

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ

AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

VƏLİYEV VƏFADAR ƏBÜLFƏT oğlu
MƏMMƏDLİ ƏSİYYƏ HƏSƏN qızı

ELEKTRİK STANSİYALARINDA AVADANLIQLARIN DİFERENSİAL
MÜHAFİZƏSİ mövzusunda

MAGİSTR DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060628 - Proseslərin avtomatlaşdırılması mühəndisliyi
İxtisaslaşma: 219183 - Texniki sistemlərdə informatika və idarəetmə

Elmi rəhbər: dosent Qasımov Rəşid Cümşüd oğlu

BAKİ – 2024

Mündəricat

Giriş.....	3
Fəsil I. Müasir elektrik stansiyaları və onların rejimləri haqqında haqqında ümumi məlumat.....	4
1.1. Külək Elektrik stansiyasının rejimləri.....	6
1.2. Günəş Elektrik stansiyasının rejimləri.....	9
1.3. İstilik Elektrik stansiyasının rejimləri.....	9
FƏSİL II. ELEKTRİK STANSİYALARININ MÜHAFİZƏSİ.....	16
2.1. Elektrik mühafizəsi və mühafizə qurğuları haqqında.....	16
2.2. Rele mühafizəsinə qoyulan tələblər.....	23
2.3. Mühafizənin növləri və elektrik avadanlıqlarının xüsusiyyətləri.....	28
FƏSİL III. Diferensial mühafizənin növləri və xüsusiyyətləri.....	31
3.1. DM-ə aid olan prinsipial sxemlər və onların tətbiqi.....	31
3.2. Eninə DM.....	32
3.3. Uzununa DM.....	34
3.4. Diferensial relelər və növləri.....	35
FƏSİL IV. Elektrik stansiya avadanlıqlarının mühafizəsi üçün DM uyğunluğunun əsaslandırılması.....	38
4.1. Generatorların diferensial mühafizəsi.....	38
4.2. Transformatorların diferensial mühafizəsi.....	43
4.3. Şinlərin diferensial mühafizəsi.....	50
4.4. Transformatorların Matlab Simulinkdə diferensial mühafizəsinin modelləşdirilməsi.....	56
4.5 Xətlərin diferensial mühafizəsi. Bulud texnologiyasının tətbiqi.....	60
NƏTİCƏ.....	63
ƏDƏBİYYAT.....	64

Giriş

Mövzunun aktuallığı. Rele mühafizəsinin layihələndirilməsi ayrı-ayrı relelərin işəalma işçi parametrlərinin seçilməsindən eləcə də seleksiya və həssaslıq tələblərini nəzərə almaqla rele mühafizəsinin kompleks qurğularının seçilməsindən ibarətdir. Hər bir sahədə ümumi halda əsas və ehtiyat mühafizə nəzərdə tutulmalıdır. Əgər istifadə edilən mühafizə pilləli xarakteristikaya malikdir o zaman onların birinci pillələri əsas pillənin vəzifəsini yerinə yetirir. Ehtiyat pillə kimi yalnız axırıncı pillə olur. Mühafizənin hesablamasını qida mənbəyinin daha çox məsafədə yerləşən sahədən aparılır. Sistemin zədələnməyən hissəsinin fasiləsiz işini saxlanmasının və eləcə də sistemin elementlərinin zədələnmə dərəcəsini məhdudlaşdırmaq üçün rele mühafizəsi qurğuları qısa qapanmanın açılmasının mümkün olan minimal müddətini təmin etməlidir. Bunun üçün avadanlıqlarda diferensial mühafizənin tətbiq olunması və avadanlıqlara uyğun seçilməsi əsas şərtlərdən biridir. Diferensial mühafizənin təkmilləşdirilməsi və yeni texnologiyalardan istifadə olunması lazımdır ki baş verə biləcək nasazlıqlar zamanı mühafizə gecikmədən və selektiv olaraq işləməlidir. Selektivliyin təyin olunması rele mühafizənin proqramlaşdırma nəticəsində mümkün olduğundan daha təkmil mühafizəyə nail olmaq mümkündür.

Tədqiqatın predmet və obyekt. Elektrik stansiyalarında əsas obyektlər hesab olunan generatorlar transformatorlar, birləşdirici şinlər və stansiyadan kənarında yerləşən elektrik verilmiş xətləri tədqiqatın əsas predmet sahəsidir.

Tədqiqatın əsas məqsəd və məsələləri. Bu tədqiqatda elektrik stansiyalarında baş verə biləcək qəzalar və onların aradan qaldırılması üsulları və avadanlıqlarda diferensial mühafizənin tətbiq olunması və təkmilləşdirilməsi müasir monitoring rele mühafizə sistemlərindən istifadə edərək elektrik sisteminin dayanıqlığını artırmaq nəzərdə tutulmuşdur.

Tədqiqatın işlənmə metodları. Avadanlıqların diferensial mühafizəsi zamanı hər bir avadanlığın xüsusiyyətləri nəzərə alınaraq mühafizə seçilir. Diferensial mühafizənin qurulması zamanı cərəyan transformatorları mühafizənin əsas elementi olduğundan hansı

tip seçilməsi nəzərə alınmalıdır. Avadanlıqları əvvəlcədən modelləşdirmək üçün Matlab Simscape proqram paketindən istifadə olunur. Diferensial mühafizəni relelərdə deyil yeni nəsil texnologiyada JSON fayl formatında istifadə etmək mümkündür. Bununlada seçilmiş metodlar sayəsində layihəni daha tez və səmərəli qurmaq mümkündür.

Tədqiqatın elmi yenilikləri. Transformator və digər avadanlıqların əvvəlcədən Matlab Smulinkdə modelləşdirərək lazım olan avadanlıqların seçilməsi mühafizənin işləmə sürətinin təyin olunması həyata keçirilir. Bulud texnologiyasından istifadə olunaraq mühafizə üçün elektrik xətlərində optik xətlərdən deyil bulud xəbərləşməsi ilə həyata keçirilir. Bununlada yeni nəsil Sənaye4.0 tətbiq olunmuş olacaqdır.

Tədqiqatın praktiki əhəmiyyəti. Diferensial mühafizəni yerinə yetirən avadanlıqların mikroprosessorlu idarəetmə sistemindən təşkil olunduğu üçün proqramlaşdırıla bilən monitoring releləri vasitəsi ilə mühafizə cərəyanının seçilməsi, cərəyan transformatorlarının doyma zamanı mühafizənin işləməməsi və xarici qısaqapanmalar baş verdikdə mühafizənin reaksiya verməməsi avadanlıqlara uyğun olaraq proqramlanması həyata keçirilir. Bundan əlavə olaraq yeni nəsil sənaye sahəsində istifadə olunan Sənaye 4.0 tətbiqindən istifadə edərək xərclərin azaldılması və daha optimal şərait qurmaqdan ibarətdir.

I FƏSİL. MÜASİR ELEKTRİK STANSİYALARI VƏ ONLARIN REJİMLƏRİ HAQQINDA ÜMUMİ MƏLUMAT.

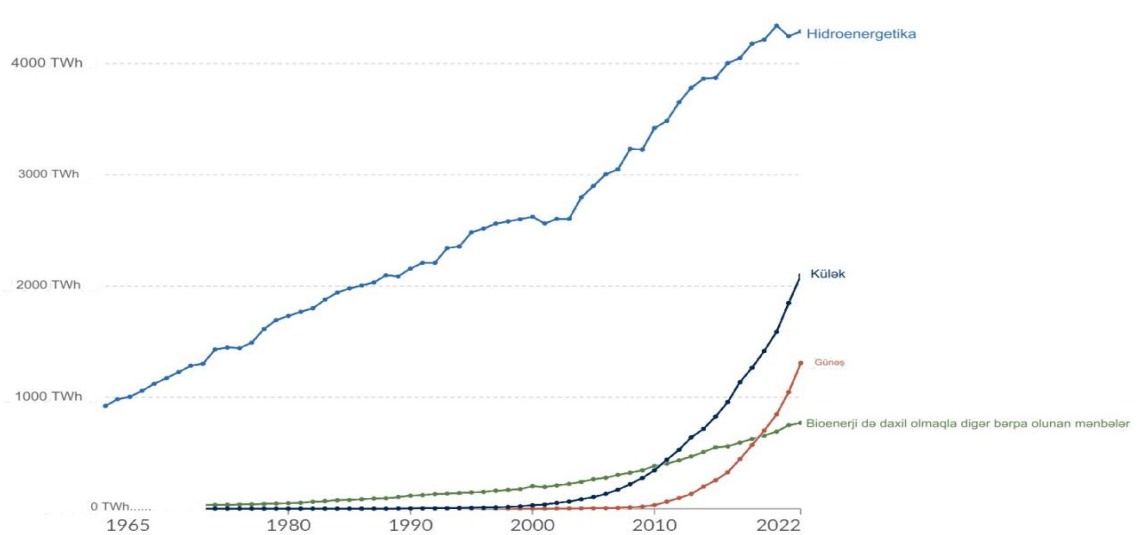
Enerji anlayışı insan inkişafının əsas şərtlərindən biridir. Enerji fərdi və ümumi istifadə üçün səhiyyə təhsil, sosial xidmətlər, kənd təsərrüfatı, sənayə və bütün iqtisadi sektorları əhatə edir. Bir dövlətin və əhalisinin inkişaf və sərvəti enerjiyə çıxış növünün dərəcəsi ilə əlaqəlidir. Nə qədər alternativ enerji mənbələrinə və texnologiyalarına sahibdirsə ekoloji sistem cəhətdən təmiz enerji istehsal etməyə qadirdir.

Bu məqsədlə müasir enerji menecmenti tətbiq olunmaqla bərpa olunan enerji mənbələrinin artırılması, inkişaf etdirilməsi və yeni investorların layihəyə cəlb olunması enerji sektorunun daha müasir həllərlə enerji istehsalına gətirib çıxarır. Bu məqsədlə müasir enerji mənbələri əsasən alternativ enerji mənbələrindən daha çox istifadə edir. Lakin alternativ enerji mənbələri enerji sektorunun kiçik bir hissəsini təşkil etdiyindən günümüzdə istifadə etdiyimiz elektrik enerjisinin daha çox hissəsi qabaqcıl nüvə reaktorları və müasir qazla işləyən qaz turbinləri qaz mühərrikləri tərəfindən istehsal olunan elektrik enerjisidir. Bu asılılığı azaltmaq üçün alternativ enerji mənbələrinin inkişafı sürətlə davam etdirilir. Aşağıdakı şəkil 1.1də 2022-ci ilə qədər alternativ enerji mənbələrinin istehsal faizi göstərilmişdir.

Beynəlxalq enerji agentliyi mövcud və planlaşdırılan ssenarisi əsasən müasir bərpa olunan enerji mənbələrinin istehlak payı 2030-cu ilə qədər 18%-ə çatacağı proqnozlaşdırılır. Bərpa olunan enerji mənbəyi kimi ən geniş istifadə olunan külək və günəş elektrik stansiyalarıdır. Bu stansiyaların iş rejimlərinə baxaq.

Mənbəyə görə müasir bərpa olunan enerji istehsalı, Dünya

Teravatt-saat¹ ilə ölçülür.



Məlumat mənbəyi: Ember - İllik Elektrik Məlumatı (2023); Ember - Avropa Elektrik İcmalı (2022); Enerji İnstitutu - Dünya Enerjisinin Statistik İcmalı (2023)

OurWorldInData.org/renewable-energy | CC BY

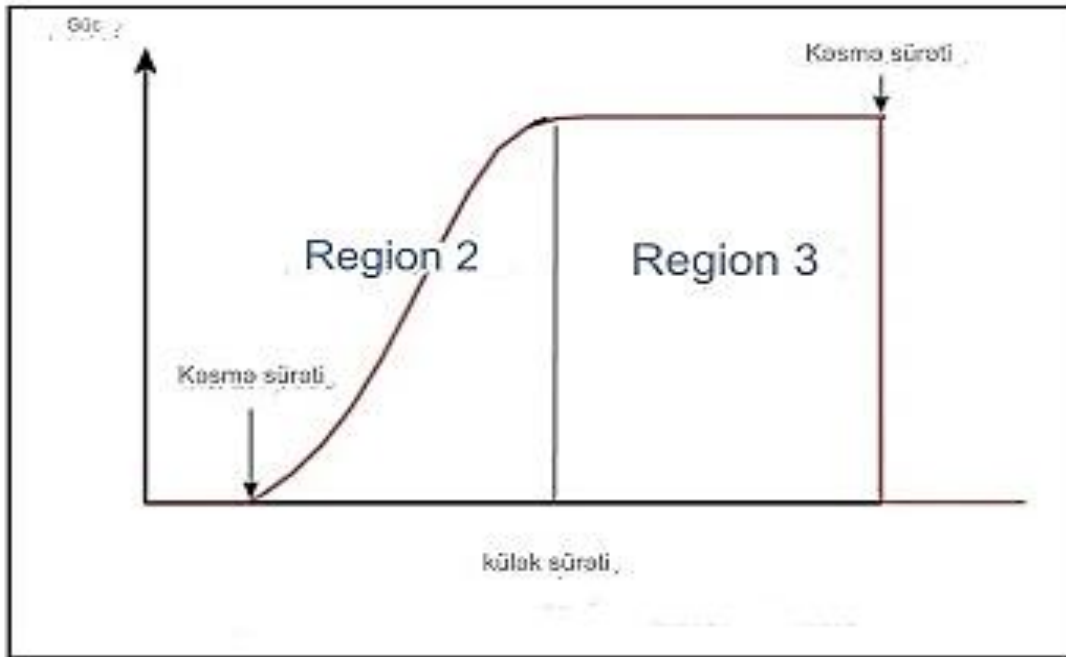
1. Vatt-saat: Vatt-saat bir vatt gücün bir saat ərzində verdiyi enerjidir. Bir vatt saniyədə bir Joule bərabər olduğundan, bir vatt-saat 3600 Joule enerjiyə bərabərdir. Metrik prefikslər vahidin qatları üçün istifadə olunur, adətən: - kilovat-saat (kWh) və ya min vatt-saat. - Meqavat-saat (MWh) və ya bir milyon vatt-saat. - Gıqavat-saat (GWh) və ya bir milyard vatt-saat. - Terawatt-saat (TWh) və ya bir trilyon vatt-saat.

Şəkil 1.1 Mənbəyə görə müasir bərpa olunan enerji istehsalı.

1.1. Külək elektrik stansiyaları və iş rejimləri.

Külək elektrik stansiyaları küləyin gücündən istifadə edərək külək turbinlərini hərəkətə gətirir və bunun nəticəsində enerji istehsal olunur. Bu enerjini optimallaşdırmaq etibarlılığın təmin etmək və onlara elektrik şəbəkəsinə effektiv şəkildə inteqrasiya etmək lazımdır. Bunun üçün külək turbinlərinin idarə olunması və onların müxtəlif iş rejimlərini təyin etmək və funksiyonallığını artırmağı araşdırmaq. Külək sürətinin təbiət hadisələri səbəbindən intensiv olaraq dəyişməsi külək enerjisinin alınmasına çətinləşdirən əsas amillərdən biridir. Bu məqsədlə külək enerjisinin şəbəkədə dayanıqlılığını artırmaq və optimal idarə etmək üçün külək turbinlərində dəyişən sürət əməliyyatı istifadə olunur. Enerji istehsalı zamanı dəyişən sürətli küləkdə iki iş rejmi arasında keçid təşkil olunur: aşağı külək sürət rejmi bu zaman küləyin sürətindən maksimum istifadə olunub elektrik enerjisi istehsal olunur, yüksək külək sürət rejmində idarəetmə istehsal olunan güc tələbatına uyğun turbinin sürətini məhdudlaşdırmaqdır.

Külək turbininə şəkil 1.2 də göstərildiyi kimi nəzarət olunur.



Şək. 1.2 Külək turbininə nəzarət rejimləri.

Şəkildən görüldüyü kimi külək turbininə nəzarət 2-ci və 3-cü regionlar üçün fərqli həyata keçirilir. Bu iki bölgə arasında keçid zamanı qüllədə və bıçaqlarda vibrasiya kimi arzu olunmaz vəziyyətlərə səbəb olur və bunun nəticəsində külək turbinin ömrü azalır. Tətbiq olunan bu rejimlər adətən sabit sürətli külək turbinlərində tətbiq olunur. Bundan başqa dəyişən sürətlə işləyə bilən müasir külək turbinləri mövcuddur ki küləyin sürətinə uyğun olaraq işləmə qabiliyyətinə malikdir.

