýüze çykýar. Şonuň üçin hem bu shema ýere gysga utgaşmadan goramak üçin ulanylýar.

Ýükde, üçfazaly we ikifazaly gysga utgaşmada toklar releda deň we oňa täsir etmeýär. Ýöne tok transformatorynyň ýalňyşlygy sebäpli ikinji toklaryň jemi deňlik bermeýär we releda I_{ds} deňsizlik togy ýüze çykýar. Bu shema ulanylanda I_{ds} deňsizlik toguny hasaba almaly. Reläniň bu görnüşde birikdirilen shemasy doly ýyldyz görnüşinde birikdirilen nol geçirijidäki reläniň shemasyna deňgüýçlüdür.

3.3. Tok transformatorynyň ýüki

Tok transformatorynyň ýalňyşlygy onuň ýüküniň ululygyna bagly (3.13-nji çyzgy).



3.13-nji çyzgy. Dürli birikme shemalarda tok transformatorlarynyň ikinji sarymlarynyň ýükleri:

a – bir tok transformatorynda; b, c, d – 3.8, 3.11, 3.12-nji çyzgylardaky shemalar boýunça tok transformatorlary birikdirilende

Tok transformatorynyň ýüküniň garşylygy:

$$Z_{\dot{y}} = \frac{U_2}{I_2},$$

bu ýerde U_2 we I_2 – ikinji sarymyň toklary we naprýaženiýeleri; $Z_{\dot{y}}$ – tok transformatorynyň ýüküniň garşylygyny kesgitlemek üçin U_2 naprýaženiýäni ölçemek gerek (3.13-nji a çyzgy).

Ýüküň garşylygy reläniň we geçirijiniň garşylygyndan durýar.

$$Z_{\dot{y}} = r_g + r_r.$$

$U_2 = I_2 Z_{\dot{y}}$ – ululyk (3.13-nji a çyzgy) tok transformatorynyň birikme shemasyna, ýüküň ululygyna, gysga utgaşmanyň görnüşine baglydyr.

Doly ýyldyz shema üçin (3.13-nji b çyzgy) U_2 naprýaženiýe üçfazly we ikifazly gysga utgaşmada, fazanyň ýükünde naprýaženiýäniň pese gaçmasyna deň, onda:

$$U_2 = I_2 (r_g + Z_r),$$

şonuň üçin:

$$Z_{\dot{y}}^{(3)} = Z_{\dot{y}}^{(2)} = \frac{U_2^{(2)}}{I_2} = \frac{I_2(r_g + Z_r)}{I_2} = (r_g + Z_r).$$

Birfazaly gysga utgaşmada U_2 «faza» – «nol» halkanyň garşylygyna naprýaženiýäniň pese gaçmasyna we $Z_{r,f}$ – fazadaky reläniň we $Z_{r,o}$ nol geçirijiniň garşylygyna deň:

$$Z_{\dot{y}}^{(1)} = \frac{I_2(2r_g + Z_{r,f} + Z_{r,o})}{I_2} = a,.$$

Şeýlelikde, birfazaly gysga utgaşmada $Z_{\dot{y}}$ ýüküň garşylygy iň uly baha eýedir.

Doly däl ýyldyz birikmede (3.13-nji çyzygy) tok transformatorly faza bilen tok transformersyz fazanyň arasynda ikifazaly gysga utgaşmada tok transformatorynyň ýüki iň uludyr we

$$Z_{\dot{y}} = 2r_g + Z_r.$$

Iki fazanyň toklarynyň tapawudy görnüşinde birikdirilen reläniň shemasynda (3.13-nji d çyzygy), tok transformatorly fazalaryň arasynda ikifazaly gysga utgaşmada tok transformatorynyň ýüki uludyr. Bu ýagdaýda reled tok:

$$I_r = 2I_2,$$

$$Z_{\dot{y}} = \frac{2I_2 r_g + 2I_2 Z_r + 2I_2 r_g}{I_2} = 4r_g + 2Z_r$$

Üçburçluk shemada (3.13-nji d çyzygy) üçfazaly we ikifazaly gysga utgaşmada tok transformatorynyň iň uly ýüki bar. Iki ýagdaý üçin:

$$Z_{\dot{y}} = 3r_g + Z_r.$$

Tok transformatorlarynyň ýalňyslygy berlen shema üçin $Z_{\dot{y}}$ tok transformatorynyň ýüküniň garşylygynyň maksimal bahasynda kesgitlenilýär.

Tok transformatorynyň ýüküni azaltmak üçin bir fazada birmeňzeş transformasiýa koeffisiýentli iki tok transformatory yzygider birikdirilýär. Bu ýagdaýda ýükde naprýaženiýäniň pese gaçmasy tok transformatorynyň ikinji sarymlarynyň arasynda deň bolmaýar. Iki tok transformatorlarynyň toklary birmeňzeş we $I_2 = \frac{I_1}{K_{TA}}$.

Şonuň üçin hem her bir tok transformatorynyň ýüki umumy ýüküň ýarysyny tutýar.

IV BAP

MAKSIMAL TOK GORAGY

4.1. Tok goragynyň täsir ediş düzgüni

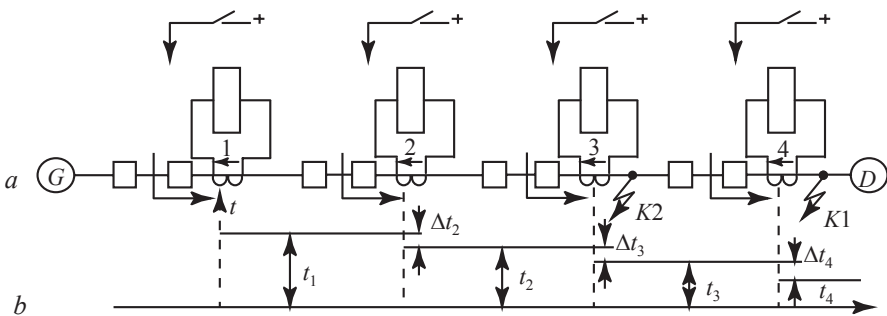
Gysga utgaşmanyň döremegini görkezýän aýratynlyklaryň biri liniýanyň togunyň ýokarlanmagydyr. Bu aýratynlygy tok goragy diýlip atlandyrylýan goragy ýerine ýetirmek üçin ulanylýar. Tok goragy liniýanyň togy kesgitlenen bahadan ýokary geçende işleýär. Toguň ýokarlanmagyny duýmak üçin tok relesi ulanylýar.

Tok goragy maksimal tok goragyna we tokdan bölüp aýyrýan goraga bölünýär. Bu goraglaryň esasy tapawudy saýlaýjylyk şertidir. Maksimal tok goragynda saýlaýjylyk şerti wagt saklanmanyň kömegi bilen ýerine ýetirilýär. Tokdan bölüp aýyrýan goragda saýlaýjylyk şerti işleme toguny saýlamak bilen alynýar.

4.2. Liniýanyň maksimal tok goragy

Birtaraplaýyn iýmitlenýän elektrik set üçin esasy goragyň biri maksimal tok goragydyr. Çylşyrymly konfigurasiýaly elektrik setlerde maksimal tok goragy kömekçi gorag hökmünde ulanylýar.

Birtaraplaýyn iýmitlenýän elektrik setlerinde, her bir liniýanyň iýmitlendiriji çeşme tarapynda maksimal tok goragy ýerleşdirilýär.



4.1-nji çyzygy. Birtaraplaýyn iýmitlenýän radial elektrik setiň maksimal tok goragy:

a – goragyň ýerleşdirilişi; b – başgançakly düzgüne görä goragyň wagt saklanmasy

Maksimal tok goragynyň saýlaýjylyk şertini üpjün etmek üçin ulanyjydan ýomitlendiriji çeşme tarapyna wagt saklanmasy ýokarlanýan görnüşinde ýerine ýetirilýär (4.1-nji çyzgy). K1 nokatda gysga utgaşmada 4 gorag çalt işleýär we diňe zeper ýeten liniýa öçürilýär. 1, 2 we 3 goraglar işläp ýetişmeýär we başlangyç ýagdaýyna dolanyp gelýär. K2 nokatda gysga utgaşmada 3 gorag çalt işleýär, 1 we 2 goraglaryň wagt saklanmasynyň uludygy sebäpli işlemeýärler.

Ikitaraplaýyn ýomitlenýän elektrik setlerinde maksimal tok goraglary saýlaýjylyk şertini üpjün etmeýär. Şonuň üçin maksimal tok goragyna derek gönükdirilen tok goragy ulanylýar.

4.3. Goragyň shemalary

a) Maksimal tok goragynyň shemasynyň dürli görnüşleri.

Maksimal tok goragy üçfazaly we ikifazaly, göni we gytaklaýyn täsirli görnüşde ýerine ýetirilýär.

Maksimal tok goragynyň operatiw zynjyrynyň ýomitleniş usulyna görä hemişelik we üýtgeýän operatiw toklara bölünýär.

Reläniň täsir ediş wagtyna baglylyk häsiýetine görä, maksimal tok goragy garaşly we garaşsyz häsiýetnamaly goraglara bölünýär.

b) Hemişelik operatiw tokly üçfazaly goragyň görnüşleri.

Garaşsyz wagt saklanmaly gorag (4.2-nji çyzgy). Üçfazaly goragda tok transformatorlary we tok releleriniň sarymlary doly ýyldyz shema görnüşinde birikdirilýär. Maksimal tok goragynyň shemasynyň esasy elementleri:

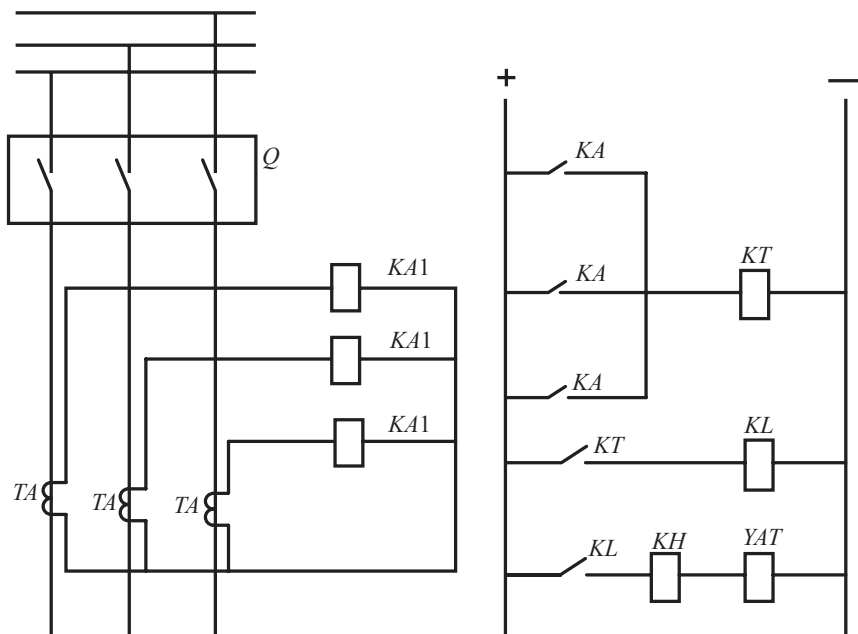
- goragyň işe goýberiş organynyň funksiýasyny ýerine ýetirýän we gysga utgaşma döwründe işleýän tok relesi;

- wagt saklanma organynyň funksiýasyny ýerine ýetirýän we wagt saklanmany döredýän wagt relesi;

- kömekçi relelere aralyk we görkeziji releler degişlidir.

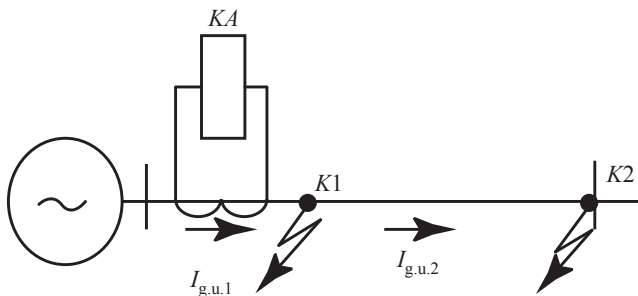
Gysga utgaşmada gysga utgaşmanyň togunyň akýan tok relesi işleýär. Tok releleriniň hemmesiniň kontaktlary parallel birikdirilýär. Şonuň üçin islendik tok relesiniň işlemegi wagt relesiniň sarymynyň zynjyryny birikdirýär. Goýlan wagt saklanmasyndan soň wagt relesiniň kontaktlary birigýär we aralyk reläni herekete getirýär. Aralyk rele öçürijiniň öçüriji tegeğine işlemäge habar berýär.

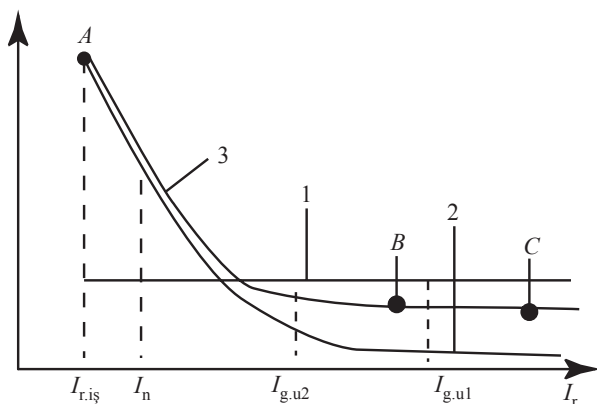
Öçüriji tegegiň zynjyryny birikdirmäge wagt relesiniň kuwwaty ýetmese, aralyk rele ulanylýar. Görkeziji rele öçüriji tegege yzygider birikdirilýär. Bu zynjyrdak tok ýüze çyksa, görkeziji rele işleýär, onuň baýdajygy gaçýar we maksimal tok goragynyň işlandigini görkezýär.



4.2-nji çyzgy. Garaşsyz wagt saklanmaly üçfazaly maksimal tok goragynyň üç çyzykly shemasy

Bu goragyň täsir wagty, wagt relede goýlan wagt saklanmasy bilen kesgitlenilýär we gysga utgaşmanyň togunyň ululygyna bagly däl. Şonuň üçin bu goraga garaşsyz wagt saklanmaly gorag diýilýär (4.3-nji çyzgy. 1-nji göni çyzyk).

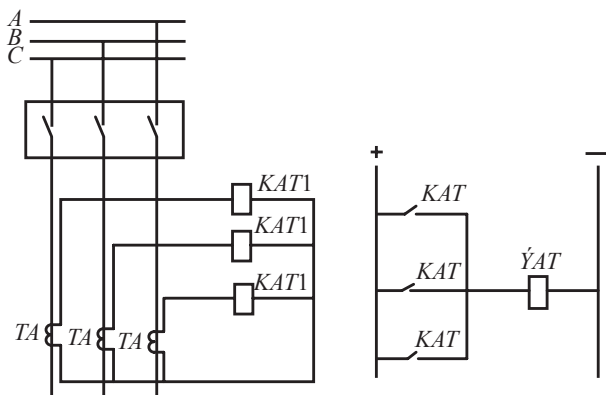




4.3-nji çyzgy. Maksimal tok goragynyň relesiniň wagt saklanmasynyň toga baglylyk häsiýetnamasy (b) we goragyň işleýşini düşündirýän elektrik setiň shemasy (a):

1 – garaşsyz; 2 – garaşly; 3 – çäklendirilen garaşly; häsiýetnamanyň AB – garaşly we BC – garaşsyz bölegi

Garaşly wagt saklanmaly gorag. Garaşly wagt saklanmaly gorag hökmünde garaşly we çäklendirilen garaşly häsiýetnamaly maksimal tok goragy ulanylýar (4.3-nji çyzgy. 2-nji we 3-nji egriler). Garaşly wagt saklanmaly goragyň iki görnüşü üçin moment salymda işlemeyän, wagt saklanmasy toguň ululygyna bagly tok releleriniň kömegi bilen ýerine ýetirilýär. PT-80 görnüşli rele ulanylýar. Garaşly wagt saklanmaly goragyň shemasy 4.4-nji çyzgyda görkezilendir. Bu shemada wagt, aralyk we görkeziji releler ulanylmaýar. Bu releleriň işini PT-80 görnüşli rele ýerine ýetirýär.



4.4-nji çyzgy. Wagt saklanmasy toga bagly üçfazaly maksimal tok goragynyň üç liniýaly shemasy

4.2 we 4.4-nji çyzgyda görkezilen maksimal tok goragynyň üçfazly shemasy gysga utgaşmanyň ähli görnüşleri üçin niýetlenilen. Şonuň üçin bu shemalar neýtraly göni ýere birikdirilen elektrik setlerinde ulanylýar. Neýtraly izolirlenen elektrik setlerde üçfazly shemany ulanmak maslahat berilmeýär, sebäbi:

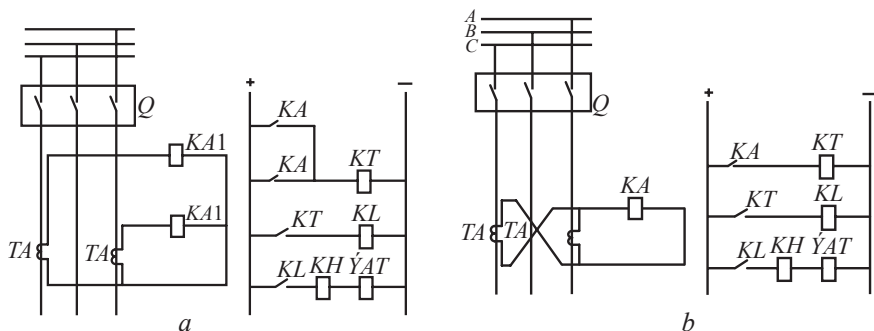
1. Enjamlary we birikdiriji simleri köp talap edýändigine üçin gymmat düşýär;

2. Ikiýeýin ýere gysga utgaşmada ikifazly shema garanynda üçfazly shemada ýalňyş ölçürmek gabat gelýär.

ç) Hemişelik operatiw tokly ikifazly goragyň shemasy.

Fazaara gysga utgaşmadan goramak üçin iki ýa-da bir releli ikifazly shemaly maksimal tok goragy ulanylýar.

Garaşsyz häsiýetnamaly iki releli shema 4.5-nji a çyzgyda görkezilendir.



4.5-nji çyzgy. Maksimal tok goragynyň ikifazly shemasy:

a – iki releli; b – bir releli

Goragyň tok zynjyry doly däl ýyldyz görnüşinde ýerine ýetirilýär. Bu shemanyň elementleri we niýetlenişi üçfazly shema meňzeşdir.

Iki releli shemanyň artykmaçlygy:

1. Liniýadaky ähli fazaara gysga utgaşmalary hasaba alýar;
2. Neýtraly izolirlenen setlerde dürli nokatlarda ýere gysga utgaşmada zeper ýeten ýeri saýlap ölçürýär;
3. Üçfazly shema garanynda tygşyly.

Ýetmezçiligi:

Sarymlary Y/Δ birikdirilen transformatorlarda ikifazly gysga utgaşmada duýgurlygy ýeterlik däl, Δ tarapynda ikifazly gysga ut-

gaşmada, ýyldyzyň bir fazasynda tok $\frac{2}{\sqrt{3}}I_{g.u.}$, iki fazasynda $\frac{1}{\sqrt{3}}I_{g.u.}$ -a deň, ýagny iki esse kiçi tok akýar.

Sarymlary Δ/Y birikdirilen transformatorlarda Y birikme tarapyn-da ikifazaly gysga utgaşmada hem şu ýagdaý ýüze çykýar. Şeýlelikde, goragyň duýgurlygy kiçidir.

Ikifazaly shemada ýerine ýetirilen goragyň duýgurlygyny ýokarlandyrmak üçin, tok zynjyrynyň umumy geçirijisine üçünji tok relesi birikdirilýär. Bu geçirijiden iki fazanyň toklarynyň jemi akýar. Şeýle görnüşde goşmaça releli ikifazaly shemanyň duýgurlygy üçfazaly shemanyň duýgurlygyna deňdir.

Bir releli shemanyň ýerine ýetirilişi 4.5-nji b çyzgyda görkezilendir. Bir tok rele ulanylyp, ol toklaryň tapawudy görnüşinde birikdirilýär. Bu shema fazaara gysga utgaşmalaryň hemmesini duýýar. Bu shemanyň artykmaçlygy birikdiriji geçirijileriň we tok releleriniň sanynyň azlygydyr.

Bir releli shemanyň ýetmezçiligi

1. AB we BC fazalaryň arasynda gysga utgaşmada ikifazaly shema garanyňda duýgurlygy kiçidir. Bu ýetmezçilik $I_{g.u}$ gysga utgaşmanyň togy ýüküň toguna golaý bolanda uly täsirini ýetirýär;

2. Sarymlary Y/Δ birikdirilen transformatorlarda gysga utgaşmanyň mümkin bolan üç ýagdaýynyň birinde gorag täsir etmeýär. Onda

$$I_r = I_a - I_c = 0.$$

3. Tok relesinde ýa-da tok transformatorlary bilen tok reläni birikdirýän geçirijide näsazlyk bar bolsa, gorag gysga utgaşmada täsir etmeýär.

6-10 kW paýlaýjy setleriň we elektrohereketlendirijileriň goragy üçin bir releli shema ulanylýar.

4.4. Goragyň işleýän togy

Gysga utgaşmadan goraýan maksimal tok goragynyň işleme toguny saýlamak üçin birnäçe talaplar ýerine ýetmeli:

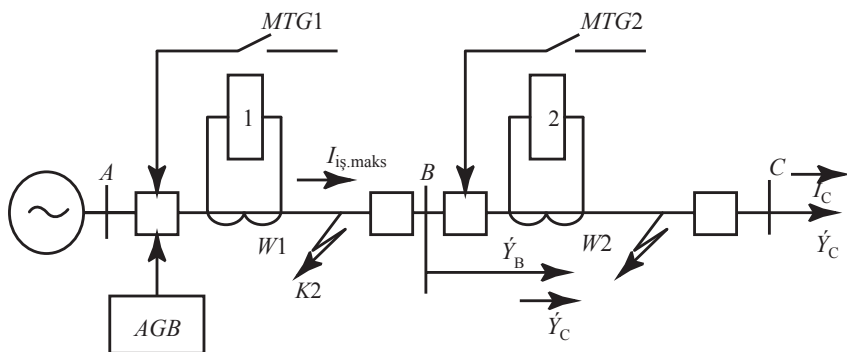
1. Ýüküň maksimal togunda täsir etmeli däl;
2. Elektrohereketlendirijiler işe goýberilende ýa-da öz-özünden işlände täsir etmeli däl;
3. Ulanyjynyň ýüki üýtgände täsir etmeli däl.

Goragyň artykmaç duýgurlygy howply bolmadyk aşa ýükde goragyň nädogry öçürilmegine getirmegi mümkin. Ýagny, artykmaç duýgur goragyň özi zeper ýetmäniň çüşmesi bolup biler. Şonuň üçin hem iki şert ýerine ýetmeli:

1. Goragyň tok relesi ýüküň $I_{iș.maks}$ maksimal işçi togunda täsir etmeli däl. Onuň üçin:

$$I_{gor.iș} > I_{iș.maks}$$

2. Daşky gysga utgaşmada işlände tok relesi başky ýagdaýyna dolanyp gelmeli.



4.6-njy çyzgy. Reläniň yza gaýdyş koeffisiýentini hasaba alyp, maksimal tok goragynyň işleme toguny saýlamak

Mysal üçin (4.6-njy çyzgy), K1 nokatda gysga utgaşmada 1 we 2 goragyň tok releleri işleýär. 2 gorag öçürilenden soň, 1 gorag ýalňyş öçürilmez ýaly başky ýagdaýa dolanyp gelmeli. Şonuň üçin hem reläniň yza gaýdyş togy liniýanyň ýüküniň togundan uly bolmaly.

Gysga utgaşma aýrylandan soň elektroherketlendirijileriň iş goýberiji togunyň hasabyna ýüküň togy ýokarlanýar. Gysga utgaşma wagty naprýaženiýäniň kemelýändigini sebäpli, asinhron elektroherketlendirijiler tormozlanýarlar. Gysga utgaşma öçürilenden soň naprýaženiýe dikelýär we iş ýagdaýynda galan elektroherketlendirijiler öz-özünden işe girişýär. Elektroherketlendirijileriň öz-özünden işe girmegi netijesinde, ýüküň togunyň ýokarlanmagy iş goýberiji $K_{öz-öz}$ koeffisiýent bilen bahalanýar:

$$I_{yza\ gayı} > K_{öz-öz} I_{iș.maks}$$

Eger 2-nji şert ýerine ýetse, 1-nji şert hem ýerine ýetýär. Sebäbi, yza gaýdyş tok hemişe işleme tokdan kiçi. Şonuň üçin hem:

$$I_{\text{yza gaý}} = K_{\text{öz-öz}} K_{\text{ätiýaç}} I_{\text{iş.maks}}$$

bu ýerde $K_{\text{öz-öz}}$ – öz-özünden işe giriji koeffisiýent: $K_{\text{öz-öz}} = \frac{I_{\text{öz-öz}}}{0,7 I_{\text{nom.tr}}}$,
 $K_{\text{öz-öz}} = 1,25(2,5-3)$.

Goragyň işleme togy:

$$I_{\text{gor.iş}} = \frac{K_{\text{ätiýaç}}}{I_{\text{yza gaý}}} K_{\text{öz-öz}} I_{\text{iş.maks}}$$

Ýerine goýup taparys:

$$\frac{I_{\text{yza gaý}}}{I_{\text{gor.iş}}} = K_{\text{yza gaý}}$$

Öz-özünden işe giriji tok:

$$I_{\text{öz-öz.iş}} = \frac{U_{\text{nom.ý.n}}}{\sqrt{3} (x_{\text{jem}} + x_{\text{tr.min}} + x_{\text{ýük}})}$$

Reläniň işleme togy: $I_{\text{r.iş}} = K_{\text{sh}} \frac{I_{\text{gor.iş}}}{K_{\text{TA}}}$

$$I_{\text{yza gaý}} > K_{\text{ätiýaç}} I_{\text{iş.maks}}$$

Bu ýerde $K_{\text{ätiýaç}}$ – reläniň ýalňyşlygyny hasaba alýar we 1,1 – 1,2-ä deň.

Onda goragyň işleýän togy:

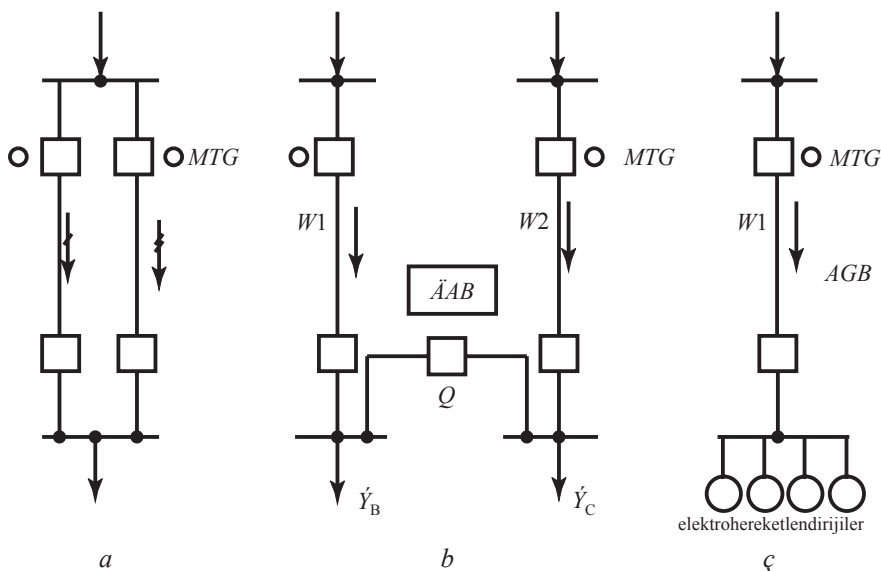
$$I_{\text{gor.iş}} = \frac{K_{\text{ätiýaç}}}{I_{\text{yza gaý}}} K_{\text{öz-öz}} I_{\text{iş.maks}}$$

Reläniň işleme togy tok transformatorynyň transformasiýa koeffisiýentini we shema koeffisiýentini hasaba alsak:

$$I_{\text{gor.iş}} = K_{\text{sh}} \frac{K_{\text{ätiýaç}}}{K_{\text{TA}}}$$

Ýyldyz birikmede shema koeffisiýent $K_{\text{sh}} = 1$, üçburçluk birikmede $K_{\text{sh}} = \sqrt{3}$.

Ýüküň togunyň maksimal bahasy kesgitlenende elektrik setiniň kadaly shemasynyň bozulmagy netijesinde ýokarlanyp biljek ýüki hasaba almaly (4.7-nji çyzgy).



4.7-nji çyzgy. Maksimal tok goragynyň işleýän togy saýlananda ýüküň maksimal toguny kesgitlemek üçin elektrik setiniň shemasy:

a – parallel liniýalaryň biri öçen ýagdaýynda; b – bir liniýa öçen ýagdaýynda we ätiýaçlyk çeşmä birikdirijiniň täsiri; ç – elektrohereketlendirijiler öz-özünden işe girişende

Mysal üçin, iki parallel liniýada (4.7-nji a çyzgy) bir liniýa awtomatik öçende, onuň ähli ýüki abat galan liniýa ýüklenilýär. Eger ätiýaçlygy awtomat birikdiriji bar bolsa (4.7-nji b çyzgy), $W1$ liniýa öçen ýagdaýynda öçürijiniň üstünden $W2$ liniýa ýüklemek ýagdaýyny ýa-da tersine ýagdaýy hasaba almalydyr. Eger awtomatik gaýtadan birikdiriji bar bolsa (4.7-nji ç çyzgy), ol işländen soň elektrohereketlendirijileriň öz-özünden işe girişmegini hasaba almalydyr.

Goragyň duýgurlygy. Ýüke görä saýlanyp alnan goragyň işleme togy goragyň duýgurlyk şertine görä barlanylýar. Goragyň zolagynyň ahyryndaky zeper ýetmede $I_{g.u.min}$ gysga utgaşma togunyň in kiçi bahasyna görä barlag geçirilýär, ýagny gorag öz zolagyny doly goramalydyr.

Goragyň duýgurlygy duýgurlyk koeffisiýenti bilen bahalanýar:

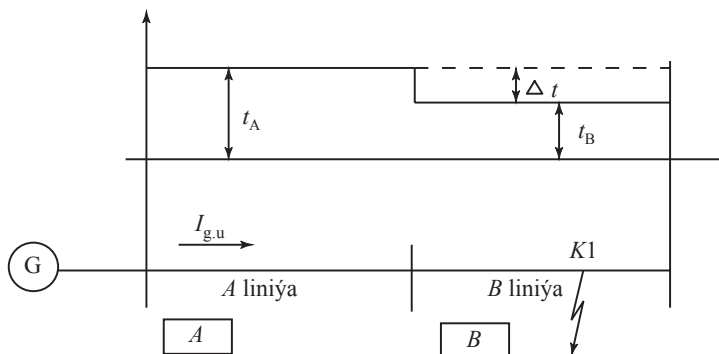
$$K_{duý} = \frac{I_{g.u.min}}{I_{gor.ış}}.$$

Gysga utgaşmanyň minimal togy:

$$I_{g.u.min} = 0,866 \frac{I_B}{Z_{max}}.$$

Duýgurlyk koeffisiýenti $K_{duý} > 1,5$ bolmalydyr.

Goragýň wagt saklanmasy. Saýlaýjylyk talabyny üpjün etmek üçin maksimal tok goragynyň wagt saklanmasy basgançakly düzgün boýunça saýlanylýar (4.8-nji çyzgy).



4.8-nji çyzgy. Wag saklanmasyny saýlamagyň basgançakly düzgüni

Iki goragýň täsir ediş wagtynyň tapawudyna wag basgançagy diýilýär:

$$\Delta t = t_A - t_B.$$

B liniýada gysga utgaşmada A liniýadaky gorag işläp ýetişmez ýaly, A goragýň wagty wag basgançagyň ululygynda B goragýň wagtyndan uly saýlanylýar.

V BAP

TOKDAN BÖLÜP AÝYRÝAN GORAG

5.1. Tokdan bölüp aýyrýan goragýň täsir ediş düzgüni

Tokdan bölüp aýyrýan gorag gysga utgaşmanyň çalt öçürilmegini üpjün edýär. Tokdan bölüp aýyrýan gorag tiz öçürýän we wag saklanmaly (0,3-0,6 s) tokdan bölüp aýyrýan goraglara bölünýär.

Elektrik setiniň garyşyk ýerlerdäki gysga utgaşmada täsir etmez ýaly, tokdan bölüp aýyrýan goragyň täsir zolagy çäklendirilýär. Şonuň üçin hem tokdan bölüp aýyrýan goragyň işleme togy goragyň täsir zolagynyň ahyryndaky gysga utgaşmanyň maksimal togundan uly bolmaly. Şeýle usulda tokdan bölüp aýyrýan goragyň täsir zolagyny çäklendirmek, gysga utgaşma toguň zeper ýeten ýere çenli garşylygyň ululygyna baglylygyna esaslanýar. Liniýanyň seredilýän ýerleriň haýsydyr bir nokadyndaky gysga utgaşma togy aşakdaky ýaly kesgitlenýär:

$$I_{g.u} = \frac{E_u}{x_u + x_{l.k}} = \frac{E_u}{x_u + x_0 l_k},$$

bu ýerde E_u – ulgamyň generatorlarynyň ekwiwalent EHG-si;

X_u – ulgamyň garşylygy, Ωm ;

$X_{l.k}$ – gysga utgaşmanyň nokadyna çenli ýeriň garşylygy, Ωm ;

X_0 – liniýanyň udel garşylygy, $\Omega m/km$;

l_k – liniýanyň başlangyjyn-

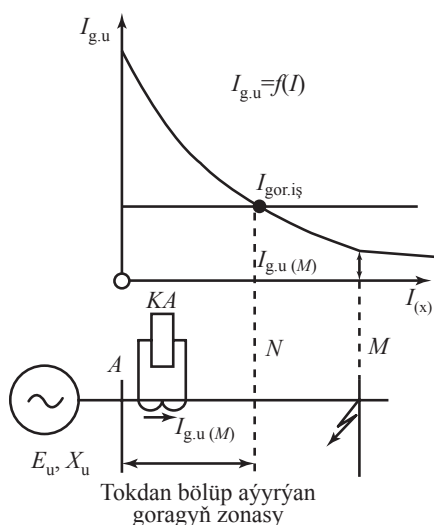
dan gysga utgaşma nokadyna çenli goralýan liniýanyň uzynlygy.

Goragyň ýerleşen ýerinden gysga utgaşma nokadyna çenli garşylyk ulalýar, gysga utgaşmanyň togy bolsa kiçelýär.

Saýlaýjylyk şertine görä, tokdan bölüp aýyrýan gorag M nokatdaky gysga utgaşmada täsir etmeli däl (5.1-nji çyzgy). Şonuň üçin hem: $I_{gor.iş} > I_{g.u}(M)$.

AN zolakda $I_{g.u} > I_{gor.iş}$ bolýar, tokdan bölüp aýyrýan gorag gorayar (5.1-nji çyzgy).

N nokatdan geçenden soň gorag täsir etmeýär.



5.1-nji çyzgy. Tokdan bölüp aýyrýan goragyň täsir ediş iş düzgüni

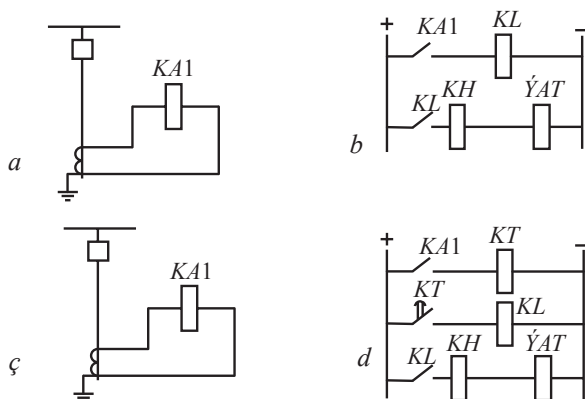
5.2. Tokdan bölüp aýyrýan goragyň shemalary

Hemişelik operativ tokly wagt saklanmaly we wagt saklanmasyz tokdan bölüp aýyrýan goragyň shemalary 5.2-nji çyzgyda görkezilendir.

Neýtraly ýere gönümel birikdirilen elektrik setlerinde gysga utgaşmanyň ähli görnüşleri üçin üçfazly shemalar ulanylýar. Fazaara gysga utgaşmadan goramak üçin doly däl ýyldyz görnüşli ikifazly shema peýdalanylýar.

Wagt saklanmaly tokdan bölüp aýyrýan goragyň shemalary garaşsyz wagt saklanmaly maksimal tok goragynyň shemalaryna doly gabat gelýär.

Wagt saklanmasyz tokdan bölüp aýyrýan goragyň shemalary garaşsyz wagt saklanmaly maksimal tok goragynyň wagt reläniň ýoklugy bilen tapawutlanýar.



5.2-nji çyzgy. Tokdan bölüp aýyrýan goragyň bir çyzykly shemasy:

a – wagt saklanmasyz tokdan bölüp aýyrýan goragyň tok zynjyry; b – wagt saklanmasyz tokdan bölüp aýyrýan goragyň operativ zynjyry; ç – wagt saklanmaly tokdan bölüp aýyrýan goragyň tok zynjyry; d – wagt saklanmaly tokdan bölüp aýyrýan goragyň operativ zynjyry

5.3. Birtaraplaýyn iýmitlenýän liniýada tokdan bölüp aýyrýan goragyň çalt täsiri

a) Tokdan bölüp aýyrýan goragyň işleme togy – saýlaýjylyk şertine görä gorag goraýan liniýasynyň çäginde daşda işlemeli däl:

$$I_{\text{gor.iş}} = K_{\text{ätiýaç}} I_{\text{g.u.maks}}(M).$$

PT görnüşli tok releli liniýany tokdan bölüp aýyrýan goragyň ätiýaçlyk koeffisiýenti:

$$K_{\text{ätiýaç}}=1,2\div1,3.$$

PT-80 görnüşli reläniň ýalňyşlygynyň 20–25%-e deňdigi sebäpli, ätiýaçlyk koeffisiýent ýokarlandyrylyp alynýar:

$$K_{\text{ätiýaç}}=1,5.$$

Tokdan bölüp aýyrýan goragyň täsir zolagy grafiki görnüşde 5.3-nji çyzgydaky ýaly kesgitlenilýär.

Maksimal we minimal iş düzgünler üçin goragyň ýerleşen ýerinden gysga utgaşma nokady-na çenli aralyga bagly gysga utgaşma togunyň egrileri (5.3-nji çyzgyda 1 we 2 egriler) gurulýar. $I_{\text{gor.iş}}$ gönüsiniň gysga utgaşmanyň togunyň egrileriniň kesişme nokady maksimal we minimal iş düzgünlerinde tokdan bölüp aýyrýan goragyň täsir edýän zolagyň ahyryny görkezýär.

Tokdan bölüp aýyrýan goragyň täsir zolagy aşakdaky formula bilen kesgitlenilýär:

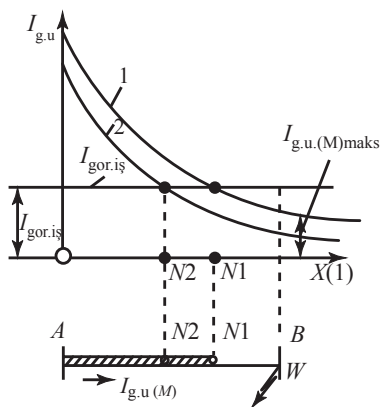
$$X_{\text{t.b.a.g}} \% = \frac{100}{X_1} \left(\frac{E_u}{I_{\text{gor.iş}}} - X_u \right),$$

bu ýerde $X_{\text{t.b.a.g}}$ – goralýan liniýanyň garşylygynyň görterimde aňladylan, tokdan bölüp aýyrýan goragyň täsir zolagy; X_1 – goralýan liniýanyň garşylygy; X_u – ulgamyň garşylygy; $I_{\text{gor.iş}}$ – tokdan bölüp aýyrýan goragyň işleme togy.

Elektrik gurnawlaryň gurluş düzgünlerine görä $X_{\text{t.b.a.g}} > 20\%$ bolsa, tokdan bölüp aýyrýan goragy ulanylýar.

b) Tokdan bölüp aýyrýan goragyň täsir wagty – tok we aralyk releleriň işleýän wagtlaryny özünde jemleýär. Çalt täsir edýän aralyk relede tokdan bölüp aýyrýan gorag:

$$t_{\text{gor.}} = 0,04 \div 0,06 \text{ s.}$$



5.3-nji çyzgy. Wagat saklanmasyz tokdan bölüp aýyrýan goragyň täsir zolagyň grafiki usul bilen kesgitlenilişi:

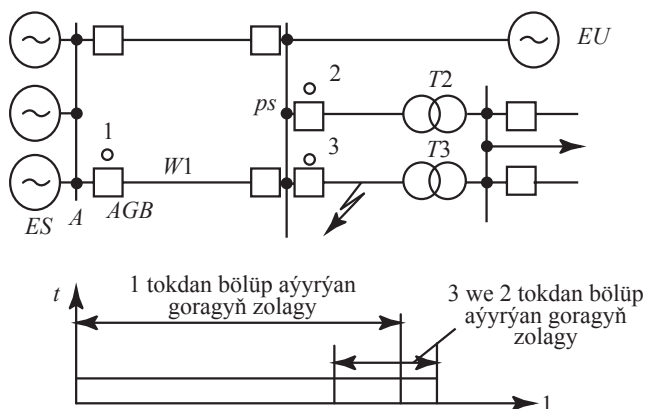
1 – $I_{\text{g.u}}$ maksimal togy; 2 – $I_{\text{g.u}}$ minimal togy

Aşa napryžaženiýeden goraýan turbajyk görnüşli zarýadsyzlandyryjy işlände, tokdan bölüp aýyrýan goragyň işlemegi mümkin. Zarýadsyzlandyryjylar 0,01– 0,02 sekunt, kaskadly zarýadsyzlandyryjylar 0,04–0,06 sekunt wagtda işleýär.

5.4. Zeper ýeten ýeri saýlamaýan tokdan bölüp aýyrýan gorag

Zeper ýeten ýeri saýlamaýan tokdan bölüp aýyrýan gorag diýlip, öz goraýan liniýasynyň daşynda täsir edýän goraga aýdylýar. Energetiki ulgamyň durnuklylygyny saklamak zerur bolanda şeýle tokdan bölüp aýyrýan gorag ulanylýar. Tokdan bölüp aýyrýan goragyň saýlap almaýan täsirini awtomatik gaýtadan birikdiriji düzedýär.

Zeper ýeten ýeri saýlaman öçürýän tokdan bölüp aýyrýan goragyň ulanyş mysaly 5.4-nji çyzgyda görkezilendir.

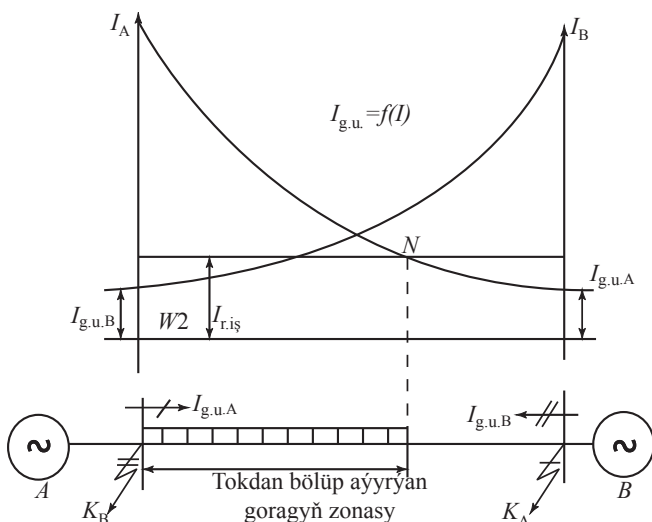


5.4-nji çyzgy. Zeper ýeten ýeri saýlaman öçürýän tokdan bölüp aýyrýan gorag

A elektrik stansiýadaky generatorlaryň durnukly işini üpjün etmek üçin $W1$ liniýada tokdan bölüp aýyrýan gorag ýerleşdirilýär. $W1$ liniýany tokdan bölüp aýyrýan goragyň işleme togy $T2$ we $T3$ transformatorlarda ýerleşdirilen 2 we 3 tokdan bölüp aýyrýan goraglaryň täsir zolagyna görä goýulýar. Haýsydyr bir transformator, meselem $T3$ transformator, gysga utgaşmada, zeper ýeten transformatoryň tokdan bölüp aýyrýan goragy bilen bilelikde $W1$ liniýanyň tokdan bölüp aýyrýan goragy işleýär. Şonuň netijesinde diňe zeper ýeten transformator öçmän $W1$ liniýa hem öçýär. Awtomatik gaýtadan birikdiriji işleýär we $W1$ liniýany täzeden birikdirip, B podstansiýa elektrik energiýany dikeldýär.

5.5. İkitaraplaýyn iýmitlenýän liniýanyň tokdan bölüp aýyryýan goragy

İkitaraplaýyn iýmitlenýän liniýada goralýan liniýanyň daşynda gysga utgaşmada wagt saklanmasyz tokdan bölüp aýyryýan gorag täsir etmeli däl (5.5-nji çyzgy K_A we K_B nokatlarda). B şinada gysga utgaşma A generatordan geçýän gysga utgaşmanyň in uly $I_{g.u.A}$ toguna, A şinada gysga utgaşma bolanda B generatordan gysga utgaşmanyň $I_{g.u.B}$ in uly toguna görä işleme togy saýlanylýar (5.5-nji çyzgy).



5.5-nji çyzgy. İkitaraplaýyn liniýanyň wagt saklanmasyz tokdan bölüp aýyryýan goragy

İkitaraplaýyn iýmitlenýän liniýada B generatora oňnositellikde A generatoryň çaykanmasy bilen şertlenen tok akyp biler. Çaykanmada tokdan bölüp aýyryýan goragyň nädogry işlemeginiň önüni almak üçin gorag çaykanmanyň toguna sazlanylýar:

$$I_{gor.iş} = K_{ätiýaç} I_{çay.maks} \quad (5.4)$$

bu ýerde $K_{ätiýaç} = 1,2-1,3$

Çaykanmanyň togunyň $I_{çay}$ maksimal bahasy:

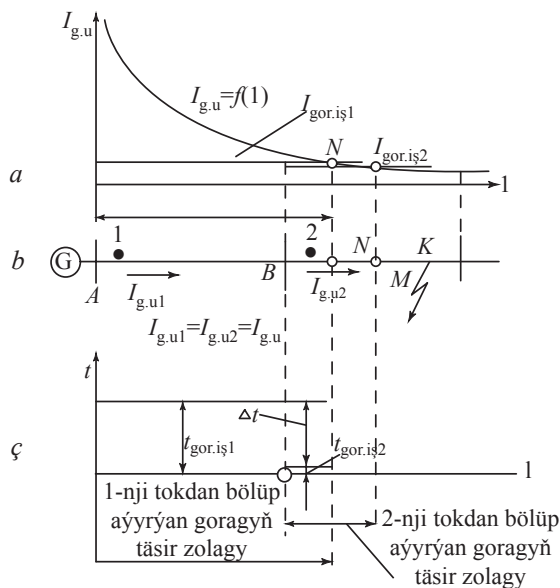
$$I_{çay.maks} = \frac{2E}{x_{AB}}.$$

Bu ýerde E , A we B generatorlaryň EHG -leri, E_A we E_B ýönekeýleşdirmek üçin: $E_A=E_B=E=1,05U_{\text{gen}}$; x_{AB} – A generatordan B generatora çenli garşylyklaryň jemine deň; $x_{GA}=x_C+x_{GB}$. x_{GA} we x_{GB} – A we B generatorlaryň aşa geçiş garşylygy; x_C – bu A we B generatorlaryň şinalarynyň arasyndaky birikdirilen ähli elementleriniň jemi garşylygy.

(5.2) we (5.4) şertlere görä hasaplanyp, işleme toklarynyň ulusy saýlanylýar. Ikitaraplaýyn iýmitlenýän liniýada tokdan bölüp aýyrýan gorag liniýanyň iki tarapynda hem goýulýar. Liniýalaryň ahyrynda ýerleşdirilen tokdan bölüp aýyrýan goragyň işleme toklarynyň ululyklary deň. Her bir tokdan bölüp aýyrýan goragyň täsir zolagy gysga utgaşma togunyň egrisini goragyň işleýän togunyň göni çyzygynyň kesip geçýän N nokadyna görä kesgitlenilýär.

5.6. Wagt saklanmaly tokdan bölüp aýyrýan gorag

Wagt saklanmasyz tokdan bölüp aýyrýan gorag liniýanyň bellibir bölegini goraýar. Tutuş liniýany goramak üçin wagt saklanmaly tokdan bölüp aýyrýan gorag (5.6-njy a, b çyzgy) ulanylýar. Saýlaýjylyk şertini üpjün etmek üçin bu gorag wagt saklanmasyz tok goragy bilen ylalaşmaly.



5.6-njy çyzgy. Birtaraplaýyn iýmitlenýän liniýanyň wagt saklanmaly tokdan bölüp aýyrýan goragyň işleme toguny saýlamak

Bu şerti üpjün etmek üçin 1-nji tokdan bölüp aýyrýan goragyň $t_{\text{gor.1}}$ täsir wagty, 2-nji tokdan bölüp aýyrýan goragyň $t_{\text{gor.2}}$ täsir wagtyndan Δt wagt uly saýlanylýar:

$$t_{\text{gor.1}} = t_{\text{gor.2}} + \Delta t.$$

1-nji tokdan bölüp aýyrýan goragyň täsir wagty $t_{\text{gor.1}} = 0,3; 0,6 \text{ s}$ -a deň.

1-nji we 2-nji tokdan bölüp aýyrýan goraglaryň ylalaşyk şertine görä, 1-nji tokdan bölüp aýyrýan goragyň täsir zolagy 2-nji tokdan bölüp aýyrýan goragyň zolagyndan kiçi bolmaly (5.6-njy ç ýyzgy).

W2 liniýada (K nokat) gysga utgaşmada birtaraplaýyn iýmitlenýän elektrik setinde 1-nji we 2-nji goraglaryň üstünden geçýän toklar birmeňzeşdir. Şonuň üçin 1-nji we 2-nji goraglaryň täsir zolagyny ylalaşdyrmak üçin $I_{\text{gor.iş.1}} > I_{\text{gor.iş.2}}$ uly saýlanylýar.

Goraglaryň işleme toklarynyň şeýle gatnaşygynda, eger gysga utgaşmanyň togy 2-nji goragyň täsiri üçin ýeterlik bolmasa, 1-nji gorag täsir etmeýär. Onda:

$$I_{\text{gor.iş.1}} = K_{\text{ätiýaç}} I_{\text{gor.iş.2}}.$$

Ätiýaçlyk koeffisiýent $K_{\text{ätiýaç}} = 1,1-1,2$ -ä deň diýlip alynýar. 1-nji goragyň täsir zolagy maksimal we minimal iş düzgünler üçin N kesişme nokadynda ýerleşýär.

Ikitaraplaýyn iýmitlenýän elektrik setlerinde 1-nji we 2-nji goraglaryň üstünden geçýän $I_{\text{g.u.1}}$ we $I_{\text{g.u.2}}$ toklar birmeňzeş däl (5.6-njy ç ýyzgy). Tok $I_{\text{g.u.2}} > I_{\text{g.u.1}}$, onda $I_{\text{g.u.2}}$. Bu ylalaşygy hasaba alyp, 1-nji we 2-nji goraglaryň täsir zolagy grafiki usulda ýerine ýetirilýär. Munuň üçin (5.6-njy ç ýyzgy) $I_{\text{g.u.1}}$ we $I_{\text{g.u.2}}$ toklaryň gysga utgaşma nokadyna çenli L aralyga baglylyk çyzgysy gurulýar.

$I_{\text{gor.iş.2}}$ gönüsiniň $I_{\text{g.u.2}}$ egrisi bilen kesişme nokady (M nokat) 2-nji goragyň täsir zolagynyň ahyryny kesgitleýär. M nokada görä 1-nji gorag sazlanýlar. (5.2) şerte görä $I_{\text{gor.iş.1}} = K_{\text{ätiýaç}} I_{\text{g.ul(M)}}$.

Hasaplama $I_{\text{g.u.1}}$ toguň maksimal bahasyna we $I_{\text{g.u.2}}$ minimal bahasyna görä geçirilýär. 1-nji goragyň täsir zolagy $I_{\text{gor.iş.1}}$ we $I_{\text{g.u.1}}$ kesişme N nokadyna görä kesgitlenilýär.

Wagt saklanmaly tokdan bölüp aýyrýan goragyň shemasy garaşsyz häsiýetnamaly maksimal tok goragynyň shemasy ýaly ýerine ýetirilýär (5.2-nji a ç ýyzgy). Wagt saklanmaly tokdan bölüp aýyrýan gorag goralýan liniýany doly we goňşy uçastogy bölekleyin goraýar.

5.7. Tokdan bölüp aýyrýan goragy bahalandyrmak

Wagt saklanmasyz tokdan bölüp aýyrýan gorag in bir ýönekeý goragdyr. Shemasynyň we hyzmat etmegiň ýönekeýligi, täsir wagty-nyň çaltlygy bu goragyň esasy artykmaçlygydyr.

Bu goragyň ýetmezçiligi: goralýan liniýany doly goramaýar, energoulgamyň iş düzgüniňiň üýtgemegi we zeper ýetme ýeriniň garşylygynyň täsiri bilen goragyň täsir zolagy hemişelik dälir.

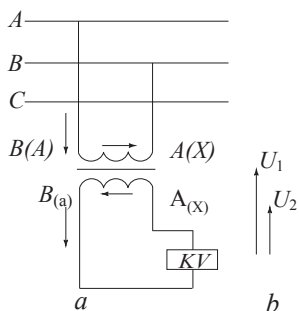
VI BAP

NAPRÝAŽENIÝE TRANSFORMATORLARY WE OLARYŇ BIRIKME SHEMALARY

6.1. Esasy maglumatlar

Rele goragynyň ýerine ýetiriji organlary gözegçilik edilýän naprýaženiýe baradaky maglumaty naprýaženiýe transformatorlaryndan alýar. Naprýaženiýe transformatorlarynyň (6.1-nji çyzgy) esasy parametrleri bolup: 1-nji sarymyň nominal naprýaženiýesi U_{1nom} (gözegçilik edilýän elektrik setiniň nominal naprýaženiýesine deň), ikinji sarymyň nominal naprýaženiýesi U_{2nom} , onuň bahasy naprýaženiýe transformatorynyň 2-nji sarymynyň çykalgalaryndaky nominal naprýaženiýe 100W-a ýa-da $100/\sqrt{3}$ W-a deň edilip alynýar. Bu iki ululyklaryň gatnaşygyna nominal transformasiýa koeffisiýenti diýilýär:

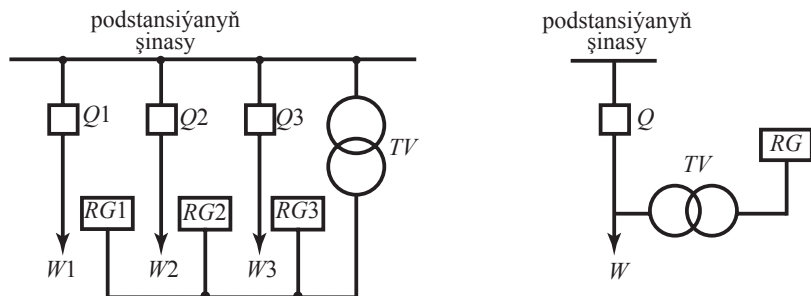
$$K_{TV} = \frac{U_{1nom}}{U_{2nom}}. \quad (6.1)$$



6.1-nji çyzgy. a–naprýaženiýe transformatorynyň birikdiriliş shemasy; b–naprýaženiýäniň wektor diagramasy

Naprýaženiýe transformatorlarynyň birinji we ikinji sarymlarynyň başlangyjy we ahyry edil güýç transformatorlarynyňky ýaly belgilenýär: Birinji sarym baş A we X, ikinji sarym kiçi a we x harpy bilen belgilenýär. Rele goragyny iýmitlendirmek üçin elektrostansiýanyň paýlaýjy gurluşynyň we podstansiýanyň ýygindy şinalarynda ýerleşdirilen naprýaženiýe transformatorlary ulanylýar. Naprýaženi-

ýe transformatorlarynyň ikinji sarymlaryna ähli birikmeleriň ýa-da her bir birikmäniň rele goraglary birikdirilýär (6.2-nji a çyzgy).

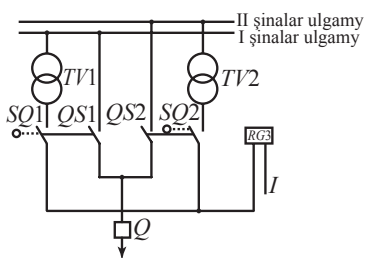


6.2-nji çyzgy. Rele goragynyň zynjyryny iýmitlendiriji shema:

a – şina naprýaženiýe transformatoryndan; b – liniýa naprýaženiýe transformatoryndan

Birinji usul ikinji usuldan tygşytlý bolup, naprýaženiýe transformatorlarynyň az sanyny talap edýär, ýöne onuň ýetmezçiligi bir şinalar ulgamyndan başga şinalar ulgamyna geçirmek talap edilse, rele goragynyň naprýaženiýe zynjyryny hem başga şinalar ulgamyna geçirmek talap edilýär. Rele goragynyň naprýaženiýe zynjyryny başga şinalar ulgamyna geçirmek 6.3-nji çyzgyda görkezilişi ýaly aýryjylaryň pyçaklarynda ýerleşdirilen QS kömekçi kontaktlaryň ýa-da releleriň kömegi bilen awtomatik dolandyrylýar. Bu operasiýany ýörite pes naprýaženiýäniň aýryjysy bilen, ýagny el bilen ýerine ýetirilýär.

Awtomatik usulda naprýaženiýe zynjyry üýtgetmegiň gowşak ýeri kömekçi kontaktlar bolup, olaryň näsaz işlemegi rele goragynyň ýalňyş işlemegine getirýär. Ikinji usulyň ýetmezçiligi naprýaženiýe zynjyryny üýtgedýän personalyň ýalňyşlygy bolup durýar, onuň artykmaçlygy zynjyryň ygtybarlylygydyr. Birikmäniň birinde naprýaženiýe transformatorlary ulanylanda, naprýaženiýe zynjyryny başga şinalar ulgamyna geçirmek talap etmeýär.



6.3-nji çyzgy. Goragyň naprýaženiýe zynjyryny bir naprýaženiýe transformatoryndan şina aýryjynyň kömekçi kontaktlary bilen başga naprýaženiýe transformatoryna geçirmek

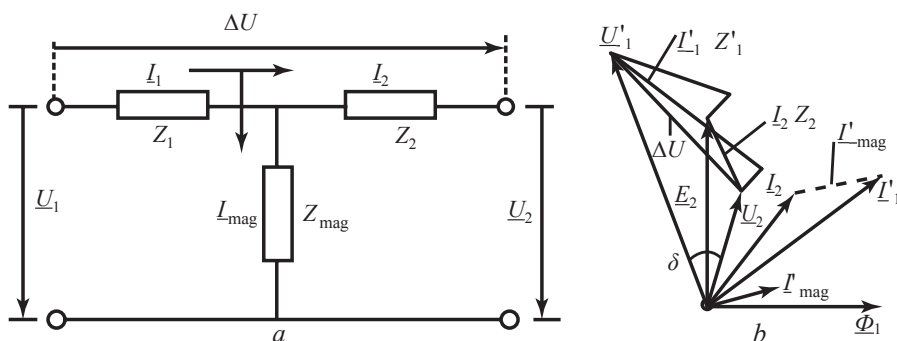
6.2. Naprýażeniýe transformatorynyň ýalňyşlygy

Naprýażeniýe transformatorlarynyň ikinji sarymlarynyň naprýażeniýeleri ululyklary we fazalary boýunça ýoýlan ýalňyşlyk bilen işleýär. Ýalňyşsyz işleýän ideal naprýażeniýe transformatorlarynyň ikinji naprýażeniýeleri:

$$\underline{U}_2 = \frac{\underline{U}_1}{K_{TV}},$$

bu ýerde \underline{U}_1 – birinji sarymyň gysgyçlaryna berilýän naprýażeniýe; K_{TV} – naprýażeniýe transformatorynyň transformasiýa koeffisiýenti. Ýöne ΔU naprýażeniýäniň pese gaçmasynyň hasabyna (6.4-nji a çyzgy) ikinji sarymyň hakyky naprýażeniýesi aşakdaka deň bolýar:

$$\underline{U}_2 = \frac{\underline{U}_1}{K_{TV}} - \Delta U.$$



6.4-nji çyzgy. Naprýażeniýe transformatorynyň çalşyрма shemasy (a) we wektor diagrammalary (b)

6.4-nji çyzgydaky shemadan $\Delta U = I'_{mag} Z'_1 + I_2 (Z'_1 + Z_2)$.

Naprýażeniýe transformatorlarynyň sarymlarynda ΔU naprýażeniýäniň pese gaçmasy \underline{U}_2 naprýażeniýäniň fazalary we bahalary boýunça ýoýulmagy ýalňyşlygyň ýüze çykmagy (6.4-nji b çyzgy) bilen şertlenilýär.

Z_1 we Z_2 bahalary, şeýle hem I_{mag} magnitlenme tok naprýażeniýe transformatorlarynyň gurluşlary bilen kesgitlenilýär, iş şertinde onuň ýalňyşlygyny I_2 ýüküň toguny kesgitlemek bilen azaldylýar. Nominal naprýażeniýede rugsat berilýän ýalňyşlyk kadalaşdyrylýar, şoňa baglylykda naprýażeniýe transformatorlary 0,2; 0,5; 1 we 3 takyklyk

synplara bölünýärler. Şol bir naprýaženiýe transformatorlary ýüküň bahasyna baglylykda dürli takyklyk synplarda işleýärler. Ikinji sarymyň naprýaženiýeleriniň bahalaryna görä ýalňyşlyk göterim hasabynda bahalanýar:

$$\Delta U\% = \frac{U_1}{\frac{K_{TV}}{U_1}} 100\%.$$

Faza görä ýalňyşlyk ikinji we birinji sarymlaryň wektorlarynyň arasyndaky burç süýşmesi bilen bahalanýar (6.4-nji b çyzgy).

6.3. Naprýaženiýe transformatorynyň birikme shemalary

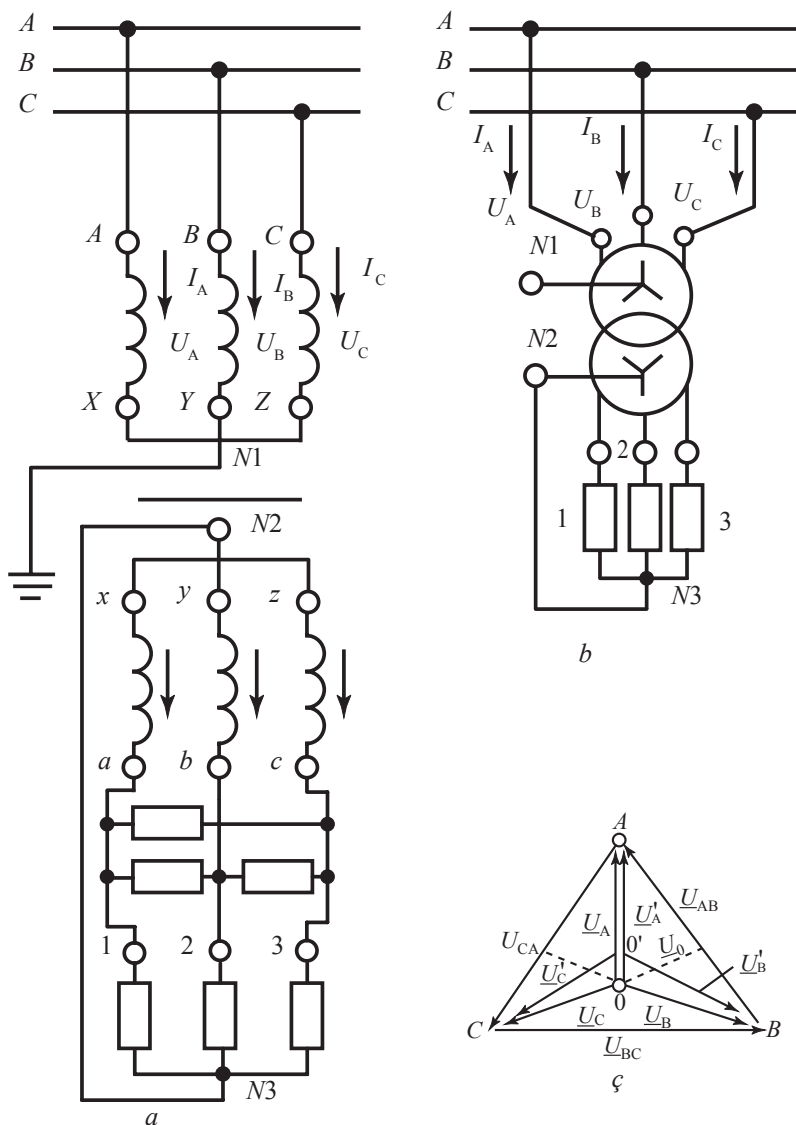
Rele goragynyň zynjyryny iýmitlendirmek üçin liniýa we faza naprýaženiýeleri ulanylýar.

a) Naprýaženiýe transformatorynyň ýyldyz birikme shema-sy. 6.5-nji a çyzgydaky shema faza we liniýa naprýaženiýesini almak üçin ulanylýar. Naprýaženiýe transformatorynyň (*TV*-1) üç birinji sarymlary ýyldyz görnüşli birikdirilýär. Her bir sarymyň başlangyjy (*A, B, C* çykalgalar) liniýanyň gabat gelýän fazasyna birikdirilen, sarymyň ahyrlary *X, Y, Z* umumy nokada (*N1* neýtrala) we ýere birikdirilýär.

TV-1 her bir birinji sarymynyň şeýle birikdirilmegi faza naprýaženiýesini almaga mümkinçilik berýär. Faza naprýaženiýesi ikinji saryma transformirlenýär. *TV*1-iň ikinji sarymlarynyň ahyrlary (*x, y, z*) (6.5-nji a çyzgy) ýyldyz görnüşinde, *N2* neýtral *N3* ýüküň neýtral nokady bilen birikdirilýär.

Bu shemada birinji sarymyň *N1* neýtraly ýere berk birikdirilen, şonuň üçin onuň potensialy nola deň, ýüküň *N2* neýtraly ikinji sarymyň *N2*, neýtraly bilen birikdirilen we *N2* nokatda potensial nola deň. Şeýle shemada ikinji sarymyň faza naprýaženiýesi birinji sarymyň faza naprýaženiýesine gabat gelýär.

Eger haýsydyr bir sebäp bilen *TV* naprýaženiýe transformatorynyň birinji tarapyň (*N1*) neýtraly ýere birikdirilmedik bolsa, onda onuň potensialy ýeriň potensialyndan tapawutlydyr.



6.5-nji çyzgy. Birlfazaly naprýaženiýe transformatorynyň ýyllyz birikme shemasy

Elektrotehnika kursundan belli bolşy ýaly, üç sany birmeňzeş garşylyklaryň birikmeginden emele gelen, neýtraly ýerden izolirlenen potensialy liniýa naprýaženiýeleriniň üçburçlugynyň meridianlarynyň kesişýän $0'$ nokadynda ýerleşýär. Bu nokada otnositel

$\underline{U}'_A, \underline{U}'_B, \underline{U}'_C$ faza naprýaženiýeleriniň wektorlarynyň aýratynlyklary: ähli iş düzgünlerinde we gysga utgaşmada olaryň geometrik jemi nola deň:

$$\underline{U}'_A + \underline{U}'_B + \underline{U}'_C = 0.$$

Şeýlelikde, $\underline{U}'_A + \underline{U}'_B + \underline{U}'_C = 3\underline{U}_0$, onda 0' nokada otnositellikde faza naprýaženiýe nol yzygiderligiň düzüjisini saklamaýar we olar ýere görä faza naprýaženiýelerinden tapawutlanýar.

Kadaly iş düzgüninde we ýer bilen baglanyşyksyz ähli gysga utgaşmalarda $U_0=0$. Şonuň üçin bu ýagdaýlarda ýere birikdirilen naprýaženiýe transformatorlarynyň N1 nokatlarynyň potensiallary deň. Şeýlelikde, 0 nokadyň wektor diagrammasy 0' nokada gabat gelýär, onda iki naprýaženiýe transformatorlarynyň faza naprýaženiýeleri hem deň bolar:

$$\underline{U}'_f = \underline{U}_f.$$

Ýere gysga utgaşmada U_0 döreýär. Ýere birikdirilmedik TV2 naprýaženiýe transformatorynyň N1 neýtralynyň potensialy meridianyň keşişme nokady bilen gabat gelýän 0' nokatda ýatar. Ýere birikdirilen TV1 naprýaženiýe transformatorynyň neýtralynyň 0 nokada gabat gelýän potensialy 0' nokatdan \underline{U}_0 wektoryň ululygyndan yza galýar.

Bu ýagdaýda 6.5-nji çyzygyda görnüşi ýaly ýere otnositellikde faza naprýaženiýe:

$$\underline{U}_A = \underline{U}'_A + \underline{U}_0; \quad \underline{U}_B = \underline{U}'_B + \underline{U}_0; \quad \underline{U}_C = \underline{U}'_C + \underline{U}_0.$$

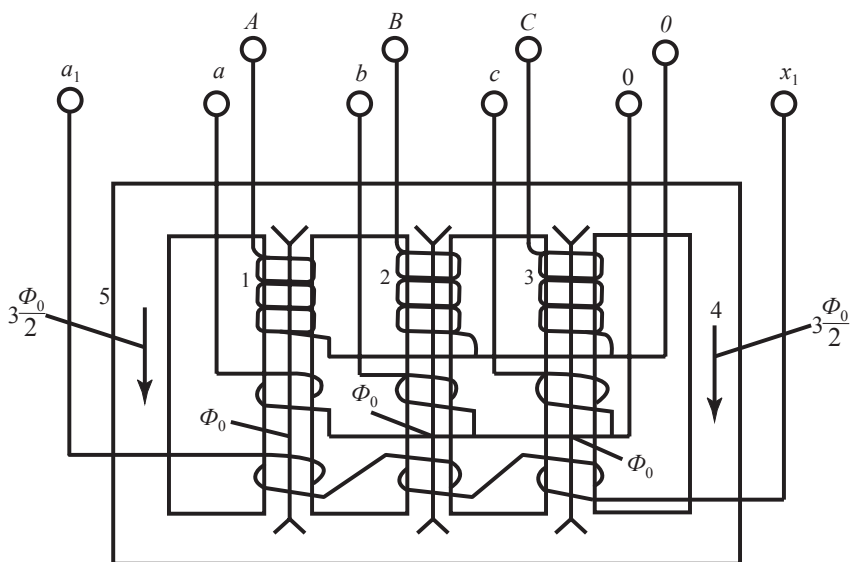
$$\text{Jemi: } \underline{U}_A + \underline{U}_B + \underline{U}_C = 3\underline{U}_0, \quad \underline{U}'_A + \underline{U}'_B + \underline{U}'_C = 0.$$

Görnüşi ýaly ikinji zynjyryň nol geçirijisiniň ýok bolmagy ýa-da üzülmegi faza naprýaženiýä täsir edýär.

N2 we N3 arasynda arabaglanyşyk ýok bolsa, nokat izolirlenen neýtrallydyr. Bu ýagdaýda releleriň sarymlarynda naprýaženiýäniň jemi ähli ýagdaýlarda nola deňdir we eger $\underline{K}_{TV}=1$ deň bolsa, wektor diagrammada N3 nokadyň potensialy 0 nokada gabat gelýär.

Ähli aýdylanlardan örän wajyp netije çykaryp bolýar, ýere görä faza naprýaženiýäni almak üçin ikinji zynjyryň nol geçirijisiniň bar bolmagy we naprýaženiýe transformatorlarynyň birinji sarymlarynyň neýtralynyň ýere birikdirilmegi esasy şertdir.

Y/Y shema görä naprýaženiýe transformatorlarynyň sarymlarynyň birikmesi 6-njy ýa-da 12-nji toparda ýerine ýetirilýär. Bu shema üç sany birlazaly naprýaženiýe transformatorlary ýa-da bir sany üçfazly baş sterženli naprýaženiýe transformatory bilen ýerine ýetirilip bilner. Üçfazly üç sterženli naprýaženiýe transformatorlary berlen shema üçin ulanylmaýar, olaryň magnit geçirijilerinde ýere gysga utgaşmada birinji sarymyň I_0 togunyň döreýän, Φ_0 nol yzygiderligiň magnit akymyny birikdirmek üçin ýol ýok. Bu ýagdaýda Φ_0 akym howanyň üstünden uly magnit garşylygynyň ýoluna görä birigýär. Bu transformatoryň nol yzygiderliginiň garşylygynyň peselmegine we I_{mag} magnitlendiriji toguň duýdansyz ýokarlanmagyna getirýär. Ýokarlanan I_{mag} magnitlendiriji tok transformatorynyň kadadan ýokary gyzmagyna getirýär. Şonuň bilen baglylykda üçfazly naprýaženiýe transformatory ulanmak gadagan edilýär. Baş sterženli transformatorlarda akymy birikdirmek üçin magnit geçirijiniň dördünji we başinji sterženleri ulanylýar (6.6-njy çyzgy).



6.6-njy çyzgy. Üçfazly baş sterženli naprýaženiýe transformatorynda nol yzygiderligiň magnit akymlarynyň birleşme ýoly

b) Naprýaženiýe transformatorlarynyň aýk üçburçluk bi-rikme shemalary (6.7-nji çyzgy).

6.7-nji çyzgydaky bu shema iki faza-ara, mysal üçin U_{AB} we U_{BC} naprýaženiýä birikdirilen iki sany bífazaly naprýaženiýe transformatorlarynyň kömegi bilen ýerine ýetirilýär. Naprýaženiýe transformatorynyň ikinji sarymlarynyň gysgyçlaryndaky naprýaženiýe birinji sarymdan getirilen fazaara naprýaženiýä hemişe göni proporsional. Ikinji zynjyryň geçirijileriniň arasyna rele birikdirilýär. Shema ähli üç fazaara U_{AB} , U_{BC} we U_{CA} naprýaženiýeleri almaga mümkinçilik berýär.

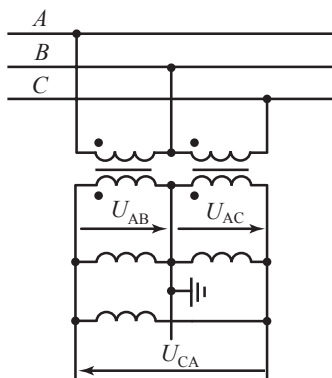
ç) Bífazaly naprýaženiýe transformatorlarynyň sarymlaryny nol yzygiderligiň naprýaženiýesiniň filtri görnüşinde birikme shemasy. Bu shema üç sany bífazaly naprýaženiýe transformatory bilen ýerine ýetirilýär (6.8-nji çyzgy). Birinji sarym neýtraly ýere birikdirilen ýyldyz birikme, ikinji sarym yzygider aýk üçburçluk görnüşinde birikdirilen. Üçburçlugyň aýk tarapyna rele birikdirilýär.

Aýk üçburçlugyň gysgyçlaryndaky U_r naprýaženiýe ikinji sarymyň naprýaženiýeleriniň jemine deň:

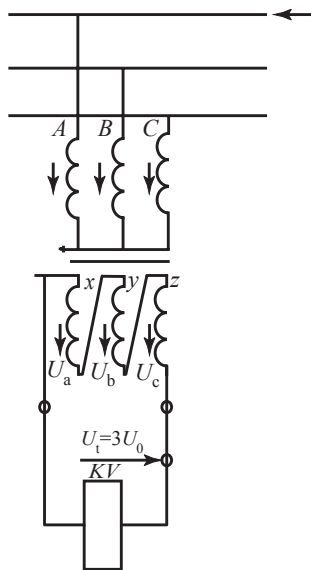
$$\underline{U}_r = \underline{U}_a + \underline{U}_b + \underline{U}_c.$$

Şeýlelikde, üç fazanyň naprýaženiýeleriniň jemi nol yzygiderligiň üçleýin naprýaženiýesine deň, ikinji sarymyň naprýaženiýesini birinji sarymyň naprýaženiýesi arkaly aňladyp, alarys:

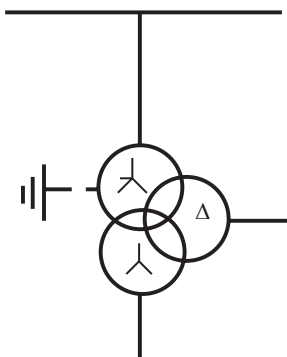
$$\underline{U}_r = \frac{\underline{U}_A + \underline{U}_B + \underline{U}_C}{K_{TV}} = \frac{3\underline{U}_0}{K_{TV}}.$$



6.7-nji çyzgy. Bífazaly naprýaženiýe transformatorynyň aýk üçburçluk birikme shemasy



6.8-nji çyzgy. Bífazaly naprýaženiýe transformatorynyň nol yzygiderligiň naprýaženiýe filtri görnüşinde birikme shemasy



6.9-njy çyzgy. Birfazaly üç sarymly naprýaženiýe transformatorynyň birikme shemasy

Kadaly şertde fazalaryň naprýaženiýeleri simmetrik, $U_r=0$. Ýersiz gysga utgaşmada $U_r=3U_0=0$. Ýere gysga utgaşmada naprýaženiýe transformatorynyň açyk üçburçlugynyň gysgyçlarynda $U_r=\frac{3U_0}{K_{TV}}$ naprýaženiýe döreýär.

Simmetriki ýyldyzda göni we ters zyzgiderligiň naprýaženiýesi döreýär we şonuň üçin açyk üçburçlugyň zynjyrynda naprýaženiýeler goşulanda gysgyçlarda naprýaženiýe nola deň.

Seredilen shema nol zyzgiderligiň filtridir. Nol zyzgiderligiň filtri hökmünde shemany işletmek üçin, naprýaženiýe transformatorynyň birinji sarymynyň neýtralyny ýere birikdirmek hökmany şertdir. Iki ikinji sarymly, birfazaly naprýaženiýe transformatoryny ulanyp, olaryň birini ýyldyz shema görä, ikinjisini açyk üçburçluk shema görä birikdirilýär (6.9-njy çyzgy).

Açyk üçburçluk birikme üçin niýetlenen ikinji sarymyň nominal naprýaženiýesini neýtraly ýere birikdirilen elektrik set üçin 100 W , neýtraly izolirlenen elektrik set üçin $100\sqrt{3}\text{ W}$ -a deň diýlip kabul edilýär.

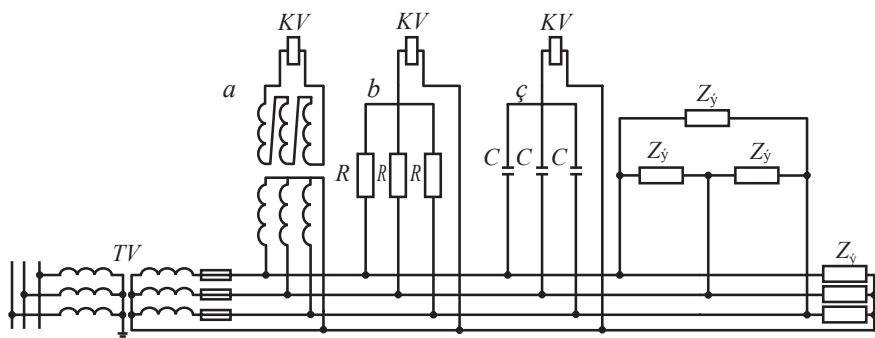
d) Üçfazaly naprýaženiýe transformatorlarynyň sarymlarynyň nol zyzgiderligiň naprýaženiýesiniň filtri görnüşinde birikme shemasy. $3U_0$ naprýaženiýeni almak üçin üçfazaly baş sterženli naprýaženiýe transformatorynyň (6.6-njy çyzga seret) her bir esasy 1,2 we 3 sterženinden, açyk üçburçluk shema görä birikdirilen goşmaça (üçünji) sarym çykarylýar. Dördünji we başinji sterženleriň magnit geçirijilerini birikdirýän, nol geçirijide magnit akym dörände, ýagny diňe ýere gysga utgaşmada bu sarymlaryň gysgyçlarynda naprýaženiýe döreýär. Baş sterženli naprýaženiýe transformatorlarynyň shemalary nol geçirijide bir wagtda faza we fazaara naprýaženiýäni almaga mümkinçilik berýär.

6.4. Naprýaženiýe transformatorynyň zynjyrlarynda zeper ýetmeler we olaryň abatlygyna gözegçilik

a) Naprýaženiýe transformatorynyň zynjyrynda zeper ýetmeler. Naprýaženiýe transformatorynyň ikinji zynjyrynda zeper

ýetme (gysga utgaşma we üzülme) ýüze çykmagy mümkin. Gysga utgaşma naprýaženiýe transformatorynyň togunyň howply ýokarlanmagyna getirýär we şol sebäpli onuň goragy üçin ýokarlanan tok döwräde zynjyry üzýän ereýji goraýjy ýa-da awtomat öçüriji ulanylýar. Ikinji zynjyryň zeper ýetmesi, şeýle hem ereýji goraýjynyň ýanmagy ýa-da awtomat öçürijiniň täsir etmegi ikinji sarymyň naprýaženiýesiniň fazasyny we ululygyny üýtgedýär. Ol rele goragynyň ýalňyş täsir etmegine getirýär. Rele goragynyň ýalňyş täsir etmeginiň önüni almak üçin, naprýaženiýe transformatorynyň ikinji sarymynyň naprýaženiýe zynjyrynyň zeper ýetmesini sazlaýan ýörite gurluş ulanylýar. Ol näsazlyk barada signal berýär we rele goragynyň işini blokirlýär.

b) Naprýaženiýe zynjyrynda zeper ýetmede I_0 we U_0 döremegini duýýan, blokirlýji gurluş. 6.10-njy çyzgyda bu gurluşyň has giň ýaýran ýönekeý görnüşi ulanylýar. Ol naprýaženiýe transformatorynyň ikinji zynjyrynda nol yzygiderligiň togunyň ýa-da naprýaženiýesiniň döremegini duýýar. Onuň üçin KV rele 6.10-njy çyzgyda görkezilen shemanyň nol yzygiderliginiň naprýaženiýesine birikdirilýär.

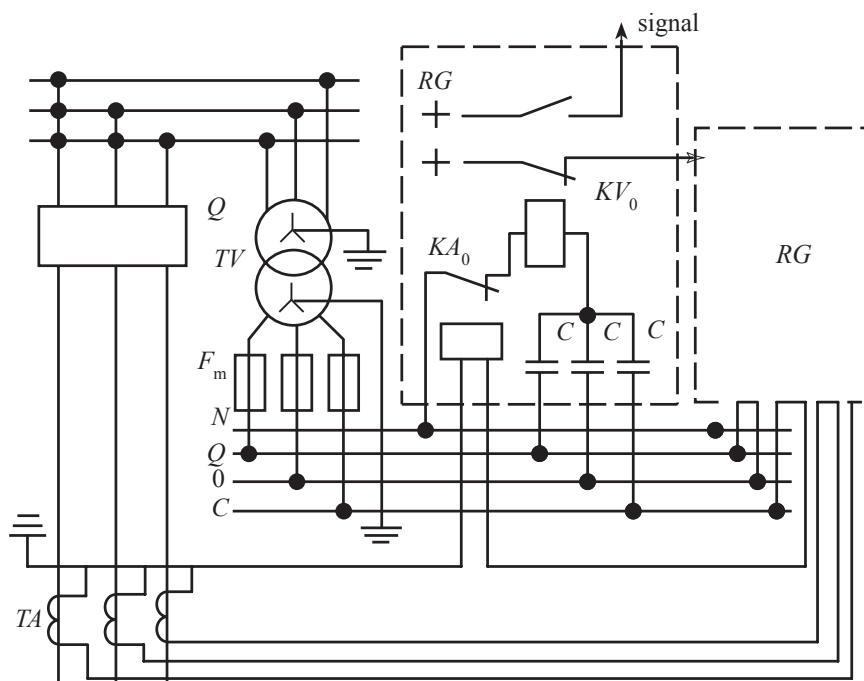


**6.10-njy çyzgy. Naprýaženiýe transformatorynyň zynjyry
üzülende signalyň shemasy:**

a – U_0 transformator filtri; b – aktiv garşylykly filtr; ç – C kondensatorly filtr

Kadaly şertde relede naprýaženiýe ýok. Naprýaženiýe zynjyrynyň bir ýa-da ikifazasy üzülende U_0 naprýaženiýe ýüze çykýar, onuň täsiri esasynda KV relede tok döreýär we ol signaly işledýär. Şuňa meňzeş gurluş tok bilen işe goýberiji organy bolan aralykdan goragda ulanylýar.

6.11-nji çyzgyda neýtraly ýere birikdirilen elektrik setleriniň aralykdan goragy üçin КРБ-14 görnüşli blokirowka görkezilen.



6.11-nji çyzgy. Ereýji gorajýy ýananda blokirowkanyň birikdiriliş shemasy

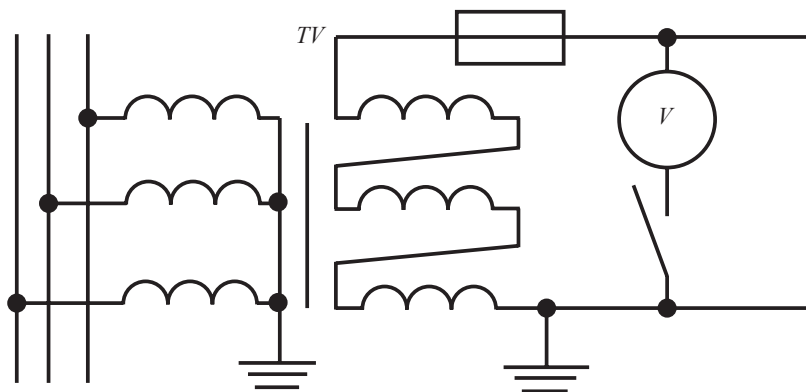
Ol birmeňzeş sygymly üç sany C kondensatordan, KV_0 naprýaženiýe we KA_0 tok relesinden ybarat. Kondensatoryň nol nokady bilen TV naprýaženiýe transformatorynyň ikinji sarymyny birikdirýän geçirijä KV_0 rele birikdirilen, onuň ýazdyryjy kontaktynyň üstünden rele goragynyň komplektine operatiw tok berilýär. KV_0 reläniň sarymynyň zynjyry, sarymy TA tok transformatorynyň nol geçirijisine birikdirilen KA_0 ýazdyryjy kontaktynyň üstünden geçýär.

Faza naprýaženiýeleriniň jemi, ýyldyz birikdirilen kondensatoryň nol nokadynyň we TV naprýaženiýe transformatorynyň ikinji sarymynyň potensialy nola deň. Şonuň üçin KV_0 relede tok döremeýär. Nol nokatlaryň arasynda dörän naprýaženiýäniň täsiri astynda, KV_0 reläniň sarymyndan tok akýar we rele işleýär, onuň aşaky kontakty rele goragynyň operatiw toguny aýyrýar, ýokarky kontakty signal berýär. Bu gurluşyň ýetmezçiligi ereýji, gorajýy ýananda ähli üç fazanyň blokirowkasy işlemeýär.

Goralýan howa elektrik geçiriji liniýada ikifazaly ýere gysga utgaşmada kondensatoryň ýyldyz birikmesine barýan faza naprýaženi-

ýeleriň simmetrikligi bozulýar we blokirowka işleýär hem-de rele gora-gynyň täsirini işden çykarýar. Blokirowkanyň nädogry täsiriniň önüni almak üçin KA_0 tok relesi göz önüne tutulan, ol işleýär we KV_0 relä-niň sarymynyň zynjyryny ýazdyrýar, onuň täsir etmeginiň önüni alýar.

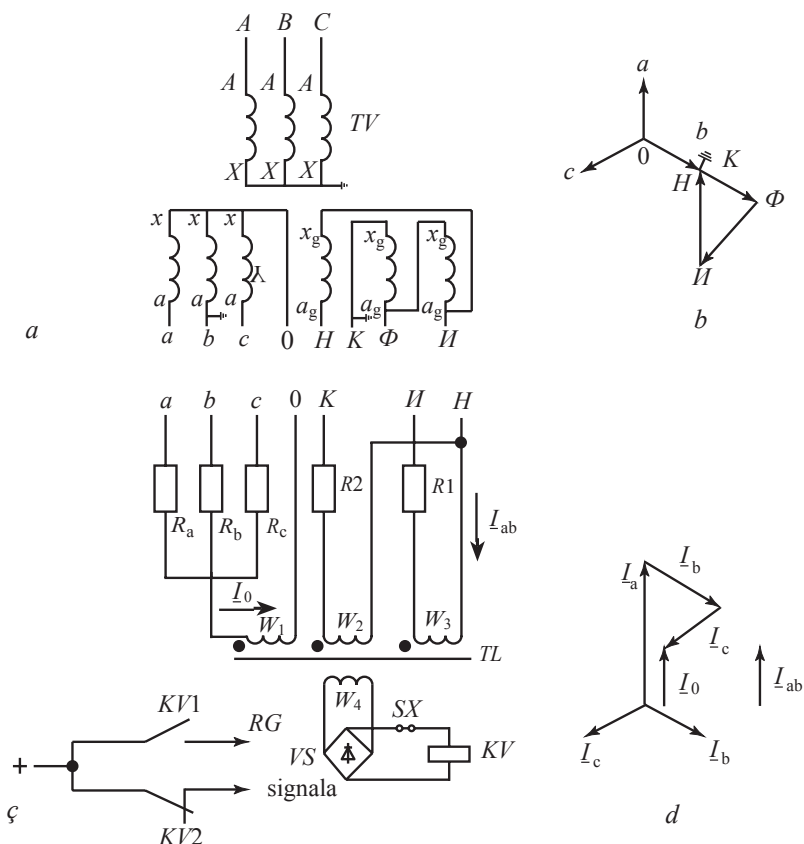
ç) Açyk üçburçluk birikmeli naprýaženiýe transformatorynyň zynjyryna gözegçilik. Nol yzygiderligiň filtri shema görnüşinde birikdirilen naprýaženiýe transformatorynyň ikinji sarymynyň abatly-gyna gözegçilik, 6.12-nji çyzgyda görkezilen shema görä birikdirilen woltmetriň kömegi bilen naprýaženiýäniň deňsizligini ölçemek bilen ýerine ýetirilýär. Abat zynjyrd a woltmetr bahasy 1-3 W bolan deň-sizlik naprýaženiýesini görkezýär, zynjyr bozulanda görkezme ýitýär.



6.12-nji çyzgy. Nol yzygiderligiň naprýaženiýe filtri görnüşinde birikdirilen sarymyň zynjyrynyň abatlygyna dowamly gözegçilik

d) Naprýaženiýe transformatorynyň iki ikinji sarymynyň naprýaženiýelerini deňeşdirýän blokirlýji gurluş. КРБ-11 gör-nüşli blokirlýji gurluşyň ýetmezçiligi faza naprýaženiýeleriniň zyn-jyrynda gysga utgaşmada olar täsir etmeýär, ereýji goraýjy ýa-da aw-tomat öçüriji öçenden soň işleýär. Şeýle blokirowka çalt täsir edýän aralykdan goragyň birinji basgançagyň ýalňys işlemeginiň önüni alyp bilmeýär. Bu blokirowkanyň başga bir ýetmezçiligi ähli üç fa-zanyň naprýaženiýesi umumy öçüriji ýa-da açar bilen öçürilende aralykdan goragyň ýalňys işlemeginiň önüni alyp bilmeýär.