Dəyişən sürətli turbinlər adətən səmərəliliyi artırmaq və turbin komponentlərində zədələnmələrin qarşısını almaqdan ötrü qabaqcıl idarəetmə sistemindən və güc elektronikasından istifadə edir. Sabit sürətli turbinlərdə müxtəlif alqoritmlərdən istifadə olunaraq titrəmələrin və vibrasiyanın qarşısı alınır. İndi isə külək turbininin şəbəkədəki iş rejimlərinə baxaq.

Gözləmə rejmi. Gözləmə rejmi külək turbininin şəbəkəyə qoşulu olmadığı halda elektrik enerjisi istifadə etmədiyi zaman normal halıdır. Bu rejim zamanı külək turbininin pərlərinin küləyə qarşı müqaviməti minimuma endirilir, zəif külək, texniki xidmət və şəbəkə enerji tələb etmədikdə tətbiq olunur.

İşə salma rejmi. Küləyin sürəti müəyyən bir həddə çatdıqda adətən saniyədə 3-5 m/s turbin gözləmə rejmindən işəsalma rejminə keçid edir. Bu zaman turbinin pərləri yavaş-yavaş fırlanmağa başlayır, turbinin sürəti sinxronizasiya sürətinə çatana qədər işəsalma rejmi adlanır. Sinxronizasiya sürətinə çatdıqdan sonra isə generator şəbəkəylə sinxronlaşaraq enerji istehsal etməyə başlayır.

Normal iş rejmi. Normal iş rejmi turbin şəbəkəyə sinxronlaşdıqdan sonra başlayır və aktiv şəkildə optimal gücü ilə şəbəkəyə enerji ötürür. Bu rejim zamanı turbinin pərləri sabit rotor sürətini təmin edir və maksimum küləyin gücündən istifadə olunaraq generatoru fırladır. Bu əsasən sabit sürətli külək turbinlərinə tətbiq olunur.

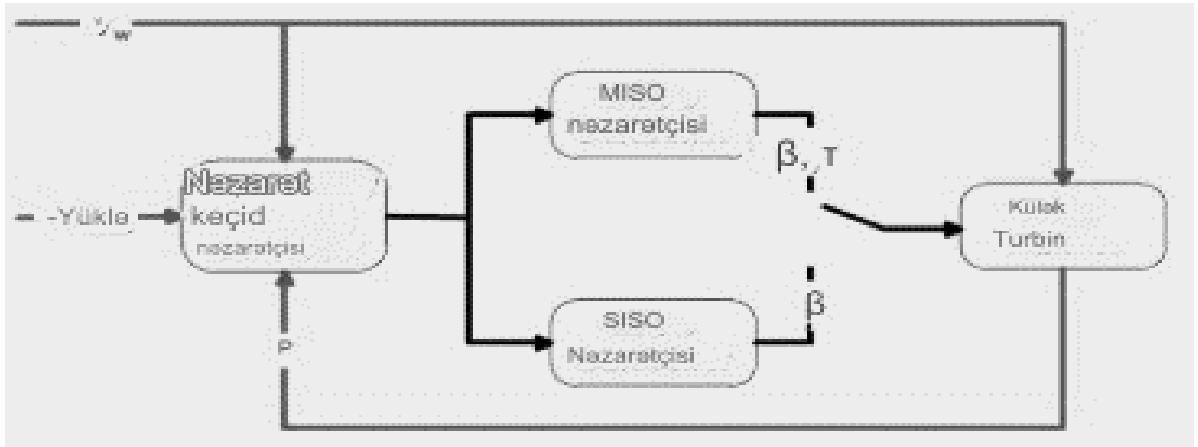
Kəsmə rejmi. Küləyin sürəti turbinin maksimum fırlanma sürətini aşdıqda adətən 25-30 m/s çox olduqda kəsmə rejmi aktivləşir. Bu rejim turbinin həddindən artıq sürətlənməsinin qarşısını alır. Yüksək sürət nəticəsində rotorda qızmalar, dolaqların

zədələnməsi və şəbəkəyə qeyri-stabil enerjinin ötürülməsinə gətirib çıxarır. Bunun qarşısını almaq üçün kəsmə rejmi zamanı turbinin pərləri avtomatik olaraq bağlanır. Kəsmə rejmi güclü külək zamanı turbin və ətrafı mühafizə etmək üçün tətbiq olunmuş təhlükəsizlik rejmidir.

Təcili dayanma rejmi. Külək turbinin hər hansı bir hissəsində baş vermiş nasazlıq və ya fəvqəladə vəziyyət zamanı turbin əl ilə və ya avtomatik olaraq təcili dayanma rejminə keçirilir. Bu rejim zamanı pərlərin fırlanması dərhal dayandırılır və elektrik şəbəkəsindən ayrılır. Bu rejimə əsasən turbində baş verə biləcək mexaniki nasazlıqlar, elektrik nasazlığı, idarəetmə sisteminin xətası və ya təhlükəli hava şəraiti kimi potensial təhlükə zamanı istifadə olunur.

Boş rejim. Bu rejim gözləmə rejminə bənzərsə də turbinin şəbəkəyə qoşulması və tez bir zamanda işləməyə hazır olması ilə fərqlənir. Boş rejimdə küləyin sürətinə uyğun olaraq istiqamətini təyin etmək və şəbəkə tələbatına uyğun olaraq sürətli qoşulmanı təyin edə bilər. Bu rejim adətən aşağı sürətli külək zamanı və ya şəbəkənin stabilliyi turbinin çıxışına dinamik nəzarət zamanı tətbiq olunur.

Külək turbinlərinin aşağıdakı idarəetmə sistemi mövcuddur (şəkil. 1.3).



Şəkil. 1.3 Turbin idarəetmə blokunun diaqramı. MİSO (Çox giriş-Tək çıxış)-obyektin bir çıxışla çox girişdən istifadə edərək idarə edilməsi, SİSO (Tək giriş-Tək çıxış)- obyektin bir çıxışla bir giriş istifadə edərək idarə edilməsi.

1.1. Günəş elektrik stansiyaları və rejimləri

Günəş elektrik stansiyaları fotovaltik günəş panellərindən istifadə edərək fotovaltik elementlərdə günəş enerjisini elektrik enerjisinə çevirərək elektrik istehsal edir. Burada elektrik enerjisi bir neçə mərhələ keçdikdən sonra şəbəkəyə ötürülür. Fotovaltik elementlərdən alınan enerji sabit cərəyanlı olduğu üçün onu şəbəkəyə ötürməkdən ötrü çeviricilərdən istifadə olunaraq dəyişən cərəyana çevrilir və şəbəkəyə ötürülür.

Çeviricilər günəş işığından asılı olaraq müxtəlif rejimlərdə işləyə bilər. Bu çeviricilərin rejimlərini nəzərdən keçirin:

1. **Normal işləmə rejmi.** Bu rejimdə günəş panellərindən alınan sabit cərəyanı dəyişən cərəyana çevirir və bununla da enerjini şəbəkəyə ötürür.
2. **Gözləmə rejmi.** Bu rejim zamanı günəş panelləri tərəfindən ötürülən sabit cərəyan enerjisi az olduqda çevirici gözləmə rejminə keçir, alınan enerjinin artmasını gözləyir. Bu gözləmə rejmindən əlavə ilkin gözləmə rejimi mövcuddur ki, çevirici ilkin işəsalınmış gözləmə vəziyyətindədir. Bu rejimdən sonra isə çevirici şəbəkəylə işə salınır və sinxronizasiya olunur.

Dəyər itkisinə görə işləmə. Çevirici temperaturun yüksəlməsi və ya şəbəkədə qəfil qabarma nəticəsində bu rejimdə işləyir.

Planlaşdırılmış rejimə görə işləmə. Bu zaman çevirici günəş panellərindən alınan enerjinin qiymətini izləyərək buna uyğun işləyəcəkdir.

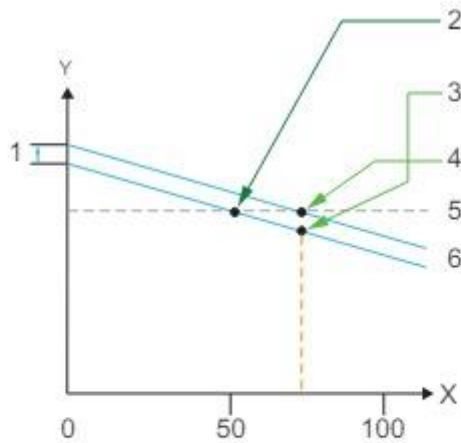
Dayanma rejimi. Çeviricidə hər hansı bir nasazlıq baş verərsə avtomatik olaraq işini dayandıracaq. Bu zaman dəyişən cərəyan relesi fəaliyyət göstərəcək. Nasazlıq haqqında məlumat proqramda göstəriləcək. Bərpa müddətində nasazlıq aradan qaldırıldıqdan sonra çevirici avtomatik olaraq işləməyə davam edəcəkdir.

1.3 Müasir qazla işləyən elektrik stansiyalarının iş rejimləri.

Qazla işləyən elektrik stansiyalarının müxtəlif növləri vardır. Bunlara misal olaraq İstilik Elektrik Stansiyalarını göstərmək olar. Bunlar əsasən qaz turbinləri və V

şəkilli mühərrikə malik elektrik stansiyalarıdır. Aşağıdakı araşdırmamızda İstilik Elektrik Stansiyalarına aid olan müasir V şəkilli “W18V50SG” tip mühərriklərin iş rejimlərinə baxaq.

Azalma rejmi. İki və ya daha çox mühərrik paralel işləyərkən verilən yükün paylaşması tələb olunur. Bu zaman yükün bölünməsi hər bir mühərrikin ümumi güc tələbinə bərabər paylanır. Azalma rejmi paralel işləyən mühərriklərin daxili sürət istinadını yükün artmasına mütənasib olaraq azaldır və yükü uyğun olaraq öz aralarında paylaşır. Bu rejimdə mühərriklər arasında heç bir əlaqə və siqnal tələb olunmur. Azalma dəyəri adətən bu mühərriklərdə 4% təyin edilir lakin bəzi hallarda parametrlər dəyişdirilə bilər. Çox aşağı azalma dəyəri o deməkdir ki, yük potensial olaraq mühərriklər arasında azaldılmağa başlaya bilər. Çox yüksək azalma dəyəri isə şəbəkə tezliyinin yük səviyyəsi ilə daha kəskin şəkildə azalması deməkdir (şəkil.1.4).



x = Mühərrik yükü [%]

y = Mühərrik sürəti arayışı [rpm]

1 İstinad düzəlişi

2 Yük dəyişmədən əvvəl iş nöqtəsi

3 Yük dəyişikliyindən sonra işləmə nöqtəsi

4 Düzəlişdən sonra işləmə nöqtəsi

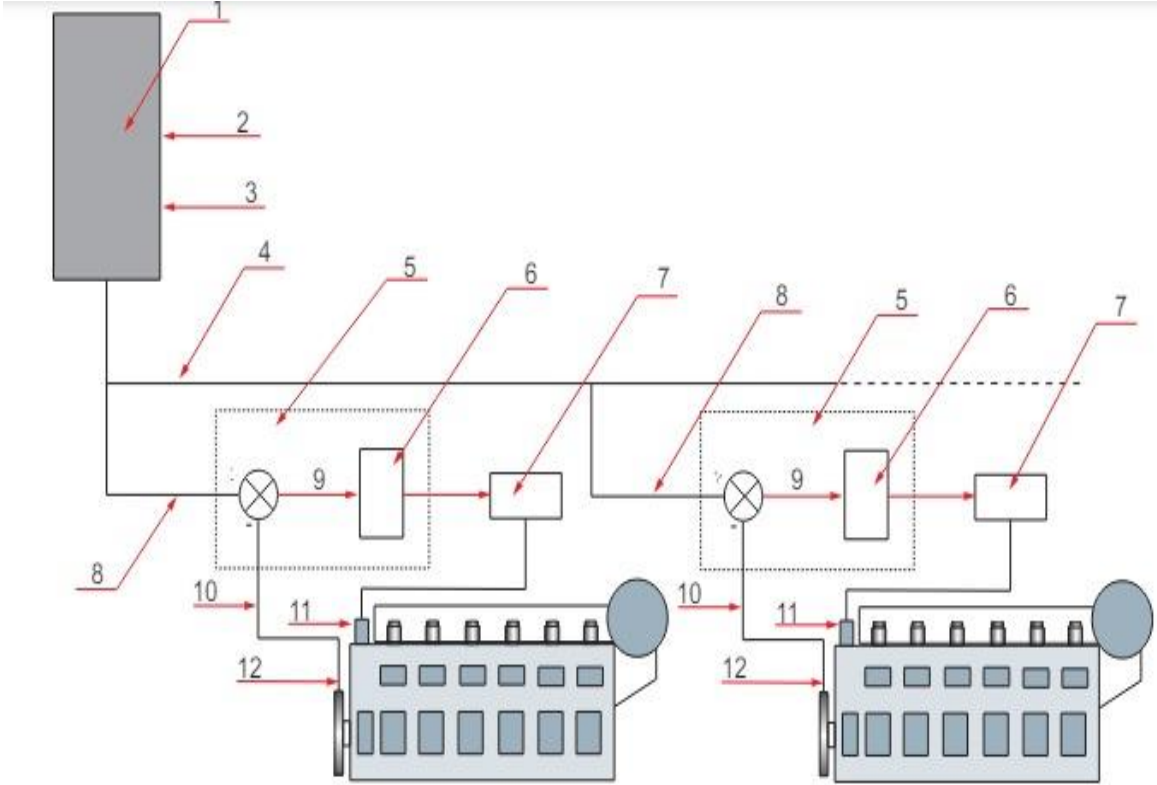
5 Nominal xalis tezlik

6 Düşmə əyrisi

Şəkil. 1.4 Azalma rejmi

Azalma əsasən yük bölgüsü o deməkdir ki, enerji idarəetmə sistemində bundan sonra böyük dəyişikliklər ola bilər, azalmanın aşağı nöqtələrində yaranan təsiri kompensasiya olunmalıdır. Buna görə də bu şərtlərdə yükün artımı nəticəsində sistem sürət artımını aktivləşdirməlidir. Bundan başqa azalmanın aşağı nöqtəsini

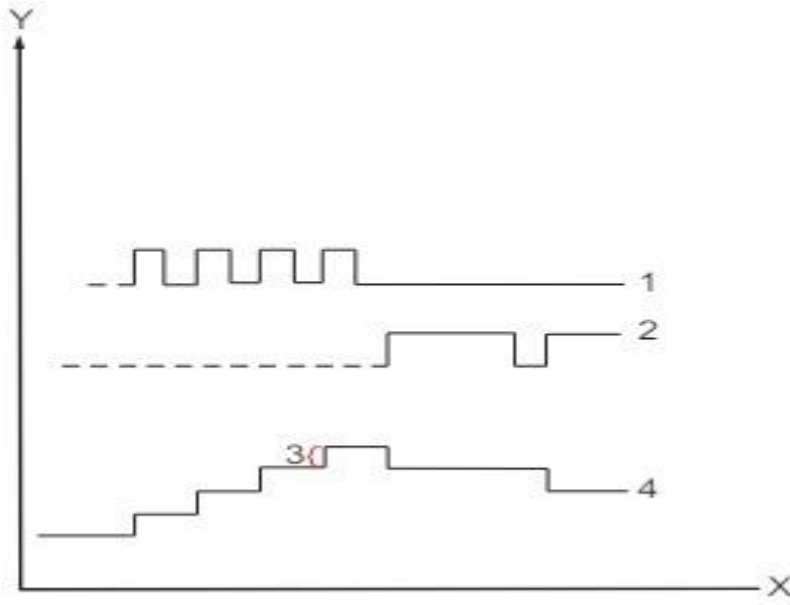
kompensasiya etmək üçün yəni şindəki tezliyin sabit saxlanması üçün mühərrikin yük səviyyəsindən asılı olmayaraq sürəti azaltma rejminə keçməlidir.



Şək.1.5 Azalmaya əsaslanan yük paylaşımı.