Blokirowkanyň bu ýetmezçiligi 6.13-nji çyzgyda görkezilen she-manyň kömegi bilen aýrylýar.



6.13-nji çyzy. Naprýaženiýe zynjyry üzülende aralykdan goragyň ýalňyş işlemeginiň önüni almak üçin blokirlýji gurluş:

*a – TV ölçeg transformatorynyň sarymynyň birikdiriliş shemasy;
b – TV transformatorynyň ikinji sarymynyň naprýaženiýesiniň wektor diagrammasy; ç – gurluşyň içki birikme shemasy; d – kadaly iş düzgüninde gurluşyň işini düşündiriji wektor diagrammasy*

Blokirlýji gurluşyň TL dört sarymly aralyk transformatorynyň ikinji sarymlary ýyldyz we açyk üçburçluk görnüşinde TV ölçeg naprýaženiýe transformatorlaryna goşmaça rezistorlarynyň üstünden birikdirilen. W_1 sarymyň zynjyrynda A fazanyň rezistorynyň R_a garşylygy, öz aralygynda deň bolan R_b we R_c garşylyklara görä iki esse kiçidir. W_2 sarymyň H–K çykalgalaryna $3U_0$ naprýaženiýe berilýär. W_3 sarym A fazanyň naprýaženiýesiniň täsiri astynda ýerleşýär.

W_4 ikinji saryma VS göneldiji köpriniň üstünden duýujy element KW rele birikdirilýär.

Kadaly iş düzgüninde TV naprýaženiýe transformatorynyň abat ikinji zynjyrynda we rezistorlaryň gabat gelyän garşylyklarynda W_1 we W_3 sarymlaryň toklary garşylykly gönükdirilen:

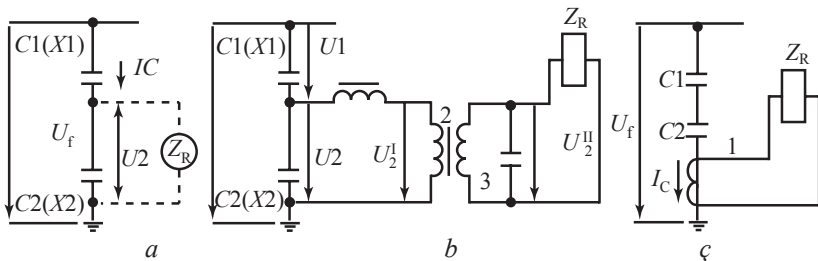
$$I_0 = I_a + I_b + I_c = -I_a \Delta.$$

Serdeçnikde magnit hereketlendiriji güýçler özara deňleşdirilen – KV rele işlemeýär. TV naprýaženiýe transformatorynyň zynjyry üzülende magnit hereketlendiriji güýçleriň deňligi bozulýar, ol kV reläniň işlemegine getirýär. Elektrik setinde ýere gysga utgaşmada rele işlemeýär, W_1 sarymyň magnit hereketlendiriji güýji, $3U_0$ birikdirilen W_2 sarymyň magnit hereketlendiriji güýji bilen kompensirleýär. Ýyl-dyz birikmeli naprýaženiýe transformatorynyň sarymy tarapynda ähli üç fazanyň naprýaženiýesi öçürilende, blokirowka ω_3 sarymyň togunyň hasabyna işleýär. Naprýaženiýe zynjyrynda B we C fazalardaky gysga utgaşmalardan başga ähli gysga utgaşmalarda naprýaženiýäniň blokirowkasy işleýär. Soňky ýagdaýda blokirowka awtomat öçüriji öçenden soň täsir edýär.

e) Shemany bahalandyrmak. Nol yzygiderligiň düzüjileriniň döremegini duýýan shemalar ýönekeý, ýöne olar kämilleşmedik. Bu shemalar ikinji zynjyryň üç fazasy üzülende, şeýle hem naprýaženiýe zynjyrynda gysga utgaşmada täsir etmeýär. Üç sany üç sarymly transformatorlaryň naprýaženiýe deňliginiň shemalary has kämilleşen, ýöne ol has çylşyrymlydyr. Olar 220 kV we ondan ýokary naprýaženiýeli elektrik howa geçirijiniň rele goragynyň blokirowkasy üçin ulanylýar.

6.5. Naprýaženiýäniň sygym bölüjileri

Rele goragyny iýmitlendirmek üçin naprýaženiýe transformatory bilen bir hatarda naprýaženiýäniň sygym bölüjileri ulanylyp bilner. Naprýaženiýäniň sygym bölüjileri ýer bilen faza geçirijileriň arasyna birikdirilen birnäçe yzygider birikdirilen kondensatorlardan durýar (6.14-nji çyzgy).



6.14-nji çyzgy. Naprýaženiýäniň sygym bölüjiler:

a, b – C2 kondensatorda naprýaženiýäni ölçemek; ç – C1 we C2 kondensatoryň üstünden geçýän zaryýad toguny ölçemek

Rele goragyny iýmitlendirmek üçin in soňky C2 kondensator bölüjiniň gysgyçlaryndan alnan U_2 naprýaženiýe ulanylýar. Z_r ýök wagty U_2 naprýaženiýe U_f birinji naprýaženiýe proporsional we 6.14-nji *a* çyzgydan görnüşi ýaly fazalary boýunça gabat gelýär:

$$U_2 = I_c jX_2 = \frac{U_f}{j(X1 + X2)} jX_2 = KU_f$$

bu ýerde

$$K = \frac{X_2}{X1 + X2} = \text{const.}$$

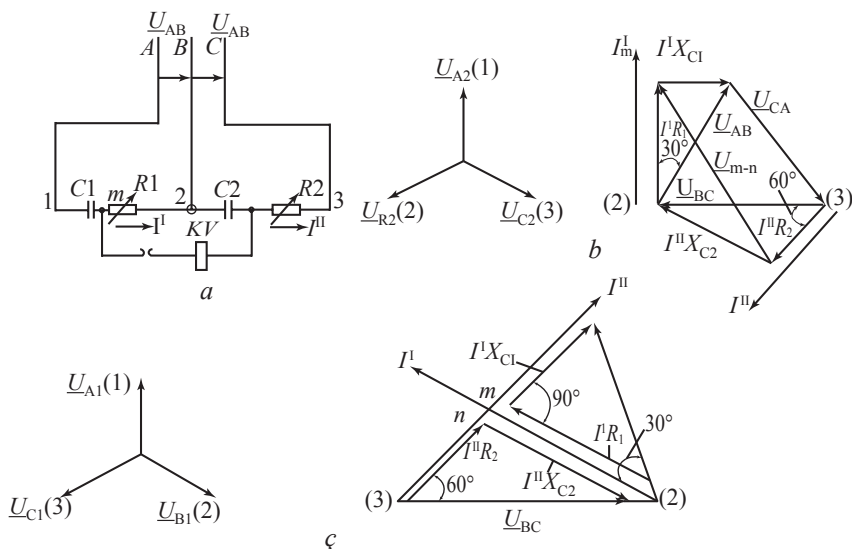
U_2 naprýaženiýäniň bahasy birnäçe kilowolta ýetýär, şonuň üçin C2 kondensatoryň gysgyçlaryna ýük peseldiji naprýaženiýe transformatoryň üstünden birikdirilýär (6.14-nji *b* çyzgy) Z_r ýöküň garşylygy birikdirilende naprýaženiýe fazasy we bahasy boýunça ýoýulýar, bu bolsa ýalňyşlygyň ýüze çykmagyna getirýär. Bu ýalňyşlygy azaltmak üçin 1 reaktordan we 3 kondensatordan durýan kompensirleýji gurluş ulanylýar.

Olaryň parametrlerini dogry saýlamak we Z_r ýöki çäklendirmek U_2 naprýaženiýäni fazasy boýunça U_f naprýaženiýe proporsionallygyny ýeterlik üpjün edip biler.

6.6. Ters yzygiderliligiň naprýaženiýe filtri

Ters yzygiderliligiň naprýaženiýe filtri bolup, elektrik setiň naprýaženiýesinde bar bolan, ters yzygiderliligiň düzüjisine proporsional, naprýaženiýäni almaga mümkinçilik berýän gurluşa aýdylýar. Göni we nol yzygiderliligiň düzüjilerini filtr geçirmeýär. Filtr, adatça, nol yzygiderliligiň düzüjisini saklamaýan, liniýa naprýaženiýä birikdirilýär.

Rele goragynyň shemasynda aktiw we sygym garşylykly filtr ulanylýar (6.15-nji a çyzgy). Ters yzygiderligiň naprýaženiýe filtriniň eginleri fazaara naprýaženiýäniň täsiri astynda durýar, nol yzygiderligiň naprýaženiýesi onuň çykalgasynda nola deň.



6.15-nji çyzgy. Ters yzygiderligiň naprýaženiýe filtri:

a – filtriň shemasy; b – filtriň girelgesine göni yzygiderligiň naprýaženiýesi berlende ýüksüz filtriň wektor diagrammasy; ç – filtriň girelgesine ters yzygiderligiň naprýaženiýesi berlende ýüksüz filtriň wektor diagrammasy

Filtriň girelgesine göni yzygiderligiň naprýaženiýesi berlende filtriň elementlerine görä naprýaženiýäniň paýlanyşynyň topografiki diagrammasy 6.15-nji b çyzgyda görkezilen. Filtrde ulanylýan $R_1 = \sqrt{3X_{C1}}$; $R_2 = \frac{X_{C2}}{\sqrt{3}}$ gatnaşygy bolan aktiw we sygym garşylyklary hasaba alyp, bu diagramma seredeliň. Filtriň C1-R1 eginlerine, ýagny 1-nji we 2-nji gysgyçlarynyň arasyna goýlan \underline{U}_{AB} naprýaženiýäniň täsiri astynda, bu garşylyklaryň üstünden \underline{U}_{AB} naprýaženiýeden 30° burç öňe gidýän we sygym häsiýetli \underline{I}' tok akýar. Bu tok R1 we C1 elementlerde \underline{I}' we $\underline{I}'X_{C1}$ wektorlaryň ugruna gabat gelýän, bu tokdan 90° yza galýan, $\underline{I}'R_1$ naprýaženiýäniň pese gaçmasyny döredýär (6-15-nji b çyzgy). Naprýaženiýe berilýän filtriň ikinji egni üçin

hem şuna meňzeşlikde naprýaženiýäniň üçburçlugyny gurup bolýar. Bu eginde geçýän I'' tok \underline{U}_{BC} naprýaženiýeden 60° burç öňe gidýär, ýagny sygym garşylyk aktiw garşylykdan uludyr.

6.15-nji b çyzgydaky diagrammadan görnüşi ýaly filtriň m we n çykalga gysgyçlarynda potensiallar birmeňzeşdir. Şeýle görnüşde ters yzygiderligiň naprýaženiýe filtriň girelgesine göni yzygiderligiň naprýaženiýesi berlende reläniň gysgyçlarynda naprýaženiýe nola deň.

Filtriň girelgesine ters yzygiderligiň naprýaženiýesi berlende filtriň işini häsiýetlendirýän diagramma 6.15-nji ϵ çyzgyda görkezilendir. 1,2,3-nji gysgyçlara berlen filtriň girelgesindäki U_{A2} , U_{B2} , U_{C2} faza naprýaženiýeleriniň gezeleşmesiniň üýtgemegi bilen naprýaženiýäniň wektor diagrammasy hem üýtgeýär. Şeýlelikde, m we n gysgyçlaryň arasynda ters yzygiderligiň naprýaženiýe filtriň çykalgasyndaky ters yzygiderligiň naprýaženiýesiniň bahasyna proporsional uly naprýaženiýe döreýär:

$$\underline{U}_{mn2}=1,5e^{j60}\underline{U}_{AB2},$$

$m_{xx}=1,5e^{j60}$ – boş işleýiş düzgüniniň gatnaşygy diýlip atlandyrylýan koeffisiýent.

Şeýlelikde, ters yzygiderligiň naprýaženiýe filtri doly naprýaženiýeden diňe ters yzygiderligiň naprýaženiýesini bölüp berýär. Filtriň çykalgasyndaky naprýaženiýe oňa birikdirilen ýüküň garşylygyna baglydyr. Naprýaženiýe filtrden maksimal kuwwaty bermek üçin aşakdaky şert ýerine ýetmeli:

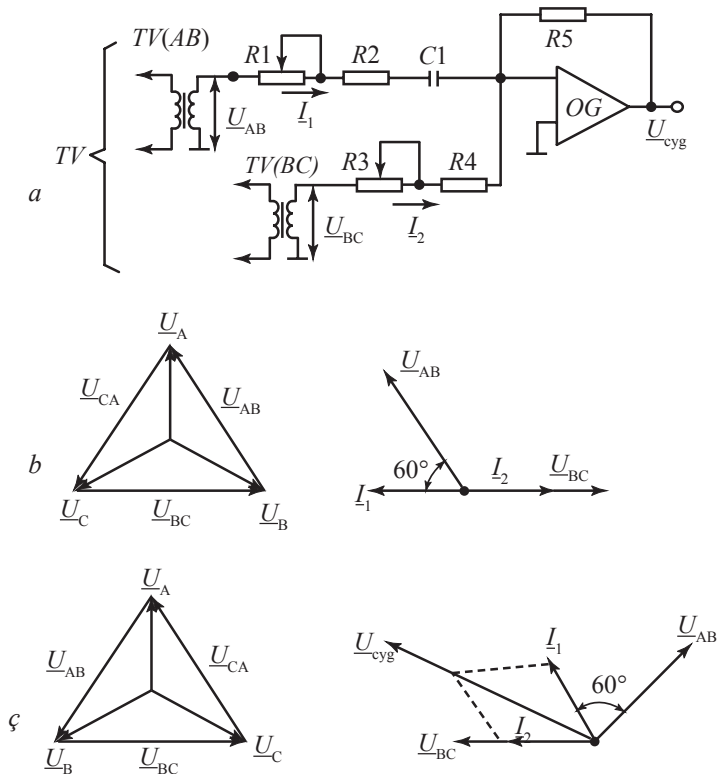
$$Z_{f.g.u} = Z_{\dot{y}},$$

bu ýerde $Z_{\dot{y}}$ – filtriň çykalga gysgyçlaryna birikdirilen ýüküň garşylygy; $Z_{f.g.u}$ – haçanda girelge gysgyçlary gysga birleşdirilen bolanda, onuň çykalga gysgyçlarynda ölçenilen, filtriň gysga utgaşma garşylygy.

Şonuň üçin, adatça, filtriň çykalgalaryna filtrden iň uly kuwwaty almagy üpjün etmek üçin kesgitli garşylygy bolan rele birikdirilýär. 6.15-nji çyzgyda berlen ters yzygiderligiň naprýaženiýesiniň filtr-relesi $PH\Phi-1M$ diýlip atlandyrylýar.

Operasion güýçlendirijiniň ters yzygiderliginiň naprýaženiýe filtri iki girelgeli summator bolup, onuň birinji girelgesine \underline{U}_{AB} napr-

ýaženiýe, ikinji girelgesine \underline{U}_{BC} naprýaženiýe proporsional naprýaženiýe berilýär (6.16-njy çyzgý). Bu naprýaženiýeler kiçi göwrümlü aralyk naprýaženiýe transformatorynyň üstünden shema berilýär.



6.16-njy çyzgy. Operasion güýçlendiriji görnüşinde ýerine ýetirilen ters yzygiderligiň naprýaženiýe filtri

Shemanyň çykalgasyndaky naprýaženiýe R_5 garşylygyň we toklaryň jemleriniň wektorlaryna deň. Operasion güýçlendirijiniň girel-geleriniň arasyndaky naprýaženiýe nola deň:

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{\sqrt{(R_1 + R_2)^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}; \quad I_2 = \frac{U_{BC}}{(R_3 + R_4)}.$$

R_1 , R_2 we C_1 aralygynda gatnaşyklar I_1 tok naprýaženiýeden 60° öňe gider ýaly, tok naprýaženiýe fazalary boýunça gabat geler ýaly

saýlanylýar. Garşylyk üýtgände toga we naprýaženiýä görä onuň burç süýşmesi hem üýtgeýär, garşylyk üýtgände diňe tok üýtgeýär.

Fazalaryň göni yzygiderliginde (6.16-njy *b* çyzygy) R_1 we R_2 garşylyklaryň sazlanylmagy toklaryň we olaryň arasyndaky faza süýşme burçlaryň 180° -a deň bolmagyny üpjün edýär, şonuň üçin $U_{\text{çyk}}=0$. Fazalaryň ters gezekleşmesinde I_1 we I_2 toklaryň arasyndaky faza süýşme burçlary 60° -a deň, shemanyň çykalga naprýaženiýesi filtre gelýän naprýaženiýä deň.

Eger ters yzygiderligiň naprýaženiýe filtriniň girelgesine I_A-I_B we I_B-I_C toklaryň tapawudyna proporsional naprýaženiýe berlende, ters yzygiderligiň naprýaženiýe filtri ters yzygiderligiň toklarynyň filtrine öwrülýär.

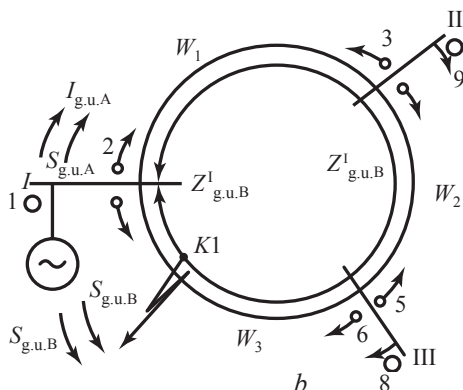
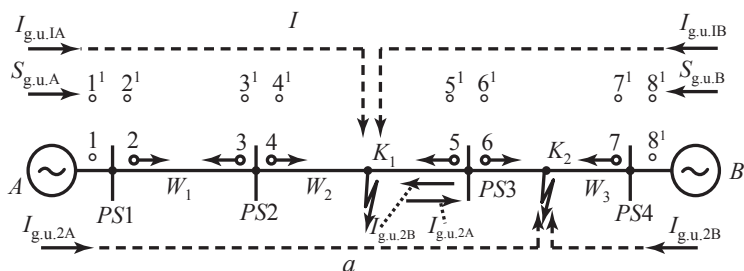
VII BAP

GÖNÜKDIRILEN TOK GORAGY

7.1. Ikitaraplaýyn iýmitlenýän setlerde gönükdirilen tok goragynyň zerurlygy

Gysga utgaşmanyň kuwwatynyň diňe kesgitli ugrunda täsir edýän goraga gönükdirilen tok goragy diýilýär. Ikitaraplaýyn iýmitlenýän elektrik setinde gönükdirilen goragy ulanmak zerurdyr. Bu elektrik setlerinde gorag diňe gysga utgaşma togunyň döremegini duýman, saýlaýjylygy üpjün etmek üçin goralýan liniýadaky gysga utgaşmanyň kuwwatynyň ugruny hasaba almaly.

Ikitaraplaýyn iýmitlenýän (7.1-nji *a* çyzygy) we halkaly elektrik setlerde (7.1-nji *b* çyzygy) gysga utgaşmanyň kuwwatynyň we togunyň ugry zeper ýeten ýere baglydyr, onuň iki garşylykly baha eýe bolmagy mümkin. Mysal üçin, 7.1-nji *a* çyzygdaky W_2 liniýanyň K_1 nokadynda gysga utgaşmada 5-nji goragyň üstünden *B* iýmitlendiriji çeşmeden $I_{1.g.u.B}$ tok akýar. Eger W_3 liniýanyň K_2 nokadynda gysga utgaşmada, 5-nji goragyň üstünden, *A* iýmitlendiriji çeşmeden gönükdirilen $I_{2.g.u.A}$ tok akýar. Bu tok $I_{1.g.u.B}$ ters gönükdirilendir.

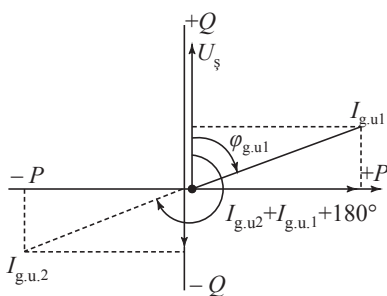


7.1-nji çyzgy. Ikitaraplaýyn iýmitlenýän elektrik setleriniň shemalary we bu elektrik setlerinde goragyň ýerleşdirilişi:

a – radial elektrik setler; *b* – halkaly elektrik setler;

←○– gönükdirilen tok goragy

K_1 nokatda gysga utgaşmada $I_{1.g.u}$ tok 3-nji podstansiýanyň şinasyndaky U_φ naprýaženiýeden $\varphi_{1.g.u}$ burç yza galýar. Gysga utgaşmanyň kuwwatynyň şinadan liniýa tarap akýandygy üçin bu kuwwat položitel hasaplanýar. K_2 nokatda gysga utgaşmada $I_{2.g.u}$ tok 3-nji podstansiýanyň şinasyndaky U_φ naprýaženiýeden $\varphi_{1.g.u} + 180^\circ$ burç bilen tapawutlanýar. $I_{2.g.u}$ tok liniýadan şina tarap akýandygy üçin ters hasaplanýar (7.2-nji çyzgy). Liniýa



7.2-nji çyzgy. K_1 we K_2 nokatlarda gysga utgaşmada 5-nji goragyň ýerleşen ýerinde toklaryň we naprýaženiýeleriň wektor diagrammalary

göra geçýän gysga utgaşmanyň kuwwatynyň ugry zeper ýetmäniň ni-rede dörändigini häsiýetlendirýär.

Bu ýagdaý gönükdirilen tok goragynda ulanylýar. Ýagny, kuwwatyň belgisine göre haýsy birikmede zeper ýetmäniň bolandygyny kesgitleýär we diňe goralýan liniýada goragyň işlemegine mümkinçilik berýär.

Ýönekeý tok gorag şinadan çykýan liniýada, ýagny birtaraplaýyn iýmitlenýän liniýada gysga utgaşmada işleýär. Ikitaraplaýyn iýmitlenýän liniýada ýönekeý tok gorag saýlaýjylyk şertini üpjün etmeýär.

Mysal üçin (7.1-nji a çyzgy), 5' goragyň işleýşine seredeliň. K_1 nokatda gysga utgaşmada 5' goragyň wagt saklanmasy 6', 7', we 8' goraglaryň täsir wagtyndan kiçi bolmaly, ýagny $t_5' < t_6', t_7', t_8'$.

Eger K_2 nokatda gysga utgaşmada 5' gorag 6' goragdan haýal täsir etmeli, ýagny $t_5' > t_6'$ bolmaly. Ýöne bu iki talaby bir wagtda ýerine ýetirmek mümkin däl. Bu talaplaryň haýsy hem bolsa biri ýerine ýetse, goragyň saýlaman öwürmegine getirýär.

Bu saýlaman öwürmegi 5' maksimal tok goragyny gysga utgaşmanyň kuwwaty şinadan liniýa gönükdirilende täsir edýän 5 gönükdirilen tok goragy bilen çalşyp aradan aýrylýar we ikinji talabyň ýerine ýetmeginiň zerurlygy ýok.

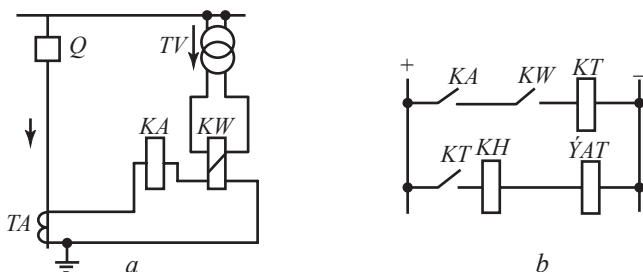
Aýdylanlardan ugur alyp, ikitaraplaýyn iýmitlenýän setlerinde saýlaýjylyk şertini üpjün edýän goragyň ýerine ýetiriliş düzgüni şeýle görnüşde bolmalydyr:

1. Her bir liniýanyň iki tarapynda goragy ýerleşdirmeli we bu goraglar şinadan liniýa tarap kuwwat gönükdirilende täsir etmelidir.
2. Gysga utgaşmanyň kuwwatynyň ugry bir ugra akanda işleýän goraglaryň wagt saklanmalary, öz aralarynda iýmitlendiriji çeşmä tarap ösýän görnüşde başgançakly düzgüne göre yllaşmalydyr.

7.2. Gönükdirilen tok goragynyň täsir ediş iş düzgüni we shemasy

Gönükdirilen maksimal tok goragy toguň ululygyna we gysga utgaşmanyň kuwwatynyň ugruna göre täsir etmelidir. Şeýle gorag üçin maksimal tok goragyna gönükdirilen kuwwat relesi goşmaça birkidirlýär.

Bir faza üçin niýetlenen bu goragyň ýönekeý shemasy 7.3-nji çyzgyda görkezilendir.



7.3-nji çyzgy. Gönükdirilen maksimal tok goragyň ýönekeýleşdirilen shemasy:
a – tok we naprýaženiýe zynjyry; b – operativ zynjyr

Bu gorag, esasan, üç elementden ybarat:

Tok releşi (*KA*) – gysga utgaşmanyň döremegini duýýar (goragyň işe goýberiş organy);

Gönükdirilen kuwwat releşi (*KW*) – gysga utgaşmanyň kuwwatynyň ugruny kesgitleýär (goragyň ugur organy);

Wagt releşi (*KT*) – goragyň wagt saklanmasyny üpjün edýär (goragyň wagt organy).

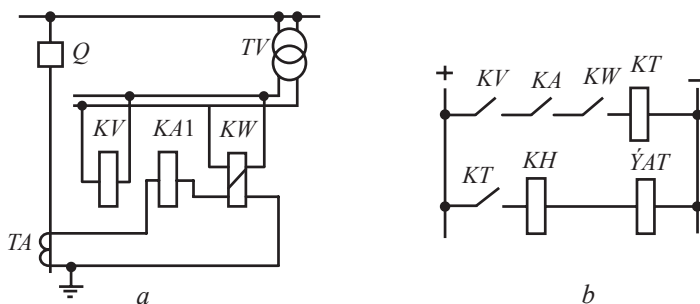
Gönükdirilen kuwwat releşi hökmünde elektromehaniki rele ýa-da ýarymgeçirijili rele ulanylýar. Bu releleriň özüni alyp barşy, gysgyçlara barýan kuwwatyň belgisine bagly:

$$S_r = U_r I_r \sin(\alpha - \varphi_r), \quad (7.1)$$

bu ýerde α – burç hemişelik ululyk, ol 0 ýa-da 90°-a deň.

Goralýan liniýada gysga utgaşmada tok releşi we gönükdirilen kuwwat releşi öz kontaktlaryny birikdirýär we wagt relesini herekete getirýär. Goýlan wagt saklanmasyndan soň, wagt relesiniň kontaktlary birigýär we öçürmäge buýruk berýär. Goralýan liniýadan daşynda gysga utgaşmada, kuwwat relesiniň kontaktlary birikmän goragyň işlemeginiň önüni alýar.

Kadaly iş düzgününde ýüküň kuwwaty şinadan liniýa tarap akanda kuwwat relesiniň işlemegi mümkin, şonuň üçin hem tok releşi ýüküň toguna görä saýlanýar, ýagny ýüküň togunda tok releşi öz kontaktlaryny açyk ýagdaýda saklaýar. Eger-de tok releşi ýüküň toguna sazlanylmasa, onda minimal naprýaženiýäniň releşi (*KV*) bilen blokrowka edilýär (7.4-nji çyzgy).



7.4-nji çyzgy. Minimal naprýaženiýe releli blokirowkaly gönükdirilen maksimal tok goragynyň ýönekeýleşdirilen shemasy:

a – tok we naprýaženiýe zynjyry; b – operativ zynjyr

7.3. Gönükdirilen kuwwat relesiniň birikdiriliş shemasy

a) Shema bildirilýän talaplar. Gönükdirilen kuwwat relesi faza toga we faza ýa-da fazaara naprýaženiýä birikdirilýär. Hemme zeper ýetmelerde gysga utgaşma kuwwatynyň belgisini rele dogry kesgitläň ýaly, reläni iýmitlendirýän fazanyň togy we naprýaženiýesi ylalaşmaly. Bu ýagdaýda reläniň gysgyçlaryna barýan kuwwat iň uly bahada bolmalydyr.

Gysga utgaşmada reläniň gysgyçlaryndaky kuwwat aşakdaky sebäpler üçin ýeterlik bolman, relä gysga utgaşmada täsir etmeýär.

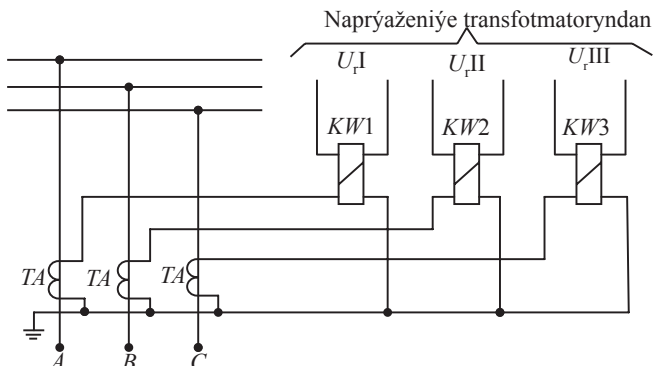
1) Rele goragynyň ýerleşen ýeriniň golaýynda gysga utgaşmada U_r naprýaženiýäniň pese gaçmagy;

2) $\sin(a-\varphi_p)$ burçlar deň ýa-da nola ýakyn bolanda φ_r burçuň ululygy goragyň işlemegi üçin ýeterlik däl. Şonuň üçin hem birinjiden, rele birikdirilende gysga utgaşmada naprýaženiýäniň nola çenli peselmeyän naprýaženiýesine birikdirmelidir. Ikinjiden, relä berilýän tok we naprýaženiýe, olaryň arasyndaky φ_r burç gysga utgaşmada nola ýakynlaşmaz ýaly saýlanýlar.

Birinji şert diňe birfazaly we ikifazaly gysga utgaşmada ýerine ýetirilýär. Üçfazaly gysga utgaşmada ähli faza we fazaara naprýaženiýeler nola çenli peselmegi mümkin.

Häzirki zaman shemalarda maksimal goraglaryň gönükdirilen kuwwat releleri 90° we käwagtlar 30° shemalara birikdirilýär.

7.1-nji tablisadaky toklaryň we naprýaženiýeleriň birikdirilişi 7.5-nji çyzgyda görkezilen shema üçin ulanylýar.

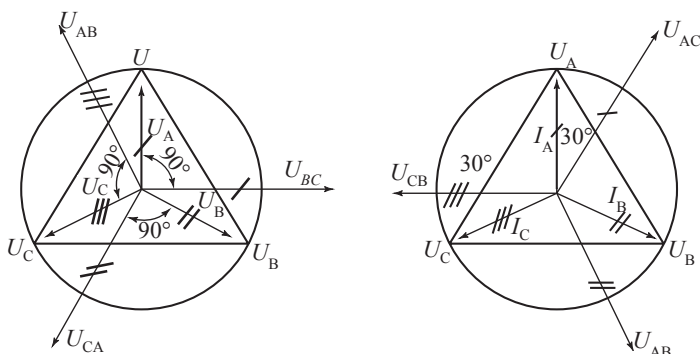


7.5-nji çyzgy. Gönükdirilen kuwwat relesiniň birikdiriliş shemalary

7.1-nji tablisa

90° shema birikdirilişi			30° shema birikdirilişi		
Rele	I_r	U_r	Rele	I_r	U_r
I	I_A	U_{BC}	I	I_A	U_{AC}
II	I_B	U_{CA}	II	I_B	U_{BA}
III	I_C	U_{AB}	III	I_C	U_{CB}

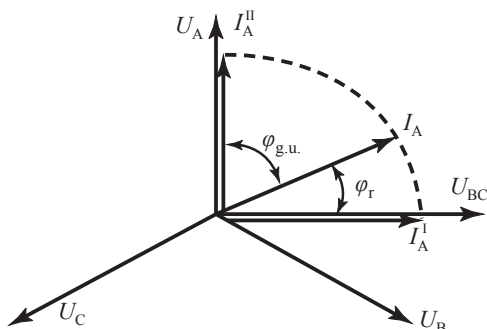
30° we 90° shema diýlip şertli atlandyrylýar. Simmetrik üçfazly iş düzgüninde, faza toklary birmeňzeş, fazadaky naprýaženiýe bilen gabat gelen şertinde, relä berilýän toklaryň we naprýaženiýäniň arasyndaky φ_r burça görä shema atlandyrylýar (7.6-njy çyzgy).



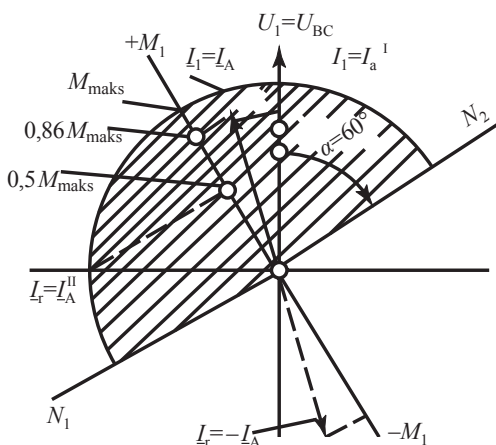
7.6-njy çyzgy. Gönükdirilen kuwwat relesine berilýän naprýaženiýeleriň we toklaryň wektor diagrammalary:

a – 90° shema; b – 30° shema

Mysal hökmünde PBM-görnüşli gönükdirilen kuwwat relesiniň işi-
ne seredeliň. Bu reläniň maksimal duýgurlyk burçy $\varphi_{m.d} = -30^\circ$, 90°



7.7-nji çyzgy. Liniýada üçfazly gysga
utgaşmada A fazanyň togunyň we naprýaženiýesiniň wektor diagrammalary



7.8-nji çyzgy. Gönükdirilen kuwwat relesi
 $M_{wr} = k, U_r I_r \sin(60^\circ - \varphi_r)$ momentinde lini-
ýanyň we reläniň gysgyçlarynda toklaryň
we naprýaženiýeleriň wektor diagram-
malary. Položitel momentleriň zolagy
strihlenen

$\varphi_{g.u.} = 0$. Alnan wektor diagrammalaryň esasynda reläniň gysgyçla-
ryndaky toguň we naprýaženiýäniň arasyndaky, ýagny U_{BC} we I_A
arasyndaky burç süýşmesi $\varphi_r = \varphi_k - 90^\circ$, onuň çäk bahasy φ_k baglylyk-
da 0° -dan 90° aralykda üýtgeýändigini kesgitlenilýär. φ_k bahasyna gö-

shema görnüşinde birikdiri-
len. Bu reläniň içki süýşme
burçy:

$$\alpha = 90^\circ + \varphi_{m.d} = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

Şeýle reläniň momenti

$$M = K U_r I_r \cos(\varphi_r + 30^\circ).$$

$I_r = I_A$ toga we $U_r = U_{BC}$
naprýaženiýe birikdirilen
rele üçin, grafiki usul bilen
seljerme geçirilýär. 7.7-nji
çyzgyda liniýadaky üçfaza-
ly gysga utgaşmada I_A toguň
we naprýaženiýäniň wektor
diagrammasy görkezilendir.

I_A tok U_A naprýaže-
niýeden zeper ýeten ýerde
döreyän duganyň aktiw gar-
şylygynyň täsiri we şinadan
gysga utgaşma nokadyna
liniýanyň aktiw we reaktiw
garşylygynyň gatnaşygy bi-
len kesgitlenýän φ_k burç yza
galýar. I_A wektoryň iki çäkli
ýagdaýy bar. Biri I'_A – aras-
sa reaktiw garşylygyň üs-
tünden gysga utgaşma, onda
 $\varphi_{g.u.} = 90^\circ$. Ikinjide I''_A – lini-
ýanyň başynda duganyň üs-
tünden gysga utgaşma, onda

rä reläniň momentiniň ululygy we belgisi kesgitlenilýär. Bu maksat bilen gysga utgaşmanyň seredilýän ýagdaýy üçin reläniň gysgyçlaryndaky toguň we naprýaženiýäniň diagrammasy gurulýar.

U_r naprýaženiýäniň wektoryna görä berlen reläniň görnüşini üçin $N_1 N_2$ momentleriň belgisiniň üýtgeме liniýasy we $M_1 M_2$ maksimal momentiniň liniýasy girizilýär.

$I_A \sin(\alpha + \varphi_r)$ -deň bolan maksimal momentiniň liniýasyna I_A toguň proyeksiýasy, momentiniň ululygyny we belgisini häsiýetlendirýär.

Gysga utgaşma zolagynda bolsa, I_A toguň proyeksiýasynyň položitel belgisi, gysga utgaşma zolagyndan daşynda bolsa otrisatel belgisi bar. I_A faza tok 180° üýtgeýär.

7.4. Abat fazanyň toguna birikdirilen kuwwat relesiniň işleýşi

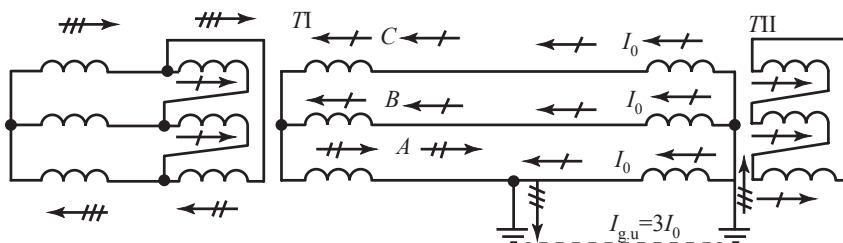
a) Abat fazanyň toklary. Ulanyjylary iýmitlendirýän liniýadaky ikifazaly gysga utgaşmada abat fazadan I_y ýüküň togy akýar.

Neýtraly ýere gönümel birikdirilen elektrik setlerinde ýere (bir we ikifazaly) gysga utgaşmada abat fazada ýüküň I_y togundan başga-da gysga utgaşmanyň $I_{g.u}$ togunyň üleşleri döreyär. Onuň ululygy hasaplama bilen kesgitlenilýär we gysga utgaşma ýerindäki I_0 nol yzygiderligiň togunyň bölegine deň. Şeýlelikde, ýere gysga utgaşmada abat fazanyň doly togy:

$$I_{a.f} = I_y + k I_{g.u}$$

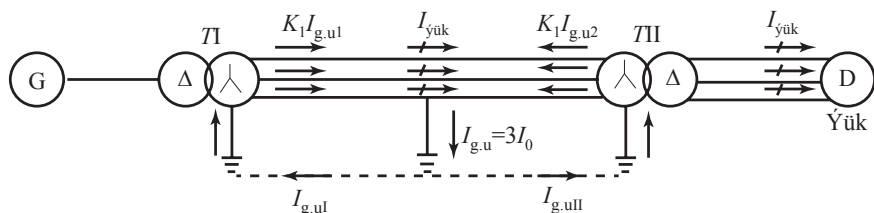
bu ýerde k – abat fazadaky $I_{g.u}$ togunyň bölegini hasaba alýan koeffisiýent.

7.9-njy çyzgyda abat fazada gysga utgaşma togunyň döremeginiň sebäpleri görkezilendir.



7.9-njy çyzgy. Neýtraly ýere gönümel birikdirilen elektrik setinde gysga utgaşma togunyň akýş ugry

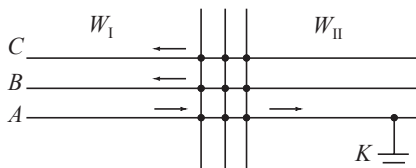
Birfazaly gysga utgaşmada tok zeper ýetme nokadynyň we ýeriň üstünden TII transformatoryň nol nokadyna akýar. Bu ýerde tok TII transformatoryň üç fazasyna bölünýär we TI transformatoryň sarymynyň üstünden zeper ýeten ýere gaýdyp gelýär. Bu ýagdaýda abat B we C fazanyň üstünden geçýän gysga utgaşmanyň toklary zeper ýeten ýerden geçýän $I_{g.u}$ toguň $1/3$ bölegine deň. Şonuň üçin $k=1/3$ ýa-da $k_{lg.u}=I_0$.



7.10-njy çyzgy. Abat fazanyň ýüküniň toguna zeper ýeten ýeriniň toklarynyň goşulmagy

Liniýanyň iki tarapyndaky transformatorlar ýere birikdirilen bolsa (7.10-njy çyzgy), abat fazada $kI_{g.u}$ tok döreýär. Bu tok $k_l I_{g.u.I} - k_l I_{g.u.II}$ deňdir.

b) Abat fazadaky toklaryň relä täsiri. Abat fazada şahalanýan $k_l I_{g.u} = k3I_0$ zeper ýetme togunyň düzüjisi we I_y ýüküň togy, zeper ýeten fazadaky reläniň momentine garşy moment döretmegi mümkin. Şonuň üçin hem abat fazanyň toguna birikdirilen gönükdirilen kuwwat relesiniň nädogry işlemegi mümkin. Mysal üçin, W_{II} liniýada gysga utgaşmada W_I liniýanyň abat B we C fazalaryndaky kuwwatyň ugry kuwwat relesiniň ugry bilen gabat gelip, abat liniýany öçürmäge rugsat berýär (7.11-nji çyzgy).



7.11-nji çyzgy. Abat we zeper ýeten fazalarda toklaryň ugry

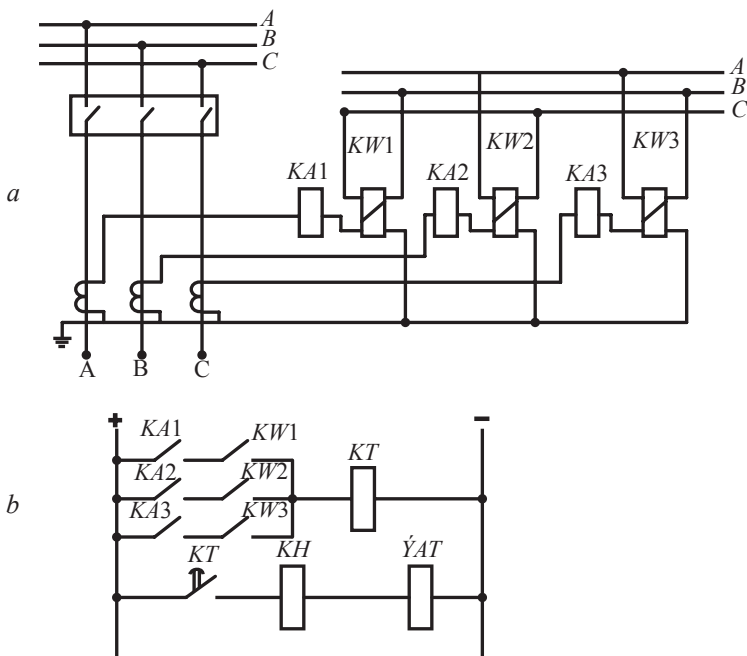
Üçfazaly kuwwat relesi abat fazanyň togunyň esasynda nädogry işlemegi mümkin. Bu reläniň momentiniň jemi:

$$M_r = M_A + M_B + M_C.$$

Eger A fazada zeper ýetmede abat fazalaryň M_B we M_C toklarynyň momentleri M_A momentde garşylykly we abat fazalaryň momentleriniň jemi A fazanyň M_A -dan uly bolsa, $(M_B + M_C) > M_A$ onda WI liniýanyň relesi nädogry işleýär.

ç) Fazalaryň aýratynlykda işe goýberilişi. Abat fazanyň kuwwat relesiniň nädogry işlemeginiň önüni almak üçin fazalar aýratynlykda işe goýberilýär. Bu usulda işe goýberiji rele tarapyndan diňe zeper ýeten fazanyň kuwwat relesiniň öçürilmegine rugsat berilýär.

Fazalary aýratynlykda işe goýberilýän birfazaly kuwwat relesiniň shemasy, kuwwat relesini şol bir tokdan iýmitlenýän işe goýberiji reläniň operatiw togundan iýmitlendirilmelidir (7.12-nji çyzgy). Üçfazaly kuwwat releli goragda faza görä aýratynlykda işe goýbermek üçin kuwwat relelerine işe goýberiji releleriň kontaktlarynyň üstünden naprýaženiýe berilýär (7.12-nji çyzgy). Abat faza birikdirilen işe goýberiji rele gysga utgaşma momenti täsir etmeýär, şonuň üçin hem bu tok relesiniň okunda moment döretmeýär. Faza görä işe goýbermek birfazaly releleriň shemalarynda hem ulanylýar.

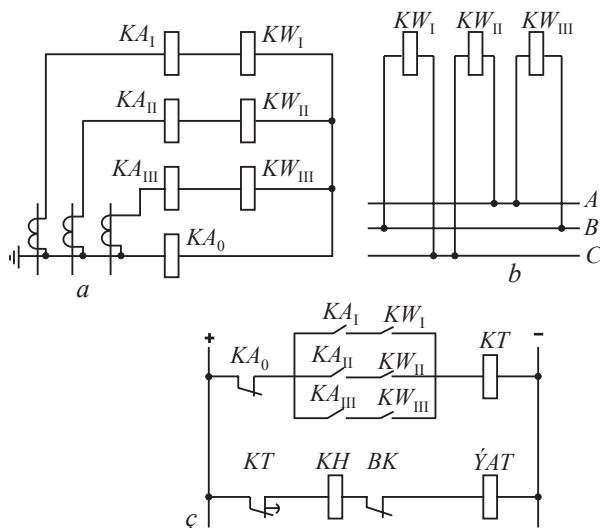


7.12-nji çyzgy. Fazalary aýratynlykda işe goýberilýän birfazaly kuwwat releli gönükdirilen maksimal goragyň shemasy:

a – tok we naprýaženiýe zynjyry; *b* – operatiw toguň zynjyry

7.5. Ýere gysga utgaşmada gönükdirilen maksimal goragyň blokirowkasy

Birfazaly gysga utgaşmadan goramak üçin nol yzygiderligiň toguny we naprýaženiýesini hasaba alýan nol yzygiderligiň tok goragy ulanylýar. Şonuň üçin faza toga birikdirilen gönükdirilen maksimal tok goragy fazaara gysga utgaşmadan goramak üçin ulanylýar. Şeýlelikde, birfazaly ýere gysga utgaşmada gönükdirilen tok goragy KA_0 tok relesi bilen blokirlenýär. Ýyllyz görnüşinde birikdirilen tok transformatorlarynyň nol geçirijilerine KA_0 tok relesi birikdirilýär we ýere gysga utgaşmada işleýär hem-de goragyň öçürmek mümkinçiligini aýryp, çeşmesini üzýär (7.13-nji çyzgy).



7.13-nji çyzgy. Ýere gysga utgaşmadan blokirowkaly gönükdirilen maksimal goragyň aýyk görnüşdäki shemasy:

a – tok zynjyry; *b* – naprýaženiýe zynjyry; *ç* – hemişelik toguň zynjyry

Ikifazaly gysga utgaşmada abat fazadaky kuwwat relesiniň işlemeginiň önüni almak üçin, goragy faza görä işe goýbermegiň shemasy ulanylýar. Ýere gysga utgaşmadan blokirowkaly goragyň işe goýberiji relesiniň işleme togy ikifazaly gysga utgaşma wagtynda abat fazadan akýan I_y ýüküň toguna görä saýlanylýar. Bu ýagdaýda zeper ýetmegiň toguny hasaba almak hökmany däl. Goragyň duýgurlygy ýokarlanýar we işe goýberiji reläniň işleme toguny saýlamak ýönekeýleşýär.

7.6. Goragyň goýluş parametrlerini saýlamak

a) Işe goýberiji reläniň işleme togy. Goragyň nädogry işlemeginiň önüni almak üçin, işe goýberiji reläniň işleme togy saýlananda ýüküň toguny, heläkçilikden soňky iş düzgüninde elektroherketlendirijiniň öz-özünden işe goýberiji toguny we neýtraly ýere birikdirilen elektrik setindäki gysga utgaşmada abat fazada toguň döremegini hasaba almalydyr.

1-nji şert boýunça goragyň işleme togy $I_{\text{gor.iş.}}$ maksimal tok goragyň formulasy bilen kesgitlenilýär:

$$I_{\text{gor.iş.}} = \frac{K_{\text{öz-öz}}}{K_{\text{yza gaý}}} K_{\text{ätiyaç}} I_{\text{ý.maks}} \quad (7.2)$$

Ýüküň maksimal togy $I_{\text{ý.maks}}$ iň agyr, ýöne ulanyşda (ekspluatasiýada) gabat gelýän iş düzgünü arkaly kesgitlenilýär.

2-nji şert boýunça goragyň işleme togy aşakdaky aňlatma bilen kesgitlenilýär:

$$I_{\text{gor.iş.}} = k_{\text{ygt.}} I_{\text{a.faza}} \quad (7.3)$$

bu ýerde $I_{\text{a.faza}} = I_{\text{a}} + k I_{\text{g.u.}}$, $K_{\text{ygt.}}$ – ygtybarlylyk koeffisiýent, $K_{\text{ygt}} = 1,15-1,3$ -e deň.

Goragyň duýgurlygynyň ýeterlik bolmagy üçin:

$$I_{\text{gor.iş.6}} < I_{\text{gor.iş.4}} < I_{\text{gor.iş.2}} \quad (7.4)$$

$$I_{\text{gor.iş.3}} < I_{\text{gor.iş.5}} < I_{\text{gor.iş.7}} \quad (7.5)$$

Gysga utgaşmada işe goýberiji reläniň duýgurlygy maksimal tok goragyň duýgurlygy ýaly kesgitlenilýär.

b) Goragyň wagt saklanmasy. Saýlaýjylyk şertine görä wagt saklanmasy saýlanylýar. Bu maksat üçin şol bir ugra täsir edýän goraglar wagt saklanmasyny ylalaşmaly. Goragyň täsir ediş ugruna baglylykda goraglar iki topara bölünýär:

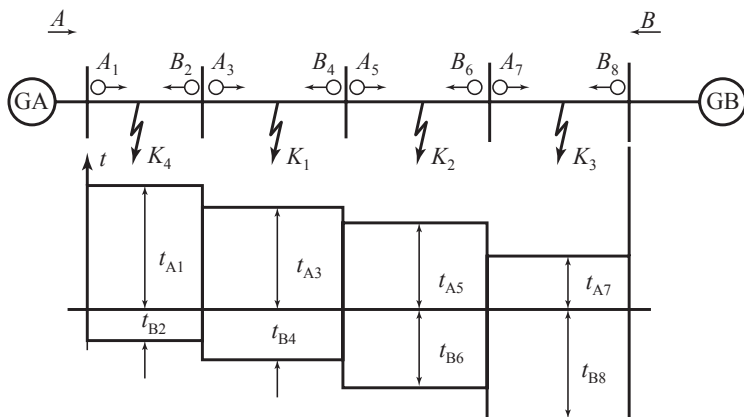
1. A peýkama görä gysga utgaşmanyň kuwwatynyň ugruna täsir edýän A_1, A_3, A_5 we A_7 goraglar (A çeşmeden);

2. Gysga utgaşmanyň kuwwatynyň ters ugruna täsir edýän B_2, B_4, B_6 we B_8 goraglar (B çeşmeden).

Olaryň wagt saklanmasy (7.1) we (7.2) şertleri kanagatlandyrmaly. Bu şertleri üpjün etmek üçin:

$$t_{A7} < t_{A5} < t_{A3} < t_{A1} \quad \text{we} \quad t_{B2} < t_{B4} < t_{B6} < t_{B8}.$$

Iki garyşyk goraglaryň arasyndaky wagt basgançagyny Δt bilen aňladyp, goraglaryň täsir wagtларыnyň ylalaşygynyň grafigini 7.14-nji çyzgyda görkezeliň.



7.14-njy çyzgy. Wagt saklanmasyny saýlamagyň basgançakly düzgüni

7.14-nji çyzgydaky wagt saklanmasynyň diagrammasyndan görnüşü ýaly täsir etmegiň ugrunyň hemme goraglar üçin zerurlygy ýok. Mysal üçin, A_3 goragyň wagt saklanmasy B_2 goragyň wagt saklanmasyndan uly, şonuň üçin hem şinada gysga utgaşmada A_3 goragyň saýlaýjylygyny ugur organsyz üpjün etmek mümkin. B_6 gorag üçin şeýle görnüşde ýerine ýetirilýär. Şeýlelikde, saýlaýjylygy üpjün edip bilmeýän goraglarda ugur organy ulanylýar. Wagt saklanmasynyň kömegi bilen goragyň saýlaýjylygyny üpjün etmek mümkin bolsa, maksimal tok goragy ulanylýar. Setiň haýsy nokadynda maksimal tok goragyny ulanmak boljakdygyny anyklamak üçin ilki bilen garşylykly basgançakly düzgüne görä wagt saklanmasyny saýlamaly.

7.7. Goragyň täsir etmeýän zolagy

Goragyň ýerleşen ýeriniň golaýynda gysga utgaşmada naprýaženiýäniň ululygynyň ýeterlik däldigi üçin kuwwat relesi işlemeýär (7.15-nji çyzgy).

Liniýanyň m uçastogynda kuwwat relesiniň gysgyçларыndaky kuwwat reläniň işleme kuwwatyndan kiçi bolup, rele işlemeýär. Bu aralyk goragyň täsir etmeýän zolagy diýlip atlandyrylýar.

Goragyň duýgurlygyny häsiýetlendirmek üçin goragyň täsir etmeýän zolagynyň uzynlygyny bilmeli. Goragyň täsir etmeýän zolagyny M nokatdaky üçfazly gysga utgaşma üçin hasaplanylýar.

Goragyň täsir etmeýän zolagyny hasaplamak üçin reläniň gysgyçlaryndaky U_r naprýaženiýäniň in kiçi bahasyňy kesgitlemeli.

Kuwwat relesi üçin goragyň täsir etmeýän zolagy aşadaky görnüşde kesgitlenilýär:

$$S_{r.iş} = U_r I_r \sin(\alpha - \varphi_r). \quad (7.6)$$

Goragyň täsir etmeýän zolagynyň ahyrynda M nokatda gysga utgaşmada (7.16-njy çyzgy):

$$U_r = U_{r.iş} \frac{S_{r.iş}}{I_r \sin(\alpha - \varphi_r)}. \quad (7.7)$$

$U_{r.iş}$ – reläniň işleme naprýaženiýesini hasaplamak üçin:

1. $S_{r.iş}$ – reläniň işleme kuwwaty tejribe üsti bilen ýa-da zawodyň berlenleri boýunça kesgitlenilýär.

2. Liniýanyň başynda üçfazly gysga utgaşmada reläniň togy hasaplanylýar:

$$I_r = \frac{I_{kn}^{(3)}}{K_{tr}}.$$

3. $\sin(\alpha - \varphi_r)$ hasaplanýar. Bu ululygy hasaplamak üçin:

$$\psi_k = \arctg(s_0/r_0),$$

bu ýerde x_0 we r_0 – liniýanyň udel reaktiw we aktiw garşylyklary.

φ_k -ny we reläniň birikdiriliş shemasyny bilip, φ_r kesgitlenilýär.

Mysal üçin, 90° shema üçin: $\varphi_r = \varphi_k - 90^\circ$

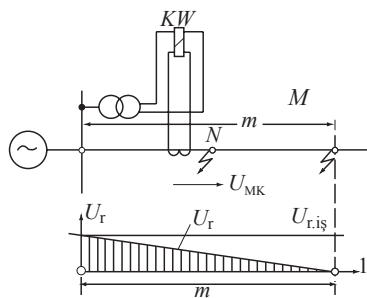
α – içki süýşme burçy bilip $(\alpha - \varphi)$ kesgitlenilýär.

4. Bu aňlatmalary 2-nji formulada goýup, $U_{r.iş}$ reläniň işleme naprýaženiýesi kesgitlenilýär.

Olardan soň reläniň işlemegi üçin zerur bolan birinji faza naprýaženiýesi $U_{f.1}$ kesgitlenilýär.

Eger onda rele faza naprýaženiýesine birikdirilen bolsa,

$$U_{f.1} = U_{r.iş} K_{TV}.$$



7.15-nji çyzgy. Gönükdirilen kuwwat relesiniň täsir etmeýän zonasý

Bu ýerde K_{TV} – naprýaženiýe transformatorynyň transformasiýa koeffisiýenti.

Eger liniýa naprýaženiýä birikdirilen bolsa,

$$U_{f.l} = U_{r.iş} / \sqrt{3}.$$

m uçastok üçin Z_m garşylygyň ululygy aşakdaky ýaly kesgitlenilýär:

$$Z_m = \frac{U_{f.l}}{I_{k.N}}.$$

Goragyň täsir etmeýän zolagynyň uzynlygy:

$$m = \frac{Z_m}{Z_0},$$

bu ýerde Z_0 – 1 km liniýanyň udel garşylygy:

$$Z_0 = \sqrt{S_0^2 + R_0^2}.$$

Goragyň täsir etmeýän zolagy goragyň ýetmezçiligidir.

7.8. Togy gönükdirilen goragy gysgaça bahalandyrmak

Togy gönükdirilen goragyň täsir ediş düzgüni ýönekeý we ygtybarly bolup, ikitaraplaýyn iýmitlenýän elektrik setlerinde saýlaýjylygy üpjün edýär. Togy gönükdirilen goragyň gysga utgaşmada çalt öçürilmegi we duýgurlygy ýeterlikdir. Ulanyş tejribesi gönükdirilen tok goragynyň ygtybarly işleýändigini görkezdi.

Goragyň ýetmezçiligi:

1. Iýmitlendiriji çeşmäniň golaýynda goragyň wagt saklanmasy uly;
2. Uly ýükli setlerde duýgurlygy ýeterlik däl;
3. Üçfazly gysga utgaşmada goragyň täsir etmeýän zolagy bar;
4. Gönükdirilen kuwwat relesini iýmitlendirýän naprýaženiýe zynjyry üzülende ugry ýalňyş saýlap almak mümkinçiligi bar.

VIII BAP

ÝERE GYSGA UTGAŞMADAN GORAÝAN GORAG

8.1. Umumy maglumat

Ýere gysga utgaşmada liniýany goramak üçin nol yzygiderliginiň toguny we kuwwatyny hasaba alýan gorag ulanylýar. Nol yzy-

gideriligiň goragy maksimal tok gorag, tokdan bölüp aýyryan gorag we gönükdirilen gorag görnüşinde ýerine ýetirilýär.

Elektrik setiniň islendik nokadynda nol yzygiderligiň togy we naprýaženiýesi:

$$\underline{I}_o = \frac{1}{3}(\underline{I}_A \cdot \underline{I}_B + \underline{I}_C); \quad (8.1)$$

$$\underline{U}_o = \frac{1}{3}(\underline{U}_A \cdot \underline{U}_B + \underline{U}_C), \quad (8.1a)$$

bu ýerde $\underline{I}_A, \underline{I}_B, \underline{I}_C, \underline{U}_A, \underline{U}_B, \underline{U}_C$ – elektrik setiniň islendik nokadyndaky faza toklary we naprýaženiýeleri.

Faza toklarynyň we faza naprýaženiýeleriniň geometriki jemi nola deň bolsa, onda I_0 we U_0 nola deň. Şonuň üçin hem kadaly iş düzgüninde, çäýkanmada we fazalaryň arasynda gysga utgaşmada I_0 we U_0 döremeyär we diňe ýere gysga utgaşmada ýa-da doly däl faza iş düzgüninde I_0 we U_0 ýüze çykýar.

8.2. Nol yzygiderliginiň maksimal tok goragy

a) Goragyň täsir ediş düzgüni we shemasy. Gorag işe goýberiji we wagt relesinden durýar (8.1-nji çyzgy). Doly ýyldyz shema görnüşinde birikdirilen tok transformatorlarynyň nol geçirijisine KA_0 toguň relesi nol yzygiderligiň togunyň filtri ýaly birikdirilýär. 2-nji wagt relesi saýlaýjylyk şertine görä wagt saklaýar.

Tok relesiniň ikinji sarymynyň üç fazasynda togy:

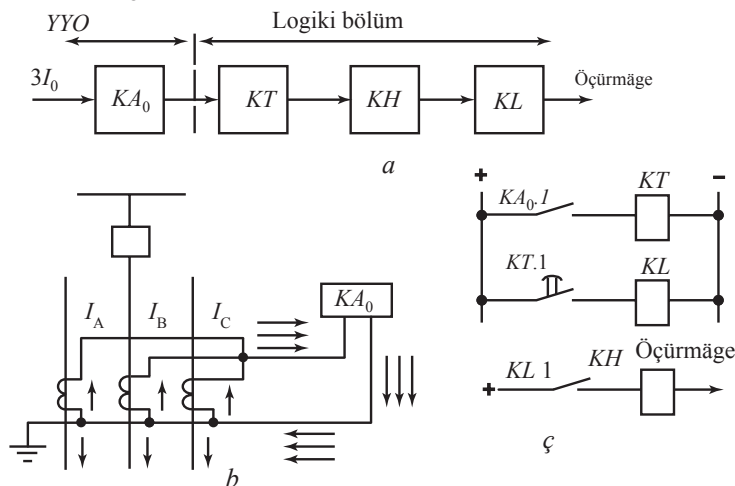
$$\underline{I}_T = \underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c = \frac{\underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C}{K_{TA}} = \frac{3I_0}{K_{TA}}. \quad (8.2)$$

8.1-nji çyzgydaky shemada gorag diňe birfazaly we ikifazaly ýere gysga utgaşmada işleýär.

Fazalaryň arasynda gysga utgaşmada, ýükde we çäýkanmada nol yzygiderligiň goragy täsir etmeýär. Bu iş düzgüninde: $\underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C = 0$ we I_0 tok döremeyär. Nol yzygiderliginiň goragynyň artykmaçlygy ýükde täsir etmeýär. Şoňa baglylykda goragyň işleme toguny kadaly iş düzgüniniň we aşa ýüküň toguna sazlamak zerurlygy ýok.

Ýöne tok transformatorynyň ýalňyşlygy netijesinde goragyň işi kynlaşýar. Ýagny, tok transformatorynyň 1-nji sarymynyň toklary deňlik berýär: $\underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C = 0$.

2-nji sarymynyň toklary tok transformatorynyň ýalňyşlygy netijesinde $I_A + I_B + I_C \neq 0$.



8.1-nji çyzygy. Nol yzygiderliliginiň tok goragynyň shemasy:

a_A – struktura shemasy; b – tok zynjyry; ζ – elektromehaniki releli rele goragynyň operatiw zynjyrynyň shemasy

Fazalaryň arasynda gysga utgaşmada, ýükde we çäýkanmada nol yzygiderliliginiň goragy täsir etmeýär. Bu iş düzgüninde: $I_A + I_B + I_C = 0$ we I_0 tok döremeýär.

Nol geçirijide we işe goýberiji relede deňsizlik togy ($I_{d.s}$) diýlip atlandyrylýan galyndy tok ýüze çykýar. Ol goragyň ýalňyş işlemegine getirip bilýär.

b) Deňsizlik togy. Tok transformatorynyň magnitlenme toguny hasaba alyp, $I_{d.s}$ bahasyny tapyp bolýar:

$$I_r = \left(\frac{I_A - I_{A.mag}}{K_{TA}} \right) + \left(\frac{I_B - I_{B.mag}}{K_{TA}} \right) + \left(\frac{I_C - I_{C.mag}}{K_{TA}} \right) = \left(\frac{I_A - I_{A.mag}}{K_{TA}} + \frac{I_B - I_{B.mag}}{K_{TA}} + \frac{I_C - I_{C.mag}}{K_{TA}} \right). \quad (8.3)$$

(8.3) aňlatmadaky 2-nji agza deňsizlik togy. Ony $I_{d.s}$ diýip belgiläp we aňlatmanyň 1-nji agzasyny I_0 arkaly aňladyp alarys:

$$I_r = \frac{3I_0}{K_{TA}} - I_{d.s}. \quad (8.4)$$

Ýokarky aňlatmadan görnüşi ýaly, goragyň işe goýberiji relisiniň togy iki düzüjiden durýar:

1. I_0 – birinji tok bilen şertlenýär.
2. Tok transformatorynyň ýalňyşlygy bilen şertlenýär:

$$I_{d.s} = \left(\frac{I_{A.mag}}{K_{TA}} + \frac{I_{B.mag}}{K_{TA}} + \frac{I_{C.mag}}{K_{TA}} \right). \quad (8.5)$$

Magnitlenme toklarynyň jemi nola deň däl. Sebäbi magnitlenme toklary sinusoidal däl formadadyr we olar ululygy hem-de fazasy boýunça tapawutlanýarlar. Tok transformatorlarynyň ikinji sarymlarynyň ýükleri dürli fazalarda deň däl.

Deňsizlik toguny çäklendirmek üçin tok transformatorlarynyň magnitlenme häsiýetnamasy doýgunlaşmadyk ýagdaýda işlemelidir we hemme fazalarda magnitlenme toklary deň bolmalydyr. Bu şertleri üpjün etmek üçin tok transformatorlary:

a) goňşy uçastogyň başlangyjynda üçfazly gysga utgaşmanyň maksimal bahasynda 10% ýalňyşlyk şertini üpjün etmeli;

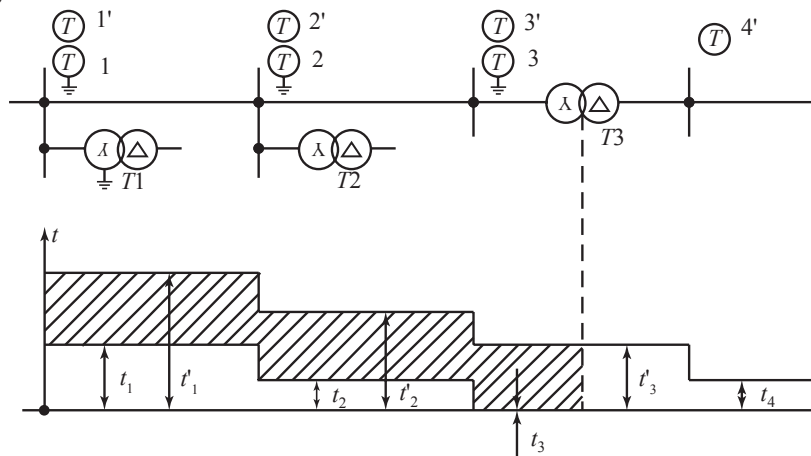
b) üç fazanyň magnitlenme häsiýetnamalary birmeňzeş bolmaly;

ç) ikinji zynjyryň hemme fazasynda ýükler deň bolmaly;

Goragyň deňsizlik togunda işlemezligi üçin goragyň işe goýberijileri releleriniň işleme toklary deňsizlik togundan saýlanylmalydyr.

ç) Goragyň goýluş parametrleri. Goragyň täsir wagty basgançakly düzgün boýunça neýtraly gönümel ýere birikdirilen transformator tarapyna ýokarlanýan görnüşinde saýlanylýar (8.2-nji çyzgy).

Eger ýokary we pes napryženiýeli elektrik setler sarymlary Y/Y ýa-da Y/Δ birikdirilen $T3$ transformatory arkaly baglanyşykly bolsa, $T3$ transformatorunda ýerleşdirilen 3 nol yzygiderliligiň goragy çalt işleýär.



8.2-nji çyzgy. Nol yzygiderliligiň maksimal tok goragynyň wagty saklanmasy-ny basgançakly düzgün boýunça saýlanylyşy: $t_3 < t_2 < t_1$

Nol yzygiderliliginiň maksimal goragynyň işe goýberiji relesiniň işleýän togy ikinji uçastogynyň ahyrynda gysga utgaşmada ygtybarly täsir etmek we toguň deňsizlik şerti boýunça saýlanylýar.

1-nji şert boýunça: $I_{\text{gor.iş}} < 3I_{\text{ok.min}}$;

2-nji şert boýunça: $I_{\text{gor.iş}} > I_{\text{d.s.maks}}$;

2-nji şert kesgitleýji şert bolup:

$$I_{\text{gor.iş}} = K_{\text{ätiýaç}} I_{\text{d.s.maks}} \quad (8.6)$$

Bu ýerde $K_{\text{ätiýaç}} = 1,3 \div 1,5$

$I_{\text{d.s.maks}}$ tok goragynyň wagt saklanmasyna baglylykda gysga utgaşma iş düzgüni ýa-da kadaly iş düzgüni üçin hasaplanylýar.

d) Goragyň duýgurlygy duýgurlyk koeffisiýenti bilen häsiýetlendirilýär:

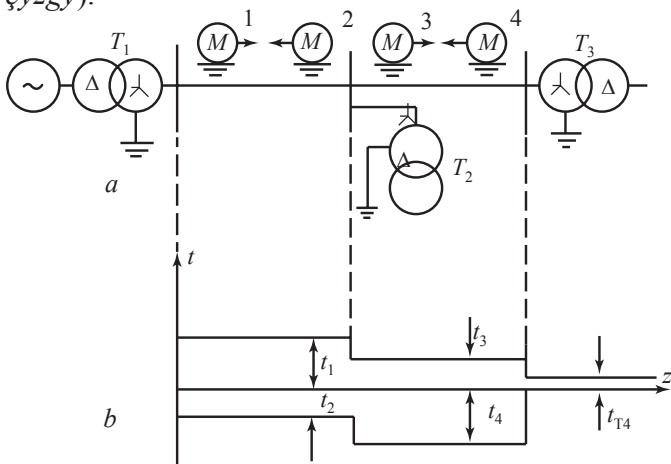
$$K_{\text{duý}} = \frac{3I_{0.\text{min}}}{I_{\text{gor.iş}}}, \quad (8.7)$$

bu ýerde $I_{0.\text{min}}$ – 2-nji böleginiň ahyrynda birfazaly we ikifazaly ýere gysga utgaşmada nol yzygiderliliginiň minimal togy.

$K_{\text{duý}} \geq 1,5$ bolsa ygtybarlyk ýeterlik hasaplanýar.

8.3. Nol yzygiderliliginiň gönükdirilen tok goragy

Nol nokatlary ýere birikdirilen elektrik setleriň uçastoklarynyň iki tarapynda ýerleşdirilen nol yzygiderliliginiň maksimal tok goragynyň saýlaýjylygy gönükdirilen kuwwat relesi bilen ýerine ýetirilýär. (8.3-nji çyzgy).

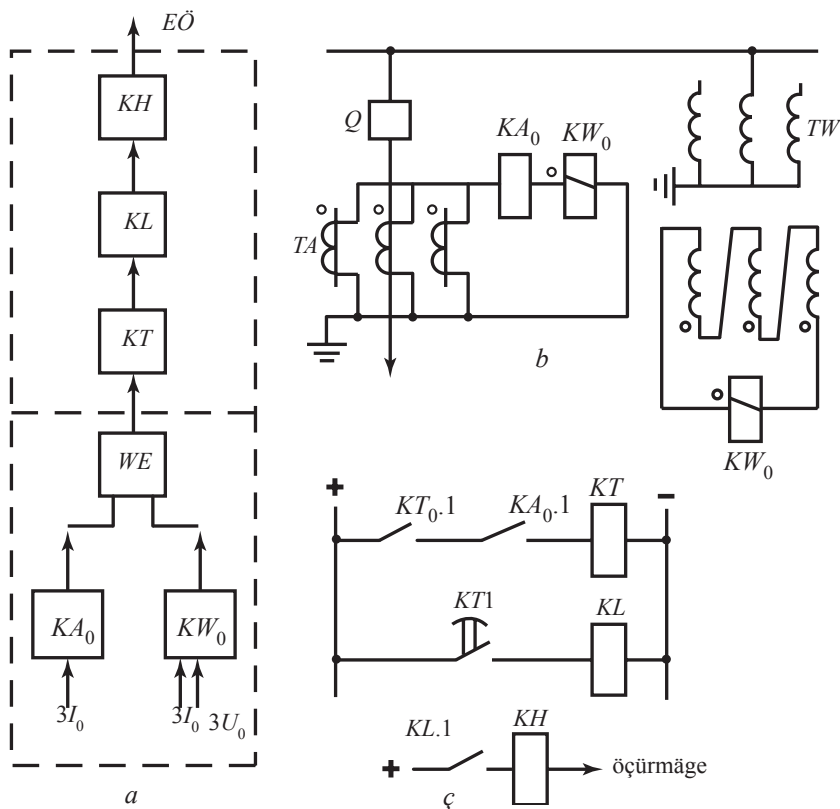


8.3-nji çyzgy. Nol yzygiderliliginiň gönükdirilen maksimal goragynyň ýerleşşi (a) we olaryň wagt saklanma grafiği (b)

Nol yzygiderlilikiniň gönükdirilen goragy goralýan liniýada gysga utgaşmada täsir edýär. Goragyň wagt saklanmasy basgançakly düzgün boýunça saýlanylýar.

Goragyň shemasy 8.4-nji çyzgyda görkezilendir. Gorag ýere gysga utgaşmanyň döremegini duýýan KA_0 tok relesinden, gysga utgaşmada kuwwatyň ugruny kesgitleýän KW_0 kuwwat relesinden we saýlaýjylyk şertine görä, gerek bolan wagt saklanmasyny üpjün edýän KT wagt relesinden durýar.

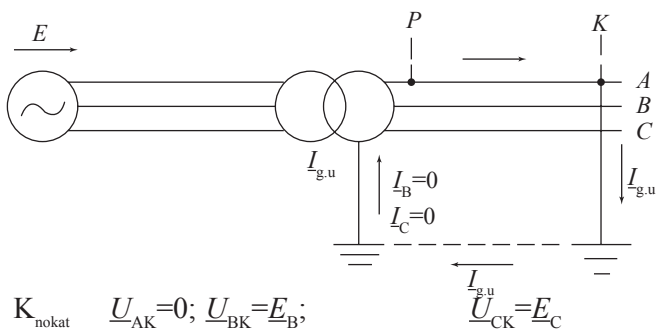
Kuwwat relesiniň tok sarymy we tok relesi tok transformatorynyň nol geçirijisine birikdirilýär. Kuwwat relesiniň naprýaženiýe sarymy naprýaženiýe transformatorynyň açyk üçburçluk sarymyndan iýmitlenýär. Kuwwat relesiniň şeýle birikdirilmegi $S_0=U_0I_0$ nol yzygiderlilikiniň kuwwatyny sazlaýar.



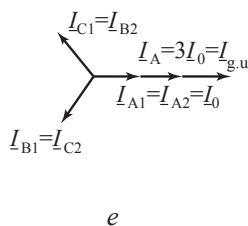
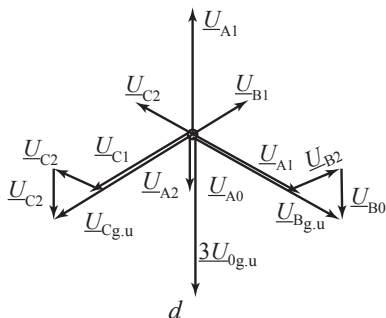
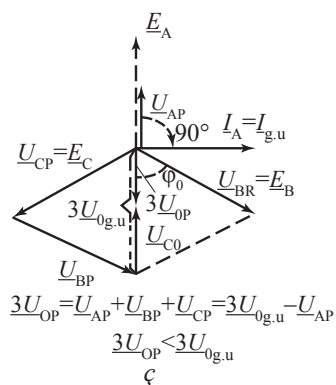
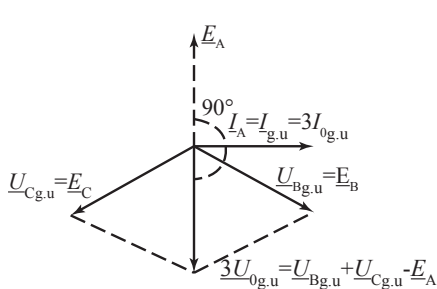
8.4-nji çyzgy. Nol yzygiderlilikiniň gönükdirilen tok goragyň shemasy:

a – struktura shemasy; *b* – naprýaženiýe we tok zynjyrynyň shemasy;

ç – operativ tok zynjyry



$P_{\text{nokat}} \quad \underline{U}_{AP}=\underline{I}_A X_A; \quad \underline{U}_{BP}=\underline{E}_B; \quad \underline{U}_{CP}=\underline{E}_C$



8.5-nji çyzgy. Birfazly gysga utgaşmada toguň we naprýaženiýäniň wektor diagrammalary:

a – setiň shemasy; b – K nokatdaky gysga utgaşmada diagramma; c – P nokatdaky gysga utgaşmada diagramma; d, e – simmetriki düzüjileriň kömegi bilen gurlan diagrammalar

Napryaženiýe sarymynda α burç süýşmesini hasaba alyp, gönükdirilen kuwwat relesi işleýär. Bu ýerde $\varphi_r = \varphi_0 - U_r$ we I_r ýa-da U_0 we I_0 arasynda faza süýşme burçy:

$$S_r = U_r I_r \sin(\alpha - \varphi_r) = 3 U_0 3 I_0 \sin(\alpha - \varphi_0). \quad (8.8)$$

Birfazaly we ikifazaly ýere gysga utgaşmada reläni iýmitlendirýän napryaženiýeleriň we toklaryň wektor diagrammalaryndan kuwwat relesiniň iş şertini we onuň özüni alyp barşyny öwrenip bolýar (8.5-nji çyzgy).

Ýönekeýleşdirmek üçin zeper ýeten liniýa açyk (8.5-nji a çyzgy) diýlip kabul edilýär. Wektor diagrammalary gurmak üçin energoulgamyň ekwiwalent generatorlarynyň elektrik hereketlendiriji güýçleriniň wektorlary gysga utgaşmada üýtgemeyär diýlip kabul edilen.

Birfazaly gysga utgaşma, mysal üçin, A fazada gysga utgaşma 8.5-nji a çyzgydaky şertler bilen häsiýetlendirilýär:

1. E_A elektrik hereketlendiriji güýjüň täsiri bilen A fazadan $I_A = I_{g.u.}$ gysga utgaşmanyň togy akýar. Eger elektrik setiniň aktiw garşylygyny nola deň diýip kabul etsek, onda I_A tok E_A elektrik hereketlendiriji güýçden 90° yza galýar.

2. I_B we I_C abat fazanyň toklary nola deň.

3. Zeper ýeten A fazanyň napryaženiýesi ýeriň K nokadyna otnositellikde $U_{AK} = 0$, sebäbi bu faza ýere göni birikdirilen.

4. Abat fazalaryň U_B we U_C napryaženiýeleri bu fazalaryň elektrik hereketlendiriji güýçlerine deň.

Bu şertlerde zeper ýeten K nokat üçin faza napryaženiýeleriň we toklaryň wektor diagrammalary gurulýar (8.5-nji b çyzgy).

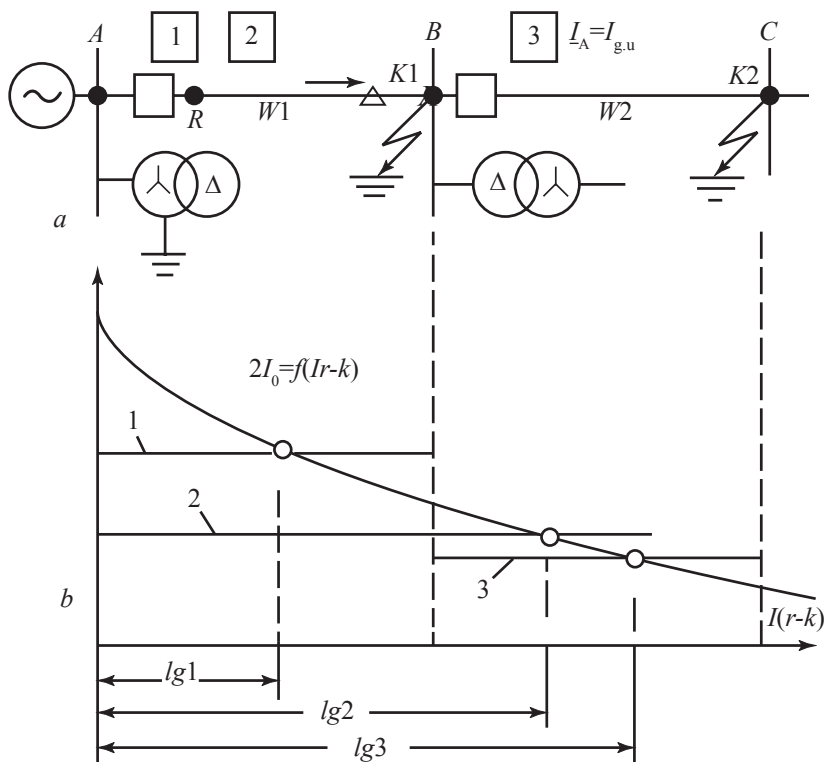
Faza toklarynyň we napryaženiýeleriniň wektorlaryny geometrik goşmak ýoly bilen (8.1a) we (8.1) deňlemeleriň esasynda $3I_0$ we $3U_0$ wektorlar ýerleşdirilýär.

8.4. Nol yzygiderlilikiniň tokdan bölüp aýyryan goragy

a) Tokdan bölüp aýyryan goragyň niýetlenilişi, täsir ediş düzgüni we görnüşleri.

Neýtraly ýere birikdirilen elektrik setlerde ýere gysga utgaşmada öçürmäni tizleşdirmek üçin nol yzygiderlilikiniň toguna görä işleýän tokdan bölüp aýyryan gorag ulanylýar. Nol yzygiderlilikiniň tokdan bölüp aýyryan goragy tok, gönükdirilen, wagt saklanmasyz we wagt saklanmaly görnüşde ýerine ýetirilýär.

b) Nol yzygiderliligiň gönükdirilmedik tokdan bölüp aýyryýan goragy. Liniýanyň bir tarapynda neýtralý ýere birikdirilen transformator bar bolan, birlfazly gysga utgaşmanyň I_0 togy birtaraplaýyn akýan liniýalarda nol yzygiderliligiň tokdan bölüp aýyryýan goragy ulanylýar (8.6-njy çyzgy).



8.6-njy çyzgy.

a – nol yzygiderliligiň tokdan bölüp aýyryýan goragynyň kömegi bilen liniýanyň goragy; b – tokdan bölüp aýyryýan goragyň täsir zolagy we grafiki hasaplamasy

Garşysyndaky podstansiýanyň şinasynda gysga utgaşmanyň $3I_{0\text{maks}}$ toguna görä nol yzygiderliligiň wagt saklanmasyz tokdan bölüp aýyryýan goragy saýlanylýar:

$$I_{\text{gor.iş}} = K_{\text{ätiýaç}} 3I_{0\text{maks}} \quad (8.9)$$

Wagt saklanmaly tokdan bölüp aýyryýan gorag 3 goňşy uçastogyň wagt saklanmasyz nol yzygiderliligiň toguna we wagtyňa görä saýlanylýar (8.6-njy a çyzgy).

$$I_{\text{gor.iş2}} = (I, I \div I, 2) I_{\text{gor.iş3}} \quad (8.10)$$

Wagt saklanmasy: $t_2=t_3+\Delta t$.

Tokdan bölüp aýyrýan goragyň täsir edýän zolagy grafiki 8.6-njy b çyzgyda görkezilişi ýaly egriniň $I_{g.iş}$ göni bilen kesişme nokadynda ýerleşýär.

Wagt saklanmaly tokdan bölüp aýyrýan goragyň shemasy 8.4-nji çyzgydaky ýaly ýerine ýetirilýär. Wagat saklanmasyz tokdan bölüp aýyrýan gorag şeýle görnüşde, ýöne wagat relesiz ýerine ýetirilýär.

Goralýan liniýanyň iki tarapynda neýtraly ýere birikdirilen elektrik setlerinde nol yzygiderliliginiň gönükdirilmedik tokdan bölüp aýyrýan goragyny ulanmak mümkin (8.7-nji çyzgy).

Bu ýagdaýda $I_{gor.iş}$ işleme togy garşysyndaky B podstansiýanyň şinasynda gysga utgaşmada goragyň üstünden geçýän $3I_0$ toga görä saýlanylýar. Eger $3I_{0g.u.2} > 3I_{0g.u.1}$ uly bolsa, tokdan bölüp aýyrýan goragyň duýgurlygy ýeterlik däl. Bu ýagdaýda nol yzygiderliliginiň gönükdirilen tokdan bölüp aýyrýan goragy ulanylýar.

ç) Nol yzygiderliliginiň gönükdirilen tokdan bölüp aýyrýan goragy. Wagat saklanmaly nol yzygiderliliginiň gönükdirilen tokdan bölüp aýyrýan goragynyň shemasy 8.4-nji çyzgyda görkezilen shemadaky ýaly ýerine ýetirilýär. Wagat saklanmasyz nol yzygiderliliginiň gönükdirilen tokdan bölüp aýyrýan goragy shema görnüşinde, wagat relesiz ýerine ýetirilýär.

A podstansiýanyň şinasynda gysga utgaşmada gönükdirilen kuwat organ nol yzygiderliliginiň gönükdirilen tokdan bölüp aýyrýan goragyny blokirlýär.

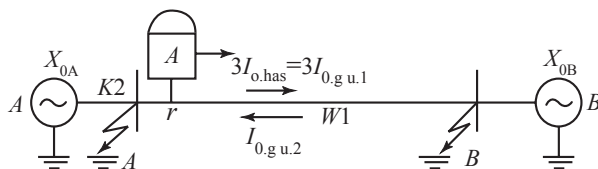
Nol yzygiderliliginiň gönükdirilen tokdan bölüp aýyrýan goragynyň saýlaýjylygyny üpjün etmek üçin B podstansiýada gysga utgaşmada goralýan liniýadan geçýän $I_{0g.u.1}$ toga görä goragy saýlamaly.

Wagat saklanmasyz nol yzygiderliliginiň gönükdirilen tokdan bölüp aýyrýan goragynyň işleme toguny garşysyndaky B podstansiýanyň şinasynda gysga utgaşmada täsir etmez ýaly saýlamaly (8.7-nji a, b çyzgy). Bu şerti ýerine ýetirmek üçin:

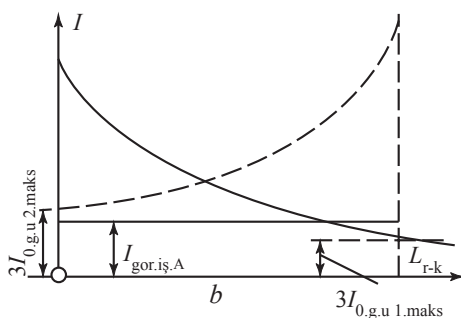
$$I_{gor.iş} = K_{ätiýaç} 3I_{0has}, \quad (8.11)$$

bu ýerde $K_{ätiýaç}$ – ätiýaçlyk koeffisiýenti, PT we ЭТ releler üçin 1,2–1,3, PT-80 rele üçin 1,4 – 1,5-e deň. I_{0has} – goralýan $W1$ liniýadan geçýän in uly tok.

Parallel liniýanyň nol yzygiderliliginiň gönükdirilen tokdan bölüp aýyryýan goragynyň işleme togy saýlananda nol yzygiderliliginiň garşylygyna täsir edýän parallel zynjyryň özara induksiýasyny hasaba almaly.



a



b

8.7-nji çyzgy. I_0 Ikitaraplaýyn setiniň nol yzygiderliliginiň wagt saklanmasyz gönükdirilen tokdan bölüp aýyryýan goragynyň tok parametrini hasaplamaşy:

a – elektrik setiniň shemasy; b – grafiki hasaplama

Iki zynjyryň I_0 togy bir ugra akýan bolsa, bir liniýanyň özara induksiýasy ikinji liniýanyň garşylygynyň ýokarlanmagyna getirýär. Toklar dürli ugra akýan bolsa, liniýanyň garşylygy peselýär. Daşky gysga utgaşmada parallel liniýalarda I_0 toguň maksimal bahasy üç hasaplama shema boýunça kesgitlenilýär. Garşysyndaky podstantsiýanyň şinasynda K_1 nokatdaky gysga utgaşma iň ýakyn daşky zeper ýetme bolup durýar. Parallel zynjyryň biri öçende we iki tarapy ýere birikdirilen bolsa liniýada maksimal tok akýar.

I_{02} toguň özara induksiýasyna baglylykda iş ýagdaýynda galan $W1$ liniýanyň garşylygy kiçelýär, ol bolsa I_{01} hasaplama togunyň ýokarlanmagyna getirýär.

Seredilýän elektrik setiniň $W1$ liniýasynyň togy daşky gysga utgaşmada diňe bir K_1 nokatda maksimal baha ýetmän, bu liniýalaryň birtaraplaýyn öçürilen iş düzgüninde parallel liniýanyň K_2 nokatdaky gysga utgaşmasynda hem maksimal baha ýetýär. K_1 nokatdaky gysga

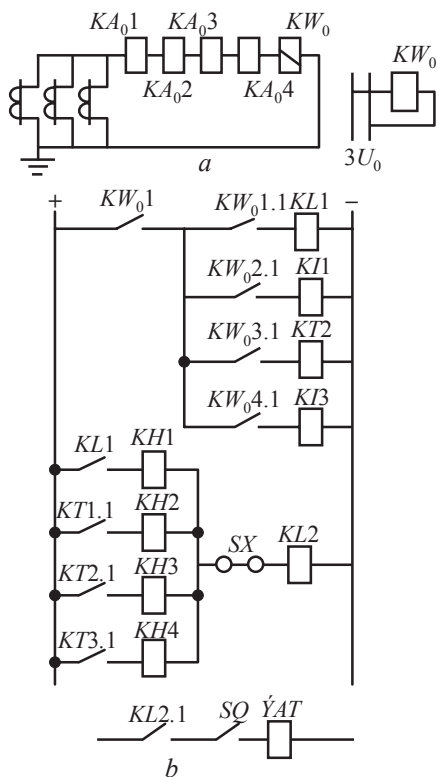
utgaşma garanynda K_2 nokatdaky gysga utgaşma daş hem bolsa, $W2$ liniýanyň özara induksiýasy netijesinde $W1$ liniýanyň garşylygynyň kiçilmegi sebäpli $W1$ liniýanyň I_{01} togy uludyr.

I_{0has} -yň bahasy I_{01} -iň alnan bahasyndan uly alynýar. Nol yzygiderliliginiň togunyň iň uly bahasy alynýan gysga utgaşma üçin nol yzygiderliliginiň toguny hasaplamaly.

8.5. Nol yzygiderliliginiň basgançakly goragynyň zerurlygy

Neýtraly ýere birikdirilen elektrik setlerinde nol yzygiderliliginiň basgançakly goragy giňden ulanylýar. Iň ygtybarly gorag hökmünde üç basgançakly tokdan bölüp aýyrýan gorag, wagt saklanmaly tokdan bölüp aýyrýan we maksimal tok goragy ulanylýar. Şeýle dört basgançakly gönükdirilen goragyň shemasy we häsiýetnamasy 8.8-nji we 8.9-njy çyzgylarda görkezilendir.

Goragyň birinji basgançagy KA_01 işe goýberiji tok relesiniň kömegi bilen ýerine ýetirilýär. Goragyň ikinji basgançagy goňşy uçastogyň goragyna görä saýlanylýar we $t_{II}=0,4-0,6$ s-a deň; ol KA_02 işe goýberiji tok relesiniň we $KT2$ wagt relesiniň kömegi bilen ýerine ýetirilýär. Üçünji basgançak KA_03 we $KT3$ relesiniň kömegi bilen ýerine ýetirilip, soňky podstansiýanyň şinasyndan çykýan elektrik geçiriji liniýany ätiýaçlandyrmak üçin niýetlenen. Dördünji basgançak goňşy uçastogy ätiýaçlandyrmak üçin niýetlenen. KA_04 tok reläniň we $KT4$ wagt relesiniň kömegi bilen ýerine ýetirilýär.



8.8-nji çyzgy. Nol yzygiderliliginiň dört basgançakly gönükdirilen goragy:

a – tok we napryáženiýe zynjyry;

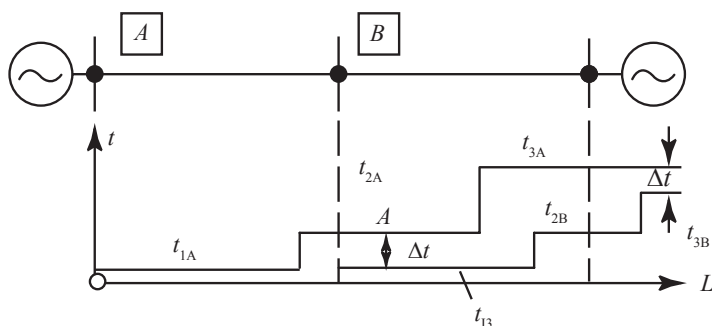
b – operativ zynjyr

1. KA_0 tok relesi bilen wagt saklanmasyz ýerine ýetirilýär (*1-nji basgançak*).

2. KA_0 tok relesi we KT_0 $t_{II} \approx 0,4 \div 0,6$ s wagt saklanmasy goňşy uçastogyň tokdan bölüp aýyryýan goragyna göre ýerine ýetirilýär (2-nji basgançak).

3. KA_03 we KT_02 maksimal tok goragy (3-nji basgançak).

Birinji basgançagy zaryadsyzlandyryja sazlamak üçin işleme wagty $t=0,03-0,06$ sekunt bolan $KL1$ aralyk rele ulanylýar. KW_0 kuwwat relesi hemme basgançaklar üçin umumy alynýar. Goragy iş-den çykarmak üçin OY öçüriji gurluş ulanylýar.



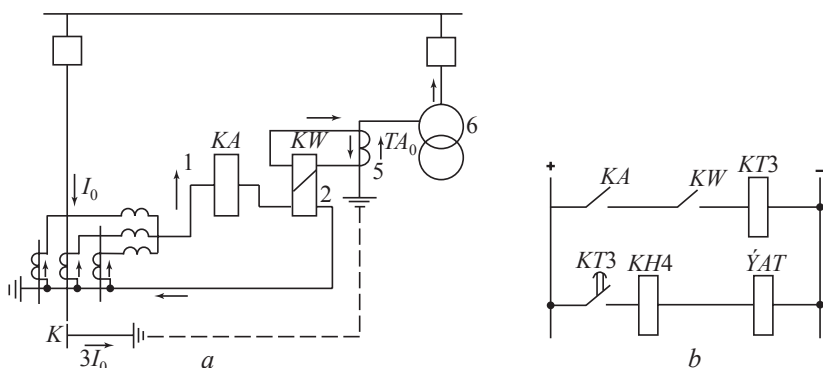
8.9-njy çyzyg. Nol yzygiderliliginiň üç başgançakly goragynyň täsir wagtynyň häsiýetnamasy we onuň B garyşyk gorag bilen ylalaşmagy

Her bir başgaçağyň goýluş parametrleri nol yzygiderliliginiň maksimal tok goragynyň, wagt saklanmaly tokdan bölüp aýyrýan goragynyň we wagt saklanmasyz tokdan bölüp aýyrýan goragynyň goýluş parametrleriniň hasaplanylşy saýlanylýar.

8.6. Nöl yzygiderliliginiň kuwwat relesiniň polýarlaşan sarymyny tok transformatoryndan ýýmtilendirmek

8.10-njy çyzgyda naprýaženiye transformatoryny talap etmeýän nol yzygiderliliginiň gönükdirilen goragynyň shemasy görkezilendir.

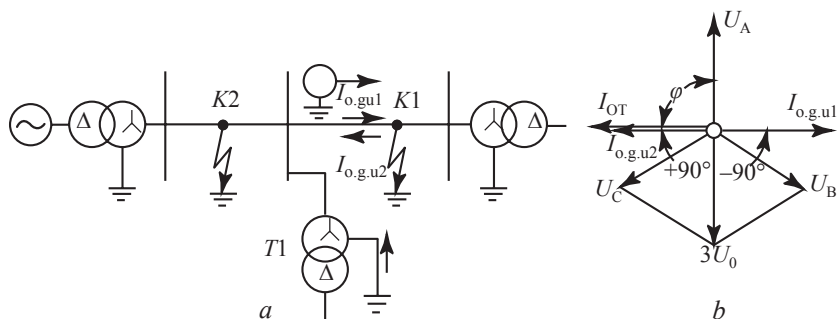
Bu shemada 2 kuwwat relesiniň polýarlaşan sarymy güýç transformatorynyň 6 ýere birikdiriji geçirijisine birikdirilen tok transformatoryndan 5 ýerde ýmitlenýär. Ýere gysga utgaşmada ýere birikdiriji geçirijiniň nol yzygiderliliginiň I_0 togy kuwwat relesiniň polýarlaşan sarymynda bir tarapa gönükdirilendir. Goralýan liniýanyň togy zeper ýetme nokadyna baglydyr.



8.10-njy çyzgy. Kuwwat relesiniň polýarlaşan sarymyny tok transformatoryndan iýmitlendirilýän nol yzygiderlilikiniň maksimal tok goragy:

a – tok we napryáženiýe zynjyry; b – operativ zynjyr

Goralýan liniýanyň K_1 nokadyndaky $I_{0g.u.1}$ tok K_2 nokatdaky gysga utgaşmanyň $I_{0g.u.2}$ toguna garşylykly gönükdirilen (8.11-nji çyzgy).



8.11-nji çyzgy. 9.10-njy çyzgydaky kuwwat relesi üçin nol yzygiderlilikiniň toklarynyň wektor diagrammalary

Bu toklaryň wektor diagrammalary 8.11-nji *b* çyzgyda görkezilen. Goralýan liniýada gysga utgaşmada φ_r burç 180° -a deň; şonuň üçin hem kuwwat relesiniň kontaktlary birigýär.

Zolagyň daşynda gysga utgaşmada $\varphi_r = 0^\circ$ -a deň we kuwwat relesi işlemeýär. Bu ýerden görnüşi ýaly $\varphi_r = 180^\circ$ -da ygtybarly işleýän kosinusly ýa-da garyşyk tipde işleýän releleri ulanmak hökman. Şeýle shemada birikdirmek üçin iki tok sarymly PBM-272 görnüşli ýörite rele ulanylýar. Bu reläniň maksimal duýgurlyk burçy $\varphi_{m.d.} = 0^\circ$.

8.7. Goragyň ulanylýan ýerleri we goragy bahalandyrmak

Nol yzygiderliliginiň goragy 110-500 kW naprýaženiýeli elektrik setlerinde giňden ulanylýar. Bu gorag shemasynyň ýönekeýligi we ýokary ygtybarlylygy bilen tapawutlanýar.

Nol yzygiderliliginiň goragynyň işe goýberiji organynyň duýgurlygy ýokary bolup, ýüküň toguna görä saýlanylmaýar.

Nol yzygiderliliginiň kuwwat relesine barýan, U_r we I_r arasyndaky ϕ_r burç optimal baha golaý bolup, iň bir duýgur şertde işleýär.

Yetmezçiligi – bu gorag doly däl faza iş düzgüniniň toguny duýýar we tok transformatorynyň ikinji zynjyrynyň geçirijisi üzülende ýalňyş işleýär.

IX BAP

LINIÝANYŇ UGURDAŞ DIFFERENSIAL TOK GORAGY

9.1. Differensial goragyň görnüşleri we niýetlenilişi

Durnuklylyk şertine görä goralýan liniýanyň hemme çäginde gysga utgaşmada elektrik stansiýalarynyň şinalaryndan ýa-da energiýa ulgamynyň düwün podstansiýalaryndan çykýan liniýalary wagt saklanmasyz öçürmelidir. Bu talaby tokdan bölüp aýyrýan goragyň kömegi bilen ýerine ýetirmek mümkin däl. Sebäbi tokdan bölüp aýyrýan gorag goralýan liniýanyň bellibir bölegini öçürýär. Olardan başga-da tokdan bölüp aýyrýan gorag kelte liniýalar üçin ulanylmaýar. Bu ýerde liniýanyň başyndaky we ahýryndaky gysga utgaşmanyň toklary tapawut bermeyär. Şeýle ýagdaýda goralýan liniýanyň tutuş çäginde zeper ýetmede wagt saklanmasyz öçürmegi üpjün edýän gorag ulanylýar.

Şeýle gorag differensial gorag diýlip atlandyrylýar. Differensial gorag goralýan liniýanyň islendik nokadynda gysga utgaşmada wagt saklanmasyz öçürmegi we goralýan liniýanyň daşynda gysga utgaşmada saýlaýjylygy üpjün edýär.

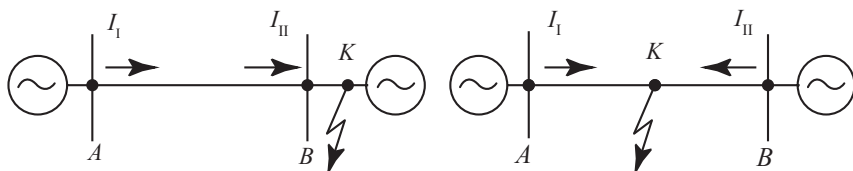
Differensial gorag iki topara bölünýär:

1. Ugurdaş differensial gorag: ýeke we parallel liniýalarda ulanylýar;
2. Kese differensial gorag: diňe parallel liniýalarda ulanylýar.

9.2. Ugurdaş differensial goragyň täsir ediş düzgüni

Ugurdaş differensial goragyň täsir ediş düzgüni goralýan liniýanyň başyndaky we ahyryndaky toklaryň fazasyny we ululygyny deňeşdirmeklige esaslanandyr.

9.1-nji *a* çyzgydan görnüşi ýaly, daşky gysga utgaşmada liniýanyň başyndaky I_I we ahyryndaky I_{II} toklar bir ugra akýarlar we ululyklary boýunça deň. Goralýan liniýada gysga utgaşmada I_I we I_{II} toklar dürli tarapa ugrukdyrylan we ululyklary boýunça deň däl (9.1-nji *b* çyzgy).



9.1-nji çyzgy. Liniýanyň ahyryndaky toklar:

a – daşky gysga utgaşmada; *b* – liniýada gysga utgaşmada

Toklary fazalary we ululyklary boýunça deňeşdirmek differensial goragyň sazlaýjy organynda (relede) geçirilýär. Bu maksat üçin liniýanyň başynda we ahyrynda birmeňzeş transformasiýa koeffisiýentli TA_I we TA_{II} tok transformatorlary goýulýar (9.2-nji çyzgy). Bu tok transformatorlarynyň ikinji sarymlary birikdiriji kabeller bilen birikdirilýär. Daşky gysga utgaşmada liniýanyň başyndaky we ahyryndaky toklaryň tapawudy relede deň, ýagny $I_I - I_{II} = 0$, liniýada gysga utgaşmada liniýanyň başyndaky we ahyryndaky toklar goşular ýaly, ýagny $I_I + I_{II}$ differensial rele birikdirilýär.

Differensial gorag iki dürli shemada ýerine ýetirilýär:

1. Ikinji sarymyň toklary şol bir kontur boýunça akýan shema – bu shemada tok transformatorynyň ikinji sarymlary daşky gysga utgaşmada olaryň EHG-si yzygider ugrukdyrylar ýaly, toklar birmeňzeş ugra akar ýaly birikdirilýär. Differensial rele tok transformatorynyň 2-nji sarymyna parallel birikdirilýär.

Goralýan liniýanyň daşynda gysga utgaşmada (9.2-nji a çyzgy) şeýle hem kadaly iş düzgüninde I_I we I_{II} 1-nji sarymyň toklary liniýanyň başynda we ahyrynda ululyklary boýunça deň we bir ugra ugrukdyrylan. Bu ýagdaýda her bir tok transformatorynyň I_{II} we I_{III} ikinji sarymynyň toklary K reläniň sarymynda biri-biriniň garşysyna akýar. Şonuň üçin hem ikinji sarymyň toklarynyň geometriki tapawudy aşakdaka deň:

$$I_r = I_{II} - I_{III} \quad (9.1)$$

ýa-da birinji sarymyň toklarynyň üsti bilen aňlatsak:

$$I_r = \frac{I_I}{K_{TAI}} - \frac{I_{II}}{K_{TAII}}. \quad (9.2)$$

$K_{TAI} = K_{TAII} = K$ – transformasiýa koeffisiýentler deň, tok transformatorynyň ýalňyşlygy ýok bolsa, 2-nji sarymyň $I_{II} = I_{III}$ toklary reläniň sarymynda deňleşýär, reläniň togy $I_r = 0$ we rele işlemeýär. Şeýlelikde, differensial gorag daşky gysga utgaşmada, ýüküň togunda we ulgamyň çäýkanmasynda işlemeýär. Hakykatda tok transformatorynyň ýalňyşlygynyň barlygy sebäpli, 2-nji sarymyň toklary fazasyna we ululyklaryna görä tapawutlydyr. Relede deňsizlik togy döreýär:

$$I_{d.s} = I_{II} - I_{III}. \quad (9.3)$$

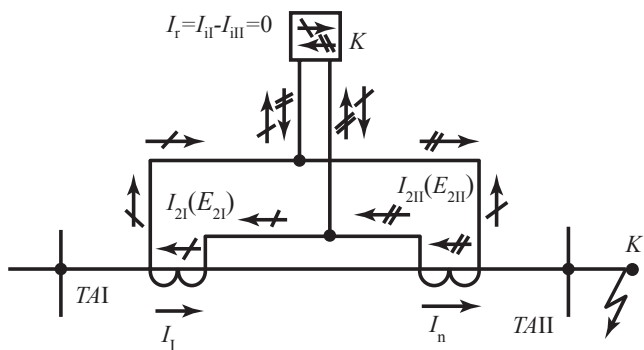
Daşky gysga utgaşmada goragyň saýlaman ölçümeğiniň önüni almak üçin differensial goragynyň işleme togy deňsizlik togunyň maksimal bahasyndan uly bolmaly:

$$I_{gor.iş} > I_{ds.maks}. \quad (9.4)$$

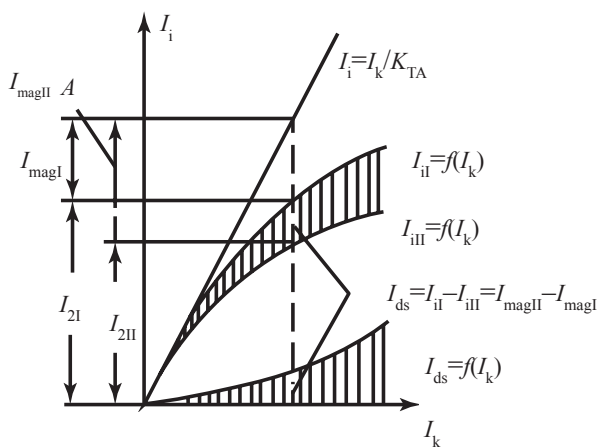
Goralýan liniýada gysga utgaşmada (9.2-nji ç çyzgy) liniýanyň toklary gysga utgaşma bolýan ýere akýar. Şeýlelikde, 2-nji sarymyň toklarynyň ugry hem üýtgeýär. Bu ýagdaýda 2-nji sarymyň toklary relede bir ugra akýar. Şonuň üçin reläniň togy bu toklaryň jemine deň:

$$I_r = I_{II} + I_{III} = \frac{I_I}{K_{TAI}} + \frac{I_{II}}{K_{TAII}} = \frac{I_{g.u}}{K_{TA}}, \quad (9.5)$$

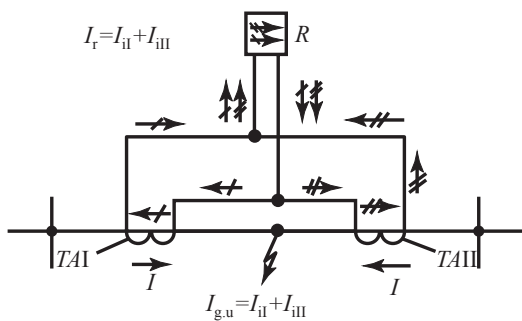
bu ýerde $I_{g.u}$ – zeper ýeten ýere akýan I_I we I_{II} toklaryň jemine deň bolan gysga utgaşmanyň doly togy.



a



b



ç

9.2-nji çyzgy. Differensial goragyn täsir ediş düzgüni:

a – goralyan liniýanyň daşynda gysga utgaşmada toguň paylanylyşy;

b – deňsizlik togy; ç – goralyan liniýada gysga utgaşmada toguň paylanylyşy

Bu toguň täsirinde gorag işleýär. (9.5) aňlatmadan görnüşi ýaly differensial gorag gysga utgaşmanyň doly togunda $I_{g.u}$ işleýär we şonuň üçin hem ikitaraplaýyn iýmitlenýän elektrik setlerinde uly duýgurlyga eýedir.

2. Naprýaženiýeleri deňagramlaşdyrylan shema – bu shemada (9.2-nji a çyzgy) tok transformatorynyň 2-nji sarymlary, daşky gysga utgaşmada onuň EHG-si garşylykly ugrukdyrylar ýaly birikdirilýär. Differensial rele 2-nji sarymlary birikdiriji zynjyra yzygider birikdirilýär. Daşky gysga utgaşmada, ýüküň togunda tok transformatorynyň 2-nji sarymyň EHG-si deň we fazalary gabat gelýär. Relede tok $I_r = \frac{E_{i,I} - E_{i,II}}{Z} = 0$, bu ýerde Z – «tok transformatory-rele» zynjyrynyň doly garşylygy.

Tok transformatorynyň ýalňyşlygy ikinji sarymyň EHG-siniň deňligini bozýar we deňsizlik EHG-si $E_{d.s} = E_{i,I} - E_{i,II}$ döreýär. $E_{d.s}$ täsirinde $I_{d.s}$ deňsizlik togy döreýär. Şonuň üçin hem goragyň işleýän togy deňsizlik togundan uly saýlanylýar.

Goralyan liniýada gysga utgaşmada ikinji sarymyň $E_{i,I}$ we $E_{i,II}$ EHG-si goşulýar we relede tok döräp, şonuň täsirinde hem rele işleýär.

9.3. Differensial goragyň deňsizlik toklary

Differensial goragyň shemasynda deňsizlik toguny hökman hasaba almalydyr. Ýagny, goragyň işleme togy deňsizlik togunyň ululygyna baglydyr. Ikinji sarymyň toklary şol bir kontur boýunça akýan shemada:

$$I_{d.s} = I_{i,I} - I_{i,II}.$$

Tok transformatorynyň ýalňyşlygyny hasaba alyp 2-nji sarymyň toklaryny 1-nji sarymyň toklarynyň üsti bilen aňladalyň:

$$I_{d.s} = \left(\frac{I_I}{K_{TA}} - I_{I.mag} \right) = \left(\frac{I_{II}}{K_{TA}} - I_{II.mag} \right), \quad (9.6)$$

bu ýerde $I_{I.mag}$, $I_{II.mag}$ – magnitlenme togy.

Daşky gysga utgaşmada $I_I = I_{II}$ onda:

$$I_{d.s} = I_{I.mag} - I_{II.mag}. \quad (9.7)$$

(9.7) aňlatmadan görnüşi ýaly deňsizlik toguny azaltmak üçin $I_{I.mag}$, $I_{II.mag}$ toklaryny ululyklary we fazalary boýunça deňlemeli (9.2-nji b çyzgy).

TAI we $TAII$ tok transformatorlarynyň 1 we 2 magnitlenme häsiýetnamalary doly gabat gelse, 2-nji sarymyň E_i elektrik hereketlendiriji güýçleri deň bolsa, deňsizlik togy nola deňdir.

Bu talaby amalyýetde ýerine ýetirip bolmaýar. Şonuň üçin hem deňsizlik togy hemişe bardyr. B magnit induksiýasynyň ýokarlanmagy, Z_y ikinji sarymyň ýüküniň we $I_{g.u.}$ gysga utgaşma togunyň ýokarlanmagy bilen deňsizlik togy hem ýokarlanýar. Tok transformatory doýgunlaşan ýagdaýynda $I_{d.s}$ togy has hem ýokarlanýar. Şonuň üçin hem daşky gysga utgaşmanyň maksimal togunda tok transformatorynyň serdeçnigine doýgun ýagdaýa geçmegine ýol bermeli däl. Bu şerti ýerine ýetirmek üçin:

1. Ikinji sarymyň Z_y ýüküniň we gysga utgaşmanyň ýokary togunda serdeçnigi doýgunlaşýan tok transformatorlary ulanylýar;

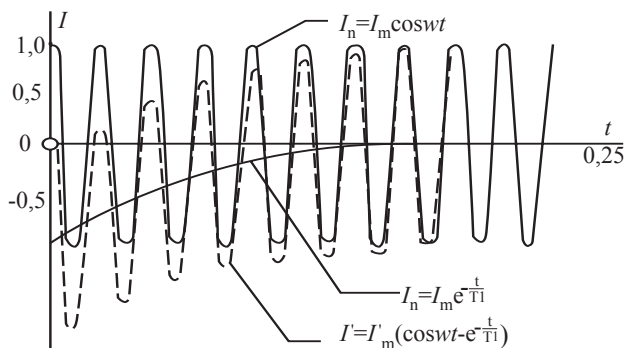
2. ($B \equiv E_B$) B magnit induksiýa garaşly, E_i ikinji sarymyň elektrik hereketlendiriji güýjüniň ululygyny çäklendirmek üçin çäreler kabul edilýär:

$$E_i = I_i(Z_i + Z_y) = \frac{I_{g.u.}}{K_{TA}}(Z_i + Z_y). \quad (9.8)$$

Onda E_i çäklendirmek üçin tok transformatorynyň Z_y ýüküni azaltmaly we transformasiýa koeffisiýentini ýokarlandyrmaly.

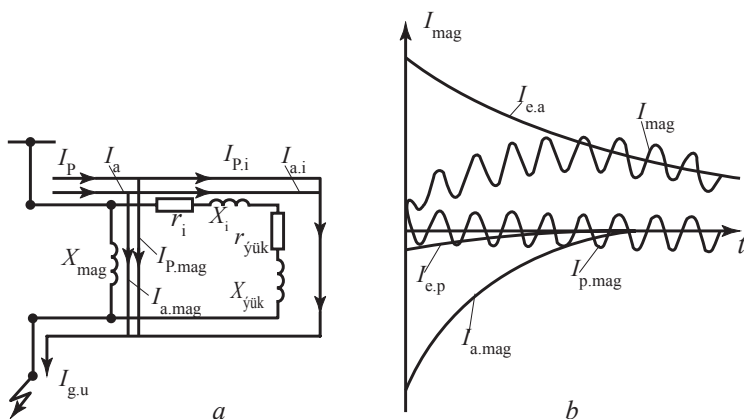
Olardan başga-da bir görnüşli tok transformatorlarynda $I_{I.mag.}$ we $I_{II.mag}$ toklary deňlemek üçin tok transformatorynyň ikinji sarymynyň ýüküni deňlemeli $Z_{Iy} = Z_{IIy}$.

Gysga utgaşma momenti magnitlenme togy we onuň bilen birlikde deňsizlik togy duýdansyz ýokarlanýar. Belli bolşy ýaly, gysga utgaşma momenti, gysga utgaşma togunyň I_p periodiki we I_a aperiodiki düzüjisi bolýar (9.3-nji çyzgy).



9.3-nji çyzgy. Gysga utgaşmanyň toklarynyň periodiki we aperiodiki düzüjileri

Her bir düzüji tok transformatoryň 1-nji sarymyndan akyp, iki bölege bölünýär: biri ikinji saryma transformirlenýär, ikinjisi serdeç-nigi magnitlendirmäge gidýär. Tok transformatorynyň çalşyrma she-masy 9.4-nji çyzgyda görkezilendir.



9.4-nji çyzgy:

a – tok transformatorynyň çalşyrma shemasy we ikinji sarymlaryň hem-de magnitlenme şahalarynyň arasynda gysga utgaşma togunyň aperiodiki we periodiki düzüjileriniň paýlanyşy; b – magnitlenme toklarynyň egrileri we onuň düzüjileri

$I_a = -I_m e^{t/T_1}$ aperiodiki düzüjiniň üýtgame tizligi $I_p = I_m \sin(\omega t - 90^\circ)$ üýtgeýän düzüjiniň üýtgame tizliginden kiçidir. Şonuň üçin hem I_a tok ikinji saryma ýaramaz transformasiýa geçýär we onuň köp bölegi serdeç-nigi magnitlendirmäge gidýär. Netijede, tok transformatory doý-gunlaşýar we periodiki düzüjiniň transformasiýasyny ýaramazlaşdyr-ýar. Şeýlelikde, aperiodiki düzüjiniň magnitlenme täsiri magnitlenme toklary we gysga utgaşmanyň geçiş iş düzgüninde deňsizlik toklary duýdansyz ýokarlandyrýar.

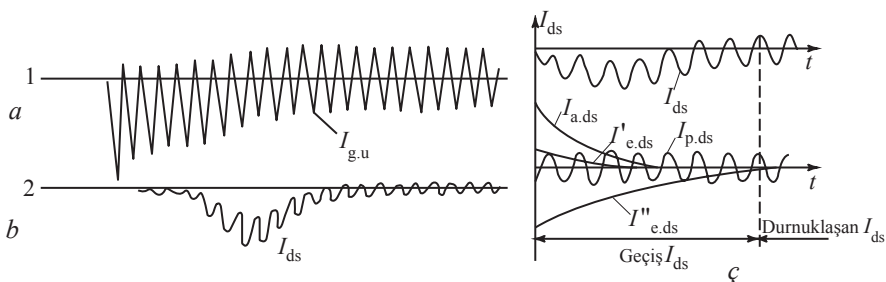
Tok transformatorlarynyň serdeçniklerindäki galyndy magnit-lenme deňsizlik toklarynyň ýokarlanmagyna öz täsirini ýetirýär.

Eger tok transformatorynyň üstünden geçýän tok nola deň däl wagty kesilse, onda tok transformatory magnitlenen ýagdaýynda gal-ýar. Bu ýagdaýda tok transformatorynyň serdeçniginde Φ_{gal} magnit akym galýar. Eger indiki gysga utgaşmada Φ_{gal} galyndy akym gysga ut-gaşmanyň togy bilen şertlenen magnit akymynyň ugry gabat gelse, ola-ryň jemine deň bolan akymalaryň netijesinde magnit akymy maksimal baha ýetip, magnit geçirijiniň doýgunlaşmagyna getirmegi mümkin.

Şonuň netijesinde magnitlenme togy ýokarlanýar we deňsizlik togy ösýär. Şonuň üçin hem differensial goragyň ýalňyş işlemeginiň önüni almak üçin galyndy magnitlenmäni hasaba almalydyr.

9.5-nji *a* we *b* çyzgyda gysga utgaşmanyň geçiş prosesinde deňsizlik togunyň we gysga utgaşmanyň geçip gidýän togunyň egrisi görkezilendir. Deňsizlik togunyň egrisiniň iki häsiýetli aýratynlygy bar: Birinjiden, deňsizlik togy iň uly bahasyna gysga utgaşmanyň birinji togunyň maksimum momentinde dälde, birnäçe wagt giç ýetýär we $I_{g.u}$ gysga utgaşmanyň togundan haýal köşeşýär. Ikinjiden $I_{d.s}$ egrisi asimetriki häsiýetlidir we $I_{a.d.s}$ togy uly aperiodiki düzüjini saklaýar. Aperiodiki düzüji geçiş prosesinde $I_{d.s}$ toguň ululygyny we köşeşme dowamlylygyny kesgitleýär. $I_{d.s}$ egrilerini öz düzüjilerine dargatmak arkaly muňa göz ýetirip bolýar (9.5-nji *ç* çyzgy).

Differensial goragyň tok transformatorlarynyň biri ýalňyşsyz işleýän bolsa, deňsizlik togy iň uly baha ýetýär we ikinji tok transformatoryň deňsizlik toguna deň bolýar, ýagny $I_{d.s} = I_{imag}$.



9.5-nji çyzgy. Daşky gysga utgaşmada reläniň deňsizlik togy

Mejbury we erkin deňsizlik toklarynyň diagrammalary 9.5-nji *ç* çyzgyda görkezilen.

Erkin toklar ikinji sarymyň konturynda birleşýärler (9.4-nji *a* çyzgy) we bu konturyň parametrlerini kesgitleýän T_2 hemişelik wagtda köşeşýärler:

$$T_2 = \frac{L_{mag} + L_i + L_y}{r_i + r_y}. \quad (9.9)$$

Magnitlenme togunyň jemi I_{mag} (9.5-nji *b* çyzgy) her bir wagtda dört düzüjiniň jemine deň: $I_{mag} = I_{per.mag} - I_{erkin.per} - I_{aper.mag} - I_{erkin.aper}$. 9.7-nji *b* çyzgydan görnüşi ýaly I_{mag} ululygy we köşeşme wagty $I_{erkin.aper}$ erkin toga baglydyr.

9.4. Liniýanyň differensial goragynyň umumy ýerine ýetirilişi

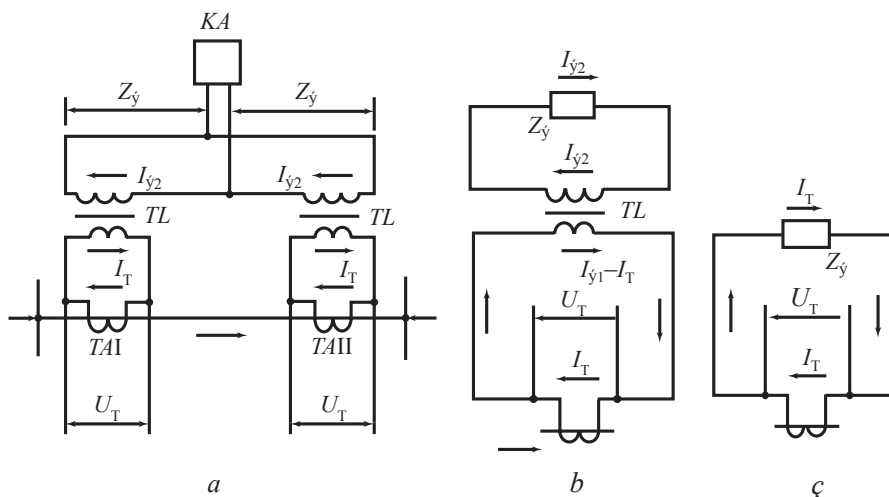
Şahalanýan liniýanyň differensial goragynda dürli görnüşli shemalar ulanylýar.

1. Liniýanyň differensial goragynda, differensial shemada birikdirilýän tok transformatorlary uly aralyklarda ýerleşdirilýär. Birikdiriji simleriň garşylyklary häzirki zaman kuwwatly tok transformatorlarynyň ýüküniň çäginde hem ýokarydyr.

Mysal üçin, kese kesiginiň meýdany $1,5 \text{ mm}^2$ mis geçirijili 10 km uzynlykly liniýada:

$$Z = \frac{1}{g_s} = \frac{10000}{57 \cdot 1,5} = 117 \text{ Om}. \quad (9.9)$$

Tok transformatorynyň rugsat berilýän ýüki $1\text{--}2 \text{ Om}$. 10 km uzynlykly liniýanyň garşylygy tok transformatorynyň rugsat berilýän ýükünden 100 esseden hem uludyr. Bu kynçylyk aralyk tok transformatorynyň kömegi bilen aýrylýar (9.6-njy a çyzgy). Bu ýagdaýda tok transformasiýalarynyňky ýaly birmeňzeş geçirijiniň togy k_{TA} ululyk kiçelýär. Bu bolsa esasy tok transformatorynyň gysgyçlarynda ony k_{TL}^2 esse kiçeldýär.



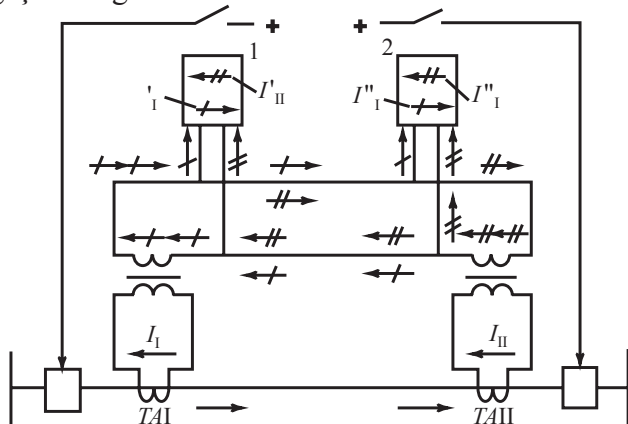
9.6-njy çyzgy. Esasy tok transformatorynyň ýüküni n^2 esse azaltmak üçin ATT aralyk tok transformatorynyň ulanylyşy:

a – ATT birikdiriliş shemasy; b – ATT birikdirilen wagtynda tok transformatorynyň ýüksüzlendirilişi; c – ATT birikdirilmedik ýagdaýynda

Bu görkezilen usul liniýanyň differensial goragynyň hemmesinde ulanylýar.

2) Differensial gorag goralýan liniýanyň iki tarapyndaky ölçüjilerini ölçümelidir. Bu şerti amala aşyrmak üçin liniýanyň her tarapynda bir differensial rele ýerleşdirilýär (9.7-nji çyzgy).

Schema parallel birikdirilen 2-nji rele goragynyň iş şertine aşakdaky üýtgeşmeler girizildi.



9.7-nji çyzgy. Goralýan liniýanyň ahyrlarynda rele ýerleşdirmek bilen ugurdaş differensial goragyň shemasy

a) TAI we $TAII$ tok transformatorlaryndan gelýän tok ýakyn we daş aralykdaky releleriň arasynda paýlanýar we olaryň zynjyrynyň garşylygyna ters proporsional. Daş aralykdaky reläni birikdiriji geçirijiniň barlygy sebäpli TA tok transformatorlaryndan gelýän toklar deň paýlanylmaýar.

Mysal üçin, TAI tok transformatorynyň 2-nji togy 1-nji we 2-nji reläniň arasynda paýlanýar, şonuň üçin $I'_1 > I''_1$. Şoňa meňzeşlikde – $TAII$ tok transformatorynyň 2-nji togy hem 1-nji we 2-nji reläniň arasynda paýlanylýar, onda $I''_2 > I'_2$.

Bu toklaryň netijesinde relä gelýän toklar deňleşmeýär. Tok transformatorynda ýalňyşlyk hem bolsa, 1-nji relede

$$I_{r1} = I'_1 - I''_1 = I'_{d.s.r.1}$$

2-nji relede

$$I_{r2} = I''_2 - I'_2 = I'_{d.s.r.2} \text{ deňsizlik togy emele gelýär.}$$

Görşümüz ýaly, iki reläli shemada tok transformatorynyň ýalňyşlygy sebäpli ýüze çykyan $I_{d.s}$ deňsizlik togundan başga hem 2-nji sary-

myň togunyň deň paýlanmazlygy sebäpli goşmaça $I'_{d.s}$ deňsizlik togy ýüze çykýar.

b) Goralýan liniýada gysga utgaşmada bir releli shemada, relä tok transformatorlarynyň ikinji sarymynyň toklarynyň jemi akýar:

$$I_r = I_1 - I_2 = I_{g.u.} \quad (9.11)$$

Iki releli shemada her bir relä 1 we 2 tok transformatorlarynyň ikinji sarymynyň toklarynyň bellibir bölegi akýar.

Eger geçirijiniň garşylygy nola deň bolsa, her bir reledäki tok:

$$I_r = \frac{I_1}{2} + \frac{I_2}{2} = \frac{I_{g.u.}}{2}, \quad (9.12)$$

ýagny bir relä barýan tokdan 2 esse kiçi bolsa goragyň duýgurlygyny peseldýär:

$$K_{duý} = \frac{I_{g.u.min}}{I_{gor.iş}} \quad (9.13)$$

togy akýar. ω_{is} we ω_t – sarymlaryň gatnaşygy bu ýagdaýda işçi moment tormozlaýjy momentden uly bolar ýaly saýlanylýar.

9.5. Liniýanyň goragyny bahalandyrmak

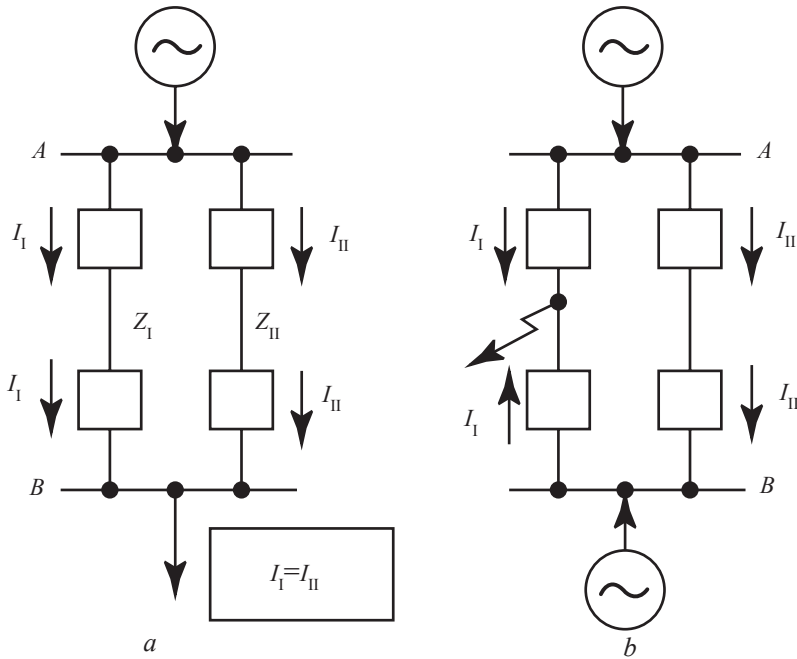
Goragyň täsir ediş düzgüni ýönekeý we ygtybarlydyr. Ulgamdaky çaykanmada we aşa ýüklenmede gorag işlemeýär we liniýanyň islen-dik nokadynda gysga utgaşmada wagt saklanmasyz öçürýär. Goragyň ýetmezçiligi birikdiriji kabelleriň bahasynyň ýokarylygy we birikdiriji geçirijilerde zeper ýetmede goragyň nädogry işlemek mümkinçiligidir.

Kabeliň zeper ýetmesine awtomatiki gözegçilik bar bolsa, zeper ýetme öz wagtynda bilinýär we bu ýagdaýda goragyň ýalňys işlemegi seýrek gabat gelýär. Gysga liniýalarda bu goragy ulanmak has mak-sadalaýykdyr.

Bu gorag 110 we 220 kV napryaženiýeli we uzynlygy 10–15 km bolan liniýalarda ulanylýar.

9.6. Parallel liniýanyň kese differensial goragynyň görnüşleri we täsir ediş düzgüni

Kese differensial gorag birmeňzeş garşylykly iki liniýadan akýan toklary ululyklary we fazalary boýunça deňeşdirmeklige esaslanan bolup, olar parallel liniýalary goraýar. Liniýanyň garşylygynyň deň-ligi sebäpli kadaly iş düzgüninde we daşky gysga utgaşmada toklar ululygy we fazalary boýunça deň (9.8-nji çyzgy).



9.8-nji çyzgy. Parallel liniýalarda toklaryň paýlanylyşy:

a – kadaly ýükde; b – elektrik geçiriji howa liniýanyň birinde gysga utgaşmada

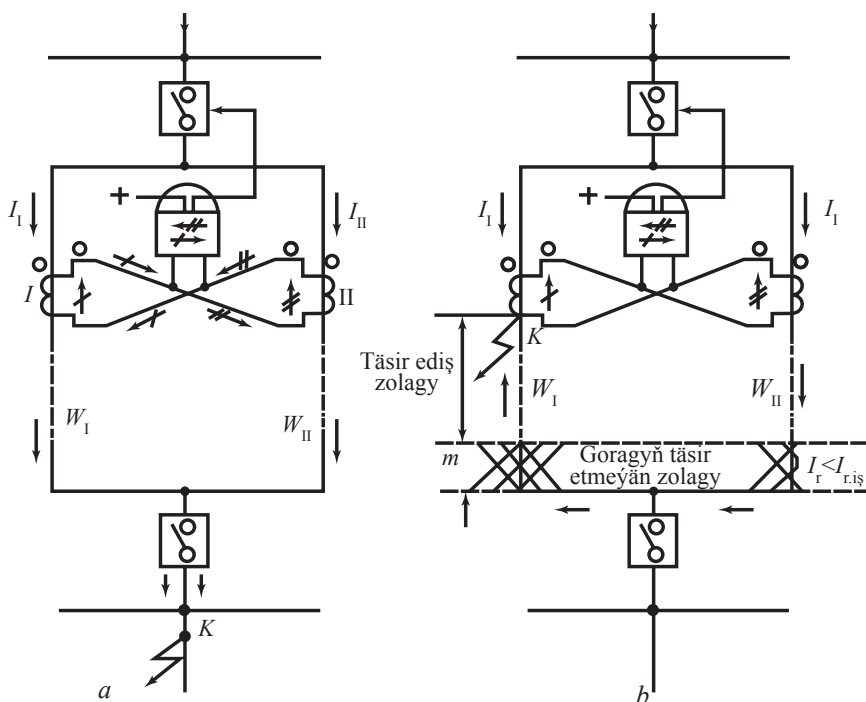
Bir liniýada gysga utgaşmada toklaryň deňsizligi döreýär. Ýýmitlendiriji liniýanyň ahyrynda I_I we I_{II} toklar fazalary boýunça deň, ululyklary boýunça tapawutlanýarlar, kabul edijide toklar ululyklaryna we fazalaryna görä deň däl. Şeýlelikde, parallel liniýalarda toklaryň ululyklarynyň we fazalarynyň balansynyň bozulmagy haýsy hem bolsa bir liniýada zeper ýetmäniň bolandygyny görkezýär.

Kese differensial gorag iki görnüşde: bir umumy öçürijä birikdirilen parallel liniýada kese differensial tok goragy, özbaşdak öçürijili parallel liniýalarda kese differensial gönükdirilen gorag ulanylýar.

9.7. Kese differensial tok goragy

a) Goragyň täsir ediş düzgüni. Kese differensial gorag parallel liniýalary goramak üçin ulanylýar. Birtaraplaýyn iýmitlenýän liniýada gorag iýmitlendiriji çeşme tarapynda, Ikitaraplaýyn iýmitlenýän liniýada parallel liniýalaryň iki tarapynda hem goýulýar.

Bir faza üçin goragyň shemasy (9.9-njy çyzgy).



9.9-njy çyzgy. Kese differensial tok goragynyň täsir ediş düzgüni:

a – daşky gysga utgaşma we ýük iş düzgüni; b – W_1 liniýada gysga utgaşma iş düzgüni

Her bir liniýanyň birmeňzeş fazasynda birmeňzeş transformasiýa koeffisiýentli $K_{TAI}=K_{TAII}=K_{TA}$ tok transformatorlary ýerleşdirilýär. Tok transformatorlarynyň 2-nji sarymlary dürli gysgyçlara birikdirilýär. Kadaly iş düzgüninde we daşky gysga utgaşmada reledde tok aşakdaka deňdir:

$$I_r = I_{i.I} - I_{i.II} = \frac{I_I}{K_{TA}} - \frac{I_{II}}{K_{TA}}. \quad (9.14)$$

Tok transformatorynyň ýalňyşlygy ýok bolsa, $I_r=0$ we gorag işlemeýär. Tok transformatorynyň ýalňyşlygy sebäpli releden deňsizlik togy akýar. Şonuň üçin reläniň işleme togy deňsizlik togunyň maksimal bahasyndan uly bolmaly:

$$I_{r.is} > (I'_{d.s} + I''_{d.s}). \quad (9.15)$$

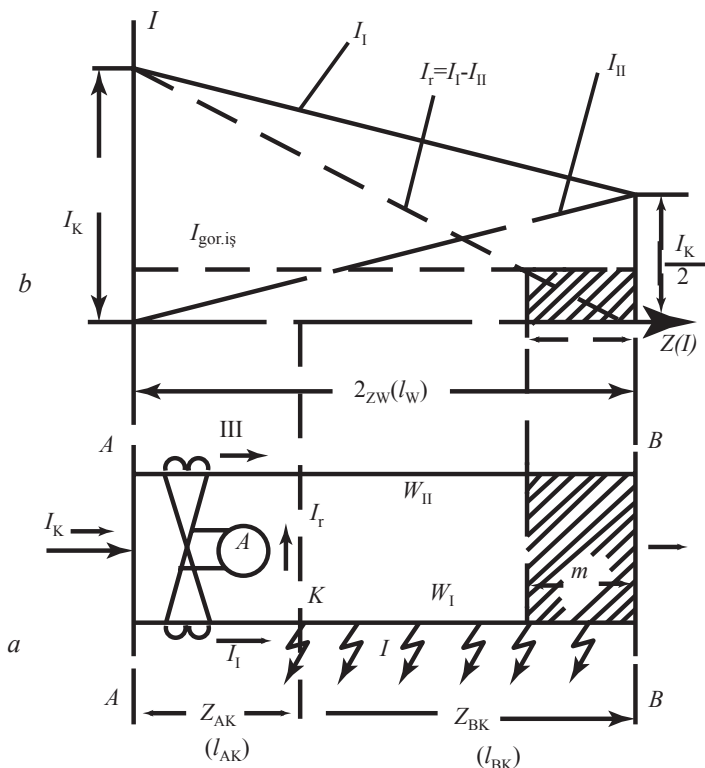
Parallel liniýalaryň haýsydyr birine zeper ýeten ýagdaýynda, mysal üçin, W_1 liniýa zeper ýetse, zeper ýeten liniýanyň I_I togy 2-nji liniýanyň togundan uly bolýar: $I_I > I_{II}$.

Differensial releda toguň deňligi bozulýar we releda:

$$I_r = I_{i,I} - I_{i,II} = \frac{I_I - I_{II}}{K_{TAI}}. \quad (9.16)$$

Relede gorag işleýär we iki liniýany hem açýrýär.

b) Goragyň täsir etmeýän zolagy. Goragyň ýerleşdirilen ýerinden K gysga utgaşma nokady daşlaşdygyça I_1 we I_{II} toklaryň gatnaşygy zeper ýeten we abat liniýalara görä üýtgeýär. (9.10-njy çyzgy).



9.10-njy çyzgy. Kесе differensial goragy täsir etmeýän zolagy

Bu toklar iki parallel şahalar bilen K nokada tarap gönükdirilýär we liniýalaryň Z_I we Z_{II} garşylyklaryna ters proporsional paýlanýar. $I_I > I_{r.is}$.

Bu ýerde $Z_I = Z_1 - Z_{bk}$,
 $Z_{II} = Z_1 - Z_{bk}$.

B şına golaýlaşdygyňça I_r reläniň togy nola deňdir. Sebäbi liniýalaryň ikisinden hem şol bir garşylykda gysga utgaşmanyň birmeňzeş togy akýar. Reläniň togy reläniň işleme togundan kiçidir.

Goralýan zolakda gysga utgaşmada liniýanyň m böleginde goragyň işlemegi üçin tok ýeterlik däl we bu bölege goragyň täsir etmeýän zolagy diýlip atlandyrylýar.

Gysga utgaşmada öçürmek üçin goşmaça gorag talap edilýär.

Goragyň täsir etmeýän m zolagy aşadaky esasy kesgitlenilýär:

1. Garşylyga ters proporsional W_I we W_{II} liniýalaryň toguna görä;
2. Goragyň ýerleşdirilen şinasyndan gysga utgaşma ýere çenli sahalaryň uzynlygyna görä.

Goragyň täsir etmeýän araçäginde m nokatda gysga utgaşmada

$$\frac{I_I}{I_{II}} = \frac{l+m}{l-m}, \quad (9.17)$$

bu ýerde l – liniýanyň uzynlygy.

Bu aňlatmany öwürüp

$$m(I_I + I_{II}) = l(I_I - I_{II}) \quad (9.18)$$

deň diýip we goragyň täsir etmeýän zolagynyň araçäginde gysga utgaşmada reläniň togunyň deňdigini hasaba alyp alarys:

$$mI_{g.u} = lI_{gor.iş}. \quad (9.19)$$

Bu ýerden goragyň täsir etmeýän zolagynyň uzynlygy:

$$m = \frac{I_{gor.iş}}{I_{g.u}}. \quad (9.20)$$

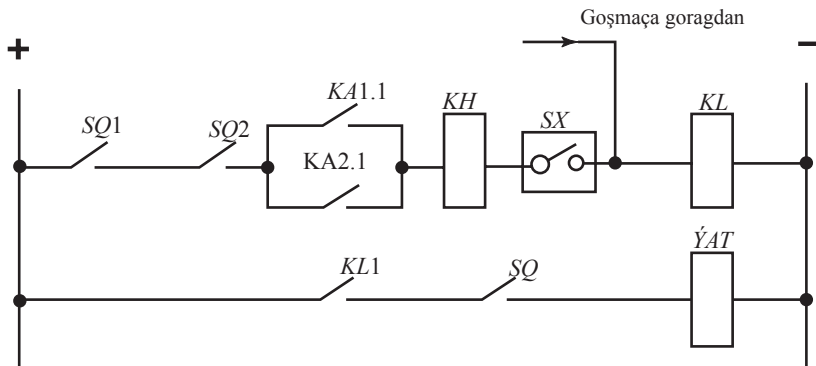
Goragyň täsir etmeýän zolagyny hasaplamagy ýeňilleşdirmek üçin $I_{g.u}$ gysga utgaşma togy kesgitlenende garşysynda ýerleşen podstansiýanyň şinasyndaky gysga utgaşma bilen kesgitlenilýär.

Goragyň täsir etmeýän zolagy tutuş liniýanyň 10%-den geçmese, gorag netijeli hasaplanýar.

ç) Goragyň shemasy. Ýere gysga utgaşmanyň togy kiçi bolan elektrik setlerinde gorag ikifazaly ýerine ýetirilýär. Ýere gysga utgaşmanyň togy uly bolan elektrik setlerinde üç fazada gorag goýul-

ýar. Her bir liniýanyň tok transformatorlary doly ýyldyz görnüşinde birikdirilýär.

Parallel liniýanyň biri öçürilende goragy işden çykarmak üçin öçüriji gurluş ulanylýar (*9.11-nji çyzgy, SX*). Öçüriji gurluşa goşmaça aýryjynyň *SQ1* we *SQ2* blok kontaktlarynyň üsti bilen goragy awtomatiki öçürmek göz önüne tutulýar.



9.11-nji çyzgy. Ikifazaly kese differensial tok goragynyň hemişelik tok zynjyrynyň shemasy

d) Goragy bahalandyrmak. Kese differensial tok goragy ýönekeý we ygtybarly goragdyr. Esasy artykmaçlyklarynyň biri çalt täsiri we çaykanmanyň togunda işlemeýär.

Goragyň ýetmezçiligi goragyň täsir etmeýän zolagynyň barlygy we parallel liniýanyň biriniň öçmegi bilen goragy öçürmek zerurdyr.

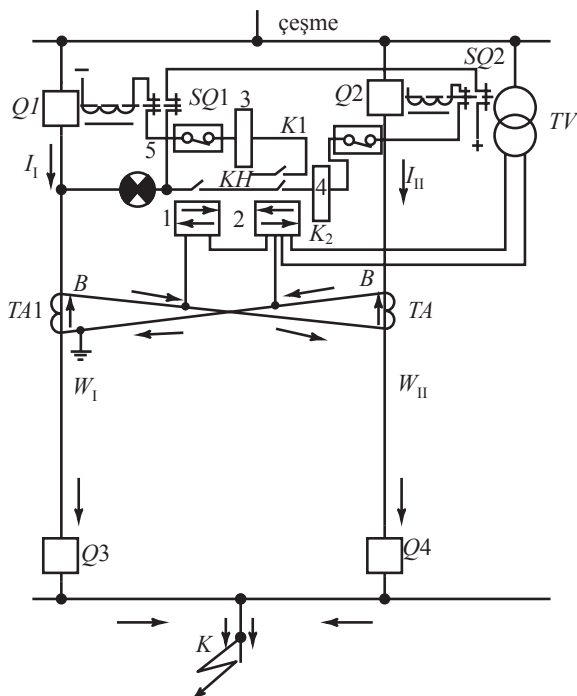
Şonuň üçin hem parallel liniýada differensial tok goragyndan başga hem garşysyndaky podstansiýanyň şinasynda gysga utgaşmada öçürýän goşmaça gorag ulanylýar.

9.8. Kese differensial gönükdirilen gorag

a) Goragyň täsir ediş düzgüni. Kese differensial gönükdirilen gorag her bir liniýasyna aýratyn öçüriji birikdirilen parallel liniýalarda ulanylýar (9.12-nji çyzgy).

Liniýanyň şeýle goragyndan diňe zeper ýeten liniýany öçürmek talap edilýär. Bu talaby ýerine ýetirmek üçin kese differensial tok goragynyň üstüni ikitaraplaýyn täsirli gönükdirilen kuwwat rele ýa-da birtaraplaýyn täsirli iki sany kuwwat releler bilen ýetirilýär.

Bir fazanyň ýönekeýleşdirilen shemasy 9.12-nji çyzgyda görkezilendir.



9.12-nji çyzgy. Parallel liniýanyň gönükdirilen kese differensial goragynyň täsir ediş düzgüni we ýönekeýleşdirilen shemasy

Goragyň tok zynjyry kese differensial tok goragynyň shemasy ýaly ýerine ýetirilýär. Kuwwat relesiniň we tok relesiniň tok sarymlary yzygider we parallel liniýanyň toklarynyň tapawudy görnüşinde tok transformatorynyň ikinji sarymyna parallel birikdirilýär. Tok rele goragynyň işe goýberiji funksiýasyny ýerine ýetirýär. Gönükdirilen kuwwat relesi zeper ýeten liniýany anyklamak üçin ulanylýar.

Podstansiýanyň şinasyndaky naprýaženiýe transformatoryndan relä naprýaženiýe berilýär. Q_1 we Q_2 ölçürijileriň blok kontaktlarynyň üstünden goraga operatiw tok berilýär.

Işe goýberiji rele işlände gönükdirilen kuwwat relesine hemişelik tok berilýär. Iki liniýanyň haýsyna zeper ýetendigine baglylykda gönükdirilen kuwwat relesi ýokarky we aşaky kontaktlaryny birikdirýär. K_1 kontaktdan W_I liniýany, K_2 kontaktdan W_{II} liniýany ölçürmek-

lige impuls berýär. Zeper ýeten liniýany ikitaraplaýyn öçürmek üçin parallel liniýanyň iki tarapynda gorag goýulýar.

Gysga utgaşmada, ýükde we çaykanmada goragyň özüni alyp barşyna seredeliň.

Daşky gysga utgaşma. Daşky gysga utgaşmada (9.12-nji çyzgy. *K nokat*), şeýle hem ýükde we çaykanmada liniýanyň iki ahyrynda I_I we I_{II} ilkinji toklar ululyklar boýunça deň we ugurlary boýunça gabat gelýär.

I_{II} we I_{III} ikinji toklar tok relesiniň sarymynda garşylykly gönükdirilen, şonuň üçin releda tok $I_r = I_{I.I} - I_{I.II}$. Transformasiýa koeffisiýentleri deň bolan tok transformatorlarynda $I_{II} = I_{III}$, $I_r = 0$. Bu bolsa daşky gysga utgaşmada, ýükde we çaykanmada goragyň täsir etmeýändigini görkezýär.

Tok transformatorlarynyň ýalňyşlygy we ikinji zynjyryň garşylygynyň deňsizligi sebäpli I_{II} we I_{III} ikinji toklar ululyklary we fazalary boýunça tapawutlanýarlar, şonuň netijesinde deňsizlik toklary döreýär: $I_r = I_{d.s.}$

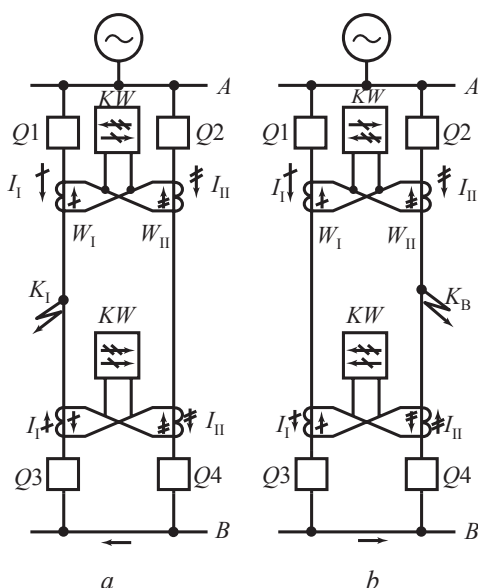
Daşky gysga utgaşmada goragyň işlemeginiň önüni almak üçin goragyň işleme togy $I_{gor.iş.} > I_{d.s.}$ şerti kanagatlandyrmalydyr.

(W_I we W_{II}) parallel liniýalarda gysga utgaşma. W_I we W_{II} liniýalarda gysga utgaşmada birinji we ikinji toklaryň paýlanylyşy 9.13-nji *a* we *b* çyzgylarda görkezilendir.

W_I ýa-da W_{II} liniýada zeper ýetmede iýmitlendirijiniň ahyrynda I_I we I_{II} birinji sarymyň toklary bir ugra gönükdirilen. 9.13-nji çyzgydan görnüşi ýaly iýmitlendirijiniň ahyrynda ikinji sarymyň toklary reläniň sarymynda gapma-garşylykly ugrukdyrylan we şonuň üçin tok

$$I_r = I_{I.I} - I_{I.II}. \quad (9.22)$$

I_I we I_{II} toklar ululyklary boýunça tapawutlanýarlar, ýagny zeper ýeten liniýanyň togy zeper ýetmedik liniýanyň togundan uly, sebäbi *A* podstantsiýanyň şinasyndan *K* nokada çenli zeper ýeten liniýanyň garşylygy zeper ýetmedik liniýanyň garşylygyndan kiçidir. Şonuň üçin toklaryň tapawudy ýüze çykýar. Şeýlelikde, iki liniýanyň islendiginde gysga utgaşmada releda tok ýüze çykýar. Toguň ugry we belgisi haýsy liniýa zeper ýetendigine baglydyr.



9.13-nji çyzgy. Gysga utgaşmada kese differensial goragyň tok paýlanmasy:
a – W_I liniýada; *b* – W_{II} liniýada

W_I liniýada gysga utgaşmada (9.13-nji *a* çyzgy) $I_{II} > I_{III}$ uly, reläniň togy zeper ýeten W_I liniýanyň uly toguna tarap ugrukdyrylan. (9.22 *a*) deňlemä laýyklykda I_r toguň položitel belgisi bar.

W_{II} liniýada gysga utgaşmada (9.13-nji *b* çyzgy) $I_{III} > I_{II}$ uly, reläniň togy zeper ýeten W_{II} liniýanyň uly toguna tarap ugrukdyrylan. (9.22 *b*) deňlemä laýyklykda I_r toguň otrisatel belgisi bar.

a) Kese gönükdirilen differensial goragyň shemasy. Goragyň shemasy aşadaky umumy ýagdaýlary hasaba alyp ýerine ýetirilýär:

1. Üçfazly gorag üçin her bir liniýanyň tok transformatorlary doly ýyldyz we ikifazly gorag üçin doly däl ýyldyz görnüşinde ýerine ýetirilýär.

2. Kuwwat relesine tok we naprýaženiýe 90° shema görä berilýär.

3. Gorag fazalara görä işe goýberilýär.

b) Faza toguna birikdirilen, kese gönükdirilen differensial goragyň goýluş parametrlerini saýlamak. Goragyň işe goýberiji relesiniň işleme togy dört şerti kanagatlandyrmalydyr:

1. Daşky gysga utgaşmada işe goýberiji rele täsir etmeli däl. Onuň üçin garşysyndaky podstansiýanyň şinasynda gysga utgaşmada işe goýberiji reläniň işleme togy deňsizlik togundan uly saýlanmalydyr:

$$I_{\text{gor.iş.}} = k_{\text{ygt}} I_{\text{d.s.maks.}} \quad (9.23)$$

2. Kadaly iş düzgüninde bir liniýa öçende goragyň nädogry işlemeginiň önüni almak üçin, işe goýberiji rele parallel liniýanyň ýükleriniň jemine görä saýlanylýar (9.14-nji a çyzgy). Şeýle şertde iş ýagdaýynda galan liniýadan parallel liniýanyň togy akýar.

Eger ýük şinadan liniýa tarapyna geçirilýän bolsa, onda kuwwat relesi goraga galan liniýany öçürmeklige rugsat berýär. Şeýle öçürilmäniň önüni almak üçin:

$$\begin{aligned} & I_{\text{gor.iş.}} > y_{\text{ý.maks}} \\ \text{ýa-da} \quad & I_{\text{gor.iş.}} = k_{\text{ygt}} y_{\text{ý.maks}} \end{aligned} \quad (9.24)$$

bu ýerde k_{ygt} – ygtybarlylyk koeffisiýenti.

3. Ikifazaly we birfazaly gysga utgaşmada işe goýberiji rele abat fazanyň toguna görä saýlanylýar. Bu maksat üçin:

$$I_{\text{gor.iş.}} > I_{\text{a.f}} \quad \text{ýa-da} \quad I_{\text{gor.iş.}} = k_{\text{ygt}} I_{\text{a.f}}, \quad (9.25)$$

bu ýerde $I_{\text{a.f}} = I_{\text{ý}} + k I_{\text{g.u.}}$.

Zeper ýeten liniýa kaskadly öçende zeper ýetmedik fazanyň toklary (B we C) goragyň işine täsir edýär.

9.25-nji şert ýerine ýetende we gorag faza görä işe goýberilende kuwwat relesiniň ýalňyş işlemegi bilen liniýanyň öçürilmegi aradan aýrylýar, sebäbi abat fazanyň işe goýberiji releleri işlemeýär.

4. Parallel liniýanyň maksimal ýükünde işe goýberiji rele iş ýagdaýyna ygtybarly dolanyp gelmelidir.

$$\begin{aligned} \text{Eger} \quad & I_{\text{gor.iş.}} = \frac{k_{\text{ätiýaç}} I_{\text{ý.maks}}}{I_{\text{yza.gaý}}} \end{aligned} \quad (9.26)$$

bolsa, yza gaýdyş şerti doly üpjün edilýär.

Bu ýerde $I_{\text{ý.maks}}$ – parallel liniýanyň ýüküniň maksimal togunyň jemi.

4-nji şerte görä saýlanan işleme tok galan ähli şertleri kanagatlandyrýar. Şonuň üçin $I_{\text{gor.iş.}}$ işleme togy (9.26) formula görä saýlanylýar we (9.23) we (9.25) formulalara görä barlanylýar.

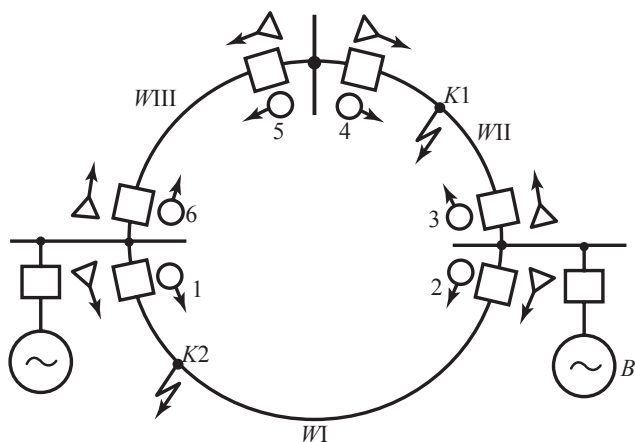
DISTANSION GORAG

10.1. Distansion goragyň niýetlenilişi we täsir ediş düzgüni

1. Birnäçe iýmitlendiriji çeşmeli çylşyrymly konfigurasiýaly elektrik setlerde maksimal we gönükdirilen goraglar gysga utgaşmada saýlap açurmäni üpjün edip bilmeyär. Bu ýagdaýa 10.1-nji çyzgyda görkezilen iki iýmitlendiriji halkaly setiň mysalynda göz ýetirip bolar. *WII* liniýada gysga utgaşmada 3-nji maksimal gönükdirilen tok goragy 1-nji goragdan çalt işlemeli, *WI* liniýada gysga utgaşmada 1-nji gorag 3-nji goragdan çalt işlemeli. Bu gapma-garşylykly talaby maksimal gönükdirilen tok goragy ýerine ýetirmeyär. Ondan başga-da maksimal we gönükdirilen goraglar çalt täsirlilik talaplary kanagatlandyрмаýar.

Şonuň bilen baglanyşykly islendik konfigurasiýaly elektrik setlerinde saýlaýjylygy we duýgurlygy üpjün edýän goragy ulanmak hökmanylygy ýüze çykýar.

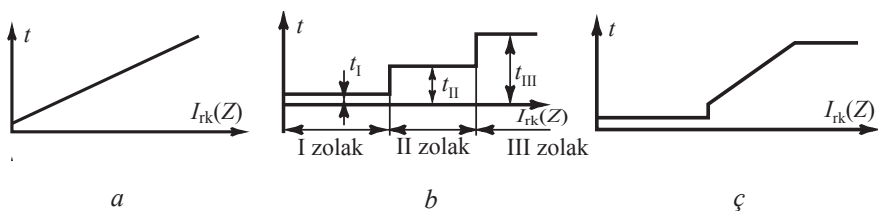
Şeýle goraglaryň biri distansion (aralykdan) goragdyr.



10.1-nji çyzgy. Ikitaraplaýyn iýmitlenýän halkaly set

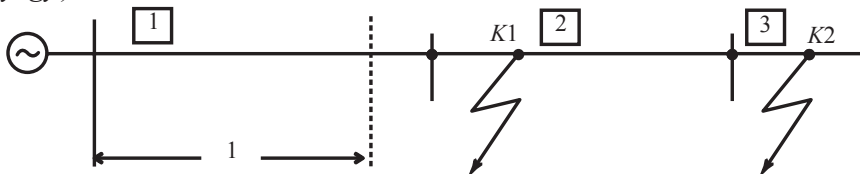
Distansion goragyň t wagt saklanmagy goragyň ýerleşdirilen ýeri bilen gysga utgaşma nokadynyň l_{rk} aralyga baglydyr. Bu aralygyň ulalmagy bilen distansion goragyň t wagt saklanmasy akymlaýyn

ýa-da basgançakly ösýär (10.2-nji çyzgy). Distansion goragyň golaýynda zeper ýetmede goragyň wagt saklanmasy kiçidir. Şoňa baglylykda zeper ýeten uçastogy saýlap öçürmek üpjün edilýär.



10.2-nji çyzgy. Distansion goragyň häsiýetnamasy

Mysal üçin, K_1 nokatda gysga utgaşmada 1-nji goraga garanyňda zeper ýeten ýere golaý ýerleşen 2-nji gorag az wagtda işleýär (10.3-nji çyzgy).



10.3-nji çyzgy. Distansion goragyň gysga utgaşan ýere çenli wagt saklanma häsiýetnamasy

Gysga utgaşma bilen goragyň aralygynyň uzaklygyny kesgitleýän distansion organ distansion goragyň esasy elementidir.

$$\begin{aligned} z_{r.k} &= z_0 l_{r.k}, \\ x_{r.k} &= x_0 l_{r.k}, \\ r_{r.k} &= r_0 l_{r.k}, \end{aligned}$$

bu ýerde $z_{r.k}$, $x_{r.k}$, $r_{r.k}$ – $l_{r.k}$ uzynlykly liniýanyň doly, reaktiw we aktiw garşylygy. z_0 , x_0 , r_0 – 1 km liniýanyň udel garşylygy.

Şeýlelikde, liniýanyň garşylygyny hasaba alýan reläniň ýagdaýy $l_{r.k}$ zeper ýeten ýeriň uzaklygyna baglydyr. Distansion organyň hasaba alýan garşylygynyň görnüşine baglylykda, distansion gorag doly, reaktiw we aktiw garşylygyň goragyna bölünýär. Reaktiw we aýratyn hem aktiw garşylygyň distansion goraglary seýrek ulanylýar.

Çylşyrymly konfigurasiýaly elektrik setlerinde distansion goragyň saýlaýjylygyny üpjün etmek üçin, gysga utgaşmanyň kuwwaty

şinadan liniýa gönükdirilende täsir edýän gönükdirilen distansion gorag ulanylýar. Distansion goragyň gönükdirilen täsirini gönükdirilen kuwwat relesini ýa-da gönükdirilen ölçeg organyny ulanmak bilen amala aşyrylýar.

10.2. Distansion goragyň wagt saklanmasynyň häsiýetnamalary

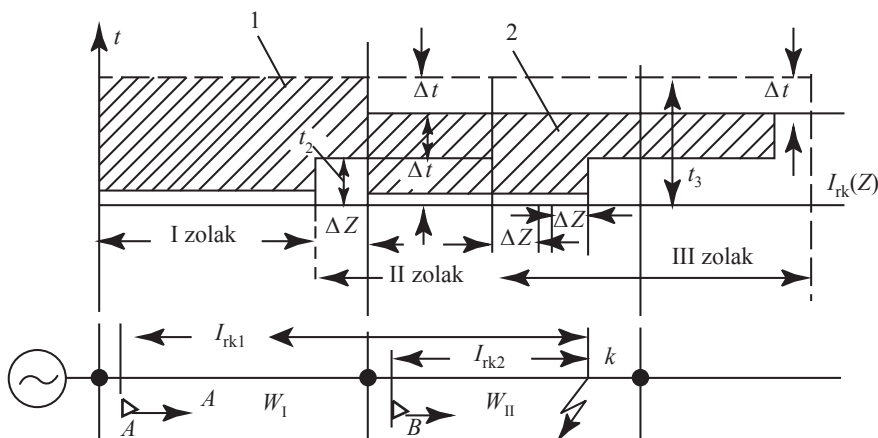
Goragyň ýerleşdirilen yerinden gysga utgaşma yerine çenli aralyga ýa-da garşylyga distansion goragyň täsir wagtynyň baglylygy distansion goragyň wagt saklanma häsiýetnamasy diýlip atlandyrylýar. Bu garaşlylyk häsiýetine görä distansion gorag üç topara bölünýär:

1. Akymlaýyn öşýän häsiýetnamaly.
2. Basgançakly häsiýetnamaly.
3. Kombinirlenen.

Akymlaýyn ýa-da kombinirlenen häsiýetnamaly distansion goragy konstruktiv yerine ýetirmek çylşyrymly. Şonuň bilen bir wagtda hem basgançakly häsiýetnamaly gorag zeper ýeten yeri çalt öçürmäge mümkinçilik berýär. Şonuň netijesinde hem basgançakly häsiýetnamaly distansion gorag has köp ulanylýar. Olar üç basgançakly wagt saklanmaly t_I , t_{II} , t_{III} yerine ýetirilýär. Basgançagy we zolagy köpsanly goraglar ulanylýar, ýöne olaryň sanynyň ýokarlanmagy goragyň çylşyrymlaşmagyna getirýär we gerek bolan peýdany bermeýär.

Basgançakly häsiýetnamaly goragyň saýlaýjylykly täsir edişiniň üpjün edilişi 10.4-nji çyzgyda görkezilendir.

Reläniň takyklygyna baglylykda 1-nji zolak goralýan liniýanyň uzynlygynyň 0,7–0,85%-ni öz içine alýar. 1-nji zolagynyň çäginde gysga utgaşmada gorag derrew täsir edýär. Garşysyndaky podstantsiýanyň şinalaryny we liniýanyň galan bölegini 2-nji zolak öz içine alýar we onuň wagt saklanmasy indiki yeriň 1-nji zolagynyň goragy bilen ylalaşmaly. 2-nji zolakda gysga utgaşmada gorag t_2 wagt saklanmasyndan soň öçürmeli. 3-nji zolak ätiýaçlyk zolak bolup, ol indiki yeri öz içine almak şerti bilen saýlanylýar. 3-nji zolagynyň goragy indiki yeriň goragy ýa-da öçürijisi işlemedik ýagdaýynda işleýär. 3-nji zolakda zeper ýetmede gorag t_3 wagtda täsir edýär.



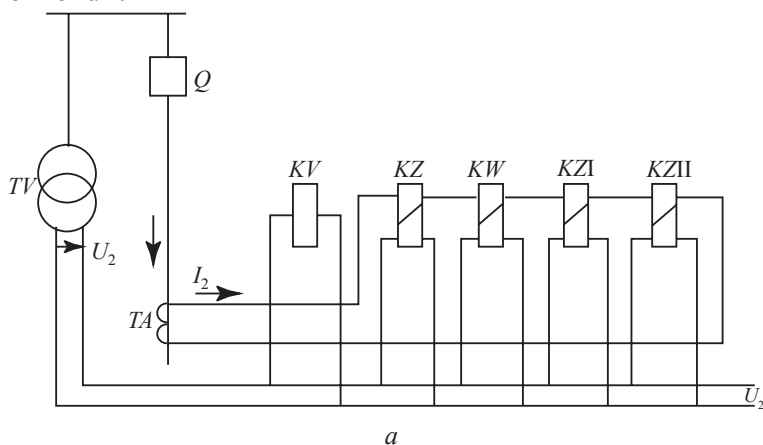
10.4-nji çyzygy. Basgançakly häsiýetnamaly distansion goragyň wagt saklanmalarynyň ylaşmagy

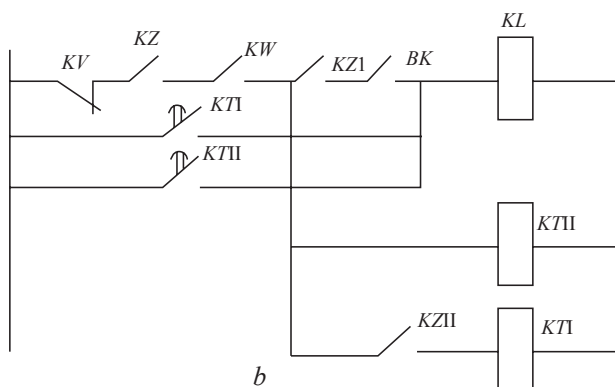
10.4-nji çyzygdaky diagrammadaky punktirler distansion gorag bilen bile gurnalan gönükdirilen tok goragynyň wagt saklanmasyny görkezýär.

10.3. Distansion goragyň elementleri we olaryň özara täsiri

Distansion gorag çylşyrymly goraglaryň hataryna girýär. Bu goragyň hemme aýratynlyklary kesgitli bir görnüşli funksiýalary ýerine ýetirýän elementlerdir.

Distansion goragyň organlarynyň arasyndaky özara aragatnaşyk, olaryň niýetlenişi we ýerine ýetirýän funksiýalary 10.5-nji çyzygyda görkezilendir.





10.5-nji çyzyg. Üç basgançakly distansion goragyň ýönekeýleşdirilen shemasy:

a – tok we naprýaženiýe zynjyry; b – operatiw zynjyr

Gorag aşadaky organlardan durýar:

1. Işe goýberiji organ. Gysga utgaşma döwründe goragy işe goýberýär. Adatça, işe goýberiji organ doly garşylygyň relesi bilen ýerine ýetirilýär. 10.5-nji çyzygyda I_2 tokdan we U_2 setiň naprýaženiýesinden iýmitlenýän garşylyk relesi işe goýberiji organ hökmünde görkezilendir.

2. Distansion organ gysga utgaşmanyň uzaklygyny kesgitleýär. Basgançakly goraglardan minimal garşylyk relesi ulanylýar. Relä goralýan liniýanyň toklary we naprýaženiýeleri berilýär hem-de

$$Z_r = \frac{U_r}{I_r} < Z_{r.iş} \quad (10.1)$$

şert ýerine ýetse rele işleýär. Bu ýerde $Z_{r.iş}$ – reläniň täsir edip başlaýan wagtyndaky iň uly garşylyk, ýagny garşylyk relesiniň işleme garşylygy. Z_r – garşylyk kähalatda aktiw hasaplanýar. Käbir iş düzgünlerinde Z_r liniýanyň garşylygy hasaplanmaýar. Bu ýagdaý $\frac{U_r}{I_r}$ gatnaşyk hökmünde berilýär.

3. Wagat saklaýjy organ goragyň wagat saklanmasyny döredýär. Ol wagat reläniň kömegi bilen ýerine ýetirilýär.

4. Gönükdirilen kuwwat organ gysga utgaşmanyň kuwwatynyň ugry podstansiýanyň şinasyna tarap gönükdirilende goragyň işlemegine rugsat berilmeyär. Ol gönükdirilen kuwwat relesiniň kömegi bilen ýerine ýetirilýär.

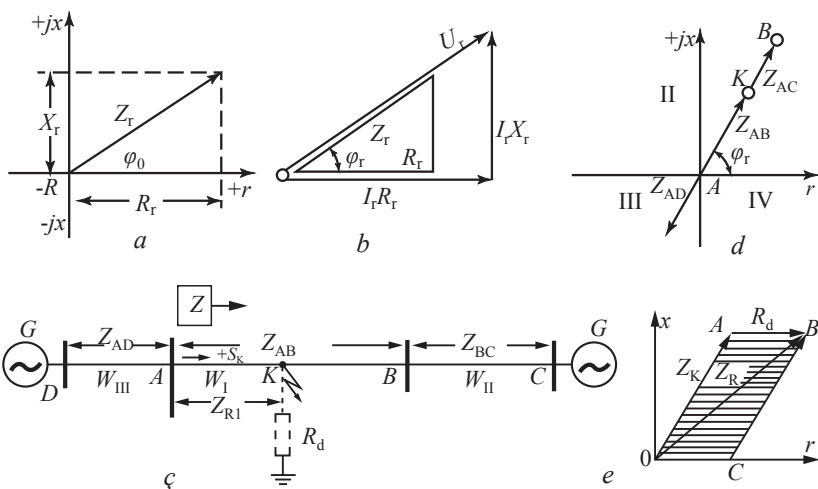
5. Blokirowka. Zeper ýetme ýok wagty goragyň nädogry işleginiň önüni almak üçin goragy awtomatiki blokirlýär. Adatça, iki sany blokirowka ulanylýar. Goragy ýimitlendirýän naprýaženiýe zynjyrynda näsazlyk bolanda U_r naprýaženiýe ýitende KV minimal naprýaženiýe relesi blokirlýär. $U_r=0$ bolanda, $Z_p=0$ -a deň bu şertde goragyň işe goýberiji organy we distansion organ herekete gelýär we goragyň nädogry işlemegine getirýär. Şonuň üçin hem KV minimal naprýaženiýe relesi naprýaženiýe zynjyrynda näsazlyk bolanda, goragyň operatiw toguny aýyrýar.

Energoulgamyň çäýkanmasynda goragyň nädogry işlemeginiň önüni BK blokirlýär. Bu iş düzgüninde naprýaženiýe peselýär, I_r tok ýokarlanýar. Şeýlelikde, Z_r kiçelýär, şonuň netijesinde goragyň işe goýberiji we distansion organlary işleýär hem-de goragyň nädogry täsir etmegine getirýär. Energoulgamda çäýkanma döwründe BK blokirowka goragyň öçüriji zynjyryny ýazdyryp, goragy işden çykarýar.

Liniýada gysga utgaşmada KA işe goýberiji we KW kuwwat relesi işleýär. Olaryň kontaktlarynyň üstünden distansion organyň kontaktlaryna we 3-nji zolagyň wagt relesiniň tegegine signal berýär. Eger gysga utgaşma 1-nji zolakda bolsa, KZ_I distansion organ kontaktlaryny birikdirýär we liniýany öçürmek üçin habar berýär. Eger gysga utgaşma 2-nji zolakda bolsa, KZ_I garşylygynyň uludygy sebäpli işlemeýär. Bu ýagdaýda KZ_{II} distansion gorag täsir edýär. Ol kontaktlaryny birikdirýär we KT_{II} wagt reläni işe goýberýär. t_{II} wagtdan soň KT_{II} wagt rele işleýär we öçürmäge habar berýär.

10.4. Distansion reläniň işleme häsiýetnamalary we olaryň kompleks tekizlikde aňladylyşy

a) Reläniň häsiýetnamalaryny aňlatmak üçin kompleks tekizlikleriň ulanylyşy. Rele işlände, onuň gysgyçlaryndaky Z_r wektorlaryň bahasyny kesgitleýän $Z_{r,i\varphi} = f(\varphi_r)$ baglylyk işleme häsiýetnama diýlip atlandyrylýar, Z garşylyk kompleks ululyk hasaplanýar. Şonuň üçin reläniň işleme häsiýetnamalaryny we onuň gysgyçlaryndaky garşylyklary, kompleks tekizlikde x , r oklarda aňlatmak amatlydyr. Bu ýagdaýda r hakyky okda r aktiw garşylyk, j hyýaly okda x reaktiw garşylyk ýerleşdirilýär (10.6-njy çyzgy).



10.6-njy çyzgy. r, jx kompleks tekizlik:

a – Z_r wektoryň şekillendirilişi; b – garşylyk üçburçlugy; c we d – setiň uçaştogy we onuň r, jx oklarda şekillendirilişi; e – elektrik dugasynyň r garşylygynyň üstünden gysga utgaşma

Reläniň gysgyçlaryndaky islendik doly garşylyk $Z_p = R_r + jx_r$ kompleks san görnüşde aktiw we reaktiw düzüjiler arkaly aňladylyp bilner (10.6-njy a çyzgy). r, x koordinata oklarynda r_r we x_r wektor görnüşinde aňladylyar.

Bu wektoryň ululygy $|Z_r| = \sqrt{r_r^2 + x_r^2}$ modul, onuň ugry x_r we r_r gatnaşygundan kesgitlenilýän φ_r burç bilen häsiýetlendirilýär: $\text{tg}\varphi_r = x_r/r_r$.

10.6-njy b çyzgydan görnüşi ýaly φ_r burç I_r toguň we U_r naprýaženiýäniň wektorlarynyň arasyndaky faza süýşme burçlaryna deň. Şeýlelikde, kompleks tekizlikde I_r wektor r garşylygynyň položitel okuna, U_r naprýaženiýe Z_r wektora gabat gelýär.

Elektrik setiniň islendik bölegini, mysal üçin, 10.6-njy c çyzgydaky W_I liniýa r, x oklarda Z_I wektor hökmünde görkezip bolar. Liniýanyň her bir nokady r_i we x_i kesgitli garşylyk bilen häsiýetlendirilýär.

Elektrik setiniň hemme bölekleriniň garşylyklary şol bir φ_1 burça gabat gelse, onda olaryň kompleks tekizlikde geometrik ýerleşşi, r oka görä φ_r burç süýşen görnüşde aňladylyar (10.6-njy d çyzgy).

Seredilýän A goragyň ýerleşdirilen ýerinde goralýan liniýanyň başlangyjy koordinatalaryň başlangyjy bilen gabat getirilýär (10.6-njy c we d çyzgy).

A goragyň zolagyna düşýän elektrik setiniň hemme uçastoklarynyň koordinatalary položitel hasaplanýar we tekizligiň 1-nji kwadrantnynda ýerleşýär (10.6-njy ϵ çyzgy). A nokatdan sagda ýerleşýän elektrik setiniň hemme bölekleriniň koordinatalary ters hasaplanýar we üçünji kwadrantda ýerleşýär. Diagrammada W_I liniýanyň garşylygy AB kesim W_{II} liniýanyň garşylygy BC we W_{III} liniýanyň garşylygy AD kesim bilen görkezilýär.

b) Reläniň işleme häsiýetnamalary. Minimal garşylyk releleriniň esasy görnüşleriniň işleme häsiýetnamalary 10.6-njy çyzgyda görkezilendir. Her bir reläniň häsiýetnamalary $Z_r = Z_{r,i\dot{s}}$ şerti kanagatlandyryan geometriki nokatlar görnüşinde berilýär. Häsiýetnamanyň ştrihlenen bölegi, ýagny $Z_r < Z_{r,i\dot{s}}$, bolanda reläniň täsir oblastyna girýär.

Ştrihlenen bölegiň çäginde çykýan Z_r garşylykda, ýagny $Z_r < Z_{r,i\dot{s}}$ bolanda rele işlemeýär. Şeýlelikde, reläniň iş häsiýetnamalary reläniň täsir şertini kesgitleýän araçäk egridir.

Bu häsiýetnama reläniň işleme garşylygynyň $Z_{r,i\dot{s}}$ wektorynyň ululygynyň, onuň ugruny kesgitleýän φ_r burça baglylygy ýaly seredilýär we $Z_{r,i\dot{s}} = f(\varphi_r)$ deňleme görnüşinde berilýär.

Reläniň işleme häsiýetnamasy kabul edilen zolagynyň çäginde gysga utgaşmada reläniň işlemegini üpjün etmeli. Gysga utgaşmada reläniň gysgyçlaryndaky $Z_{r,i\dot{s}}$ garşylygyň wektory zeper ýetme ýere çenli liniýanyň Z_k garşylygynyň we gysga utgaşma ýerde ýüze çykýan elektrik dugasynyň R_d garşylygynyň wektorlarynyň jemine deň (10.6-njy ϵ çyzgy):

$$Z_r = Z_k + R_d. \quad (10.1 a)$$

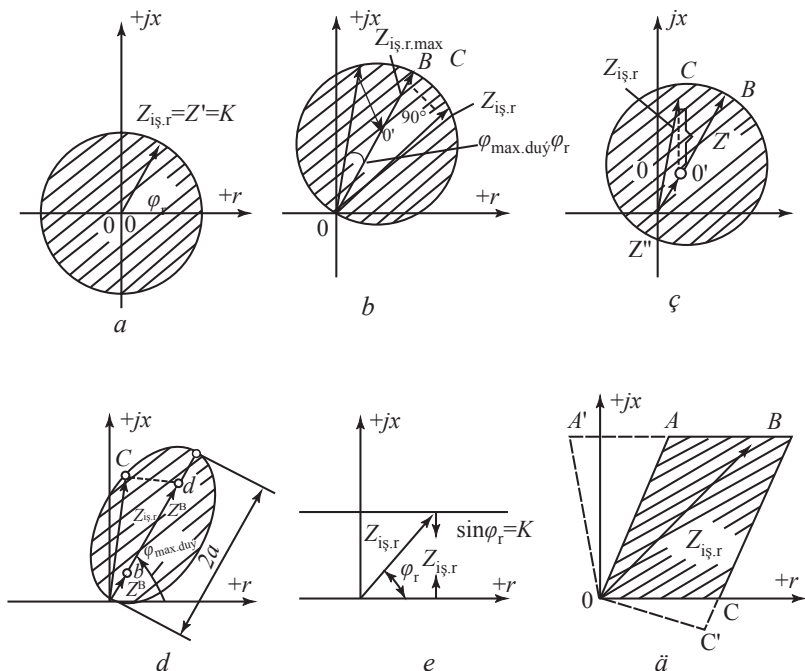
10.6-njy ϵ çyzgydaky OA kesim reläniň täsir zolagyndaky Z_k garşylyga deň bolan liniýanyň garşylygynyň wektoryny görkezýär; AB – kesim r_d aktiw garşylygy bolan elektrik dugasynyň garşylygynyň wektoryny aňladýar.

$OABC$ meýdan, elektrik dugasynyň garşylygyny hasaba almak bilen, liniýanyň dürli nokatlarynda gysga utgaşmada, reläniň täsir edýän oblastyny görkezýär, ýagny Z_r – wektor bu meýdanyň içinde ýerleşýär.

Liniýada gysga utgaşmada Z_r garşylygyň wektory 10.7-nji çyzgyda görkezilen reläniň işleme häsiýetnamasynda ýerleşse, onda gysga utgaşmada reläniň täsiri üpjün edilýär.

10.7-nji çyzydaky x, r oklarda töwerek, ellips, göni çyzyk, köpburçluk görnüşinde aňladylan reläniň has giň ýaýran häsiýetnamalary görkezilen.

Gönükdirilmedik reläniň doly garşylygynyň işleme häsiýetnamasy 10.7-nji e çyzygyda görkezilen.



10.7-nji çyzyg. Garşylyk relesiniň işleme häsiýetnamasy

Reläniň işleme deňlemesi:

$$Z_{r,iş} = k, \quad (10.2)$$

bu ýerde k – hemişelik ululyk. Bu reläniň häsiýetnamasy töwerek görnüşinde we onuň radiusy k deň we merkezi koordinatalar okunyň başlangyjynda berlen. R okuň we Z_r wektoryň arasyndaky islendik φ_r burçlarynda, $Z_r \leq k$ bolanda rele işleýär.

Reläniň täsir zolagy dört kwadrantda ýerleşýär. 1 we 3 kwadrantda ýerleşmek, gönükdirilmedik garşylyk relesi ýaly işleýändigini görkezýär.

Doly garşylygyň gönükdirilen relesiniň $Z_{r,iş}$ işleme garşylygy, φ_r burça baglydyr (10.7-nji b çyzygy). Onuň işleme häsiýetnamasy koor-

dinatalar okunyň başlangyjyndan geçýän töwerek görnüşinde aňladylýar.

$$\varphi_r = \varphi_{\text{maks. duý}}$$

bolanda işleme garşylygynyň maksimal bahasy bar.

Bu ýerde $\varphi_{\text{maks. duý}} - Z_{r.iş} = Z_{r.iş \text{ maks}}$ bolanda, reläniň maksimal duýgurlyk burçy, ýagny töweregiň OB diametrine deň.

Bu reläniň işlemesiniň φ_r burça baglylygy aşakdaky deňlemede aňladylýar:

$$Z_{r.iş} = Z_{r.iş \text{ maks}} \cos(\varphi_{\text{maks. duý}} - \varphi_r). \quad (10.3)$$

Bu ululyk 10.7-nji b çyzgydaky OBC üçburçlukdan ýeňil alynýar. Üçünji kwadrantyna deň bolanda rele işlemeýär. Bu bolsa, eger kuwwat podstansiýanyň şinasyna gönükdirilende rele täsir etmeýär. Şeýlelikde, bu seredilen rele gönükdirilen rele hasaplanýar.

Garyşyk töwerek häsiýetnamaly rele (10.7-nji ç çyzgy).

Garyşyk häsiýetnamaly relede üçünji kwadrantda Z'' ululyk geçýär. Şonuň üçin hem rele diňe bir öz goraýan zolagynda goraman ol liniýany iýmitlendirýän A şinany we ondan çykýan birikmeleriniň belbir uzynlygyny öz içine alýar. Garyşyk häsiýetnamaly deňlemede:

$$\left| \frac{Z-Z'}{2} \right| - Z_{r.iş} - \left| \frac{Z'-Z''}{2} \right| = 0. \quad (10.4)$$

(10.4) deňleme $OO'C$ üçburçlukdan alyp bolýar. Çyzgydan görnüşi ýaly Z', Z'' wektorlaryň geometrik tapawudy töweregiň diametrine deň. Bu ýerden

$$\left| \frac{Z'-Z''}{2} \right| = 0. \quad (10.4a)$$

Çyzgydan görnüşi ýaly:

$$\frac{Z'-Z''}{2} = 00'.$$

Bu ýagdaýy hasaba alyp:

$$\left| Z_{r.iş} - \frac{Z'-Z''}{2} \right| = |C^\circ C - O^\circ O'| = O'C = r; \quad (10.4 b)$$

bu ýerde C – töweregiň islendik nokady, r – töweregiň radiusy.

(10.4a) we (10.4b) deňlemeleriniň çep tarapyny deňläp, (10.4) deňlemäni alarys.

Ellips häsiýetnamaly rele (10.7-nji *d* çyzgy). 10.7-nji *d* çyzgy-da ellips görnüşli häsiýetnamaly gönükdirilen rele görkezilendir. Bu reläniň $z_{r,iş}$ –işleme garşylygy φ_r burça bagly we $\varphi_r = \varphi_{maks,duý.}$ bolanda iň uly baha eýe. $\Phi_{maks,duý.}$ burç φ_e -e deň diýlip kabul edilýär. $Z_{r,iş,maks}$ garşylyk ellipsiň *2a* iň uly okuna deň.