1. PLC/PMS
2. Stansiyanın xalis yükü
3. Stansiyan şəbəkəsinin tezliyi
4. Tezlik impulsların artması/azalması ilə qərarlıdır. (nəzarətçinin sürət istinadına təsir edir)
5. Sürətə nəzarət
6. PID
7. Aktuator sürücüsü
8. İstinad sürəti
9. Səhv
10. Faktiki sürət
11. Aktuator
12. Sürətli götürmə

Azalma rejmində sürət artımını təyin etməklə mühərrikin yükü artırılır. Avtomatlaşdırma sistemindəki daxili sürət dəyəri əvvəlcədən təyin edilmiş sürətlə artır (sürətlə artma dərəcəsi konfigurasiya oluna bilər) və bununla da yüklənmə təyin olunur. Artırma əmrləri bu mühərrikin yük səviyyəsi digər mühərriklərlə bərabər olunana qədər istifadə olunur. Başqa sözlə sürətin artması və ya azalması təkcə şindəki tezliyin kompensasiyası üçün deyil həm də yükün azalması üçün də istifadə olunur. Bu proses mühərriklər arasında paralel işləyir.



Şəkil 1.6 Azalma rejmində yük enişinə nəzarət-İNC/DEC impuls rejmi aktiv halda.

$X=vaxt$

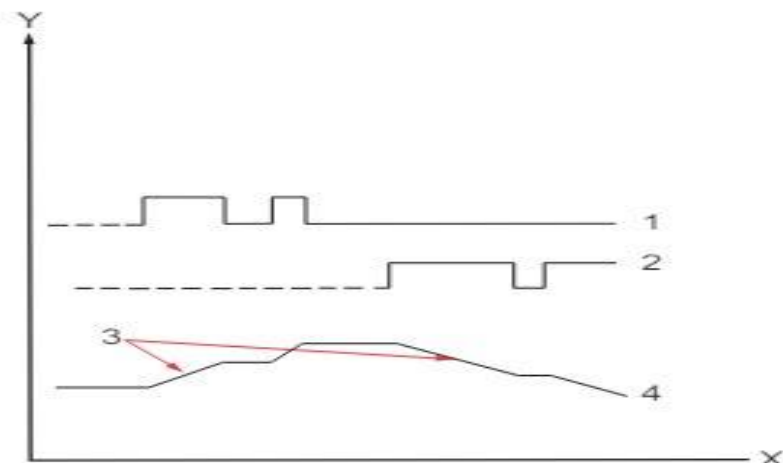
$Y=Mühərrikin\ sürət\ istinadı$

1 İNC impulsları

3. İmpulsun addım dəyəri

2 DEC impulsları

4. Mühərrik faktiki sürət istinadı



Şəkil. 1.7 Azalma rejmində yük enişinə nəzarət-İNC/DEC impuls rejmi deaktiv halda.

X=vaxt

Y=Mühərrikin sürət istinadı

1 İNC impulsları

3. Eniş dərəcəsi

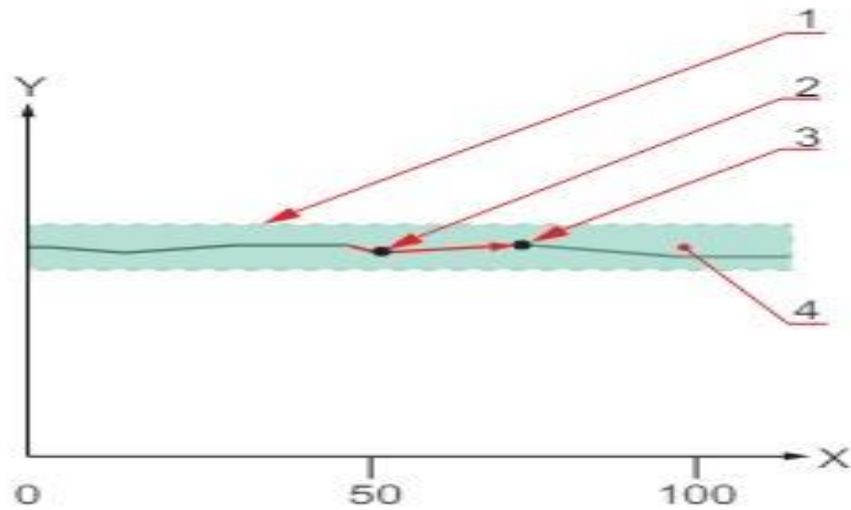
2 DEC impulsları

4. Mühərrik faktiki sürət istinadı

Mühərriki dayandırmaq lazım olduqda, mühərrik yükünün istənilən qiymətində sürəti azaltmaq girişi aktiv olmaqla yükü azaldıla bilər. Yük ən aşağı qiymətə çatdıqda generatorun açarı açılır. Azalma rejmi daha böyük şəbəkələrdə istifadə oluna bilər lakin bu tövsiyyə olunmur, çünki mühərrik həddindən artıq yüklənə bilər.

kW idarəetmə rejmi. kW idarəetmə rejmində idarəetmə dövrəsi mühərrik sürətinin sabit qiymətində yükə nəzarət dövrəsidir. Daxili yükün qiyməti ölçülmüş yüklə müqayisə olunur. PİD idarəetmə sistemi ilə yükə nəzarət olunur.

İdarəetmənin çıxışı mühərrikin ümumi əsas yanacaq tələbatını müəyyən edir və bununla çıxış yükün istinad səviyyəsini saxlayır. Bu rejim şəbəkə tezliyinin sabit olduğu sistemlərdə daha üstünlük təşkil edir. Mühərrikin yükü tezliyə görə dəyişmir sanki azalma rejmində sürətə nəzarət olunur (şəkil. 1.8).



Şəkil.1.8 Kw İdarəetmə rejimi.

1 Mühərrikin sürəti (rpm)

4 Köhnə yük istinadı ilə iş nöqtəsi

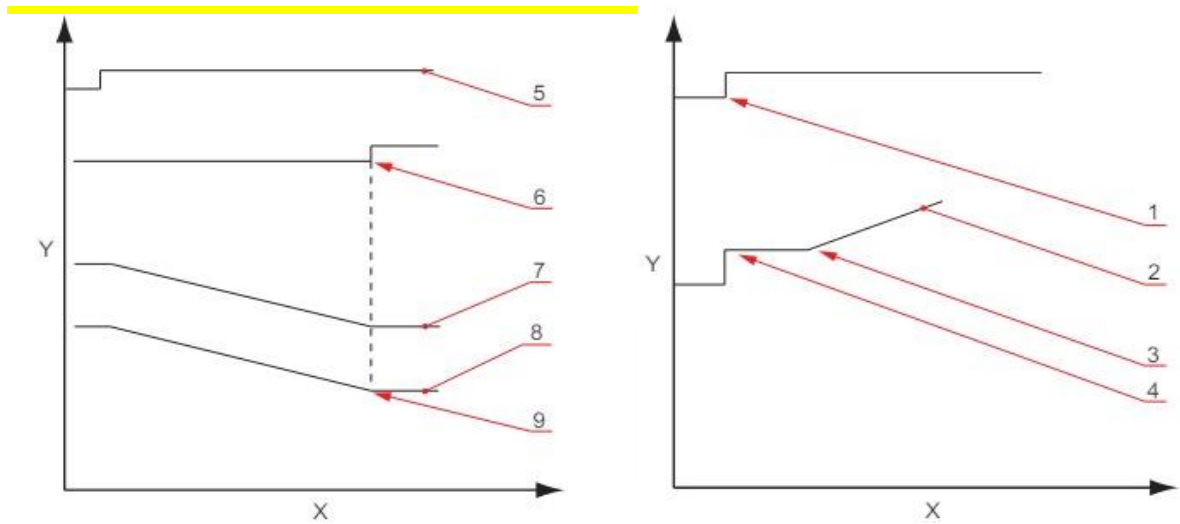
2 Mühərrik yükü (%)

5 Yeni yük istinadına enişdən sonra iş nöqtəsi

3 Həqiqi kVt nəzarət üçün iş sahəsi

6 Şəbəkə tezliyi

Şəbəkə tezliyi əvvəlcədən təyin edilmiş sürətə uyğun deyilsə idarəetmə rejimi avtomatik olaraq azalma rejminə keçir. Keçid uğursuz olarsa generator şəbəkədən açılacaq. Sürət istinadı kW idarəetməsindəki sürətə nəzarət dövrəsi ilə davamlı olaraq yenilənir. Hər hansı bir fərq olmazsa qüsursuz işləyəcəkdir. CB açıq idarəetmə rejmindən bu rejmə keçdikdə yükün istinadı əvvəlcədən təyin olunmuş yükə uyğun təyin olunur. Bu generatorun əks gücü riskinin qarşısını almaq üçün istifadə olunur. Daxili yük istinadı bundan sonra verilir. əvvəlcədən təyin olunmuş eniş ilə xaricdən verilmiş istinad kW istinadına qədər yüksəlir (şəkil. 1.9).

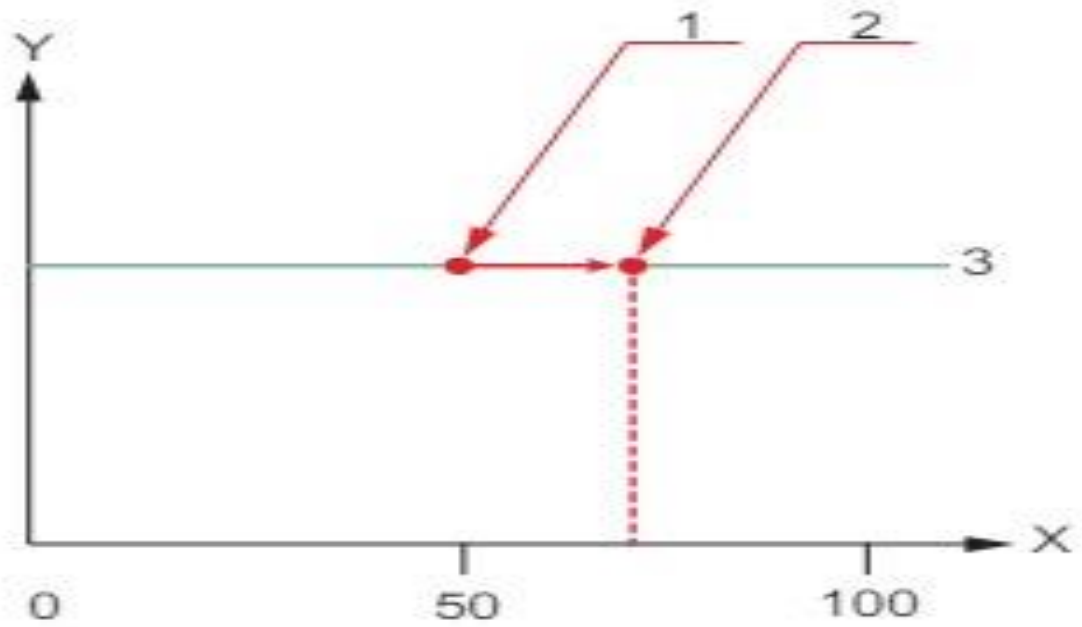


Şəkil. 1.9 Nisbi əsas yük istinadı.

1. Mühərrikin yüklənmə istinadı
2. Zaman
3. Generatorun CB bağlıdır.
4. Mühərrikin yüklənmə istinadı
5. Mühərrikin yük göstəricisi artması və istinz-ada şatdırılması
6. Nisbi əsas mühərrik yükünün istinadı ilə müəyyən edilir.
7. Mühərrik yükünün azalması
8. Generator CB açma əmrinin aktiv olunması
9. Mühərrikin yüklənmə istinadı

Mühərrikin yükünün azaldılması aktivləşdikdə yüklənmə istinada uyğun olaraq yükü azaltmağa başlayır. Yük generatorun açarının açmaq qiymətinə çatdıqda generator açarına əmr göndərilir və açar açılır.

İzoxron yük paylaşma rejimi. İzoxron yük bölgüsü rejimində işləyən mühərrik sürəti mühərrik yükündən asılı olmayaraq istinad sürətində saxlayır. İzoxron rejimdə işləyən mühərriklər yükün bölüşdürülməsi üçün eyni nisbi sürət istinadına malik olmalıdır. Generator proqramlarında ilkin sürət həmişə nominal sürətə bərabərdir. İşləyən mühərriklərdə sürət istinadı hərəkət sistemi nəzarətçi tərəfindən analoq sürət istinadına uyğun olaraq təyin edilir (şəkil.1.10).



Şəkil. 2.0. İzoxron yük paylaşma rejimi.

- x. Mühərrik yükü
- y. Sürət istinadı
- 1. İşləmə nöqtəsi yükün dəyişməsindən əvvəl
- 2. Yük dəyişikliyinədən sonra iş nöqtəsi
- 3. Nominal xalis tezlik və sürət istinadı

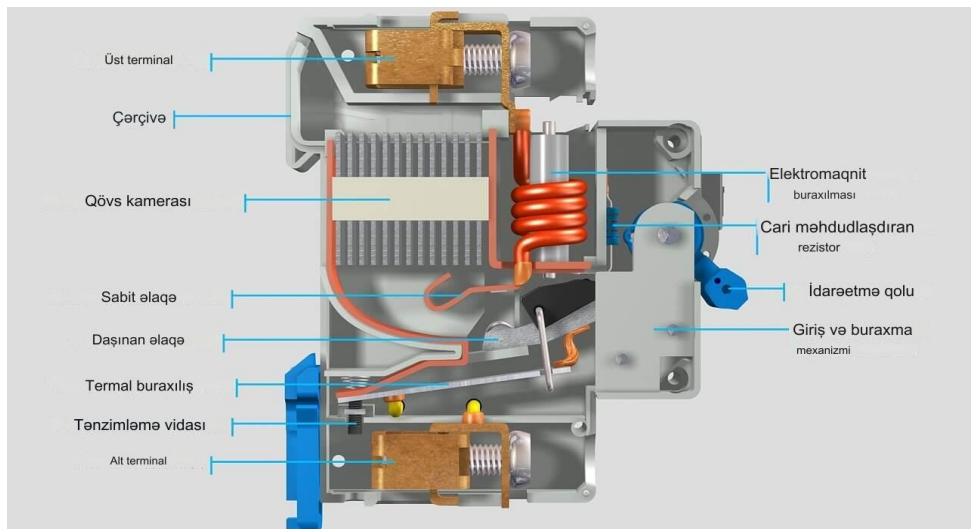
İzoxron yük paylaşma rejimində yük paylaşma CAN rabitəsi vasitəsilə təmin olunur. Hər bir mühərrik özünü və ona paralel digər mühərriklərin nisbi yükünü izləyir, bununla da nisbi sistem yükünü hesablayır. Sistem yükü ilə öz nisbi yükünü müqayisə edir və daxili sürət istinadını hesablayır. Şəbəkəyə yeni mühərrik

qoşulduqda o ehmallə yüklənməlidir. Mühərrikin izoxron yük paylaşma rejmində emalla yüklənməsini təmin etmək üçün qabaqcadan təyin olunmuş eniş sürətindən istifadə olunur. İzoxron yük paylaşmasında işləyən mühərrikin dayandırılması zamanı yükün aşağı salınması ilə həyata keçirilir. Yük generator açarını açma qiymətinə çatdıqda generator açarına əmr ötürülür generator şəbəkədən açılır. İzoxron yük paylaşma rejimində idarəetmə xüsusi yük və sürətdən asılı PID parametrlərindən istifadə edir.

II FƏSİL. ELEKTRİK STANSİYALARININ MÜAFİZƏSİ

2.1 Elektrik mühafizəsi. Mühafizə qurğuları.

Elektrik stansiyalarında avadanlıqların mühafizəsi üçün mühafizə qurğuları istifadə olunur. Bunlar əsasən əsas avadanlıqlara tətbiq olunur. Avadanlıq olaraq generator, transformator, çeviricilər və şinlər ola bilər. Bu avadanlıqların mühafizəsi əvvəllər dolaylı yolla aparılırsa da müasir dövrdə mikroprosessorlu elektrik mühafizə avadanlıqları tərəfindən aparılır. Ən sadə halda elektrik mühafizə avadanlığı olaraq tətbiq olunmuş diferensial releləri göstərə bilərik. Diferensial relelər ani qısaqapanma halında cərəyanlar fərqi hiss edərək işləyən avadanlığı mühafizə edir və şəbəkədən açır.



Şək.2.1 Diferensial açar.

Bu açarlar elektrik mühafizəsində ən sadə hallarda istifadə olunurlar. Elektrik sistemlərində köməkçi avadanlıqların mühafizəsi üçün tətbiq olunur. Misal olaraq elektrik mühərriklərində, işıqlanma sistemində və s. Elektrik stansiyalarında istifadə olunan əsas mühafizə qurğuları yüksək gərginliklə işləyən avadanlıqlarda və onların əlaqələndirici şinlərində istifadə olunur.