Ellips diýlip, *b* we *d* fokuslara çenli aralagyň jemi hemişelik we uly oky *2a* deň bolan geometriki nokatlaryň ýerine aýdylýar. Muny esas edip, *b* we *d*, *Z''* we *Z'* fokuslary koordinatalarda aňladyp, ellipsiň islendik 6 nokady üçin ellips häsiýetnamasynyň deňlemesini alarys:

$$|Z_{r,iş} - Z'| + |Z_{r,iş} - Z''| = 2a \quad (11.5)$$

Reläniň täsir zolagy ştrihlenen. Töwerek häsiýetnama bilen deňeşdirilende ellips häsiýetnamasynyň işçi oblasty kiçi. Bu bolsa reläni çaykanma we aşa ýüklenmä görä sazlamaga mümkinçilik berýär.

Reaktiw garşylygyň relesi (10.7-nji *e* çyzgy)

$$x_r = Z_{r,iş} \sin \varphi = x_{r,iş} = K$$

bolanda işleýär.

Bu ýerde $x_{r,iş} - \varphi_r$ garaşly bolmadyk hemişelik ululyk. Bu reläniň häsiýetnamasy *r* okdan $x_{r,iş} = K$ aralyk galýan, r_k oka parallel göni çyzyk görnüşinde aňladylýar.

Köpburçluk häsiýetnamaly rele (10.7-nji *ä* çyzgy). Gönükdirilen garşylyk relesiniň köpburçluk häsiýetnamasy 10.7-nji *ä* çyzgyda görkezilendir. Bu häsiýetnamany 10.6-njy *e* çyzgydaky *0ABC* meýdana goýup, dörtburçluk häsiýetnamaly reläniň, beýleki häsiýetnamaly relä garanyňda amatlydygyny göreris, ýagny gysga utgaşmada Z_r wektorlaryň ýerleşiş oblasty has hem oňalydyr.

Köpburçluk häsiýetnamaly rele konstruktiv tarapdan çylşyrymly we häzirlikçe ulanylmaýar.

Garşylyk relesiniň iş düzgünleri we onuň gurluşyndan edilýän esasy talaplar. Distansion releler dürli düzgünlerde ýerine ýetirilýär. Ilkibaşda elektromagnit we induksion düzgünde, soň bolsa ýarymgeçirijili düzgünde işleýän releler ulanylýar.

Ähli görnüşli garşylyk relesiniň täsir ediş düzgüni absolýut ululyklary ýa-da setiň I_r toguň we U_r naprýaženiýäniň funksiýasy bolan U_1 we U_2 naprýaženiýeleriň iki wektoryny deňeşdirmeklige esaslanan. Umumy ýagdaýda:

$$\underline{U}_1 = k_1 U_2 + k_2 I_r,$$

$$\underline{U}_{II}=k_3 U_2+k_4 I_r. \quad (11.6)$$

Elektromehaniki gurluşlarda U_I we U_{II} deňeşdirmek üç usul bilen amala aşyrylýar:

1. Mehaniki – M_{EI} we M_{EII} elektromagnit momentleri deňeşdirmek;

2. Elektrik – \underline{U}_I we \underline{U}_{II} naprýaženiýeleri deňeşdirmek;

3. $\Phi_I \equiv U_I$ magnit akymyny $\Phi_{II} \equiv U_{II}$ magnit akymy goýmak.

Garşylyk relesine bildirilýän esasy talaplar:

1. 1-nji zolagyň çäginde gysga utgaşmada çalt öçürmegi üpjün etmek üçin, garşylyk relesi çalt täsirli bolmaly.

110-500 *kW* naprýaženiýeli setlerde $t_r=0,02 \div 0,05s$.

35 *kW* naprýaženiýeli setlerde $t_r=0,1s$.

2. Distansion organyň funksiýasyny ýerine ýetirýän garşylyk relesi, $Z_{r.iş}$ takyklygy tapawutlanmaly, ýagny goragyň täsir zolagy endigan bolmaly. $Z_{r.iş}$ ululygyň ýalňyşlygy berlen gurnawyň Z_g garşylygyndan 10%-den köp tapawutlanmaly däl.

3. Işe goýberiji garşylyk relesiniň yza gaýdyş koeffisiýenti ýokary bolmaly:

$$k_{yza\,gaý} = \frac{Z_{yza\,gaý}}{Z_{r.iş}} = 1,05 \div 1,15.$$

10.5. Goragyň distansion organlary

a) Birikdiriliş shemasyna talaplar. Garşylyk relesi bilen ýerine ýetirilýän distansion organlar elektrik setiniň naprýaženiýesine we toguna birikdirilende, reläniň gysgyçlaryndaky Z_r garşylyk, gysga utgaşmanyň görnüşine garamazdan zeper ýetme ýere çenli l_k aralyga proporsional bolmalydyr.

Bu şerti ýerine ýetirmek üçin U_2 naprýaženiýe gysga utgaşma nokada çenli $I_{g.u} Z_{k.0}$ naprýaženiýäniň pese gaçmasyna, I_r reläniň togy bolsa $I_{g.u}$ gysga utgaşma toguna deň bolmalydyr. Onda:

$$Z_r = \frac{U_r}{I_r} = \frac{I_{g.u} Z_k}{I_{g.u}} Z_{k.0} = Z_{ud} \cdot l_{rk}.$$

Bu ýagdaýdan ugur alsak, distansion organ gysga utgaşma hal-kanyň toguna we naprýaženiýesine birikdirilýär. Ikifazaly gysga ut-

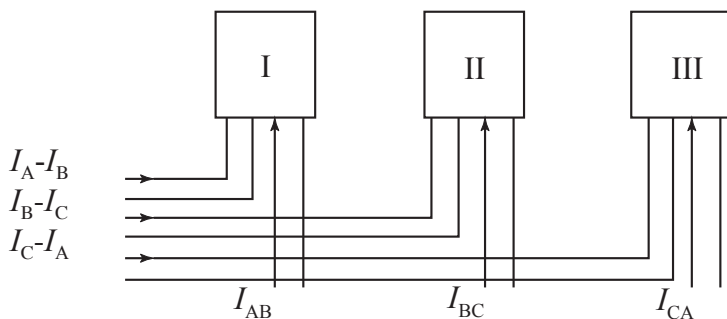
gaşmada distansion organyň dogry täsirini üpjün etmek üçin AB , BC we CA fazaara zeper ýetmäni duýar ýaly üç sany organ goýmalydyr. Bir distansion organly shema hem ulanylýar, ýöne bu ýagdaýda haýsy faza zeper ýetse, şol fazanyň toguna we naprýaženiýesine distansion organ birikdirmelidir.

Fazaara gysga utgaşmada, $Z_{g.u}$ we $L_{g.u}$ arasyndaky proporsionallygy üpjün edýän birikdiriliş shema ýere gysga utgaşma üçin ulanylmaýar. Şonuň üçin fazaara gysga utgaşmadan we birfazaly gysga utgaşmadan goramak üçin goraglar dürli shemalarda birikdirilýär. Gysga utgaşan ýeriň uzaklygy garşylyga göre dälde, gytaklaýyn sypatlara göre kesgitlenýär. KPC-121 releler aýratyn shema boýunça birikdirilýär.

b) Fazaara gysga utgaşmany hasaba alýan distansion organlaryň birikdirilişi. Fazaara naprýaženiýe we faza toklarynyň tapawudy 10.1-nji tablisa göre birikdirilýär.

10.1-nji tablisa

Rele faza	I_r	U_r
AB	$I_A - I_B$	U_{AB}
BC	$I_B - I_C$	U_{BC}
CA	$I_C - I_A$	U_{CA}



10.8-nji çyzgy. Distansion organyň birikdiriliş shemasy

Şeýle görnüşde (10.8-nji çyzgy) birikdirmek ýokarky şerti doly kanagatlandyryar.

Üçfazaly gysga utgaşmada (10.9-njy b çyzgy) ähli üç distansion organlar birmeňzeş şertde ýerleşýär. Olaryň her birine $\sqrt{3} U_f$ -e deň bolan fazaara naprýaženiýe berilýär. U_f faza naprýaženiýesi rele goragynyň ýerleşen yerinden gysga utgaşma nokada çenli fazadaky naprýaženiýäniň pese gaçmasyna deň. Bu ýerden:

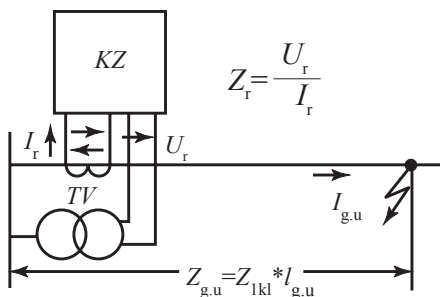
$$U_r^{(3)} = \sqrt{3} I_{g,u}^{(3)} Z_{l,k} = \sqrt{3} I_{g,u}^{(3)} Z_{l,0} l_k,$$

bu ýerde $I_{g,u}^{(3)}$ – fazadan geçýän üçfazaly gysga utgaşmanyň togy;

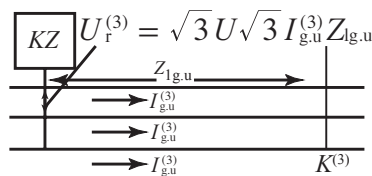
$Z_{l,k}$ – reläniň ýerleşen ýerinden k nokada çenli fazanyň göni yzygiderliliginiň garşylygy; l_k – l km liniýanyň udel garşylygy.

Her bir reledäki tok iki fazanyň toklarynyň geometrik tapawudy-na deň, ýagny $I_r = \sqrt{3} I_{g,u}^{(3)}$. Şeýlelikde, her bir reläniň gysgyçlarynda-ky garşylyk:

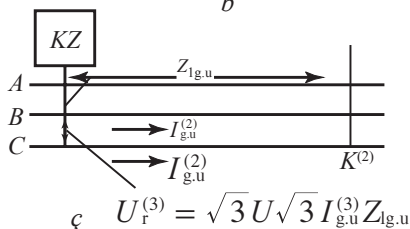
$$Z_r^{(3)} = \frac{U_r^3}{I_r^3} = \frac{\sqrt{3} I_{g,u}^{(3)} Z_{lk}}{\sqrt{3} I_{g,u}^{(3)}} = Z_{lk} = Z_{l,0} l_k.$$



a



b



ç

10.9-njy çyzy. Goralýan liniýada gysga utgaşma:

a – elektrik setiň shemasy; b – üçfazaly gysga utgaşmada zeper ýeten fazalaryň toklary we naprýaženiýeleri; ç – ikifazaly gysga utgaşmada zeper ýeten fazalaryň toklary we naprýaženiýeleri

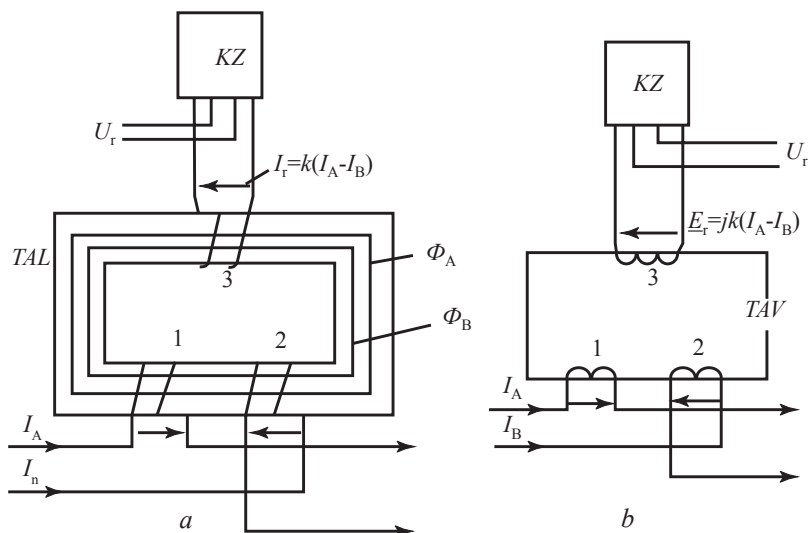
Ikifazaly, mysal üçin, B we C fazalaryň arasynda (10.9-njy ç çyzygy) gysga utgaşmada, zeper ýeten B we C fazanyň arasyndaky naprýaženiýä birikdirilen bir distansion organ bolup, l_k aralyga proporsional naprýaženiýe alynýar. Bu naprýaženiýe gysga utgaşma halkasynyň, ýagny B we C fazanyň naprýaženiýesiniň pese gaçmasyna deň, şonuň üçin:

$$U_r^{(2)} = U_{BC} = 2 I_{g,u} Z_{l,k}.$$

Tok: $U_r^{(2)} = U_B = I_C = 2 I_{g,u}.$

ýagny olara berilýän U_{AB} we U_{CA} naprýaženiýeleri U_{BC} naprýaženiýe ýokarlandyrýar. Olary iýmitlendirýän tok I_B-I_C II reläniň togundan 2 esse kiçidir. Bu releler gysga utgaşmany uzak aralykda bolar ýaly kabul edýär. Şonuň üçin olar goragyň nädogry işlemegine getirmeýär.

ç) Iki fazanyň toklarynyň tapawudy görnüşinde distansion organlary birikdirmegiň ýollary. Iki fazanyň toklarynyň tapawudy-na birikdirmek üçin kömekçi tok transformatory ýa-da 1 we 2 iki sany birinji sarymly transreaktor ulanylýar (10.11-nji çyzygy). TA we TR her bir sarymlary deňişli fazalaryň toguna birikdirilýär. Bu toklar TA we TR serdeçniginde garşylykly ugrukdyrylan magnit akymlary we $\Phi_{jem} = \Phi_1 - \Phi_2$ magnit akymlaryň jemini döretmeli. Şonuň üçin TA -nyň we TR -iň 1-nji sarymyny toklaryň tapawudyna birikdirmeli.



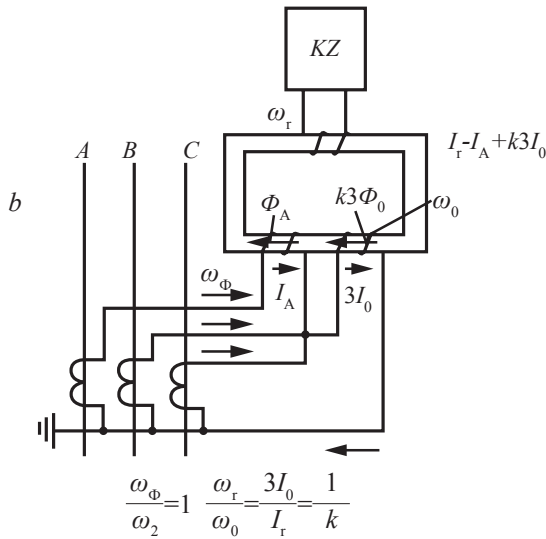
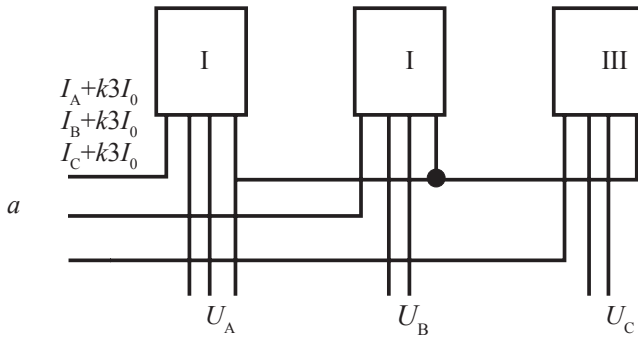
10.11-nji çyzygy. Iki fazanyň toklarynyň tapawudyna distansion organlary birikdirmek:

a – kömekçi tok transformatoryň kömegi bilen; *b* – transreaktoryň kömegi bilen

d) Birfazaly gysga utgaşmany duýýan distansion organlaryň birikdirilişi. Birfazaly gysga utgaşmanyň uzaklygyny kesgitlemek üçin distansion organlar tok kompensasiýa shemasy görnüşinde birikdirilýär (10.12-nji a çyzygy). Shemada üç garşylyk relesi ulanylýar. Olaryň her biri 10.3-nji tablisa laýyklykda A , B we C fazalaryň U_f naprýaženiýesine birikdirilýär:

$$\underline{I}_r = \underline{I}_f + k3\underline{I}_0,$$

bu ýerde \underline{I}_f – U_f naprýaženiýeli fazanyň togy. $k3\underline{I}_0$ – nol yzygiderliligiň toguna proporsional tok.



10.12-nji çyzygy. $\underline{I}_f + k3\underline{I}_0$ toga distansion organyň birikdiriliş shemasy:

a –üçfazly birikdiriliş shema; *b* – $\underline{I}_f + k3\underline{I}_0$ togy almak üçin shema

$$K = \frac{Z_0 - Z_1}{3Z_1} - \text{proporsionallyk koeffisiýenti.}$$

Bu koeffisiýentiň şeýle ululygynda birfazly gysga utgaşmada reläniň gysgyçlaryndaky $Z_{i.iş} = \frac{U_f}{I_f + k3I_0}$ garşylyk Z_1 -e deň bolýar,

bu ýerde Z_1 – zeper ýetme ýere çenli göni yzygiderligiň garşylygy.

Rele, faza	Napryaženiye	Tok
A	U_A	$I_A + k3I_0$
B	U_B	$I_B + k3I_0$
C	U_C	$I_C + k3I_0$

10.6. Distansion organlaryň sany azaldylan ýönekeý shemalar

a) Distansion organlaryň üç ulgamly we bir ulgamly shema birikdirilişi. Distansion rele çylşyrymly releleriň hataryna girýär. Şonuň bilen baglanyşykly goragyň distansion organlarynyň sanyny azaltmaga mümkinçilik berýän shema düzülýär.

Üç distansion organly shemalar üç ulgamly shema diýlip atlandyrylýar.

Ýönekeýleşdirmek maksady bilen bir distansion organly shemalar (bir ulgamly) ulanylýar. Bir ulgamly shemada distansion organyň dogry işlemegi üçin, olary zeper ýetmäniň görnüşine baglylykda şoňa laýyk toklara we napryaženiýelere awtomat geçirmek hökmandyr. Mysal üçin, bir ulgamly shemada A we B fazada ikifazaly gysga utgaşmada distansion organyň U_{AB} napryaženiýe we $I_A - I_B$ tok, B we C fazada gysga utgaşmada U_{BC} napryaženiýe we $I_B - I_C$ tok bermelidir.

b) Distansion organlaryň işini üýtgedýän sebäpler. Distansion organlaryň işine täsir edýän käbir faktorlar gysga utgaşan ýere çenli I_{gu} aralygyň we z_r garşylygyň arasyndaky proporsionallygy bozýar, z_r ululygy üýtgedýär. Bu üýtgetmeleri goýluş parametr hasaplananda hasaba almaly.

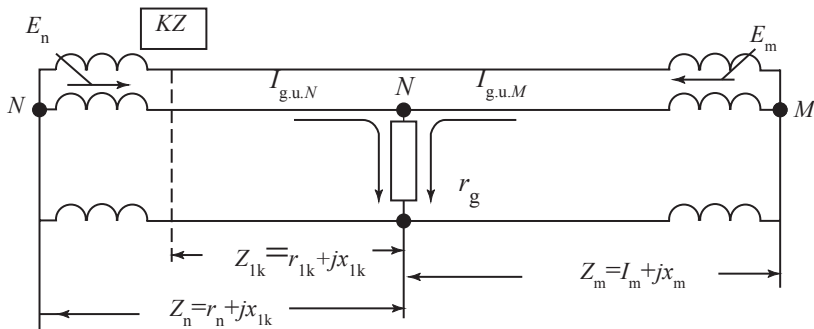
1. Geçiş garşylygynyň täsiri. Gysga utgaşmada geçiş garşylygy. (10.13-nji çyzgy) r_g aktiw garşylygy bolan elektrik duganyň döremegi bilen şertlenendir. Ikifazaly zeper ýetmede elektrik dugada KZ reläniň gysgyçlaryndaky garşylyk:

$$Z_r = \frac{U_r}{I_r} = \frac{2I_{g,uN}Z_l + I_{g,u}r_g}{2I_{g,uN}} = Z_l + \frac{I_{g,u}r_g}{I_{g,uN}^2} = Z_l + \Delta Z, \quad (11.7)$$

bu ýerde Z_{lk} – gysga utgaşan ýere çenli göni yzygiderligiň garşylygy; r_g – elektrik dugasynyň garşylygy;

$I_{g,uN}$ – reläniň üstünden geçýän n iýmitlendiriji çeşme tarapyndan gysga utgaşma togy. $I_{g,u}$ – duganyň üstünden geçýän gysga utgaşma

tok $I_{g.u.N} + I_{g.u.M}$ -a deň; onda $\Delta Z = k \frac{r_g}{2}$, şunlukda: $k = \frac{I_{g.u}}{I_{g.uN}}$. Bu aňlatmadan görnüşi ýaly doly garşylygyň relisi geçiş garşylygynyň döremeginiň hasabyna gysga utgaşan ýeri daşlaşan ýaly kabul edýär.



10.13-nji çyzygy. Gysga utgaşma ýerindäki elektrik dugasynyň Z_r garşylyga täsiri

Şonuň netijesinde reläniň täsir ediş zolagy gysgalýar, hasaplanylýan zolagyň ahyrynda gysga utgaşmada goragynyň işlemezliligine getirmegi we beýleki goragyň saýlaman öwürmegine getirmegi mümkin. Duganyň garşylygynyň ululygy takyk baha almaga mümkinçilik bermeyär. Zeper ýetmäniň başlanýan momenti elektrik dugasynyň uzynlygy minimal, soň duga uzalýar, şonuň netijesinde r_g geçiş garşylyk ýokarlanýar. Şonuň üçin hem elektrik duga goragynyň wagt saklanmasyna uly täsirini ýetirýär.

2. Aralyk podstansiýadan goşmaça iýmitlendirme togunyň täsiri. Goragyň ýerleşdirilen ýeri bilen zeper ýetme nokadynyň arasynda gysga utgaşma ýerini goşmaça $I_{g.uM}$ tok berýän N iýmitlendiriji çeşme bar (10.14-nji çyzygy). Bu tok reläniň üstünden geçmeyär, ýöne zeper ýeten uçastogyň garşylygynda goşmaça naprýaženiýäniň pese gaçmasyny döredýär, reläniň gysgyçlarynda naprýaženiýe, şonuň bilen birlikde hem Z_r garşylyk ýokarlanýar.

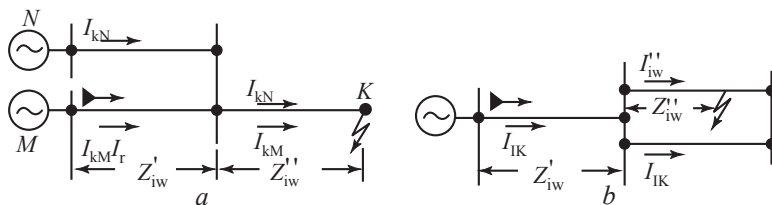
Iýmitlendirmäni hasaba alnanda, reläniň naprýaženiýesi:

$$U_r = I_{g.uM} Z_{1l} + (I_{g.uM} + I_{g.uN}) Z''_{lg.u},$$

bu ýerden

$$Z_r = \frac{U_r}{I_r} = Z'_{1l} + \frac{I_{g.uM} + I_{g.uM}}{I_{g.uM}} \cdot Z''_{lg.u} = X'_{1l} + k_r Z''_{lg.u}, \quad (11.8)$$

$k = \frac{I_{g.u}}{I_{g.uN}} > 1$ – paýlanyş koeffisiýenti.



10.14-nji çyzgy. Distansion organlaryň ölçegleriniň üýtgemegi

Goşmaça iýmitlendiriji çeşme bar bolsa, gysga utgaşma ýere çenli göni yzygiderliligiň hakyky garşylygyndan, reläniň gysgyçlaryndaky garşylyk uludyr. Bu bolsa goragyň ikinji we üçünji basgançagyňyň zolagyňyň gysgalmagyna getirýär. Goşmaça çeşmäniň $I_{g,u/V}$ togy näçe uly bolsa Z_r garşylyk hem ulalýar.

3. Parallel liniýalarda toguň paýlanmagynyň täsiri. Ýekeleşýin liniýa iki parallel liniýa bölünende (10.14-nji b çyzgy), ýekeleşýin liniýa goýlan rele parallel liniýalaryň biriniň garşylygyny ölçeýär.

Bu ýagdaýda: $U_r = [I_{lg,u} Z'_{ll} + (I_{lg,u} - I'_{lg,u}) Z''_{lg,u}]; I_r = I_{lg,u}$.

Şeýlelikde, $Z_r = Z'_{ll} + \frac{I_{lg,u} - I'_{lg,u}}{I_{lg,u}} \cdot Z''_{lg,u} = Z'_{ll} + k_k Z''_{lg,u}$, (11.9)

bu ýerde k_k – toklaryň bölünme koeffisiýenti:

$$\frac{I_{lg,u} - I'_{lg,u}}{I_{lg,u}} < 1.$$

Distansion goragyň goýluş parametrleri hasaplananda goşmaça çeşme we bölünme hökmany hasaba alynmalydyr.

4. Ölçeg transformatorlarynyň ýalňışlygynyň täsiri. Tok transformatorynyň ýalňışlygynyň hasabyna, ikinji sarymyň togy hasaplama ululygy bilen deňeşdireniňde onuň ululygy kiçelýär. Bu bolsa goragyň täsir zolagyňyň gysgalmagyna getirýär. Bu ýalňışlyk Z_r garşylygyň φ_r burçuna täsir edýär. Distansion organlary iýmitlendirýän tok transformatorlarynyň ýalňışlyklarynyň täsirini azaltmak üçin 10% ýalňışlyga görä barlamaly we birinji zolagyň ahyrynda gysga utgaşma togunyň maksimal bahasynda täsir etmelidir.

Naprýaženiýe transformatorynyň ýalňışlygy transformasiýa koeffisiýentine görä uly däl. Ýöne naprýaženiýe transformatory bilen reläniň arasyny baglanyşdyrýan birikdiriji simlerde naprýaženiýäniň pese gaçmagy ikinji sarymyň naprýaženiýesiniň üýtgemegine getirýär. Birikdiriji simi dogry saýlamak bu ýaramaz täsirleri minimal ba-

ha çenli peseldýär. Naprýaženiýe transformatorynyň burç ýalňyslygy relä tok transformatoryň täsir edişi ýaly täsir edýär.

10.7. Mikroprocessorly distansion goragyň häsiýetnamalary

Fazaara gysga utgaşmada faza toklarynyň tapawudyny we liniýa naprýaženiýelerini ölçäp, zeper ýetmäniň hemme görnüşinde mikroprocessorly distansion gorag işleýär. Birfazaly gysga utgaşmada rele faza toguny we faza naprýaženiýelerini ölçeyär. Fazaara gysga utgaşmadaky garşylyga garanynda birfazaly gysga utgaşma garşylyk $x_0=3,5x_1$ örän uludyr. Ondan başga hem gysga utgaşma dörän geçirijide, beýleki liniýalardan akýan tokdan naprýaženiýe jemlenýär. Goragda olaryň hemmesi kompensasiýa koeffisiýenti bilen hasaba alynýar. Birfazaly gysga utgaşmada rele $z_{pg}=V_{pg}/(I_r+k_g I_n)$ ululygy ölçeyär. Faza togy kompensasiýa koeffisiýente köpeldilen nol yzygiderliligiň togy goşulýar.

Garşylyk liniýanyň togy zeper ýeten liniýanyň toguna we fazasyňa görä gabat gelýär. Şonuň üçin kompensasiýa koeffisiýent kompleks ululyk görnüşinde berlip, kompensasiýanyň ululygyny we burçuny hökman hasaplamalydyr. Distansion gorag aktiw garşylygy bolan duganyň üstünden gysga utgaşmany hasaba almalydyr. Bu garşylyk goragyň giňeldilen häsiýetnamasynda hasaba almaly. Duganyň garşylygynyň ululygy duganyň uzynlygyna we toguň ululygyna baglydyr. Birfazaly ýere gysga utgaşmada tok kiçi, duganyň uzynlygy uludyr. Şonuň üçin duganyň garşylygy hem uludyr. Goragyň aktiw garşylyga görä goýluş parametri, ýüküň aktiw garşylygyna sazlanýlar.

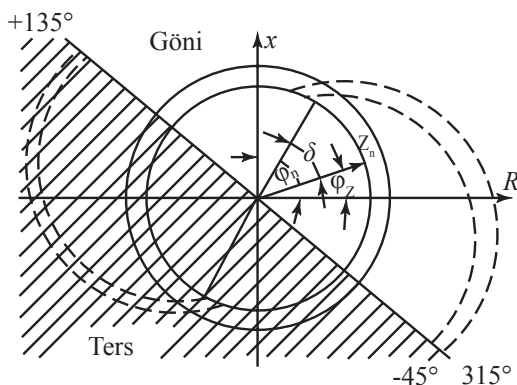
ALSTOM firmasynyň Micom P433-P439 ýa-da PD-532 distansion goragy töwerek (10.15-nji çyzgy) ýa-da gönüburçly häsiýetnamada ýerine ýetirilýär.

Töwerek häsiýetnamaly goragyň effektivligi kiçi, şonuň üçin bu gorag 6-35 kW naprýaženiýeli kabel liniýalarynyň şinasynyň ätiýaçlyk goragy üçin ulanylýar. Bu ýagdaýda ýüküň burçy we gysga utgaşma burçy biri-birine ýakyn. Şeýle naprýaženiýede gysga utgaşmanyň toguna elektrik duganyň aktiw garşylygy uly täsirini ýetirýär. Bu iş düzgüninde duýgurlygy ýokarlandyrmaga duga kompensasiýasy kömek edýär, ýagny gysga utgaşmada häsiýetnamany giňeldýär.

Duga kompensasiýasy ulanylanda dugany gurmak üçin başlangyç nokady kesgitleýän « δ » burç berilýär:

$$Z_{\text{öçür}} = Z(1 + \sin \delta).$$

« δ » burç çyzgyda görkezilen. Goragyň ugry saýlanylýar.



10.15-nji çyzgy. PD532 $n=1 \div 4$; $\alpha=60^\circ$ üçin töwerek häsiýetnamasy.

Punktir liniya giňelme zolagyny çäklendirýär (giňelme koeffisiýent – k_{ze})

Duga kompensasiýaly distansion goragyň işlemeginiň töwerek häsiýetnamasy. Ýokary naprýaženiýeli uzyn liniýalarda köpburçly häsiýetnamaly goragy ulanmak has netijelidir, bu ýerde duganyň aktiw garşylygynyň täsiri kiçidir. Iş häsiýetnamasy 10.16-njy çyzgyda görkezilendir. Bu ýerde:

X_n – reaktiw garşylyk;

R_n – «faza-faza» ýa-da «faza-ýer» hal-ka üçin aktiw garşylyk;

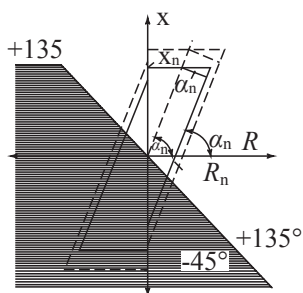
α_n – häsiýetnamanyň burçy;

G_n – çyzgyda görkezilen burç.

«Faza-faza» (R_n , PP) we «faza-ýer»

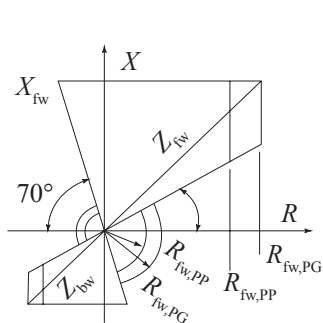
(R_n , PG) halka üçin aktiw garşylyk her bir zolak üçin aýratyn berilýär. Duýgur basgançagyň häsiýetnamasynyň ini liniýanyň aktiw ýüküne sazlamak şerti bilen kesgitlenilýär. Goragyň ugry saýlanylýar. Ýere gysga

utgaşma ýagdaý üçin goýluş parametrini hasaplamak k_g koeffisiýenti ulanmak bilen geçirilýär. k_g koeffisiýent ýere gysga utgaşmada geçiş garşylygy we duganyň garşylygynyň uly bahasyny hasaba alýar.

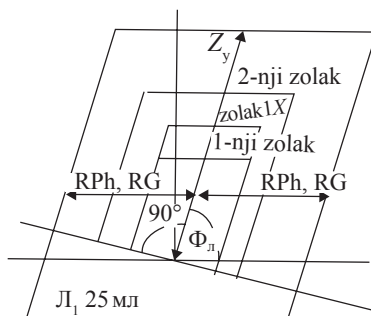


10.16-nji çyzgy. PD532 $n=1 \div 4$ köpburçly häsiýetnamasy

Micom P440 we PD532 relelerden tapawutlylykda Micom P430 relesiniň aýratyn işe goýberiji organy bar. Ol toga we naprýaženiýä ýa-da garşylyga görä ýerine ýetirilip bilner. Garşylyga görä işe goýberiji organ ýüküň zolagynda goragyň häsiýetnamasyny kesmegiň hasabyna goragy ýüke görä sazlamak mümkinçiligi bar (10.17-nji çyzgy).



10.17-nji çyzgy. Micom P433-PD439 seriýaly garşylyk goragyň işe goýberiji organynyň häsiýetnamasy



10.18-nji çyzgy. Micom P440 seriýaly distansion goragyň häsiýetnamasy

Goýlan parametrler. X_{fw} – reaktiw garşylyk; f_w = liniýa tarapda R_{fw} , PP we R_{fw} , PG – aktiw garşylyk; b_w = şina tarapda Z_{fw} , PP we Z_{fw} , PG – doly garşylyk; PP = faza-faza kontur; β – ýüküň burçy; PG = faza-ýer kontur Z_{bw}/Z_{fw} – zolagyň araçäk koeffisiýenti f_w = liniýa tarapda, $I >$ liniýanyň baza togy. Micom P440 distansion goragyň häsiýetnamasy 10.18-nji çyzgyda görkezilendir.

Çyzgyda görkezilen zolaklardan başga hem P zolakda programirlenen 5 zolak bar.

Goragyň her bir basgançagy üçin şu aşakdakylar berlen bolmalydyr:

Φ_1 – liniýanyň burçy;

Z – işlemeginiň doly garşylygy;

$R_{p,h}$ – fazaara gysga utgaşmada aktiw garşylyk;

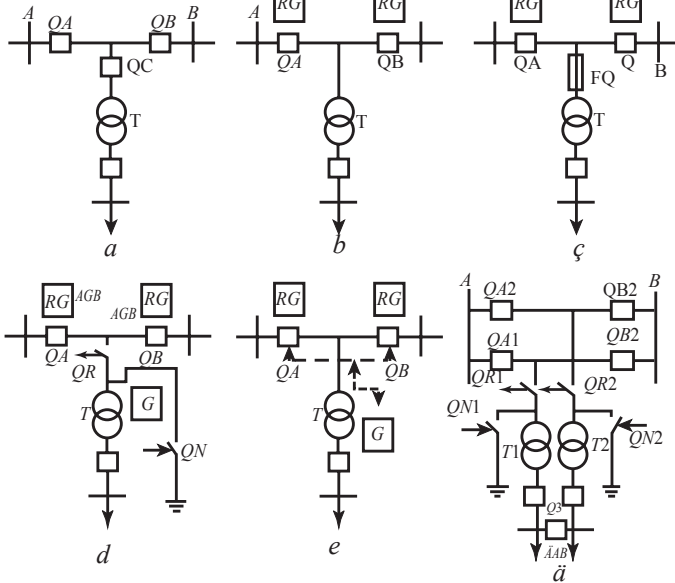
R_G – ýere gysga utgaşmada aktiw garşylyk;

Ululyk we faza-ýer gysga utgaşmasynda kompensasiýa koeffisiýent.

ŞAHALANÝAN LINIÝANYŇ GORAGY

11.1. Şahalanýan liniýa

Soňky döwürlerde iýmitlendiriji çeşmeli we çeşmesiz podstansiýalar liniýa şahalanýan görnüşinde birikdirilýär (11.1-nji çyzgy).



11.1-nji çyzgy. Şahalanýan liniýalaryň shemasy

Öçürjisiz birikdirilende şaha birikdirilen transformatory gormak aşakdaky görnüşlerde ýerine ýetirilýär.

Podstansiýalaryň magistral liniýa şeýle birikdirilmegi ýokary naprýaženiýeli tarapy öçürijili (11.1-nji a çyzgy) ýa-da öçürjisiz (11.1-nji b çyzgy) ýerine ýetirilýär.

Öçürjisiz birikdirilende şaha birikdirilen transformatory gormak aşakdaky görnüşlerde ýerine ýetirilýär.

1. Transformatoryň goragy magistral liniýanyň A we B öçürjileri bilen amala aşyrylýar. Bu ýagdaýda transformator liniýa ýapyk görnüşde (11.1-nji b çyzgy) birikdirilýär.

2. Transformatoryň goragy ereýji goraýjylaryň kömegi bilen ýerine ýetirilýär (11.1-nji ç çyzgy).

3. Transformatory goramak üçin bölüjiler we gysga utgaşdyryjylar bilen üpjün edilýär (*11.1-nji d çyzgy*). Transformatorlarda zeper ýetme ýagdaýynda gysga utgaşdyryjy emeli gysga utgaşma döredýär we bu gysga utgaşmany magistral liniýanyň goragy duýup, A we B öçürijileri öçürýär. Liniýa öçenden soň bölüji awtomatiki işleýär we transformatory elektrik setden aýyrýar. Soň awtomatiki gaýtadan birikdiriji işleýär we magistral liniýany işe goýberýär.

Transformatorlarda goýlan gorag ýörite kanal (geçiriji ýa-da ýokary ýygylkly kanal) boýunça A we B öçürijileri öçürmäge habar berýär (*11.1-nji e çyzgy*). Bu usul gymmatbahaly aragatnaşyk kanaly talap edýär.

Iş tejribesinde birinji üç görnüş giňden ulanylýar. Şahalanýan görnüşde birikdirmek ýekeleýin şeýle hem parallel liniýalarda ulanylýar. Parallel liniýa birikdirilen transformatorlaryň pes naprýaženiýeli tarapy aýratyn işleýär (*11.1-nji ä çyzgy*). Transformatorlaryň ýa-da liniýalaryň biri öçende, ätiýaçlyk çeşmäni awtomatiki birikdirijiniň kömegi bilen B seksion öçüriji birigýär we ulanyjylara berilmeli elektrik energiýa dikeldilýär.

Kiçi kuwwatly transformator bilen şahalanýan görnüşde birikdirilen liniýanyň rele goragyny ýerine ýetirmek kynçylyk döretmeýär. Uly kuwwatly transformator bilen şahalanýan liniýanyň goragynda duýgurlygy, çalt täsirliligi we saýlaýjylygy üpjün etmek üçin kynçylyklar ýüze çykýar. Podstansiýany şahalanýan görnüşde birikdirmek gurluşyk işlerini arzanlaşdyrýar, enjamlary tygşytlamaga, podstansiýanyň gurluşyk işlerini tizleşdirmäge we ekspluatasiýasyny arzanlaşdyrmaga mümkinçilik berýär.

11.2. Basgançakly häsiýetnamaly tok we distansion gorag

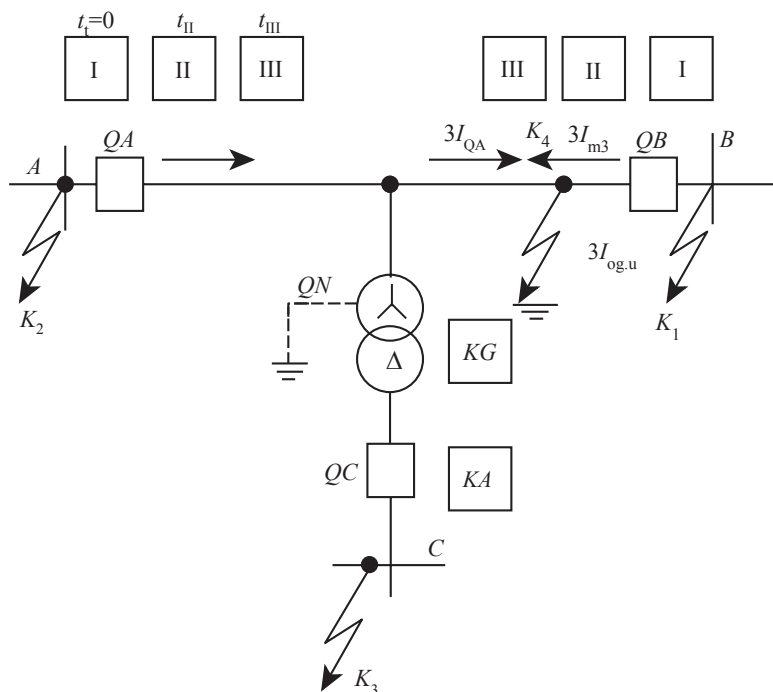
Fazanyň toguna işleýän basgançakly tok goragy. Şahalanýan liniýalarda şeýle goraglar iýmitlendirýän liniýalaryň ahyrynda goýulýar (*11.2-nji çyzgy*).

Saýlaýjylyk şertini üpjün etmek üçin goragyň çalt täsirli basgançagynyň işleme togy goralýan liniýanyň çäginde daşardaky (K_1 we K_2 nokat) gysga utgaşma toguna sazlanylan, şahalanýan liniýadaky transformatoryň gysga utgaşma toguna (K_3 nokat) görä saýlanylýar.

$$I_{\text{gor.iş}} = (1, 2 \div 1, 3) I_{\text{g.u.maks}} \quad (11.1)$$

bu ýerde $I_{\text{g.u.maks}} - K_3$ nokatdaky gysga utgaşma togy.

Uly kuwwatly transformatorlarda bu tok K_1 we K_2 nokatdaky gysga utgaşmanyň togundan uly bolmagy mümkin, bu bolsa tokdan bölüp aýyryýan goragyň zolagyny kiçeldýär.



11.2-nji çyzgy. Şahalanýan liniýanyň tok we distansion goragy

Şahalanýan liniýanyň transformatorynda gysga utgaşmada, goragyň birinji basgançagyň saýlaman öçürmek täsiri awtomatiki gaýtadan birikdirijiniň kömegi bilen düzedilýär. Transformatorda gysga utgaşmada liniýa we transformator bir wagtda öçýär. Bölüji awtomatiki ýagdaýda öçenden soň (11.1-nji d, ä çyzgy) gaýtadan birikdiriji liniýany awtomatiki birikdirýär. A we B liniýanyň goragyň ikinji we üçünji basgançagyňyň üpjün etmek üçin şahalanýan liniýanyň transformatorynyň KG goragyň wagt saklanmasy bilen ylalaşmaly. Liniýanyň üçünji zolagy şahalanýan liniýanyň transformatorynyň maksimal goragy we C öçüriji işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyrmaly. Kiçi kuwwatly transformatorlarda bu talaby ýerine ýetirmek kyn düşýär.

Nol yzygiderliliginiň tok goragy. Saýlaýjylyk şertine görä liniýanyň goragynyň ikinji we üçünji zolagy, şahalanýan liniýanyň transformatorynyň goragynyň wagt saklanmasy bilen ylalaşmaly, goragyň birinji zolagy, transformatordaky gysga utgaşma toguna görä sazlanýlýar. Transformatoryň sarymy Y/Δ shema görnüşinde birikdirilende, Δ tarapynda gysga utgaşmada liniýada I_0 nol yzygiderliliginiň togy ýüze çykmaýar. A we B liniýanyň goragynyň birinji zolagynyň duýgurlygyna täsir etmeýär. Liniýanyň nol yzygiderliliginiň goragynyň duýgurlygyna şahalanýan liniýa birikdirilen transformatoryň N neýtralynyň ýagdaýy täsir edýär.

Eger N neýtral ýere birikdirilmedik bolsa, onda $3I_{0g.u}$ tok, iki şahanyň hem nol yzygiderliliginiň garşylyklaryna ters proporsional, liniýanyň (A we B) ahyrlarynyň arasynda paýlanylýar.

N neýtral ýere birikdirilen bolsa, $3I_{0g.u}$ toguň bellibir bölegi şahalanýan liniýanyň transformatorynyň neýtraly arkaly birigýär, şonuň netijesinde hem $3I_{0g.u}$ A we $3I_{0g.u}$ B toklar liniýanyň ahyrynda kiçelýär. Kiçelmek derejesi şahalanýan transformatoryň, liniýanyň we elektrik setiň parametrleriniň gatnaşygyna baglydyr. Şahalanýan liniýanyň goragynyň duýgurlygyny ýokarlandyrmak üçin, şahalanýan liniýanyň transformatorlarynyň neýtralyny ýere birikdirmeli dälidir.

Distansion gorag. Saýlaýjylyk şertine görä goragyň 1-nji zolagy şahalanýan transformatoryň gysga utgaşma toguna görä saýlanylýar. Ikinji we üçünji zolak şahalanýan liniýanyň transformatorynyň goragynyň wagty bilen ylalaşmaly.

11.3. Differensial goraglar

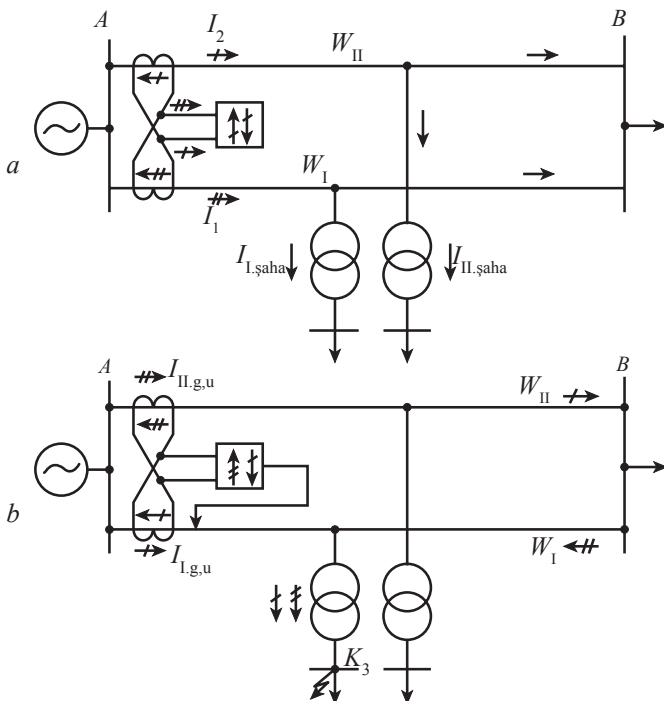
Kese gönükdirilen differensial gorag şahalanýan parallel liniýalarda (*11.3-nji çyzgy*) goýlup bilner, ýöne onuň üçin iki ýagdaýyny hasaba almalydyr.

1. Şahanyň bardygy sebäpli W_I we W_{II} parallel liniýalaryň toklarynyň deňligi bozulýar (*11.3-nji a çyzgy*):

$$I_I \neq I_{II}.$$

Şonuň üçin reled

$$I_r = I_I - I_{II} = I_{I\text{şaha}} - I_{II\text{şaha}} \text{ tok ýüze çykýar.} \quad (11.2)$$



11.3-nji çyzygy. Şahalanýan parallel liniýanyň gönükdirilen kese differensial goragy

2. Şahalanýan liniýanyň transformatorynda gysga utgaşmada gorag herekete gelýär we 11.3-nji *b* çyzygdaky tok paýlanyşyndan ugur alyp, zeper ýeten şahaly liniýany öçürmäge ymtylýar.

Kadaly iş düzgüninde keseligine differensial goragyň nädogry täsiriniň önüni almak üçin onuň işleme togy şahanyň ýüki bilen şertlenen deňsizlik toguna sazlanýlýar:

$$I_{\text{gor.iş}} = k_{\text{ätiýaç}} (I_{\text{Işaha}} - I_{\text{IIşaha}}). \quad (11.3)$$

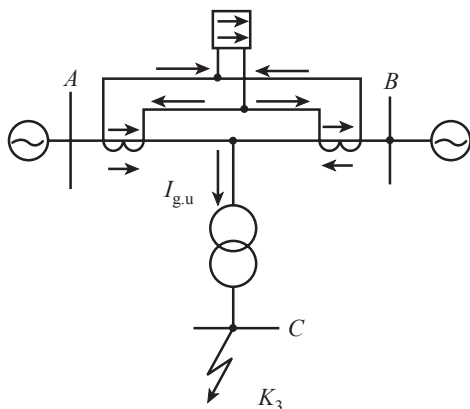
Ikinji ýagdaýda goragyň işlemeginiň önüni almak üçin, şahada gysga utgaşmada aşakdaky şert ýerine ýetmelidir:

$$I_{\text{gor.iş}} = k_{\text{ätiýaç}} (I_{\text{Ig,u}} - I_{\text{IIg,u}}), \quad (11.4)$$

bu ýerde, $I_{\text{Ig,u}}$ we $I_{\text{IIg,u}}$ – şahalanýan liniýanyň transformatorlarynyň birinde K_3 nokatda gysga utgaşmada, goragyň ýerleşen ýerinde W_I we W_{II} liniýalardan akýan gysga utgaşma toklar.

Şahada iýmitlendiriji çeşme bar bolsa, parallel liniýanyň daşyn-da gysga utgaşmada keseligine differensial goragyň nädogry işlemek mümkinçiligi döreyär. Bu ýetmezçiligi gorag işleme toguny sazlap aýrylýar.

Ugurdaş differensial gorag. Şahalanýan liniýada bu gorag şahalanýan liniýanyň transformatorynda gysga utgaşmada nädogry işlemegi mümkin (11.4-nji çyzgy, K_3 nokat).



11.4-nji çyzgy. Şahalanýan liniýanyň dikligine differensial gorag

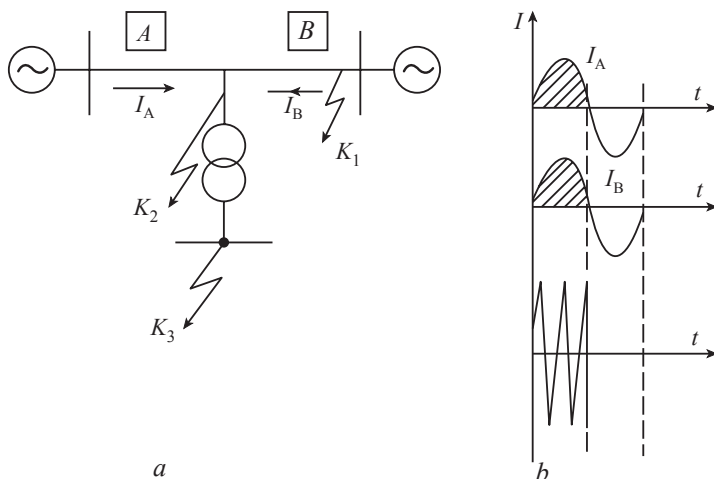
11.4-nji çyzgydan görnüşi ýaly bu ýagdaýda goralýan liniýanyň ahyryndaky toklar şinadan liniýa tarap ugrukdyrylan. Goragyň nädogry işlemeginiň önüni almak üçin, differensial reläniň işleme toguny K_3 nokatdaky gysga utgaşmanyň togundan uly saýlamaly:

$$I_{\text{gor.iş}} > I_{\text{g.u3}}.$$

Bu şert kiçi kuwwatly transformatorlarda, haçanda gysga utgaşmanyň togunyň ululygy kiçi bolan ýagdaýynda saklanylýar. Şonuň üçin ugurdaş differensial gorag şahalanýan liniýada, köplenç, ulanylmaýar.

11.4. Ýokary ýygyllykly gorag

Differensial-faza gorag. Şahalanýan liniýada differensial-faza gorag liniýanyň ahyryndaky I_A we I_B faza toklary deňeşdirmeklige esaslanan (11.5-nji a çyzgy). Ol şahalanýan liniýanyň transformatorynda K_3 nokatda gysga utgaşmada nädogry işleýär.



11.5-nji çyzgy. Şahalanýan liniýanyň 2 sany ДФ3-2 görnüşli komplektli differensial-faza goragy

Bu ýagdaýda liniýanyň ahyryndaky I_A we I_B toklar fazalara görä gabat gelýär, şonuň üçin ýokary ýygylkly impulsyň arakesmeli häsiýeti bar (11.5-nji b çyzgy) we gorag işleýär.

Seredilýän ýagdaýda goragyň nädogry işlemeginiň iki usul bilen öňi alynýar.

1) Goragyň öçüriji zynjyryny dolandyryň işe goýberiji reläni şahalanýan liniýanyň transformatoryndaky gysga utgaşma toguna sazlanýlar ýa-da transformatoryndaky gysga utgaşma toguna sazlanýan blokirlýäji reläni ulanmak.

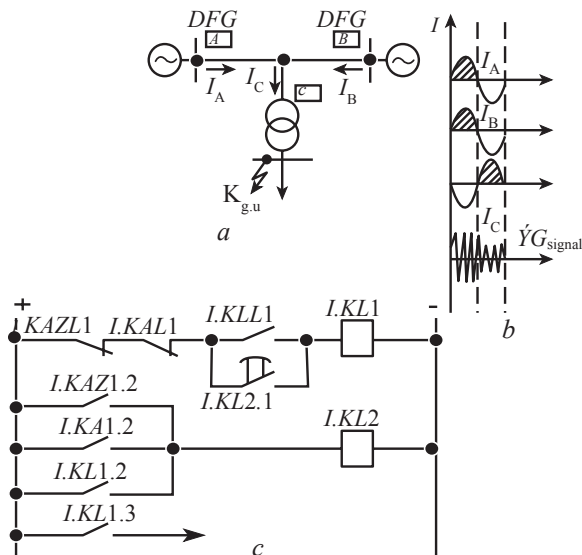
2) Differensial – faza goragynyň doly däl komplektini şahalanýan liniýada goşmaça ulanmak.

1-nji ýagdaýda şahalanýan liniýanyň transformatorynda gysga utgaşmada goragyň öçüriji zynjyryndaky işe goýberiji rele işlemeýär. Haçanda liniýa garşylykly tarapyndan öçürilende, işe goýberiji rele transformatoryndaky gysga utgaşma sazlanýlar. Bu ýagdaýda gysga utgaşma toklar we olaryň simmetriki düzüjileri bolýar.

Bu usul şahada we liniýanyň garşylykly tarapynda gysga utgaşmada işe goýberiji reläniň duýgurlygy ýeterlik bolan ýagdaýynda ulanylýar.

Ikinji usul işe goýberiji reläniň duýgurlygy ýeterlik däl ýagdaýynda ulanylýar.

Bu ýagdaýda şaha differensial-faza goragynyň doly däl komplekti goşmaça goýulýar (11.6-njy çyzgy). Bu komplekt A we B kompektleri blokirmek üçin ulanylýar.



11.6-njy çyzgy. Şahalanýan liniýanyň 3 sany ДФЗ-2 görnüşli komplektli ýokary ýyglykly differensial-faza goragy

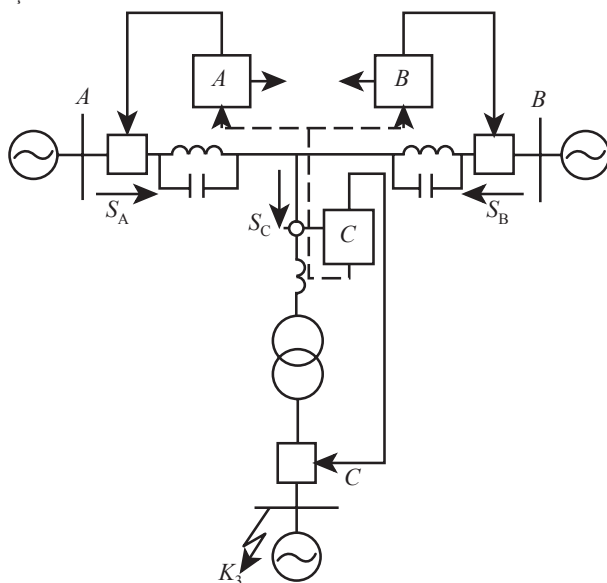
Bu komplekt ýokary ýyglykly geçirijiden, ony işe goýberiji releden (11.6-njy çyzgy) we manipulýasiýa blogundan, geçirijiniň işini dolandyryjydan durýar.

Şahalanýan liniýanyň transformatorynda gysga utgaşmada şahanyň I_C togy I_A we I_B toklary biri-birine görä fazasy boýunça 180° süýşürilen (11.6-njy a çyzgy).

Bu şertde liniýanyň ahyryndaky geçirijiler I_A we I_B toklaryň položitel ýarym periodynda, şahanyň geçirijisi bu toklaryň otrisatel ýarym periodynda işleýär. Daşky gysga utgaşmada ýokary ýyglykly tok öndürilýär, ýöne differensial-faza goragy işlemeýär (11.6-njy ç çyzgy). Şahalanýan tarapda iýmitlendiriji çeşme bar bolsa, differensial-faza goragynyň doly komplekti ulanylýar.

Ýokary ýygylkly blokirowkaly gönükdirilen gorag. Goragyň dogry işlemegini üpjün etmek üçin liniýanyň $A B C$ üç tarapynda gorag komplektini goýmaly (11.7-nji çyzgy).

Şahalanýan transformatorlarda K_3 nokatda gysga utgaşmada gysga utgaşmanyň S_c kuwwaty şahadan şina tarap ugrukdyrylan (11.7-nji çyzgy).



11.7-nji çyzgy. Şahalanýan liniýanyň gönükdirilen ýokary ýygylkly goragy

A we B komplektleriň işlemeginiň önüni alyjy C komplektden ýokary ýygylkly blokirléýji impuls iberýär. Liniýada gysga utgaşmada $A B$ we C goraglar liniýany üç tarapdan öçürýär.

XII BAP

ÝOKARY ÝYGYLYKLY GORAG

12.1. Ýokary ýygylkly goragyň görnüşleri we niýetlenilişi

Ýokary ýygylkly gorag çalt täsir ediji gorag bolup, 110, 220 kW we aşa ýokary naprýaženiýeli liniýalar üçin niýetlenen. Elektrik stansiýalaryň we energoulgamyň parallel işiniň durnuklylygyny üpjün et-

mek maksady bilen, liniýanyň islendik nokadynda gysga utgaşmada, ony çalt öçürmek üçin ulanylýar.

Ýokary ýygyllykly rele goragy iki komplektden durýar, olar goralýan liniýanyň başynda we ahyrynda ýerleşdirilen. Ýokary ýygyllykly goragyň aýratynlygy, olaryň saýlaýjylyk täsirini üpjün etmek üçin liniýanyň iki tarapynda ýerleşdirilen gorag kompektleriniň arasynda ýokary ýygyllykly tok bilen ýerine ýetirilýän aragatnaşyk bolmaly. Ýokary ýygyllykly goragyň aşakdaky üç görnüşi ulanylýar.

1. Ýokary ýygyllykly blokirowkaly gönükdirilen rele goragy. Bu gorag goralýan liniýanyň başyndaky we ahyryndaky kuwwatlaryň ugruny deňeşdirmeklige esaslanan.

2. Differensial-faza ýokary ýygyllykly rele goragy. Liniýanyň başynda we ahyrynda fazalaryň gysga utgaşma toklaryny deňeşdirmeklige esaslanan.

3. Kombinirlenen, ýagny gönükdirilen we differensial-faza ýokary ýygyllykly gorag. Görkezilen aýratynlyklara baglylykda rele gorag iki bölümden: rele we ýokary ýygyllykly bölümden durýar.

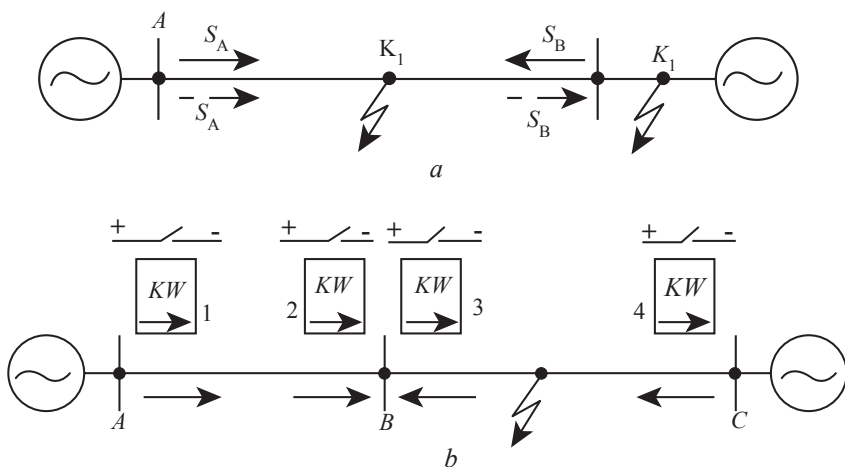
12.2. Ýokary ýygyllykly blokirowkaly gönükdirilen goragyň täsir ediş düzgüni

Gönükdirilen ýokary ýygyllykly gorag goralýan liniýanyň ahyrlaryndaky gysga utgaşmanyň kuwwatynyň ugruny deňeşdirýär.

Goralýan liniýada (K_1 nokatda) gysga utgaşmada A we B uçastokda gysga utgaşmanyň kuwwaty birmeňzeş bolup, şinadan liniýa tarap ugrukdyrylan (*12.1-nji a çyzgy*).

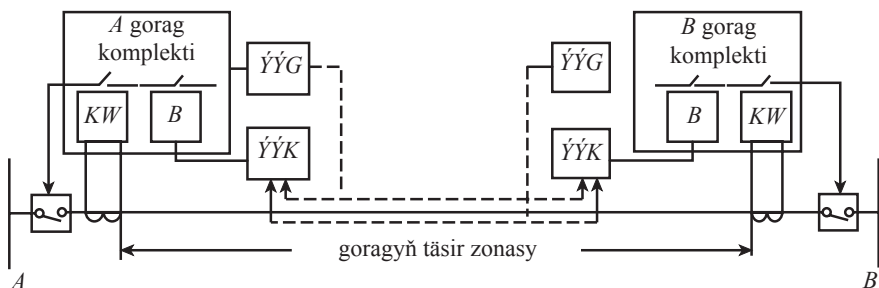
Daşky gysga utgaşmada (K_2 nokatda) liniýanyň ahyrlaryndaky kuwwatlaryň ugry dürlüdür. A şinadan položitel belgili kuwwat liniýa tarap, liniýadan B şina tarap otrisatel belgili kuwwat akýar (*12.1-nji a çyzgy*).

Bu ýerden görnüşi ýaly, liniýanyň ahyryndaky gysga utgaşma kuwwatyň ugurlaryny deňeşdirip, nirede zeper ýetme bolandygy kesgitlenilýär. Şeýle deňeşdirmе kuwwat relesiniň kömegi bilen ýerine ýetirilýär (*12.1-nji b çyzgy*).



12.1-nji çyzgy. Gysga utgaşmada liniýanyň ahyrlaryna görä kuwwatlaryň ugurlary

K nokatda gysga utgaşmada 3-4 gorag işleýär. Zeper ýetmedik AB liniýada 1 goragyň kuwwat relesi öz kontaktlaryny öçürmäge rugsat bermek üçin birikdirýär. Ýöne AB liniýanyň ahyryndaky kuwwat şina tarap gönükdirilende kuwwat relesi öz kontaktlaryny açýar. Şol bir wagtda hem 1 goragy blokirlmek üçin signal berýär (12.1-nji çyzgy).

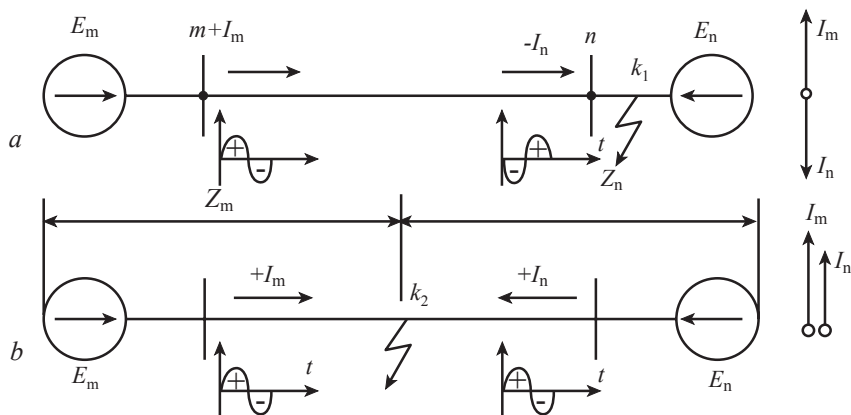


12.2-nji çyzgy. Ýokary ýyglykly blokirowkaly gönükdirilen goragyň täsir ediş düzgünü

Ýokary ýyglykly goraga täsir ediş düzgünine görä goragyň her bir komplekti rele bölümini (gysga utgaşma kuwwatynyň ugruny kesgitleýär) we ýokary ýyglykly bölümini (ýokary ýyglykly toklary öndürýär we kabul edýär) özünde saklaýar (12.2-nji çyzgy).

12.3. Differensial-faza ýokary ýygyllykly rele goragynyň täsir ediş düzgüni

Täsir ediş düzgüni. Differensial-faza ýokary ýygyllykly rele goragy goralýan liniýanyň başynda we ahyrynda faza toklaryny deňeşdirmeklige esaslanan. Şinadan liniýa ugrukdyrylan toklary položitel hasaplanylýar. K_1 nokatdaky daşky gysga utgaşmada (12.3-nji a çyzgy) goralýan liniýanyň başyndaky we ahyryndaky I_m we I_n toklaryň dürli belgisi bar we olary fazalary boýunça 180° tapawutly diýlip hasaplap bolýar. Goralýan liniýada gysga utgaşmada (12.3-nji b çyzgy), liniýanyň başyndaky we ahyryndaky toklaryň birmeňzeş belgisi bar. Olary fazalary boýunça gabat gelýär diýip kabul edip bolýar.

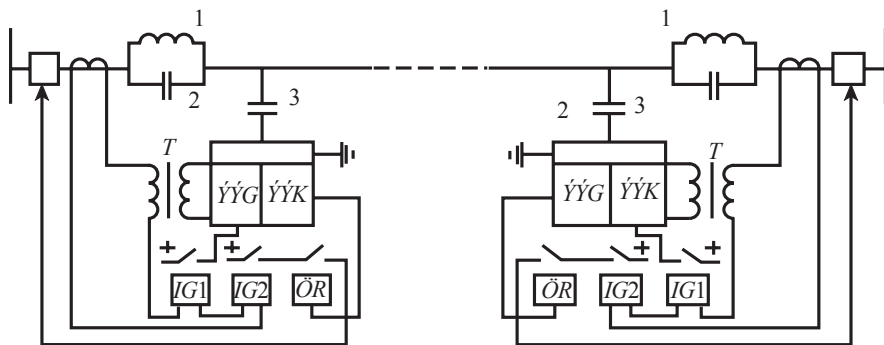


12.3-nji çyzgy. Differensial-faza ýokary ýygyllykly rele goragynyň ýerine ýetiriliş düzgüni

Şeýle görnüşde liniýanyň başyndaky we ahyryndaky toklary fazalary boýunça deňeşdirip, gysga utgaşan ýeri kesgitlep bolar. Ýokary ýygyllykly signalyň üsti bilen fazalary deňeşdirmek amala aşyrylýar. Differensial-faza ýokary ýygyllykly rele goragynyň ýönekeýleşdirilen shemasy we onuň täsir ediş düzgünini düşündirýän diagrammalar 12.4 we 12.5-nji çyzgylarda görkezilen.

Gorag ýokary ýygyllygy kabul edijiden we iki sany IG1 we IG2 işe goýberiji releden durýar.

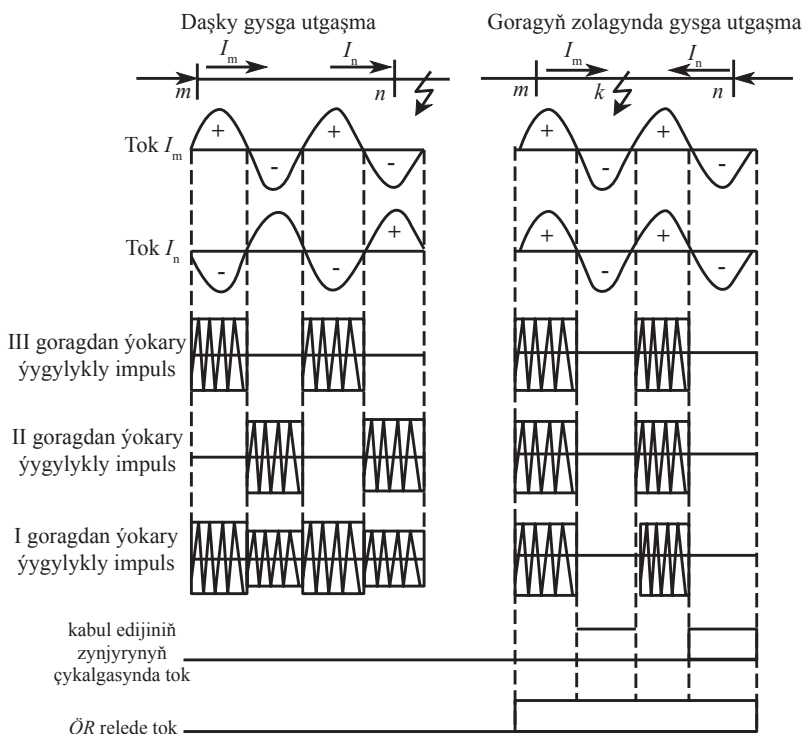
Ýokary ýygylýgy kabul ediji (12.4-nji çyzgy). ÝÝG generatordan, ÝÝK kabul edijiden, kabul edijiniň togundan ýýmitlenýän ÖR ölçüriji releden durýar. IG1 işe goýberiji rele ÝÝG generatory, IG2 işe goýberiji rele differensial-faza ýokary ýygylýkly rele goragynyň ölçüriji zynjyryna gözegçilik edýär.



12.4-nji çyzgy. Differensial-faza ýokary ýygylýkly rele goragynyň ýönekeýleşdirilen shemasy

Differensial-faza ýokary ýygylýkly rele goragynyň aýratynlygy, T transformatoryň kömegi bilen ýokary ýygylýgyň generatory senagat ýygylýkly tok bilen dolandyrylýar. Toguň položitel ýarym periodynda generator işleýär we liniýa boýunça ýokary ýygylýkly signal iberýär. Otrisatel ýarym periodda ol ýapylýar we ýokary ýygylýkly signal kesilýär. Şol bir wagtda hem kabul edijiniň giriş konturyna ýokary ýygylýkly signal berlende, ÖR reläni ýýmitlendirýän çykyş togy nola deň bolar ýaly ýerine ýetirilýär. Şeýlelikde, ýokary ýygylýgyň generatory toguň položitel ýarym periodynda, kabul ediji ýokary ýygylýkly signal ýok wagty işleýär.

Daşky gysga utgaşmada (12.5-nji a çyzgy) liniýanyň başynda-ky we ahyryndaky toklar fazalary boýunça garşylykly ugrukdyrylan. Liniýanyň m başynda generator toguň položitel ýarym periodynda, n ahyrynda otrisatel ýarym periodynda işleýär. Ýokary ýygylýkly tok liniýa boýunça üznüksiz akýar we liniýanyň iki tarapyndaky kabul edijileri ýýmitlendirýär. Şonuň netijesinde ÖR releda we kabul edijiniň zynjyrynda giriş togy bolmaýar we differensial-faza ýokary ýygylýkly rele goragy işlemeýär.



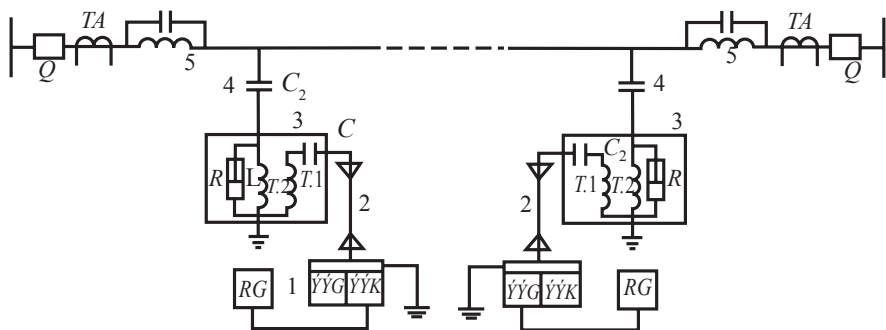
12.5-nji çyzy. Differensial-faza ýokary ýygyllykly rele goragynyň toklarynyň diagrammasy

Goralyan zolakda gysga utgaşmada liniýanyň iki tarapyndaky ýokary ýygyllygy berijiler bir wagtda işleýär we liniýanyň iki tarapyndaky toklar fazalary boýunça gabat gelýär. Kabul ediljilere gelýän ýokary ýygyllykly signal arakesmeli häsiýete eýedir. Ýokary ýygyllykly tok ýok wagty kabul ediji işleýär we ondan geçende işlemeýär. Kabul edijiniň çykalga zynjyrynda arakesmeli tok döreýär. Bu tok ýörite gurluşda goşulýar we ÖR relä berilýär. ÖR işleýär we elektrik geçiriji liniýany öçürýär. Şeýlelikde, elektrik geçiriji liniýanyň iki tarapyndaky toklaryň arasyndaky faza süýşmesi ýokary ýygyllykly signalyň häsiýeti (üzüksiz ýa-da arakesmeli) bilen kesgitlenilýär.

Öz täsir ediş düzgünine görä ýüküň we energoulgamyň çäýkanmasynda differensial-faza ýokary ýygyllykly rele goragy täsir etmeýär. Bu iş düzgüninde liniýanyň iki tarapyndaky toklaryň dürli-dürli belgisi bar.

12.4. Goragyň ýokary ýygylkly bölegi

Ýokary ýygylkly toguň kanaly. Goragyň blokirowkasy üçin ýokary ýygylkly toguň akýan ýoluna ýokary ýygylkly kanal diýilýär. Ýokary ýygylkly kanal faza-ýer shema görä geçirilýär (12.6-njy çyzgy). Ýokary ýygylkly tok geçirijileriniň haýsy hem bolsa biri bilen geçilýär we ýere görä gaýdyp gelýär.



12.6-njy çyzgy. Ýokary ýygylkly kanalyň prinsipial shemasy

ÝÝG – ýokary ýygylkly generator; ÝÝK – ýokary ýygylkly kabul ediji;

2 – kabel; 3 – filtr; 4 – aragatnaşyk kondensatory; 5 – ýygylkly boýunça böwetleýji.

Elektrik geçiriji liniýanyň iki tarapynda hem ýokary ýygylkly enjamy ýerleşdirilýär. Ol ÝÝG ýokary ýygylkly generatorýndan, ÝÝK ýokary ýygylkly kabul edijiden durýar. Ýokary ýygylkly enjamyň çykyş zynjyrynyň bir gysgyjy ýere, ikinji gysgyjy ýokary ýygylkly kabeliniň üstünden 3 filtre we 4 ýokary woltly aragatnaşyk kondensatoryna birikdirilýär. Liniýanyň iki tarapynda hem ýokary ýygylkly toguň elektrik geçiriji liniýanyň çäğinden çykmazlygy üçin ýygylkly boýunça böwetleýji goýulýar.

Generirlenýän energiýanyň bölegi kanalda ýitýär. Şonuň üçin kuwwat ýokarlandyrylyp goýberilýär. Ýokary ýygylkly signal geçirilende ýitýän energiýa siňýän, köşeşýän diýlip atlandyrylýar we

$$b = \frac{1}{2} \ln \frac{P_{\text{gir}}}{P} \quad (12.1)$$

görnüşe eýe hem-de onuň ölçeğ birligi neper liniýanyň uzynlygyna baglylykda 1-den 2 nepere çenli üýtgeýär.

Ýokary ýyglylykly kanalyň elementleri. 4 aragatnaşyk kondensatory (*12.6-njy çyzgy*) ýokary naprýaženiýäniň elektrik geçiriji liniýalaryna ýokary ýyglylygyň enjamlaryny birikdirmek üçin niýetlenen.

Kondensatoryň $x_c = \frac{1}{2\pi fC}$ garşylygy onuň üstünden geçýän toguň ýyglylygyna baglydyr. 50 Gs senagat ýyglylykly toklar üçin onuň garşylygy ýokary (1200000 Om), şonuň üçin toguň ýitmesi örän kiçidir. $f \geq 50 \text{ kGs}$ ýokary ýyglylykda x_c garşylyk tiz kiçelýär. Kagyz ýagly kondensator CMP-55/ $\sqrt{3} = 0,044$ goýberilýär. Onuň işçi naprýaženiýesi 32 kV we elementiň sygymy 4400 pF. 110 kV naprýaženiýeli liniýada bu elementiň ikisi yzygider, 220 kV naprýaženiýeli liniýada dördüsi yzygider birikdirilýär. 500 kV naprýaženiýeli elektrik geçiriji liniýa üçin CMP-133/ $\sqrt{3} = 0,0186$ görnüşli kondensatoryň dördüsi yzygider birikdirilýär.

2 ýokary ýyglylykly kabel (*12.6-njy çyzgy*) hökmünde bir simli PK görnüşli kabel ulanylýar (mysal üçin, PK-75-7-16 görnüşli kabel. Onuň tolkun garşylygy $75 \div 3 \text{ Om}$, 100 kGs ýyglylykda köşeşmesi 0,09 np/m).

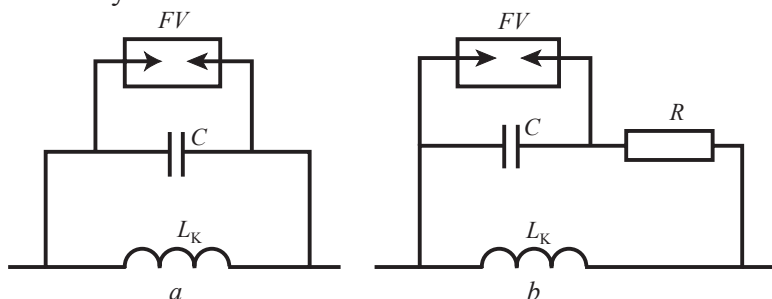
3 birikmäniň filtri (*12.6-njy çyzgy*) kabeliň giriş garşylygyny we elektrik geçiriji liniýanyň giriş garşylygyny deňleşdirýär. Onuň aşaky bölegi ýere birikdirilýär, ol ýokary ýyglylykly tok üçin ýapyk kontur emele getirýär we aragatnaşyk kondensatorynyň sygymyny kompensirleýär. Bu bolsa ýokary ýyglylykly tok üçin kondensatoryň garşylygyny minimum ululyga çenli peseldýär.

Filtr birikme şahalanýan liniýada howa transformatory görnüşinde bolup, onuň sarymlarynda öz-özünden induksiýany we olaryň arasyndaky özara induksiýany üýtgetmäge mümkinçilik berýär. L1 sarymyň zynjyry C aragatnaşyk kondensatoryna, L2 sarymyň zynjyry filtriň C2 kondensatoryna birikdirilýär. Filtr diňe ýyglylygyň kesgitli işçi diapazonyndaky toklary erkin geçirýär. Bu ýyglylykda filtriň köşeşmesi kiçidir, ýyglylygyň işçi çäginde daşynda ol tiz ýokarlanýar.

5 ýyglylyk boýunça böwetleýji (*12.6-njy çyzgy*) ýokary ýyglylykly toguň elektrik geçiriji liniýanyň çäginde çykmagyny gadagan edýär.

Böweteýjiniň $Z_{b\omega}$ garşylygy ýygylýga baglydyr. Ýokary ýygylýkly tok üçin böweteýjiniň $Z_{b\omega}$ garşylygy ýokary, senagat ýygylýkly tok üçin ol örän kiçidir.

Ýygylýk boýunça böweteýji kesgitli ýygylýga sazlanylan rezonans kontur görnüşindedir (12.7-nji çyzgy). Ol L_t induktiw tegekden we C sazlanýlan sygym görnüşinde ýerine ýetirilen sazlaýjy elementden durýar.



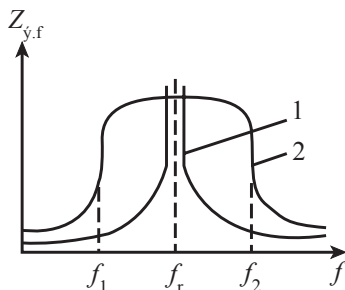
12.7-nji çyzgy. Ýokary ýygylýkly böweteýji: a – rezonansly; b – giň polýusly

F_r berlen ýygylýkda ýygylýk boýunça böweteýjiniň konturynda rezonans ýüze çykar ýaly C sygym saýlanýlar. Onda $\omega L_t = \frac{1}{\omega C}$. Şeýle ýygylýk boýunça böweteýji rezonansly ýa-da bir ýygylýkly diýlip atlandyrylýar. Rezonans ýygylýkda konturyň garşylygy maksimal baha ýetýär (12.8-nji çyzgy).

Ýygylýk boýunça böweteýjiniň rezonans garşylygy 1000 Om-dan uly bolmalydyr. C kondensatory atmosfera we kommutasion aşa naprýaženiýeden goramak üçin FV zarýadsyzlandyryjy goýulýar. Böweteýjiniň güýç tegegi ýüküň işçi toguna we gysga utgaşmanyň toguna göre saýlanýlar.

Ýokary ýygylýkly kabul ediji. Ýokary ýygylýkly kabul ediji iki bölümden durýar. 1-nji ýokary ýygylýgy geçiriji, 2-nji ýokary ýygylýgy kabul ediji. Bu enjamyň komplekti liniýanyň iki tarapynda ýerleşýär.

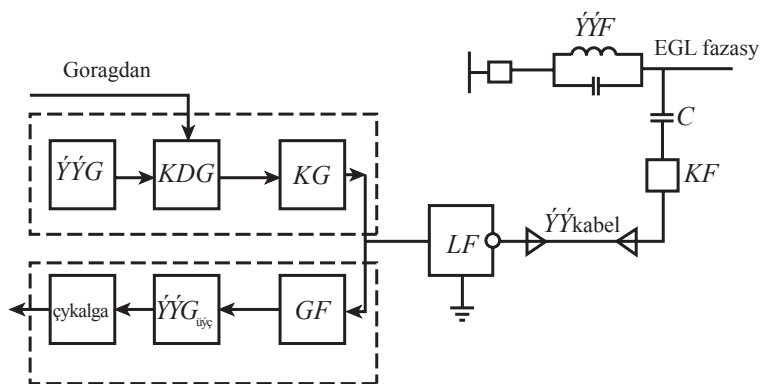
Ýokary ýygylýkly kabul edijiniň esasy meselesi goralýan liniýanyň daşynda gysga utgaşmada rele gora-



12.8-nji çyzgy. Ýygylýk boýunça böweteýjiniň rezonans häsiýetnamasy

gynyň ýalňyş işlemegini gadagan etmektir. Her bir liniýa üçin ýokary ýygyllykly kabul edijiniň işçi ýygyllygy 30-500 kGs diapazonda dürli ýygyllykda saýlanylýar. Ol goňşy liniýanyň ýokary ýygyllykly kanaly-na özara täsirini aradan aýyrýar (1,5 kGs-a çenli ýygyllygyň golaýla-magyna rugsat berilýär).

Ähli ýokary ýygyllykly kabul edijiniň birmeňzeş niýetlenişi bar. Olar esasy birmeňzeş funksional elementlerden durýar. Şony hasaba alyp häzirki zaman ýokary ýygyllykly kabul edijiniň umumylyşdyry-lan funksional shemasy 12.9-njy çyzgyda görkezilendir.



12.9-njy çyzgy. Ýokary ýygyllykly postuň gurluş shemasy

Ýokary ýygyllykly kabul ediji ÝÝG ýokary ýygyllykly generator-dan, KDG kömekçi dolandyryjy güýçlendirijiden we ýokary ýygyllykly signalyň KG kuwwatyny güýçlendirijiden durýar. Ýokary ýygyllykly generator berlen derejede ýokary ýygyllygyň signalyny öndürýär. Signalyň derejesini ýokary takyklykda üpjün etmek üçin kwars rezonatory ulanylýar. Ýokary ýygyllykly signaly durnukly saklamak üçin kwarsyň ulanylmagy (onuň inertiligi sebäpli) ýygyllygyň ösme prosesini 0,1-0,2 sekunda çenli haýalladýar. Gysga utgaşma pursadynda ýokary ýygyllykly generatoruň her birikdirilmesinde goragyň şeýle haýallamasyna rugsat berilmeýär. ÝÝG ýokary ýygyllykly generatorlar üznüksiz işleýär, ýöne onuň signalynyň çykalgasy 7 ýokary ýygyllykly kanalda indiki elementiň giriş tranzistorynda gadagan edilen. Bu elementde KDG kömekçi dolandyryjy güýçlendiriji bar. KDG kömekçi dolandyryjy güýçlendirijiniň elektron shemasy rele goragynyň

shemasynyň kömegi bilen aşakdakylary ýerine ýetirip bolýar: gysga utgaşmada signaly berijini işe goýbermek; gysga utgaşma açýlandan soň signal berijini saklamak; senagat ýygyllykly naprýaženiýede ýokary ýygyllykly signaly dolandyrmak; signal berijiniň, kabul edijiniň we kanalyň abatlygyna awtomatiki gözegçiligiň täsirini gadagan etmek.

Bu funksiýalary hasaba alyp, *KDG* kömekçi dolandyryjy güýçlendiriji element dolandyryjy güýçlendiriji diýlip atlandyrylýar.

Generatoryň kuwwaty örän kiçidir, şonuň üçin ol elektrik geçiriji liniýada we ýokary ýygyllykly kanalda signalyň köşeşmesini aradan aýyrmak üçin ýeterlik däl. Bu ýetmezçiligi aradan aýyrmak üçin *KG* kuwwaty güýçlendiriji ulanylýar.

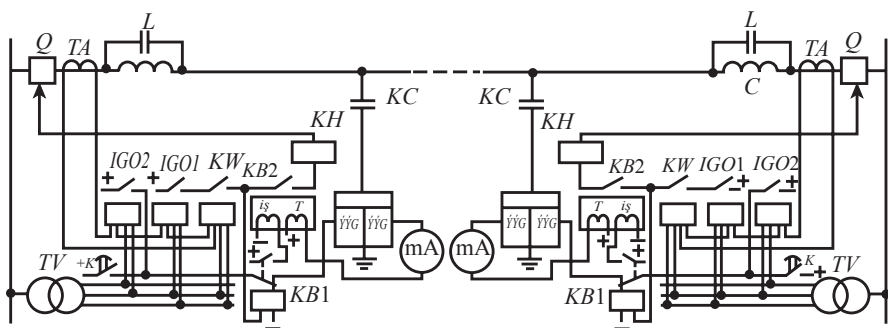
Kuwwaty güýçlendirijiniň çykyş signaly *LF* filtre berilýär. Kömekçi we esasy güýçlendirijiniň ýarymgeçiriji elementleriniň çyzykly dældigi üçin bu signalda ýoýulma ýüze çykmagy mümkin. *LF* filtriň esasy işi signalyň sinusoidal görnüşini üpjün etmek bolup, ol galan garmonikalary özünden geçirmeýär.

Ýokary ýygyllykly kabul ediji. Elektrik geçiriji liniýanyň uzak ahyryndan gelýän ýokary ýygyllykly signal *LF* filtriň giriş gysgyçlaryna berilýär (signal beriji we kabul ediji üçin umumy bir *LF* filtr ulanylýar). Kabul edijiniň ikinji esasy häsiýetnamasy onuň duýgurlygydyr. Ol ýokary ýygyllykly päsgelçiliklerden azat bolmalydyr.

Elektrik geçiriji liniýanyň geçirijilerinden gelýän ýokary ýygyllykly signal *LF* filtrden geçip, kabul edijiniň *GF* giriş filtrine barýar. *GF* giriş filtri kabul edijiniň saýlaýjylygyny üpjün edýär. *GF* giriş filtriniň çykalgasynda işçi ýygyllykda ýokary ýygyllygy güýçlendirijiniň girişine berilýär. Ýokary ýygyllygy güýçlendiriji signaly zerur edilýän derejesine çenli güýçlendirip, kabul edijiniň çykyş elementine barýar. Bu ýerde signal toguň we naprýaženiýäniň hemişelik belgisinde rele goragynyň komplektine berilýär.

12.5. Ýokary ýygyllykly blokirowkaly gönükdirilen goragyň shemalary

Ýokary ýygyllykly gönükdirilen goragyň esasy funksional elementleri. Ýokary ýygyllykly gönükdirilen goragyň ýerine ýetiriliş düzgünü we struktura elementleri 12.10-njy çyzgyda görkezilendir.



12.10-njy şyzyg. Ýokary ýygýlykly gönükdirilen goragyň ýönekeýleşdirilen shemasy

Ýokary ýygýlykly gönükdirilen goragyň rele bölümi esasy üç elementden durýar:

1. Işe goýberiji organ:

IGO1 – goragyň öçüriji zynjyryny dolandyryýar;

IGO2 – ýokary ýygýlykly geçirijini işe goýberýär.

Fazaara gysga utgaşmada tok relesi ulanylýar, eger bu reläniň duýgurlygy ýeterlik bolmasa garşylyk relesi ulanylýar. Tok relesiniň işleme ýüküň toguna görä sazlanýlýar: $I_{\text{gor.iş}} = \frac{K_{\text{ätiýaç}}}{K_{\text{yza. gaý}}} I_{\text{ý.maks}}$. (12.2)

Garşylyk relesi: $I_{\text{gor.iş}} = \frac{I}{K_{\text{ätiýaç}} K_{\text{yza. gaý}}} Z_{\text{iş.min}}$ (12.3) formula bilen kesgittenilýär.

2. Gönükdirilen kuwwat organ (90° shemada ýerine ýetirilýär).

3. Blokirlýji rele – iki sarymly polýarlaşan, işçi we tormozlaýjy sarymly rele ulanylýar.

Şinadan liniýa tarap gysga utgaşmanyň kuwwaty akanda kuwwat relesi öz kontaktlaryny birikdirýär. Ol aralyk reläniň kömegi bilen ýokary ýygýlykly togy öndüriji generatory blokirlýär.

Blokirlýji rele ýokary ýygýlykly tok bilen dolandyrylýar. Blokirlýji rele öçüriji zynjyry aýyrmak bilen blokirlýär.

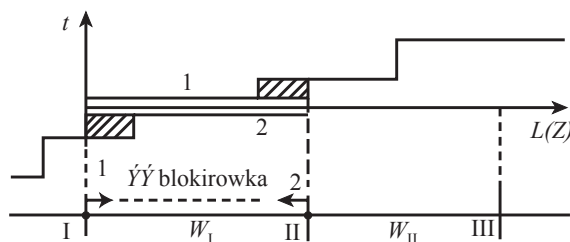
Ýokary ýygýlykly gönükdirilen goragyň shemalary. Gorag iki komplektden durýar. 1-nji komplet fazaara gysga utgaşmada goramak üçin. Onda ol fazalarda kuwwatlaryň ugruny deňeşdirýär. 1-nji komplet ýere gysga utgaşmadan goramak üçin, ol nol geçirijilerdäki kuwwatyň belgisini hasaba alýar. Her bir komplet 12.10-njy shemadaky ýaly ýerine ýetirilýär. Fazaara gysga utgaşmadan gorayán komp-

lektinde naprýaženiýe we toga birikdirilen gönükdirilen kuwwat rele ugur elementi hökmünde, işe goýberiji element hökmünde tok ýa-da garşylyk relesi ulanylýar. Ýere gysga utgaşmadan gorag komplektinde nol geçirijä birikdirilen gönükdirilen kuwwat relesi we nol geçirijä birikdirilen işe goýberiji tok relesi ulanylýar.

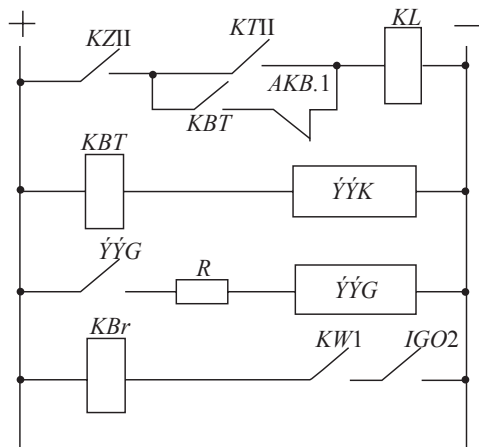
Ýere gysga utgaşmada, abat fazanyň toklarynyň täsirinde fazaara gysga utgaşmadan komplektiň nädogry işlemezligi üçin, onda blokirowka göz önüne tutulan. Şeýle hem fazaara gysga utgaşmadan gorag komplektinde çaykanmada nädogry işlemezligi üçin blokirowka, garşylyk relesi bilen işe goýberilýän bolsa, naprýaženiýe zynjyrynda näsazlyk ýüze çykanda blokirowka hökman bolmalydyr. Täsir ediş iş düzgüniniň ýönekeýligine garamazdan, ýokary ýygýlykly goragyň doly shemasy çylşyrymly. Goralýan liniýanyň daşynda gysga utgaşmada bu gorag täsir etmeýär. Şonuň üçin fazaara gysga utgaşmadan goramak üçin distansion gorag, ýere gysga utgaşmadan goramak üçin nol geçirijiniň basgançakly maksimal tok goragy bilen, ýokary ýygýlykly gorag goşmaça enjamlaşdyrylýar.

Distansion goragda gönükdirilen kuwwat we işe goýberiji element bar. Bu elementleri ulanyp, oňa blokirlýji reläni we ýokary ýygýlykly bölümi goşup, kombinirlenen ýokary ýygýlykly goragy alyp bolar. Kombinirlenen ýokary ýygýlykly goragyň shemasynda blokirlýji reläniň kontaktlary ikinji (ýa-da üçünji) zolagyň wagt relesiniň kontaktlaryny şuntirleýär, goralýan liniýanyň çäginde gysga utgaşmada wagt saklanmasyz öçürmäni üpjün edýär.

Şeýle kombinirlenen ýokary ýygýlykly gorag ýokary ýygýlykly blokirowkanyň kömegi bilen goralýan liniýanyň çäginde gysga utgaşmada ikitaraplaýyn çalt öçürmegi üpjün edýär. Distansion goragyň komplekti şinada gysga utgaşmada öçürmäge, indiki uçaştoýy ätiýaçlandyrmaga, goralýan liniýada gysga utgaşmada ýokary ýygýlykly gorag işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyrmaga mümkinçilik berýär. Ýokary ýygýlykly distansion goragyň häsiýetnamasy 12.11-nji çyzgyda görkezilendir. Ştrihlenen zolakda ýokary ýygýlykly blokirowkanyň kömegi bilen goragyň tiz işlemegi görkezilendir. Şeýle shemanyň ýerine ýetiriliş düzgünü 12.12-nji çyzgyda düşündirilýär.



12.11-nji çyzgy. Ýokary ýygylkly distansion goragyň häsiýetnamasy

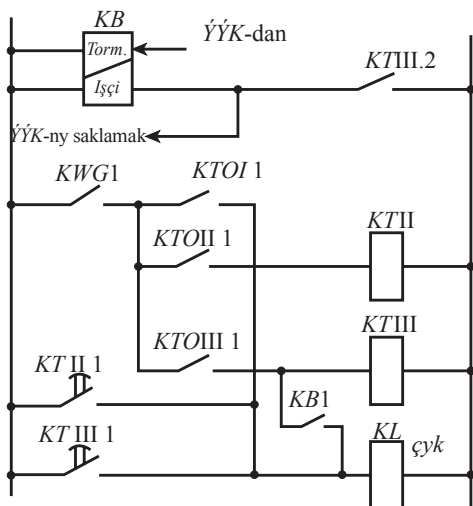


12.12-nji çyzgy. Ýokary ýygylkly blokirowkaly distansion goragyň prinsipial shemasy

IGO1 rele ýokary ýygylkly posty, IGO2 we KW1 blokirlýjy reläni dolandyryr. Elektrik geçiriji liniýanyň iki tarapynda signal beriji ýerleşdirilen ýagdaýynda, goralýan liniýada gysga utgaşmada KB1 blokirlýjy reläniň kontakty distansion goragyň ikinji zolagynyň KTII wagt relesiniň KTII.1 kontaktyny şuntirleýär we wagt saklanmasyz gorag işleýär. Daşky gysga utgaşmada blokirlýjy rele täsir etmeýär we rele goragy distansion goragy ýaly işleýär, ol ikinji we üçünji zolagyň kömegi bilen indiki uçastogy ätiýaçlandyryr.

Energoulgamyň çäýkanmasynda goragyň nädogry işlemeginiň önüni almak üçin blokirlýjy reläniň kontaktlary distansion goragyň çäýkanmadan blokirowkasynyň AKB.1 kontaktlaryna yzygider birikdirilýär. Adatça, distansion gorag fazaara gysga utgaşmadan goramak üçin niýetlenen. Bu sebäpli ýere gysga utgaşmadan goramak üçin ýo-

kary ýygyllykly blokirowkaly nol yzygiderliliginiň maksimal tok goragy ulanylmalydyr (12.13-nji çyzgy).



12.13-nji çyzgy. Ýokary ýygyllykly blokirowkaly nol yzygiderliliginiň gönükdirilen maksimal tok goragynyň prinsipial shemasy

Gönükdirilen ýokary ýygyllykly goragyň kombinirlenen görnüş-de ýerine ýetirilmeginiň artykmaçlygy releleriň sanyny azaltmaga mümkinçilik berýär. Onuň yetmezçiligi ätiýaç we esasy rele goraglaryň öz aralarynda ätiýaçlandyрма ýok.

12.6. Ýokary ýygyllykly differensial-faza goragynyň shemasy

Differensial-faza goragynyň esasy elementleri we olaryň aýratynlyklary: (12.14-nji çyzgy) IGO1(1.KAZ1) we IGO2 (1.KAZ2) toguň işe goýberiji elementleri, signal berijini işe goýberýär we gysga utgaşmada rele goragynyň işlemegine rugsat berýär; dolandyryjy element deňeşdirilýän toguň belgisine baglylykda ýokary ýygyllykly signal berijini dolandyrýar; toklaryň fazalaryny deňeşdiriji element elektrik geçiriji liniýalaryň iki tarapyndan geçýän toklar fazalary boýunça gabat gelende ölçümäge täsir edýär. Differensial-faza goragy ýüküň togunda täsir etmeýär. Şonuň üçin bu goragyň shemasynda IGO işe goýberiji elementiň zerurlygy ýok. Ýöne IGO işe goýberiji elementiň

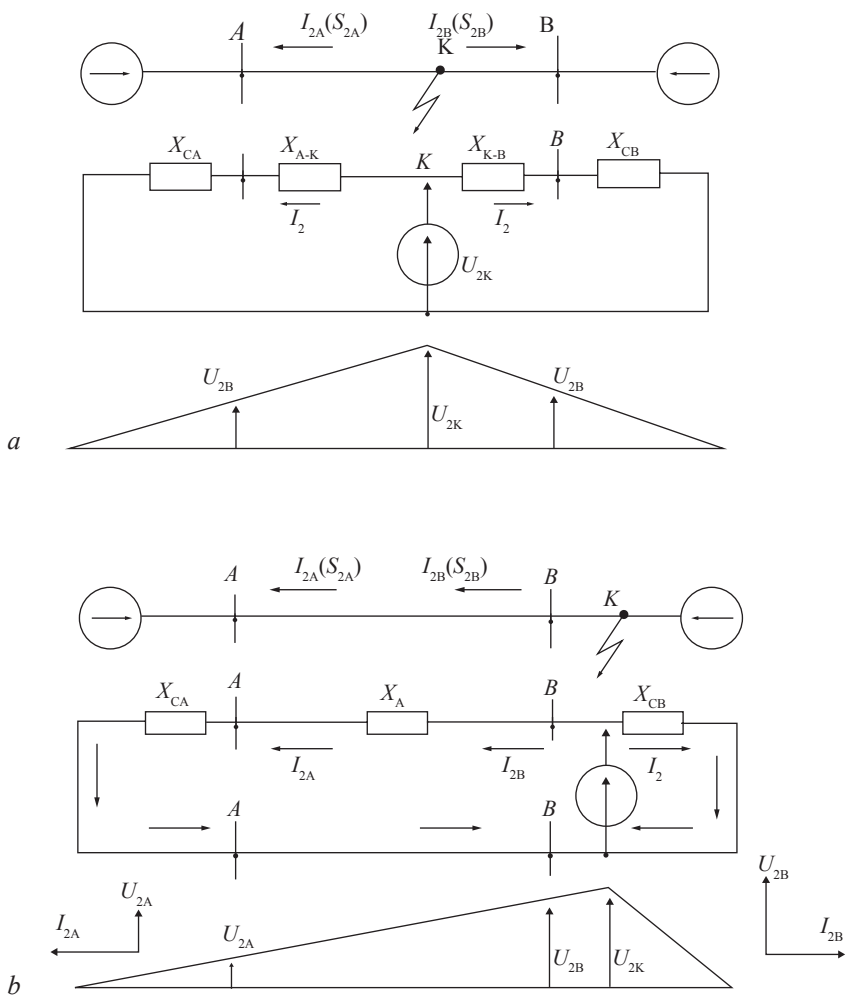
lykly signal berijini işe goýberýär, ikinji toplumyň duýgurlygy 1,5-2 esse pes, ol öçüriji zynjyry dolandyrýar.

Daşky gysga utgaşmada we çaýkanmada, signal berijini işe goýberiji reläniň dürli wagtda täsir etmeginde ýokary ýygyllykly signalyň üznüksizligi bozulýar. Şonuň üçin daşky gysga utgaşmada, rele goragynyň işlemeginden ozal, ýokary ýygyllykly signal berijini işe goýberiji işlemeli.

Eger toklary fazalaryny deňeşdirmegiň deregine, üçfazaly ulgamy birfazaly ulgama öwürýän filtrden alynýan toklaryň simmetriki düzüjilerini deňeşdirmeklik goragyň ýönekeýleşmegine we ygtybarly işlemegine getirýär.

12.7. Integral mikroshemaly ПДЭ-2802 ýokary ýygyllykly blokirowkaly gönükdirilen gorag

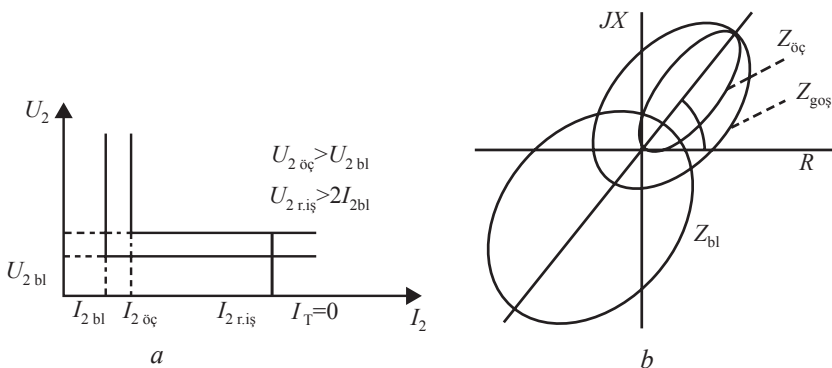
Birfazaly awtomatik gaýtadan birikdirijisi bolmadyk 110-330 kV naprýaženiýeli howa elektrik geçiriji liniýalar üçin, ähli gysga utgaşmalarda çalt täsir ediji gorag hökmünde niýetlenen. Kiçi kuwwatly şahalary bolan şahalanýan liniýalarda *IGO* işe goýberiji elementleri goşmaça ulanyp, bu goragy sazlap bolar. Uly kuwwatly şahalary bolan liniýalarda işe goýberiji element bilen liniýany goramak mümkin däl. Şonuň üçin ПДЭ-2802 görnüşli ýokary ýygyllykly gorag bu liniýalaryň goragynda ulanylýar. ПДЭ-2802 görnüşli ýokary ýygyllykly goragyň täsir ediş düzgüni goralýan liniýanyň iki tarapynda kuwwatlaryň ugruny deňeşdirmeklige esaslanan. Simmetriki däl zeper ýetmede ters yzygiderliligiň kuwwatyny, simmetriki zeper ýetmede faza kuwwatlaryny deňeşdirýär. Birinji ýagdaýda kuwwatyň ugur elementi hökmünde gönükdirilen kuwwat relesi, işe goýberiji element hökmünde ters yzygiderliligiň naprýaženiýe we tok relesi ulanylýar. Ikinji ýagdaýda iki fazanyň toklarynyň tapawudyna we şol fazalaryň fazaara naprýaženiýelerine birikdirilen gönükdirilen garşylyk relesi (*KZ*) peýdalanylýar. Ýokary ýygyllykly goragyň şeýle birikdirilmeginiň hasabyna simmetrik däl gysga utgaşmada onuň duýgurlygy ýokarlanýar we simmetrik gysga utgaşmada gönükdirilen kuwwat elementiniň ygtybarly işlemegini üpjün edýär (*12.15-nji çyzgy*).



12.15-nji çyzgy. U_2 ters yzygiderliligiň naprýaženiýesiniň we S_2 gönükdirilen kuwwatyň ululyklarynyň üýtgeме diagrammasy:

a – goralýan liniýada gysga utgaşmada; b – goralýan zolagyň daşynda gysga utgaşmada

Gönükdirilen kuwwat elementiniň häsiýetnamasy 12.16-njy *a* çyzgyda, garşylyk relesiniň häsiýetnamasy 12.16-njy *b* çyzgyda görkezilen.

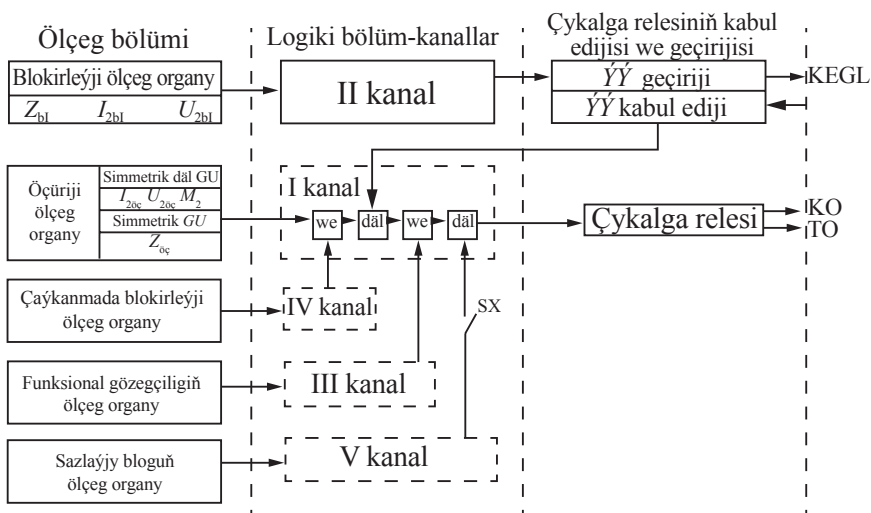


12.16-njy çyzgy. ПДЭ-2802 görnüşli ýokary ýygyllykly goragyň shemasynda garşylyk relesiniň häsiýetnamalary

Aragatnaşyk kanaly üçin AB3K-80 görnüşli signal beriji ulanylýar. Ol elektrik geçiriji liniýalaryň fazalaryna görä ýokary ýygyllykly blokirlýji signaly ibermekligi üpjün edýär. Ýokary ýygyllykly kanala awtomatiki gözegçilik üçin AK-80 görnüşli gurluş ulanylýar.

Rele goragyň ölçeg bölümi üçin K553 УД2 görnüşli operasion güýçlendiriji, logiki bölümine K176 görnüşli mikroschema ulanylýar.

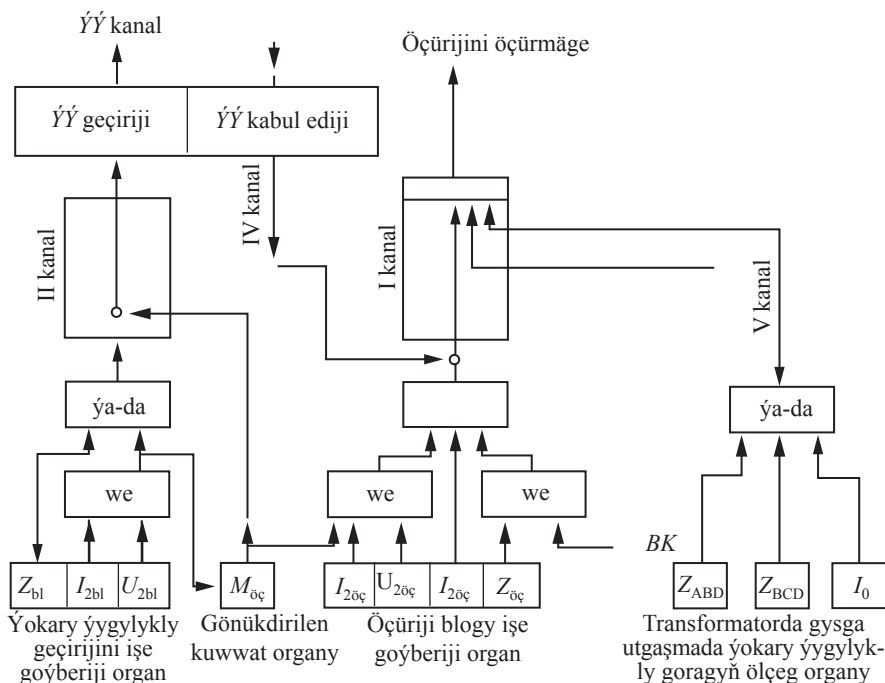
Rele goragyň ýönekeýleşdirilen struktura shemasy 12.17-nji çyzgyda görkezilendir.



12.17-nji çyzgy. ПДЭ-2802 görnüşli ýokary ýygyllykly goragyň ýönekeýleşdirilen struktura shemasy

Shema ölçeg elementinden, logiki elementden we ýokary ýygyllykly bölümden durýar.

Ölçeg bölümi baş sany ölçeg elementinden durýar. Şoňa baglylykda logiki bölümiň baş sany kanaly bardyr, ol goragyň ähli elementleriniň özara täsirini üpjün edýär (12.17 we 12.18-nji çyzgylar).



12.18-nji çyzgy. Goragyň ölçeg we logiki bölümleriniň ýönekeýleşdirilen funksional shemasy

Goragyň gurluşynyň ýönekeýleşdirilen shemasy 12.19-njy çyzgyda görkezilendir.

Ölçeg elementleriniň birinji topary we logiki bölümiň I kanaly rele goragyň çykyş zynjyryna täsirini üpjün edýär. Ölçeg elementiniň birinji toparynyň düzümine (12.13-nji çyzgy) aşakdakylar girýär:

– simmetrik däl gysga utgaşmada ölçüri zynjyry taýýarlaýan ters yzygiderliligiň $U_{20ç}$ naprýaženiýe we $I_{20ç}$ tok relesi;

– ýokary ýygýlykly signal berijiniň işe girişmegini bes etmegine signal berýän we simmetrik däl gysga utgaşmada öçüriji zynjyry birikdirýän ters yzygiderliligiň gönükdirilen $M_{2\text{öç}}$ kuwwat relesi;

– ýokary ýygýlykly signal berijiniň işe girişmegini bes etmäge signal berýän we simmetrik gysga utgaşmada öçüriji zynjyry birikdirýän gönükdirilen $Z_{\text{öç}}$ garşylyk relesi (*onuň häsiýetnamasy 12.16-njy çyzgyda görkezilendir*).

Ölçeg elementleriniň ikinji topary we logiki bölümiň II kanaly ýokary ýygýlykly signal berijini işe goýberýär we daşky gysga utgaşmada rele goragynyň täsirini gadagan edýär. Ölçeg elementleriniň ikinji toparynyň düzümine aşakdakylar girýär:

– simmetrik däl gysga utgaşmada ýokary ýygýlykly signal berijini işe goýberýän ters yzygiderliligiň $U_{2\text{bl}}$ naprýaženiýe we $I_{2\text{bl}}$ tok relesi;

– simmetrik gysga utgaşmada ýokary ýygýlykly signal berijini işe goýberýän Z_{bl} garşylyk relesi (*onuň häsiýetnamasy 12.16-njy çyzgyda görkezilendir*).

Ölçeg elementleriniň üçünji topary we logiki bölümiň III kanaly öçüriji esasy kanala funksional gözegçiligi ýerine ýetirýär. Ölçeg elementleriniň üçünji toparynyň düzümine Z'_{bl} , $Z'_{\text{öç}}$ we $I_{2\text{ış, goý}}^T$ releler girýär. I esasy we III goşmaça kanallaryň çykalgalary shemada «we» elementinde birigýär. Şonuň üçin iki kanaldan hem signal berlenden soň öçüriji signal çykyş relesine berilýär.

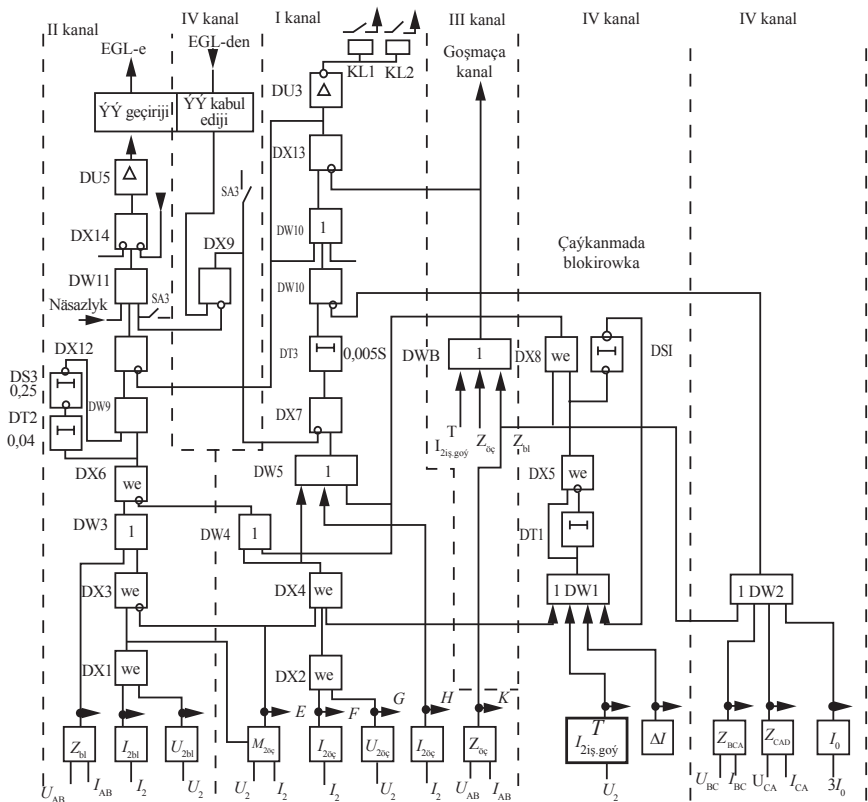
Ölçeg elementleriniň dördünji topary we logiki bölümiň IV kanaly energoulgamyň çäýkanmasynda ýokary ýygýlykly goragyň artykmaç öçürmesini blokirowka edýär. Energoulgamyň çäýkanmasynda elektrik geçiriji liniýanyň iki tarapyndaky $Z_{\text{öç}}$ garşylyk releleri bir wagtda işlemegi mümkin. Çäýkanmadan blokirleýjiniň işe goýberiji elementleri: ΔI , üçfazly gysga utgaşmada böküş arkaly toguň üýtgemeginde täsir edýär; $I_{2\text{ış, goý}}^T$, simmetrik däl iş düzgüni duýýar.

Ölçeg elementleriniň başynji topary we logiki bölümiň V kanaly iki sany funksional niýetlenişi bar.

1. Transformatorly şahalarynda gysga utgaşmada köp şahaly elektrik geçiriji liniýanyň rele goragyny sazlaýar;

2. Elektrik geçiriji liniýasy naprýaženiýe bilen barlananda onuň goragyny sazlaýar. Ölçeg elementleriniň bu toparyna BC we CA fazalara birikdirilen iki sany goşmaça garşylyk relesinden ($Z_{BCgoş}$ we $Z_{CAgoş}$) we I_0 nol yzygiderlilikiniň tok relesinden durýar.

Goragyň täsir zolagynda we täsir zolagyndan daşynda gysga utgaşmada ýokary ýygýlykly goragyň täsir ediş düzgünine seredeliň (12.19-njy çyzgy).



12.19-njy çyzgy. ПДЭ-2802 görnüşli ýokary ýygýlykly goragyň logiki bölüminiň prinsipial shemasy

Ýokary ýygýlykly goragyň zolagyndan daşyndaky simmetrik däl gysga utgaşma. liniýanyň iki tarapyndaky IG_{2bl} we $IG_{2oç}$ releler işleýär. Liniýanyň gysga utgaşmadan uzakdaky tarapyndaky $M_{2oç}$ rele hem herekete gelýär. IG_{2bl} işe goýberiji elementiň I_{2bl} we U_{2bl} releleri

ýokary ýygylykly berijiniň girişine logiki elementniň II kanaly boýunça signal berýär. Ýokary ýygylykly goragyň soňky täsirleri gönükdirilen kuwwat elementiniň $M_{26\text{ç}}$ relesiniň täsirine baglydyr. Gysga utgaşma nokadynyň golaýynda $M_{26\text{ç}}$ täsir etmeýär. Sebäbi kuwwat şinadan goralýan liniýa tarap akýar, şonuň üçin bu tarapdaky ýokary ýygylykly signal beriji üznüksiz işleýär we elektrik geçiriji liniýanyň ikinji tarapyna blokirlýýji ýokary ýygylykly signal berýär. Öçüriji signal ýok. Gysga utgaşmadan uzakdaky elektrik geçirijiniň ahyrynda kuwwat şina tarap ugrukdyrylan, $M_{26\text{ç}}$ işleýär we öz signal berijisini saklaýar, WE (DX3) logiki elemente, II kanala gadagan ediji signal berýär (12.19-njy çyzgy). $IG_{26\text{ç}}$ we $M_{26\text{ç}}$ täsir edýär ÝADA (DW5) elementniň çykalgasynda öçürmeli signal döreýär, ýöne I kanalyň elementiniň üstünden geçip bilmeýär. Sebäbi ýakyn aralykdaky ýokary ýygylykly signal beriji I kanalyň WE (DX7) logiki elementine gadagan ediji signal berýär. Şeýlelikde, elektrik geçiriji liniýanyň iki tarapyndaky ýokary ýygylykly gorag täsir etmeýär:

- ýakyn aralykdaky $M_{26\text{ç}}$ tasir etmeýänligi sebäpli;
- uzak aralykdaky garşysyndaky ýokary ýygylykly goragyň blokirlýýji signalynyň gadagan edýänligi sebäpli.

Ýokary ýygylykly goragyň zolagynda simmetrik däl gysga utgaşma. Elektrik geçiriji liniýanyň iki tarapyndaky ýokary ýygylykly signal berijini işe goýberýän $IG_{26\text{ç}}$ we öçüriji shemany taýýarlaýan $IG_{26\text{ç}}$ we $M_{26\text{ç}}$ işleýär. $M_{26\text{ç}}$ rele WE (DX3) logiki elementde, II kanala gadagan ediji signal berijiniň işini togtadýar. $M_{26\text{ç}}$ reläniň öçüriji kanaly-na signal gelýär we kanalyň ahli elementinden päsgelçiliksiz geçýär. $I_{2\text{iş.goy}}$ T relesiniň täsirinde çaykanmada blokirowka edýän III kanalda öçüriji signal döreýär. III kanal I kanalyň dogry işlemegine gözegçilik edýär. Öçüriji signallar I we III kanaldan geçip, WE (DX13) logiki elementniň girelgesine berilýär. WE (DX13) logiki element birigýär, onuň çykalgasynda rele goragynyň zynjyryna täsir edýän signal döreýär.

Goragyň täsir edişine gözegçilik. ПДЭ-2802 görnüşli ýokary ýygylykly rele goragynyň ygtybarly işlemegi üçin birnäçe çäreler göz önüne tutulan.

1. Rele goragynyň ýalňys işlemek ähtimallygyny azaltmak üçin I kanalyň çykalgasyna, WE (DX3) shemaly III goşmaça kanal gözeg-

çilik edýär. III goşmaça kanal üç ölçeg elementinden: ÝADA (DW8) shema görä birikdirilen Z_{bl}^I , Z_{re}^I , $I_{2\text{iş, goý}}^T$ relelerden durýar.

2. Paneliň shemasyndaky ölçeg elementiniň abatlygyna üznüksiz gözegçilik göz önüne tutulan. Islendik ölçeg elementi näsazlygy sebäpli 10 sekuntdan köp işlese, signal işleýär.

Ýokary ýygylýkly goragy bahalandyrmak. Ýokary ýygylýkly gönükdirilen we differensial-faza goragynyň täsir ediş düzgüni ýönekeý we ygtybarly. Uzyn liniýalaryň islendik çäginde gysga utgaşmada iki tarapyndan we pursat salymda öwürýän ýeke-täk rele goragydyr. Ähli ýokary ýygylýkly goragyň umumy ýetmezçiligi ýokary bahasy we çylşyrymlylygydyr.

110-1150 kW naprýaženiýeli elektrik setlerinde ýokary ýygylýkly gorag esasy gorag hökmünde giňden ulanylýar.

XIII BAP

ENERGIÝA ULGAMYNYDA ÇAÝKANMADA GORAGYŇ NÄDOGRY TÄSIRINIŇ ÖŇÜNI ALMAK

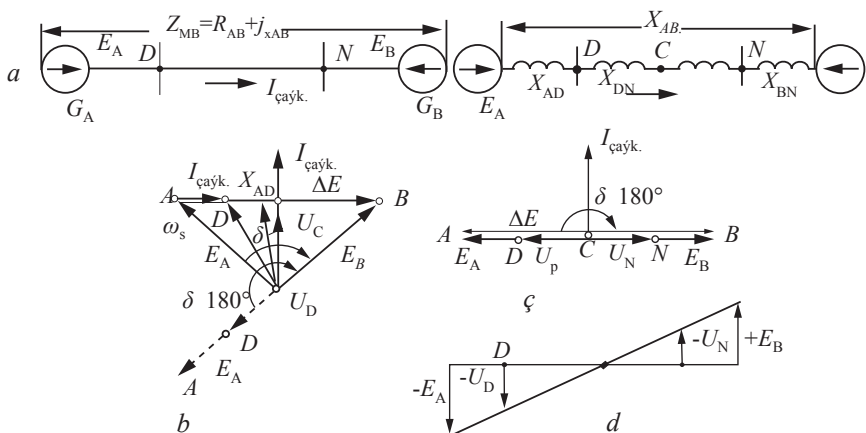
13.1. Çaýkanmada reläniň gysgyçlarynda toguň, naprýaženiýäniň we garşylygyň üýtgeme häsiýetleri

Generatorlar sinhron iş düzgüninden çykan ýagdaýynda energiýa ulgamynda çaýkanma hadysasy ýüze çykýar. Çäýkanmada elektrik setiniň naprýaženiýesi peselýär we tok güýçlenýär. Toguň we naprýaženiýäniň bu üýtgemesini, gorag edil simmetriki gysga utgaşma ýaly kabul edýär.

Aralary elektrik geçiriji liniýa bilen birleşdirilen iki generatorly G_K we G_B ýönekeý elektrik ulgama seredeliň (13.1-nji a çyzgy).

Kadaly iş düzgüninde ω_A we ω_B burç tizlikler we \underline{E}_A we \underline{E}_B elektrik hereketlendiriji güýçleriň wektorlary birmeňzeş. Haçanda G_A we G_B generatorlaryň rotorlarynyň aýlanma tizliginiň sinhronlygy bozulanda, olaryň elektrik hereketlendiriji güýçleriniň (EHG) aýlanma tizlikleriniň wektorlary hem dürlüdür.

Eger G_A generatoryň rotorynyň aýlanma tizligi G_B generatoryň aýlanma tizliginden uly bolsa, onda elektrik tizlik $\omega_A > \omega_B$.



13.1-nji çyzgy. Çaykanmada toguň we naprýaženiýäniň wektor diagrammalary: *a* – ýönekeý elektrik shema we onuň çalşyрма shemasy; *b* we *ç* – δ burçuň dürli bahasynda wektor diagrammalar; *d* – $\delta=180^\circ$ ulgamda naprýaženiýäniň paýlanyşy

Şonuň netijesinde \underline{E}_A wektor \underline{E}_B wektora görä $\omega_t = \omega_A + \omega_B$ typma burç tizligi bilen aýlanýar. $\Delta \underline{E} = \underline{E}_A + \underline{E}_B$ EHG-niň tapawudy, burçuň ululygyna baglylykda üýtgeýär. 13.1-nji *b* çyzgydaky wektor diagramma baglylykda $|\underline{E}_A| = |\underline{E}_B| = \underline{E}$ ululyga görä:

$$\Delta E = E \sin \frac{\delta}{2}, \quad (13.1)$$

bu ýerde δ burç – ω_t typmanyň we t wagtyň funksiýasy. $\omega_t = \text{const}$ bolanda, $\delta = \omega_t t$ hasaba alyp: $\Delta \underline{E} = 2E \sin \frac{\omega_t t}{2}$. (13.2)

Alnan aňlatmadan görnüşi ýaly, ΔE -niň täsir bahasy sinusyň kanunyna görä üýtgeýär we ol $\delta=180^\circ$ burçda maksimal ululyga, $\delta=0$ burçda minimal ululyga deň.

Çaykanma tok. $\Delta \underline{E}$ EHG täsirinde, G_A we G_B generatorlary birikdirýän elektrik setinde çaykanma tok döreýär:

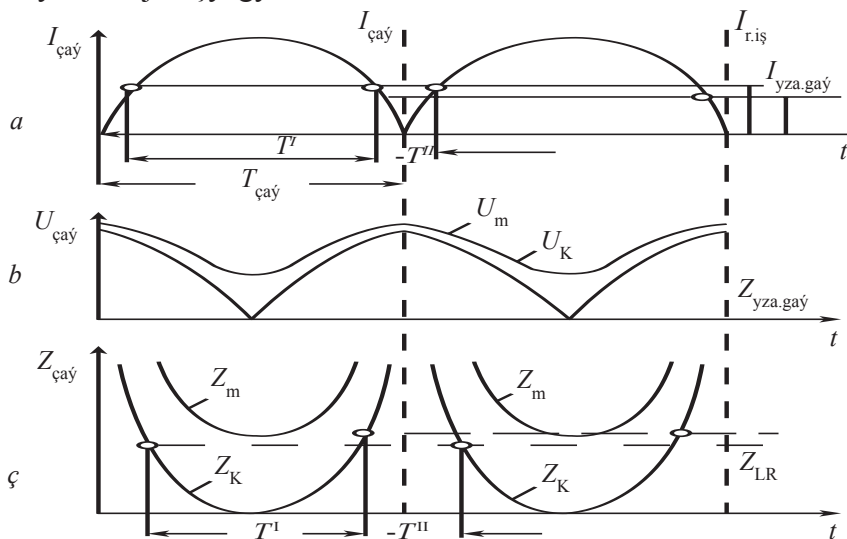
$$I_{\text{çay}} = \frac{\Delta \underline{E}}{Z_{AB}}, \quad (13.2a)$$

bu ýerde $Z_{AB} = \sqrt{X_{AB}^2 + R_{ab}^2}$ – zynjyryň ekwiwalent garşylygy.

R_{AB} – aktiw garşylygy hasaba alman, $I_{\text{çay}}$ tok $\Delta \underline{E}$ EHG-den 90° yza galýar diýlip kabul edilýär. (13.1), (13.2) we (13.2a) formulalary hasaba alyp:

$$I_{\text{çay}} = \frac{2E}{X_{AB}} \sin \frac{\delta}{2}. \quad (13.3)$$

(13.3) formuladan görnüşi ýaly $I_{\text{çay}}$ – çaykanma toguň täsir bahasy hem ΔE ýaly üýtgeýär. $I_{\text{çay}}$ – çaykanma toguň üýtgeme häsiýetnamasy 13.2-nji *a* çyzgyda berlen.



13.2-nji çyzgy. Energiýa ulgamynyň çaykanmasynda reläniň gysgyçlarynda elektrik ululygynyň üýtgeme häsiýetnamasy:
a – tok; *b* – naprýaženiýe; *ç* – garşylyk

$\delta=180^\circ$ bolanda, $I_{\text{çay}}$ maksimal baha ýetýär, ýagny G_A we G_B generatorlaryň EHG-leri fazalarda garşylykly ugrukdyrylan:

$$I_{\text{çay.maks}} = \frac{2E}{X_{AB}}. \quad (13.3a)$$

$\delta=0$ bolanda, generatorlaryň EHG fazalar boýunça gabat gelýär, $I_{\text{çay}}$ – nola çenli peselýär.

Hakykatda $\delta=0$ deň bolanda, $I_{\text{çay}}$ noldan tapawutlydyr, sebäbi $E_A \neq E_B$. Çaykanmada goragyň özüni alyp barşyna seljerme berlende bu ýagdaýy hasaba almaly. Sinhronlaşmadan çykan G_A we G_B generatorlary birikdirýän elektrik setiniň D nokadynda naprýaženiýe (13.1-nji *a* çyzgy):

$$U_D = E_A - I_{\text{çay}} jX_{AD}, \quad (13.4)$$

bu ýerde $I_{\text{çay}} jX_{AD}$ – AD uçastokda naprýaženiýäniň pese gaçmasy.

$I_{\text{çay}} jX_{AD}$ – naprýaženiýäniň pese gaçmasynyň wektory ΔE wektor bilen fazasyna görä gabat gelýär (13.1-nji *b* çyzgy) we onuň bir bölegini düzýär. U_K naprýaženiýäniň wektory ΔE wektora perpendikulýar

düşende K nokatda $I_{\text{çay}}$ in kiçi baha eýedir. Bu nokada çaykanmanyň elektrik merkezi diýilýär. Garşylyk: $Z_k = \frac{U_k}{I_{\text{çay}}}$.

13.2. Energiýa ulgamynda çaykanmada goragyň häsiýeti

Işe goýberiji tok, naprýaženiýe we garşylyk relesiniň ýagdaýy: $I_{\text{çay}}$, $U_{\text{çay}}$, $Z_{\text{çay}}$ häsiýetleriň üýtgemegi bilen bu ululyklary duýýan goraglaryň işlemegi mümkin (13.2-nji çyzgy).

Aýratyn hem çaykanmanyň elektrik merkezinde ýa-da golaýynda naprýaženiýäniň duýdansyz peselmegi gorag üçin ýaramaz täsirini ýetirýär.

Çaykanmanyň peridy $T_{\text{çay}}$ sinhron generatorlaryň tizliginiň ýaýrama derejesine baglydyr. $\omega_A - \omega_B$ tapawut näçe uly bolsa, şonça-da $T_{\text{çay}}$ – çaykanmanyň peridy kiçi. 13.2-nji çyzgydan görnüşi ýaly, T çaykanmanyň peridynda rele goragy täsir edýär. Mysal üçin: $I_{\text{çay}} > I_{\text{r.iş}}$ tok relesi işleýär we $I_{\text{çay}}$ çaykanmanyň togy $I_{\text{yza. gaý}}$ reläniň yza gaýdyş toguna çenli peselende rele yzyna dolanýar. Garşylyk we naprýaženiýe relesi hem özüni şeýle görnüşde alyp barýar. Çaykanmanyň peridyň islendik ululygynda, $I_{\text{çay.maks}} > I_{\text{r.iş}}$ şert ýerine ýetse, çalt täsir ediji rele goragyň tok relesi işleýär. Naprýaženiýe we garşylyk relesi $U_{\text{çay.min}} < U_{\text{r.iş}}$, $Z_{\text{çay.min}} < Z_{\text{r.iş}}$ şertler ýerine ýetse işleýärler. Wagt saklanmasy bar bolan rele goragy çaykanmanyň peridy rele goragyň işleme wagtyndan uly bolanda işleýär. Eger çaykanmanyň kiçi peridynda hem wagt saklanmaly rele goragy täsir edip biler, bu ýagdaýda reläniň $t_{\text{yza. gaý.}}$ yza gaýdyş wagty T'' wagtdan uly bolmalydyr (13.2-nji a çyzgy). Bu ýagdaýda rele başlangyç iş ýagdaýyna dolanyp gelmeýär, ol birikdirilgi ýagdaýynda saklanýar we çaykanmanyň birnäçe peridynda goragyň wagt saklanmasynyň gutarmagy mümkin.

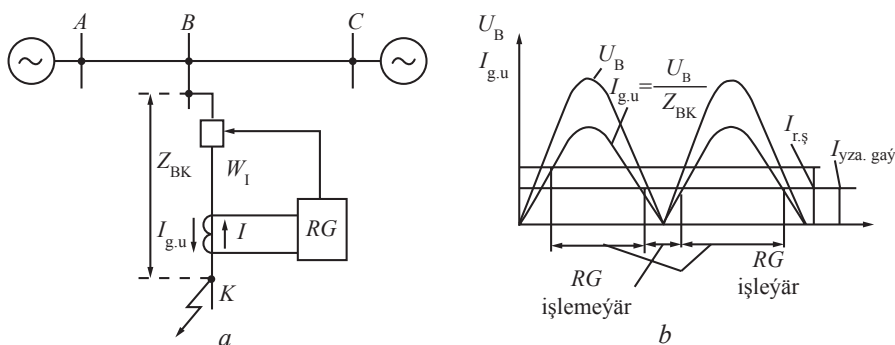
Çaykanma iki görnüşe bölünýär: sinhron we asinhron. Sinhron çaykanmada generatoryň durnuklylygynyň bozulmagy bilen döremeýän, sinhron işlemeginiň bozulmagyna aýdylýar. Bu ýagdaýda generatorlaryň elektrik ýygylgynyň tapawudy $\omega_t = \omega_A - \omega_B$ çalt kiçelýär, δ burç çaykanma prosesinde 180° -a ýetmeýär.

Asinhron ýagdaýda generatoryň durnukly işi bozulýar. Sinhronlaşmadan çykan maşynlaryň rotorlary we olaryň EHG-leri biri-birine garşy öwrülýärler, δ burç 180° -a ýetýär. Şeýle çaykanmada ω_t typma

burç ýygylgy ýokarlanýar we $T_{\text{çay.}}$ peridy kiçelýär. Naprýaženiýe we tok araçäk ululyklaryna ýetýär. Köp ýyllyklaryň tejribesine laýyklykda rele goragynyň wagt saklanmasy 1,5–2 sekunt bolanda çaykanmada rele goragy işläp ýetişmeýär.

Ýokary ýygylkly gönükdirilen goragyň ýagdaýy. Çaykanmada ýokary ýygylkly goragyň gönükdirilen kuwwat elementi nädogry işleýär. 13.1-nji ç, d çyzgylardaky diagrammadan görnüşi ýaly, δ burç 0° -dan 360° -a üýtgände, rele goragynda toklaryň arasyndaky süýşme burçlary 0° -dan 180° , elektrik setiniň berlen nokadynda (mysal üçin, D) naprýaženiýe 180° -dan 360° -a çenli üýtgeýär. 180° K elektrik çaykanmanyň merkeziniň iki tarapyndaky naprýaženiýeler fazalary boýunça garşylyklydyr (13.1-nji ç, d çyzgy). Şonuň netijesinde elektrik çaykanmanyň merkezi ýerleşen $D-N$ liniýanyň ahyrlaryndaky kuwwatlar položitel belgä eýedir, gönükdirilen ýokary ýygylkly gorag işleýär, elektrik geçiriji liniýany öçürýär.

Çaykanmada rele goragyň täsir etmezligi. Energiýa ulgamynda çaykanma wagty rele goragy diňe bir ýalňyş işlemän, gysga utgaşmada täsir etmezligine getirýär. Şeýle ýagdaýyň bolmagyny görkezýän shema 13.3-nji çyzgyda görkezilen.



13.3-nji çyzgy. Gysga utgaşmanyň bolmagy bilen çaykanma ýüze çykanda rele goragyň täsir etmezligi

W_1 liniýada gysga utgaşmada A we C elektrik stansiýalarynyň sinhronlaşmagy bozulýar we çaykanma döreýär. Zeper ýeten liniýadan iýmitlenýän B podstansiýanyň naprýaženiýesi $T_{\text{çay}}$ çaykanmanyň peridy bilen kesgitlenilýän ýygylk bilen pulsirlenýär. U_B naprýaže-

niýe bilen W_1 liniýanyň gysga utgaşma togy hem üýtgeýär $I_{g.u.} = \frac{U_B}{Z_{BK}}$ (13.3-nji b çyzgy). Eger $T_{\text{çay}}$ periody rele goragynyň wagt saklanmasyndan kiçi bolsa, gysga utgaşmanyň minimal togy yza gaýdyş togundan kiçi bolsa $I_{g.u.min} < I_{\text{yza gaý.}}$ onda rele goragy öçürmäge täsir edip ýetişmeýär.

13.3. Çaykanmada goragyň nädogry işlemeginiň önüni almak üçin çäreler

Aýdylanlardan görnüşi ýaly, çaykanmada rele goragynyň nädogry täsir etmegi üçin şertler döreýär. Bu bolsa energiýa ulgamyň agyr heläkçiligine getirýär. Rele goragyndan esasy talaplaryň biri, çaykanmada onuň täsir etmezligidir. Kabir goraglar, mysal üçin, differensial gorag, öz täsir ediş düzgünine görä çaykanmada täsir etmeýär. Rele goragynyň köp görnüşleri çaykanmany üçfazly gysga utgaşma ýaly duýýar we şonuň üçin rele goragynyň ýalňys işlemeginiň önüni almak üçin ýörite çäreler kabul edilýär. Şeýle çäreler hökmünde üç usul ulanylýar.

1. Işe goýberiji releleriň işleme toklary, çaykanmanyň maksimal togundan uly alynýar:

$$I_{\text{gor.iş}} > I_{\text{çay.}}$$

2. Goragyň wagt saklanmasy 1–2 s bolmalydyr.

3. Blokirowka ulanmaly. Blokirlýji gurluş iki şerti ýerine ýetirmelidir:

a) çaykanmada goragy işden çykarmalydyr;

b) çaykanma wagty goralýan zolakda gysga utgaşma ýüze çyksa goragyň işlemegine täsir etmeli däldir.

Blokirlýji gurluşyň iki görnüşi ulanylýar.

a) elektrik setiň naprýaženiýesiniň we togunyň simmetriksizligiň döremegine görä gysga utgaşmany çaykanmadan tapawutlandyryr;

b) gysga utgaşmada we çaykanmada rele goragynyň ýerleşen ýerinde garşylygyň ýa-da naprýaženiýäniň, toguň üýtgame tizligine görä tapawutlandyrylýar.

13.4. Elektrik setiniň naprýaženiýesiniň ýa-da togunyň simmetriksizligini duýýan blokirlýji gurluş

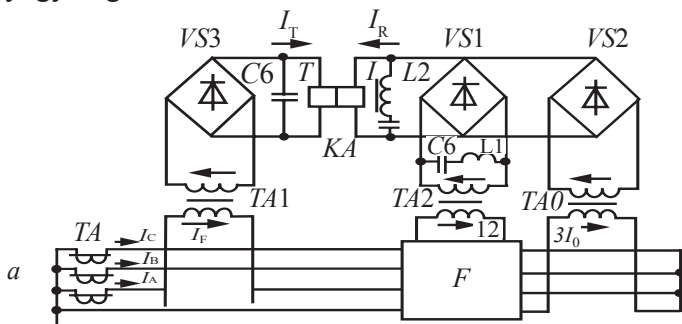
Gysga utgaşmadan simmetrik çäýkanmany tapawutlandyryýan hasiýetli sypatlaryň biri gysga utgaşmada naprýaženiýäniň we toguň simmetriksizliginiň gysga wagtlaýyn ýüze çykmagydyr. Birfazaly we ikifazaly gysga utgaşma simmetrik däldir.

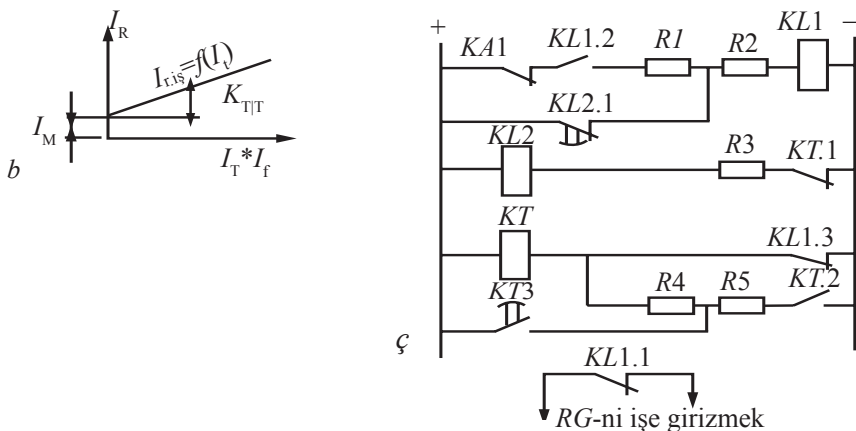
Üçfazaly metaliki gysga utgaşmada fazalaryň garşylyklary üýtgemeyär, şonuň üçin bu düzgünde toklar we naprýaženiýeler simmetrikdir. Köp barlaglaryň we ekspluatasiýanyň tejribesinden görnüşi ýaly, üçfazaly gysga utgaşma ilki bilen bir ýa-da iki fazanyň utgaşmagy ýaly ýüze çykýar we soň üçfazaly gysga utgaşma öwrülýär. Şeýlelikde, üçfazaly gysga utgaşmanyň başlangyç wagt momentinde gysga wagtlaýyn simmetriksizlik ýüze çykýar. Simmetriksizligiň takyk alamaty bolup, gysga utgaşmada toguň we naprýaženiýäniň ters yzygiderliginiň düzüjisi döreyär. Şonuň üçin çäýkanmadan gysga utgaşmany tapawutlandyryýan gurluş ters yzygiderliligiň düzüjisine sazlanýlar. Bu blokirlýji gurluş toguň we naprýaženiýäniň ters yzygiderliligiň düzüjisi ýüze çykanda rele goragyna işlemäge rugsat berýär we çäýkanmada we simmetrik ýükde rele goragynyň işlemegini blokirlýär.

Çäýkanmada blokirlýji gurluşyň iki görnüşi ulanylýar:

- 1) КРБ-125, $3I_0$ we U_2 hasaba alyp işleýär.
- 2) КРБ-126, $3I_0$ we I_2 duýup işleýär.

КРБ görnüşli blokirlýji gurluşyň prinsipial shemasy. Gysga utgaşmada I_2 togy we ýere gysga utgaşmada duýgurlygyny ýokarlandyrmak üçin I_0 togy duýýan blokirlýji gurluşyň shemasy 13.4-nji *a, b* çyzgyda görkezilendir.





13.4-nji çyzgy. Çaykanmada KPB-126 blokirläýji gurluşyň shemasy:

a – üýtgeýän toguň zynjyrynyň shemasy; *b* – reläniň işleme häsiýetnamasy;
ç – hemişelik toguň zynjyrynyň shemasy

Işe goýberiji elementiň shemasy (13.4-nji *a* çyzgy). *TA2* tok transformatorynyň çykalgasyna birikdirilen *ZF* filtriň üstünden I_2 tok alynýar. Tok transformatorynyň nol geçirijisine birikdirilen *TA0* aralyk tok transformatoryň kömegi bilen $3I_0$ tok alynýar. I_2 we $3I_0$ toklar *VS1* we *VS2* göneldijilerde göneldilýär we jemlenilýär, işe goýberiji elementiň *KA* ýerine ýetiriji relesiniň *I* işçi sarymyna berilýär. Ýerine ýetiriji rele hökmünde iki sarymly polýarlaşan rele ulanylýar. Onuň *I* işçi we *T* tormozlaýjy sarymy bar. *T* tormozlaýjy sarymy bir fazanyň I_f göneldilen togundan iýmitlenýär we reläniň işlemegine garşy durýar. İşçi sarymyň togy reläniň işlemegine täsir edýär.

KA reläniň işleme togy (13.4-nji *b* çyzgy) tormozlaýjy toga $I_T = I_f$ baglydyr we $I_{r,ış} = I_n + k_T I_T$, k_T – tormozlaýjy koeffisiýent; I_n – tormozlanma ýok wagty, reläniň işleme togy. Gysga utgaşmada I_2 we I_0 toklar uludyr, şonuň üçin tormozlanmagyna garamazdan rele ygtybarly işlemelidir. *TA1*, *TA2* we *TA0* tok transformatorlarynyň sargylaryny üýtgetmek bilen K_T tormozlanma koeffisiýent we işe goýberiji elementiň duýgurlygy sazlanýlar. *C6* kondensator we *L2* drossel göneldilen toguň egrisini göneldýär. *C4* kondensator we *L1* drossel ýokary garmonikanyň toklaryny aýyrýar. Ýokary garmonikanyň toklary işe goýberiji elementiň işçi sarymynda deňsizlik toguny döretmegi müm-

kin. $TA1$ we $TA2$ tok transformatorlary I_2 we I_0 toklary $VS1$ we $VS2$ göneldijiler üçin howpsuz ululyga çenli peseldýär.

Gurluşyň logiki shemasy 13.4-nji çyzygyda görkezilendir. Ters yzygiderliligiň naprýaženiýesini we toguny duýýan gurluşlar üçin logiki shema birmeňzeşdir. Shemanyň düzümine: KA işe goýberiji gurluşyň komandasyna görä blokirlenen rele goragyny işden çykarýan we işe goýberýän $KL1$ aralyk rele, KT wagt relesi we $KL2$ aralyk relesi degişlidir.

Üçfazly gysga utgaşmada blokirleýji gurluşyň ygtybarly täsir etmegi üçin KA işe goýberiji element we $KL1$ aralyk rele çalt täsir etmelidir. Sebäbi zeper ýetmäniň başlangyç momentinde döreýän gysga wagtlaýyn simmetriksizligi duýup ýetişmelidir. Bu şerti ýerine ýetirmek maksady $KL1$ işe goýbermek üçin aýratyn shema ulanylýar. Ol shema işe goýberiji reläniň gysga wagtlaýyn işlemegini duýmak we rele goragynyň işlemegi üçin ony wagtynda hasaba almaga mümkinçilik berýär. Şonuň üçin başlangyç iş düzgününde $KL1$ reläniň sarymy $KA1$ we $KL1.2$ ýapyk kontaktlaryň üstünden üznüksiz iýmitlenýär (13.4-nji çyzygy). $KL1$ rele birikdirilgi, rele goragyny işe goýberýän $KL1.1$ kontakt açyk görnüşinde. $KL1.2$ kontakt ýapyk. KT wagt reläni işe goýberýän $KL1.3$ rele açyk ýagdaýyndadyr.

Gysga utgaşmada ters we nol yzygiderligiň düzüjileri döreýär; işe goýberiji rele işleýär, onuň $KA1$ kontakty $KL1$ sarymyň zynjyryny ýazdyrýar, $KL1.2$ kontakt açylýar we $KA1$ kontaktyň ýagdaýyna garaşsyzlykda $KL1$ rele toksuz ýagdaýynda saklanýar. $KL1$ sarymyň togy aýrylandan soň, $KL1.1$ kontakt birigýär we blokirleýji rele goragynyň öçüriji zynjyryny birikdirýär we onuň işlemegine rugsat berýär. $KL1.3$ kontakt KT wagt relesiniň sarymyna tok berýär. Onuň çalt birigýän $KT2$ kontakty birigýär we KT wagt relesiniň öz-özünü saklamagyny üpjün edýär. Onuň ikinji çalt täsir edýän $KT1$ açylýar, $KL2$ aralyk reläniň sarymynyň zynjyryny üzýär (13.4-nji çyzygy). Bu reläniň ýakory haýallyk bilen yzyna gaýdýar, $\Delta t=0,2\div0,3$ s wagtdan soň, $KL2.1$ kontakt birigýär we $KL1$ relä signal berýär. $KL1$ rele täzedan işleýär we rele goragyny işden çykarýar. Şeýlelikde, KA reläniň işlemegi bilen rele goragynyň gaýtadan täsir etmegi aradan aýrylýar, $KA1$ kontakt $KL2.1$ kontakt bilen şuntirlenýär.

$KT3$ wagt rele işländen soň, shema başlangyç ýagdaýa dolanyp gelýär, logiki shema gaýtadan täsir etmäge taýýar bolýar.

13.4-nji çyzgyda ýerine ýetirilen shema görä blokirowkanyň işe goýberijisiniň goýluş parametrlerini saýlamak. Tok we naprýaženiýe releleri simmetrik iş düzgüninde filtriň çykalgasynda döreýän deňsizlik togunyň we naprýaženiýesiniň maksimal ululygyna sazlanan bolmalydyr. Olar iki we birtazaly gysga utgaşmada ygýtbarly işlemelidir. Birinji şerte görä:

$$I_{2r.iş} = k_{ygt} I_{ds.f} \text{ ýa-da } U_{2r.iş} = k_{ygt} U_{ds.f},$$

bu ýerde $I_{ds.f}$ – çaykanmanyň togunyň maksimal ululygynda filtriň çykalgasynda deňsizlik togy; $U_{ds.f}$ – işçi naprýaženiýäniň maksimal ululygynda ZF2 filtriň çykalgasynda deňsizlik naprýaženiýesi.

Ikinji şerte görä:

$$I_{2r.iş} = \frac{I_{2min}}{K_{duy} K_{TA}}$$

ýa-da

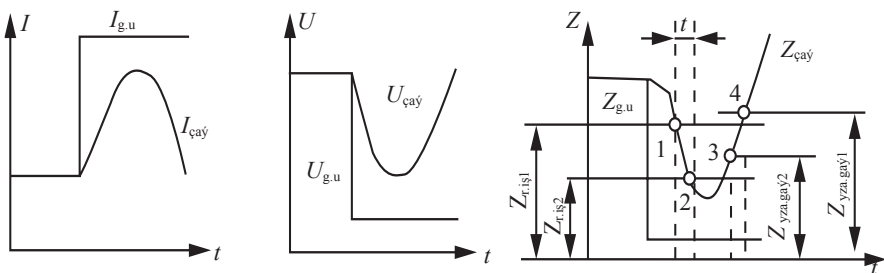
$$I_{2r.iş} = \frac{I_{2min}}{K_{duy} K_{TV}}$$

bu ýerde I_{2min} we U_{2min} – zolakda gysga utgaşmada ters yzygiderliligiň minimal togy we naprýaženiýesi; k_{duy} – duýgurlyk koeffisiýenti, 1,5-e deň.

Ters yzygiderliligiň relesiniň duýgurlygy ýeterlik bolmasa, $U_2 + kI_0$ ýa-da $I_2 + kI_0$ kombinirlenen işe goýbermek ulanylýar.

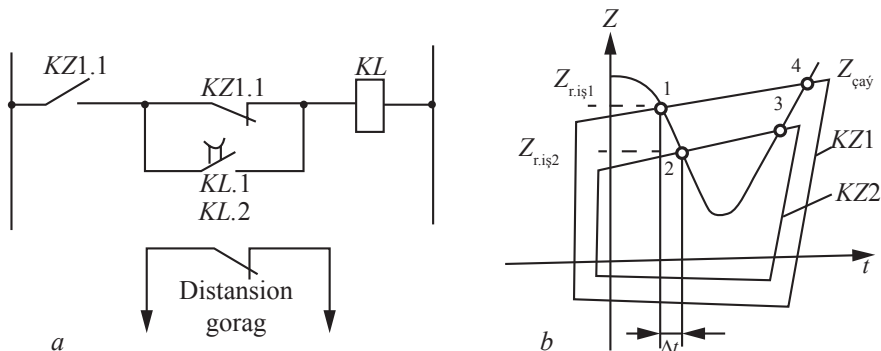
13.5. Energiýa ulgamynyň çaykanmasynda toguň, naprýaženiýäniň ýa-da garşylygyň üýtgeме tizligini duýýan blokirlýji gurluş

Gysga utgaşmada we çaykanmada elektrik ululyklarynyň üýtgeме tizligi dürlüdür. Gysga utgaşmada tok, naprýaženiýe we garşylyk kadaly ululykdan gysga utgaşma ululyga çenli çalt üýtgeýär (13.5-nji çyzgy).



13.5-nji çyzgy. Gysga utgaşmada we çaykanmada elektrik ululyklarynyň üýtgeме häsiýetleriniň deňşdirilişi

Çaýkanmada bu ululyklar haýal üýtgeýär. Bu tapawut blokirlmegiň esasy shemasynda ulanylýar (13.6-njy çyzgy).



13.6-njy çyzgy. Iki garşylyk releli blokirowkanyň shemasy we olaryň häsiýetnamalary

Blokirlýji gurluş iki sany garşylyk relelerinden ýa-da iki sany işe goýberiji tok relelerinden durýar.

13.6-njy a çyzgyda distansion goragy blokirlmek üçin niýetlenen elektromehaniki releler görkezilen. İşe goýberiji releler hökmünde KZ1 we KZ2 minimal garşylyk releleri ulanylýar. KZ1 reläniň işleme garşylygy maksimal ýükde işlemeli däl. Onuň işleme garşylygy $Z_{gor.iş.1} \leq \frac{Z_{iș.min}}{K_{saz} k_{yza} g_{ay}}$ aňlatma bilen hasaplanylýar. KZ2 reläniň işleme garşylygy KZ1 reläniň işleme garşylygynda kiçi bolmalydyr. Şol bir wagtda hem zolakda gysga utgaşmada ygtybarly täsir etmelidir. Goragy blokirlmek üçin shemada KL aralyk rele ulanylýar.

Çaýkanmada 1,2 işe goýberiji reläniň gyzgyçlarynda garşylyk endigan peselip başlaýar ($Z_{çay}=f(t)$ 13.6-njy b çyzgy). Ilki has duýgur KZ1 rele işleýär, soň Δt wagtdan soň KZ2 rele işleýär. KZ1 rele işläp KZ2 reläniň heniz ýapyk kontaktynyň KL aralyk reläniň sarymyny birikdirýär. KL aralyk işleýär, onuň KL2 ýokarky kontakty aýrylýar, goragyň operatiw zynjyryny ýazdyrýar we onuň täsirini blokirlýär. Onuň aşaky kontakty, KZ1 rele başlangyç ýagdaýyna dolanyp gelyänçä birikdirilgi saklanylýar ($Z_{çay}$ ýokarlanylýar başlaýar we onuň häsiýetnamasy 4 nokatdan geçýär).

Gysga utgaşmada KZ1 we KZ2 releler bir wagtda we çalt işleýär. KZ2 rele işlände goragy blokirlýän KL reläni işe giriziji zyn-

gyry ýazdyrýar. *KL* işläp ýetişmeýär we goraga täsir etmäge rugsat berýär.

Seredilýän shemada, generatoryň asinhron işlemeginde çäýkanmanyň $T_{\text{çäy}}$ kiçi peridy blokirlýji gurluş üçin iň agyr iş düzgünidir. Çäýkanmanyň peridy näçe kiçi bolsa, *KZ1* we *KZ2* işe goýberiji releleriň işlemeginiň aralygyndaky Δt wagt aralygy kiçidir. Eger Δt wagt *KL* reläniň täsir wagtyndan kiçi bolsa, ol işleýär we gorag blokirlenmeýär. Şonuň üçin blokirowkanyň täsiriniň ygtybarlylygyny ýokarlandyrmak üçin *KL* reläniň işlemegini tizleşdirmeli.

XIV BAP

TRANSFORMATORYŇ WE AWTOTRANSFORMATORYŇ GORAGY

14.1. Transformatoryň we awtotransformatoryň kadasyz iş düzgünleri we zeper ýetmeler

Zeper ýetmeleriň görnüşleri:

1. Transformatoryň içinde fazalaryň arasynda we sarymyň çykalgalarynda gysga utgaşma;
2. Bir fazanyň sargylarynyň arasynda gysga utgaşma;
3. *Sarymlaryň ýere gysga utgaşmasy*. Sarymlaryň çykalgalarynda we sargynyň arasynda gysga utgaşma ýygy gabat gelýär.

Kadasyz iş düzgünleri:

1. *Daşky gysga utgaşma*. Daşky gysga utgaşmanyň togy transformatoryň üstünden akýar we transformatoryň sarymyny gyzydyrýar. Şonuň üçin gorag minimal wagtda öçürilmeli.

Daşky gysga utgaşmadan gorag hökmünde maksimal tok goragy, minimal naprýaženiýe blokirowkaly maksimal tok goragy, nol yzygiderliligiň tok goragy we ters yzygiderliligiň goragy ulanylýar.

2. *Aşa ýüklenme*. Aşa ýüklenmede elektrik setiniň naprýaženiýesi peselýär we tok ýokarlanýar. Şonuň üçin aşýüklenmede gorag sarymyň izolýasiýasynyň gyzmagy bilen kesgitlenýär.

Ýagly transformatorlar nominal tokdan 5% aşýüklenmäge rugsat berilýär.

Iş düzgünindäki heläkçilik transformatorlaryna gysga wagtlaýyn aşa ýüklenmäge rugsat berilýän ululygy 14.1-nji tablisada görkezilendir.

14.1-nji tabilsa

Aşa ýüklenmäniň nominal bahadan ýokarlanma derejesi (essede)	1,3	1,6	1,75	2	3
Aşa ýüklenmäniň dowamlylygy, <i>min</i>	120	45	20	10	1,5

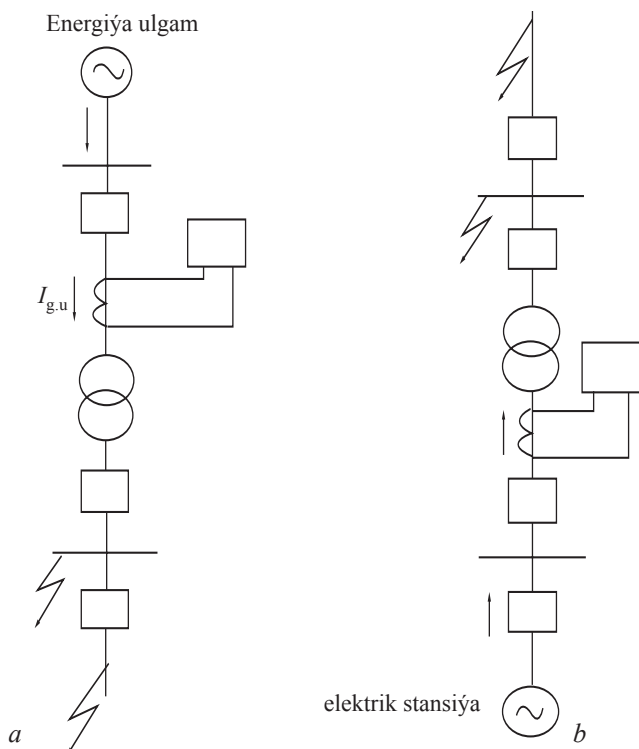
Elektrik hereketlendirijileriň işe goýberilmegi bilen ýüze çykýan gysga wagtlaýyn aşa ýüklenmede gorag işlemeli däl. Aşa ýüklenmeden gorag signala ýa-da öçürmäge buýruk berýär.

3. *Napryáženiýäniň ýokarlanmagy.* 500-750 kW napryáženiýe-li elektrik setlerinde napryáženiýäniň ýokarlanmagy transformatorlar üçin howply hasaplanýar. Napryáženiýäniň ýokarlanmagy uly sygymly uzyn liniýalar öçürilende ýa-da liniýanyň sygymynyň we şuntlaýjy rezistoryň induktiwliginiň rezonansynda ýüze çykýar.

Napryáženiýäniň ýokarlanmagy transformatoryň magnit geçirijisiniň magnit induksiýasyny ýokarlandyrýar. Netijede, magnitlenme we köwlenme toklar ulalýar. Bu toklar sarymyň izolýasiýasyna zeper ýetmegine we serdeçnigiň ýanmagyna getirýär.

14.2. Daşky gysga utgaşmada toguň aşa ýokarlanmagyndan gorag

a) Umumy düşünje. Daşky gysga utgaşmadan goraýan gorag transformatoryň zeper ýetmesinde hem goramak üçin ulanylýar. Ýöne goragyň saýlaýjylyk şertine görä daşky gysga utgaşmadan goraýan gorag wagt saklanmalydyr. Şonuň üçin hem transformatoryň zeper ýetmesinden esasy gorag hökmünde bu gorag kiçi kuwwatly transformatorlarda ulanylýar. Ulanyjylary iýmitlendirýän peseldiji transformatorlarda maksimal tok gorag ulanylýar. Daşky gysga utgaşmada bu transformatorlardan energiýa ulgamynyň ähli generatorlarynyň gysga utgaşma toklary akýar (14.1-nji a çyzgy). Şonuň üçin gysga utgaşma togunyň ululygy ýokarydyr we maksimal tok goragynyň täsir etmegi üçin ýeterlikdir.



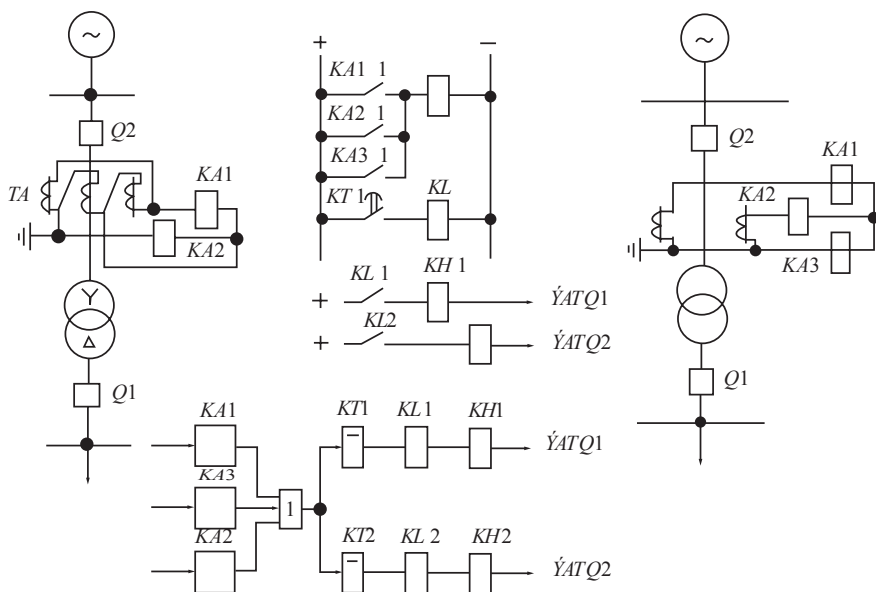
14.1-nji çyzgy. Transformatoryň aşa tokdan goragynyň ýerleşiş shemasy

Ýokarlandyryjy transformator elektrik stansiýalarynda ýerleşdirilýär. Bu transformatorda maksimal tok goragy ulanmak mümkin däl. Sebäbi bu goragyň duýgurlygy ýeterlik däl:

$$K_{duý} = \frac{I_{g.u \min}}{I_{gor.iş}}. \quad (14.1)$$

Ýokarlandyryjy transformatorda gysga utgaşmanyň toguny generatoryň togy bilen deňeşdireniňde tapawutlanmaýar (14.1-nji b çyzgy). Şonuň üçin ýokarlandyryjy transformatorlarda has duýgur goraglar ulanylýar.

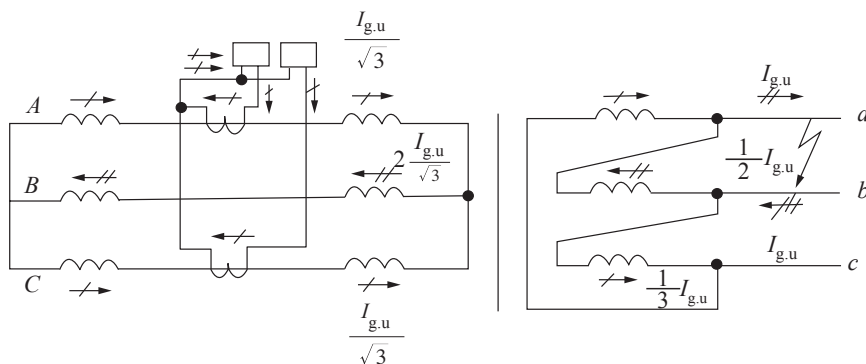
b) Transformatoryň maksimal tok goragy. Birtaraplaýyn iýmitlenýän elektrik setlerinde transformatoryň goragy hökmünde maksimal tok goragy ulanylýar. Gorag iýmitlendiriji çeşme tarapynda goýulýar (14.2-nji çyzgy). Ygtybarlylyk talaplaryna görä transformatoryň iki tarapyndaky ölçürijiler ölçülýär.



14.2-nji çyzgy. Iki sarymly peseldiji transformatoryň maksimal tok goragy:

a – üç tok transformatorly tok zynjyrynyň shemasy; b – operativ zynjyryň prinsipial shemasy; ç – struktura shemasy; d – iki tok transformatorly tok zynjyrynyň shemasy

Bu shemanyň duýgurlygy transformatoryň ýyldyz-üçburçluk birikmesinde pesdir. Eger gorag ýyldyz birikmäniň *A* we *C* fazalarynda ýerleşdirilen bolsa, üçburçluk tarapynda gysga utgaşmada rele goragyndan gysga utgaşma togunyň ýarysy akýar (14.3-nji çyzgy).



14.3-nji çyzgy. Sarymlary Y/Δ birikmeli transformatoryň pes naprýaženiýeli tarapynda ikifazaly gysga utgaşmada sarymlarda toklaryň paýlanyşy

Goragyň duýgurlygyny ýokarlandyrmak üçin üçünji rele tok transformatorynyň umumy geçirijisine birikdirilýär. Bu ýagdaýda zeper ýeten fazalaryň toklarynyň jemi releden akýar:

$$I_{\text{um.geç}} = I_A + I_C = 2 \frac{I_{\text{g.u}}}{\sqrt{3}}. \quad (14.2)$$

Maksimal tok goragynyň işleme togy, aşa ýüklenmede transformatory çalt öçürmezlik şerti bilen saýlanylýar. Ähli maksimal tok goragynyň reläniň yza gaýdyş şertine görä işleme togy saýlanylýar:

$$I_{\text{gor.iş}} = \frac{K_{\text{ygt}} \cdot K_{\text{ätiyaç}}}{K_{\text{yza gaý.}}} \cdot I_{\text{işçi maks.}} \quad (14.3)$$

Duýgurlyk koeffisiýenti:

$$K_{\text{duý}} = \frac{I_{\text{g.umin}}}{I_{\text{gor.iş}}} \cdot I_{\text{işçi maks.}} \quad (14.4)$$

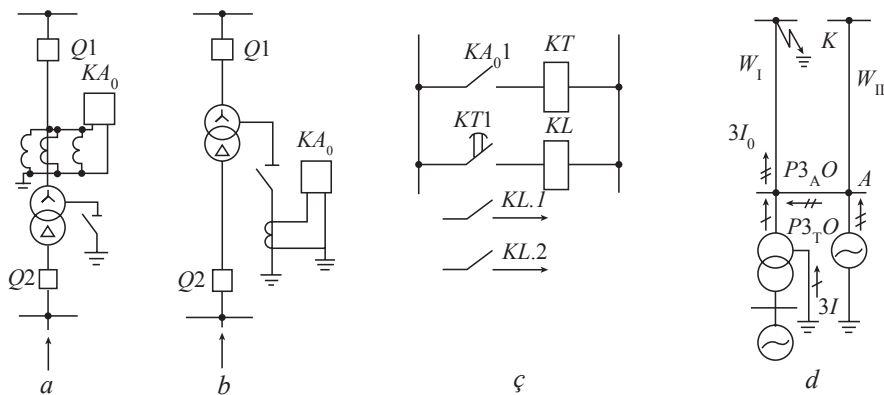
$K_{\text{duý}} = 1,3$ uly bolmalydyr.

Wagt saklanmaly saýlaýjylyk şertine görä saýlanylýar:

$$t_{\text{gor}} = t_1 + \Delta t. \quad (14.5)$$

14.3. Ters yzygiderliligiň tok goragy

Transformatordaky gysga utgaşmada we daşky simmetrik däl gysga utgaşmada ters yzygiderliligiň toguny gorag hasaba alýar.



14.4-nji çyzygy. Ýokarlandyryjy transformatoryň ters yzygiderliliginiň tok goragy

Gorag ýokarlandyryjy transformatorlarda (şeýle hem awtotransformatorlarda) ulanylýar hem-de ýokary we orta naprýaženiýeli sarymlar tarapynda gurnalýar. Eger sarymlar ýyldyz shema boýunça ýerine ýetirilen bolsa, neýtraly ýere gönümel birikdirilen görnüşde işleýär. Goragyň iki görnüşde ýerine ýetirilişi 14.4-nji *a* we *b* çyzgylarda görkezilendir. Iki ýagdaýda hem KA_0 tok relesi nol yzygiderliliginiň $3I_0$ toguna birikdirilen. 14.4-nji *a* çyzgydaky shemada $3I_0$ tok nol yzygiderliliginiň filtriniň üstünden geçýär. 14.4-nji *b* çyzgydaky shemada transformatoryň neýtraly bilen ýeri birikdiriji geçirijä birikdirilen *TA* tok transformatorlaryndan iýmitlenýärler. 14.4-nji *b* çyzgydaky shema ulanylýar. Bu shema wagt relesi hem birikdirilýär (14.4-nji *ç* çyzgy). 14.4-nji *b* çyzgyda görkezilen shemada goragyň işleme togy iki şert boýunça saýlanylýar:

1. Transformatoryň goragynyň saýlaýjylygyny üpjün etmek üçin elektrik stansiýanyň *A* şinasyndan çykýan liniýanyň nol yzygiderliliginiň goragynyň duýgurlygy bilen ylalaşmalydyr (14.4-nji *d* çyzgy).

2. *A* şinadan çykýan in uzyn liniýanyň ahyryndaky birfazaly we ikifazaly gysga utgaşmada gorag ygtybarly işlemelidir.

Birinji şerte görä: $I_{\text{gor.iş.tr}} = K_{\text{ygt}} 3I_{0\text{has}}$.

Bu ýerde, $I_{0\text{has}}$ – birfazaly we ikifazaly gysga utgaşmada transformatorlarda nol yzygiderliliginiň togy.

Ikinji şert boýunça liniýanyň ahyrynda ýere gysga utgaşmada (14.4-nji *d* çyzgyda *K nokat*) transformatoryň neýtralyndan geçýän $3I_{0T.\text{min}}$ toguň minimal ululygyndan $I_{\text{gor.iş.tr}}$ togy kiçi bolmalydyr. Elektrik gurnawlaryň gurluş düzgünlerine görä liniýanyň ahyrynda duýgurlyk koeffisiýent:

$$K_{\text{duý}} = \frac{3I_{0T.\text{min}}}{I_{\text{gor.iş.T}}} \geq 1,2. \quad (14.6)$$

14.4. Aşa ýüklenmeden gorag

Transformatoryň aşýüklenmeden goragy 14.2-nji çyzgy boýunça ýerine ýetirilýär (üç basgançakdan durýar). Goragyň işleme togy, transformatoryň nominal togunda tok relesiniň yza gaýdyş şerti boýunça saýlanylýar:

$$I_{\text{gor.iş}} = \frac{K_{\text{ygt}}}{K_{\text{yza gay.}}} I_{\text{nom}}, \quad (14.7)$$

bu ýerde $K_{\text{ygt}}=1,05$.

Aşa ýüklenmäniň goragynyň täsir wagty transformatoryň maksimal tok goragynyň wagtyndan uly saýlanylýar:

$$t_{\text{aşa ýük}} = t_{\text{MTG}} + \Delta t. \quad (14.8)$$

Nobatçy işgärsiz podstantsiyalarda aş aýüklenmeden gorag üç basgançakda ýerine ýetirilýär. Birinji basgançak kiçi aş aýüklenmede işleýär we telemehanikanyň kömegi bilen nobatçy punkta signal berýär: $t_1 = t_{\text{MTC}} + \Delta t$.

Ikinji basgançak uly aş aýüklenmede, çalt ýüksüzlendirmek zerur bolanda işleýär. Bu basgançak ulanyjylaryň bellibir bölegini öçürrip, transformatory ýüksüzlendirýär. Ikinji basgançagyň wagt saklanmasy $t_2 \leq t_{\text{rug.ber}}$, bu ýerde, $t_{\text{rug.ber}}$ aş aýüklenmäge rugsat berilýän wagt, bu transformatoryň aş aýüklenme häsiýetnamasyndan alynýar. Üçünji basgançak – ätiýaçlyk basgançak, ýagny haýsydyr bir sebäp bilen ikinji basgançak transformatory ýüksüzlendirip bilmeşe, ol transformatory öçürmäge täsir edýär.

14.5. Tokdan bölüp aýyrýan gorag

Tokdan bölüp aýyrýan gorag zeper ýetmede tiz täsir ediji ýönekeý gorag. Tokdan bölüp aýyrýan gorag zeper ýetmäniň uly togunda işleýär we transformatoryň diňe käbir böleklerini öz içine alýar.

Sargylaryň arasyndaky gysga utgaşmada we sarymyň ýere gysga utgaşmasynda tokdan bölüp aýyrýan gorag täsir etmeýär. Ol fazaara gysga utgaşmada we birfazaly gysga utgaşmada täsir edýär.

Tokdan bölüp aýyrýan gorag transformatorynyň ýymitlendiriji çeşme tarapynda (14.5-nji çyzgy), transformatorlaryň neýtralý ýere birikdirilen bolsa iki fazada goýulýar.

Tokdan bölüp aýyrýan goragyň işleme togy:

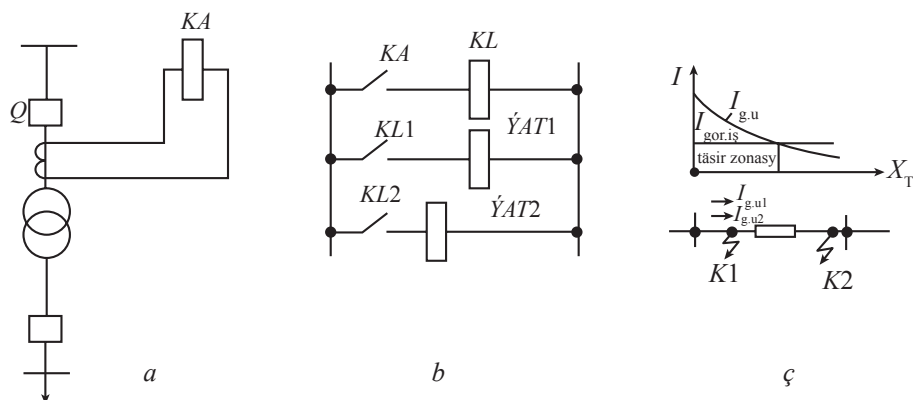
$$I_{\text{gor.iş}} = K_{\text{ätiyaç}} \cdot I_{\text{k2 maks}}. \quad (14.9)$$

$K_{\text{ätiyaç}}$ – ätiýaçlyk koeffisiýenti, ol 1,25–1,5-e deň.

Olardan başga-da tokdan bölüp aýyrýan goragyň işleme togy, naprýaženiýe astynda transformator birikdirilende döreyän magnitlendiriji toguň böküş bahasyndan uly bolmalydyr:

$$I_{\text{gor.iş}} > I_{\text{mag}} \quad (14.10)$$

Bu şerti ýerine ýetirmek üçin goragyň işleme togy transformatoryň nominal togundan 3-5 esse ýokary saýlanylmalydyr.



14.5-nji çyzygy. Tokdan bölüp aýyryýan gorag:

*a – täsir ediş düzgüni; b – operativ zynjyryň shemasy;
ç – goragyň birçyzykly shemasy*

Tokdan bölüp aýyryýan goragyň täsir zolagyna goragyň ýerleşdirilen tarapyndaky şinalar, çykalgalar we transformatoryň sarymynyň bir bölegi ýerleşdirilen. Bu zolagyň çäginde zeper ýetmede gorag wagt saklanmasyz işleýär. Tokdan bölüp aýyryýan gorag transformatoryň içindäki gysga utgaşmada niýetlenendigi sebäpli, transformatoryň iýmitlendiriji çeşme bar taraplaryny öçürmelidir.

Tokdan bölüp aýyryýan goragyň iň uly artykmaçlygy onuň ýönekeýligi we çalt täsirliligidir. Maksimal tok goragy we gaz goragy bilen bu goragy utgaşykly işletmek kiçi we orta kuwwatly transformatorlar üçin örän oňat goragy ýerine ýetirýärler.

14.6. Differensial gorag

a) Differensial goragyň täsir ediş düzgüni we niýetlenişi.

Transformatory fazalaryň arasyndaky gysga utgaşmadan, ýere gysga utgaşmadan, bir fazanyň sargylarynyň gysga utgaşmasyndan goramak üçin differensial gorag ulanylýar (14.6-njy çyzygy). Bu goragyň täsir ediş düzgünine görä transformatoryň iki tarapynda hem tok transformatorlary ýerleşdirilýär. Ýüküň togunda we daşky gysga

utgaşmada releden tok transformatorlarynyň 2-nji sarymlaryndaky toklarynyň tapawudy akar ýaly, olaryň 2-nji sarymlary birikdirilýär (14.6-njy a çyzgy). Ýagny,

$$I_r = I_{II} - I_{III} = 0 \quad (14.11)$$

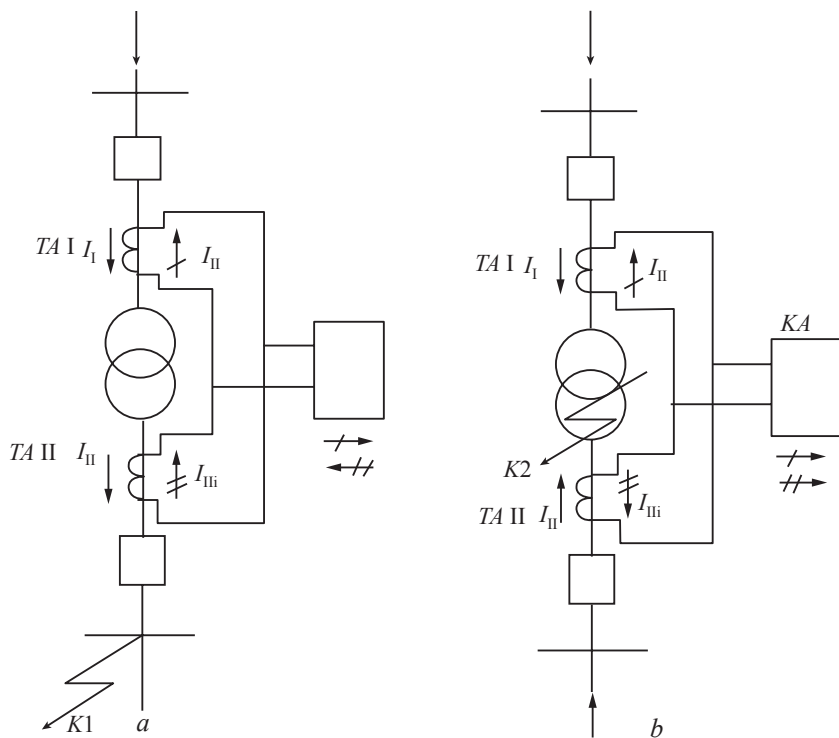
ýa-da $I_{II} = I_{III}$. Haçanda goragyň zolagynda gysga utgaşmada (14.6-njy b çyzgy) releda tok transformatorynyň ikinji sarymlarynyň toklary goşulýar.

$$I_r = I_{II} + I_{III} \quad (14.12)$$

Eger $I_r > I_{i.s.}$ bolsa, onda gorag transformatory öçürmäge täsir edýär.

b) Transformatoryň differensial goragyň aýratynlygy. Li-niýada we generatora differensial goragyň 1-nji sarymynyň toklary goralýan uçastogyň başynda we ahyrynda birmeňzeşdir. Şonuň üçin tok transformatorlarynyň transformasiýa koeffisiýentleri deň alynýar.

Transformatoryň dürli sarymlarynyň toklary, ululyklary boýunça deň däldir we fazalar boýunça gabat gelmeýärler.



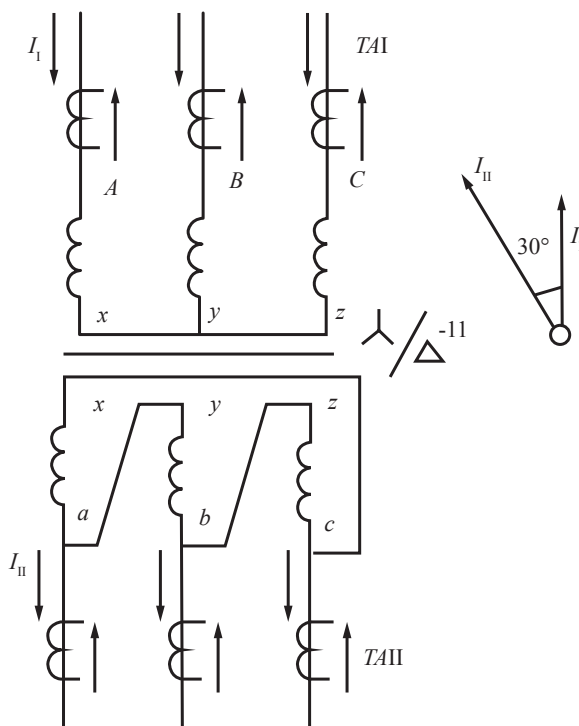
14.6-njy çyzgy. Transformatoryň differensial goragyň täsiri:

a – daşky gysga utgaşmada; b – transformatora gysga utgaşmada

Daşky gysga utgaşmada we ýükde transformatoryň pes naprýaženiýeli tarapynyň I_{II} togy ýokary naprýaženiýeli tarapynyň I_I togundan uludyr. Bu toklaryň gatnaşygy güýç transformatorynyň transformasiýa koeffisiýenti bilen kesgitlenýär.

Sarymlary ýyldyz-üçburçluk görnüşinde birikdirilen transformatoryň I_I we I_{II} toklary diňe bir ululyklary boýunça däl, eýsem fazalar boýunça hem gabat gelmeýärler.

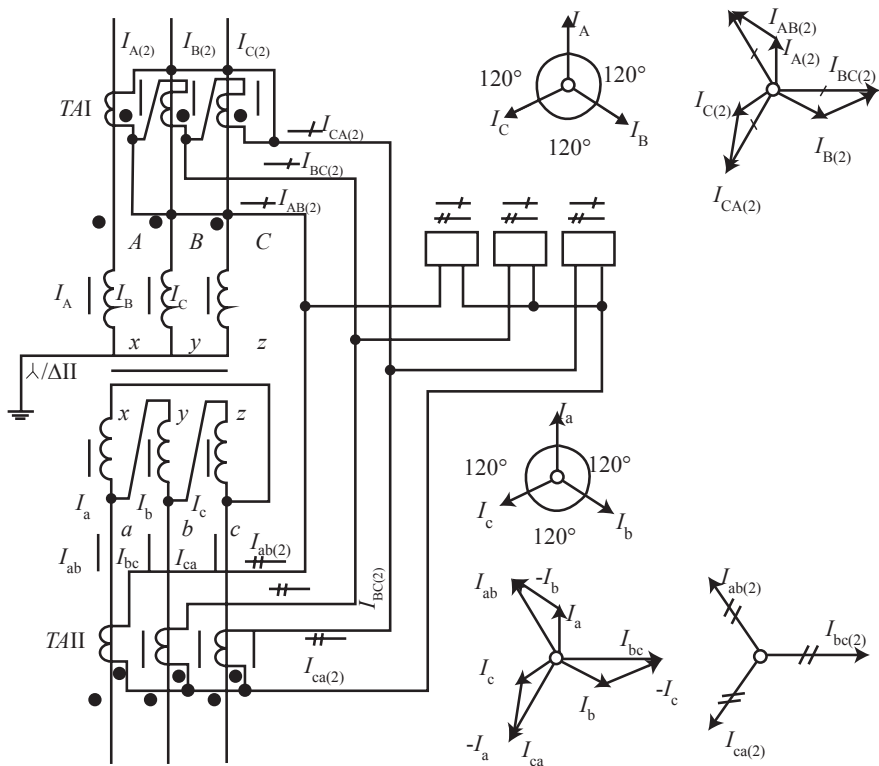
Fazalaryň süýşme burçy, transformatoryň sarymlarynyň birikme toparyna baglydyr. I_I birikme toparynda, üçburçluk birikmäniň çyzykly togy ýyldyz birikmäniň çyzykly togundan 30° öňe gidýär (14.7-nji çyzygy). Transformatoryň ýyldyz-ýyldyz görnüşde birikdirilen sarymlarynyň I_I we I_{II} toklary fazalary boýunça gabat gelýärler ýa-da 180° tapawutlydyrlar. Şeýlelikde, saýlaýjylyk şertini ýerine ýetirmek üçin ikinji sarymyň $I_{II} = \frac{I_I}{K_{TAI}}$ we toklaryny deňlemek üçin ýörite çäreler ulanylýar.