Transformator və generatorlarda istifadə olunan mühafizə avadanlıqlarının bir neçəsini nəzərdən keçirək:

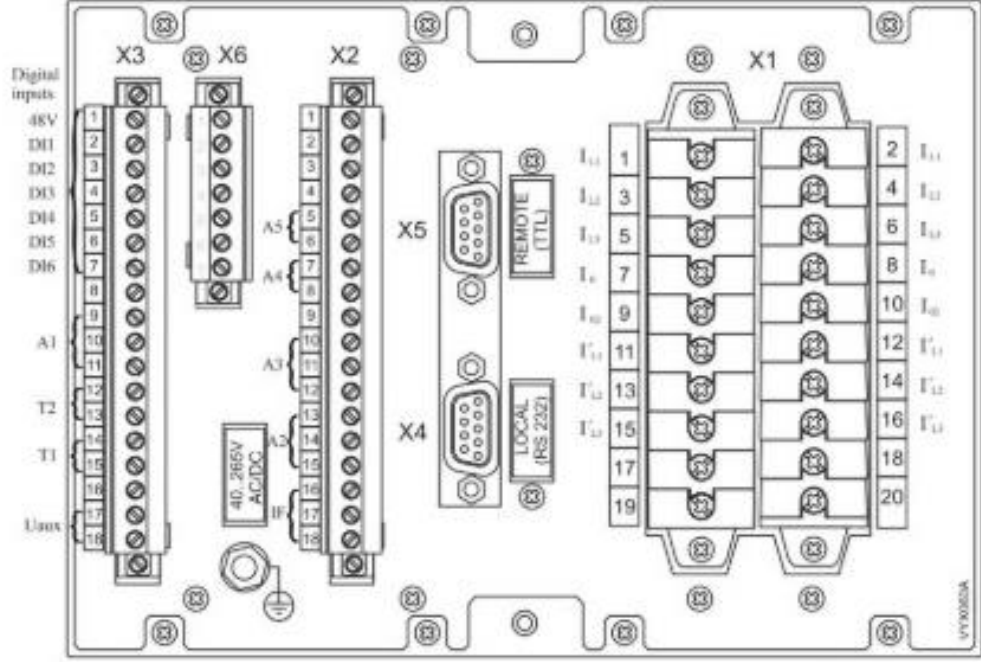
-VAMP265 enerji sistemində montinq cihazıdır. Cihaz mikroprosessorla təmin olunduğu üçün rəqəmsal siqnallarla işləyərək böyük həcmdə məlumat mübadiləsi edir. Buna görə də bugünə qədər istifadə olunan cihazlardan daha çox funksiya təklif edir. VAMP265 generator, transformator və mühərriklərin mühafizə relesidir, həddindən artıq cərəyan, torpaq nasazlığının mühafizə üçün lazım olan bütün funksiyaları yerinə yetirir. Bundan başqa rele bir neçə proqramlaşdırıla bilən funksiyaları vardır.



Şəkil. 2.2 VAMP265

Buna misal olaraq qövs yaranması, elektrik açarının qorunması, dövrədə açılmaya nəzarət və müxtəlif mühafizə və rabitə texnologiyasına malikdir. Rele tək,

iki və ya üç fazlı həddindən artıq cərəyandan mühafizə və ya həssas torpaq xətasından mühafizə üçün tətbiq olunur. Etibarlı konstruksiyası, müasir texnologiyadan istifadə olunması və ətraflı nəzarət sistemi bu rele üçün yüksək əlçatanlıq yaradır.



Şəkil. 2.3 VAMP265 Kommunikasiya portları.

Generator, transformator və mühərrikin diferensial mühafizə relesi qorunan obyektə aşağıdakı ölçmə və idarəetmə birləşmələri vasitəsilə qoşulur: • Faza cərəyanları IL1, IL2 və IL3 (terminallar X1: 1-6)

Faza cərəyanları I'L1, I'L2 və I'L3 (terminallar X1: 11-16)

Torpaq xətası cərəyanı I0 (terminallar X1: 7-8)

Torpaq xətası cərəyanı I02(terminallar X1: 9-10)

Rəqəmsal girişlər.

Generator, transformator və mühərrikin diferensial relesi status məlumatı və həyəcan siqnallarını altı ikili giriş (terminallar X: 2-7) vasitəsilə toplaya bilər:

Mühafizə mərhələlərini müəyyən şərtlər daxilində bloklanır.

İstənilən köməkçi avadanlıqdan vaxtla bağlı hadisənin kodunu alaraq əlaqə saxlayır.

Çıxış relelərinə və sürüşmə dövrəsinə nəzarət edir.

. Çıxış releləri.

Generatorun mühafizə relesi konfigurasiya edilə bilən yeddi çıxış relesi və özünü idarəetmə sistemi üçün əlavə çıxış relesindən ibarətdir.

T1 və T2 keçid relesi (X3: 12-13 və 14-15) Sıqnal releləri A1 - A5 (terminallar X2): 5-6, 7-8, 10-12, 13-15 və X3: 9-11)

Öz-özünə idarəetmə sisteminin çıxış relesi IF (terminallar X2: 16-18)

Qövs qorunması.

İstəkdən asılı olaraq qövs mühafizəsi portuna iki qövs portu daxildir. Qövs sensorları X6: 4-5 və 6-7 terminallarına qoşulur. Qövs məlumatları rəqəmsal giriş və çıxış kanalları vasitəsilə ötürülə və ya qəbul edilə bilər. Bu 48 V sabit cərəyan siqnalıdır.

Yerinə yetirdiyi mühafizə mərhələləri.

Həddindən artıq cərəyandan qorunma mərhələləri.

Diferensial həddindən artıq cərəyan mərhələsi $I > (87)$

Ayar aralığı	5- 50% I_n
Aşağı qiymət başlanğıcı üçün əyilmə cərəyanı 1	0,50 x I_n
Aşağı qiymət 1	5 100 %
Aşağı qiymət başlanğıcı üçün əyilmə cərəyanı 2	1.00-3.00 x I_n
Aşağı qiymət 1	100-200 %
ikinci harmonik bloklama	5 - 30 % və ya söndürün
Vaxtı sıfırlayın	< 60 ms
Nisbəti sıfırlayın	0,95
Qeyri-dəqiqlik Başlama işləmə vaxtı ($I_d > 1.2 x$) - işləmə vaxtı ($I_d > 3: x$ (set)	<60 <50

Diferensial həddindən artıq cərəyan mərhələsi $I >> (87)$

Ayar aralığı	5.0 40.0 x I_n
--------------	------------------

Vaxtı sıfırlayın	< 60 ms
Nisbəti sıfırlayın	0,95
Qeyri-dəqiqlik:	
Başlayır	Təyin edilmiş dəyərdən +3% və ya nominal dəyərdən +0.5%
Əməliyyat vaxtı,	< 40 ms

Aşırı cərəyan mərhələsi I>> (50/51)

Ayar aralığı	1.00-40.00 x In
Müəyyən vaxt funksiyası əməliyyat vaxtı	0.08 - 300.00 s (addım 0.02 s)
Başlama vaxtı	<60 ms
Vaxtı sıfırlayın	60 ms
Nisbəti sıfırlayın	0,97
Qeyri-dəqiqlik:	
Başlayır	Təyin edilmiş dəyərdən +3% və ya nominal dəyərdən 0.5%
İş vaxtı	±1% Va ya ±30 ms

Torpaq xətasından mühafizə mərhələləri.

Ayar aralığı	0,100 2,000 pu
Müəyyən vaxt funksiyası:	
- Əməliyyat vaxtı	0.08 300.00 s (addım 0.02 s)
Baslama vaxt	< 60 ms 0.97
Vaxtı sıfırlayın	< 60 ms
Nisbəti sıfırlayın	0.97
Qeyri-dəqiqlik	
Başlayın	Təyin edilmiş dəyərdən 33% və ya nominal dəyərdən ±0.5%
İş vaxtı	±1% və ya ±30 ms

Dövrə açarının nasazlığından mühafizə.

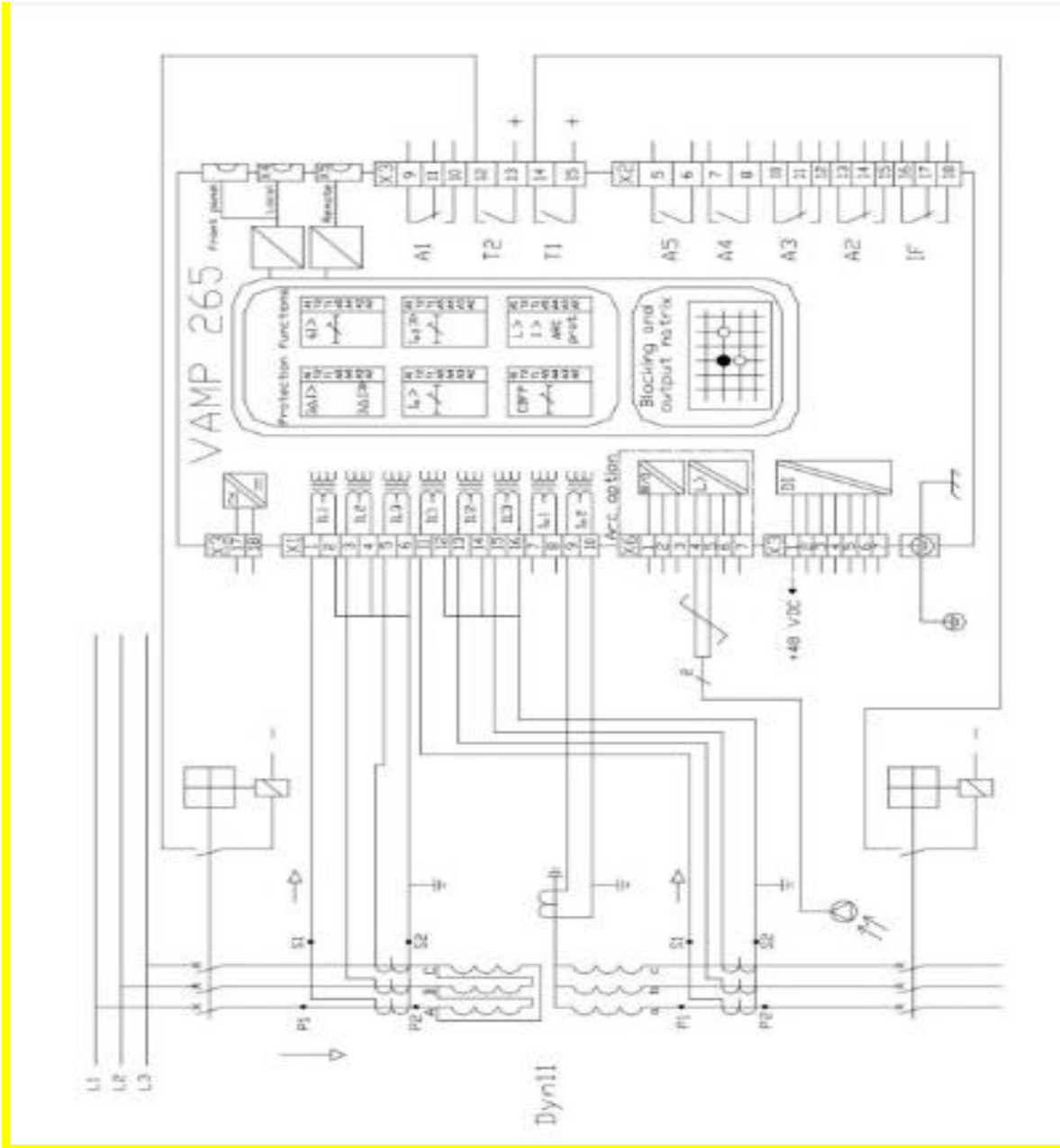
Nəzarət ediləcək rele	T1 və ya T2
Müəyyən vaxt funksiyası:	
- Əməliyyat vaxtı	0,1- 10,0 s (addım 0.02 s)
Qeyri-dəqiqlik	
- Əməliyyat vaxtı	±100ms

Qövs nasazlığından mühafizə.

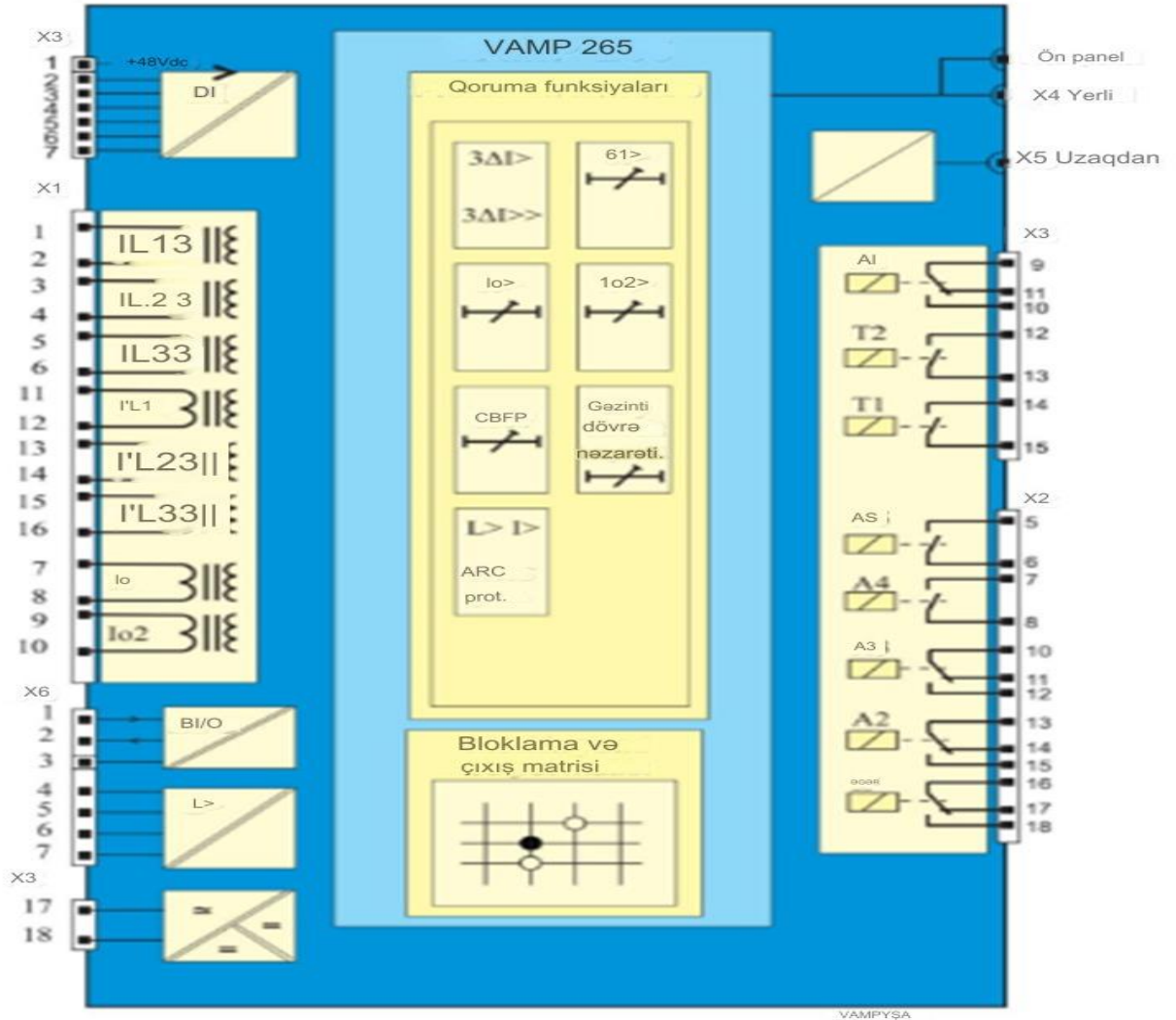
Parametr diapazonu	0,5 - 10,0 pu S1, S2, S1/S2, BI, S1/BI, S2/BI, S1/S2/BI
--------------------	---

Qövs sensoru bağlantısı	
Əməliyyat vaxtı	~15 ms

Parametr diapazonu	0,05 - 1,00 pu S1, S2, S1/S2, BI, S1/BI, S2/BI, S1/S2/BI
Qövs sensoru bağlantısı	
Əməliyyat vaxtı	~15 ms



VAMP265 blok diaqramı



Şəkil. 2.4. VAMP265 bağlantı diaqramı.

VAMP265 mühafizə relesi ilə kommunikasiya vasitələri müxtəlifdir. Daha yüksək səviyyəli sistemlər istifadə olunduğu üçün uzaqdan bağlantını da dəstəkləyir. Bu bağlantını Remote adlı serial port vasitəsilə idarəetmə sisteminə qoşula bilər. Bağlantı olaraq Limana SPA-Bus, Modbus, Profibus və ya IEC-103 protokollarından istifadə edə bilər.

	Standart interfeys	Daxili	Daxili	Xarici	Daxili
Protokol	RS 232: VX004-M3 və ya VX008-4	Plastik: RS	485:00:00	Profibus:	Ethernet: VEA3CG + VX003 + (VX004-M3)

Modbus	x	x	x		
SPA-avtobus	x	x	x		
ProfiBus				x	
İEC-60870-5-103	x	x	x		
ModBus/TCP					x
Şəffaf TCP/IP					x

Bundan əlavə olaraq müxtəlif mühafizə qurğularından istifadə olunur. Bunlara misal olaraq VAMP96, şinlərin mühafizəsi üçün REB670 diferensial mühafizə relesi, VAMP255 mühafizə relesindən və s. istifadə olunur.

2.2 Rele mühafizəsinə qoyulan tələblər.

Elektrik sistemində baş vermiş xətalara qeyri-normal iş rejimlərini və digər təhlükəli halları aradan qaldırmaqdan ötrü istifadə olunan avadanlıqlara rele deyilir. Relələri kateqoriyalarına görə beş yerə bölək:

1. Qoruyucu relələr. Qoruyucu relələr nasaz avadanlıqları və ya sistemdə baş vermiş qeyri-normal hadisələri aşkar etməyə və elektrik şəbəkəsinin təhlükəsizliyini təmin etmək üçün istifadə olunan relələrdir. Əsas məqsədi baş vermiş qəzanı tez bir zamanda aradan qaldırmaqdır.
2. Monitoring relələri. Energetik sistemdəki avadanlıqların real vaxt rejimində normal işləməsini monitoring edir.
3. Proqramlaşdırılan relələr. Proqramlaşdırılan relələr vasitəsilə istədiyimiz ardıcılığa uyğun energetik sistemdə mühafizə qura və onu idarə edə bilərik.
4. Tənzimləyici relələr. Bu relələr vasitəsilə mühafizə olunan avadanlıqların mühafizə hədlərini əvvəlcədən müəyyən edilmiş hədlərə uyğun təyin edə və lazım gəldikdə həmin hissəni mühafizə edə bilər.
5. Köməkçi relələr. Bu relələrə aralıq relesi kimi də baxmaq olar. Bunun vasitəsilə əməliyyat dövrəsinin açılması və ya bağlanması həyata keçirilir. Bunlara misal olaraq zaman relələri, möhürləyici qurğular, klidləmə relələri, bağlama relələri və s.



Şəkil. 2.5. Relelərin kateqoriyaları

Bundan başqa relələr işləmə prinsipi, giriş xarakteristikaları, struktur və performans xüsusiyyətlərinə görə təsnif olunur.

1. Giriş xarakteristikası: Gərginlik, güc, tezlik, təzyiq, temperatur, sərf, vibrasiya.
2. İş prinsipi və ya struktur xüsusiyyətinə görə: Faiz, çoxsaylı məhdudiyət, elektromexaniki.
3. Performans xüsusiyyətləri: Buraya həddən artıq cərəyan, həddən artıq gərginlik, torpaq və ya faza xətası, yüksək və ya aşağı tezlik və s. aid etmək olar.

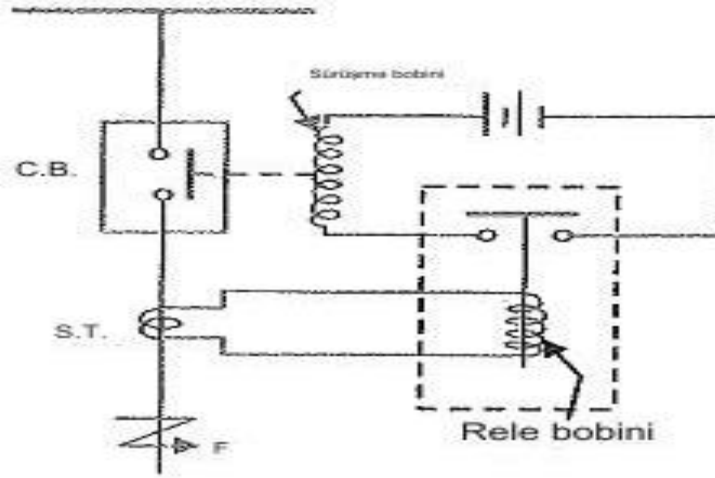
Növlərinə görə relələri iki növə bölək: Rəqəmsal mühafizə relələri və elektromexaniki relələr.

Rəqəmsal qoruyucu relələr energetik sistemdə sənaye sahələrində baş vermiş elektrik xətalı zamanı xətanı təhlil etmək və aradan qaldırmaq üçün mikroprosesordan istifadə edən relələrdir. Rəqəmsal qoruyucu relələr bir neçə qoruyucu funksiyaları və xüsusiyyətləri özündə cəmləşdirir. Bununla da mikroprosessor sisteminin təmin etdiyi kommunikasiya, monitoring,

proqramlaşdırma qabiliyyəti onun funksionallığını artırır və daha mürəkkəb mühafizə sisteminin qurulmasını təmin edir.

Elektromexaniki relelər adətən daha yüksək güclü elektrik cihazlarını idarə etmək üçün istifadə olunan relelərdir. Elektromexaniki relelər sadə dildə elektrikle işləyən açar da deyə bilərik. Bu relelər dövrəni açıb bağlamaq üçün daha aşağı siqnalla idarə olunurlar. Daha böyük güclə işləyən relelərə kontaktor da deyilir.

Qoruyucu relelər. Qoruyucu rele elektrik sistemində ən çox istifadə olunan relelərdir. Bu relelər nasazlıq və qeyri-normal iş rejmində anormal şəraiti aşkar etməklə elektrik avadanlıqlarının və sistemi mühafizə etmək üçün istifadə olunur. Nasazlıq adətən dəyişən elektrik kəmiyyətləri gərginlik, cərəyan, tezlik və faza bucağında qeyri-normal iş rejimi yaranan zaman aşkar olunur və qoruyucu relelərin tələbləri yerinə yetirilir. Hər hansı bir nasazlıq yaranarsa rele açarı açma əmri göndərir



Şəkil. 2.6. Qoruyucu rele

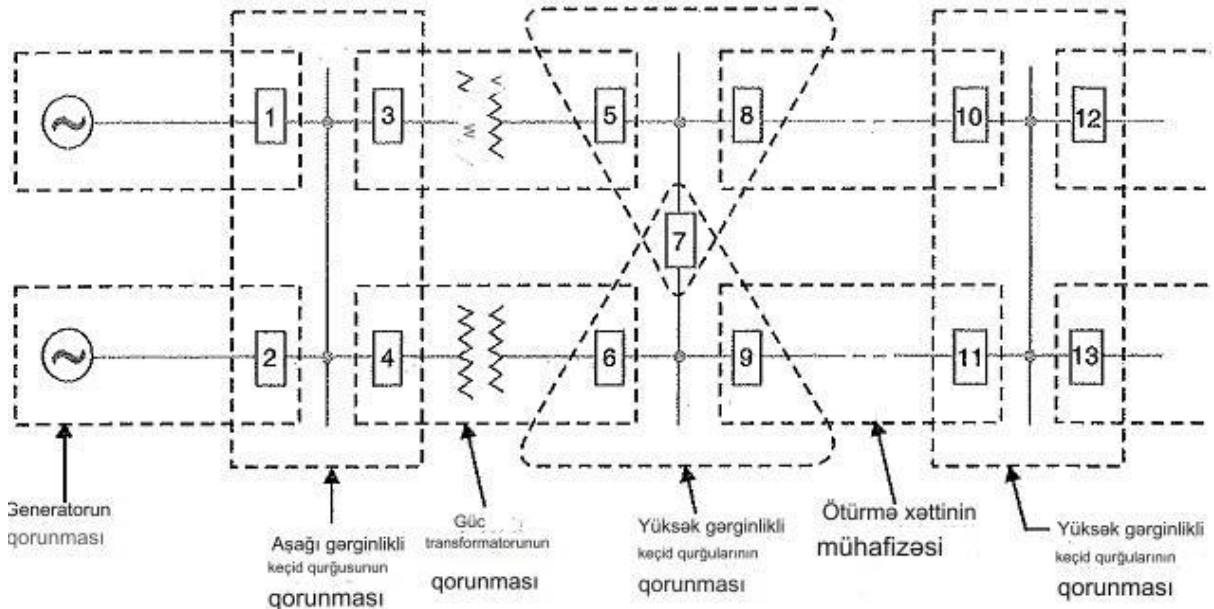
Yuxarıdakı şəkildə relenin sadəlik üçün diaqramı verilmişdir. Relenin dövrə olaraq üç hissəyə bölək. Birinci hissə qorunacaq xətt ilə ardıcıl birləşdirilmiş cərəyan transformatorunun birinci dolağı. İkinci hissə cərəyan transformatorunun ikinci dolağından və əməliyyat bobinindən ibarətdir. Üçüncü hissə cərəyan keçən xəttin açılma dövrəsidir. O təchizatın mənbədən elektrik açarının açma bobinindən relenin stasionar kontaktorlarından ibarətdir.

Ötürmə xəttinin F nöqtəsində baş vermiş qısqapanma nəticəsində xətdə axan cərəyan böyük qiymət alır. Bu isə relenin bobinindən artıq cərəyan keçməsinə səbəb olur və bununla da rele kontaktorlarını bağlayır. Beləliklə rele dövrədəki avadanlığın zədələnmədən və qeyri-normal iş rejmindən mühafizə edir.

Qoruyucu relenin əsas tələbləri. Enerji sisteminin hər hansısa elementi qeyri-normal şəkildə işlədikdə və ya sistemin digər hissəsinin düzgün şəkildə işləməsinə mane yaratdıqda qoruyucu rele onu dərhal xidmətdən çıxarır. Aşağıdakı keyfiyyətlər qoruyucu rele sisteminin bu funksiyasını düzgün şəkildə həyata keçirməsi üçün lazım olan xüsusiyyətlərdir:

Selektivlik, sürət, həssaslıq, etibarlılıq, sadəlik, iqtisadiyyat.

Selektivlik: sistemin problemlili olan hissəsini düzgün seçmək və digər hissəsinə toxunmadan nasaz hissəni ayırmaq xüsusiyyətidir. Yaxşı dizayna sahib səmərəli rele sistemi xətaya ən yaxın olan elektrik açarlarının açılmasına səbəb olmalı və bunu sistemə minimum və ya heç bir ziyan vermədən etməlidir. Məqsəd elektrik kəsilməsi diapazonunu minimuma endirməkdir.



Şəkil 2.7. Nasazlığın selektiv seçilməsi

Sxemdən görünür ki elektrik kəsiciləri yalnız nasaz olan hissəni ayırmaq üçün nəzərdə tutulmuşdur. Beləliklə, sonuncu zonada olan şintlərdə hər hansı bir nasazlıq baş verərsə 10,11,12,13 açarları açılmalı və sistemi mühafizə etməlidir.

Sürət: qoruyucu rele sistemdəki nasazlığı ən qısa bir zamanda aradan qaldırmalıdır. Belə olduqda avadanlıqlardan axan qəza cərəyanı minimum qiymətə endirilməlidir, bununla da sistemin paralel işinin dayanıqlığı yüksəlir. Qalıq gərginliyi qısqapanma zamanı $0,6 U_{nom}$ -dan az olduqda zədələnmə tez bir zamanda açılmalıdır. Çünki, elektrik avadanlıqları qısqapanma nəticəsində yüksək cərəyanın təsirinə məruz qala və zədələnə bilər. Yüksək sürətli relələr sistem nasazlığının tez bir zamanda aradan qaldırdığı üçün sistemdə daha böyük relələrin olması ehtimalını azaldır. Mühafizənin tam açma vaxtı $t_{aç}$, mühafizənin işləmə vaxtı t_m və açarın açma vaxtı t_a kimi ifadə olunur, yəni $t_{aç} = t_m + t_a$ elektrik sistemində tətbiq olunan açarların təsir müddəti 0.15, 0.06 san olur. Müasir energetika sistemində mühafizənin açma müddəti çox kiçik qiymət olmalıdır: 300-500 kV-luq EVX-lər üçün 0.1, 0.2 san; 110, 220 kV-luq şəbəkələr üçün 0.15, 0.3 san.

Həssaslıq: Həssaslıq mühafizə zonasında zədələnmə baş verdikdə yarana biləcək ən kiçik cərəyanın qiymətini qeydə almaq xüsusiyyətinə deyilir. Bu relenin işə salınma dəyərinin ən aşağı qiyməti kimi də təyin olunur. Releni işə salmaq üçün daxil olan qiymət (gərginlik, cərəyan) nə qədər kiçik olarsa bu rele o qədər həssaslığa malikdir. Bununla da rele sisteminin Volt-Amper girişinin aşağı qiymətləri ilə işləməsi energetika sistemində arzu edilən haldır.

Etibarlıq: etibarlıq əvvəlcədən müəyyən edilmiş rele sisteminin müəyyən şərtlər altında işləmə qabiliyyətidir. Bunun nəticəsində etibarlıq mühafizə zonasında zədələnmə baş verdikdə işdən imtina etmir, nəzərdə tutulmayan hallarda mühafizə zonasından kənarada baş verən nasazlıqda işləmir.

Sadəlik: qoruyucu relələrdə sadəlik əsas şərtlərdən biridir yəni ötürücü sistem sadə olmalıdır ki, minimum avadanlıq sxem və əməliyyat ardıcılığı həyata keçirilsin. Bu meyyar etibarlıqla sıx bağlıdır. Qorunma sxemi nə qədər sadə olarsa onun etibarlığı bir o qədər çox olar.

İqtisadiyyat: qoruyucu mühafizənin seçilməsində mühüm amildən biri iqtisadi aspektdir. Bəzi hallarda ideal mühafizə sxemindən istifadə etmək iqtisadi cəhətdən

əsassızdır. Bir qayda olaraq mühafizə vasitələrinin qiyməti ümumi konstantın 5%-dən çox olmamalıdır. Nəticə olaraq mühafizə olunacaq avadanlıq böyük əhəmiyyət kəsb etdikdə (generator, transformator, EVX və s.) mühafizə uyğun olaraq seçilməlidir.

2.3 Mühafizənin növləri və elektrik avadanlıqlarının xüsusiyyətləri.

Energetika sistemlərinin dayanıqlı və kəsilməz olması əsas və başlıca şərtlərdən biridir. Bu şərtləri ödəmək, istehsalçı və istehlakçı arasında fasiləsiz və keyfiyyətli elektrik enerjisinin verilməsi üçün energetika sistemlərində avadanlıqlar daimi fasiləsiz və optimal olaraq işləməlidir. Lakin elektrik veriliş xətlərində, yarımstansiyalarda və elektrik stansiyalarında baş verən açılmalar energetika sistemində dayanıqlığı və stabilliyi pozur. Belə halların qarşısını almaq üçün sistemdə müxtəlif cür mühafizələrdən istifadə olunur.