14.7-nji çyzygy. Sarymlary γ/Δ birikmede birinji we ikinji toklaryň wektor diagrammalary

Fazalara görä toklaryň süýşmesini kompensirlemek üçin güýç transformatorlarynyň ýyldyz birikmeli tarapynda goýlan tok transformatorynyň ikinji sarymlary üçburçluk görnüşinde birikdirilýär. Ol güýç transformatorynyň üçburçluk birikmesine takyk gabat gelmelidir (14.8-nji çyzgy).

Güýç transformatorynyň üçburçluk birikmeli tarapynda tok transformatorynyň ikinji sarymlary ýyldyz görnüşinde ýerine ýetirilýär (14.8-nji çyzgy).

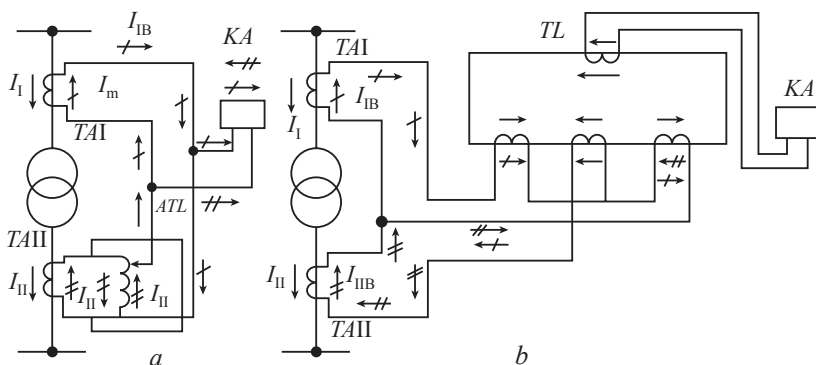


14.8-nji çyzgy. Differensial goragyň shemasynnda toklaryň paýlanyşy we wektor diagrammalary

14.8-nji çyzgyda ýükde we daşky gysga utgaşmada goragyň shemasynnyň toklarynyň wektor diagrammalary görkezilendir. Güýç transformatorynyň we tok transformatorlarynyň 1-nji we 2-nji sarymlarynyň toklarynyň wektorlarynyň fazalar boýunça gabat gelşi diagrammada görkezilendir.

Diagrammadan görnüşi ýaly tok transformatorynyň üçburçluk birikme tarapyndaky çyzykly toklar $I_{AB(2)}$, $I_{BC(2)}$, $I_{CA(2)}$ tok transformatorynyň birinji we ikinji sarymlaryndaky faza toklaryna görä 30° burç boýunça öňe süýşýär. Güýç transformatoryň üçburçluk tarapyndaky tok transformatorlar ikinji sarymlaryndaky toklar $I_{ab(2)}$, $I_{bc(2)}$, $I_{ca(2)}$ öz birinji sarymdaky toklara fazalary boýunça gabat gelýärler. Şonuň üçin bu toklar güýç transformatorynyň ýyldyz birikme tarapyňyň birinji sarymynyň toklaryndan 30° burç boýunça öňe süýşýär. Şonuň netijesinde relä barýan toklar fazalary boýunça gabat gelýärler.

Güýç transformatorynyň 1-nji toklaryny deňlemek üçin tok transformatorlaryň transformasiýa koeffisiýentlerini saýlamalydyr. Bu maksat üçin deňleşdiriji awtotransformatorlar ýa-da transformatorlar ulanylýar (14.9-njy çyzgy).



14.9-njy çyzgy. Differensial goragyň shemasynda ikinji toklaryň deňleşdirilişi:

a – TL aralyk awtotransformatoryň kömegi bilen;

b – TL aralyk transformatoryň kömegi bilen

Ýükde we daşky gysga utgaşmada goragyň eginlerindäki ikinji toklar deň bolar ýaly tok transformatorlarynyň transformasiýa koeffisiýentleri K_{TAI} we K_{TAII} saýlanylýar.

Güýç transformatorynyň sarymynyň ýyldyz-ýyldyz görnüşde birikmesinde

$$\frac{I_I}{K_{TAI}} = \frac{I_{II}}{K_{TAII}} \quad (14.13)$$

goragyň eginlerindäki toklaryň deňligini üpjün etmek üçin goragyň tok transformatorlarynyň transformasiýa koeffisiýentleri 14.14-nji şerti ýerine ýetirmelidir:

$$\frac{K_{\text{TATII}}}{K_{\text{TAI}}} = \frac{I_{\text{II}}}{I_{\text{I}}} = K, \quad (14.14)$$

bu ýerde K – güýç transformatorynyň transformasiýa koeffisiýenti.

Güýç transformatorynyň sarymynyň ýyldyz-üçburçluk görnüşde birikme shemasynda, üçburçluk görnüşinde birikdirilen tok transformatorlaryndan iýmitlenýän egindäki tok $\frac{I_{\text{II}}}{k_{\text{TAI}}} \sqrt{3}$, ýyldyz görnüşinde birikdirilen tok transformatoryndan iýmitlenýän egindäki tok $\frac{I_{\text{II}}}{k_{\text{TATII}}}$. Bu toklary hasaba alsak $\frac{I_{\text{I}}}{k_{\text{TAI}}} \sqrt{3} = \frac{I_{\text{II}}}{k_{\text{TATII}}}$.

Bu ýerden:

$$\frac{K_{\text{TATII}}}{K_{\text{TAI}}} = \frac{I_{\text{II}}}{I_{\text{I}} \sqrt{3}} = \frac{N}{\sqrt{3}}. \quad (14.15)$$

(14.14) we (14.15) deňlemeleri ulanyp, goragyň eginlerindäki toklaryň deňligini üpjün edýän transformasiýa koeffisiýentlerini tapyp bolýar. Tapylan transformasiýa koeffisiýenti standart ululyga gabat gelmeýär. Şonuň üçin hasaplama golaý gelýän transformasiýa koeffisiýenti alynýar. Galan deňsizligi kompensirlemek üçin awtotransformator ýa-da transformatorlar ulanylýar.

1-nji ýagdaý. Goragyň bir egininde awtotransformator ulanylýar (14.9-njy a çyzgy). Goragyň eginlerindäki toklary deňlemek üçin awtotransformatoryň ikinji sarymyndaky I_{IIATL} tok goragyň garşysyndaky egindäki I_{II} toga deň bolar ýaly awtotransformatoryň transformasiýa koeffisiýenti saýlanylýar:

$$I_{\text{IIATL}} = \frac{I_{\text{III}}}{K_{\text{ATL}}} = I_{\text{II}},$$

onda

$$K_{\text{ATL}} = \frac{I_{\text{III}}}{I_{\text{IIATL}}} = \frac{I_{\text{III}}}{I_{\text{II}}}. \quad (14.16)$$

2-nji ýagdaý. Kompensirleýji transformator TL ulanylýar (14.9-njy b çyzgy). TL transformator üç sany birinji sarymdan durýar. $\omega_{\text{deň1}}$ we $\omega_{\text{deň2}}$ deňleşdiriji sarymlardyr. Bu sarymlar goragyň eginlerine birikdirilýär. ω_{D} – differensial sarym $I_{\text{il}} - I_{\text{III}}$ toklaryň tapawudy görnüşinde differensial shema görä birikdirilýär. ω_2 ikinji sarym KA differensial reläni iýmitlendirýär.

Üç sarymyň toklarynyň jemi nola deň bolar ýaly deňleşdiriji sarymyň sargy sany saýlanylýar:

$$I_{II}\omega_{deñI}-I_{III}\omega_{deñII}+(I_{II}-I_{III})\omega_D=0, \quad (14.17)$$

bu şert ýerine ýetirilende TL magnit geçirijide jemleýji magnitlendi-riji güýçler we magnit akym ýok, şonuň üçin differensial releda tok nola deň $I_r=0$.

Seredilýän shemada eginlerdäki toklaryň deňsizligi magnit usuly bilen kompensirlenýär.

14.7. Transformatoryň we awtotransformatoryň differensial goragynyň deňsizlik toklary

a) Deňsizlik togunyň düzüjileri. Daşky gysga utgaşmada we ýükde relä barýan ikinji toklaryň doly deňligini alyp bolmaýar. Ikinji toklaryň deňsizligi sebäpli releda deňsizlik togy döreýär:

$$I_{d.s}=I_{II}-I_{III}, \quad (14.18)$$

Bu deňsizlik tok goragynyň nädogry işlemegine getirip biler. Ikinji toklary deňsizligi:

1. Tok transformatorynyň ýalňyşlygy;
2. Güýç transformatorynyň naprýaženiýesi saýlananda transfor-masiýa koeffisiýentiniň üýtgemegi esasynda;
3. Goragyň eginlerindäki ikinji toklaryň doly däl kompensasiýa-sy esasynda;
4. Güýç transformatorynyň magnitlenme togunyň barlygyna gö-rä ýüze çykýar.

Bu sebäplerin her biri öz I_{ds} düzüjisini döredýär. Bu düzüjilere we olaryň ululyklaryny bahalandyrylyşynyň usulyna seredeliň.

1. Tok transformatorynyň ýalňyşlygy:

$$I_r = I_{II} - I_{III} = \left(\frac{I_I}{K_{TAI}} - I_{Imag} \right) - \left(\frac{I_{II}}{K_{TAII}} - I_{IIImag} \right). \quad (14.19)$$

Birinji sarymyň toklarynyň deňsizligini ululyklary we fazalary boýunça doly kompensirlenen diýlip hasap etsek, onda $\frac{I_I}{K_{TAI}} = \frac{I_{II}}{K_{TAII}}$.

Bu deňligi hasaba alyp, 14.19-njy aňlatmadan releda döreýän deňsiz-lik toguny kesgitläp bolýar:

$$I_{ds}=I_{Imag}-I_{IIImag}. \quad (14.20)$$

14.20-nji aňlatmadan görnüşi ýaly differensial we başga gorag-larda ýüze çykýan deňsizlik toklary tok transformatorynyň ýalňyşlygy bilen şertlenen. Bu toklar goragyň tok transformatorlarynyň magnit-

lenme toklarynyň tapawudyna deň. Deňsizlik toklarynyň bu düzüjisi ululygy boýunça uludyr we esasydyr.

2. Güýç transformatorynyň naprýaženiýesi saýlananda transformasiýa koeffisiýentiniň üýtgemegi;

Güýç transformatorynyň transformasiýa koeffisiýenti sazlananda – $I_{ds.saz}$ deňsizlik togunyň düzüjisi ýüze çykýar. Bu toguň döremegini differensial rele duýýar. Şonuň üçin hem kompensirleýji transformatoryň ýa-da kömekçi transformatoryň kömegi bilen deňsizlik togy sazlanýlar. Kompensirleýji gurluşlaryň parametrleri ($w_{deň}$ we K_a) – güýç transformatorynyň transformasiýa koeffisiýentiniň orta bahasy üçin alynýar:

$$I_{ds.saz} = \frac{\Delta K \%_I}{100} I_{gön.geç'}$$

bu ýerde $I_{gön.geç}$ – transformatoryň üstünden geçýän gysga utgaşmanyň gönümel togy.

Adatça, güýç transformatorynda we awtotransformatorda nominal bahasyndan $\pm 5\%$ çäkke üýtgetmäge mümkinçilik berýän şahalar ulanylýar. Ýüküň astynda sazlaýan transformatorlarda

$$\Delta K = \pm 10 \div 15\%.$$

3. Eginlerdäki toklary kompensirleýji gurluş takyk sazlanmadyk ýagdaýynda deňsizlik togy ýüze çykýar. Bu deňsizlik togy kompensirleýji gurluşyň mümkinçiligi doly kompensirlemäge ýetmedik ýagdaýynda ýüze çykýar.

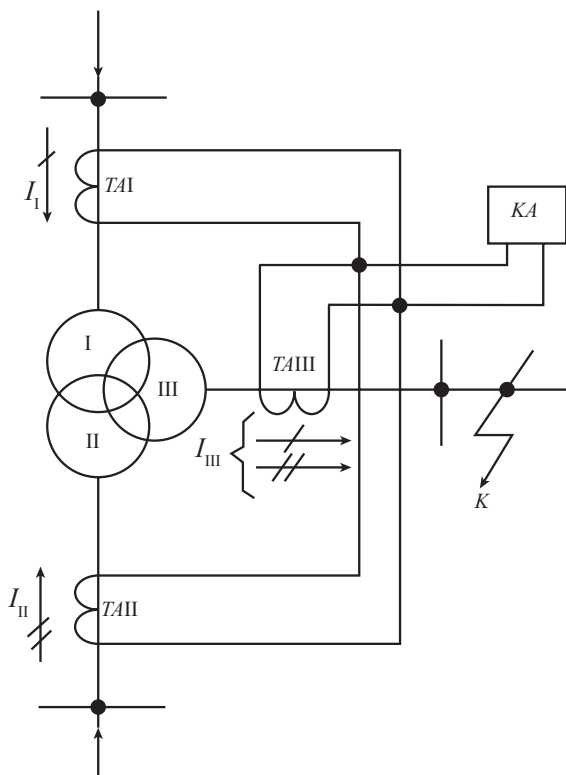
4. Güýç transformatorynyň magnitlenme togunyň barlygy bilen şertlenen deňsizlik togy. Güýç transformatorynyň kadaly iş düzgüninde I_{mag} magnitlenme togy nominal toguň 1–5%-den geçmeýär. Gysga utgaşmada magnitlenme togy kiçelýär. Naprýaženiýäniň duýdansyz ýokarlanmagy bilen baglanyşykly durnuksyz iş düzgüninde magnitlenme togy hem duýdansyz ýokarlanýar. Gysga utgaşmada we kadaly ýükde magnitlenme togunyň kiçidigi sebäpli ol hasaba alynmaýar.

b) Transformatoryň we awtotransformatoryň differensial rele goragynda I_{ds} deňsizlik togunyň ululygynyň ýokarlanmagynyň sebäpleri. Transformatoryň we awtotransformatoryň differensial rele goragynda deňsizlik toklary generatoryň we liniýanyň deňsizlik togundan uludyr. Deňsizlik togunyň uly bolmagy onuň goşmaça düzüjileriniň bardygyny we tok transformatorynyň ýalňyşlygy bilen ýüze çykýan deňsizlik togunyň ýokary ululygy bilen esaslandyrylýar. Tok transformatorynyň ýalňyşlygy bilen ýüze çykýan deňsizlik togunyň üç aýratynlygy bar.

Birinjiden, güýç transformatorynyň dürli taraplarynda ulanylan tok transformatorlarynyň dürli gurluş aýratynlyklary bardyr. Bu gurluş aýratynlyklary tok transformatorynyň dürli häsiýetnamalaryny emele getirýär we olaryň magnitlenme toklarynyň tapawudynyň ýokarlanmagyna getirýär.

Ikinjiden, tok transformatorlarynyň ikinji sarymyna birikdirilen ýükleriň uly bolmagy we eginlerdäki garşylyklaryň tapawutly bolmagydyr.

Üçsarymly ýa-da haýsydyr bir naprýaženiýeli tarapy ikisarymly transformatorda *üçünji aýratynlyk* ýüze çykýar. Bu ýagdaýda daşky gysga utgaşmada tok transformatorlarynyň dürli toparlary üçin gysga utgaşmanyň toklary birmeňzeş bölünmeýär. Tok transformatorynyň bir toparynyň (*T_{AI}*) üstünden gysga utgaşma togunyň hemmesi, beýleki iki toparyň (*T_{AI}* we *T_{AI}*) üstünden gysga utgaşma togunyň bellibir bölegi akýar (*14.10-njy çyzgy*).



14.10-njy çyzgy. Daşky gysga utgaşmada üçsarymly transformatoryň iş şertleri

TAIII tok transformatorlarynyň magnitlenme togy beýleki iki toparýňka garanyňda ýokarydyr.

ç) Deňsizlik togunyň hasaplanylyşy. Iň uly deňsizlik togy I'_{ds} hasaplananda, tok transformatorlarynyň magnitlenme toklarynyň tapawudy bilen kesgitlenilýär:

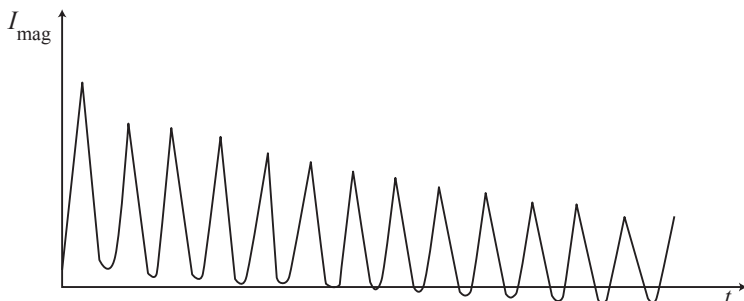
$$I'_{ds} = I_{II\text{mag}} - I_{I\text{mag}}.$$

I'_{ds} deňsizlik togunyň iň uly ululygyny hasaplamak üçin, tok transformatorynyň bir topary, mysal üçin, *TAII* iň uly rugsat berilýän ýalňyşlykda $\epsilon_{II} = I_{II\text{mag}} = 10\%$ -de işleýär, ikinji topary üçin $I_{I\text{mag}} = 0$ ýagny tok transformatory ýalňyşsyz işleýär diýlip hasar edilýär. Bu ýagdaýda magnitlenme toklarynyň tapawudy maksimum baha deňdir. Şoňa baglylykda, $I_{dsTA} = k_a k_{\text{bir.tip}} \cdot 0,1 I_{g.u.\text{maks}}$

bu ýerde $k_{\text{bir.tip}} = 0,5 \div 1$ – tok transformatorynyň ýalňyşlygynyň tapawudyny hasaba alýar (tok transformatorlarynyň ýalňyşlygynyň tapawudynyň iň uly bahasynda 1-e, ýalňyşlygyň tapawudy ýok bolsa, 0,5-e deň diýlip kabul edilýär); k_a – gysga utgaşma geçiş iş düzgüninde ýalňyşlygyň ýokarlanmagyny hasaba alýan koeffisiýent, 1–2-ä deň diýlip kabul edilýär.

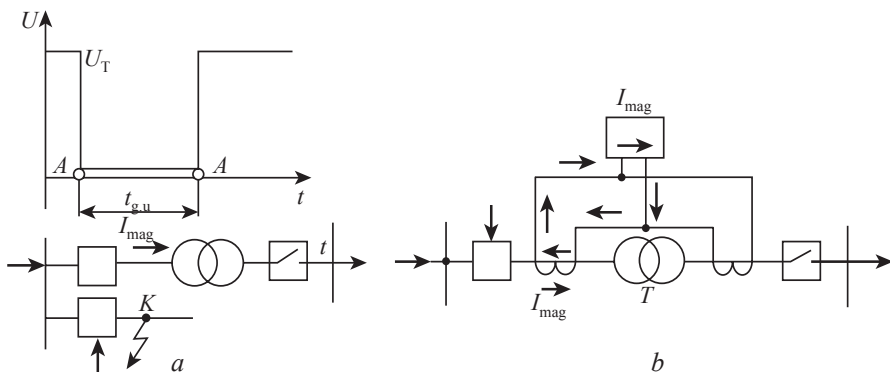
14.8. Transformatorlar we awtotransformatorlar naprýaženiýe astynda birikdirilende, olaryň magnitlenme toklary

Magnitlenme toklarynyň üýtgame häsiýeti. Güýç transformatorlary naprýaženiýe astynda birikdirilende ýa-da daşky gysga utgaşma öçürilenden soň naprýaženiýe dikelende magnitlenme togy böküş arkaly üýtgeýär. Bu toguň haýallyk bilen sönme häsiýeti bar (14.11-nji çyzgy).



14.11-nji çyzgy. Magnitlenme togunyň wagta görä üýtgame häsiýetnamasy

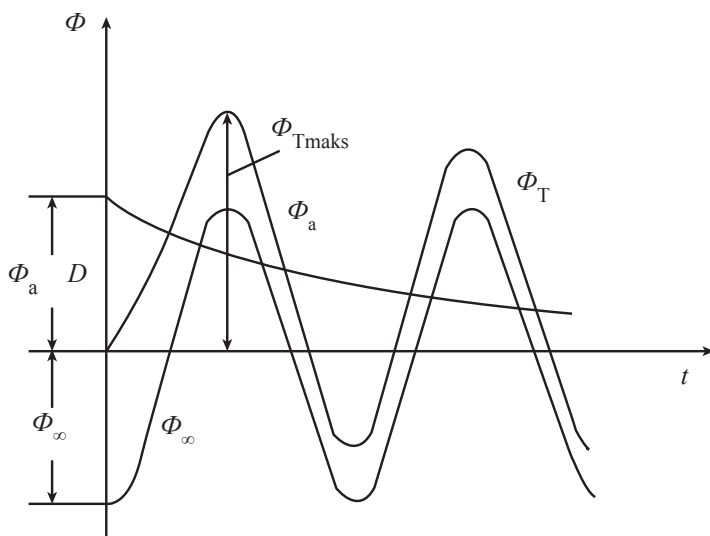
Böküş arkaly üýtgeýän magnitlenme togunyň maksimal ululygy transformatoryň nominal togundan birnäçe esse ýokarlanýar. Magnitlenme togunyň duýdansyz ýokarlanmagy transformatoryň magnit geçirijisiniň doýgunlaşmagy bilen düşündirilýär. Transformator naprýaženiýe astynda birikdirilende magnitlenme togy onuň sarymynda duýdansyz döreýär. Şuňa meňzeş ýagdaý daşky gysga utgaşma öçürilenden soňra hem ýüze çykyar (14.12-nji çyzgy).



14.12-nji çyzgy. Transformatora böküş arkaly üýtgeýän magnitlenme togunyň döremegine şertler

Gysga utgaşma wagty transformatora naprýaženiýe nola çenli peselýär (14.12-nji a çyzgyda A nokat). Gysga utgaşma öçürilenden soňra (B nokat) transformatoryň gysgyçlarynda böküş arkaly naprýaženiýe dikelýär. Iki ýagdaýda hem transformatoryň serdeçniginde Φ_T magnit akymy derrew dikelip bilmeyär. Iki akymyň emele gelmegi bilen geçiş prosesi döreýär. Birinji, Φ_∞ durnuklaşan sinusoidal akym, ikinji, Φ_a haýallap sönýän erkin akym (14.13-nji çyzgy). $\Phi_T = \Phi_\infty + \Phi_a$ jemleýji akym; ($t=0$) başlangyç pursatda $\Phi_{T0} = 0$ we şonuň üçin $\Phi_{a0} = \Phi_{\infty 0}$. Ikinji ýarym periodda iki akymyň hem belgileri gabat gelýär we transformatoryň magnit akymalarynyň jemi Φ_{Tmaks} maksimum baha ýetýär.

Φ_∞ durnuklaşan akym U_T naprýaženiýeden 90° yza galýar, şonuň üçin Φ_{a0} erkin akymyň ululygy, şeýle hem Φ_{Tmaks} akymyň ululygy fazanyň U_T naprýaženiýesine baglydyr. U_T naprýaženiýe noldan geçen momentinde transformator birikdirilende Φ_{Tmaks} maksimal bahany alýar.



14.13-nji çyzgy. Transformator naprýžaženiýe astynda birikdirilende onuň serdeçniginde magnit akymlar

Bu ýagdaýda $\Phi_{Tmaks} = 2\Phi_{\infty}$. Eger transformatoryň magnit geçirijisinde galyndy magnitleme bar bolsa we Φ_{gal} galyndy magnitlenmäniň ugry Φ_a erkin akymyň ugry bilen gabat gelse, Φ_{Tmaks} magnit akymyň ululygy has uly bahalara ýetýär. Onda $\Phi_{Tmaks} = (2\Phi_{\infty} + \Phi_{gal}) > 2\Phi_{\infty}$. $2\Phi_{\infty}$ ululyga ýakyn magnit akymda, transformatoryň magnit geçirijisi doýgunlaşýar we transformatoryň I_{mag} magnitlenme togy böküş arkaly ýokarlanýar. Wagta görä I_{mag} magnitlenme togunyň üýtgemegi aşakdaky aýratynlyklar bilen häsiýetlendirilýär (14.11-nji çyzgy):

1) Φ_a erkin akym koşesenden soň, durnuklaşan iş düzgünine gelýänçä, toguň egrisiniň asimmetrik hasiýeti bar;

2) egriler aperiodiki düzüjä we dürli garmonikaly sinusoidal toklara bölünýär. Ikinji garmonikanyň bardygy we aperiodiki düzüjiniň ululygynyň uludygy egrileriň häsiýetli aýratynlygydyr;

3) toklaryň haýallap sönme wagty elektrik setiň we transformatoryň wagt hemişeligi bilen kesgitlenilýär we 2–3 s-ýň dowamynda sönýär;

4) ilki başda böküş ýagdaýynda toguň üýtgemegi transformatoryň nominal togunyň ululygyndan 5–10 esse ýokarlanýar. Kiçi kuwwatly transformatorlara garanyňda, uly kuwwatly transformatorlarda toguň böküş ýagdaýynda üýtgemegi kiçidir.

Transformator birikdirilende, onuň naprýaženiýä berilýän tараpyndaky sarymynda I_{mag} magnitlenme tok döreýär. 14.12-nji *b* çyzgydan görnüşi ýaly, ol tok transformatorynyň üstünden transformirlenýär we relä berilýär. Eger $I_{\text{mag}} > I_{\text{gor.iş}}$ bolsa, gorag işleýär. Differensial rele goragynyň ýalňys işlemeginiň önüni almak üçin, ýörite çäreler ulanylýar.

Magnitlenme togundan goragyň ýalňys işlemeginiň önüni almagyň usullary. Üç usul bilen goragyň ýalňys işlemeginiň önüni alynýar.

Çalt doýgunlaşýan aralyk tok transformatorlary ulanylýar, olaryň üstünden differensial tok relesi birikdirilýär. Magnitlenme togunyň köp bölegini düzýän, aperiodiki togy aralyk tok transformatorlar geçirmeýärler.

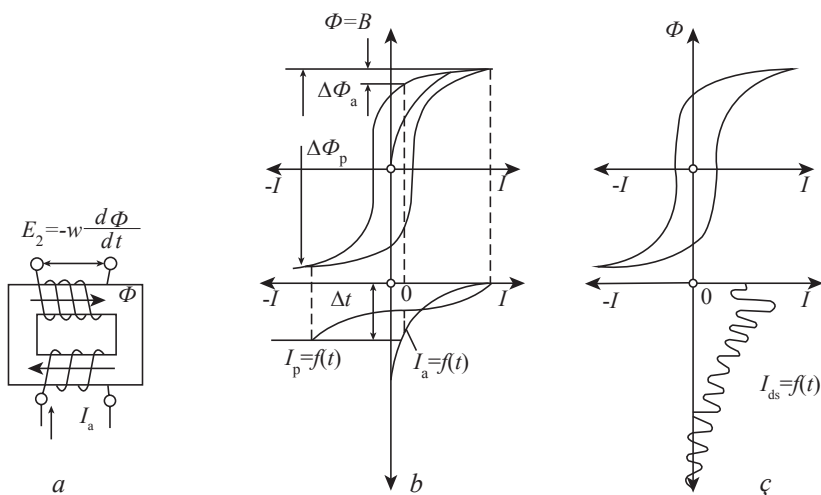
ДЗТ-21 görnüşli reläni ulanmak. Reläniň täsirini blokirlemek üçin gysga utgaşma togunda we transformatoryň I_{mag} magnitlenme togunda differensial reläniň Δt toksuz arakesmesiniň dürli wagtlaryny ulanmaklyga esaslanan (14.11-nji we 14.16-njy çyzgylar).

Reläniň işleme toguny magnitlenme togunyň ululygyna sazlamak. Şeýle usul differensial tokdan bölüp aýyryan goragda ulanylýar.

14.9. Deňsizlik toguna sazlamak üçin doýgunlaşýan transformatory ulanmak

Aralyk tok transformatorynyň birinji sarymyndan $I_a = f(t)$ aperiodiki tok geçýän bolsa, onda aralyk tok transformatorynyň ikinji sarymynda $E_2 = -\frac{d\Phi}{dt}$ elektrik hereketlendiriji güýji döreýär (14.14-nji *a, b* çyzgy).

Δt wagt aralygynda I_a toguň üýtgemegi Φ magnit akymynyň az üýtgemegine gabat gelyär; şonuň üçin: $\Delta\Phi_a = \frac{d\Phi}{dt} \approx 0$. Netijede, indussirlenýän E_2 elektrik hereketlendiriji güýjüniň ululygy kiçidir. I_p periodiki tok aralyk tok transformatorynyň ikinji sarymyna ýeňil transformirlenýär. Şol bir Δt wagt aralygynda (14.14-nji *b* çyzgy) magnit geçirijide $\Delta\Phi_p$ akym üýtgeýär. Aralyk tok transformatory aperiodiki tok bilen ýymitlendireniňden, ony periodiki tok bilen ýymitlendireniňde, E_2 kesgitleýän $\frac{d\Phi}{dt}$ magnit akymyň üýtgame tizligi tapawutly uludyr.



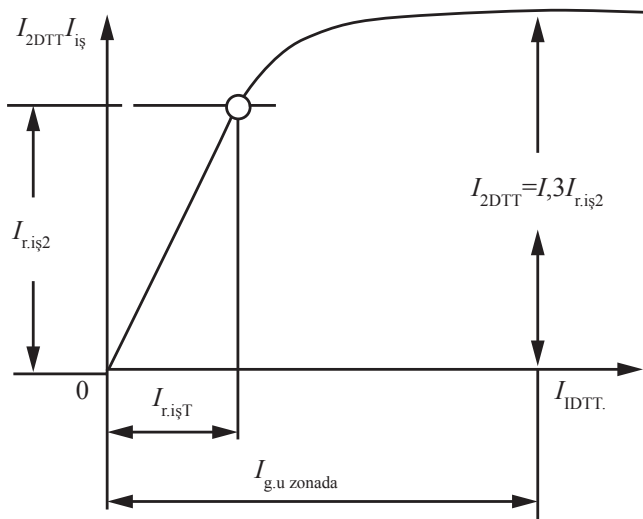
14.14-nji çyzgy. Çalt doýgunlaşýan transformatoryň häsiýetnamasy

Deňsizlik togunyň aperiodiki düzüjisi aralyk tok transformatorynyň ikinji sarymyna transformirlenmeýär we ol onuň serdeçnigini magnitlendirmäge sarp bolýar. Bu bolsa aralyk tok transformatorynyň doýgunlaşmagyna we deňsizlik togunyň periodiki düzüjisiniň ýaramaz transformirlenmegine getirýär. Şeýle görnüşde relä diňe deňsizlik togunyň periodiki düzüjisi barýar.

Durnuklaşan iş düzgüninde, deňsizlik ýa-da magnitlenme haýal-lap sönenden soň periodiki düzüji ergisiniň görnüşini we ululygyny üýtgetmezden relä transformirlenýär.

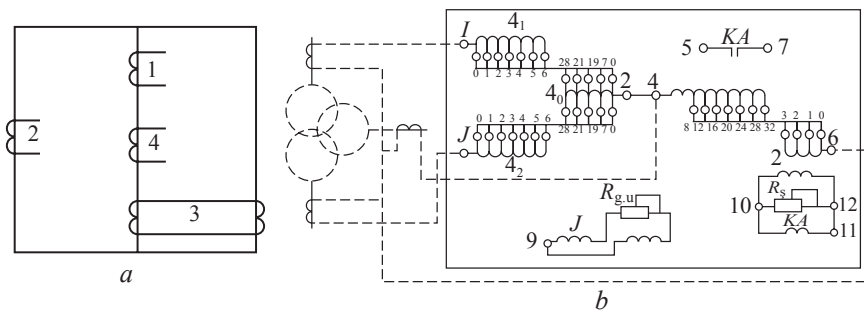
Aperiodiki toguň kiçi ululygynda aralyk tok transformatory doýgunlaşar ýaly onuň parametri saýlanylýar. Aralyk tok transformatorynyň magnit geçirijisi hasaplananda gisteresiz halkasy giň we reläniň $B_{r.iş}$ işleme induksiýasynyň ululygy $B_{doý}$ ululyga golaý bolmalydyr. Şeýle saýlananda uly aperiodiki düzüjiniň hasabyna, wagt okuna görä asimmetrik süýşýän (14.14-nji ç çyzgy) başlangyç deňsizlik togy aralyk tok transformatorynyň üstünden transformirlenmeýär. Goralýan zolakda gysga utgaşmada aralyk tok transformatorly reläniň ygtybarly işlemegini üpjün etmek üçin, aralyk tok transformatorynyň ikinji sarymlarynyň togy reläniň işleme togundan 20-30% uly saýlanylmalydyr. Gysga utgaşmanyň kiçi ululygynda reläniň ygtybarly işlemegi üçin, $I_{g.u.min} = 2I_{r.işl}$ diýlip kabul edilýär. Bu şerti kanagatlandyryan ara-

lyk tok transformatorynyň $I_{2TL}=f(I_{1TL})$ häsiýetnamasy 14.15-nji çyzgyda görkezilendir.



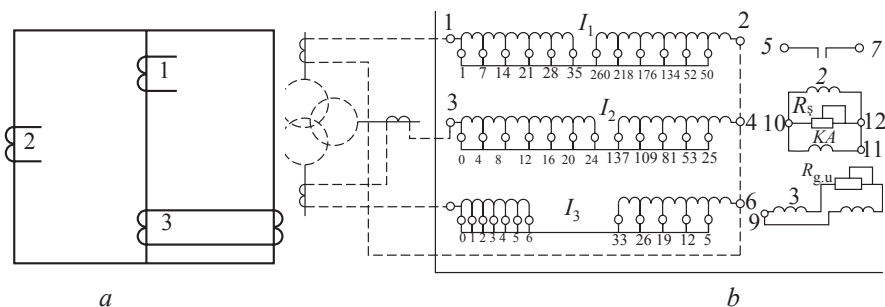
14.15-nji çyzgy. Çalt doýgunlaşýan transformatoryň birinji sarymynyň togunyň ikinji sarymyň toguna baglylyk häsiýetnamasy

ЧЕА3 PHT-560 seriýasy releleri goýberýär (14.16–14.17-nji çyzgylar). Generatorlaryň we transformatorlaryň differensial rele goragy üçin birinji sarymlary tapawutly taýýarlanylýan PHT-565 we PHT-566 releler ulanylýar.



14.16-njy çyzgy. PHT-565 rele:

a – magnit geçirijilerde sarymlaryň ýerleşdirilişi; b – içki birikme shemalar



14.17-nji çyzgy. PHT-566:

a – magnit geçirijilerde sarymlaryň ýerleşdirilişi; *b* – içki birikme shemalar

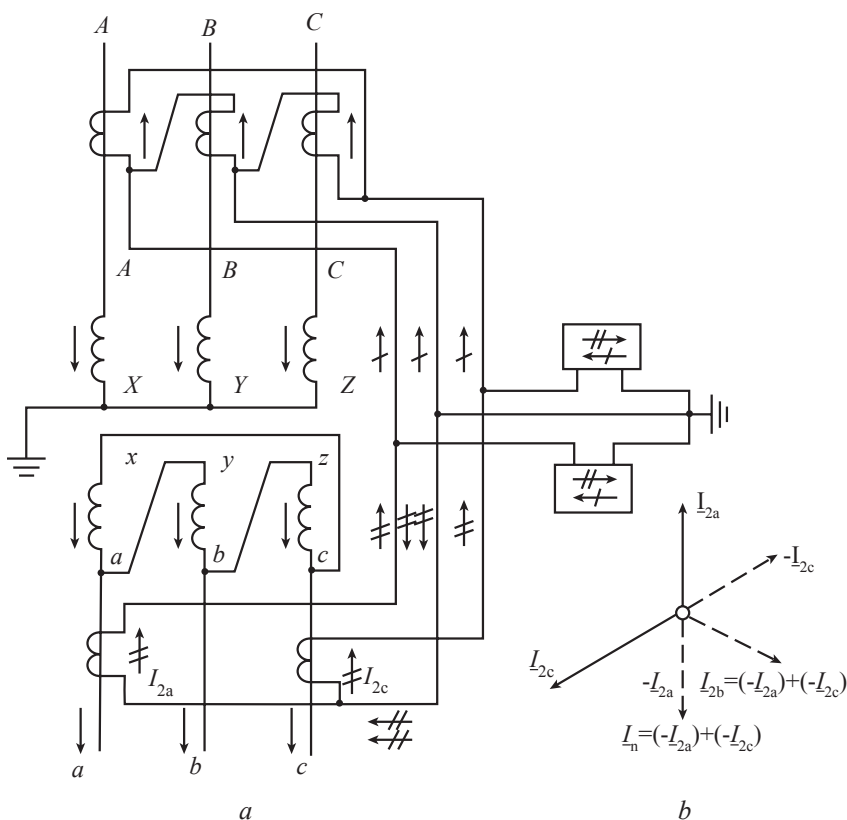
PHT-565 rele üç sterženli çuň doýgunlaşýan transformatorlardan ondan iýmitlenýän releden durýar. Transformatorlarda üç sany birinji sarym: $w_{i\dot{s}}$ (1), $w_{deñ1}$ (41), $w_{deñ2}$ (42), bir ikinji sarym w_2 (2) we gysga utgaşdyrylan sarym $w_{g.u}$ (3) bar. PHT-565 reläniň $w_{i\dot{s}}$, $w_{deñ1}$, $w_{deñ2}$ sarymlary (14.16-njy *b* çyzgy) rele goragynyň tok zynjyryna birikdirilýär we w_2 sarym PT-40/0,2 tok reläni iýmitlendirýär. $w_{i\dot{s}}$, $w_{deñ1}$, $w_{deñ2}$ sarymlaryň sargy sanyny üýtgetmek bilen reläniň işleme togy sazlanýlýar. Kömekçi $w_{deñ1}$, $w_{deñ2}$ sarymlara deňleşdiriji sarymlar diýlip atlandyrylýar. Olar transformatoryň rele goragynyň eginlerindäki I_1 we I_{II} ikinji sarymyň toklarynyň deňsizligini kompensirlemek üçin niýetlenen.

$w_{g.u}$ (3) gysga utgaşdyrylan sarym iki bölümden durýar, ikinji saryma periodiki togy transformasiýa derejesini sazlamak üçin niýetlenen.

PHT-566 reläniň shemasynda (14.17-nji çyzgy) üç sany işçi I1, I2, we I3 sarym bolup, olaryň her biri üç sarymly transformatoryň goralýan tarapyndaky tok transformatorlaryna birikdirilýär.

14.10. Differensial goragyň shemalary

Goragyň tok zynjyrynyň shemalarynyň görnüşleri. Sarymlary Y/Δ birikmeli transformatorlaryň rele goragy goragynyň tok zynjyry, adatça, iki releli we güýç transformatorynyň Δ birikme tarapynda ýerleşdirilen iki tok transformatorlary (14.18-nji çyzgy) bilen ýerine ýetirilýär.



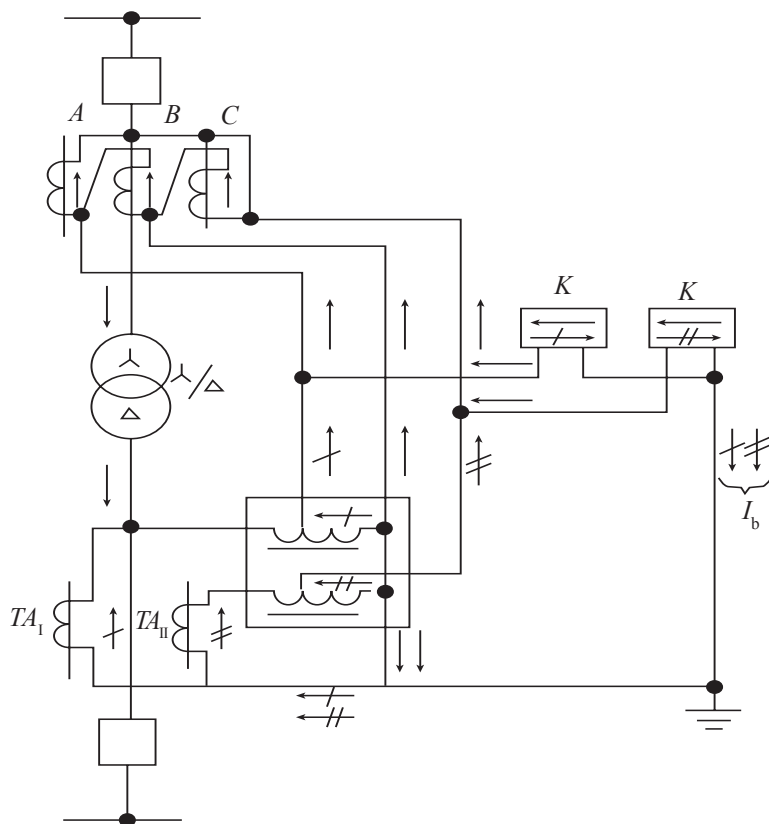
14.18-nji çyzgy. Differensial goragyň ýönekeýleşdirilen shemasy:

a – shema; *b* – wektor diagramma

Bu shemanyň ýetmezçiligi güýç transformatorynyň pes naprýaženiýeli tarapynda tok transformatorynyň ýerleşdirilmedik fazasynda ýere ikileýin gysga utgaşmada gorag täsir etmeýär. Bu zeper ýetme transformatoryň başga goraglary, ýagny maksimal tok goragy, gaz goragy bilen öçürilýär. Bu ýetmezçiligi aradan aýyrmak üçin uly we orta kuwwatly güýç transformatorlarynyň üçburçluk birikme tarapynda üçfazaly shema (üç rele we üç tok transformatory) ulanylýar. Bu shema ýyldyz birikmeli tarapynda ikifazaly gysga utgaşmada rele goragyň duýgurlygyny iki esse ýokarlandyrýar.

Differensial tokdan bölüp aýyryan gorag. Differensial tokdan gorag bölüp aýyryan gorag ýönekeý tok rele bilen ýerine ýetirilýär

we wagt saklanmasyz öçürmäge täsir edýär. Differensial tokdan gorag bölüp aýyrýan goragyň shemasy 14.19-njy çyzgyda görkezilendir.



14.19-njy çyzgy. Iki releli differensial tokdan gorag bölüp aýyrýan gorag

Böküş arkaly üýtgeýän magnitlenme toguna sazlanlyşyny ýeňilleşdirmek üçin goragyň çykalgasynda 0,04 – 0,06 sekunt wagt saklanmaly aralyk rele ýerleşdirilýär.

Magnitlenme toguna sazlamak üçin goragyň işleme togy $I_{\text{gor.iş}} = (3 \div 5) I_{\text{nom.tr}}$ çäkke kabul edilýär. Tok transformatorlarynyň ýalňyşlygy 10%-den geçmeli däldir. Onuň şeýle şertde sazlanylmagy bir wagtda magnitlenme toguna we daşky gysga utgaşmada deňsizlik toguna sazlamaga mümkinçilik berýär.

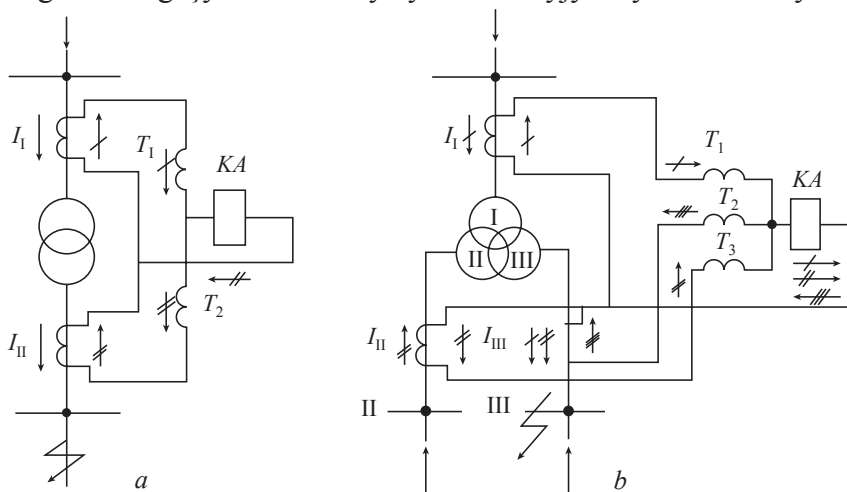
Differensial tokdan gorag bölüp aýyrýan goragyň işleme togunyň uludygy sebäpli sargyara gysga utgaşmada duýgurlygy ýeterlik dälidir. Şonuň üçin transformatoryň girelgesindäki gysga utgaşmada duýgurlygy barlanylmalydyr. Goragyň duýgurlygy:

$$K_{\text{duý}} = \frac{I_{\text{g.u.min}}}{I_{\text{gor.iş}}} \geq 1,5 \text{ bolmalydyr.}$$

Differensial tokdan gorag bölüp aýyrýan goragyň artykmaçlygy ýönekeýdir we çalt täsirlidir. Differensial tokdan gorag bölüp aýyrýan gorag, adatça, kiçi kuwwatly transformatorlarda ulanylýar.

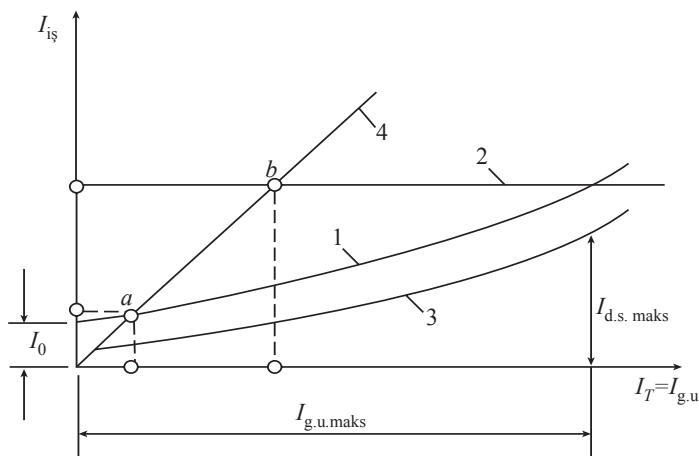
Tormozlaýjy sarymly releli differensial gorag. Birnäçe ýymitlendiriji sarymlary bolan köp sarymly transformatorlarda we ýük asynda naprýaženiýesini sazlaýjyly transformatorlarda ýerleşdirilen differensial rele goragynda durnuklaşan düzgüniň deňsizlik togunyň ululygynyň täsiri bar. Görkezilen ýagdaýlarda, differensial tok goragyň duýgurlygyny ýokarlandyrmak üçin tormozlaýjy sarymly reller ulanylýar.

Tormozlaýjy sarymly releli differensial goragyň häsiýetnamalary we shemalary. Iki ýa-da üç sarymly transformatorlaryň shemasy 14.20-nji çyzgyda görkezilendir. Reläniň işçi sarymlary tok transformatorlarynyň toklarynyň tapawudyna birikdirilýär, daşky gysga utgaşmada reläniň haýsy hem bolsa bir tormozlaýjy sarymynyň gönümel geçýän tok akar ýaly tormozlaýjy sarym birikdirilýär.



14.20-nji çyzgy. a – iki sarymly; b – üç sarymly transformatorlar üçin tormozlaýjy sarymly releli differensial gorag

Şeýle şertde tormozlaýjy sarymdan akýan toguň täsirinde rele goragynyň işleme togy ýokarlanýar. Bu ýagdaýda deňsizlik togunyň döremeginde (14.21-nji çyzgy) rele goragynyň ygtybarlygy ýokarlanýar.



14.21-nji çyzgy. Tormozlaýjy sarymsyz we tormozlaýjy sarymly reläniň häsiýetnamalary:

1 – tormozlaýjy sarymly reläniň häsiýetnamasy; 2 – tormozlaýjy sarymsyz reläniň häsiýetnamasy; 3 – deňsizlik togy; 4 – goralýan zolakdan gysga utgaşmada releden akýan tok

Goralýan zolakda gysga utgaşmada tormozlaýjy sarymdan geçýän zeper ýetmäniň $I_{g.u}$ togy reläniň işleýän toguny ýokarlandyrýar. Oňa garamazdan 14.21-nji çyzgydaky diagrammadan (a we b nokatlar) görnüşi ýaly, tormozlaýjy reläniň duýgurlygy ýokarydyr. Goralýan zolakda gysga utgaşmada tormozlaýjy sarymly reläniň duýgurlygyny has ýokarlandyrmak üçin, rele goragynyň eginlerine reläniň tormozlaýjy sarymlarynyň hemmesini birikdirmeli däl (14.20-nji çyzgy). Diňe daşky gysga utgaşmada tormozlandyrmak üçin gerek sarymlar birikdirilmelidir.

Daşky gysga utgaşmada saýlaýjylygy we goralýan zolakda zeper ýetmede rele goragynyň ýeterlik ygtybarlylygyny üpjün etmek üçin tormozlaýjy koeffisiýenti häsiýetlendirýän reläniň häsiýetnamasyndaky ýapgytlyk (14.21-nji çyzgy) 30 – 60%, $I_T=0$ bolanda reläniň işlemeginiň başlangyç togy $I_{r.iş. baş}$ 1,5–2 A toga deň alynýar. Transformatoryň goragy üçin, esasan, magnit tormozlaýjyly D3T-11 rele ulanylýar. Bu rele deňsizlik toguna we böküş arkaly üýtgeýän toga saz-

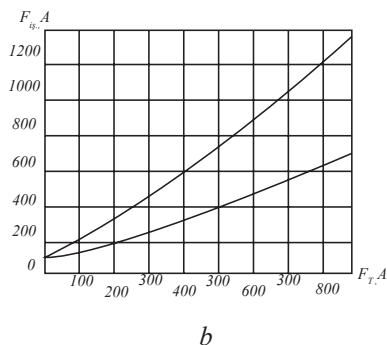
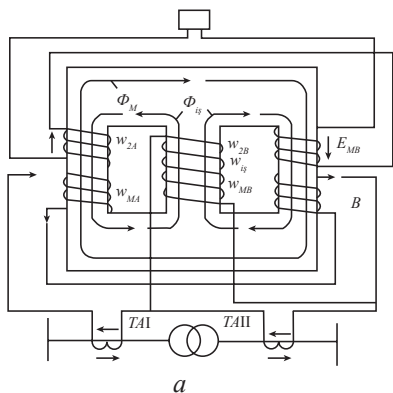
lanylýar. Rele (14.22-nji a çyzgy) 2 elektromagnit reläniň sarymyny iýmitlendirýän, üç sterženli doýgunlaşýan transformatordan durýar. Doýgunlaşýan transformatoryň birinji işçi sarymy $w_{i\dot{s}}$ we differensial rele birikdirilen ikinji sarymy w_2 bar. Tormozlanmany ýerine ýetirmek üçin doýgunlaşýan transformatoryň magnit geçirijisine üçünji tormozlaýjy sarym w_T saralýar. İşçi sarym differensial, tormozlaýjy sarym reläniň tormozlaýjy sarymyna adaty görnüşde birikdirilýär. Reläniň tormozlaýjy we ikinji sarymlary magnit geçirijiniň iki çetki sterženiniň A we B bölümlerinde, işçi sarym ortadaky steržende ýerleşdirilýär. w_{TA} we w_{TB} tormozlaýjy sarymlaryň döredýän Φ_T magnit akymly çetki steržende utgaşar ýaly, tormozlaýjy sarymlar birikdirilýär. Φ_T akym w_{2A} we w_{2B} ikinji sarymlarda E_{TA} we E_{TB} elektrik hereketlendiriji güýç döredýär. Olar ululyklary boýunça deň we ugurlary boýunça özara garşylykly ugrukdyrylan, şonuň üçin bu elektrik hereketlendiriji güýçler bir-birini ýok edýärler. Şonuň netijesinde relede tok döremeýär. Ol diňe magnit geçirijiniň çetki sterženlerini magnitlendirýär, olary doýgunlaşdyrýar we işçi sarymdan ikinji saryma toguň transformasiýasyny ýaramazlaşdyrýar.

İşçi sarymyň döredýän $\Phi_{i\dot{s}}$ akymy çetki sterženlerde utgaşar we ikinji sarymda elektrik hereketlendiriji güýç döreýär. Ol relede tok ýüze çykarýar. Magnit akym $\Phi_{i\dot{s}} = I_{i\dot{s}} w_{i\dot{s}} / R_M$ bilen kesgitlenilýär. Bu ýerden görnüşi ýaly $I_{i\dot{s}}$ tok, $\Phi_{i\dot{s}}$ magnit akymyny döretmek, 2 reläniň täsir etmegi üçin zerurdyr. Bu tok magnit geçirijileriň çetki sterženleriniň doýgunlaşmagy bilen ýokarlanýan R_M magnit garşylyga we tormozlaýjy sarymyň toguna baglydyr. I_T tok näçe uly bolsa, relä täsir etmek üçin şonça-da $I_{i\dot{s}}$ tok talap edilýär (14.22-nji b çyzgy).

Tormozlaýjy tok ýok wagty rele çalt doýgunlaşýan transformatorly adaty rele ýaly işleýär, ýöne onuň gysga utgaşdyrylan sarymy ýokdur.

Daşky gysga utgaşmada tormozlaýjy sarymdan geçýän tok magnit geçirijiniň çetki sarymlaryny doýgunlaşdyrýar, şonuň netijesinde reläniň işleme togy ýokarlanýar, bir wagtda hem işçi sarymda döredýän deňsizlik togunyň transformasiýasy ýaramazlaşýar.

Goralýan zolakda gysga utgaşmada işçi sarymyň togy tormozlaýjy sarymyň toguna deň ýa-da uludyr. Bu tok reläniň täsir etmegi üçin ýeterlikdir.



14.22-nji çyzgy. Magnitli tormozlaýjy rele:

a – reläniň sarymlarynyň birikdirilişi; *b* – ДЗТ-11, ДЗТ-11/2, ДЗТ-11/3, ДЗТ-11/4, ДЗТ-11/5 reläniň tozmozlaýjy häsiýetnamalary

Reläniň işleme togunda magnit geçirijiniň doýgunlaşmaga başlaýan wagtynda magnit induksiýa 1,1–1,2 T-e ýetýär, şonuň täsirinde hem aperiodiki tok ikinji saryma transformirlenmeýär. Şonuň üçin bu rele aperiodiki düzüjini duýmaýar.

Reläniň artykmaçlygy bolup: gurluşynyň ýönekeýligi, tormozlaýjy häsiýetnamasynyň bardygy, reläni üç ýa-da ondan köp tormozlaýjy sarymy ýerine ýetirip bolýanlygydyr. Tormozlaýjy sarymlar köp sarymly transformatorlaryň rele goragynyň meselesini çözüýär.

Her bir aýratyn reläniň tormozlaýjy häsiýetnamasy, tormozlaýjy sarymyň ýimitleniş shemasyna, işçi we tormozlaýjy toklaryň arasyndaky burçlara baglylykda 14.22-nji *b* çyzgyda görkezilen iki egriniň arasynda ýerleşýär.

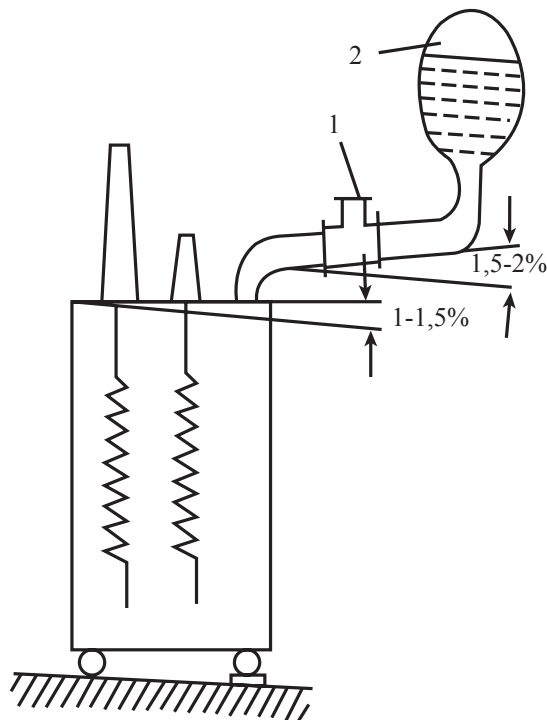
Ýüküň astynda naprýaženiýäni sazlaýjysy bolan 110–220 kW iki sarymly peseldiji transformatorlarda bir tormozlaýjy sarymly we çalt doýgunlaşýan aralyk transformatoryndan durýan ДЗТ-11 releli differensial gorag ulanylýar.

14.11. Transformatoryň gaz goragy

a) Gaz relesiniň gurluşy we täsir ediş düzgüni. Transformatoryň içki zeper ýetmesinden goramak üçin gaz goragy giňden ulanylýar. Bagyň içinde zeper ýetme elektrik duganyň ýa-da detalyň gyzmagy bilen ýüze çykyp, ýagyň we izolýasion materiallaryň dargamagyna

getirýär. Ýagdan bölünip çykan gazlar transformatoryň iň ýokary bölegi bolan giňelme bagyna (2) ýokary galýar (14.23-nji çyzgy).

Şeýlelikde, transformatoryň bagynda gazyň emele gelmegi we ýagyň giňelme бага tarap hereketi transformatoryň içinde zeper ýetmäniň alamatlarydyr. Bu alamatlary ulanyp, ýagyň hereketini we gazyň döremegini duýan gaz relesiniň kömegi bilen ýörite gorag ýerine ýetirilýär.



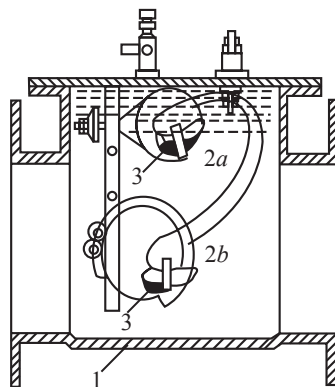
14.23-nji çyzgy. Transformator da gaz relesiniň ýerleşşi

Gaz relesi (1) transformatorynyň bagy bilen giňelme bagy birikdirýän turbada, ýagny turbanyň içinden geçýän ýagyň we gazyň akym ugrunda ýerleşdirilýär (14.23-nji çyzgy).

Gaz relesiniň gurluşy duýujy elementleriniň ýerine ýetiriliş iş düzgünine görä üç topara bölünýär. Ilkibaşda duýujy element görnüşinde ýüzgüçler (poplawok), soň per (lopast), häzirki wagtda pyýala görnüşli elementler ulanylýar.

14.24-nji çyzgyda ýüzgüç görnüşli gaz relesiniň gurluşy görkezilendir. Rele üç geçiriji turbajyk görnüşli 1 çöýün bakda durýar. Bagyň içinde 2a we 2b iki sany hereketli ýüzgüçler ýerleşdirilen. Ýüzgüçler ýuka, boş silindr, doly germetiklenen we ýagda ýüzýän görnüşinde taýýarlanylýar. Her bir ýüzgüç öz okunyň daşynda erkin aýlanýar. Ýüzgüçleriň içinde 3 simaply kontakt ýerleşdirilýär.

Kesgitli ýagdaýda ýüzgüjiň simaby kontaktlary birikdirýär. Kontaktlaryň bagyň daşyna çykalgalary, ýüzgüjiň erkin aýlanmagyny üpjün etmek üçin maýyşgak we izolirlenen geçirijide ýerine ýetirilýär. Ýokarky ýüzgüçleriň kontaktlary signala, aşaky ýüzgüçleriň kontaktlary transformatory öçürmäge boýruk berýär. Ýokarky ýüzgüçleriň reläniň bagyny ýokarky böleginde, aşaky ýüzgüç ýagyň akym ugry täsir eder ýaly derejede ýerleşdirilýär.



14.24-nji çyzgy. Ýüzgüçli gaz relesiniň gurluşy

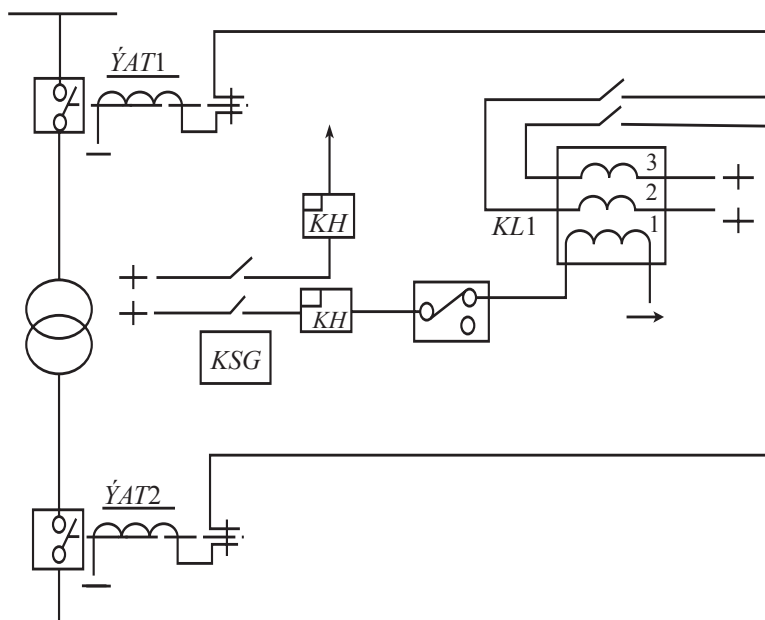
b) Reläniň täsir ediş düzgüni.

Reläniň bagy giňelme bagynyň ýagynyň derejesinden aşakda ýerleşdirilýär, şonuň üçin ol hemişe ýagdan doludyr. Ýüzgüçler ýüzmäge ymtylyp, olar öz berkidilen nokatlarynyň şertinde in ýokary ýagdaýda ýerleşýärler. Ýüzgüçleriň bu ýagdaýynda reläniň kontaktlary açykdyr.

Uly bolmadyk zeper ýetmede gazyň emele gelmegi haýal bolup geçýär we ol uly bolmadyk düwmejikler transformatoryň giňelme bagyna tarap ýokary galýarlar. Reläniň üstünden geçip, gaz düwmejikleri, reläniň bagynyň ýokarky bölegindäki ýagy gysyp çykaryp, ol ýeri gazdan doldurýar. Ýagyň derejesiniň peselmegi bilen ýokarky kontakt aşak düşýär we kontakt birigýär we signala habar berýär.

Transformatoryň zeper ýetmesi uly bolsa, intensiw bölünip çykyan gaz düwmejikleriniň basyşynyň esasynda ýag herekete gelýär we aşadaky ýüzgüji itekleýär. Şonuň netijesinde hem ýüzgüç pursat salymda öz kontaktlaryny birikdirýär we transformatory öçürmäge habar berýär. Ýagyň hereketi itekleme häsiýetdedir. Şonuň üçin aşaky ýüzgüjiň kontaktlary gysga wagtda birigýär. Öçürijini öçürmek ýeterlik bolar ýaly impulsyň dowamlylygyny üpjün edýän aýratyn shema

ulanylýar. Öçürijini öçürmek üçin impuls ýeterlik bolar ýaly, öz-özüni saklaýan *KL1* aralyk rele ulanylýar.



14.25-nji çyzgy. Gaz goragynyň operatiw zynjyrynyň prinsipiýal shemasy

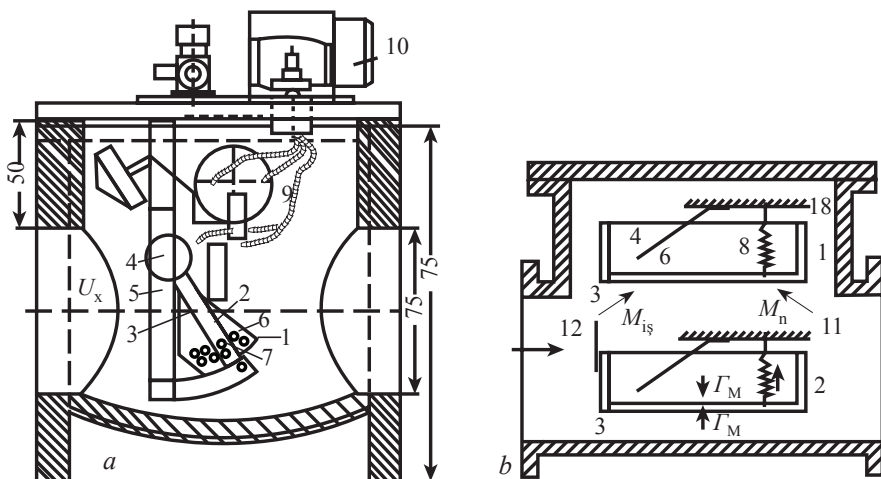
Gaz relesi *KL1* aralyk relesiniň 1 şuntlaýjy sarymyna gysga wagtlaýyn tok berýär. *KL1* aralyk relesi işleýär we 2 we 3 tegekleriniň kömegi bilen kontaktlaryny öçüriji zynjyry öçürýänçä saklaýar.

Gaz relesiniň täsir ediş düzgünine görä, ol transformator-daky zeper ýetmäniň derejesini tapawutlandyrýar. Kiçi zeper ýetmede ol signal berýär, uly zeper ýetmede öçürmäge habar berýär. Uly bolmadyk zeper ýetmede transformatoryň ýüküni başga iýmitlendiriji çeşmä geçirip, ulanyjylara zyýan ýetirmän transformator öçürilýär. Şeýle hem gaz relesi transformatoryň ýagynyň derejesiniň peselmegini duýýar. Bu ýagdaýda ilki signal kontaktlar işleýär, soňra ýagyň derejesiniň peselmesi dowam etse, öçüriji kontaktlar işleýär. Transformatory öçürmeklik, eger ýagyň akması çalt bolsa, operatiw personal transformatory ýüksüzlendirmäge ýetişmese, şeýle hem nobatçy personaly ýok podstantsiýalarda peýdalydyr.

Perli releler (14.26-njy çyzgy) – bu reläniň signal elementi ýüzgüç görnüşinde taýýarlanylýar. Aşaky öçüriji elementler aýlanýan per (plastina) ýa-da ýüzgüç we per görnüşindedir. Ýagyň hereketinde ýa-da gazyň akymynda per akymyň hereketiniň döredýän güýjüniň täsirinde birnäçe burç boýunça aýlanýar. Şeýlelikde, per bilen baglanyşykly simaply kontakt 9 birigýär we öçürmäge impuls berýär. 1-nji perin başlangyç gyşarma burçuny üýtgedip, reläniň duýgurlygyny sazlaýar. Aşaky ýüzgüçlere gazyň ýa-da ýagyň hereketi täsir etmeýär. Olar ýagyň derejesi peselende işlemek üçin niýetlenen. 14.26-njy *a* çyzgydaky gurluşda aşaky ýüzgüç ýok. Bu relede ýagyň peselmegini signal elemente habar berýär. Goragyň şeýle ýerine ýetirilmegi ýüzgüjiň germetikliginiň bozulmagy we oňa ýagyň düşmegi netijesinde reläniň ýalňyş işlemeginiň önüni alýar. Ýöne reläniň gorag häsiýeti ýaramazlaşýar.

Pyýala görnüşli elementli releler

Reläniň signal we öçüriji elementleri alýumin pyýala görnüşinde taýýarlanylýar.



14.26-njy çyzgy. Perli reläniň (a) we pyýala görnüşli reläniň (b) gurluşy

Her bir pyýala 3 oka birikdirilen we onuň daşynda erkin aýlanýar. Pyýalalaryň korpussy aşaky 5 we ýokarky 4 hereketlenýän kontakta baglydyr. Pyýala aşak düşende hereketlenýän kontakt 6 we 7 hereketlenmeýän kontakta birigýär. Kontaklary birikdirmek üçin he-

reketlenýän pyýalanyň hereketini çäklendirmek üçin 10 we 11 diregler päsgel berýär. 2 aşaky pyýalada okuň daşyndan aýlanýan 12 per bardyr. Reläniň gabynda we pyýalalarda ýag ýok bolsa M_p pružiniň momenti, pyýalanyň korpusynyň agramynyň döredýän $M_{i\text{şçi}}$ momentinden uly we iki elementiň kontaktlary açyk. Eger reläniň bagy we pyýalalar ýagdan doldurylan bolsa, öz agramynyň ýitmeginiň hasabyna $M_{i\text{şçi}}$ moment has hem kiçelýär we M_p pružiniň momenti $M_{i\text{şçi}}$ momentden has uludyr. Ýagyň derejesi peselende $M_{i\text{şçi}}$ moment pyýalanyň we ýagyň agramynyň hasabyna, pružiniň garşylyk güýjüni ýeňip geçýär we pyýala aşak gaçýar we öz kontaktlaryny ýapýar. Eger gazyň emele gelmegi güýçli bolsa, 12 per aýlanýar we 4-7 kontaktlar birigýär.

Pyýala görnüşli reledе germetikleri zaýаланanda ýalňyş işlemek ýetmezçiligi ýok. Reläniň täsir wagty 0,5-den 0,05 sekunt dowamyn-da ýagyň hereketine, tizligine baglylykda üýtgeýär.

ç) Gaz goragynyň aýratynlygy. Gaz goragynyň täsir ediş iş düzgünine görä diňe bir howply kadasyz iş düzgünlerde we zeper ýetmelerde işlemän, transformatoryň bagynda howanyň emele gelmeginde, ýagyň hereketinde we mehaniki silkenmede işlemelidir. Transformator ýük bar wagty birikdirilende ýagyň temperaturasy ýokarlanýar, ýagdaki howa gyzyýar we giňelme бага тарар ýokarlanýar. Relä howa baryp ýokarky kontaktyň işlemegine, çalt hereketi aşaky kontaktyň işlemegine we transformatoryň nädogry öçmegine getirýär.

Transformatoryň bagyna ýag goşmaça guýulanda ýa-da täze transformator birikdirilende transformatoryň signaly (2-3 gije-gündiz) işleýär. Ýagyň hereketi 20-15 *sm/s* tizlik bilen, has gödek sazlanan reledе ýagyň hereketi 50 *sm/s* tizlikde hereket edende gorag işleýär. Häzirki wagtda aşaky ýüzgüjiň duýgurlygy 50-160 *sm/s* tizlige sazlanýlar.

Gaz goragy turbada ýerleşdirilende turba giňelme бага тарар 1,5–2% ýokary galýar. Bu gazyň päsgelçiliksiz giňelme бага geçmegini üpjün edýär.

Gaz goragynyň artykmaçlygy:

1. Onuň gurluşynyň ýönekeýligi;
2. Ýokary duýgurlygy;
3. Çalt hereketi;
4. Saýlaýjylygy.

STANSIÝANYŇ WE PODSTANSIÝANYŇ ÝYGYNDY ŞINALARYNYŇ GORAGY

15.1. Şinanyň goragynyň görnüşleri we olardan edilýän talaplar

Elektrik stansiýalaryň we podstansiýalaryň paýlaýjy gurluşlarynyň şinasynda zeper ýetmeler gabat gelýär. Şinalarda gysga utgaşmalaryň esasy sebäpleri bolup:

- 1) öçürijiniň girelgeleriniň we şina izolýatorlarynyň böwsülmeği;
- 2) naprýaženiýe we tok transformatorlarda zeper ýetmeler;
- 3) howa öçürijileriň we aýryjylaryň izolýatorlarynyň döwürmeği;
- 4) paýlaýjy gurluşlarda üýtgetme geçirilende hyzmat edýän personalyň ýalňyş hyzmat edýär.

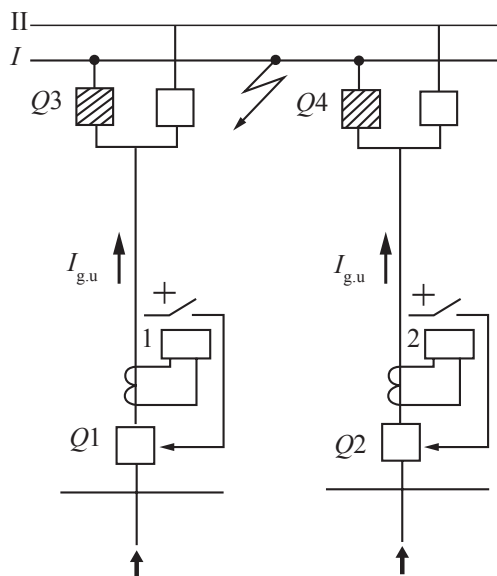
Generatorlaryň, transformatorlaryň we liniýalaryň şinalaryndan iýmitlenýän elektrik stansiýasynyň we podstansiýanyň şinalarynda gysga utgaşmada şoňa laýyk goraglar ulanylýar. Şeýle goraglar görnüşinde generatorlarda we transformatorlarda daşky gysga utgaşmadan goraýan, liniýalarda maksimal tok ýa-da aralyk gorag ulanylýar. Ýöne bu goraglar şinada gysga utgaşmada wagt saklap öçürýär. Şol bir wagtyň özünde aýratyn hem 110-500 *kW* naprýaženiýeli setlerde şinada fazaara gysga utgaşmada wagt saklanmasyz öçürmegi talap edýär. Şeýle ýagdaýda şinanyň goragy üçin wagt saklanmasyz öçürýän ýörite gorag ulanylýar.

Transformatoryň, generatoryň we liniýanyň goraglarynyň öçürmek çaltlygy kiçi bolmagyndan başga hem şinada zeper ýetmede saýlaýjylygy üpjün etmeýär.

Her bir birikmesine iki sany öçüriji birikdirilen podstansiýanyň mysalynda seredip bolar (15.1-nji çyzgy).

Mysal üçin, birinji şinalar sistemasynda gysga utgaşmada $Q1$ we $Q2$ öçürijiler işläp, iki sistema şinany hem energiýasyz goýýar. Ýöne şinanyň ýörite goragynyň kömegi bilen $Q3$ we $Q4$ öçürijileriň üsti bilen bir şinalar sistemasyny öçürip, tutuş podstansiýanyň işini üpjün edýär.

Şeýlelikde, birikmeleriň goragy çalt täsirlilik we saýlaýjylyk şertini üpjün edip bilmedik ýagdaýynda şinanyň ýörite goragy ulanylýar.



15.1-nji çyzgy. Her bir birikmesi iki öçürijili podstansiýanyň shemasy

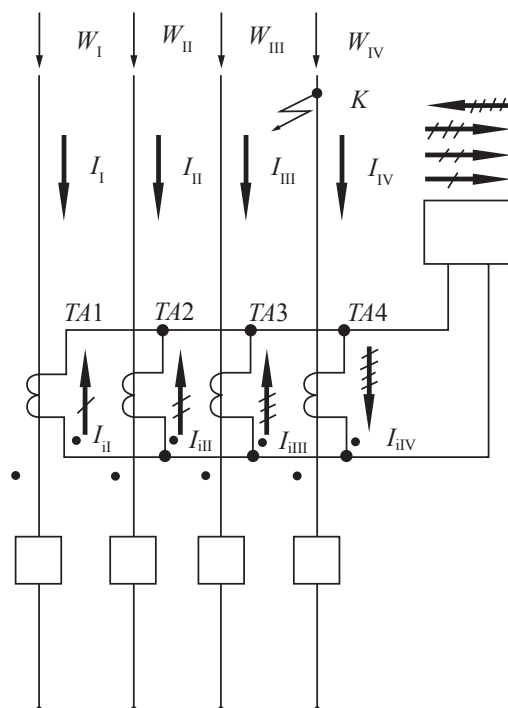
Şinada gysga utgaşmanyň önüni almak üçin şinany iýmitlendirýän ähli birikmeler öçürilmelidir. Şonuň bilen baglanyşykda şinanyň ýörite goragyna aýratyn talap bildirilýär, sebäbi onuň ýalňyş täsiri podstansiýanyň ýa-da elektrik stansiýasynyň tutuşlygyna ýa-da olaryň seksiyalarynyň öçürilmegine getirýär. Şonuň üçin şinanyň goragynyň ygtybarlyk talabyna aýratyn seredilýär.

Häzirki wagtda şinanyň goragy hökmünde differensial düzgünde işleýän gorag ulanylýar. Çykýan liniýalarda reaktor bolan şinany iýmitlendirýän transformatorlarda we seksion öçürijilerde şinanyň ýörite goragy hökmünde aralyk (distansion) ýa-da tokdan bölüp aýyryýan gorag ulanylýar.

Soňky döwürlerde şinadaky gysga utgaşma öçürilenden soňra AGB ulanylýar, sebäbi şinadaky gysga utgaşmalaryň kábiri geçiş häsiýetlidir.

15.2. Şinanyň differensial goragy

Differensial goraglar transformatorlaryň, generatorlaryň we liniýalaryň differensial goragy ýaly, goralýan elementleriň toklaryny fazalary we ululyklary boýunça deňeşdirmeklige esaslanandyr (15.2-nji çyzgy).



15.2-nji çyzy. Daşky gysga utgaşmada şinanyň differensial goragynyň ikinji zynjyrynda toklaryň paýlanyşy

Goragy iýmitlendirmek üçin ähli birikmelere birmeňzeş transformasiýa koeffisiýentli tok transformatorlary ýerleşdirilýär. 1 differensial rele ähli birikmeleriň tok transformatorlaryna, ýagny reledäki toklaryň jemi ähli birikmeleriň toklarynyň jemine deň bolar ýaly birikdirilýär:

$$I_r = \sum I_{\text{birik}}.$$

Onda daşky gysga utgaşmada ahlil birikmeleriň toklary 0-a deňdir, rele täsir etmeýär, şinada gysga utgaşmada releden akýan tok zeper ýeten ýerden akýan toklaryň jemine deň we gorag işleýär.

Adatça, tok transformatorlarynyň birmeňzeş gysgyçlary şina birikdirilýär (15.2-nji çyzy). Hemme tok transformatorlarynyň ikinji sarymlary birmeňzeş polýarlykda parallel, şonuň bilen baglanyşykda hem 1-nji reläniň sarymy parallel birikdirilýär.

Daşky gysga utgaşmada (15.2-nji çyzyda K nokat) şinadan zeper ýetmä tarap akýan I_4 gysga utgaşma tok, iýmitlendiriji çeşmeden şina akýan toklaryň jemine deň.

$$I_{IV}=I_I+I_{II}+I_{III}. \quad (15.1)$$

15.2-nji çyzgydan görnüşi ýaly, tok paýlanylyşy I_{I1} , I_{I2} , I_{I3} ikinji toklar, reläniň sarymynda I_{I4} toga garşylykly ugrukdyrylan. Relede tok:

$$I_r=(I_{II}+I_{III}+I_{III})-I_{IV}=I_{ds}. \quad (15.2)$$

Ikinji toklary birinji toklar arkaly aňladyp we (15.1)-i hasaba alsak tok

$$I_r=\frac{I_I}{K_{TA}}+\frac{I_{II}}{K_{TA}}+\frac{I_{III}}{K_{TA}}\frac{I_{IV}}{K_{TA}}=0.$$

Şeýlelikde, daşky gysga utgaşmada relede tok nola deň. Magnitlenme toguny hasaba alsak tok transformatorlarynyň ikinji toklary

$$I_{II}=\frac{I_I}{K_{TA}}-I_{magI}; \quad I_{III}=\frac{I_{II}}{K_{TA}}-I_{magII};$$

$$I_{IV}=\frac{I_{IV}}{K_{TA}}-I_{magIV} \quad I_{III}=\frac{I_{III}}{K_{TA}}-I_{magIII} \text{ aňlatmalar arkaly berilýär.}$$

Ikinji toklaryň bu aňlatmalaryny (15.2)-ä goýup taparys:

$$I_r=I_{magIV}-(I_{magI}+I_{magII}+I_{magIII}). \quad (15.3)$$

Şeýlelikde, relede tok transformatorlarynyň magnitlenme toklarynyň tapawudyna deň deňsizlik toklar döreýär. Reläniň işleme togy deňsizlik togunyň maksimal bahasyndan uly bolanda gorag işlemeýär:

$$I_{r.iş}>I_{ds.maks}\frac{I}{2}.$$

Şinada gysga utgaşmada iýmitlendiriji çeşmeleri bar bolan ähli birikmeleriniň toklary zeper ýeten ýere tarap, ýagny podstansiýadan şina tarap akýar. Reläniň sarymynda ikinji toklar bir ugra akýar, şonuň üçin hem reledäki tok aşakdaka deň:

$$I_r=I_{II}+I_{III}+I_{III}+I_{IV}.$$

Ikinji toklary birinji toklaryň üstünden aňladyp alarys:

$$I_r=\frac{I_I+I_{II}+I_{III}+I_{IV}}{K_{TA}}.$$

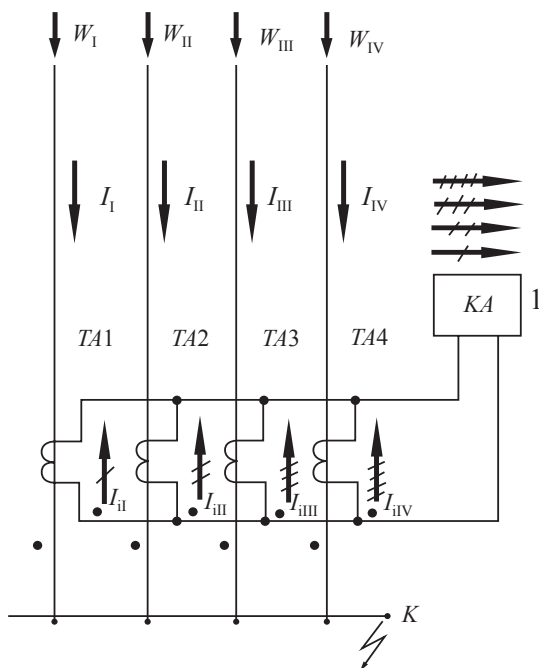
Şeýlelikde,

$$I_{II}+I_{III}+I_{III}+I_{IV}=I_{g.u}. \quad (15.4)$$

Onda

$$I_r=\frac{I_{g.u}}{K_{TA}}. \quad (15.5)$$

(15.5) aňlatmadan görnüşi ýaly, şinadaky gysga utgaşmanyň doly toguny differensial gorag doly duýýar we ýokary duýgurlyga eýedir.



15.3-nji çyzyg. Şinada gysga utgaşmada differensial goragyň ikinji zynjyrynda toklaryň paýlanyşy

Kadaly iş düzgüninde releden şina akýan we şinadan akýan toklaryň tapawudyna deň bolan tok akýar. Bu toklar deňleşýär we gorag täsir etmeýär. Tok transformatorlarynyň ýalňyşlygy sebäpli relede deňsizlik togy döreýär. Ýüküň togunyň gysga utgaşma togundan kiçidigi sebäpli, kadaly iş düzgüninde deňsizlik toklarynyň ululygy hem kiçidir.

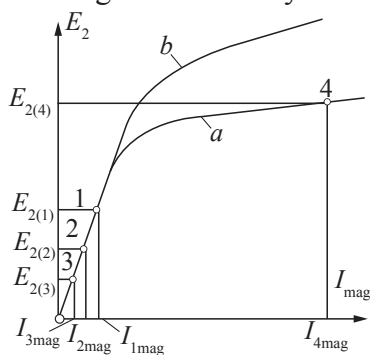
15.3. Şinanyň differensial goragyň ygtybarlylygyny ýokarlandyrmak üçin çäreler

a) Deňsizlik toguny azaltmak. Deňsizlik togy goragyň nädogry işlemegine getirmegi mümkin, şonuň üçin onuň ululygyny çäklendirmek üçin çäreler geçirilýär.

(15.3) aňlatmadan görnüşi ýaly gysga utgaşmanyň in uly togunda zeper ýeten şinadaky tok transformatorynyň magnitlenme toklary bilen galan birikmeleriniň magnitlenme toklarynyň tapawudyny azalt-

mak bilen deňsizlik togy hem azaldylýar. Iki düzüji hem deň bolsa, deňsizlik togy hem ýokarydyr.

Tok transformatorynyň magnitlenme togy onuň ikinji E_2 EHG-siniň ululygyna baglydyr. $E_2 = f(I_{\text{mag}})$ özara baglanyşyk magnitlenme egrisi bilen häsiýetlendirilýär (15.4-nji çyzgy).



15.4-nji çyzgy. Differensial go-ragyň tok transformatorynyň magnitlenme häsiýetnamasy

Tok transformatorynyň üstünden geçýän gysga utgaşmanyň togy näçe uly bolsa, şonçada E_2 uludyr, şonuň bilen birlikde hem I_{mag} tok hem uludyr. Daşky gysga utgaşmada zeper ýeten birikmäniň tok transformatorynyň üstünden iň uly tok akýar, şonuň üçin hem onuň magnitlenme togy maksimal baha ýetýär. Galan birikmeleriň tok transformatorlaryndan bu toklaryň bir bölegi akýar we magnitlenme tok

kiçidir. Aýratyn ýaramaz ýagdaý hem ikinji EHG-niň gatnaşygynda zeper ýeten birikmäniň tok transformatorlarynyň magnitlenmegi doýgun ýagdaýda (15.4-nji çyzgy. 4-nji nokat), galan tok transformatorlary gönüçyzykly ýagdaýda (1,2 we 3-nji nokatlar) işleýär. Şeýle şertde magnitlenme toklarynyň tapawudy iň uly baha eýedir. Şonuň üçin deňsizlik toguny azaltmak üçin daşky gysga utgaşmada ähli tok transformatorlary gönüçyzykly häsiýetnamada işlemeli. Bu maksat üçin:

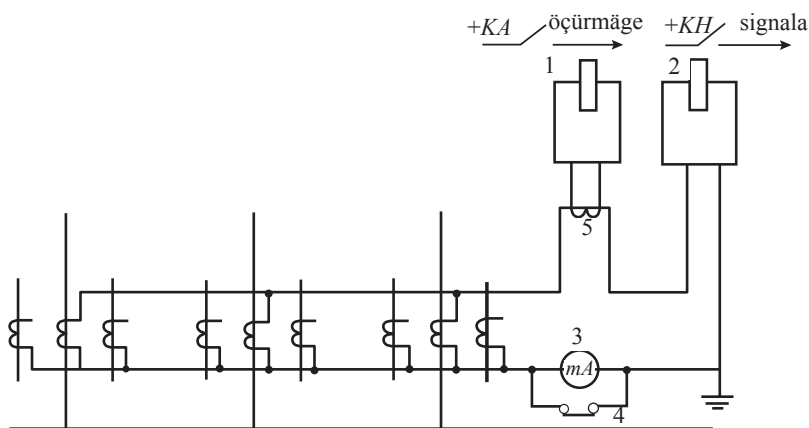
1. $I_{\text{g.u}}$ gysga utgaşmanyň iň uly togunda doýgunlaşýan bir görnüşli tok transformatorlary ulanylmaly. Bu nukdaýnazardan D klasly tok transformatoryny ulanmak amatlydyr.

2. Tok transformatorynyň transformasiýa koeffisiýentini ýokarlandyrmak bilen $I_{\text{g.u}}$ gysga utgaşma togunyň I_{nom} nominal toga gatnaşygynyň tapawudyny kiçeltmeli.

3. I_i ikinji togy we Z_y azaltmak bilen tok transformatorlarynyň ýüküni azaltmaly. Z_y azaltmak üçin onuň kese kesiginiň meýdanyny ýokarlandyrmaly we birikdiriji simleriň uzynlygyny gysgaltmaly. I_i ikinji togy azaltmak üçin bir amperli tok transformatorlary ýa-da kömekçi transformatorlar ulanylýar.

Tok transformatorlaryny saýlamak we onuň ýüklenmegini kesgitlemek 10% ýalňyşlyk egrisi boýunça geçirilýär.

b) Differensial reläni deňsizlik toguna sazlamak. Ýokarda agzalan çäreler deňsizlik toguny azaltmaga mümkinçilik hem berse, durnuklaşmadyk iş düzgüninde gysga utgaşmanyň togunyň aperodiki düzüjisiniň hasabyna deňsizlik toklar uly bahalara ýetýär. Durnuklaşmadyk iş düzgüninde şinanyň differensial goragyny deňsizlik toguna sazlamagy gowulandyrmak üçin çalt doýgunlaşýan tok transformatorly 5 rele ulanylýar (15.5-nji çyzgy). Çalt doýgunlaşýan tok transformatory deňsizlik togunyň aperodiki düzüjisini relä geçirmeyär. Şonuň netijesinde differensial gorag doly deňsizlik toguna däl-de, onuň periodiki düzüjisine sazlanýlar. Gorag BHT-li PHT-567 reläniň kömegi bilen ýerine ýetirilýär. Relede iki sany w_1 we w_2 garaşsyz sarymlar bar we ikinji toklary 1 ýa-da 5 A toga deň.



15.5-nji çyzgy. 5 çalt doýgunlaşýan transformatoryň üstünden birikdirilen 1releli differensial gorag we 2 signal relesiniň we 3 milli ampermetriň kömegi bilen onuň tok zynjyrynyň abatlygyna gözegçilik

ç) Tok zynjyrynyň abatlygyna gözegçilik. Haýsydyr bir birikmäniň tok transformatorlarynyň ikinji zynjyrynda üzülmäde ýa-da şuntlanmada üzülen we şuntlanan fazanyň togy differensial relä barmaýar. Netijede, relede toklaryň deňligi bozulýar we relede üzülen hem-de şuntirlenen fazanyň toguna garşylykly ugrukdyrylan hem-de ululygyna deň bolan artykmaç tok döreýär. Şeýlelikde, tok zynjyryn-

da üzülməyə şinanyň goragynyň nädogry işlemegi mümkin we ol tutuş podstantsiýanyň hem-de elektrik stansiýasynyň öçmegine getirýär.

Üzülen fazanyň ýüküniň togunyň täsiri astynda goragyň nädogry işlemeginiň önüni almak üçin differensial rele has agyr ýüklenen birikmäniň toguna sazlanýlýar.

Olardan başga hem differensial reläniň nol geçirijisine duýgur tok relesi ýerleşdirilýär (15.5-nji çyzgy).

Faza üzülməyə we şuntlananda ikinji zynjyryň wagt relesi 2 goragy işden çykarýar hem-de duýduryjy signal berýär. 2 reläniň 3 milliampermetr bilen üsti ýetirilýär. Milliampermetriň kömegi bilen diňe bir üzülmə kesgitlenmän, zynjyrdak kontaktlaryň zaýalanmagyny, nol geçirijide deňsizlik togunyň ýokarlanmagy anyklanylýar. Nobatçy personal 4 düwmäni basyp, deňsizlik toguny yzygider ölçeyär we tok zynjyrynyň abatlygyny barlaýar.

BHT-niň üstünden birikdirilen releli şinanyň differensial goragynyň işleme togy.

Reläniň işleme togy iki şert boýunça saýlanýlýar:

Kadaly iş düzgününde ikinji zynjyrdak üzülməyə gorag täsir etmeli däl, şonuň üçin:

$$I_{\text{gor.iş}} = k_{\text{ätiýaç}} I_{\text{ý.maks}} \quad (15.6)$$

bu ýerde $k_{\text{ätiýaç}}$ – ätiýaçlyk koeffisiýenti, ol 1,2–1,25-e deň.