Elektrik avadanlıqları və qurğularında baş verə biləcək nasazlıq nəticəsində insanlara və digər avadanlıqlara ziyan vura bilər. Bu nasazlıqlar daxili və ya xarici nasazlıqlar kimi ifadə olunurlar. Baş vermiş nasazlıqların qarşısını almaq, nəticələrini minimuma endirmək və enerjinin verilməsini fasiləsiz şəkildə yerinə yetirməkdən ötrü mühafizə vasitələrindən istifadə olunur. Mühafizə vasitələri avadanlıqların xüsusiyyətlərinə görə seçilir və uyğun olaraq qurqışdırılır. Stansiyalarda, yarımstansiyalarda paylayıcı qurğularda və avadanlıqlarda istifadə olunan mühafizə növləri aşağıda göstərilmişdir. Mötərizələr arasında İEEE: (İnstitute of Electrical and Electronics Engineers) Elektrik və Elektronika Mühəndisləri İnstitutu İEC: (İnternasional Electrotecnical Comission) Beynəlxalq Elektrotexniki Komissiya ANSİ : (American National Standards İnstitute) Amerika Milli Standartlar İnstitutu

Ani torpaq cərəyanı(50N/50G)

Ani faza həddindən artıq cərəyanı(50)

Sahənin/həyəcan mühafizəsinin itirilməsi(40)

Faza itkisi(40)

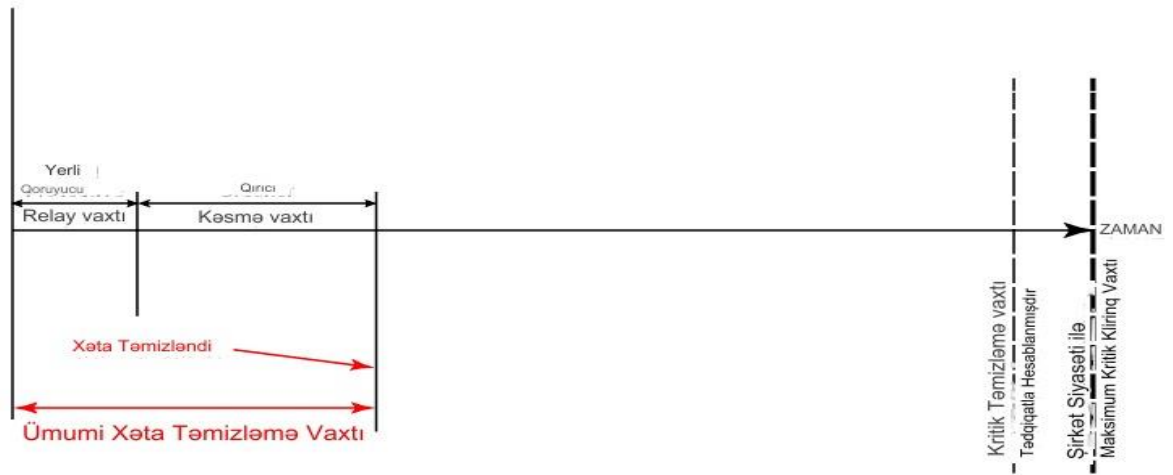
Həddindən artıq həyəcandan qorunma(24)

Həddindən artıq və aşağı tezlik(81)

Hava xəttinin diferensial mühafizəsi(87L)
Hava xəttinin məsafədən qorunması(21)
Aşırı yükədən qorunma(49)
Həddindən artıq sürətdən qorunma(12)
Aşırı gərginlik(59)
Məhdud torpaq xətası(64G/64REF)
Tərs gücdən qorunma(32)
Torpaq cərəyanının gecikməsi(51N/51G)
Vaxt gecikməsi fazaanın həddindən artıq cərəyanı(51)
Transformator diferensial mühafizəsi(87P)
Aşağı gərginlik(27)
Zəif son giriş (21WI)
Yalnız faza ardıcılığının qorunması(47)
Açarın nasazlığından qorunma (50BF)

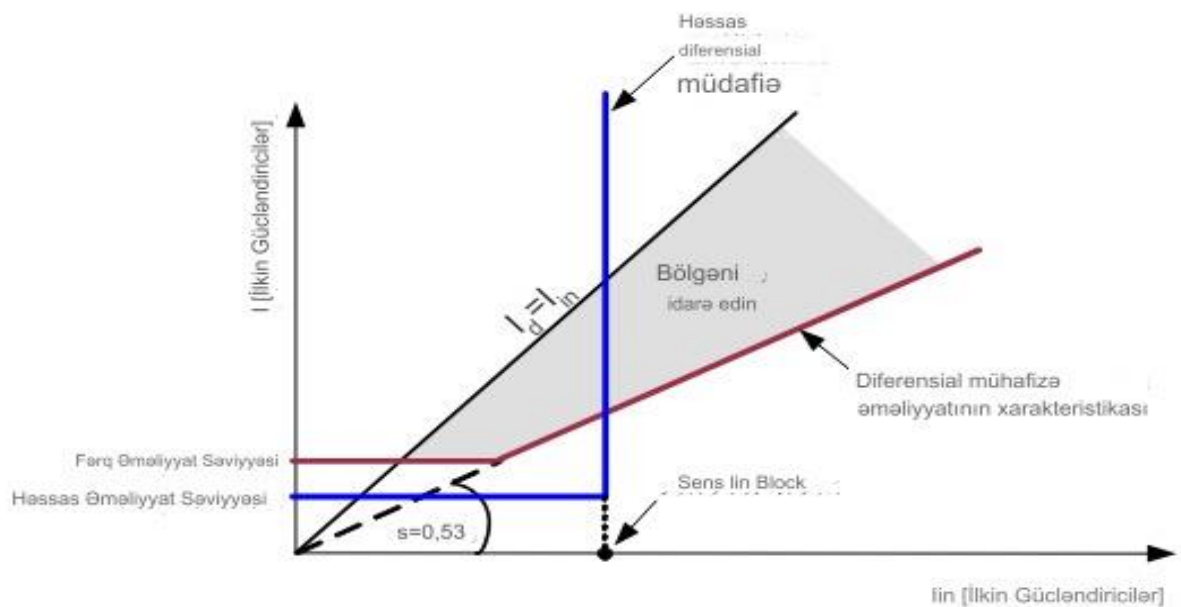
Açarın nasazlığı hallarında baş verə biləcək qəza hallarını aradan qaldırmaqdan ötrü açarın bağlı olduğu digər açarların açılması lazımdır. Bu o halda baş verir ki, misal üçün 3 ədəd generatorun bağlı olduğu bir ədəd transformator vardır. Hər dördü bir şin üzrə paralel birləşdirilmişdir. Bir ədəd generatoru şəbəkədən ayırmaq lazım gəldikdə generatorun açarı generator dayanan zaman açılmalıdır. Əgər generatorun açarı açılmazsa, bağlı olduğu transformatorun açarı açılacaqdır. Buna səbəb qəza halının qarşısını almaqdan ötrü generatorun mühərrik rejminə keçməsinin qarşısını almaqdan ötrü istifadə olunur. Transformatorun açarını açma əmrini göndərən generator açarının açma müddətinin çox olmasından qaynaqlanır.

ZAMAN Oxunun üstündəki Normal Əməliyyat



Şəkil. 2.8. Açarın imtinasından mühafizə.

Şin diferensial mühafizəsi (87B). Şinlərin diferensial mühafizəsi elektrik avadanlıqlarının bir şin üzərində yerləşməsi zamanı istifadə olunan mühafizələrdən biridir. Kirxofun birinci qanuna əsasən daxil olan cərəyanlar çıxan cərəyanlara bərabər olmalıdır. əgər cərəyanlar belə dövr edirsə diferensial mühafizəni işə salacaq cərəyan yoxdur. Hər hansı bir nasazlıq zamanı diferensial cərəyan yaranarsa şinin mühafizəsi işə düşəcək.

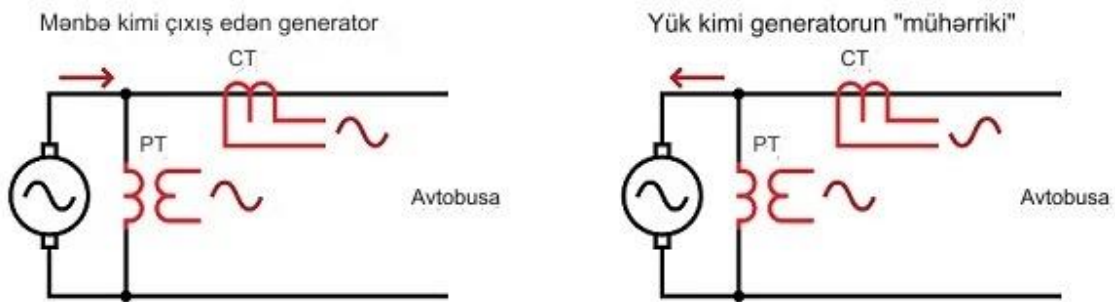


Şəkil. 2.9. Diferensial mühafizənin əməliyyat xarakteristikası.

İstiqamətli torpaq cərəyanı(67N/67G)

İstiqamətli fazanın həddindən artıq cərəyanı (67)

Bu mühafizə cərəyanının axın istiqamətini təyin edir. Əsasən generatorların mühafizəsində istifadə olunur. Əgər əks cərəyan asinxron və sinxron generatoruna təsir edərsə cihazın lazımlı istehsal gücündə işləməsinə mane olacaqdır. Şərti olaraq cərəyanın istiqamətini irəli və geri ifadə edək. əgər bütün generatorların cərəyanları irəli istiqamətlidirsə bu halda bütün generatorlar şəbəkəyə enerji ötürəcəkdir. Hər hansı bir generatorun cərəyanının istiqaməti geriyə olarsa bu zaman irəli istiqamətdən 180 dərəcə faza sürüşməsi baş verəcək. Bununla da generator mühərrik rejiminə keçəcək. Buna görə də İstiqamətli faza həddindən artıq cərəyan mühafizəsindən istifadə olunur.



Şəkil. 3.0. İstiqamətli faza həddindən artıq cərəyan mühafizəsi

III FƏSİL. DIFFERENSİAL MÜHAFİZƏNİN NÖVLƏRİ VƏ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

3.1. Diferensial mühafizəyə aid olan prinsiplər və onların tətbiqi.

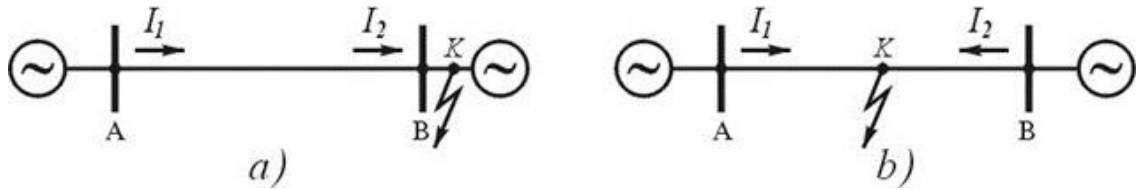
Elektrik stansiyalarının yarımstansiyaların və elektrik veriliş xətlərinin (EVX) dayanıqlıq şərtlərinə görə qısaqapanma zamanı mühafizə olunan hissələrdə açılma sürətli şəkildə yerinə yetirilməlidir. Digər mühafizələrdən biri olan distansiyon mühafizə belə qısaqapanma zamanı nasazlığı ani olaraq aradan qaldıra bilmir. Bunun

üçün ən səmərəli və sürətli mühafizə diferensial mühafizələr hesab olunur. Diferensial mühafizə ani olaraq cəld şəkildə reaksiya verərək mühafizə olunan hissədə işləyir və dayanıqlığı təmin edir. Diferensial mühafizə iki qrupa ayrılır: uzununa və eninə diferensial mühafizə.

Uzununa diferensial mühafizə həm tək həm də paralel şəkildə mühafizə hissələrində tətbiq olunur. Eninə diferensial mühafizə isə ancaq paralel hissələrdə istifadə olunur.

3.2. Uzununa diferensial mühafizə (UDM)

UDM-nın niş prinsipi mühafizə olunan hissənin əvvəlində və sonunda cərəyanların qiymətcə və istiqamətcə müayisəsi nəticəsində qurulur. Aşağıdakı şəkil 3.1-də göstərildiyi kimi xarici qısaqapanmalar zamanı xəttin uclarındakı cərəyanlar qiymətcə və istiqamətcə eyni olur. Qısaqapanma mühafizə zonasında olduqda isə cərəyanların qiyməti bərabər istiqamətcə əks olurlar.



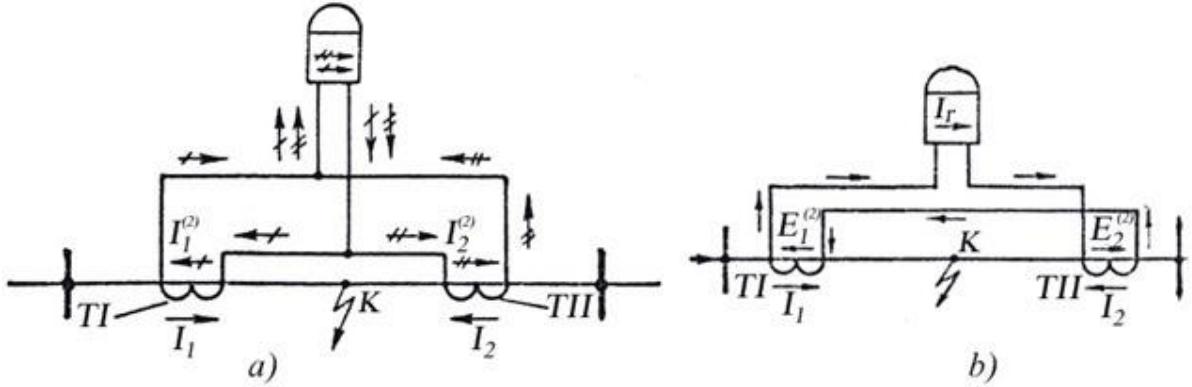
Şəkil. 3.1. Xəttin uclarındakı cərəyan a-xarici QQ-də, b-xətdəki QQ-də.

Xəttin əvvəlində və sonunda alınmış cərəyanlar həm qiymət həm istiqamətcə müqayisə olunduqda bu mühafizə uzununa diferensial mühafizə adlanır. Bu mühafizə sayəsində qısaqapanmanın xətdə və ya xətdən kənarında olması müəyyən olunur. Həmin cərəyanları müqayisə etmək üçün eyni transformasiya əmsalına malik olan cərəyan transformatorları xəttin əvvəlində və sonunda quraşdırılır və aralarında əlaqə yaradılır. Həmin əlaqə diferensial releyə qoşulur və bunun nəticəsində xarici qısaqapanma zamanı reledən axan cərəyan $I_1 - I_2$ mühafizə zonasında qısaqapanma olduqda isə $I_1 + I_2$ olsun.

Uzununa diferensial mühafizə prinsipcə iki müxtəlif sxemi mövcuddur.

1. Dövr edən cərəyanlı

2. Tarazlaşdırılan gərginlikli



Şəkil. 3.2. Uzununa diferensial mühafizə. Dövr edən cərəyanlı (a) və tarazlaşdırılan gərginlikli (b)

Dövr edən cərəyanlı diferensial mühafizə zamanı xarici qısaqapanma olduqda Ikiinci tərəfdən axan cərəyan təqribən 0 qiymətini alır. Mühafizə olunan hissədə qısaqapanma baş verdikdə isə ikinci tərəf cərəyanlar müəyyən qiymət alır:

$$I_r = I_1^{(2)} + I_2^{(2)}$$

Burada $I_1^{(2)}$ və $I_2^{(2)}$ ikici tərəf cərəyanlarının I_1 və I_2 birinci tərəf cərəyanları K cərəyan transformatorlarının transformasiya əmsalı.

Daxili və ya qısaqapanma zamanı diferensial reledən müəyyən qiymətli qeyri-balansa cərəyanı axır buna səbəb cərəyan transformatorlarının xəyata malik olmasıdır.

$$I_{q.b} = I_1^{(2)} - I_2^{(2)}$$

Diferensial mühafizə qısaqapanma cərəyanını tam qiymətini hiss edir. Bunun üçün rele nisbətən böyük həssaslığa malik olur. Tarazlaşdırılmış gərginlikli uzununa diferensial mühafizə zamanı xarici qısaqapanma olduqda cərəyan transformatorlarının ikinci tərəf cərəyanları istiqamətcə eyni olur. Reledən axan cərəyan

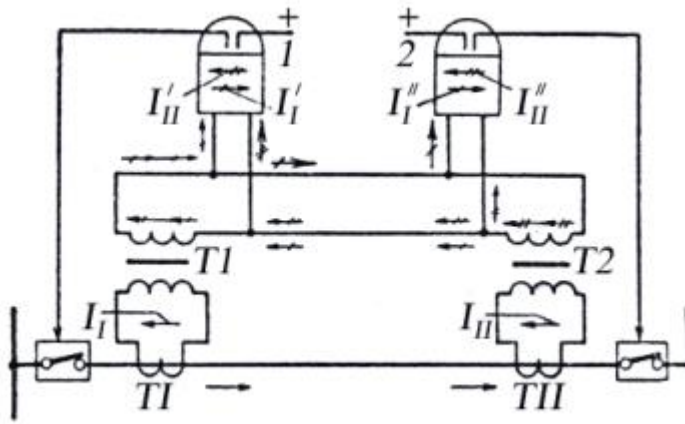
$$I_r = \frac{E_1^{(2)} - E_2^{(2)}}{Z} = 0 \quad \text{olur.}$$

Mühafizə zonasında qısaqapanma olduqda isə

$$I_r = \frac{E_1^{(2)} + E_2^{(2)}}{Z}$$

müəyyən qiymət alır və mühafizə işləyir.

Uzununa diferensial mühafizə zamanı cərəyan transformatorları arasında əlaqə yaradan naqillər çox uzun ölçülü olduğu üçün onlar böyük müqavimət yaradır və diferensial mühafizənin səhv işləməsinə gətirib çıxarır. Bu problemi aradan qaldırmaqdan ötrü aralıq transformatorlarından istifadə olunur.



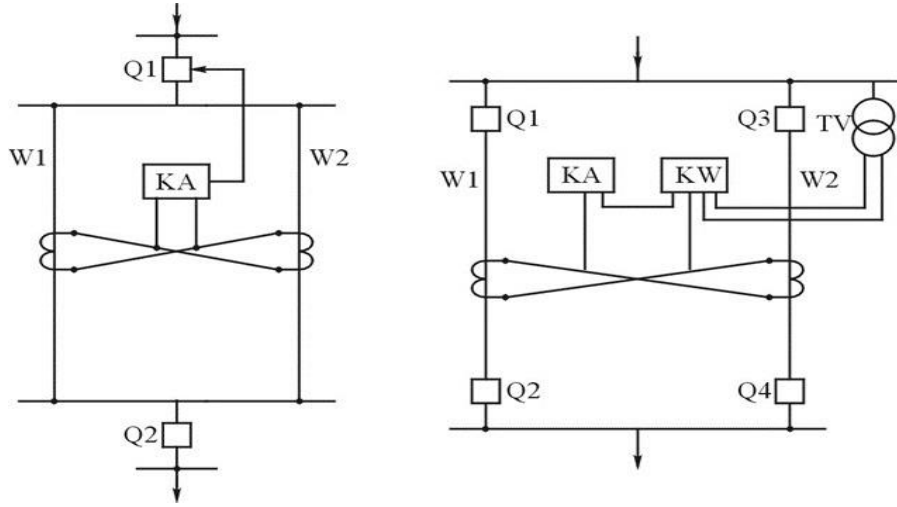
Şəkil. 3.3. Diferensial mühafizənin sxemi T1 və T2 aralıq transformatorlar.

Uzununa diferensial mühafizənin müsbət cəhətləri etibarlılığa, yüksək selektivliliyə, iş prinsipinin sadəliyi, mühafizənin ani olaraq işləməsi və sistemdə elektrik təkanlar zamanı işləməməsini göstərmək olar.

3.3. Eninə diferensial mühafizə.

Eninə diferensial mühafizə eyni müqavimətə malik yalnız paralel xətlərdə istifadə olunur. Mənbə bir tərəfli olduqda mühafizə həmin mənbə tərəfdə qurulur. Mənbə hər iki tərəfdə olsa mühafizə hər iki tərəfdə qurulur. Bu enerjinin bir tərəfli və ya iki tərəfli axımına görə təyin olunur. Burada çatışmayan cəhət mühafizənin ölü zonasının olmasıdır. Bu zonanın mühafizəsi üçün başqa mühafizələr istifadə olunur. Eninə diferensial mühafizə xətlərin hər hansı birində nasazlıq baş verdikdə tarazlığın pozulması ilə işləyir. Eninə diferensial mühafizə ümumi açarı olan paralel xətlərdə və

müstəqil açarı olan paralel xətlərdə istiqamətlənmiş eninə diferensial mühafizə tətbiq olunur.



Şəkil. 3.4. Eninə diferensial cərəyan mühafizəsi.

Normal iş rejmində və xarici qısaqapanma zamanı xətlərdən axan cərəyanın qiyməti və istiqaməti eyni olur. Bu səbəbdən reledən cərəyan axmır. Yalnız bu halda cərəyan axması olarkı qeyri-balans cərəyanların qiyməti çox olsun. Yuxarıdakı şəklə əsasən xətlərin hər hansı birində qısaqapanma baş verərsə reledən cərəyan axmağa başlayacaq. İstiqamət olaraq W1 xəttində qısaqapanma olduqda relenin işləmə cərəyanı mənbədən xəttə doğru W2 xəttində qısaqapanma olduqda xəttən şinə doğru cərəyan axını başlayacaq.

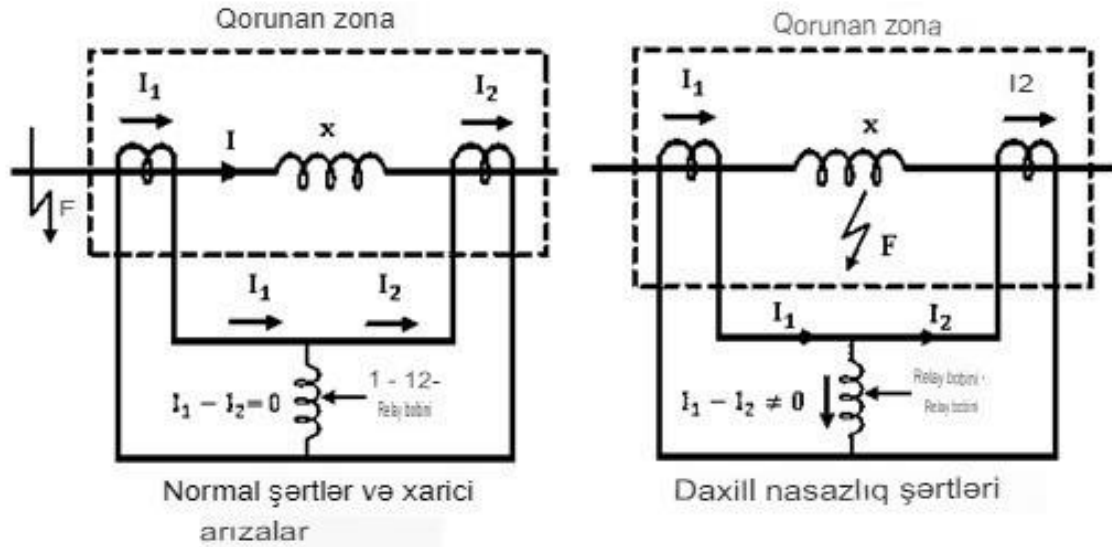
3.4. Diferensial relələr və növləri.

Diferensial mühafizənin yerinə yetirən qurğular diferensial relələrdir. Diferensial relələr eyni elektrik kəmiyyətlərini müqayisə edərək mühafizə həyata keçirir. Bundan əlavə olaraq hər hansı verilmiş sabit bir qiymətdən kənara çıxmalar zamanı da diferensial mühafizə işləyir. Diferensial relenin bir neçə növləri vardır.

1. Cari diferensial rele

2. Gərginlik balansının diferensial relesi
3. Qərəzli və ya faizli diferensial rele
4. Yüksək impulsu diferensial rele
5. Aşağı impulsu diferensial rele

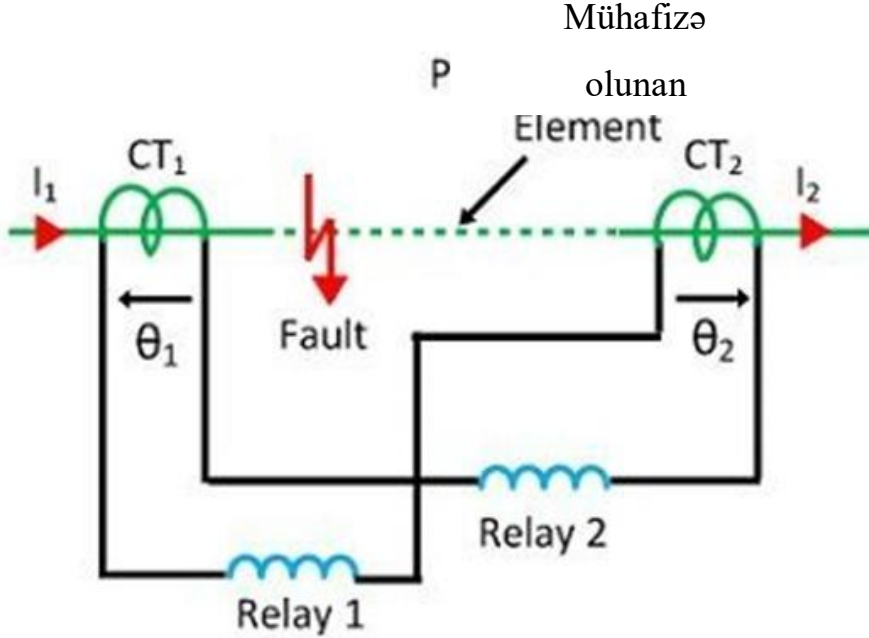
Cari diferensial rele. Cari diferensial relelər mühafizə zonasının uclarında quraşdırılmış cərəyan transformatorları arasında cərəyanları müqayisə edir. Mühafizə zonasında hər hansı bir qısaqapanma olduqda cari diferensial reledən müəyyən bir cərəyan axmağa başlayacaq və rele işləyərək açarı açacaq. Xarici qısaqapanma zamanı isə cari diferensial rele işləməyəcək.



Şəkil. 3.4 Cari diferensial rele.

Gərginlik balansının diferensial relesi. Qidalandırıcı qurğuların mühafizəsi üçün cari diferensial relelər məqsədə uyğun deyil. Bunun üçün həmin qurğuların mühafizəsində gərginlik diferensial relesindən istifadə olunur. Gərginlik diferensial relesi mənbənin uclarına qoşulmuş cərəyan transformatorunun ikinci tərəfindən istifadə edir. Rele ardıcıl olaraq birləşdirilir. Normal iş şəraitində reledən cərəyan keçmir. Gərginlik balansının diferensial relesi cərəyan transformatorlarının ikinci tərəf

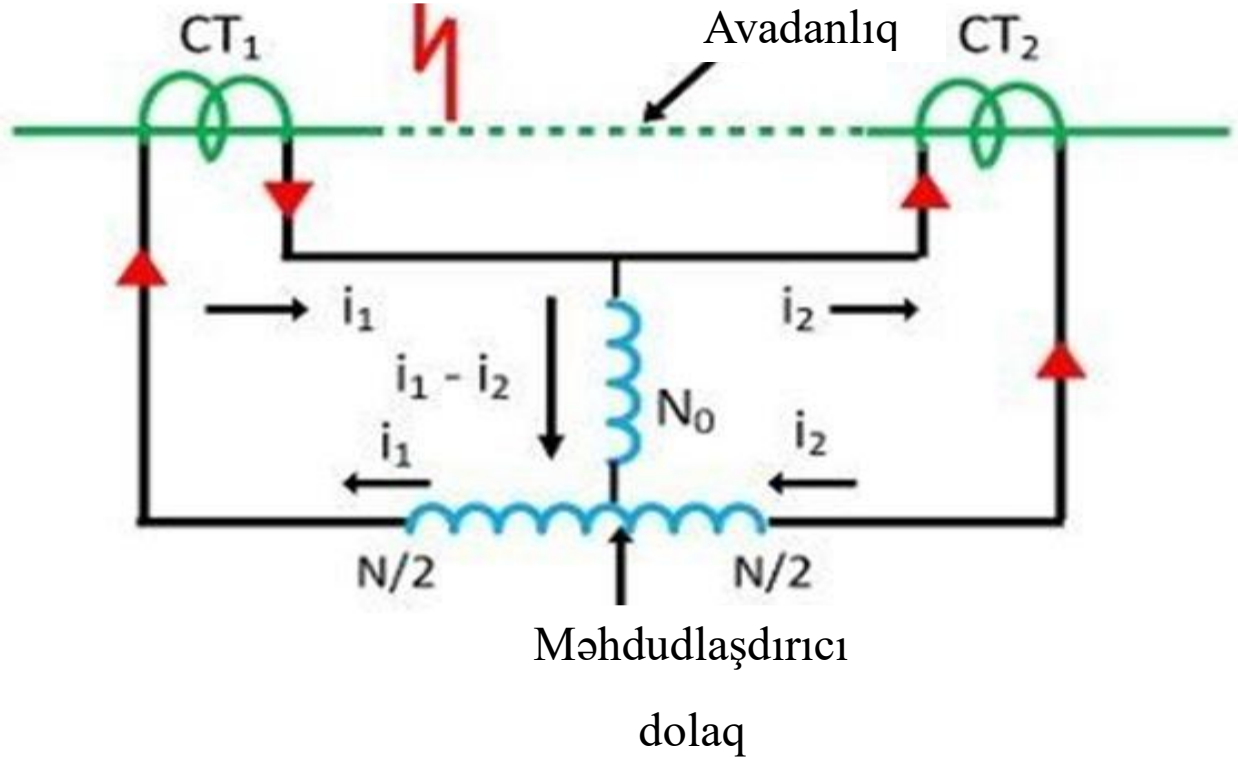
dolağından alınan cərəyanların fərqiindən sonra yaranmış cərəyana uyğun olaraq gərginlik hasilidir. Əgər yaranmış fərq qoyulmuş gərginlikdən çox olarsa rele açara açma komandası verəcək və bununla da mühafizə həyata keçiriləcək.



Şəkil. 3.5 Gərginlik balansının diferensial reləsi

Qərəzli və ya faizli diferensial rele. Bu relelər qorunan zonaya daxil olan və ya çıxan cərəyanlardakı faiz fərqiinin yaranması ilə işə düşür. Bu relelərdə relenin işləmə cərəyanına uyğun bir miqdar kəsmə cərəyanına icazə verir sistem nasazlıqları zamanı lazımsız açılmaların qarşısını alır. Cari diferensial reledən fərqi odur ki ikinci tərəf dolaqlara birbaşa yox əlavə məhdudlaşdırıcı sarğı ilə qoşulur. Əgər qurğunun hər iki ucuna birləşdirilmiş cərəyan transformatorların arasında ani olaraq diferensial cərəyan yaranacaqsa məhdudlaşdırıcı sarğı yaranmış cərəyanın diferensial releyə ötürülməsinin qarşısını alacaqdır. Bu qarşısını alma müəyyən vaxt ərzində və müəyyən faizlə yerinə yetirilir. Aavadanlıqlardan asılı olaraq məhdudlaşdırıcı sarğının cərəyan kəsmə qiyməti dəyişə bilər.

Xarici nasazlıqlardan qorunan
mühafizə zonası



Şəkil. 3.6. Qərəzli və ya faizli diferensial rele

**IV FƏSİL. ELEKTRİK STANSIYA AVADANLIQLARININ MÜHAFİZƏSİ
ÜÇÜN DM UYGUNLUĞUNUN ƏSASLANDIRILMASI**

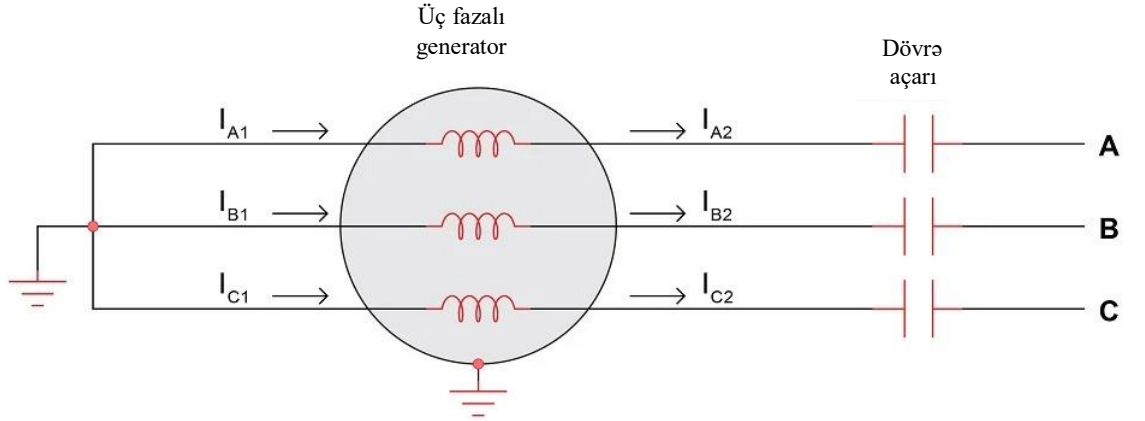
4.1 Generatorların diferensial mühafizəsi

Kirxovum 1-ci qanuna əsasən istənilən qapalı dövrədə daxil olan və çıxan cərəyanların qiyməti bərabər olmalıdır. Generatorların diferensial mühafizəsində hər üç fazadan daxil olan və çıxan cərəyanlar ölçülür, yaranmış balanssızlıq halında mühafizə işləyərək generatoru dövrədən açır.