$I_{\text{ý.maks}}$ – has agyr ýüklenen birikmäniň ýüküniň maksimal togy.

Daşky gysga utgaşmada deňsizlik togunda gorag işlemeli däl: Onuň üçin:

$$I_{\text{gor.iş}} = k_{\text{ätiýaç}} I_{\text{ds.maks}} \quad (15.7)$$

Rele doýgunlaşýan tok transformatorynyň üstünden birikdirilende rele durnuklaşan iş düzgüniniň deňsizlik toguna sazlanýlýar.

Tok transformatory gysga utgaşmanyň jemi togy akandaky ýalňyşlygynda işleýär diýlip kabul edilýär. Şeýlelikde, deňsizlik togy tok transformatorynyň ΔI ýalňyşlygyna deň, ol hem I_{mag} magnitlenme toguna deň diýlip alynýar:

$$I_{\text{ds}} = \Delta I = I_{\text{maks}}$$

Eger ΔI gysga utgaşma togunyň maksimal bahasynda 10%-den geçmese, 10% ýalňyşlygyň egrisi boýunça barlanýlýar, onda:

$$I_{\text{ds.maks}} = 0,1 I_{\text{g.u.maks}} \quad (15.8)$$

bu ýerde $I_{g.u.maks}$ – daşky zeper ýetmede gysga utgaşmanyň iň uly togy.

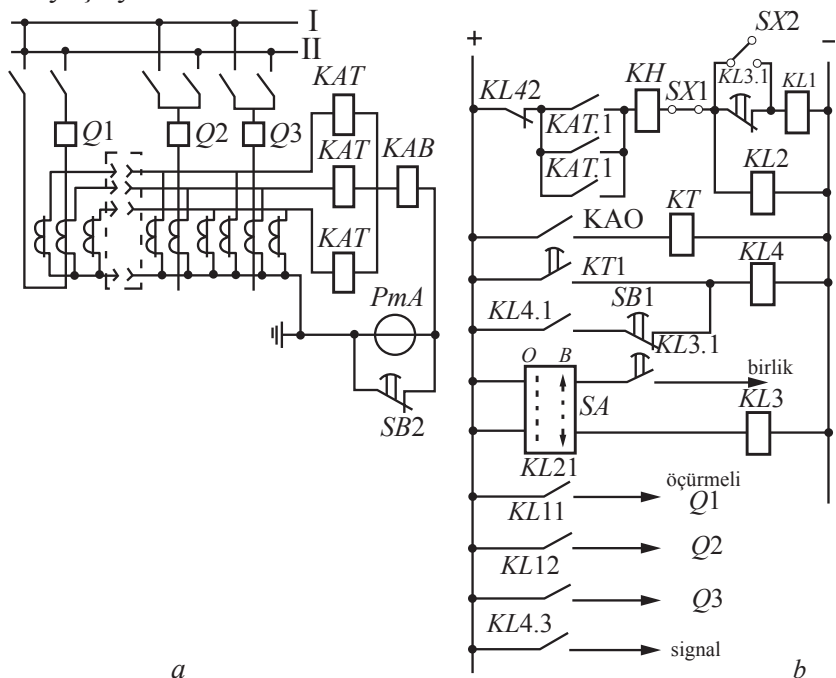
Goragyn duýgurlygy. Goralýan şinada gysga utgaşmada gysga utgaşma togunyň minimal bahasynda gorag ygtybarly işlemelidir. Duýgurlyk koeffisiýenti aşakdaky formula bilen häsiýetlendirilýär:

$$K_{duý} = \frac{I_{g.u.min}}{I_{gor.iş}}. \quad (15.9)$$

Goragyn ygtybarly täsiri üçin: $K_{duý} \geq 2$.

15.4. Şinanyň differensial goragynyň shemasynyň dürlüligi

a) Bir işçi we bir ätiýaçlyk şinalar sistemaly podstansiýa üçin şinanyň differensial goragynyň shemalary. Ähli birikmeler birikdirilen bir şinalar sistemaly 15.6-njy çyzgyda görkezilen podstansiýa kadaly işleýär.



15.6-njy çyzgy. Bir işçi we bir ätiýaçlyk şinalar sistemaly podstansiýa üçin şinanyň differensial goragynyň shemasy:

a – tok zynjyry; b – operatiw toguň zynjyry

Şına birikdiriji öçüriji Q3 öçürilen we ikinji şınalar sistemasy naprýaženiýesiz ätiýaçlykdadyr. Podstansiýanyň şınasynyň goragy 15.6-njy çyzgyda görkezilen shema boýunça ýerine ýetirilendir.

Şınanyň goragynyň shemasy podstansiýanyň diňe bir kadaly iş düzgüninde zeper ýetmede öçürmeli däl-de, birikmeler işçi şınalar sistemasyndan ätiýaçlyk sistema geçirilende hem ygtybarly öçürmegi üpjün etmelidir. Birikmeler geçirilende iki şınalar sistemasy hem şına birikdiriji öçürijä berk birikdirilýär. Bu ýagdaýda goragyň täsir zolagyna iki şınalar sistemasy hem girmelidir. Bu şerti ýerine ýetirmek üçin şına birikdiriji öçürijiniň tok transformatory goraga birikdirilmelidir. Kadaly iş düzgüninde şına birikdiriji öçüriji öçürilen we şonuň üçin hem onuň tok transformatorynyň goraga birikdirilmezligi goraga täsir etmeli. Şına birikdiriji öçüriji birikdirilende ätiýaçlyk şına sistemasy goragyň zolagyna düşýär. Şonuň üçin ätiýaçlyk şına sistema birikdirilýän wagty onda gysga utgaşmada, şınanyň goragy işleýär we ähli podstansiýany öçürýär we işçi şınanyň işini saklaýar. Bu ýetmezçiligi aýyrmak üçin ätiýaçlyk şına synag edilýän momenti diňe birikdiriji öçürijiden başga ähli birikmeleri öçürmegiň önüni almak üçin blokirowka edilýär. Şeýlelikde, synag wagty şınanyň goragy diňe şına birikdiriji öçürijini öçürýär. Bellenen wagtdan soňra blokirowka şınanyň goragynyň kadaly shemasyny ýola goýýar.

Blokirowka 6 yza gaýdyşy haýalladylan aralyk reläniň kömegi bilen ýerine ýetirilýär. Bu reläniň ýokarky kontakty ýapyk we onuň üstünden şına Q3 birikdiriji öçürijiden başga ähli öçürijileri öçürmek üçin niýetlenen 7 aralyk relä otirisatel zarýad berilýär. Q3 öçüriji dolandyryjy açardan birikdirilende 6 rele herekete gelýär we 7 reläniň otirisatel zarýadyny aýyrýar.

b) Birikmeleri fiksirlenen paýlanan iki şınalar sistemada işleýän podstansiýa üçin differensial goragyň shemasy. Şeýle podstansiýanyň aýratynlygy seksion we şına birikdiriji öçüriji bilen baglanan iki şınalar sistemasy iş ýagdaýynda ýerleşýär (15.7-nji çyzgy). Her bir birikme kesgitli şınalar sistemasyna birikdirilýär we bu paýlanyş üýtgemelidir. Zeper ýetmäge dogry aradan aýyrmak üçin, zeper ýeten şına birikdirilen ähli birikmeleri we seksion öçürijini öçürip, şınanyň goragy her bir şınalar sistemasynda gysga utgaşmada saýlap öçürmäge üpjün etmeli. Her bir şınalar sistemasyny öz içine alýan, iki özbaşdak

goraglary ulanyp, saýlaýjylyk şertini ýerine ýetirip bolýar. Ýöne şeýle shemanyň iki ýetmezçiligi bar:

1. Ähli birikmeler bir şinalar sistemasyna birikdirilende, daşky gysga utgaşmada şinanyň goragy nädogry öçürilýär.

2. Birikmeleriň fiksasiýasy mejbury bozulanda daşky gysga utgaşmada şinanyň goragy nädogry işleýär.

Görkezilen iş düzgünlerde daşky gysga utgaşmada saýlaýjylygy üpjün etmek üçin goragyň üç komplekti ulanylýar (15.7-nji çyzgy). 1-nji reläniň komplekti 1-nji seksiyanyň goragy üçin niýetlenen. 1-nji şinalar sistemasyna birikdirilen ähli birikmeleriň tok transformatorlaryna differensial shema görä birikdirilýär we olary öçürmek üçin täsir edýär. 2-nji reläniň komplekti 2-nji seksiyanyň goragyna hyzmat edýär. Onuň relesi 2-nji seksiya birikdirilen tok transformatorlaryna differensial shema boýunça birikdirilýär we olary öçürmek üçin täsir edýär.

- 3 komplekt iki seksiyanyň hem differensial goragy bolup durýar. Ol 1 we 2 komplektleriň relesiniň üstünden geçýän toklaryň jemi-ne birikdirilen. Ol şeýle görnüşde ähli birikmeleriň tok transformatorlaryna differensial birigýär. 3 komplekt 1-nji we 2-nji seksiyanyň şinasynda gysga utgaşmada täsir edýär. Daşky gysga utgaşmada 3 komplekt rele 1 we 2 komplektleriň relesine operatiw toguň impulsyny berýär we şina birikdiriji öçürijiler öçürilýär.

Kabul edilen birikmeleriň fiksasiýasy saklananda daşky gysga utgaşmada üç gorag komplekti işlemeýär.

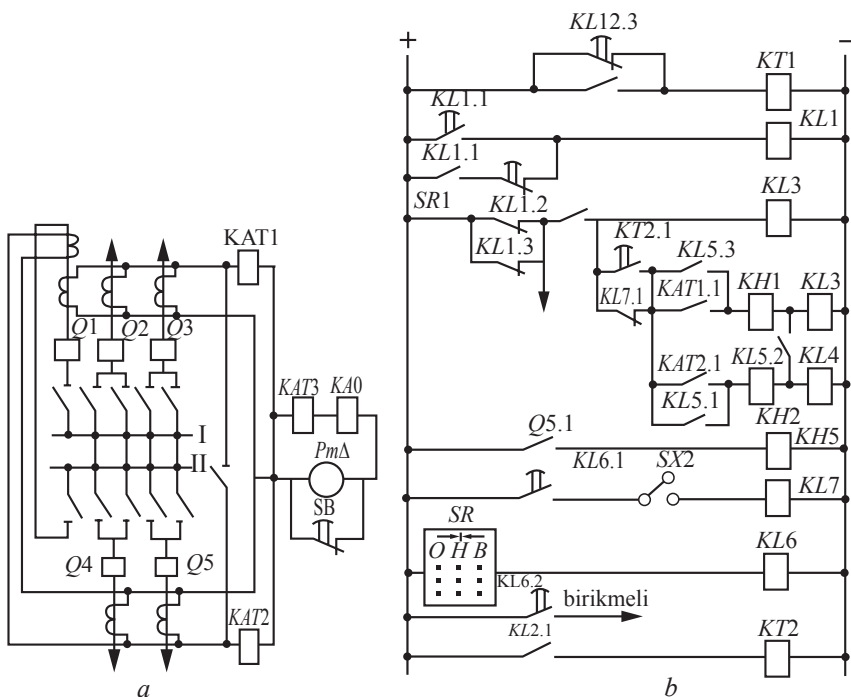
- 1-nji seksiyanyň şinasynda gysga utgaşmada 1 we 3 komplekt täsir edýär. 2-nji komplekt üçin bu gysga utgaşma daşky gysga utgaşmadyr we şonuň üçin işlemeýär. 2-nji şinalar sistemasynda gysga utgaşmada 1 komplekt işlemeýär. 3 we 2 komplektler täsir edýär we ikinji şinalar sistemasynyň ähli birikmelerini öçürýär.

Fiksasiya bozulanda goragyň ýagdaýyny seljereliň.

Mysal üçin, eger Q2 birikme 2-nji seksiya geçirilse:

1. Gönümel geçýän gysga utgaşmanyň toklary 1 we 2 komplektlerde balansirlenmeýär, onuň netijesinde iki gorag komplektiniň işlemegi mümkin, ýöne 3 komplekte tok deňleşýär we 1 we 2 komplektleriň ýalňyş işlemegine rugsat bermeýär.

2. 2-nji seksiyada gysga utgaşmada 1 komplektde toklar deňleşmeýär, ýagny 2-nji seksiya birikdirilen Q2 birikmäniň tok transformatoryndan artykmaç tok gelýär. Şonuň üçin diňe 3 we 2-nji gorag işlemän, 1-nji gorag işleýär. Şeýlelikde, şinalara görä kabul edilen birikmeleriň fiksasiýasy bozulanda seredilýän shema daşky gysga utgaşmada saýlaýjylygy saklaýar, şinada gysga utgaşmada ol saýlaýjylygyny ýitirýär.



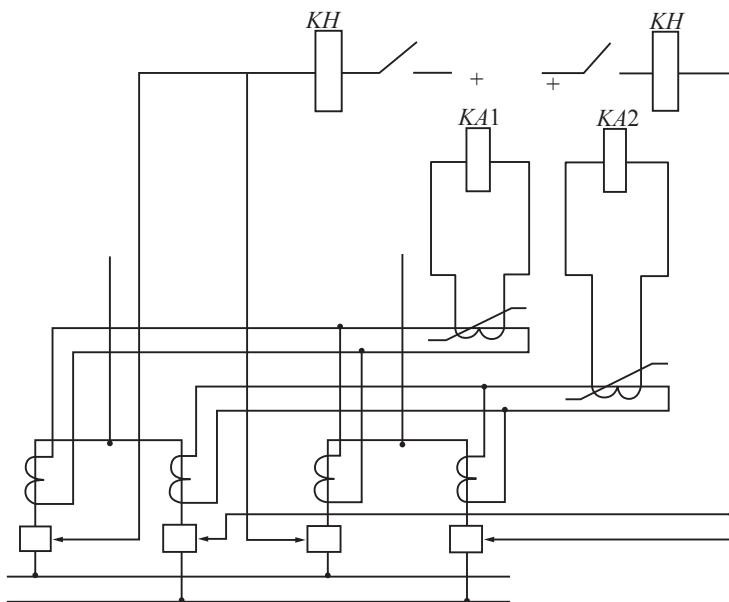
15.7-nji çyzgy. Birikmeleri fiksirlenen paýlanan iki şinalar sistemasynda işleýän podstansiýa üçin differensial goragyň shemasy:

a – operativ zynjyr; b – operativ toguň zynjyry

Şinada gysga utgaşmada saýlaýjylygy üpjün etmek üçin başga şinalar sistemasyna geçirilen birikmäniň operativ zynjyry we tok transformatorlaryny hem şol şina geçirmeli.

3. Her bir birikmesinde iki ölçürijili şinanyň differensial goragyň shemasy. Her bir şina sistemasy öz şinasynyň ölçürijilerine täsir edýän aýratyn differensial gorag bilen enjamlaşdyrylýar (15.8-nji

çyzgy). Haýsydyr bir şina sistemada gysga utgaşmada onuň differensial goragy işläp, zeper ýeten şinanyň öçürijisini öçürýär. Abat şinanyň goragy täsir etmeýär we şonuň netijesinde hemme birikmeler iş ýagdaýynda galýar. Her bir goragda tok zynjyrynyň abatlygyna göreçilik ediji gurluşy bolmalydyr.



15.8-nji çyzgy. Her bir birikmesinde iki öçürijili şinanyň differensial goragynyň shemasy

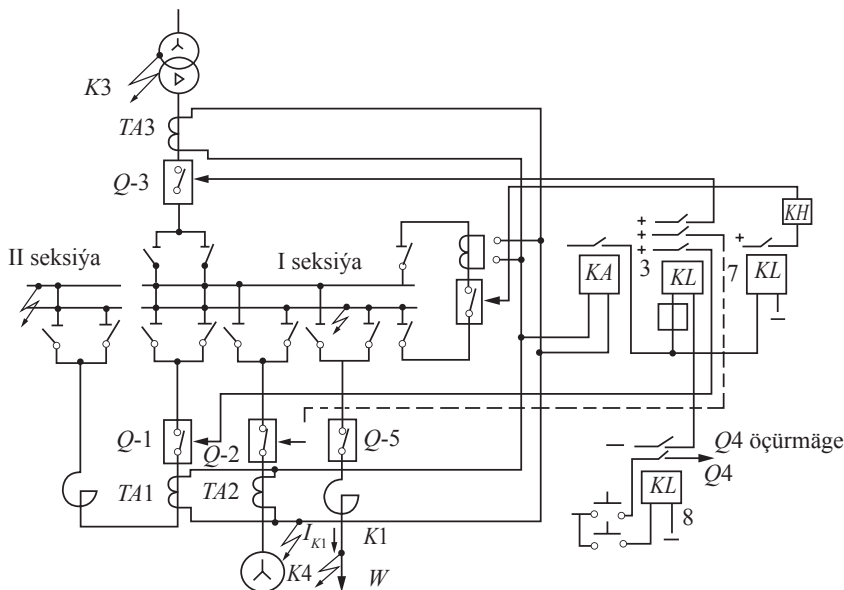
15.5. Şinanyň differensial goragyny bahalandyrmak we onuň ulanylýan ýerleri

Şinanyň differensial goragynyň esasy artykmaçlygy onuň çalt täsirliligi, saýlaýjylygy we ýokary duýgurlygydyr. Differensial gorag çäýkanmada we aşa ýüklenmede täsir etmeýär.

Dogry sazlananda, tok transformatory dogry saýlananda we deňsizlik toga ygtybarly saýlananda gorag ygtybarly hem-de ýokary derejede dogry işleýär. Differensial gorag 110, 220, 330, 500 we 750 kW naprýaženiýeli setleriň şinasyny goramak üçin ulanylýar. Has kiçi naprýaženiýeli setlerde differensial gorag seýrek ulanylýar.

15.6. Şinanyň doly däl differensial goragy

Reaktorly liniýaly we birnäçe iýmitlendirijili çeşmeli elektrik stansiýalarda we podstansiýalarda doly däl differensial gorag 15.9-njy çyzgyda görkezilen.



15.9-njy çyzgy. 6-10 kV naprýaženiýeli şinanyň doly däl differensial goragynyň ýönekeýleşdirilen shemasy

1-nji differensial tok rele G generatoryň T , transformatoryň we $Q1$ seksion öçürjileriň, ýagny ähli iýmitlendiriji çeşmeleriň toklarynyň jemine birikdirilýär.

W liniýanyň tok transformatorlary goraga birikdirilmeýär, bu bolsa shemany ýeňilleşdirýär we doly däl differensial goragyň artykmaçlygydyr. Doly däl differensial goragy iýmitlendirýän tok transformatorlarynyň transformasiýa koeffisiýentleri birmeňzeş bolmalydyr.

W çykyp gidýän liniýada gysga utgaşmada 1-nji relä barýan ýüküň we gysga utgaşmanyň toklary deňleşmeýär, sebäbi liniýa boýunça toklar goraga barmaýar. Şonuň üçin 1-nji relä iýmitlendiriji çeşmeden we $I_{l.ýüki}$ liniýanyň ýüküniň jemi togunyň zeper ýetme ýe-

re akýan gysga utgaşmanyň toklarynyň jemi barýar $\sum I_{g,u} = I_{g,u1}$. Bu ýagdaýda goragyň işlemezligi üçin, onuň işleme togy aşakdaky şerti kanagatlandyrmaly:

$$I_{r,iş} = k_{\text{ätiýaç}} (I_{g,u,1\text{maks}} + \sum I_{L,y}), \quad (15.10)$$

bu ýerde $k_{\text{ätiýaç}}$ – ätiýaçlyk koeffisiýenti, ol 1,2–1,3-e deň.

Goňşy seksiyada, generatorda we transformatoryň önünde gysga utgaşmada, relä girýän, şinadan gelýän we gidýän gysga utgaşma toklary, iýmitlendiriji çeşmä birikdirilen tok transformatorlarynyň differensial düzgüninde birikdirilmeği esasynda deňleşýär we şonuň üçin gorag täsir etmeýär.

Kadaly iş düzgüninde çykyp gidýän liniýanyň ýüküniň toklary 1-nji relä barmaýar. Netijede, bu toklar reledde deňleşmeýär we ondan liniýanyň ýüküniň togunyň jemine deň bolan galyndy tok akýar. Ýöne gorag täsir etmeýär, sebäbi ýüküň jemi togy $I_{g,u,1}$ -niň togundan kiçidir.

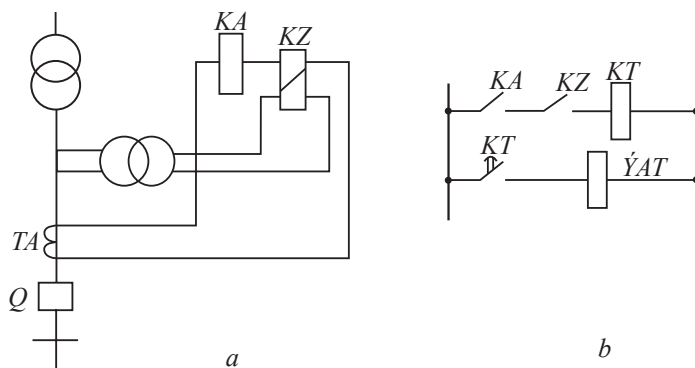
Goralýan şinada gysga utgaşmada relä iýmitlendiriji çeşmeden zeper ýetmä akýan gysga utgaşma toklarynyň jemi barýar. Eger $I_{k5} > I_{g,iş}$ bolsa, gorag täsir edýär we şinalar sistemasyny iýmitlendirýän hemme iýmitlendiriji çeşmeler öçürilýär. Generatorlary çalt öçürmek zerurlygy ýok.

Ýerine ýetirilish düzgünine görä gorag daşky gysga utgaşmada täsir etmeli däl we şonuň üçin hem ol wagt saklanmasyz ýerine ýetirilýär.

Bu goragyň artykmaçlygy onuň çalt täsirirliligi we doly differensial gorag bilen deňeşdireniňde shemasynyň ýönekeýligidir.

15.7. Tokdan bölüp aýyrýan goragyň kömegi bilen şinanyň goragy

Reaktorly ulanyjylaryny kabel liniýa bilen iýmitlendirýän 10 ýa-da 6 kW naprýaženiýeli podstantsiýanyň şinalaryny tokdan bölüp aýyrýan gorag bilen goramak mümkin (15.10-njy çyzgy). Tokdan bölüp aýyrýan gorag iki faza birikdirilen iki releli ýa-da iki fazanyň toklarynyň tapawudyna birikdirilen bir releli ýerine ýetirilýär. Tok-



15.11-nji çyzgy. Şinanyň distansion goragynyň shemasy:

a – tok we naprýaženiýe zynjyry; b – operatiw zynjyr

Goralýan şinada metalliki gysga utgaşmada naprýaženiýe we gysgyçlardaky garşylyk nola çenli pese gaçýar. Gorag täsir edýär we transformatory açýrýar.

Generatoryň çykalgalarynda gysga utgaşmada, gorag şinada gysga utgaşmadaky ýaly hereket edýär. Saýlaýjylyk şertini üpjün etmek üçin şeýle zeper ýetmede şinanyň goragynyň wagt saklanmasy generatoryň differensial goragynyň wagt saklanmasyndan uly saýlanylýar. Şinanyň goragynyň wagt saklanmasy

$$t_{\text{gor}} = 0,5 - 0,6 \text{ s.}$$

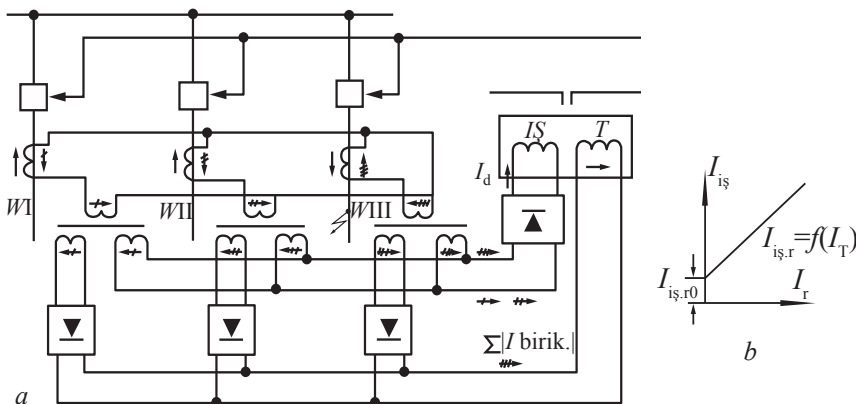
Reaktora çenli we liniýanyň reaktorynda gysga utgaşmada, liniýanyň maksimal tok goragyna garanynda şinanyň goragy çalt täsir edýär.

15.9. Ýalňyşlygy ýokary bolan tok transformatorly 110-500 kW naprýaženiýeli şinanyň goragy

Haçanda, tok transformatorynyň ýalňyşlygyny çäklendirmek mümkin bolmadyk ýagdaýynda we onuň ýalňyşlygy 10%-den geçse, şinanyň ýönekeý differensial goragynyň duýgurlygy we ygtybarlylygy ýeterlik däl. Bu ýagdaýda tormozlaýjy differensial gorag ýa-da differensial-faza gorag ulanylýar.

Şinanyň tormozlaýjy differensial goragy. Gorag transformatorynyň goragyna meňzeş işleýär. Goragyň duýujy organy tormozlaýjy

differenceial rele bilen ýerine ýetirilýär. Işçi işleme tok tormozlaýjy togunyň ululygyna baglydyr $I_{r.iş}=f(I_t)$ (15.12-nji a çyzygy).



15.12-nji çyzygy. Şinanyň göneldilen tokly tormozlaýjy differenceial goragy

Tormozlaýjynyň barlygy deňsizlik togunyň uly bahasyny goýbermäge mümkinçilik berýär.

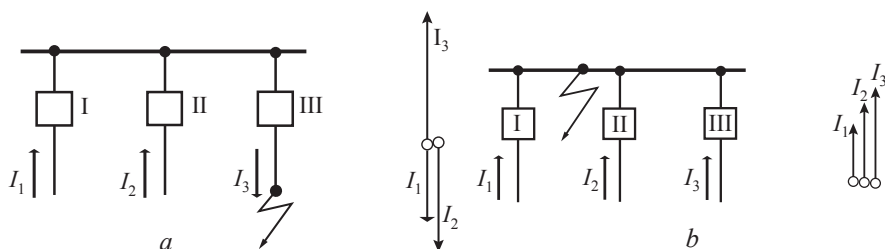
Goragyň tok zynjyry differenceial shema görä, ýagny eginlerdäki toklar tormozlaýjy tok hökmünde, ähli birikmeleriň toklarynyň jemi-ne deň bolan differenceial tok goragyň işçi togy hökmünde birikdirilýär.

Eger duýujy organ hökmünde üýtgeýän toguň tok transformatoryndan ýymitlenýän elektromehaniki rele ulanylýan bolsa, reläniň tormozlaýjy sany goralýan şinadan çykyp gidýän birikmeleriň sanyna deň bolmalydyr. Bu goragyň çylşyrymlaşmagyna getirýär.

Goragy göneldilen tokda ýerine ýetirilse, gorag ýönekeýleşýär. Bu ýagdaýda duýujy organ hökmünde polýarlaşan, magnitoelektrik ýa-da ýarym geçirijili rele ulanylýar.

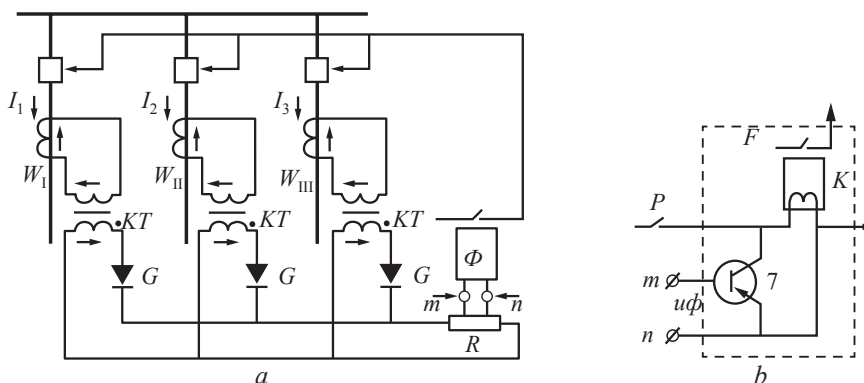
Polýarlaşan releli tormozlaýjy differenceial goragyň shemasy 15.12-nji a çyzygyda görkezilen. Reläniň T tormozlaýjy sarymy birikmeleriň göneldilen togunyň jemi-ne birikdirilýär $I_t = \sum I_{birik.}$. Bu ýagdaýda tormozlaýjy tok hemme birikmeleriň toklarynyň jemi-ne deň. Işçi sarym göneldilen differenceial tokdan I_d ýymitlenýär.

Şinanyň differenceial-faza goragy. Bu goragyň täsir ediş düzgüni şinada gysga utgaşmada we daşky gysga utgaşmada toklaryň fazasyny deňeşdirmeklige esaslanandyr (15.13-nji çyzygy).



15.13-nji çyzgy. Şinanyň daşynda (a) we şinada (b) gysga utgaşmada birikmelerde toklaryň fazalary hem-de olaryň paýlanylyşy

Birinji toklaryň faza süýşmelerini hasaba alyp, daşky gysga utgaşmada (15.13-nji a çyzgy) şina akýan we şinadan akýan toklar fazalary boýunça garşylykly (180° süýşen) ugrukdyrylan, şinada gysga utgaşmada (15.13-nji b çyzgy) ähli birikmeleriniň toklary fazalara görä gabat gelýär. Aýdylanlardan görnüşi ýaly, differensial-faza goragynyň duýujy organy hemme birikmeleriniň toklarynyň faza süýşme burçlaryny deňeşdirmelidir. Ähli birikmeleriniň toklarynyň fazalary gabat gelende duýujy organ hökman işlemeli, bir birikmäniň togy 180° süýşen bolsa, duýujy organ täsir etmeli däl. Şeýle deňeşdirmiş 15.14-nji a çyzgyda görkezilen shema bilen ýerine ýetirilýär.



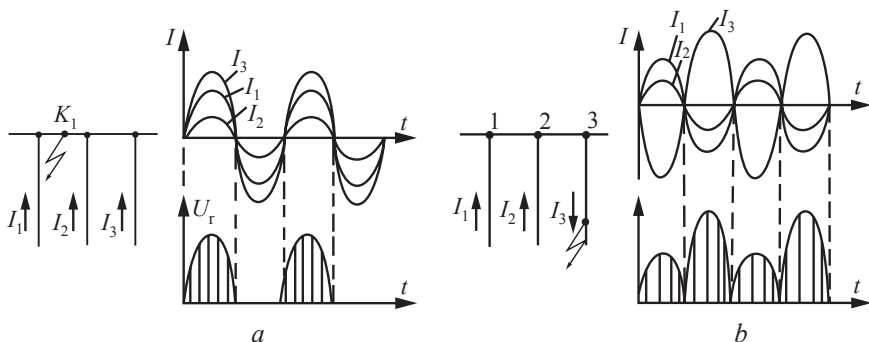
15.14-nji çyzgy. (a) şinanyň differensial-faza goragynyň ýerine ýetirilişi we (b) fazalary deňeşdirýän reläniň ýönekeýleşdirilen shemasy

Her bir birikmede ýerleşdirilen KT kömekçi transformatorlarynyň ikinji sarymlarynyň birmeňzeş gysgyçlary položitel ýarym peridy geçirýän göneldiji arkaly birigýär.

Bu konturyň çykalgasyna birikmäniň birinji toklarynyň arasyndaky faza süýşmesini duýýan F faza organ birikdirilýär.

Ähli birikmeleriň G göneldijä parallel birikdirilendigi sebäpli, ähli birikmelerden göneldijiniň üstünden diňe položitel ýarym periodyň in uly bahasyndaky tok akýar. G göneldiji kiçi tokly birikmeler üçin ýapykdyr. Şeýlelikde, F faza deňeşdiriji organa $U_f = kI_{\text{maks}}R$ naprýaženiýe berilýär.

Goralyan şinada gysga utgaşmada (15.15-nji a çyzgy) iýmitlendiriji çeşmesi bar bolan ähli birikmeleriň toklary şina tarap ugrukdyrylan we iýmitlendiriji çeşmäniň fazalarynyň EHG-sini we birikmeleriň burçlarynyň garşylyklaryny hasap etmeseň, fazalar boýunça gabat gelýär. Bu şertde ähli birikmeleriň birinji toklarynyň položitel ýarym periody gabat gelýär. Gysga utgaşmanyň in uly togy bolan birikmäniň togy öz göneldijisinden geçýär we F duýujy organa täsir edýär.



15.15-nji çyzgy. Goragyň faza organynda toklaryň diagrammalary:

a – şinada gysga utgaşmada; *b* – şinanyň daşynda gysga utgaşmada

Birikmäniň otrisatel ýarym periodyny göneldiji geçirmeýär we faza konturynda tok ýokdur. Şonuň netijesinde faza organynyň girelgesinde U_f naprýaženiýe kesilip berilýär. Faza organa girýän naprýaženiýäniň egrisi kesilende faza organy işleýär. Daşky gysga utgaşmada şina gelýän we gidýän toklar 180° süýşendir. Netijede, bu toklar faza konturda üzüksiz häsiýete eýedir (15.15-nji b çyzgy). Tutuş impuls bar wagty faza organ işlemeýär.

F reläniň $I_{r.iş} = f(\varphi)$ faza baglanyşyk häsiýetnamasy 15.16-njy çyzgyda görkezilen.

Iýmitlendiriji çeşmäniň fazalarynyň EHG-siniň dürlüligi sebäpli döreyän burç ýalňyşlygyň, birikmeleriň garşylyklarynyň burçunyň we tok transformatorlaryň burç ýalňyşlygynyň hasabyna faza organynyň täsir zolagynyň giňligi 140° -a deň edilip alynýar.

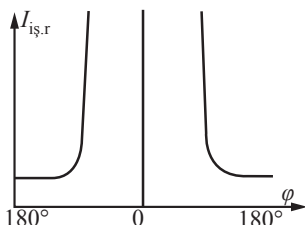
F deňeşdiriji faza organ K rele bilen dolandyrylýan T tranzistoryň kömegi bilen ýerine ýetirilýär (15.14-nji b çyzgy). U_f naprýaženiýe bar wagty triod açyk we

K reläni şuntirläp, onuň işlemegine ýol bermeýär. U_f naprýaženiýe ýok wagty triod ýapylýar we rele işleýär. Differensial faza goragynyň duýgurlygy ýeterlik bolup, tok transformatorynyň ýalňyşlygy 20-30%-e deň hem bolsa, şinada gysga utgaşmada ygtybarly öçürýär.

Differensial-faza goragy bir sistemaly ýerine ýetirilýär.

Goragy bahalandyrmak. Differensial goragyň iki görnüşi hem şinanyň ýönekeý differensial goragyna garanynda duýgurdyr. Daşky gysga utgaşmanyň toguna ygtybarly sazlanýlar, tok transformatorynyň takyklyk talabyny azaltmaga we goragyň tok zynjyrynyň kabeliniň kese kesiginiň meýdanyny kiçeltmäge mümkinçilik berýär.

Iki goragyň ýetmezçiligi gysga utgaşmanyň aperiodiki düzüjisi bilen şertlenen, geçiş prosesde tok transformatorlarynyň ýalňyşlygyna sazlananda çäre kabul edip bolmaýar.



15.16-njy çyzgy. Differensial-faza goragynyň işleme togunyň birikmeleriň toklarynyň φ faza süýşme burçuna baglylyk grafigi

XVI BAP

GENERATORYŇ GORAGY

16.1. Generatoryň kadasyz iş düzgünleri we zeper ýetmeler, generatoryň goragyna edilýän esasy talaplar

a) Zeper ýetmeleriň görnüşleri. Generatorda statoryň we rotoryň sarymlarynyň izolýasiýasynyň bozulmagy bilen zeper ýetmeler ýüze çykýar. Izolýasiýanyň zaýalanmagy izolýasiýanyň könelmegi, onuň çyglanmagy, kemçiligiň ýüze çykmagy, naprýaženiýäniň ýokar-

lanmagy, aşa naprýaženiýeler, mehaniki zeper ýetmeler (wibrasiýa) esasynda bolup geçýär. Şonuň üçin zeper ýetme sarymyň islendik bölginde ýüze çykyp biler.

Statorda zeper ýetmeler

1. Fazalaryň arasynda gysga utgaşmada zeper ýeten ýerden örän uly tok (10 müňlerçe amper) geçýär we bu tok sarymyň tok geçiriji böleginiň hem-de izolýasiýanyň, kähallatlarda statoryň magnit geçirijisiniň poladynyň eremegine getirýär.

2. Statoryň sarymynyň korpusa gysga utgaşmasy – bu sarymyň ýere gysga utgaşmasydyr, sebäbi statoryň korpusy ýere birikdirilen. Şeýlelikde, zeper ýetmäniň togy magnit geçirijiniň poladynyň üstünden ýere akýar. Poladyň zeper ýetmesi dowamly we çylşyrymly bejergini talap edýär.

3. Bir fazanyň sargylarynyň zeper ýetmesi seýrek duş gelýär, sebäbi ol ýere gysga utgaşma ýa-da fazalaryň arasyndaky gysga utgaşma geçýär.

Rotoryň zeper ýetmesi

Rotoryň sarymynda uly bolmadyk naprýaženiýe (300-500 W) bar we şonuň üçin hem onuň izolýasiýasynyň berkligi uludyr. Ýöne rotoryň sarymynyň agyr mehaniki iş şerti, uly aýlanma tizligi sebäpli bir ýa-da iki nokatda sarymyň korpusa gysga utgaşmasy gabat gelýär.

1. Bir nokatda korpusa gysga utgaşma howply däl, tok nola deň, ol generatoryň kadaly işini bozmaýar.

2. Rotoryň sarymynyň sargylarynda ikileýin gysga utgaşmada rotoryň sarymynyň belli bölegi şuntlanýar. Rotoryň garşylygy peselýär, ýokarlandyrylan tok döreýär. Bu tok rotoryň sarymyny we onuň iýmitlendiriji oýandyryjysyny gyzdýrýar. Bu bolsa rotoryň izolýasiýasynyň ýanmagyna getirýär. Olardan başga hem magnit akymynyň simmetrikligi bozulýar we güýçli mehaniki titreme döreýär.

b) Kadasyz iş düzgünleri

1. Daşky gysga utgaşmada we aşa ýükde generatora ýokarlandyrylan toguň döremegi.

Daşky gysga utgaşmada generatora gysga utgaşmanyň togy döreýär:

$$I_{g,u} > I_{nom,g}.$$

Generatorda energoulgamyň parallel işleýän generatorlarynyň öçmegi netijesinde, ýüküň gysga wagtlaýyn ýokarlanmasynda, generatoryň oýandyryjysynyň forsirowkasynda, sinhronlaşma bozulanda aş aýuklenme döreýär. Statoryň we rotoryň sarymy sowadylýar.

TBΦ – rotor wodorod bilen sowadylýar.

TTB – rotor we stator wodorod bilen sowadylýar.

TBB – stator suw we rotor wodorod bilen sowadylýar.

TBM – stator ýag, rotor suw bilen sowadylýar.

16.1-nji tablisa

Generatoryň rugsat berilýän aş aýuklenmesi

Statoryň aş aýuklenmesi		Rotoryň aş aýuklenmesi	
60 min	1,1	60 min	1,05
15	1,15	10 min	1,1
...
...
2	1,5	1 min	1,5
1	2	0,3 min	2

Aş aýuklenmede eger ýüksüzlendirmek üçin çäreler öz netijesini bermese, rugsat berilýän wagt gutarandan soň, generatory öçürmäge rugsat berilýär.

2. Toklaryň simmetriksizligi. Generatory ýük bilen birikdirýän zynjyryň bir ýa-da iki fazasy üzülen de döreýär. Statoryň togunyň simmetriksizligi rotoryň goşmaça gyzmagyna we generatoryň titremesine getirýär. Simmetriksizlik statoryň sarymynda ters yzygiderliligiň togunyň döremegi bilen ýüze çykýar. Bu toklar rotoryň aýlaw ugruna garşylykly ugrukdyrylan magnit meýdanyny döredýär. I_2 toklaryň döreden magnit akymy rotoryň korpusyny ikileýin ýygyllyk bilen kesip geçýär. Ol rotoryň metal böleginde ikileýin ýygyllykly köwlenme tok döredýär we pulsirleýji ikileýin ýygyllykly elektromagnit moment döredýär. Köwlenme toklar rotory goşmaça gyzdyrýar, pulsirleýji moment ony titredýär.

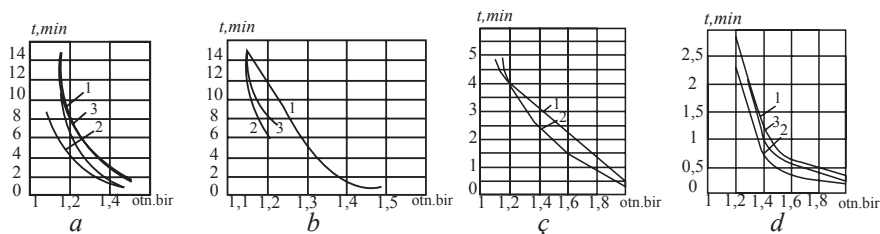
Häzirki zaman ýylylyk ätiýaçlygy az, kuwwatly turbo we gidrogeneratorlar üçin toklaryň simmetriksizligi aýratyn howpludyr. Turbogeneratorlar üçin fazalara görä simmetriksizlik nominaldan 10%-den, gidrogeneratorlar we sinhron kompensatorlar üçin 10–20%-den geçmeli däl. Görkezilen simmetriksizlik I_2 tok I_{nom} toguň 5–10%-ini düzýär, bu ululyk dowamly rugsat berilýän $I_{2 \text{ maks. rug}}$ maksimal tok diýlip atlandyrylýar.

Tok $I_2 > I_{2 \text{ maks. rug}}$ bolanda rotory howply goşmaça gyzdyrýar. Rotoryň sarymynyň izolýasiýasy we onuň aýratyn gyzma duçar bolýan elementleri üçin temperaturanyň aňry çägi $T_{\text{çäk}}$ bilen kesgitlenýän, çäklendirilen t_{rug} wagtyň dowamynda bu toklar goýberilip bilner:

$$t_{\text{rug}} = \frac{A}{I_2^2}, \quad (16.1)$$

bu ýerde I_2 – t_{rug} wagt üçin I_2 toguň täsir edýän bahasynyň generatoryň nominal toguna gatnaşygy; A – generatoryň görnüşine bagly ýylylyk hemişeligi.

Dürli görnüşli we dürli kuwwatly generatorlar üçin ýylylyk häsiýetnama 16.1-nji we 16.2-nji çyzgylarda görkezilendir.

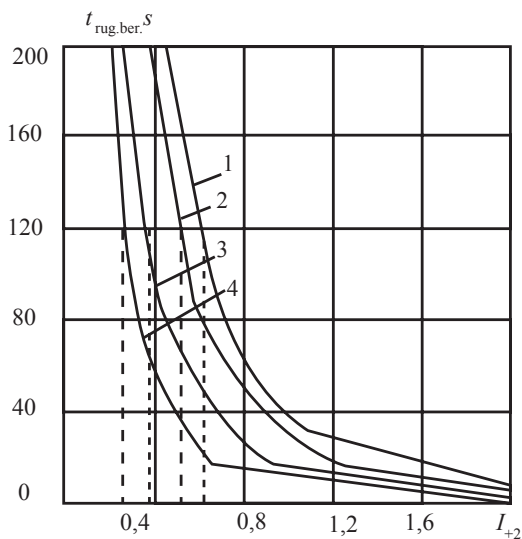


16.1-nji çyzgy. Statoryň $t = f\left(\frac{I_{\text{st}}}{I_{\text{nom}}}\right)$ (a, b) we rotoryň $t = f\left(\frac{I_{\text{rot}}}{I_{\text{nom}}}\right)$ (ç, d) toguna

görä turbogeneratorlaryň aşa ýüklenmesiniň rugsat berilýän dowamlylygy:

a – TTB-200, TTB-300 (1-nji egri), kuwwaty 500 Mw-a çenli TBB we TTB-200M (2-nji egri), TBΦ (3-nji egri) turbogeneratorlar; b – TBM-500 (1-nji egri), TBB-1200-2 (2-nji egri), TBB-800-2, TBB1000-4 (3-nji egri); ç – TBΦ, TBB we kuwwaty 500 Mw-a çenli TTB turbogeneratorlar; (1- TBΦ-63-2 generator; 2-TBΦ-100-2, TBB we TTB generatorlar); d – TBM-500 (1-nji egri), TBB-1200-2 (2-nji egri), TBB-800-2 we TBB-1000-1 (3-nji egri) turbogeneratorlar

(16.1)-nji aňlatma I_2 toguň bahasyna bagly simmetriksiz iş düzgüniniň rugsat berilýän dowamlylygyny kesgitleýän, generatoryň rotorynyň ýylylyk häsiýetnamasydyr.



16.2-nji çyzgy. $t_{\text{rug.ber}} = f(I_2)$ baglanyşyk egrileri:

1 – ($A=40$) generatorlar üçin; 2 – TB2 ($A=29$) turbogeneratorlar üçin; 3 – TBΦ ($A=15$) turbogeneratorlar üçin; 4 – TTB-300 ($A=8,5$) turbogeneratorlar üçin

16.2-nji tablisa

Simmetriksiz iş düzgüniniň rugsat berilýän dowamlylygy

Simmetriksiz iş düzgüniniň dowamlylygy, s	Turbogeneratorlar üçin, nominalyň ülüşinde I_2 rugsat berilýän tok	
	TBΦ	TBB we TTB (800 MWt-a çenli)
2	2,6	2
3	2,3	1,6
4	1,9	1,4
5	1,7	1,25
10	1,2	0,9
20	0,9	-

A ýylylyk hemişeligi zawodyň berlenlerine görä kabul edilýär. Gytaklaýyn wodorod sowadyjyly turbogeneratorlar üçin $A=30$, TBΦ generatorlar üçin $A=15$, TTB, TBB we TBM generatorlar üçin $A=8$, 800 MWt kuwwatly generatorlar üçin $A=6$.

16.2-nji çyzgydaky häsiýetnamadan görnüşi ýaly göni sowadyjyly kuwwatly generatorlar üçin $I_{2*} - 0,3I_{\text{nom.gen}}$ bolanda wagt kiçidir

(2 minutdan az). Şonuň üçin şeýle aşa ýüklenmede generatory simmetriksiz iş düzgüninden goramak üçin awtomatik gurluş talap edilýär.

Gytaklaýyn sowadyjyly we rotoryň gyzmagyna görä uly ätiýaçlykly generatorlarda rugsat berilýän wagt uludyr we olar simmetrik iş düzgüninde tokda awtomatik öçürilmelidir.

3. Naprýaženiýäniň ýokarlanmagy ýüküň duýdansyz aýrylmagy netijesinde döreýär. Rotor çalt aýlanyp başlaýar. Aýlaw ýygylýk 110%-e ýetende «howpsuzlyk awtomaty» işleýär we turbina berilýän bugy doly ýapýar. Ol naprýaženiýäniň howply ýokarlanmagyny we ýokarlanma tizligini togtadýar.

Gidrogeneratorlarda tizligi sazlaýjy haýal hereket edýär, şonuň netijesinde ýüküň duýdansyz aýrylmagy bilen agregatyň aýlaw ýygylýgy duýdansyz ýokarlanýar we nominal bahadan 40-60%, naprýaženiýe nominal bahadan 150% ýokarlanmagy mümkin. Şonuň üçin gidrogeneratorlarda naprýaženiýäniň ýokarlanmagyndan goraýan rele goragy ulanylýar.

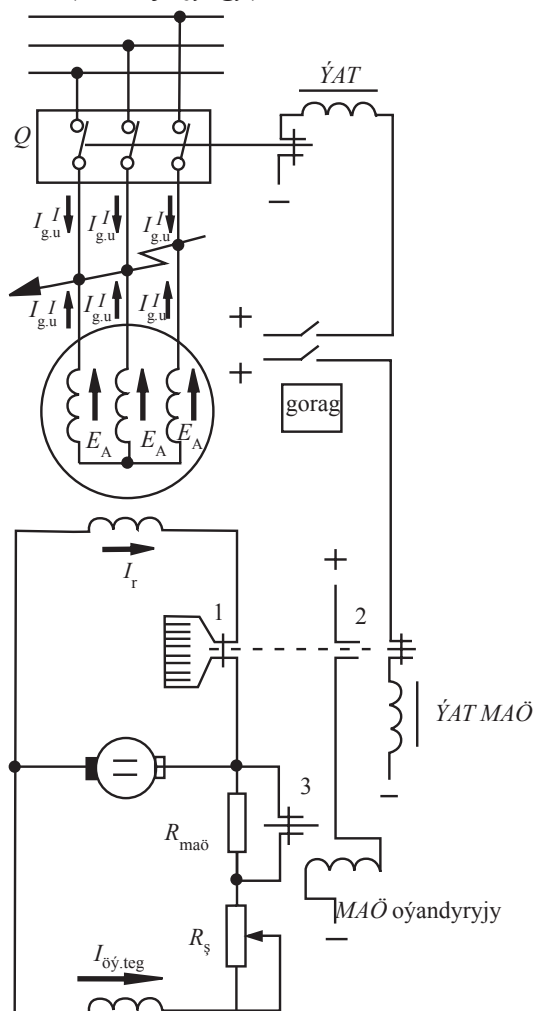
4. Asinhron iş düzgüni. Magnit meýdany awtomat öçürijiniň öçmegi ýa-da islendik başga sebäp bilen oýandyryjy ýitende asinhron iş düzgüni döreýär. Asinhron iş düzgüninde elektrik setinden reaktiw toguň köp ulanylmagyna, generatoryň gysgyçlarynda naprýaženiýäniň peselmegine we rotoryň aýlaw ýygylýgynyň ýokarlanmagyna getirýär.

Generator asinhron iş düzgünine geçende magnit meýdanynyň awtomat öçürijisi öçürilýär we ondan soň rotoryň sarmyna öçüriji garşylyk birikdirilýär. Bu sürtülmäniň azalmagyna, statoryň gysgyçlarynda toguň we naprýaženiýäniň yrgyldysynyň kiçelmegine, rotoryň sarmynda aşa naprýaženiýäniň azalmagyna getirýär. Statoryň sarmynyň naprýaženiýesiniň peselmegi hususy zerurlygyň mehanizmleriniň we elektrik hereketlendirijileriň kadaly işini bozýar, şonuň üçin asinhron iş düzgüninde işleýän generatorlaryň hususy zerurlygynyň mehanizmleri ätiýaçlyk çeşmä geçirilýär.

Kuwwaty 500 MWt-a çenli bolan turbogeneratorlaryň ählisi üçin gysga wagtlaýyn (15 minuta çenli) asinhron iş düzgüninde işlemäge rugsat berilýär. Asinhron iş düzgüninde ulanylmagy generatoryň oýandyryjysy dikelenden soň, generatoryň işini üpjün etmäge mümkinçilik berýär. Ýöne energiýa ulgamynyň reaktiw kuwwaty ýetmezçilik edýän etraplarynda asinhron iş düzgüninde işlemek rugsat berilmeyär. Bu ýagdaýda generator hökman öçürilmelidir.

ç) Generatoryň goragyndan edilýän talaplar. Generatoryň kadasyz iş düzgüninde, gorag ilki bilen signala işlemeli, nobatçy personal generatory öçürmezden kadasyz iş düzgünini aýyrmak üçin çäreler kabul edilmelidir.

Generatory awtomatiki öçürmek emele gelen kadasyz iş düzgünleri aýryp bolmadyk ýagdaýynda rugsat berilýär. Generatorda döran zeper ýetmäniň çeşmesiniň önüni almak üçin generatory elektrik setden aýyrmaly we meýdany öçürýän awtomatyň kömegi bilen rotoryň sarymynyň toguny kesmeli (16.3-nji çyzgy).



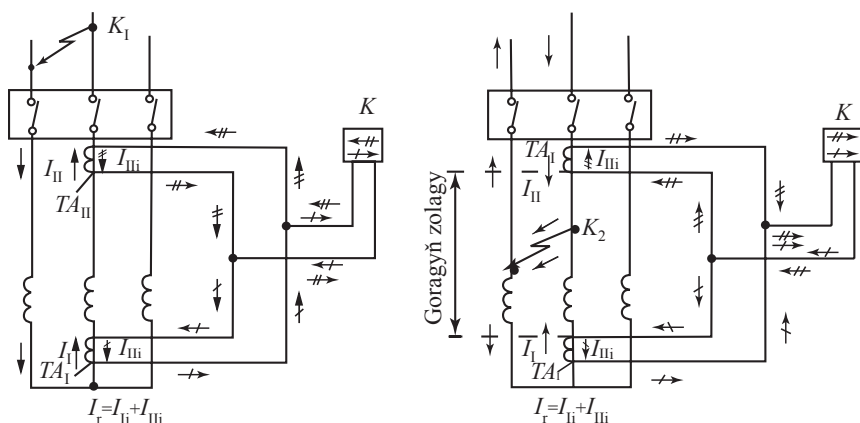
16.3-nji çyzgy. Generatoryň magnit meýdanynyň awtomat öçürijisiniň shemasy

Daşky gysga utgaşmada generatorda gysga utgaşmanyň togunyň gelmeginden goramak üçin öçürijini öçürmelidir.

16.2. Statoryň sarymynyň fazalarynyň arasynda gysga utgaşmadan goraýan gorag

a) Generatorda fazalaryň arasyndaky gysga utgaşmadan goramak üçin çalt täsir ediji ugurdaş differensial gorag ulanylýar.

Generatoryň bir fazasy üçin çalt täsir ediji ugurdaş differensial gorag:



16.4-nji çyzgy. Generatoryň ugurdaş differensial goragynyň täsir ediş düzgüni we shemasy

Differensial gorag statoryň fazalarynyň sarymynyň başlangyjynda we ahyrynda toklaryň fazasyny we ululygyny deňeşdirýär. Statoryň sarymynyň iki tarapynda birmeňzeş transformasiýa koeffisiýentli tok transformatorlar goýulýar. Ikinji sarymlar dürli polýarly gysgyçlara birigýärler. Differensial rele tok transformatorynyň ikinji sarymlaryna parallel birikdirilýär.

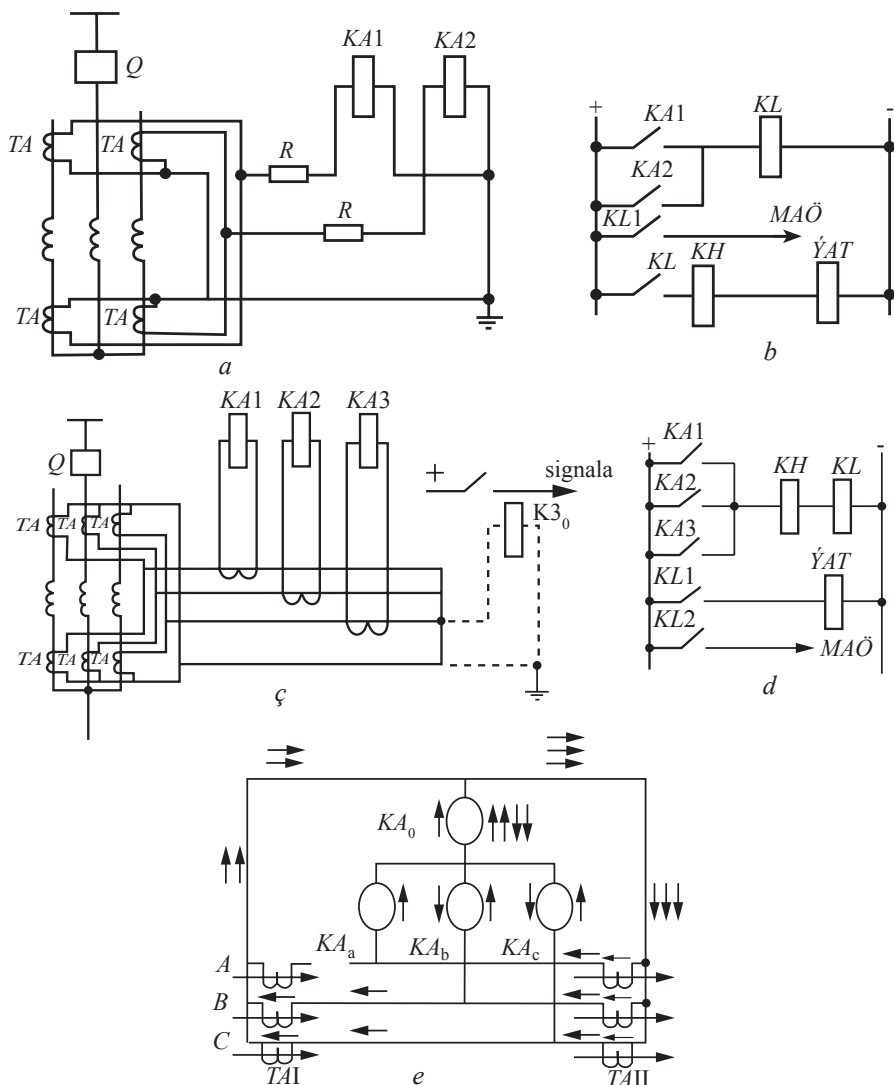
Daşky gysga utgaşma: $I_r = I_{II} - I_{III} = 0$.

Toguň deňsizliginiň bardygy sebäpli:

$$I_{\text{gor.iş}} > I_{\text{d.s.maks}} \quad (16.2)$$

generatorda üçfazaly differensial gorag ulanylýar.

b) Differensial goragyň dürli görnüşli shemasy



16.5-nji çyzygy. Generatoryň ugurdaş differensial goragyň shemalary:

a – ET ýa-da PT görnüşli ikifazaly tok rele; *b, d* – operatiw zynjyrlar;

ç – PHT-565 üçfazaly rele; *e* – bir egin üzülende ikinji zynjyrdan toklaryň akmagy

ç) Goragyň işleme toguny saýlamak. Daşky gysga utgaşmada differensial goragyň nädogry işlemeginiň önüni almak üçin goragyň

işleme toguny deňsizlik togunyň maksimal bahasyndan uly saýlamaly. Bu şerti ýerine ýetirmek üçin işleme togy:

$$I_{\text{gor.iş}} = K_{\text{ygt}} \cdot I_{\text{d.s.maks}}, \quad (16.3)$$

bu ýerde K_{ygt} – ygtybarlyk koeffisiýenti. PHT- 565 görnüşli rele üçin:

$$I_{\text{gor.iş}} = K_{\text{ygt}} \cdot K_{\text{b.görn}} \cdot f_{\text{il}} \cdot I_{\text{d.s.maks}}, \quad (16.4)$$

bu ýerde $K_{\text{b.görn}}$ – bir görnüşlilik koeffisiýenti. $K_{\text{b.görn}} = 0,5$ erginlerdäki garşylyk deň bolsa;

$K_{\text{b.görn}} = 1$ garşylyk deň bolmasa;

$F_{\text{i}} = 0,1$ otnositel birlikde tok ýalňyşlygy;

$K_{\text{ygt}} = 1,3; 1,5$.

$I_{\text{d.s.maks}}$ deňsizlik toguny azaltmak üçin eginlerdäki garşylyklary deňlemeli we her bir tok transformatorlary üçin ýüküň garşylyklarynyň bahasyny saýlamaly. Generatoryň differensial goragy üçin «P» klasly tok transformatory birikdirilýär.

16.5-nji çyzgydaky shemanyň duýgurlygy generatoryň çykalgalarynda ikifazly gysga utgaşmanyň minimal toguna görä saýlanylýar. Elektrik gurnawlaryň gurluş düzgünleri boýunça $K_{\text{duý}} = 2$ uly bolmalydyr. PHT differensial sarymynyň sargy sany:

$$w_r = \frac{F_{\text{r.iş}} \cdot K_{\text{I}}}{I_{\text{gor.iş}}} \quad (16.5)$$

deňleme bilen saýlanylýar.

Bu ýerde $F_{\text{r.iş}}$ – PHT-565 reläniň işleme magnit hereketlendiriji güýji, 100 A.

Eger shemanyň tok zynjyrynyň geçirijisi üzülende rele goragy täsir etmeli däl bolsa, onda: $I_{\text{gor.iş}} = 1,3 I_{\text{nom}}$ (16.6) şert ýerine ýetmelidir.

d) Differensial goragy bahalandyrmak. Differensial gorag fazaara gysga utgaşmadan goraýan çalt täsir ediji, duýgur we ýönekeý goragdyr. Daşky gysga utgaşmada goragyň ygtybarly işiniň we goraýyň zolagynda gysga utgaşmada ýokary duýgurlygyň esasy şerti aşakdakylardyr:

– tok transformatorlaryny saýlamak; tok transformatorlarynyň ýalňyşlygy 10%-den geçmez ýaly onuň ýüki saýlanylmalydyr;

– oragyň işleme togy deňsizlik toguna ygtybarly saýlanylmalydyr.

16.3. Bir fazanyň sargylarynyň arasyndaky gysga utgaşmadan goraýan gorag

Sargynyň arasyndaky gysga utgaşmadan goraýan goragyň ýönekeý usulyň ýokdugy sebäpli bu gorag çakli ulanylýar. Her bir fazasy iki we ondan köp parallel şahaly ýerine ýetirilen kuwwatly generatorlar üçin gorag ulanylýar. Kadaly iş düzgüninde we daşky gysga utgaşmada her bir fazalaryň I we II parallel şahalarynda ululyklary we fazalary boýunça birmeňzeş E_I we E_{II} EHG berilýär (16.6-njy çyzgy). Parallel şahalaryň garşylyklary deň, şonuň üçin kadaly iş düzgüninde we daşky gysga utgaşmada şahalaryň II we III toklary bahalary we fazalary boýunça deň.

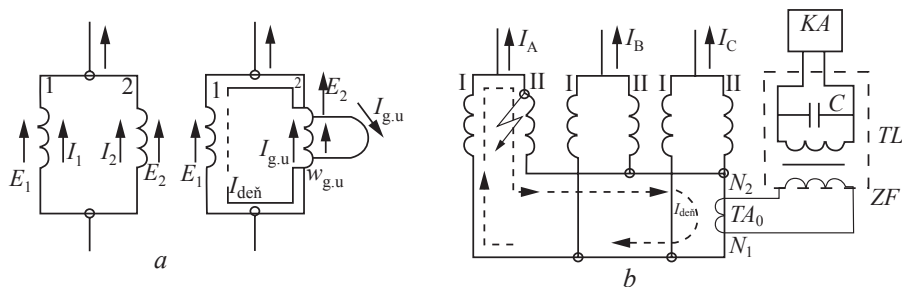
Bir fazanyň şahalarynyň w_k sargylaryň bölegi gysga utgaşanda, $E_{g.u}$ elektrik hereketlendiriji güýjüniň täsiri astynda, gysga utgaşan sargy boýunça aýlanýan $I_{g.u}$ uly gysga utgaşmada tok döreýär. Zeper ýeten şahanyň garşylygy we elektrik hereketlendiriji güýji (14.6-njy a çyzgy) gysga utgaşan sargynyň hasabyna kiçelýär. Şonuň netijesinde zeper ýeten fazanyň E_I we E_{II} EHG-leriniň şeýle hem I_I we I_{II} toklaryň deňligi bozulýar. Zeper ýeten fazanyň parallel şahalarynda EHG döreýär, şonuň täsiri netijesinde zeper ýeten fazanyň konturunda deňleşdiriji tok ýüze çykyar:

$$I_{den} = \frac{(E_I - E_{II})}{(X_I - X_{II})}, \quad (16.7)$$

bu ýerde X_I we X_{II} – I we II şahalaryň induktiw garşylyklary; E_I we E_{II} – abat we zeper ýeten şahalaryň EHG-si.

Bir sargyda gysga utgaşmada generatoryň statorynyň parallel şahalaryndaky toklaryň deňliginiň bozulmagyny, I_{den} deňleşdiriji toklaryň döremegini bu görnüşli zeper ýetmelerden goramak üçin ulanylýar. Sargylaryň arasynda gysga utgaşmadan goraýan gorag hökmünde, parallel şahalaryň toklarynyň bahalaryny we ugurlaryny deňeşdirmeklige esaslanan, bir releli kese differensial gorag giňden ulanylýar.

Bir ulgamly kese differensial rele goragyň shemasy 16.6-njy b çyzgyda görkezilendir.



16.6-njy çyzyg. Generatoryň kese differensial goragy: *a – fazanyň parallel şahalarynda toklaryň paýlanylyşy; b – bir sistemaly rele goragynyň shemasy*

Statoryň A, B, C fazalarynyň I üç parallel şahalarynyň we şol fazalaryň II üç parallel şahalarynyň nol çykalgalary iki N_1 we N_2 neýtrallary çykarylan we aýratyn iki ýyldyz görnüşinde birikdirilýär. Olaryň neýtrallary nol geçiriji bilen biri-birine birikdirilýär we ol zynjyra TA_0 tok transformatory birikdirilýär. Tok transformatorynyň ikinji sarymyna ZF filtr arkaly ýerine ýetiriji organ KA tok rele birikdirilýär. Bu tok relesi 50 Gs ýygylýkly I_{den} deňleşdiriji toguň döremegini duýýar. ZF filtr 50 Gs ýygylýkly togy geçirýär we ýokary garmonikanyň, esasan hem üçünji garmonikanyň toklaryny geçirmeýär.

Shemadan görnüşi ýaly KA reläni iýmitlendirýän N_1-N_2 nol geçirijiniň togy I we II parallel şahalaryň ýyldyzlarynyň nol geçirijileriniň toklarynyň tapawudyna birikdirilýär:

$$I_{\text{nul.geç}} = (I_{AI} + I_{BI} + I_{CI}) - (I_{AII} + I_{BII} + I_{CII}) = 3I_{0I} - 3I_{0II}, \quad (16.8)$$

bu ýerde I_{0I} we I_{0II} – I we II parallel şahalaryň nol yzygiderliliginiň toklary.

Kadaly iş düzgüninde, şeýle hem daşky gysga utgaşmada ýyldyz görnüşli birikdirilen her bir şahanyň üç fazasynyň toklarynyň geometriki jemleri nola deň. Hakykatda $I_{\text{nul.geç}} \neq 0$.

Generatoryň faza EHG egrileriniň formasynyň üýtgemegi parallel şahalarynyň her bir toparynda garmonik toklar ýüze çykýar. Üçünji garmonikanyň toklary fazalar boýunça gabat gelýär we N_1-N_2 nol geçirijide goşulyp, $3I_{I(3)} + 3I_{II(3)}$ jemleýji toklary emele getirýär. Ondan başga-da parallel şahalaryň E_{AI} we E_{AII} , E_{BI} we E_{BII} , E_{CI} we E_{CII} faza EHG-leriniň we garşylyklarynyň deňliginiň takyk däldigi sebäpli, her bir fazanyň konturynda 50 Gs ýygylýkly deňsizlik togy döreýär.

Şeýle görnüşde üçünji garmonikanyň toklary we $I_{d.s.50}$ deňleşdiriji toklar bilen şertlenen relede deňsizlik toklary ýüze çykýar:

$$I_{nul.geç} = I_{d.s} = I_{d.s.50} + I_{d.s.3}. \quad (16.9)$$

Rele goragynyň ýalňyş işlemeginiň önüni almak üçin bu iş düzgünlerinde aşakdaky şert ýerine ýetmeli:

$$I_{gor.iş} > I_{d.s.maks}. \quad (16.10)$$

Bir fazanyň haýsy hem bolsa bir şahasynyň sargysynda, mysal üçin, 16.6-njy çyzgydaky II şahada gysga utgaşmada, zeper ýeten fazalaryň şahalarynda EHG-niň deňligi bozulýar we 16.3-nji çyzgydaky ýaly $I_{deň}$ deňleşdiriji tok döreýär. Bu tok $N_1 - N_2$ neytrallaryň arasyndaky geçirijidäki TA_0 tok transformatorynyň üstünden akýar we KA differensial relede $I_r = \frac{I_{deň}}{K_1}$ toguň döremegine getirýär. $I_{deň} > I_{gor.iş}$ bolanda gorag täsir etmek üçin herekete gelyär. Gysga utgaşan sargylaryň w_k sany näçe kiçelse, $I_{deň}$ deňleşdiriji toklar hem kiçelýär we rele goragynyň täsir etmeýän zolagy ýüze çykýar. Rele goragy täsir etmeýär.

Gorag diňe bir fazanyň sargylaryndaky gysga utgaşmada däl, ol fazaara gysga utgaşmada hem işleýär, sebäbi zeper ýeten fazalaryň parallel şahalarynda toklaryň we EHG-niň deňligi bozulýar.

TA_0 transformasiýa koeffisiýenti aşakdaky aňlatma boýunça saýlanylýar: $K_1 = \frac{0,25 I_{nom}}{5}$. Differensial rele goragynyň shemalarynyň ählisinden tapawutlylykda bu shemada TA_0 tok transformatorynyň ýalňyşlygy deňsizlik toguny döretmeýär, şonuň üçin tok transformatorynyň takyklygyna aýratyn talap bildirilmeýär.

Rele goragynyň işleme togy daşky gysga utgaşmada döreýän deňsizlik togundan uly saýlanylmaly:

$$I_{gor.iş} = K_{ygt} I_{d.s.maks}.$$

Önümçilikde ulanmagyň köpýyllyk tejribeleriniň esasynda: $I_{gor.iş} = (20-30\%) I_{nom.gen}$ saklanylýar.

16.4. Statoryň sarymynyň korpusa gysga utgaşmasyndan gorag

Goraga bildirilýän talaplar. Barlaglaryň we önümçilikde ulanylmagynyň tejribesiniň netijesinde generatoryň ýere gysga utgaşma-

synda toguň 5 A we ondan hem kiçi bahasynda statoryň poladynyň zeper ýetmesi köp wagtlyk bejergini talap edýändigini anyklanyldy.

Şonuň üçin hem goragyň duýgurlygy örän ýokary bolmalydyr we gorag öçürmäge täsir etmelidir.

Goragyň ýerine ýetiriliş düzgüni. Generator ýere gysga utgaşmadan goramagyň ýönekeý usuly – nol yzygiderliligiň düzüjisini duýujy goragdyr.

Statoryň sarymynyň ýere gysga utgaşmasynda U_0 naprýaženiýesi we I_0 toklary. $I_{\text{ýer}}$ ýere gysga utgaşmanyň togy $3I_0$ we U_0 nol yzygiderliligiň naprýaženiýesine proporsional:

$$I_{\text{ýer}} = 3I_0 \frac{3U_0}{X_C}, \quad (16.11)$$

bu ýerde X_C – generator naprýaženiýeli setiň we generatoryň fazalarynyň sygym garşylygy.

Generatorýň sarymlarynyň ýere gysga utgaşmasynda (16.7-nji a çyzgy) 50 Gs ýygyllykly U_0 naprýaženiýe statoryň fazalarynyň sarymlarynyň $w_{\text{ýer}}$ ýere birikdirilen sargylarynyň naprýaženiýesine deň. Generatorýň naprýaženiýesi fazalarynyň ähli sarymlaryna görä deň paýlanylýar. Onda fazalaryň ähli sargylarynda $w_{\text{ýer}}$ göterimde aňladyp, alarys:

$$U_0 = \frac{w_{\text{ýer}} \% U_{\text{g.f}}}{100}, \quad (16.12)$$

Bu ýerde $U_{\text{g.f}}$ – generatorýň fazalarynyň nominal naprýaženiýeleri. (16.12) aňlatmadaky U_0 bahasyny (16.11) deňlemä goýup taparys:

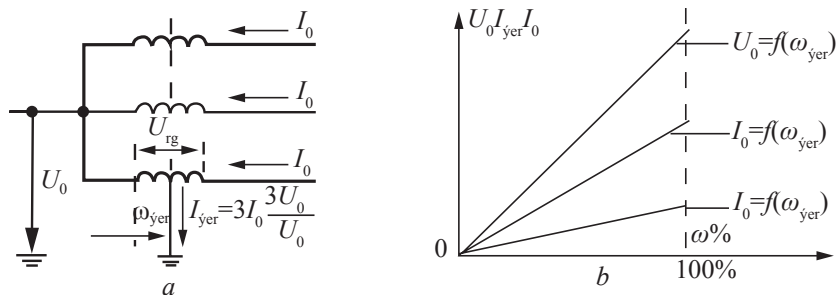
$$U_0 = 3I_0 = \frac{3U_{\text{g.f}} w_{\text{ýer}} \%}{X_C \cdot 100}, \quad (16.13)$$

(16.12) we (16.13) aňlatmalardan görnüşi ýaly ýere gysga utgaşmada döreýän U_0 , I_0 we $I_{\text{ýer}}$ gysga utgaşan sargylaryň $w_{\text{ýer}}$ sanyna proporsional. Bu baglanyşyk 16.7-nji b çyzgyda görkezilendir.

Generatorlaryň çykalgalarynda ýere gysga utgaşmada I_0 , $I_{\text{ýer}}$, U_0 ululyklar maksimal ululyga ýetýärler. Bu ýagdaýda $w_{\text{ýer}} = 100\%$; bu ululygy (16.12) we (16.13)-de goýup alarys:

$$I_0 = U_{\text{gen.f}}, \quad I_{\text{ýer}} = 3I_0 = \frac{3U_{\text{gen.f}}}{X_C} = 3U_{\text{gen.f}} \omega C, \quad (16.14)$$

bu ýerde C – generator naprýaženiýeli setiň bir fazasynyň ýere görä sygymy. Ýere gysga utgaşma nokady generatoryň neýtralyna golaýlaşanda $w_{\text{ýer}}$ 100%-den nola çenli kiçelýär we generatoryň neýtralynda gysga utgaşmada nola deňleşýär (16.7-nji b çyzgy).



16.7-nji çyzgy.

a – Generatoryň statorynyň sarymynyň ýere gysga utgaşmasynda I_0 tok we U_0 naprýaženiýe; *b* – generatoryň statorynyň gysga utgaşan sarymynyň sanyna $I_{\text{ýer}}$, I_0 we U_0 baglylyk grafiki

Nol yzygiderliligiň tok transformatorly tok goragynyň täsir ediş düzgüni.

Statoryň sarymynda ýere gysga utgaşmada $3I_0$ nol yzygiderliligiň toguny duýýan generatoryň goragy, howa elektrik geçiriji liniýanyň rele goragynyň meňzeşlikde nol yzygiderliligiň filtriniň kömegi arkaly ýerine ýetirilýär. Nol yzygiderliligiň üç transformatorly filtrine garanynda nol yzygiderliligiň tok transformatorynyň deňsizlik toklary kiçi, şonuň netijesinde nol yzygiderliligiň tok transformatorynyň kömegi bilen ýerine ýetirilen rele goragy has duýgurdyr. Adaty gurluşly nol yzygiderliligiň tok transformatory gerek bolan duýgurlygy üpjün edip bilmeýär, şonuň üçin magnitlendirijili nol yzygiderliligiň tok transformatory ulanylýar.

Statoryň sarymynda ýere gysga utgaşmada U_0 naprýaženiýe döreýär, bu naprýaženiýäniň täsiri netijesinde K zeper ýetme ýeriň we elektrik setiniň gabat gelýän fazasynyň C sygymyň üstünden utgaşýan generatoryň her bir fazasynda I_{0C} tok ýüze çykýar. Generatoryň üç fazasyny öz içine alýan nol yzygiderliligiň tok transformatorynyň magnit geçirijisiniň üstünden geçýän, I_{0C} üç toklar nol yzygiderliligiň tok transformatorynyň ikinji sarymynda $I_r = \frac{3I_0 C}{K_{TA}}$ tok döredýär. Bu tok reläniň

sarymyny iýmitlendirýär. K_{TA} – nol yzygiderliligiň tok transformatorynyň transformasiýa koeffisiýenti.

Eger $I_r > I_{\text{gor.iş}}$, onda rele goragy herekete gelyär. I_r we $I_{\text{gor.iş}}$ toklary nol yzygiderliligiň tok transformatorynyň birinji tarapyna geçirip, $3I_0 C \geq I_{\text{gor.iş}}$ gatnaşyk rele goragynyň iş şertidir, bu ýerde: $\frac{3I_0 C}{K_{TA}} = I_r$.

Eger elektrik setinde duga öçürji reaktor gurnalan bolsa, onda I_{0C} toga, zeper ýeten ýeri tegek kontur boýunça utgaşýan duga öçürji reaktorynyň I_{0L} togy goşulýar. Bu ýagdaýda $I_r = \frac{3I_{0C} - 3I_{0L}}{K_{TA}}$, işleme şerti aşakdaky görnüşi alýar:

$$3I_{0C} - 3I_{0L} \geq I_{\text{gor.iş}}.$$

I_{0C} we I_{0L} toklar $w_{\text{ýer}}$ proporsional bolsa, onda I_r tok $w_{\text{ýer}}$ proporsionaldyr.

Generatoryň golaýynda gysga utgaşmada I_r tok işleme tokdan kiçi bolup biler we rele goragy täsir etmeýär. Şeýlelikde, I_0 toguny duýýan rele goragynyň täsir etmeýän zolagy bolup, bu goragyň ýetmezçiligidir. Orta we kiçi kuwwatly generatorlarda eger $I_{\text{ýer}} < 5A$ kiçi bolsa, goragyň täsir etmeýän zolagyna rugsat berilýär.

Turbogeneratorlaryň $3I_{0\text{gen}}$ sygym toklarynyň bahasy 16.3-nji tablisada getirilendir.

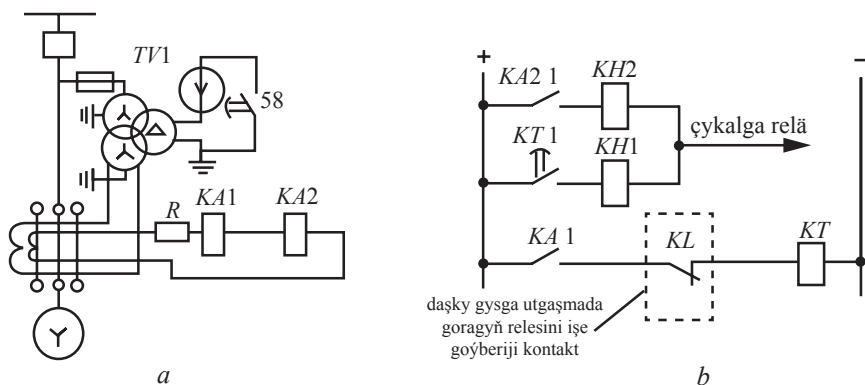
16.3-nji tablica

Turbogeneratorlaryň görnüşleri	Nominal naprýaženiýe, kV	Turbogeneratorlaryň sygym toklary, A
TBΦ-63-2	6,3	0,59
TBΦ-63-2	10,5	1
TBΦ-120-2	10,5	1,18
TBB-160-2	18	1,3
TGB-200M	15,75	3,42
TBB-200-2a	15,75	1,94
TBB-200-2a	15,75	1,94
TGB-300	20	4,67
TBB-320-2	20	3,29
TGB-500	20	4,78
TBB-500-2	20	2,71
TBB-500	36,75	7,4
TBB-800-2	24	2,95
TBB-1000-4	24	4,08
TBB-1200-2	24	5,21

Magnitlendirijili nol yzygiderliligiň tok transformatorly goragynyň prinsipial shemasy 16.8-nji çyzgyda görkezilendir.

Shemada duýgur we gödek iki tok relesi göz önüne tutulan. *KA1* duýgur rele generatoryň statorynyň sarymynda birfazaly ýere gysga utgaşmada täsir etmek üçin niýetlenen. *KA1* rele hökmünde yza gaýdyş koeffisiýenti ýokary bolan PT-40, PT3-50 ýa-da PT3-51 releler ulanylýar. *KA1* rele işlände *KT* wagt relesine täsir edýär. Wagt relesiniň wagt saklanmasy 0,5-1 sekunda deň.

KA2 tok relesi ýere ikileýin (biri generatora we ikinjisi elektrik setinde) gysga utgaşmada täsir etmek üçin niýetlenendir. *KA2* rele daşky gysga utgaşmada deňsizlik toguna görä saýlanylýar we wagt



16.8-nji çyzgy. Generatoryň ýere gysga utgaşmada goragynyň shemasy:

a – tok zynjyry; *b* – operatiw toguň zynjyry

saklanmasyz täsir edýär. Ýere ikileýin gysga utgaşmanyň togunyň uly ýokarlanmasynda nol yzygiderliligiň tok transformatorynyň ikinji toklarynyň egrisiniň formasy üýtgeýär we onuň netijesinde *KA2* reläniň kontaktlarynda we hereketlenýän ulgamynda titreme döreýär we rele işlemeýär. Bu ýagdaýy aradan aýyrmak üçin HTT-li PHT-565 görnüşli rele ulanylýar. PT3-50 reläniň sarymynyň termiki durnuklylygyny üpjün edýän ýere ikileýin gysga utgaşmada zynjyryň toguny çäklendirmek üçin, nol yzygiderliligiň tok transformatorynyň ikinji zynjyryna $R = 5 \, \Omega$ bolan garşylyk birikdirilýär.

Nol yzygiderliligiň tok transformatorynyň magnitlendiriji sarymy *TV1* naprýaženiýe transformatorynyň esasy sarymyndan iýmitlenýär.

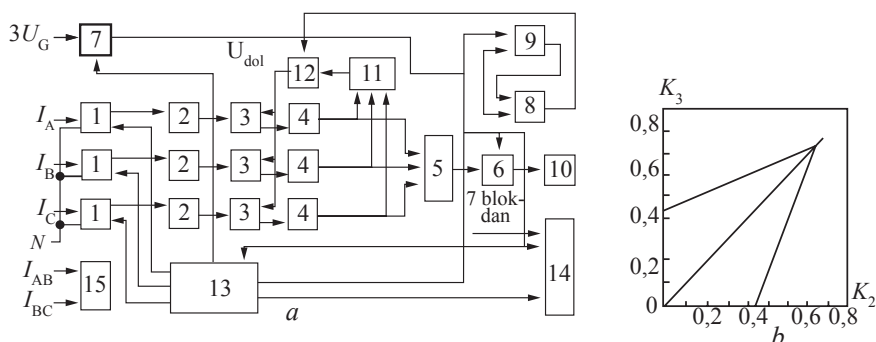
Goragyň işleme togy:

$$I_{\text{gor.iş.}} = \frac{1}{K_{\text{yza gaý}}} (K'_{\text{ygt}} I_{\text{C.gen}}) + (K''_{\text{ygt}} I_{\text{d.s.bir}}),$$

bu ýerde $I_{C.gen}$ – generatoryň ýere gysga utgaşmasynda sygym togy; $K_{yza\ galy}$ – reläniň yza gaýdyş koeffisiýenti (PT-40 üçin 0,8 we PT3 -50 üçin 0,9); $K'_{ygt}=2$; $K''_{ygt}=1,5$; $I_{d.s.bir}$ – birinji deňsizlik tok.

Ýere ikileýin gysga utgaşmada rele goragynyň işleme togy 200-300 A diýlip kabul edilýär.

K_2 nokatda rele goragynyň täsir edýän zolagynda statoryň bir fazasynyň çykalgasynda ýere gysga utgaşmasynda abat iki fazadan generatoryň statorynyň sarymynyň we elektrik setiniň fazalarynyň sygymlary bilen şertlenen senagat ýygylgy bolmadyk toklaryň düzüjileri geçýär. Ýere gysga utgaşan nokadyň üstünden geçip, zeper ýeten fazada bu toklar goşulýar. Faza çykalga tarapynda zeper ýeten fazadan ýere gysga utgaşma nokada çenli ýere gysga utgaşma togunyň galan bölegi akýar. Şeýlelikde, elektrik setiniň jemi sygymy bilen kesgitlenýän, zeper ýeten fazalaryň toklarynyň tapawudynyň senagat ýygylksyz düzüjisiniň derejesi, zeper ýeten generatoryň statorynyň sarymynyň abat fazalarynyň sygymy bilen şertlenen, abat fazanyň toklarynyň tapawudynyň derejesini ýokarlandyrýar. Bu ýagdaýda gorag ýokary duýgurlyk koeffisiýenti bilen işleýär. Sarymyň içinde ýere gysga utgaşma nokat üýtgände, utgaşma prosesinde duýgurlygy sazlaýan awtomatika, onuň berlen derejesini saklamagy üpjün edýär. 16.9-njy *a* çyzgyda bu goragyň struktura shemasy getirilendir.



16.9-njy çyzgy. BRE 1301-03 gorag:

a – rele goragynyň struktura shemasy; *b* – rele goragynyň işleme häsiýetnamasy

Her biri transreaktor görnüşinde iki sany birinji we iki sany ikinji sarymlardan durýan 1 öwrüjilere her fazalaryň toklary gelýär. Ikinji sarymlaryň biri barlag iş düzgüninde rele goragynyň çykalgalaryna

signal bermek üçin ulanylýar. 1-nji elementiň kömegi bilen şu aşakdakylar ýerine ýetirilýär: girelge toklarynyň tapawudynyň ululygyna proporsional girelge toklary we naprýaženiýäni öwürmek hem-de bu naprýaženiýeleri differensirlemek; rele goragynyň zynjyryny tok transformatoryndan üznälemek; päsgelçilige durnuklylygyny ýokarlandyrmak üçin rele goragynyň zynjyryny ekranlaşdyrmak; rele goragynyň barlagy iş düzgüninde girelge signallary kabul etmek. 2-nji element ýokary garmonikanyň filtri 50 Gs ýygylykly esasy düzüjini aýyrmak üçin niýetlenen. 3-nji element zeper ýetmäniň kiçi togunda duýgurlygy ýokarlandyrmak üçin girelge signalynyň ululygyny awtomatiki üýtgetmek üçin niýetlenen. Bu maksat üçin 12-nji elementiň çykalgasyna U_{dol} naprýaženiýe berilýär. 3-nji elementiň çykyş signaly 4-nji blokda göneldilýär, tekizlenilýär we güýçlendirilýär, çykalgadaky hemişelik naprýaženiýe berlen fazanyň tok signalynyň 50 Gs ýygylykdan tapawutly ýygylygyň düzüjisine gabat gelýär. Rele goragynyň 7-nji işe goýberiji organy $U_{is}=0,1U_{nom}$ işleme goýluş parametrli nol yzygiderliligiň maksimal naprýaženiýe relesidir. 12-nji blok U_{dol} öndürýär, hemme fazanyň 3-nji bloklaryna berilýär. 7-nji işe goýberiji organ işlän pursady bu naprýaženiýe üýtgeýän tizlikde ösýär. U_{dol} ululygy naprýaženiýeleriň tapawudynyň wagta görä integraly bilen kesgitlenýär. Üç çykalga naprýaženiýeleriniň maksimal we berlen etalon bahalaryna görä 11-nji maksimal signalyň selektorynyň bölýän 4-nji blogy.

3; 11 we 12-nji bloklar rele goragynyň duýgurlygyny awtomatiki sazlamany üpjün edýär. Şeýlelikde, 4-nji bloklaryň çykalga naprýaženiýeleri girelge tok signallaryň giň diapazonynyň berlen derejesinde ýerleşýär. Şonuň esasynda ýere gysga utgaşmanyň islendik görnüşinde (metallik, doly we doly däl) setiň sygym togunyň giň diapazonynda rele goragynyň ygtybarly işini üpjün edýär. 5-nji blok (16.9-njy b çyzgyda) kabul edilen işleme häsiýetnamasyna baglylykda bu naprýaženiýeleriň gatnaşygyna kesgitleýän 4-nji bloguň çykalga naprýaženiýelerini deňşdirýär. 6-njy logiki sazlaýjy organ gysga utgaşmanyň rele goragynyň täsir zolagynda ýerleşýändigini kesgitleýär.

10-njy çykalga organ 6-njy sazlaýjy organdan signal gelende işleýär. Kadaly iş düzgüninde haçanda nol yzygiderliligiň naprýaženiýesi ýok bolsa, 7-nji işe goýberiji organ 6-njy bloguň täsirini blokirlýär. 7-nji işe goýberiji organ işländen soň, 9-njy blok, 8-nji blok üçin signal

emele getirýär, 8-nji blok 12-nji duýgurlygy awtomatik sazlaýjy blogy berlen wagtyň dowamynda işe goýberýär. Eger bu berlen wagtyň dowamynda 10-njy çykalga organ işlemese, 12-nji duýgurlygy sazlaýjy organ başlangyç ýagdaýyna dolanyp gelýär. Eger görkezilen wagt çäginde 10-njy organ işlese, onda gurluşyň duýgurlygy gysga utgaşma wagtynyň dowamynda duýgurlygyny saklaýar. 7-nji işe goýberiji organ ýa-da 4-nji bloklaryň çykalgasynda tok signaly ýitende rele goragy yzyna gaýdýar. Rele goragynyň işlemegi we onuň duýgurlygynyň üýtgemegi 7-nji işe goýberiji işländen soň mümkindir.

8 we 9-njy bloklaryň özara täsiri netijesinde daşky birlazaly gysga utgaşmada rele goragy gödek goýluş parametrinde galýar we ýalňys işlemeýär. Eger şeýle ýagdaýda statoryň sarymynyň abat fazasynyň birinde gysga utgaşma dörese, rele goragynyň gödek goýluş parametri rele goragynyň işlemegine päsgel bermeýär.

16.9-njy b çyzgyda $K2$ we $K3$ koeffisiýentleriň okunda E_2/E_1 we E_3/E_1 gatnaşyklary kesgitleýän rele goragynyň häsiýetnamasy gurlan. Bu ýerde E_1 4-nji bloga barýan in uly signal, E_2 we E_3 iki abat fazanyň signallarydyr.

Seredilýän rele goragy iki iş düzgünli 13-nji barlaýjy blok bilen enjamlaşdyrylan: rele goragyny barlamak we özüni barlamak. Rele goragyny barlamak iş düzgünü ýere gysga utgaşma ýok wagty çykalga relesinden başga rele goragynyň ähli shemalary üçin ýerine ýetirilýär.

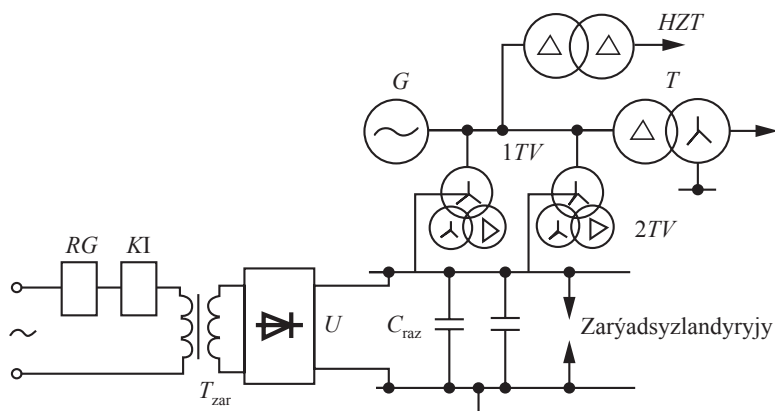
Barlamak iş düzgünü işe goýbermek distansion ýa-da el bilen ýerine ýetirilýär. 14-nji signal blogy aşakdaky ýagtylyk habaryny berýär: setde ýere gysga utgaşmada, zeper ýeten fazalary görkezmek bilen rele goragynyň işlemegini, «Abat» – barlag gutarandan soň iki sekundyň dowamynda, «Näsaz» şowsuz barlagda dowamly ýagdaýda, tä bu iş düzgünü el bilen aýrylýança berilýär. 15-nji blok rele goragyny iýmitlendirmegi üpjün edýär.

Toklary üstüne goýmak bilen gorag. Statoryň sarymynyň ýere gysga utgaşmasyndan 100% goramak hemişelik toklary üstüne goýmak arkaly amala aşyrylýar. Şeýle goragyň struktura shemasy 16.10-njy çyzgyda görkezilendir.

Generator naprýaženiýeli ähli elektrik setiň ýere birikdirilen nokatlary ýerden üzülen, olar öz aralarynda birikdirilýär we uly sygymly S_{zar} bölüji kondensatoryň üstünden ýere birikdirilen. U_n üýtgeýän toguň iýmitlendiriji çeşmesinden T_{zar} bölüji transformatoryň we W

göneldijiniň üstünden naprýaženiýe transformatorlarynyň birikidirlen neýtrallaryna U göneldilen naprýaženiýe berilýär.

Generator naprýaženiýe zynjyrynyň ýere görä izolýasiýasynyň garşylygy üstüne goýlan I hemişelik toguň bahasyny kesgitleýär we KI izolýasiýasyna gözegçilik we rele goragynyň ölçeg organynyň we T_{zar} transformatoryň birinji sarymynyň zynjyrynyň üýtgeýän toguna göni proporsional.



16.10-njy çyzy. Hemişelik togy üstüne goýmak düzgüni bilen izolýasiýanyň kemçiliklerine gözegçilik we ýere gysga utgaşmadan 100%-li goragyň struktura shemasy

Birfazaly gysga utgaşmada ýa-da izolýasiýanyň gowşamagy netijesinde rele goragy işleýär we generatory öçürmäge täsir edýär. Generatorlaryň ähli görnüşleri üçin rele goragynyň işlemesi izolýasiýanyň garşysyna görä, goýluş parametri $5-10\text{ kOm}$ -a deň diýlip kabul edilýär.

Sarymlary gaz bilen sowadylýan generatorlarda $500-1000\text{ kOm}$ ýa-da statorynyň sarymlary göni sowadylýan generatorlarda $60-220\text{ kOm}$ goýluş parametrde, izolýasiýanyň kiçi peselmesinde KI signal organy işleýär.

16.5. Daşky gysga utgaşmada we aşýüklenmede aşýüklenmede gorag

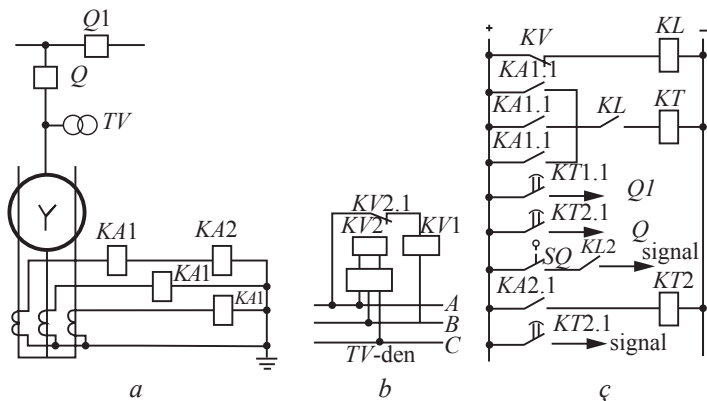
a) Daşky gysga utgaşmada goragyň görnüşleri we niýetlenilişi. Daşky gysga utgaşmadan gorag elektrik stansiýasynyň ýygynyndy şinalarynda ýa-da onuň birikmeleriniň zeper ýetmesinde bu element-

leriň rele goragy ýa-da öçürijileri işlemedik ýagdaýynda generatory öçürmek üçin hyzmat edýär.

Generator naprýaženiýesiniň ýygyny şinalarynda ýörite rele goragy ýok bolsa, şinada zeper ýetmeden goraýan esasy rele goragy, daşky gysga utgaşmadan generatory goraýar.

Daşky gysga utgaşmadan gorag fazaara gysga utgaşmadan generatoryň differensial rele goragyny ätiýaçlandyrmak üçin ulanylýar. Gorag generatoryň nol çykalgalarynyň tarapynda ýerleşdirilen tok transformatorlaryna birikdirilýär. Şonuň netijesinde generatoryň statorynyň sarymlarynda zeper ýetmede generatoryň togunda işlemäge mümkinçilik berýär.

b) Naprýaženiýä görä blokirowkaly maksimal tok goragy. Naprýaženiýä görä blokirowkaly $KV2$ ters zyzgiderliligiň naprýaženiýe relesinden we fazaara naprýaženiýe birikdirilen $KV1$ bir minimal naprýaženiýe relesinden durýan kombinirlenen shema görä ýerine ýetirilýär (16.11-nji çyzgy). Shemada üç sany moment täsirli tok relesi ulanylýar.



16.11-nji çyzgy. Naprýaženiýä görä blokirowkaly maksimal tok goragynyň shemasy:

a – tok zynjyry; b – naprýaženiýe zynjyry; ç – operativ tok zynjyry

Goragyň goýluş parametri. Tok relesiniň işleme togy generatoryň nominal togunda yza gaýdyş şertine görä saýlanylýar:

$$I_{\text{gor.iş.}} = \frac{K_{\text{ätiýaç}} I_{\text{gen.nom}}}{K_{\text{yza gaý}}}, \quad (16.16)$$

bu ýerde $K_{\text{ätiýaç}} = 1,1 \div 1,2$

Fazaara naprýaženiýä birikdirilen minimal naprýaženiýe relesiniň işleme naprýaženiýesi aşakdaky şertler boýunça saýlanylýar:

1) elektrik setindäki gysga utgaşma öçürilenden soňra işçi naprýażeniýäniň minimal derejesinde yza gaýtmak:

$$I_{\text{gor.iş.}} = \frac{U_{\text{iş.min}}}{K_{\text{ätiyaç}} K_{\text{yza gay}}}. \quad (16.17)$$

2) generatoryň asinhron iş düzgüniniň ýa-da elektrik hereketlendirijiniň öz-özünden işe girişmegi bilen generatoryň gysgyçlarynda naprýażeniýäniň peselmesinde täsir etmeli däl:

$$U_{\text{gor.iş.}} = (0,6 \div 0,65) U_{\text{işçi.kada}}. \quad (16.18)$$

Ikinji şert kesgitleýji şertdir. $KV2$ reläniň işleme naprýażeniýesi:

$$U_{\text{gor.iş.}} = 0,1 U_{\text{işçi.kada}}. \quad (16.19)$$

Rele goragynyň duýgurlygy ikinji zynjyryň ahyrynda we şinada gysga utgaşmada toga we naprýażeniýä görä barlanylýar. Toga görä:

$$K_{\text{duý.}} = \frac{I_{\text{g.u.min}}}{I_{\text{gor.iş.}}}. \quad (16.20)$$

Naprýażeniýe görä: üç minimal naprýażeniýeli blokirowkaly shemada KV rele üçin:

$$K_{\text{duý.}} = \frac{I_{\text{gor.iş.}}}{U_{\text{g.u.maks}}}, \quad (16.21)$$

bu ýerde $U_{\text{g.u.maks}}$ – ikifazaly gysga utgaşmada iň uly galyndy naprýażeniýe.

Kombinirlenen işe goýberiliş shemada $KV1$ rele üçin:

$$K_{\text{duý.}} = \frac{U_{\text{yza gay}}}{U_{\text{g.u.maks}}}. \quad (16.22)$$

$KV2$ rele üçin:

$$K_{\text{duý.}} = \frac{U_{\text{2g.u.min}}}{U_{\text{2gor.iş.}}}, \quad (16.23)$$

bu ýerde $U_{\text{2g.u.min}}$ – goragyň täsir edýän zolagynda ikifazaly gysga utgaşmada ters yzygiderliligiň iň kiçi naprýażeniýesi. Wagt saklanmasy şinany bölmek üçin:

$$t_1 = t_{\text{birik}} + \Delta t, \quad (16.24)$$

bu ýerde t_{birik} – generatoryň naprýażeniýe şinasyndan çykýan birikmeleriň rele goragynyň iň uly wagt saklanmalary.

Generatory öçürmek üçin:

$$t_2 = t_1 + \Delta t. \quad (16.25)$$

ç) Simmetriki aša ýüklenmeden tok goragy. Hemişelik nobatçy personallý elektrik stansiýasynda aša ýüklenmeden gorag signala täsir etmeli. Aša ýüklenme dowamly bolmagy mümkin, şonuň üçin *KT2* wagt relesi termiki durnukly bolmaly. *KA2* reläniň işleme togy $K_{ygt}=1,05$ bolanda, (16.16) aňlatma görä saýlanylýar.

Daşky gysga utgaşmada rele goragy aša ýüklenme signalyna işlemez ýaly, gysga utgaşmanyň rele goragynyň wagt saklanmasýndan aša ýüklenmäniň rele goragynyň wagt saklanmasy uly saýlanylýar.

Nobatçy personalsyz elektrik stansiýasynda aša ýüklenmeden maksimal tok goragy iki wagt saklanmada ýerine ýetirilýär:

- kiçi wagt saklanmaly täsir edýän rele goragy signala işleýär we oýandyryjyny peseldýär;

- uly wagt saklanmaly täsir edýän rele goragy magnit meýdany öçüriji awtomaty we öçürijini öçürmek üçin işleýär.

16.6. Rotoryň goragy

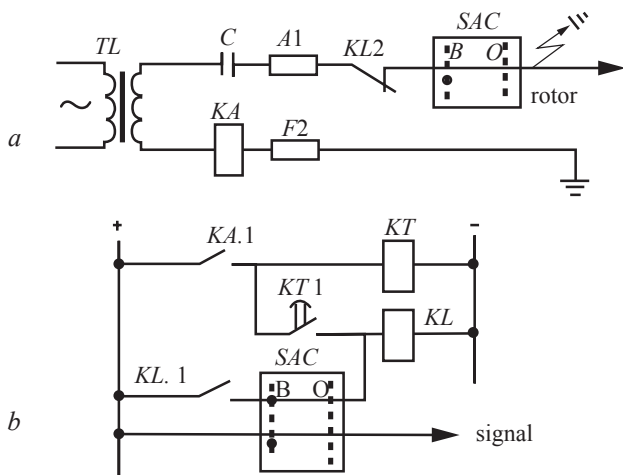
Korpusyň bir nokatdaky gysga utgaşmasýndan rotoryň sarymlaryny goramak. Oýandyryjy zynjyryň izolýasiýasynyň ýagdaýyna dowamly gözegçilik üçin woltmetr ulanylýar. Bir gysgyç ýere birikdirilýär, ikinjisi rotoryň polýuslaryna gezekli-gezegine birikdirilýär. Eger rotoryň izolýasiýasy ýeterlik uly bolsa, woltmetriň ölçemeleri iki ýagdaýda hem nola ýakyndyr. Rotoryň sarymynyň ýere gysga utgaşmasyny woltmetr her bir polýusyň naprýaženiýesiniň bahasyny ýere görä ölçeýär. Sarymyň haýsydyr bir nokadynda izolýasiýa peselende, onuň garşylygyna we izolýasiýanyň ýaramazlaşýan ýerine baglylykda ölçenilýän naprýaženiýäniň bahasy dürlüdür. Rotoryň sarymynyň ýere görä izolýasiýasynyň garşylygyny kesgitlemegiň takyklygyny ýokarlandyrmak üçin sarymlary ýokary garşylykly woltmetr ulanylýar.

Rotoryň sarymlary suw bilen sowadylýan turbogeneratorlarda, gidrogeneratorlarda, şeýle hem 300 *MWt* we ondan ýokary kuwwatly turbogeneratorlarda oýandyryjy zynjyryň bir nokadynda ýere gysga utgaşmadan gorag hökman ulanylýar. Gidrogeneratorlarda bu rele gorag öçürmek üçin, turbogeneratorlarda signala işleýär.

Ýere görä oýandyryjy zynjyryň sygymy $0,5 \text{ MkF}$ -den uly bolmadyk gidrogeneratorlaryň rele goragynyň shemasy 16.12-nji çyzgyda görkezilendir.

Oýandyryjy zynjyra C kondensatoryň üstünden TL aralyk transformatorlarynyň ikinji sarymlaryna birikdirilýär. Aralyk transformatorynyň zynjyryna aýratyn sarymlary bolan KA tok relesi birikdirilen. Tok relesiniň sarymlarynyň ikinji ahyrlary rotoryň walyna elektrik kontakty bolan ýörite çotga arkaly ýere birikdirilýär.

Rele goragynyň shemasyny iýmitlendirmek ikinji sarymlarynyň naprýaženiýesi 100 W bolan TL transformatoryň üstünden hususy zerurlygyň şinasyndan iýmitlendirilýär.



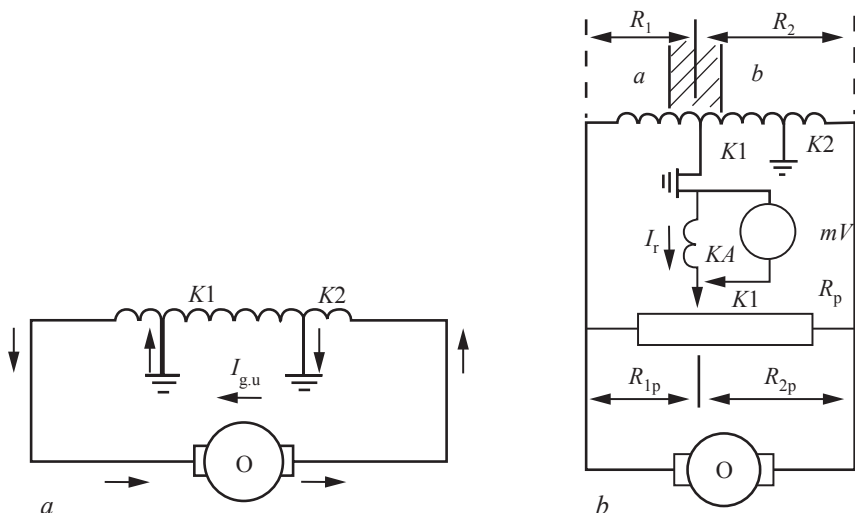
16.12-nji çyzgy. Oýandyryjy zynjyryň bir nokadynda ýere gysga utgaşmada gidrogeneratorýň rele goragynyň shemasy:

a – üýtgeýän naprýaženiýe zynjyry; b – operatiw tok zynjyry

Kadaly iş düzgüninde KA releden tok geçmeýär we öz kontaktlaryny açyk saklaýar. Generatorýň oýandyryjy zynjyrynda ýere gysga utgaşma ýagdaýynda tok relesi arkaly üýtgeýän toguň akyp geçmegi üçin kontur emele gelýär we tok relesi işleýär. KA tok relesiniň biri-gen kontaktlarynyň üstünden KT wagt relesiniň sarymlaryna zarýad berilýär we ol işläp KL aralyk relesini herekete getirýär. KL rele işländen soňra özüni blokirlýär we ýere gysga utgaşma ýeriň üstünden üýtgeýän toguň dowamly geçmeginiň önüni alýar. Rele goragynyň bloguny aýyrmak we ony işe girizmek üçin SAC açar ýerleşdirilen.

KA relä yzygider birikdirilen sygymy $0,3MkF$ bolan C kondensator ýere gysga utgaşma ýeriniň üstünden hemişelik toguň akmagyna rugsat bermeýär. Eger generatoriň oýandyryjy zynjyrynda ýere utgaşmada kondensator hatardan çykan bolsa, gysga utgaşma döreýär. Şeýlelikde, rele goragy $F1$ we $F2$ ereýji goraýjylar bilen öçürilýär.

Ikinji nokatda korpusta utgaşmada rotoryň sarymynyň goragy. Oýandyryjy zynjyryň iki nokadynda ýere utgaşmadan gorag diňe turbogeneratorlarda ýerleşdirilýär. Elektrik stansiýasynda islendik generatora çalt we amatly birikdirmäge ukyply rele goragynyň bir komplekti ulanylýar. Ýere ikinji utgaşmadan rele goragynyň täsir ediş düzgüni 13.13-nji b çyzgyda görkezilen. Rotoryň sarymyna parallel R_p potensiometr birikdirilýär. Potensiometrde $K1^1$ nokat ýerleşýär, onuň potensialy rotoryň sarymynyň birinji utgaşmasynyň ýeriniň potensialyna deň. Ýer bilen $K1$ nokadyň arasynda KA tok relesiniň sarymy birikdirilýär.



16.13-nji çyzgy. a) Rotoryň sarymynyň iki nokatda ýere utgaşma we b) iki nokatda ýere utgaşmada rotoryň sarymynyň goragynyň täsir ediş düzgüni

Diagonalyna rele birikdirilen dört eginli köpri görnüşinde she-ma ýerine ýetirilýär. $K1$ zeper ýetme nokadyň we $K1^1$ potensiomet-riň nokatlarynyň potensiallary deň bolanda, köpriniň eginlerindäki

garşylyklar $\frac{R_1}{R_1} = \frac{R_{1p}}{R_{1p}}$ şerti kanagatlandyrýar. Şeýlelikde, KA reledе tok nola deň we rele goragy täsir etmeýär. Ýere ikinji utgaşma ýüze çykanda, mysal üçin, $K2$ nokatda köpriniň eginlerindäki garşylyklaryň gatnaşygy bozulýar, şonuň netijesinde $K1$ we $K1^1$ nokatlaryň potensiallaryň deňsizligi ýüze çykýar we köpriniň diagonalýnda eginleriň deňsizlik derejesine bagly tok döreýär. Eger tok reledе $I_r > I_{r,ş}$ bolsa, rele goragy täsir edýär. $K1$ nokatdan näçe daş aralykda $K2$ ýüze çyksa, reledе şonça-da tok uludyr. $K1$ nokadyň golaýýnda goragyň täsir etmeýän zolagy bar (a we b). Eger ikinji utgaşma bu zolagyň çäginde daşarda bolsa, I_r tok $I_{r,ş}$ togundan kiçi we rele goragy täsir etmeýär. Rele goragyň potensiometrinden $K1$ nokat tejribe geçirmek bilen alynýar. Hemişelik toguň woltmetri KA reläniň sarymynyň naprýaženiýesini ölçeyär. Woltmetriň görkezmesi nola deň bolýança potensiometriň kiçi kuwwatly hereketlendirijisi hereket edýär. Woltmetriň görkezmesiniň nola gelmegi eginleriň deňleşmegini we toguň ýoklugyny görkezýär.

16.14-nji çyzy. Oýandyryjynyň zynjyrynda iki nokatda ýere gysga utgaşmada generatoryň rele goragynyň shemasy:
a – oýandyryjy zynjyr; b – operativ toguň zynjyry

ÖÇÜRİJİ İŞLEMEDİK ÝAGDAÝYNDA RELE GORAGYNYŇ ÄTİÝAÇLYK TÄSİRİNİŇ ÝERINE ÝETİRİLİŞ DÜZGÜNI

17.1. Ätiýaçlandyrmagyň usullary we zerurlygy

Zeper ýetmäni awtomatik aradan aýyrmak üçin täsir edilende öçürijiniň ýa-da rele goragynyň işlemedik ýagdaýy seýrek gabat gelýär.

Bu ýagdaý seýrek gabat gelse-de, öçürilmedik gysga utgaşma togy we naprýaženiýäniň peselmegi agyr heläkçilige, enjamlaryň köpçülikleýin zaýalanmagyna, naprýaženiýäniň peselmegi bilen ulanyjylaryň elektrik üpjünçiliginiň bozulmagyna we energiýa ulgamynyň durnuklylygynyň bozulmagyna getirip biler. Rele goragynyň we öçürijiniň saz işlemegini we ygtybarlylygyny ýokarlandyrmak üçin olar ätiýaçlandyrylýar.

Ätiýaçlandyrmagyň iki usuly bar:

1. Ýanaşyk bölegiň goragy bilen ätiýaçlandyрма (uzak aralykdan ätiýaçlandyрма).

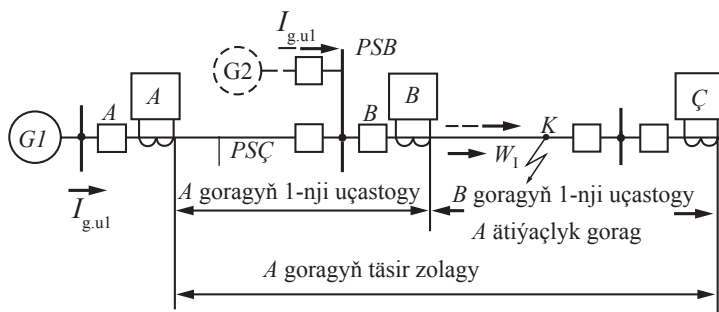
2. Öçürijiniň we goragyň işlemedik podstansiýasynda ätiýaçlandyrmak. Bu ýagdaýda her bir birikmede iki gorag ýerleşdirilýär (esasy we ätiýaçlyk).

Öçürijini ätiýaçlandyrmak üçin öçüriji işlemedik ýagdaýynda ýörite gurluşlar ulanylýar. Bu gurluşlar işlemedik öçürijileriň goragyndan işe goýberilýär we bu podstansiýanyň ähli birikmelerini öçürmek üçin buýruk berýär. Bu usul ýerli ýa-da ýakyn ätiýaçlandyrmak diýlip atlandyrylýar.

1-nji usul. Bu usulda ýanaşyk uçastogyň goragy diňe öz zolagyn-da täsir etmän, goňşy uçastoklara hem täsir etmeli (*17.1-nji çyzgy*).

Ätiýaçlyk gorag hökmünde ýere gysga utgaşmada öçürmek üçin nol yzygiderliligiň tok goragy we fazalaryň arasyndaky gysga utgaşmada öçürmek üçin maksimal tok goragy ýa-da distansion gorag ulanylýar.

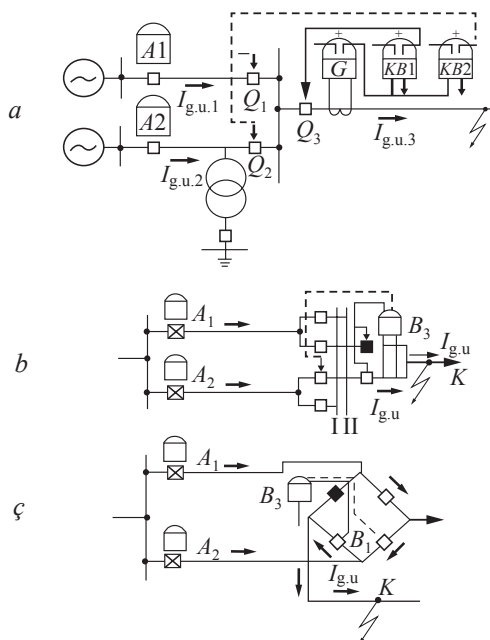
Uzak aralykdan ätiýaçlandyrmagyň artykmaçlygy onuň ýokary ygtybarlylygydyr. Ätiýaçlandyrylýan we ätiýaçlandyryan goraglar we öçürijileriň hersi dürli podstansiýalarda ýerleşdirilen. Ätiýaçlandyrylan podstansiýanyň näsazlyklary ätiýaçlandyryan gurluşa täsir etmeýär.



17.1-nji çyzgy. Setiň indiki uýastogynyň goragynyň kömegi bilen öçüriji ýa-da gorag işlemedik ýagdaýynda uzak aralykdan ätiýaçlandyrmak düzgüni

Ýöne çylşyrymly, uzyn setlerde we kuwwatly ýüklenen parallel liniýalarda ätiýaçlyk goragynyň duýgurlygy ýeterlik däl. Şol sebäpli uzak aralykdan ätiýaçlandyrmagy ulanmagy çäklendirýärler.

2-nji usul. Ýakyndan ätiýaçlandyrmak:



17.2-nji çyzgy. Öçüriji işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyryjy gurлуşyň kömegi bilen ýakyndan ätiýaçlandyrmak düzgüni:

a – öçüriji işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyryjy gurлуşyň täsir ediş düzgüni;
b – birikmesi iki öçürijili shema üçin; *ç* – dörtburçluk shema üçin ýakyndan ätiýaçlandyrmak

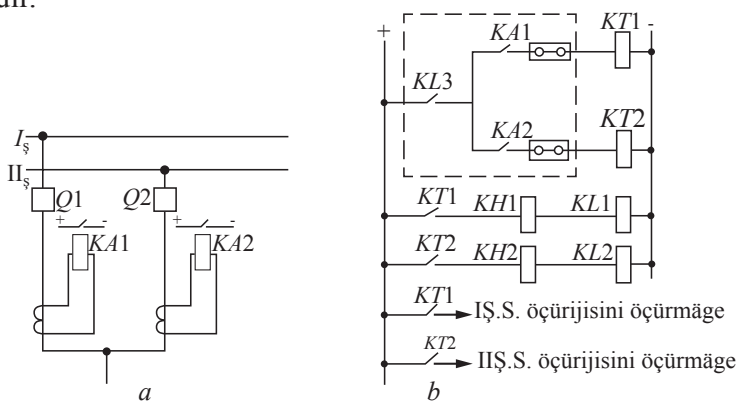
$Q3$ öçüriji işlemedik ýagdaýynda gysga utgaşmany öçürmek üçin niýetlenen wagt gutarandan $KT2$ wagt relesi podstansiýanyň ähli birikmelerini ($Q1$ $Q2$) öçürýär.

Öçüriji ätiýaçlandyryjy gorag işlemedik ýagdaýynda ony ätiýaçlandyryp bilmeyär. Şonuň üçin esasy gorag işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyrmak üçin ikinji gorag komplekti ulanylýar. Iki gorag hem biri-birine garaşsyz işleýärler. Her bir gorag aýratyn tok transformatoryna birikdirilýär.

17.2. Öçüriji işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyryjy gurluşyň ýerine ýetiriliş düzgünleri

Öçüriji işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyryjy gurluş işlände podstansiýanyň ýa-da elektrik stansiýasynyň şinalar ulgamyny öçürýär. Şonuň üçin öçüriji işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyryjynyň ýalňys işlemegi energiýa ulgamy üçin näsazlyk ýagdaýyna getirýär. Öçüriji işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyryjy gurluşyň ýalňys işlemeginiň ähtimallygy ýokary, sebäbi ol ähli birikmeleriň goragyndan buýruk alýar. Şonuň üçin islendik birikmäniň goragynda näsazlyk bar bolsa ýa-da goragda barlag geçirilýärkä personalyň ýalňysy bilen öçüriji işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyryjy gurluş işleýär.

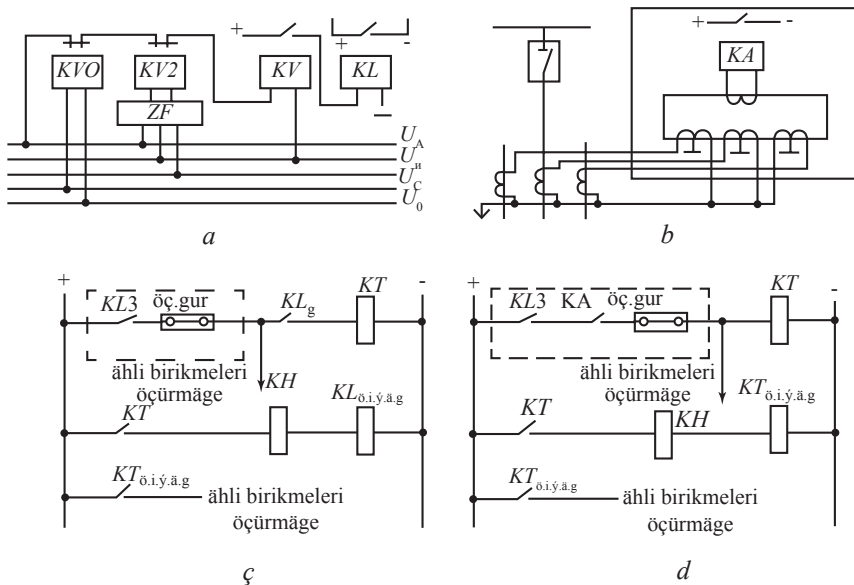
Öçüriji işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyryjy gurluşyň ýalňys işlemeginiň önüni almak üçin biri-birine garaşsyz işe goýberiji organlar ulanylýar. 1-nji işe goýberiji organ 17.3-nji çyzgyda görkezilendir.



17.3-nji çyzgy. Iki öçürijili birikmede öçürijiniň işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyrmagyň shemasy

2-nji öçüriji işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyryjy gurluşyň täsir ediş zolagynda gysga utgaşmanyň barlygyna gözegçilik edýän goşmaça işe goýberiji gurluş.

2-nji işe goýberiji organ naprýaženiýe ýa-da tok relesiniň kömegi bilen ýerine ýetirilýär.



17.4-nji çyzgy. Öçüriji işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyryjy gurluşyň prinsipial shemasy:

a, b – öçürilmedik gysga utgaşma gözegçilik edýän gurluşyň zynjyry; ç, d – öçüriji işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyryjy gurluşyň operatiw zynjyry

17.4-nji *a* çyzgyda naprýaženiýe relesi bilen gözegçilik edýän schema görkezilendir. Ol fazaara naprýaženiýe birikdirilen üçfazaly gysga utgaşmany duýýan kV minimal naprýaženiýe relesinden we simmetrik däl gysga utgaşmany duýýan iki releden durýar. KV_2 ters yzygiderliligiň naprýaženiýesine, KV_0 nol yzygiderliligiň naprýaženiýesine birikdirilýär. KV , KV_2 ýa-da KV_0 reläniň täsirinde aralyk rele işleýär we öçüriji işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyryjy gurluşy işletmäge mümkinçilik berýär.

17.4-nji *b* çyzgyda KA_k üçfazaly tok relesiniň kömegi bilen gysga utgaşmanyň barlygyna gözegçilik edýär. KA_k üçfazaly rele gysga utgaşmanyň ähli görnüşinde işleýär.

17.4-nji ç, d çyzgyda öçüriji işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyryjy gurluşyň prinsipial shemasy görkezilendir.

Öçüriji işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyryjy gurluşyň goýluş parametrini saýlamak. Öçüriji işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyryjy gurluşyň täsir ediş wagty goragyň öçürmek wagtyndan uly bolmaly. $\Delta t = t_{\text{ÖÝÄG}} - t_{\text{öç}}$. Bu KT wagt relesiniň kömegi bilen ýerine ýetirilýär.

Gorag öçürijä we öçüriji işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyryjy gurluşyň wagt relesine bir wagtda impuls berýär. Öçüriji işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyryjy gurluşyň täsir wagty:

$$t_{\text{ÖÝÄG}} = t_{\text{öç.öçm}} + t_{\text{gor.yza gay}} + t_{KT\text{ýaln}} + t_{\text{atiýaç}}$$

bu ýerde $t_{\text{öç.öçm}}$ – K öçürijiniň öçürme wagty;

$t_{\text{gor.yza gay}}$ – goragyň yza gaýtmagy bilen bagly wagty;

$t_{KT\text{ýaln}}$ – öçüriji işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyryjy gurluşynyň wagt relesiniň ýalňyşlyk wagty;

$t_{\text{atiýaç}}$ – wagt ätiýaçlygy.

XVIII BAP

ELEKTRIK HEREKETLENDIRIJILERIŇ GORAGY

18.1. Umumy maglumat

Elektrik gurnawlaryň gurluş düzgünlerine görä, naprýaženiýesi 1000 W -dan ýokary bolan elektrik hereketlendirijilerde aşakdaky görnüşdäki rele goraglary goýulýar:

- fazaara gysga utgaşmadan gorag;
- ýere gysga utgaşmadan gorag;
- ýere ikileýin gysga utgaşmadan gorag;
- aşa ýüklenmeden gorag.

Sinhron hereketlendirijiler üçin asinhron iş düzgüninden goraýan goşmaça gorag ulanylýar.

Bu maksat üçin ulanylýan goraglaryň görnüşleri elektrik hereketlendirijileriň kuwwatyna baglydyr.

Kuwwaty 5000 kW -a çenli elektrik hereketlendirijilerde fazaara gysga utgaşmadan goramak üçin tokdan bölüp aýyrýan gorag ulanylýar. Hereketlendirijiniň neýtraly tarapynda faza çykalgalary bolmadyk, uly kuwwatly elektrik hereketlendirijiler üçin hem bu goragy ulanyp

bolýar. Uly kuwwatly hereketlendirijilerde, duýgurlyk talabyny ýerine ýetirmeýän bolsa, tokdan bölüp aýyrýan gorag ulanylmaýar we eger bu hereketlendirijileriň neýtraly tarapynda faza çykalgalary bar bolsa, differensial goragy ulanmak maksadalaýykdyr.

Ýere gysga utgaşmadan gorag hökmünde, gysga utgaşma togy 5A-den uly bolan tokda, kuwwaty 2000 kWt -dan uly bolan hereketlendirijiler üçin, gysga utgaşma togy 10 A tokda kiçi kuwwatly hereketlendirijiler üçin öçürmäge täsir edýän nol yzygiderliligiň tok goragy ulanylýar. Hereketlenýän mehanizmleriň hereketlendirijilerini iýmitlendirýän liniýalarda ýere gysga utgaşmadan goraýan gorag, elektrik howpsuzlyk kadalaryna görä, gysga utgaşma togunyň ululygyna garamazdan öçürmäge täsir etmelidir. Transformator-hereketlendiriji bloklarda ýere gysga utgaşmadan gorag signal bermek üçin işleýär.

Ikileýin gysga utgaşmadan gorag hökmünde, öçürmäge täsir edýän nol yzygiderliligiň tok goragy ulanylýar. Eger fazaara gysga utgaşmadan gorag iki fazada ýerine ýetirilen bolsa, nol yzygiderliligiň tok goragy hökman ulanylmalydyr.

Tehnologik sebäpler we işe goýbermegiň aýratyn şertlerinde aşa ýüklenmeden hereketlendirijini goramak üçin aşa ýüklenmeden gorag ulanylýar. Aşa ýüklenmeden gorag wagt saklanmaly ýa-da wagt saklanmasyz görnüşde ýerine ýetirilýär. Aşa ýüklenmeden goragyň 1-nji derejesi signala, 2-nji derejesi öçürmäge buýruk berýär. Hereketlendirijiniň işe goýberiji toguna deň bolan aşa ýüklenmäniň goýluş parametrinde goragyň wagt saklanmasy hereketlendirijiniň işe goýbermek wagtynydan uly edip alynýar. Hereketlendirijiniň goragynyň şeýle görnüşde ýerine ýetirilmegi ýylylyk deňligini saklamaga mümkinçilik berýär. Adaty hereketlendirijileriň temperaturasy iki gezek yzygiderli işe goýbermäge mümkinçilik bermeyär.

Şeýlelikde, elektrik gurnawlaryň gurluş düzgünlerine laýyklykda kuwwaty 5000 kWt -dan kiçi hereketlendirijilerde tokdan bölüp aýyrýan gorag, ýere gysga utgaşmadan tok goragy, aşa ýüklenmeden gorag ulanylýar. Bu goraglary «Энергомашин» kompaniýasynyň goýberýän УЗА-АТ ýa-da УЗА-10 görnüşli releleriniň kömegi bilen ýerine ýetirip bolýar. «Энергомашин» kompaniýasy elektrik hereketlendirijiler üçin ýörite УЗА-10 А Э görnüşli rele goýberýär. Ol tokdan bölüp aýyrýan goragy, ýere gysga utgaşmadan goragy, simmetrik däl iş düzgüniniň goragyny we aşa ýüklenmeden goragy özünde jemleýär.

Hereketlendirijiniň doly ýüklenme ukybyny ulanyp, onuň ýylylyk ýagdaýyny kesgitleýän, ýylylyk häsiýetnamasyna garaşly, aşa ýüklenmeden ýörite gorag ulanylýar. Ýylylyk häsiýetnamasynyň parametrleri elektrik hereketlendirijileriň tehniki bahalaryna: sowadyş ulgamyna, hereketlendirijiniň izolýasiýasynyň rugsat berilýän temperaturasyna we hereketlendirijiniň başlangyç temperaturasyna baglydyr. Bu bahalar hereketlendirijiniň ýörite goragynda (ALSTOM firmanyň MiCOM P210, P220, P241) hasaba alynýar. Bu düzgüniň ýetmezçiligi hereketlendiriji soňky temperatura çenli gyzandan soň öçürmäge täsir edýär. Şonuň üçin aşa ýüklenmeden goraýan gorag iki basgançakda; 1-nji ýüksüzlenmäge täsir edýän az wagt saklanmaly, 2-nji öçürmäge uly wagt saklanmaly basgançakda ýerine ýetirilýär.

Sinhron hereketlendirijini asinhron iş düzgüninden goramak üçin garaşsyz wagt saklanmaly aşa ýüklenmäniň toguna görä täsir edýän gorag ulanylýar. MiCOM-241 gorag $\cos\phi$ ululyga görä täsir edýär. Bu gorag oýandyryjynyň öçendigini we oýandyryjysyz hereketlendirijiniň asinhron iş düzgünine geçmegini anyklaýar. Bu iş düzgüninde goragyň wagt saklanmasyny azaltmaly we asinhron iş düzgüninde gorag $\cos\phi$ peselende öçürmäge ýetişmelidir. Asinhron iş düzgüninde hereketlendiriji aşa ýüklenýär we gorag aşa ýüklenmeden goraýan ýaly täsir edýär. Ýönekeý tok goragy tokdan çäýkanmada hem işleýär. Şonuň üçin aşa ýüklenmeden gorag bellibir wagtdan soň öçürmelidir. Şeýle düzgün «Энергомашин» kompaniýanyň УЗА -10 А Э goragynda ýerine ýetirilýär. Aşa ýüklenmeden gorag iki basgançakda: 1-nji gaýtadan sinhronlaşma üçin az wagt saklanmaly basgançak, 2-nji öçürmäge uly wagt saklanmaly basgançakda ýerine ýetilýär. Bu ýagdaýda aşa ýüklenmäni we asinhron iş düzgünini tapawutlandyryp bolmaýar we awtomatik gaýtadan sinhronlaşmany üpjün etmeýär. Şonuň üçin ýörite gorag uly kuwwatly hereketlendirijilerde oýandyryjy gurluşdan oýandyryjy tok ýitende täsir edýän gurluş bilen üpjün edilýär. Bu gurluş awtomatik gaýtadan sinhronlaşma üçin ulanylýar.

Işe goýberiş şertini, şeýle hem saklanan mehanizmleriň ýa-da oýandyrylan sinhron hereketlendirijilere sinhron däl naprýaženiýäni bermegiň önüni almak üçin, hereketlendiriji minimal naprýaženiýe goragy bilen enjamlaşdyrylmalydyr. Bu gorag şahsy ýa-da toparlaýyn ýerine ýetirilýär. Şinalara naprýaženiýe berlişini tizleşdirmek ýa-da daşky

elektrik setden hereketlendirijä naprýaženiýe berlişiniň öňüni almak üçin, sinhron hereketlendirijiler ýygylgyň peselmegine görä işleýän gorag bilen goşmaça enjamlaşdyrylýar. Hereketlendirijiniň MiCOM P241 gorag gurluşynyň naprýaženiýäniň we ýygylgyň peselmegi bilen işleýän elementi bardyr. Şeýle reläniň ulanylmagy, bu maksat üçin ýörite naprýaženiýe relesini ulanmak hökmanylygyny aradan aýyrýar.

Ýokarda aýdylanlardan başga hem elektrik hereketlendirijilerin ulanyş şertlerini gowulandyrmak üçin, ýörite goraglaryň goşmaça funksiýalary bardyr. Olara:

- fazalar üzülenide;
- işe goýbermegiň sanyny çäklendirmek;
- minimal toguň we kuwwatyň goragy;
- rotoryň saklanmagyndan goraglar degişlidir.

18.2. Fazaara gysga utgaşmadan hereketlendirijiniň goragy

Fazaara gysga utgaşmadan gorag elektrik hereketlendirijileriniň esasy rele goragydyr. Kuwwaty 5000 kW -a çenli elektrik hereketlendirijileriniň goragy hökmünde tokdan bölüp aýyrýan gorag ulanylýar. Ýönekeý tok bölüp aýyrýan gorag göni täsirli reläniň kömegi bilen ýerine ýetirilýär. Fazaara gysga utgaşmanyň ähli görnüşlerinden goramak üçin tok goragy iki fazada goýulýar. Tokdan bölüp aýyrýan gorag hereketlendirijiniň işe goýberiji toguna sazlanýlar. Elektrik hereketlendirijiler birikdirilen wagtynda işe goýberiji tok nominal tokdan 1,6 – 1,8 esse ýokarlanýar. Bu ýokarlanma hereketlendirijiniň işe goýberiji toguna gorag sazlananda ygtybarlylyk koeffisiýenti hasaba alynýar:

$$I_{\text{gor.iş}} = k_{\text{ygt}} I_{\text{iş.goy.maks}} \quad (18.1)$$

bu ýerde $I_{\text{gor.iş}}$ – tokdan bölüp aýyrýan goragyň işleme togy.

k_{ygt} – ygtybarlylyk koeffisiýenti 1,8 ýa-da 2-ä deň.

$I_{\text{iş.goy.maks}}$ – maksimal iş düzgüninde hereketlendirijiniň işe goýberiji togy.

Hereketlendiriji işe goýberilende ýokarlanyp biljek toguň ululygy hereketlendirijiniň tehniki bahalaryndan alnyp bilner. İşe goýberiji tok:

$$I_{\text{iş.goy.maks}} = k_{\text{iş.goy}} I_{\text{nom}} \quad (18.2)$$

Reläniň işleme togy:

$$I_{\text{r.iş}} = \frac{k_{\text{sh}} I_{\text{gor.iş}}}{K_{\text{TA}}} \quad (18.3)$$

bu ýerde K_{sh} – tok transformatorlarynyň birikdiriliş shemasyny hasaba alýan shema koeffisiýenti. Tok transformatorlary iki fazanyň toklarynyň tapawudy (18.1-nji çyzgy) görnüşinde birikdirilen bolsa, $k_{sh} = \sqrt{3}$, tok transformatorlary doly däl ýyldyz (18.2-nji çyzgy) görnüşinde birikdirilen bolsa, $K_{sh}=1$ -e deň.

K_{TA} – tok transformatorynyň transformasiýa koeffisiýenti.

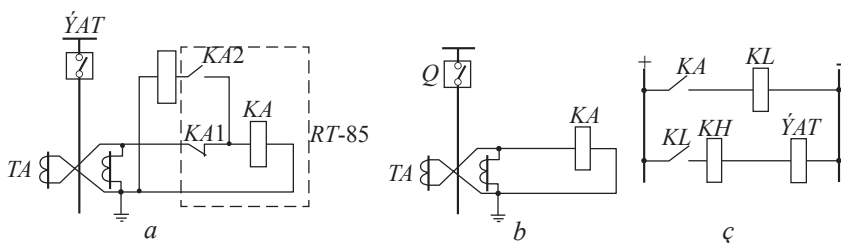
Goragyň goýluş parametri hasaplanandan soň onuň duýgurlygyny barlamaly:

$$k_{duý} = \frac{I_{g.u.min}^{(2)}}{I_{gor.iş}}, \quad (18.3)$$

bu ýerde $k_{duý}$ – duýgurlyk koeffisiýenti, ol 2-den az bolmaly däl. $I_{g.u.min}^{(2)}$ – minimal iş düzgüninde ikifazaly gysga utgaşmanyň togy.

Eger tokdan bölüp aýyryan goragyň işleme togy elektrik hereketlendirijiniň işe goýberiji toguna sazlanan bolsa, onda daşky gysga utgaşmada elektrik hereketlendirijiniň elektrik sete berýän toguna hem sazlanan bolmalydyr.

Elektrik hereketlendirijileriň goragy üçin üýtgeýän operatiw tokly (18.1-nji çyzgy), şeýle hem göni täsirli rele ulanmak maksadalaýykdyr.



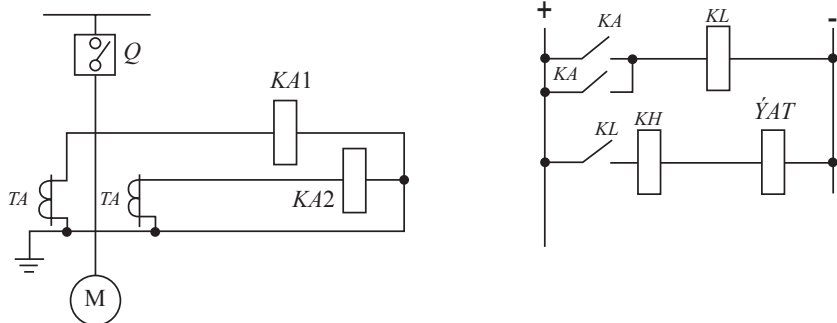
18.1-nji çyzgy. Hereketlendirijiniň bir relili shemada ýerine ýetirilen gysga utgaşmadan tok goragy:

a – PT-80 görnüşli reläniň gönümel täsiri bilen; b – PT-80 görnüşli relili aralyk reläniň üstünden; ç – toklaryň tapawudy görnüşinde birikdirilen relili

18.1-nji a çyzgyda görkezilen gorag PT-80 görnüşli rele bilen ýerine ýetirilýär. Şeýlelikde, tokdan bölüp aýyryan gorag gysga utgaşmadan, induksion elementi aşa ýüklenmeden goraýar. Tokdan bölüp aýyryan goragyň kontakty kuwwatly taýýarlanylýar we öçürijini göni öçürýär. Hereketlendirijini aşa ýüklenmeden goramak göz önüne

tutulmadyk bolsa, PT-görnüşli rele ulanylýar. Onuň kontakt ulgamy öçürijini öçürmäge ýetmeýär we şonuň üçin shemada aralyk rele ulanylýar (18.1-nji b çyzygy).

Hereketlendirijiniň bir releli shemasy ikifazly gysga utgaşmada ýeterlik duýgurlygy üpjün edip bilmeýse, onda goragyň iki releli shemasy ulanylýar (18.2-nji çyzygy).

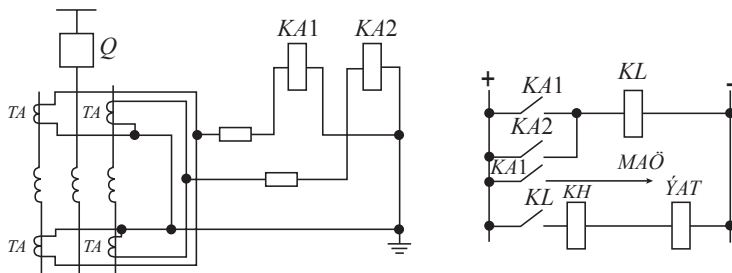


18.2-nji çyzygy. Gysga utgaşmadan gorayän hemişelik operatiw tokly iki releli hereketlendirijiniň goragy:

a – tok zynjyry; b – operatiw zynjyr

Bu shema ikifazly gysga utgaşmada 18.1-nji çyzygdaky shemadan has duýgurdyr.

Elektrik hereketlendirijiniň differensial goragy 18.3-nji çyzygyda görkezilendir.



18.3-nji çyzygy. Kuwwatly elektrik hereketlendirijiniň differensial goragy:

a – tok zynjyry; b – operatiw zynjyr

Differensial gorag maksimal tok goragyna garanynda has duýgur, ol daşky gysga utgaşmada, işe goýberiji we öz-özünden işe goýberiji tokda özüni deňleşdirýär.

Hereketlendirijiniň differensial tok goragynyň işleme togy aşakdaky görnüşde saýlanylýar:

$$I_{\text{gor.iş.}} = (1,5 \div 2) I_{\text{nom.}} \quad (18.4)$$

Differensial rele hereketlendirijiniň neýtrallary we çykalgalary tarapynda doly däl ýyldyz görnüşinde birikdirilen tok transformatorlarynyň toplumyna birikdirilýär. Differensial gorag ikifazaly ýerine ýetirilýär. Bu goragda PHT-565, ДЗТ-11 ýa-da ALSTOM firmanyň MiCOM P631, P632, MX3DPG3A, ЧЭАЗ, PCT -15 görnüşli releleri ulanylýar.

18.3. Elektrik hereketlendirijileriň aşýüklenmeden goragy

Elektrik hereketlendirijileriň aşýüklenmesi aşakdaky ýagdaýlarda ýüze çykýar:

a) işe goýberilmeginiň ýa-da öz-özünden işe girmeginiň dowamly bolmagy;

b) mehanizmleriň aşýüklenmesinden ýa-da tehnologik sebäpler;

ç) bir fazanyň üzülmegi netijesinde;

d) elektrik hereketlendirijiniň mehaniki böleginiň ýa-da mehanizminiň zeper ýetmesinde elektrik hereketlendirijiniň saklanmagy we M_s momentiniň ýokarlanmagy.

Aşýüklenme durnukly we gysga wagtlaýyndyr. Elektrik hereketlendirijiler üçin diňe durnukly aşýüklenme howpludyr. Hereketlendirijileri işe goýbermek we öz-özünden işe girizmek bilen şertlenen aşý tok gysga wagtlaýyndyr we kadaly tizligini alandan soň öz-özünden aýrylýar.

Elektrik hereketlendirijileriň togunyň ulalmagy bir fazanyň üzülmegi netijesinde ýüze çykýar. Hereketlendirijiniň parametrine baglylykda bir faza üzülende, statoryň togy takmynan $(1,6 - 2,5) I_{\text{nom}}$ -e deň. Bu aşýüklenme durnukly häsiýete eýedir.

Toguň aşý ýokarlanmagy elektrik hereketlendirijiler üçin temperaturanyň ýokarlanýandygy sebäpli howpludyr. Temperaturanyň ýokarlanmagy sarymlaryň izolýasiýasynyň könelmesini tizleşdirýär we elektrik hereketlendirijiniň hyzmat edýän möhletini azaldýar. Elektrik hereketlendirijileriň aşýüklenme ukyby aşý toguň ululygynyň we onuň akmagyna rugsat berilýän wagtyň özara baglanyşyk häsiýetnamasy bilen kesgitlenilýär:

$$t = T \frac{\alpha - I}{k - I}, \quad (18.5)$$

bu ýerde t – aša ýüklenmäniň rugsat berilýän wagty, sekuntda; T – gyzmagyň hemişelik wagty, sekuntda.

α – hereketlendirijiniň izolýasiýasynyň görnüşine, şeýle hem aša ýüklenmäniň häsiýetine we dowamlylygyna garaşly koeffisiýenti; asinhron elektrik hereketlendirijiler üçin $\alpha=1,3$; k – aša ýüklenmäniň artmak derejesi, ýagny hereketlendirijiniň I_d togunyň onuň nominal toguna gatnaşygy:

$$k = \frac{I_d}{I_{\text{nom}}}. \quad (18.6)$$

Elektrik hereketlendirijileri aša ýüklenmeden goragy ýerleşdirmek we onuň täsir edişi elektrik hereketlendirijiniň iş şerti bilen şertlenen:

a) tehnologik aša ýüklenmeýän we işe goýberiş hem-de öz-özünden işe goýberiş şerti agyr bolmadyk hereketlendirijilerde aša ýüklenmeden gorag ulanylmaýar;

b) tehnologik aša ýüklenmegi mümkin, öz-özünden işe goýbermegi üpjün edilmedik hereketlendirijiler aša ýüklenmeden gorayan gorag bilen üpjün edilmelidir;

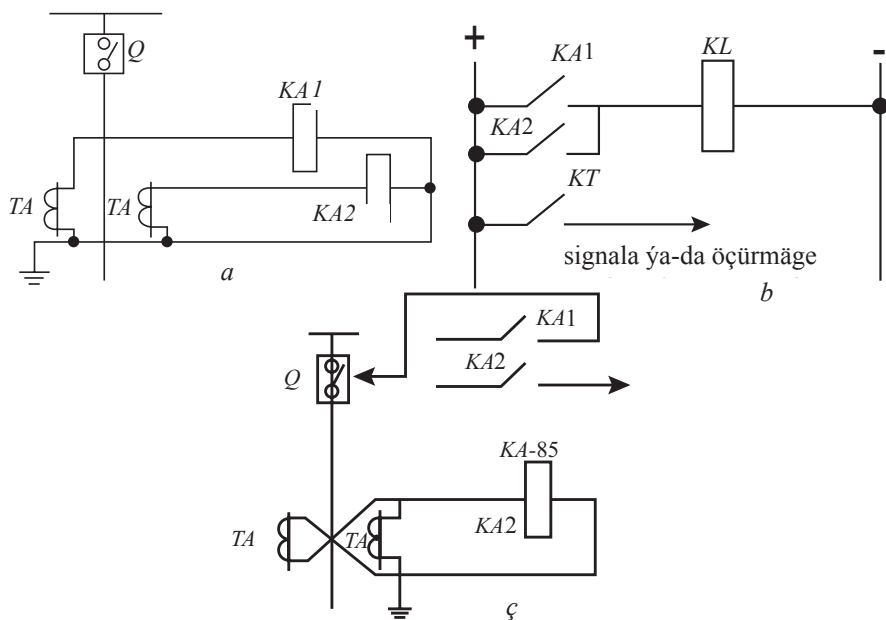
ç) elektrik hereketlendirijileriň öz-özünden işe girmegi üpjün edilmedik ýa-da hereketlendirijini öçürmezden tehnologik aša ýüklenmäni aýryp bolmasa, onda gorag öçürmäge täsir edýär;

d) eger tehnologik aša ýüklemäni hereketlendirijini saklamasyz el ýa-da awtomatik aýrylýan bolsa we hereketlendirijiler personalyň gözegçiliginde durýan bolsa, aša ýüklenmeden gorag mehanizmleri ýüksüzlendirýär ýa-da duýduryş berýär.

Ýylylyk rele bilen elektrik hereketlendirijileri goramak. Ýylylyk rele hereketlendirijiniň gyzýan elementlerinden bölünip çykýan ýylylygyň mukdaryna görä işleýär we elektrik hereketlendirijiniň aša ýüklenme häsiýetnamasyna golaý häsiýetnamany üpjün edýär. Ýylylyk relede gyzgynlyga dürli giňelme koeffisiýentleri bolan dürli metallar ulanylýar. Ýylylyk relesiniň esasy bimetall materiallar tutýar. Gyzýan elementlerden toguň akmagy bilen bimetal elementler hem gyzýar we giňelme koeffisiýenti kiçi bolan metalyň tarapyna egrelip reläniň kontaktyny birikdirýär.

Ýylylyk reläniň iş şerti daşky gurşawyň temperaturasyna baglydyr we köplenç, hereketlendirijiniň ýylylyk häsiýetnamasyna gabat gelmeýär. Şonuň üçin 0,4 kW naprýaženiýeli awtomatlarda ýylylyk rele goýulýar.

Aşa ýüklenmeden tok releli goramak. Elektrik hereketlendirijileri aşýä ýüklenmeden goramak üçin wagt saklanmasy çäklendirilen, häsiýetnamaly PT-80 tok rele ýa-da tok we wagt rele bilen ýerine ýetirilýän maksimal tok goragy ulanylýar (18.4-nji çyzgy).



18.4-nji çyzgy. Aşýä ýüklenmeden tok goragy:

a – PT-84 görnüşli releli; b – operatiw zynjyr; ç – PT-40 görnüşli releli

Tok goragynyň artykmaçlygy – ekspluatasiýasy ýönekeý we sazlamak amatly. Ýöne toguň kiçi artmagynda goragyň wagtynyň ýeterlik däldigi üçin, hereketlendirijiniň aşýä ýüklenme mümkinçiligini ulanmaga rugsat berilmeýär. Tehnologik aşýä ýüklenmesi ýok hereketlendirijiler üçin bu ýetmezçiligiň ähmiýeti ýok we elektrik stansiýasynyň hususy zerurlygy üçin diňe tok goragy ulanylýar.

PT-80 tok relesi bilen fazaara gysga utgaşmada we aşýä ýüklenmede hereketlendirijiler goralýar. Eger aşýä tokda gorag signala işlemeli bolsa, onda induksion elementiň we tokdan bölüp aýyryan goragyň kontaktlary aýratyn bolan PT-84 görnüşli rele ulanylýar (18.4-nji a çyzgy).

Aşýä ýüklenmeden maksimal tok goragyň işleme togy elektrik hereketlendirijiniň nominal toguna sazlanýlýar:

$$I_{\text{gor.iş}} = \frac{k_{\text{ygt}}}{k_{\text{yza gay}}} I_{\text{nom}} \quad (18.7)$$

Aşa ýüklenmeden goragyň täsir wagty hereketlendirijiniň öz-özünden işe girýän wagtyndan uly saýlanmalydyr. Başga bir tarapdan, bu wagt hereketlendiriji üçin aşa toguň rugsat berilýän akma wagtyndan uly bolmaly däldir. Adatça, bu şert kanagatlandyrýar, ýagny birinji ululyk ikinji ululykdan kiçidir.

Asinhron hereketlendirijileriň işe girişme wagty 10-15 s-e deň. Şonuň üçin PT-80 reläniň häsiýetnamasynyň garaşsyz böleginiň wagty 12-15 sekuntan kiçi bolmaýar. Garaşsyz häsiýetnamaly aşa ýüklenmeden goragyň wagty 12-20 sekunt diýlip kabul edilýär.

18.4. Naprýaženiýäniň peselmesinden elektrik hereketlendirijini goramak

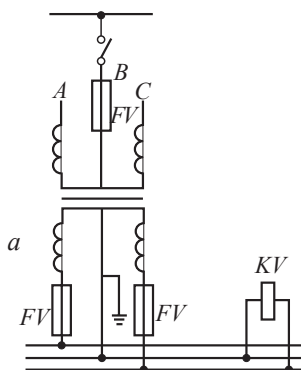
Minimal naprýaženiýe goragy naprýaženiýe peselende jogapkärli elektrik hereketlendirijileriň öz-özünden işe girmegini üpjün etmek üçin ýa-da tehniki howpsuzlyk şertine görä naprýaženiýe dikeleden soňra öz-özünden işe goýbermäge rugsat berilmeýän elektrik hereketlendirijileri öçürmek üçin gurnalýar.

Elektrik stansiýalarda jogapkärli hereketlendirijilere öçürilmegi ýüküň peselmegine ýa-da stansiýanyň durmagyna getirýän hereketlendirijiler, ýagny iýmitlendiriji, kondensat we sirkulýasion nasoslaryň, tüsse çykaryjylaryň, wentilýatorlaryň hereketlendirijileri degişlidir.

Eger jogapkärli elektrik hereketlendirijileriň ählisiniň kuwwaty öz-özünden işe girmek şertine görä rugsat berilýän kuwwatdan uly bolsa, onda naprýaženiýe peselende jogapkärli hereketlendirijileriň birnäçesini öçürmeli. Birnäçe wagtdan soň awtomatik gaýtadan birikdirijiniň kömegi bilen täzeden birikdirmelidir.

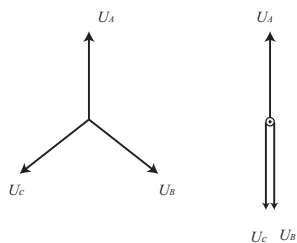
Minimal naprýaženiýe goragynyň shemasy naprýaženiýe doly ýitende ýa-da dowamly gysga utgaşmada elektrik hereketlendirijileri öçürmegi üpjün etmelidir.

Naprýaženiýe ýitende elektrik hereketlendirijini öçürmek liniýa naprýaženiýe birikdirilen bir minimal naprýaženiýe relesi bilen ýerine ýetirilýär (18.5-njy çyzgy).



18.5-nji çyzgy. Bir releli minimal naprýaženiýe goragy:
a – minimal naprýaženiýe releli; b – operatiw zynjyr

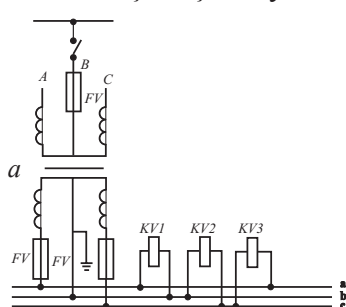
Bir naprýaženiýe releli gorag üçfazaly gysga utgaşmany duýýar. Ýöne ikifazaly gysga utgaşmada reläniň birikdirilen fazalarynda gys-



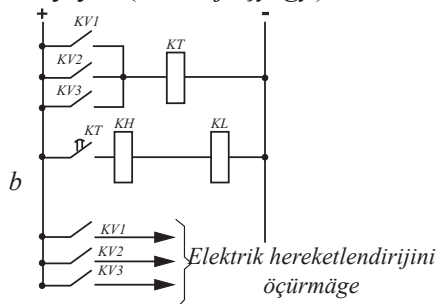
18.6-nji çyzgy. Naprýaženiýäniň wektor diagramasy

ga utgaşmada gorag kadaly işleýär. Eger rele U_{AB} naprýaženiýe birikdirilen bolsa, B we C fazada gysga utgaşma bolsa, U_{AB} naprýaženiýe az kiçelýär (18.6-njy çyzgy). Naprýaženiýe $1,5U_f$, ýagny nominal bahasyndan 15% peselýär. Minimal naprýaženiýe relesiniň yza gaýdys şertine görä, onuň goýluş parametri elektrik setiniň nominal naprýaženiýesiniň 70–80%-den ýokary bolup bilmez. Şeýle ýagdaý A we C fazalarda gysga utgaşmada hem ýüze çykýar.

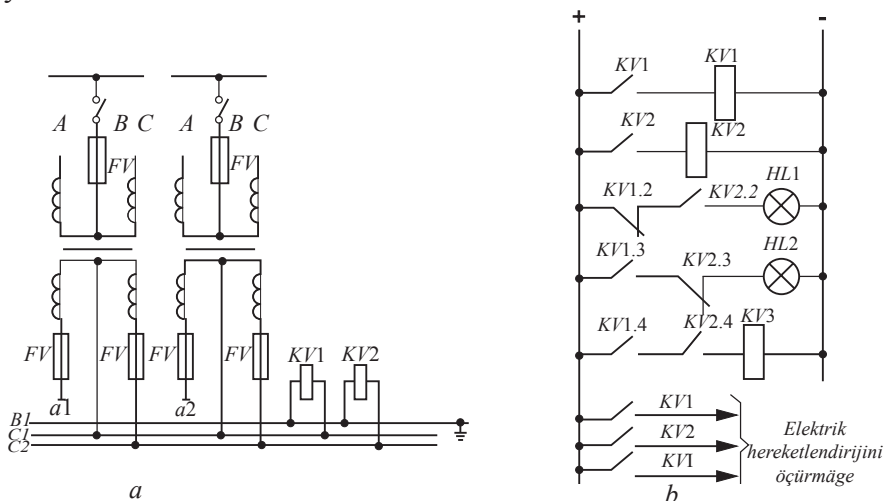
Ikifazaly gysga utgaşmanyň ähli ýagdaýlarynda goragyň işini üpjün etmek üçin üçfazaly shema ulanylýar (18.7-nji çyzgy).



18.7-nji çyzgy. Üçfazaly minimal naprýaženiýe goragy:
a – naprýaženiýe zynjyry; b – operatiw zynjyr

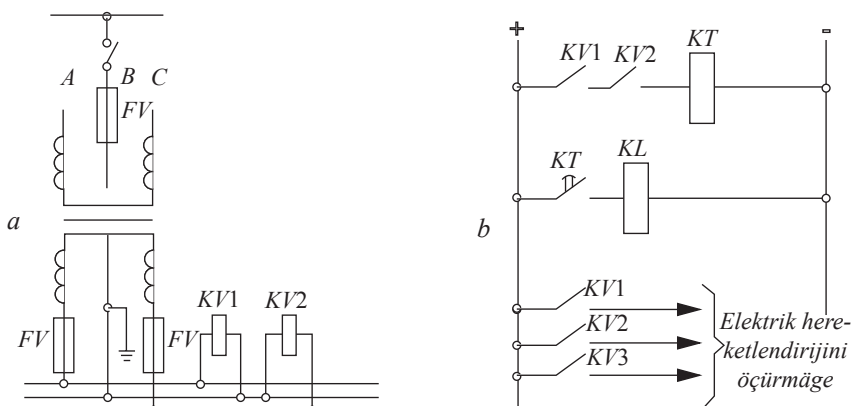


Jogapkärli dësgalarda naprýaženiýe zynjyrynda üzülmäde gora-
gyň nädogry işlemeginiň öňüni almak üçin dürli naprýaženiýe transfor-
matorlara birikdirilen naprýaženiýe relesiniň iki komplektinden durýan
shema (18.8-nji çyzgy) ýa-da bir naprýaženiýe transformatorynyň dürli
liniýa naprýaženiýesine (18.9-njy çyzgy) birikdirilen shemasy ulanyl-
ýar.



18.8-nji çyzyg. Dürli naprýaženiýe transformatorlaryndan iýmitlenýän iki re-
leli minimal naprýaženiýe goragy:
a – naprýaženiýe zynjyry; *b* – operativ zynjyr

Goragy iýmitlendiriji naprýaženiýe doly ýitende gorag herekete geçýär. 18.17-nji çyzydaky shemada birinji naprýaženiýe doly ýitende ýa-da üçfazly gysga utgaşmada gorag täsir edýär.



18.9-njy çyzgy. Bir naprýaženiýe transformatoryň dürli fazaara naprýaženiýesinden iýmitlenýän iki releli minimal naprýaženiýe goragy:

a – naprýaženiýe zynjyry; b – operativ zynjyr

Dürli naprýaženiýe transformatorlaryndan iýmitlenýän gorag has ygtybarly, ýagny bir wagtda iki dürli naprýaženiýe transformatorynda zeper ýetmegi mümkin däl (18.8-nji çyzgy). Bir naprýaženiýe transformatorynyň dürli fazalaryna birikdirilen releli shemada iki reläniň birikdirilen ortadaky fazanyň üzülmeği bilen iki reläniň hem naprýaženiýesiniň peselmegi mümkin. Şeýle üzülme ähtimallygy azaltmak üçin ikinji zynjyryň ortaky fazasyna ereýji goraýjy goýulmaýar.

Minimal naprýaženiýe goragynyň enjamlaryny azaltmak üçin gorag toparlaýyn, ýagny hereketlendirijileriň toparlaryna täsir edýän görnüşde ýerine ýetirilýär. Minimal naprýaženiýeli bir goragyň birnäçe hereketlendirijileri dürli wagtda öçürmeli bolsa, onda şonça-da wagat rellesi ulanylýar.

Minimal naprýaženiýe goragynyň işleme naprýaženiýesi jogapkärli hereketlendirijileriň öz-özünden işe girmegini üpjün eder ýaly saýlanylýar. Bu naprýaženiýe hasaplama ýa-da ýörite barlaglaryň kömegi bilen kesgitlenilýär. Elektrik hereketlendirijileriň öz-özünden işe girmegi U_{nom} nominal naprýaženiýäniň 55%-inde üpjün edilyär.

Minimal naprýaženiýe goragynyň wagat saklanmasy onuň niýetlenişi boýunça kesgitlenilýär:

a) goragyň wagat saklanmasy jogapkärli elektrik hereketlendirijileriň öz-özünden işe girmegini ýenilleşdirmek üçin, öz-özünden işe girmek effektiwligini ýokarlandyrmak we tizleşdirmek maksady bi-

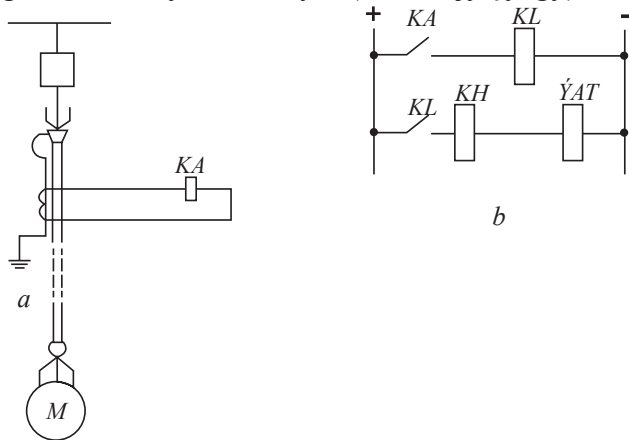
len, elektrik hereketlendirijileriň çalt täsir edýän goragynyň wagt saklanmasyna sazlanýlýar: $t = 0,5 \text{ s}$.

b) tehniki howpsuzlyk we tehnologik önümçilik şertine görä hereketlendirijileri öçürmek üçin niýetlenen goragyň wagta baglylygy uly bolmaly, ýagny hereketlendirijiniň öçürilmegi napryžaženiýe dowamly peselende we ýitende ýerine ýetirilýär:

$$t = 6-10 \text{ s}.$$

18.5. Birfazaly ýere gysga utgaşmadan elektrik hereketlendirijileri goramak

Ýere gysga utgaşmanyň togy 10A-dan uly bolan, kuwwaty 2000kW-a çenli hereketlendirijileri ýere gysga utgaşmadan goramak üçin ýere gysga utgaşmadan gorag ulanylýar. Ýere gysga utgaşmanyň togy 5 A-dan uly bolan, 2000 kW we ondan uly kuwwatly hereketlendirijilerde ýere gysga utgaşmadan goraýan gorag ulanylýar. Gorag wagt saklanmasyz täsir edýär (18.10-njy çyzgy).



18.10-njy çyzgy. Bir fazanyň ýere gysga utgaşmasyndan elektrik hereketlendirijiniň goragy:

a – tok zynjyry; b – operativ zynjyr

18.6. Sinhron elektrik hereketlendirijileriň goragy

a. Sinhron hereketlendirijileriň käbir aýratynlyklary. Sinhron hereketlendirijileriň goragy ýerine ýetirilende olaryň aýratynlyklaryny hasaba almaly:

1. Oýandyryjy ýok wagty sinhron hereketlendirijiler elektrik setine gönümel birikdirmek arkaly işe goýberilýär. Bu maksat üçin

sinhron hereketlendirijileriň rotorynda goşmaça gysga birleşdirilen sarym ýerleşdirilýär we işe goýberilende edil asinhron hereketlendiriji işe goýberilendäki ýaly hereket edýär. Hereketlendirijiniň typmasy nola ýakynlaşanda, oýandyryjy birikdirilýär we elektrik hereketlendiriji sinhronlaşma çekilýär.

Sinhron hereketlendiriji işe goýberilende elektrik setinde tok ýokarlanýar. Kuwwatly sinhron elektrik hereketlendirijilerde naprýaženiýäniň peselmesini we işe goýberiji togy azaltmak üçin reaktoryň üstünden işe goýberilýär we soň reaktor şuntlanýar. Sinhron hereketlendirijileriň goragy işe goýberiji we öz-özünden işe giriji toga görä sazlanýar.

2. Sinhron hereketlendirijileriň momenti U_D elektrik setiniň naprýaženiýesine, E_D elektrik hereketlendirijiniň EHG-sine we U_D -niň hem-de E_d -niň arasyndaky süýşme burçuna baglydyr. Statoryň we rotoryň ýitgisini hasaba almazdan:

$$M = k \left(\frac{E_d U_d}{s_d} + U_d^2 \frac{s_d - s_q}{2 s_d s_q} \sin 2\delta \right), \quad (18.8)$$

bu ýerde s_d we s_q – hereketlendirijiniň dikligine we keseligine reaktiw garşylygy.

U_d we E_d ululyklaryň hemişelik bahasynda elektrik hereketlendirijiniň her bir ýükünde burçuň kesgitli bahasy bardyr.

Elektrik setiniň naprýaženiýesi peselende M_d moment hem kiçelýär. Eger ol mehanizmiň garşylyk momentinden kiçi bolsa, sinhron hereketlendirijiniň durnukly işi bozulýar, çäýkanma ýüze çykýar we hereketlendiriji sinhron iş düzgüninden çykýar.

Elektrik hereketlendirijiniň aşa ýüklenmesinde ýa-da oýandyryjy peselende durnuklylyk bozulýar.

Elektrik hereketlendirijiniň durnuklylygyny ýokarlandyrmagyň effektiw serişdesi oýandyryjynyň forsirowkasydyr, ýagny E_d -niň ulalmagydyr. Naprýaženiýe nola çenli peselende, ýagny naprýaženiýe 0,5 sekunt kesilende, nominal ýükde işleýän sinhron elektrik hereketlendiriji sinhron iş düzgüninden çykýar. Sinhronlaşma bozulanda elektrohereketlendirijiniň aýlaw ýygylgy peselýär we asinhron iş düzgünine geçýär. Şeýlelikde, goşmaça asinhron moment döredýän, rotoryň zynjyrynda we işe goýberiji sarymda tok döreýär we şonuň täsirinde sinhron hereketlendiriji birnäçe typma bilen işleýär. Elek-

tik hereketlendirijiniñ asinhron momentine üýtgeýän belgisi bolan, rotoryň oýandyryjy togy bilen şertlenen momentine goşulýar. Şonuň üçin elektrik hereketlendirijiniñ jemi momenti üýtgeýän ululyk bolup, hereketlendirijiniñ statorynyň togunyň we rotoryň aýlaw tizliginiň yrgyldyly üýtgemegine getirýär.

Asinhron iş düzgüninde hereketlendirijileriň işe goýberiji sarymynda, rotorda we statorda ýüze çykan toklar, olary goşmaça gyzdyrýar. Şonuň üçin sinhron hereketlendirijileriň asinhron iş düzgüninde iş dowamlylygy nominal ýüküň 0,4-0,5 essesinden geçmeli däldir.

Şonuň bilen baglanyşyklykda asinhron iş düzgüninden gorayan ýörite gorag ulanylýar. Asinhron iş düzgüninden gorayan gorag elektrik hereketlendirijini gaýtadan sinhronlaşma geçirýär ýa-da ony öçürýär. Gaýtadan sinhronlaşma hereketlendirijiniň oýandyryjy togy öçürilýär we birnäçe wagtdan soň oýandyryjy täzeden birikdirilýär hem-de hereketlendiriji sinhron iş düzgünine çekilýär.

3. Gysga utgaşma öçürilenden ýa-da ätiýaçlykdaky çeşme birikdirilenden soňra köp elektrik hereketlendirijiler öz-özünden işe girýär, ýagny sinhron iş düzgünine çekilýär.

Öz-özünden işe girmek mümkinçiligi elektrik hereketlendirijileriň parametrlerine, onuň ýüküne we naprýaženiýäniň derejesine baglydyr.

b. Sinhron hereketlendirijilerde ulanylýan goraglar. Sinhron hereketlendirijilerde aşakdaky goraglar ulanylýar:

- 1) statoryň fazaara zeper ýetmesinden;
- 2) statoryň sarymynyň ýere gysga utgaşmasyndan;
- 3) aşa ýüklenmeden;
- 4) asinhron iş düzgüninden;
- 5) naprýaženiýäniň peselmesinden.

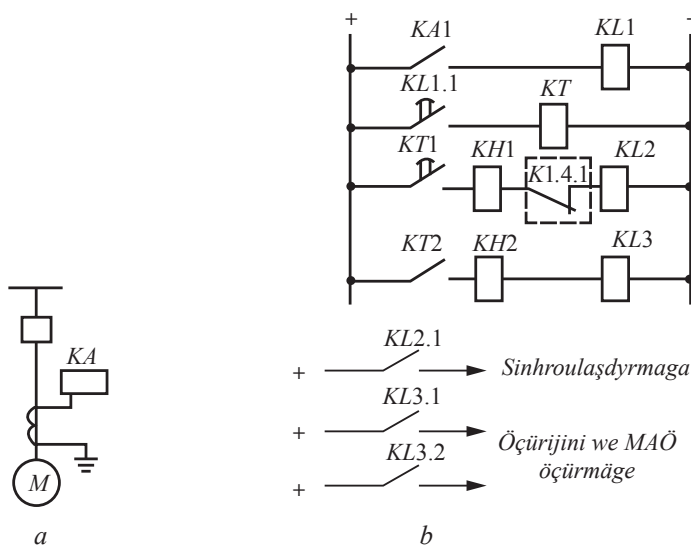
1. Islendik sinhron elektrik hereketlendirijilerde fazaara gysga utgaşmadan gorag esasy we hökmany goragdyr. Ol tokdan bölüp aýyrýan gorag ýa-da ugurdaş differensial gorag görnüşinde ýerine ýetirilýär. Sinhron hereketlendirijileriň goragynyň tapawudy ol hereketlendirijini we şonuň bilen bir wagtda hem magnit meýdany öçüriji awtomatlar öçürilýär. Tokdan bölüp aýyrýan goragyň işleme togy hereketlendirijiniň işe goýberiji we öz-özünden işe girişiji toguna sazlanýlar.

Kuwwatly sinhron elektrik hereketlendirijiler ugurdaş differensial gorag bilen enjamlaşdyrylýar. Kuwwaty 5000 *kWt* *A-e* çenli

hereketlendirijilerde goragy ýönekeýleşdirmek maksady bilen ikifazly ýerine ýetirilýär. Uly kuwwatly hereketlendirijilerde gorag üçfazly taýýarlanylýar, bu bolsa ikileýin ýere utgaşmada hereketlendirijini çalt öçürmäge mümkinçilik berýär.

2. Statoryň sarymynyň ýere gysga utgaşmasyndan gorag gysga utgaşmanyň togy 10 A -dan uly bolan ýagdaýynda ulanylýar. Ol edil asinhron hereketlendirijileriň goragy ýaly ýerine ýetirilýär.

3. Elektrik hereketlendirijini aşa ýüklenmeden goramak. Elektrik hereketlendirijileri aşa ýüklenmeden goramak (18.11-nji çyzygy) asinhron iş düzgüninden goraýan gorag bilen bilelikde ýerine ýetirilýär.



18.11-nji çyzygy. Asinhron iş düzgüninden sinhron hereketlendirijiniň goragy:
a – tok zynjyry; b – operatiw zynjyr

Asinhron iş düzgüninden we aşa ýüklenmeden goraýan goragyň işe goýberiji organy hökmünde tok relesi ulanylýar: $I_{gor.iş} = 1,25 I_{nom}$ bolanda signala işleýär. Bu rele işlände KL1 aralyk relä tasir edýär. Onuň KL1.1 kontakty KT wagt relesiniň zynjyryny çalt birikdirýär. KT wagt relesiniň iki wagt saklanmasy bar. Birinji wagt saklanmasyndan soň KT1 kontakt birigýär we KL2 aralyk reläniň üstünden sinhronlaşma habar berýär. Eger sinhronlaşmasa, KT2 wagt relesiniň ikinji wagt saklanmasyndan soň KL3 aralyk relesi işleýär, meýdany öçürji awtomaty we öçürijini öçürmäge habar berýär.

PEÝDALANYLAN EDEBIÝATLAR

1. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Türkmenistanyň durmuş-ykdysady ösüşiniň döwlet kadalaşdyrylyşy. I tom. Ýokary okuw mekdepleriniň talyplary üçin okuw gollanmasy. Aşgabat, 2010.

2. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Türkmenistanyň durmuş-ykdysady ösüşiniň döwlet kadalaşdyrylyşy. II tom. Ýokary okuw mekdepleriniň talyplary üçin okuw gollanmasy. Aşgabat, 2010.

3. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.

4. Türkmenistanyň Konstitusiýasy. Aşgabat. 2016.

5. Türkmenistanyň Prezidentiniň obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň ýaşayyş-durmuş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin rejelenen görnüşdäki milli Maksatnamasy. Aşgabat, 2007.

6. Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry milli Maksatnamasy. «Türkmenistan» gazeti, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.

7. Türkmenistanyň elektrik energetikasy pudagyny ösdürmegiň 2013–2020-nji ýyllar üçin konsepsiýasy.

8. Чернобровов Н. В., Семенов В. А. «Релейная защита энергетических систем». Москва «Энергия» 1998 г.

9. Гловацкий В. Г., Пономарев И. В. «Современные средства релейной защиты и автоматики электросетей». 4 электронная версия «Энергомашмин» 2004 г

10. Федосеев А. М., Федосеев М. А. «Релейная защита электроэнергетических систем». Москва Энергоатомиздат 1992 г.

11. «Защита при однофазных замыканиях на землю типа ЗЗП-1 и вспомогательное устройство типа ВУ-1 технические описание и инструкция» 2002 г.

12. Андреев В. А. «Релейная защита и автоматика систем электроснабжения» Москва «Высшая школа» 1991 г.

13. Бодрухина С. С., Головин В. А., Сухинин Б. В., Феофилов Е. И. «Релейные и микропроцессорные устройства защиты электрооборудования систем электроснабжения». Учебное пособие. Под редакцией С. И. Гамазина Москва – Тула. 2003 г.

14. Абраменко И. Г., Кузнецов А. И. Компьютерные технологии в автоматизированных системах управления электроснабжения. Рекомендовано Министерством образования и науки Украины как учебное пособие для студентов электротехнических и электромеханических специальностей высших учебных заведений. Харьков – ХНАГХ – 2008 г.

MAZMUNY

Sözbaşy	7
---------------	---

I bap. Elektroenergetiki ulgamlaryň rele goragy barada umumy düşüňjeler

1.1. Rele goragynyň niýetlenilişi	9
1.2. Elektrik desgalarynda zeper ýetmeler	10
1.3. Kadasyz iş düzgünleri	12
1.4. Rele goragyna bildirilýän talaplar	12

II bap. Operativ toguň çeşmeleri

2.1. Niýetlenilişi we umumy talaplar	15
2.2. Akkumulýator batareýalar	16
2.3. Hemişelik toguň şitiniň elementleri	18
2.4. Operativ tokly dolandyryjy şkaflar	20
2.5. «Энергомашин» kompaniýasynyň önümi ШИОТ-01 operativ hemişelik toguň şkaflary	20
2.6. Iýmitlendiriji bloklar	22
2.7. Kondensator batareýalar	23
2.8. Göni täsirli rele	23
2.9. Deşuntirleme shemasy	24

III bap. Tok transformatorlary we olaryň birikdiriliş shemalary

3.1. Umumy maglumat	25
3.2. Tok transformatorlarynyň birikdiriliş shemalary	27
3.3. Tok transformatorynyň ýüki	35

IV bap. Maksimal tok goragy

4.1. Tok goragynyň täsir ediş düzgüni	37
4.2. Liniýanyň maksimal tok goragy	37
4.3. Goragyň shemalary	38
4.4. Goragyň işleýän togy	42

V bap. Tokdan bölüp aýyrýan gorag

5.1. Tokdan bölüp aýyrýan goragyň täsir ediş düzgüni	46
5.2. Tokdan bölüp aýyrýan goragyň shemalary	48
5.3. Birtaraplaýyn iýmitlenýän liniýada tokdan bölüp aýyrýan goragyň çalt täsiri	48
5.4. Zeper ýeten ýeri saýlamaýan tokdan bölüp aýyrýan gorag ...	50
5.5. Ikitaraplaýyn iýmitlenýän liniýanyň tokdan bölüp aýyrýan goragy	51
5.6. Wagt saklanmaly tokdan bölüp aýyrýan gorag	52
5.7. Tokdan bölüp aýyrýan goragy bahalandyrmak	54

VI bap. Naprýaženiýe transformatorlary we olaryň birikme shemalary

6.1. Esasy maglumatlar	54
6.2. Naprýaženiýe transformatorynyň ýalňyşlygy	56
6.3. Naprýaženiýe transformatorynyň birikme shemalary	57
6.4. Naprýaženiýe transformatorynyň zynjyrlarynda zeper ýetmeler we olaryň abatlygyna gözegçilik	62
6.5. Naprýaženiýäniň sygym bölüjileri	67
6.6. Ters yzygiderliligiň naprýaženiýe filtri	68

VII bap. Gönükdirilen tok goragy

7.1. Ikitaraplaýyn iýmitlenýän setlerde gönükdirilen tok goragynyň zerurlygy	72
7.2. Gönükdirilen tok goragynyň täsir ediş iş düzgüni we shemasy	74
7.3. Gönükdirilen kuwwat relesiniň birikdiriliş shemasy	76
7.4. Abat fazanyň toguna birikdirilen kuwwat relesiniň işleýşi ...	79
7.5. Ýere gysga utgaşmada gönükdirilen maksimal goragyň blokirowkasy	82

7.6. Goragyň goýluş parametrlerini saýlamak.....	83
7.7. Goragyň täsir etmeýän zolagy	84
7.8. Togy gönükdirilen goragy gysgaça bahalandyrmak	86

VIII bap. Ýere gysga utgaşmadan gorayán gorag

8.1. Umumy maglumat	86
8.2. Nol zygiderliginiň maksimal tok goragy	87
8.3. Nol zygiderliginiň gönükdirilen tok goragy	90
8.4. Nol zygiderliginiň tokdan bölüp aýyrýan goragy	93
8.5. Nol zygiderliginiň basgançakly goragynyň zerurlygy	97
8.6. Nol zygiderliginiň kuwwat relesiniň polýarlaşan sarymyny tok transformatoryndan iýmitlendirmek	98
8.7. Goragyň ulanylýan ýerleri we goragy bahalandyrmak.....	100

IX bap. Liniýanyň ugurdaş differensial tok goragy

9.1. Differensial goragyň görnüşleri we niýetlenilişi	100
9.2. Ugurdaş differensial goragyň täsir ediş düzgüni	101
9.3. Differensial goragyň deňsizlik toklary	104
9.4. Liniýanyň differensial goragynyň umumy ýerine ýetirilişi ...	108
9.5. Liniýanyň goragyny bahalandyrmak	110
9.6. Parallel liniýanyň kese differensial goragynyň görnüşleri we täsir ediş düzgüni	110
9.7. Kese differensial tok goragy.....	111
9.8. Kese differensial gönükdirilen gorag.....	115

X bap. Distansion gorag

10.1. Distansion goragyň niýetlenilişi we täsir ediş düzgüni	120
10.2. Distansion goragyň wagt saklanmasynyň häsiýetnamalary	122
10.3. Distansion goragyň elementleri we olaryň özara täsiri	123
10.4. Distansion reläniň işleme häsiýetnamalary we olaryň kompleks tekizlikde aňladylyşy.....	125
10.5. Goragyň distansion organlary.....	131
10.6. Distansion organlaryň sany azaldylan ýönekeý shemalary .	137
10.7. Mikroprocessorly distansion goragyň häsiýetnamalary	140

XI bap. Şahalanýan liniýanyň goragy

11.1. Şahalanýan liniýa	143
11.2. Basgançakly häsiýetnamaly tok we distansion gorag	144
11.3. Differensial goraglar	146
11.4. Ýokary ýygylkly gorag	148

XII bap. Ýokary ýygylkly gorag

12.1. Ýokary ýygylkly goragyň görnüşleri we niýetlenilişi	151
12.2. Ýokary ýygylkly blokirowkaly gönükdirilen goragyň täsir ediş düzgüni	152
12.3. Differensial-faza ýokary ýygylkly rele goragynyň täsir ediş düzgüni	154
12.4. Goragyň ýokary ýygylkly bölegi	157
12.5. Ýokary ýygylkly blokirowkaly gönükdirilen goragyň shemalary	161
12.6. Ýokary ýygylkly differensial-faza goragynyň shemasy	165
12.7. Integral mikroshemaly ПДЭ-2802 ýokary ýygylkly blokirowkaly gönükdirilen gorag	167

XIII bap. Energiýa ulgamynda çaykanmada goragyň nädogry täsiriniň önüni almak

13.1. Çaykanmada reläniň gysgyçlarynda toguň, naprýaženiýäniň we garşylygyň üýtgame häsiýetleri	174
13.2. Energiýa ulgamynda çaykanmada goragyň häsiýeti	177
13.3. Çaykanmada goragyň nädogry işlemeginiň önüni almak üçin çäreler	179
13.4. Elektrik setiniň naprýaženiýesiniň ýa-da togunyň simmetriksizligini duýýan blokirlýji gurluş	180
13.5. Energiýa ulgamynyň çaykanmasynda toguň, naprýaženiýäniň ýa-da garşylygyň üýtgame tizligini duýýan blokirlýji gurluş	183

XIV bap. Transformatoryň we awtotransformatoryň goragy

14.1. Transformatoryň we awtotransformatoryň kadasyz iş düzgünleri we zeper ýetmeler	185
14.2. Daşky gysga utgaşmada toguň aş ýokarlanmagyndan gorag	186

14.3. Ters yzygiderliligiň tok goragy.....	189
14.4. Aşa ýüklenmeden gorag.....	190
14.5. Tokdan bölüp aýyrýan gorag	191
14.6. Differensial gorag	192
14.7. Transformatoryň we awtotransformatoryň differensial goragynyň deňsizlik toklary	198
14.8. Transformatorlar we awtotransformatorlar naprýaženiýe astynda birikdirilende, olaryň magnitlenme toklary	201
14.9. Deňsizlik toguna sazlamak üçin doýgunlaşýan transformatory ulanmak.....	204
14.10. Differensial goragyň shemalary.....	207
14.11. Transformatoryň gaz goragy	213

XV bap. Stansiýanyň we podstansiýanyň ýygyny şinalarynyň goragy

15.1. Şinanyň goragynyň görnüşleri we olardan edilýän talaplar	219
15.2. Şinanyň differensial goragy	220
15.3. Şinanyň differensial goragynyň ygtybarlylygyny ýokarlandyrmak üçin çäreler	223
15.4. Şinanyň differensial goragynyň shemasynyň dürlügi	227
15.5. Şinanyň differensial goragyny bahalandyrmak we onuň ulanylýan ýerleri	231
15.6. Şinanyň doly däl differensial goragy	232
15.7. Tokdan bölüp aýyrýan goragyň kömegi bilen şinanyň goragy	233
15.8. Şinanyň distansion goragy.....	234
15.9. Ýalňyşlygy ýokary bolan tok transformatorly 110-500 <i>kW</i> naprýaženiýeli şinanyň goragy	235

XVI bap. Generatoryň goragy

16.1. Generatoryň kadasyz iş düzgünleri we zeper ýetmeler, generatoryň goragyndan edilýän esasy talaplar.....	239
---	-----

16.2. Statoryň sarymynyň fazalarynyň arasynda gysga utgaşmadan goraýan gorag.....	246
16.3. Bir fazanyň sargylarynyň arasyndaky gysga utgaşmadan goraýan gorag	249
16.4. Statoryň sarymynyň korpusa gysga utgaşmasyndan gorag	251
16.5. Daşky gysga utgaşmada we aşa ýüklenmede aşa tokdan gorag.....	259
16.6. Rotoryň goragy	262

XVII bab. Öçüriji işlemedik ýagdaýynda rele goragynyň ätiýaçlyk täsiriniň ýerine ýetiriliş düzgüni

17.1. Ätiýaçlandyrmagyň usullary we zerurlygy.....	266
17.2. Öçüriji işlemedik ýagdaýynda ätiýaçlandyryjy gurluşyň ýerine ýetiriliş düzgünleri.....	268

XVIII bab. Elektrik hereketlendirijileriň goragy

18.1. Umumy maglumat	270
18.2. Fazaara gysga utgaşmadan hereketlendirijiniň goragy	273
18.3. Elektrik hereketlendirijileriň aşa ýüklenmeden goragy	276
18.4. Naprýaženiýäniň peselmesinden elektrik hereketlendirijini goramak	279
18.5. Birfazaly ýere gysga utgaşmadan elektrik hereketlendirijileri goramak	283
18.6. Sinhron elektrik hereketlendirijileriň goragy	283
Peýdalanylan edebiýatlar	287

Baba Babaýew

**ELEKTROENERGETIKI
ULGAMLARYŇ RELE GORAGY**

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Redaktor	<i>M. Berdiýewa</i>
Surat redaktory	<i>O. Çerkezowa</i>
Teh. redaktor	<i>O. Nurýagdyýewa</i>
Kompýuter işleri	<i>D. Piriýewa</i>
	<i>B. Mämmetgurbanow</i>
Neşir üçin jogapkär	<i>B. Goçyýew</i>

Çap etmäge rugsat edildi 28.02. 2019. Ölçeği 60x90^{1/16}.
Times New Roman garniturasy. Şertli çap listi 18,5.
Hasap-neşir listi 15,47. Şertli reňkli ottiski 39,13.
Çap listi 18,5. Sargyt № 1913. Sany 600.

Türkmen döwlet neşirýat gullugy.
744000. Aşgabat. Garaşsyzlyk şaýoly, 100.

Türkmen döwlet neşirýat gullugynyň Metbugat merkezi.
744015. Aşgabat. 2127-nji (G. Gulyýew) köçe, 51/1.