Generatorların diferensial mühafizəsi, fazalar arası qısaqapanmadan və stator sarğılarının torpaq xətlərindən qorunması üçün istifadə olunur. Burada istifadə olunan diferensial mühafizə uzununa diferensial mühafizədir. Stator dolaqlarında olan qısaqapanmalar çox təhlükəlidir və generatora ciddi ziyan vura bilər. Buna görə də ən uyğun işləyən mühafizə uzununa diferensial mühafizə olub çox sürətli olduğu üçün

sistemdəki zədənin həcmi ən qısa müddətdə aradan qaldırır. Diferensial mühafizə üçün generatorun hər iki tərəfində quraşdırılmış cərəyan transformatorlarından istifadə olunur.

Aşağıdakı sxemdə (şək.4.1) göstərilən generatorda hər bir fazada cərəyan miqdarını ölçək:



Şəkil. 3.7

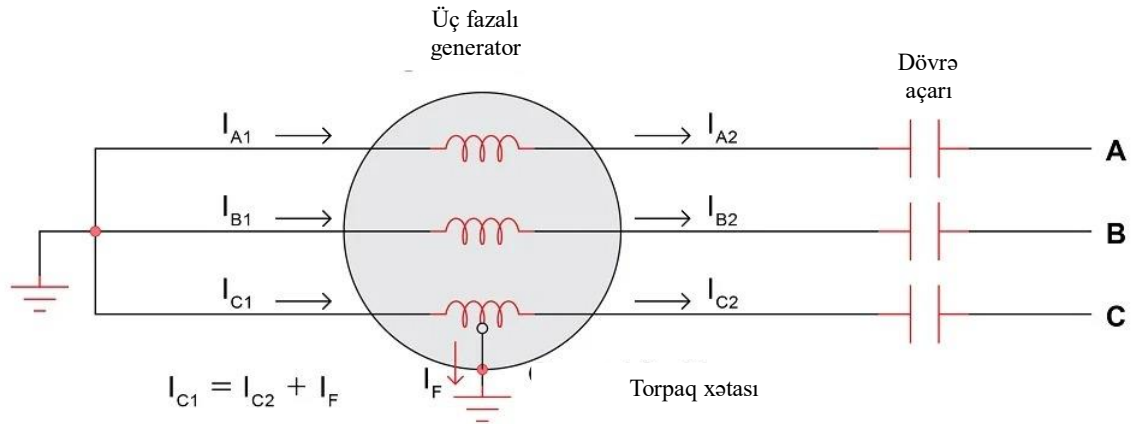
Böyük generatorlarda sarğıların ucları faza tərəfdə məqsədə uyğun, neytral tərəfdə isə ulduz birləşmə ilə yığılır və neytrali torpaqlanır. Hər sarğıdan daxil olan və çıxan cərəyanı ayrılıqda ölçsək Kirxovun 1-ci qanununa əsasən bərabər olmalıdır:

$$I_{A1} = I_{A2} \quad I_{B1} = I_{B2} \quad I_{C1} = I_{C2}$$

CT hər bir fazada generatorun xətt tərəfinə digər CT generatorun neytral tərəfinə qoşulur.

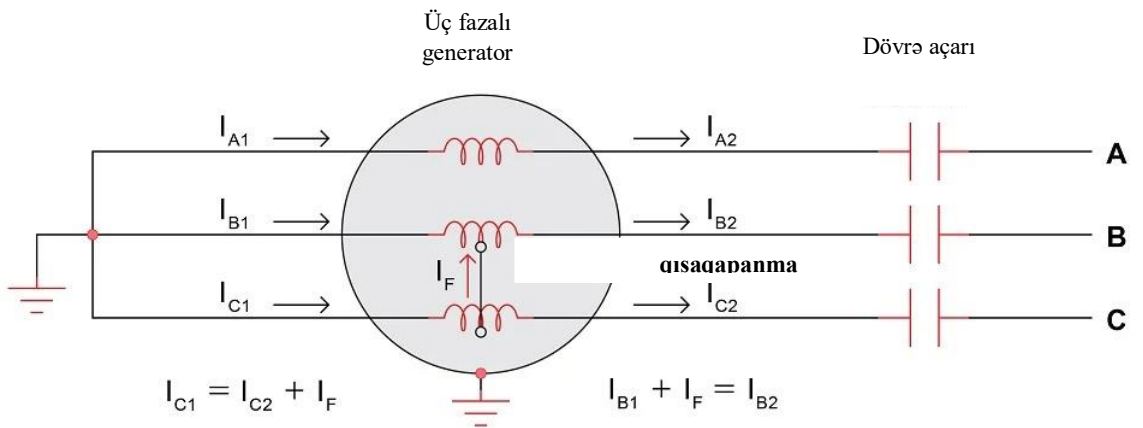
Fazanın yerlə qısaqapanması. Fərz etsək ki, C faza dolağının hər hansı bir hissəsi generatorun metal hissəsi ilə qısaqapanır. Bu qısaqapanma generator dolağının izolyasiyasının zədələnməsi nəticəsində baş verə bilər. Zədələnməyə səbəb dolaqların temperaturunun artması, nəmişlik və s. ola bilər. Bu qısaqapanma zamanı zədələnmə nəticəsində cərəyan transformatorlarından başqa zədələnmiş hissədən axacaq. Buna görə də xəta cərəyanı yaranacaq və cərəyanın balanslaşmasına maneə olacaq.

$$I_{C1} = I_{C2} + I_F$$



Şəkil. 4.2. Dolağın yerlə qısaqapanması.

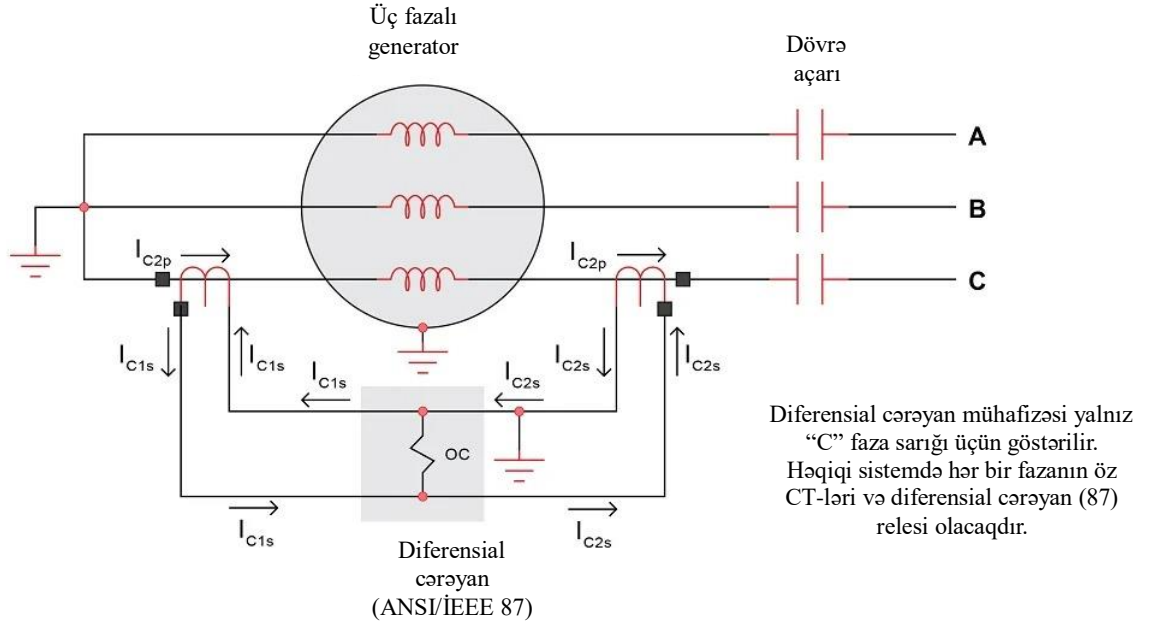
Fazanın faza ilə qısaqapanması. Kirxovun birinci qanunundan istifadə edərək fazalar arasındakı qısaqapanmadan istifadə edə bilərik. Hər hansı bir dolağın digər bir dolaqla aralarında yaranmış qısaqapanmasından sarğılar arasındakı I_F qısaqapanma cərəyanı axması ilə nəticələnir. Buna görə də generatorun iş rejmi pozulub daxili zədələnmələrə gətirib çıxara bilər.



Şəkil. 4.3. Dolaqlar arasındakı qısaqapanma.

Generatorların sarğıları arasında yaranmış qısaqapanma cərəyanı həddindən artıq böyük qiymət almaya bilər. Buna görə də ifrat cərəyandan mühafizə reləsi işləməyə bilər. Bu məqsədlə diferensial müdafiə istifadə olunur. Diferensial müdafiənin beynəlxalq standartlarda ANSI/IEEE nömrə kodu: 87-dir. Sadəlik olaraq

generatorların diferensial mühafizəsini bir faza üçün tətbiq edək. Bu zaman cərəyan transformatorlarından axan cərəyanların qiymətini izləyək. Misal üçün, C1 cərəyan transformatorundan axan cərəyan və C2 cərəyan transformatorlarından axan cərəyanların qiymətləri bərabərdirsə, diferensial mühafizə işləməyəcək. Çünki diferensial relədən axan cərəyanların nisbəti 0 olacaqdır.

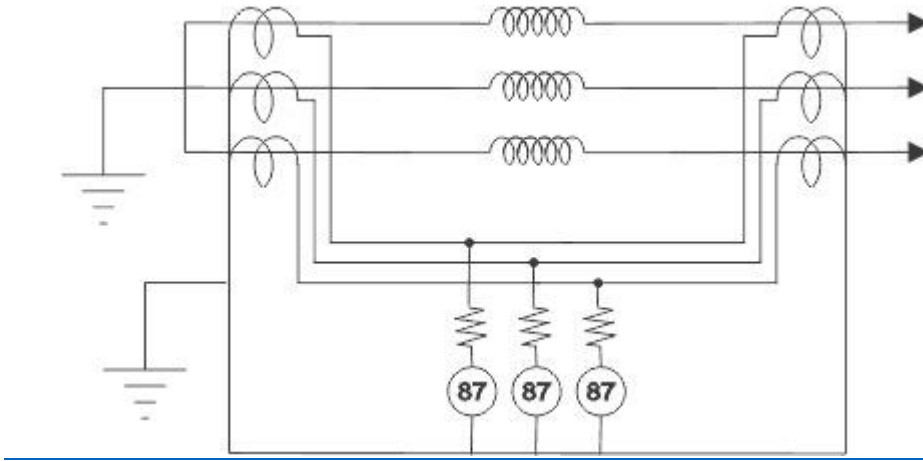


Şəkil. 4.4. Generatorun diferensial mühafizəsi

Praktiki olaraq generatorların diferensial mühafizəsi zamanı 2 ədəd yox 6 ədəd cərəyan transformatorlarından istifadə olunur. Hər bir fazada 1 ədəd cərəyan transformatoru yerləşdirilir. Cərəyan transformatorlarının transformasiya əmsalları fazadan axan cərəyanları cərəyan transformatorlarının ikinci dolağından axan cərəyana nisbətən seçilir. Beynəlxalq standartlara əsasən CT-nin ikinci tərəf dolağından 5 Amper cərəyan olur. Bundan əlavə olaraq cərəyan transformatorunun ikinci tərəf dolağından keçən cərəyanın qiyməti 7.5 Amper ola bilər. Buna səbəb böyük güclü generatorlarda CT-nin həssaslığını artırmaqdır.

Hər bir fazaya quraşdırılmış CT-nun parametrləri eyni olmalıdır. Lakin praktiki cəhətdən xətt tərəfindən quraşdırılmış cərəyan transformatorlarının parametrləri neytral tərəfə quraşdırılan CT-lərdən fərqlənə bilər. Buna səbəb diferensial reləyə

sızma cərəyanının axmasıdır. Sızma cərəyanının təsirini aradan qaldırmaq üçün faizli diferensial reledən istifadə olunur. Bu tip relələrdə daxil olan və çıxan cərəyanlar arasındakı fərq qabaqcadan təyin edilmiş cərəyanın fazını keçdikdə mühafizənin işləməsi üçün istifadə olunur. Başqa diferensial relələrə nisbətə faizli diferensial rele sürətli həssaslıq və sabitlik göstərir. Faizli diferensial reledə hər bir fazasında iki ədəd məhdudlaşdırıcı sarğıdan və bir əməliyyat bobinindən istifadə olunur. Reledə bobinin yaratdığı ani təkan açarların anidən açılması üçün relenin kontaktlarını bağlayır. Amma eyni zamanda məhdudlaşdırıcı sarğuların yaratdığı təkan rele kontaktlarının bağlanmasına mane olur, çünki məhdudlaşdırıcı sarğuların təkanı əməliyyatın əksinə yönəlir. Diferensial mühafizənin sxemi şəkildəki kimidir.



Şəkil. 4.5. Faizli diferensial relenin sxemi.

Nəticə olaraq nasazlıq zamanı diferensial rele işləməyəcək, çünki faizli diferensial relenin təyini məhdudlaşdırıcı sarğular tərəfindən artırılır və eyni zamanda sızma cərəyanı səbəbindən relenin sıradan çıxmasının qarşısını alır. Stator sarğuları arasında qısqapanma zamanı isə məhdudlaşdırıcı sarğuların yaratdığı təkan təsirsizdir və bobindən keçən cərəyan axınını tənzimləyir və rele kontaktını bağlayır. Generatorların Diferensial mühafizəsi xarici qısqapanmalardan işləməməlidir. Bunun üçün:

$$I_{m.i} > I_{q.b.max}$$

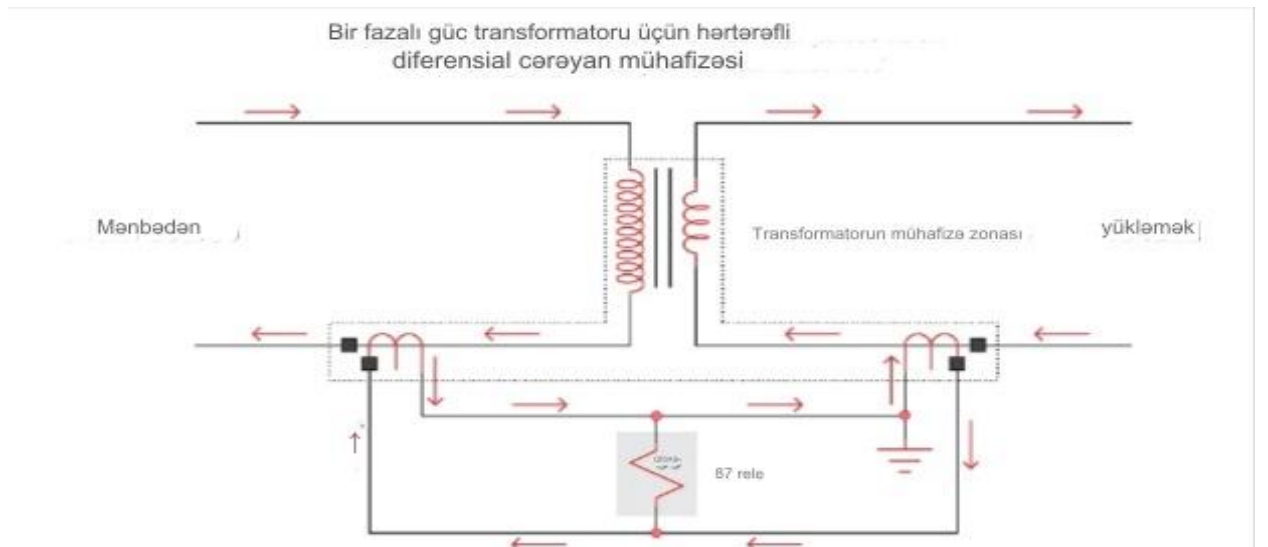
şerti ödənilməlidir. $I_{m.i}$ -mühafizənin işləmə cərəyanı, $I_{q.b.max}$ -qeyri-balans cərəyanının maksimal qiyməti. Qeyri-balans cərəyanının qiyməti cərəyan transformatorlarının xarakteristikalarından, mühafizə olunan qolların müqavimətindən və CT-nin birinci tərəf cərəyanından asılıdır. Diferensial mühafizənin işləmə cərəyanı aşağıdakı kimi təyin olunur.

$$I_{m.i} = k_s k_a I_{qb \max} = k_s k_a k_{ey} \varepsilon I_{k \max}$$

burada $k_c=1,2$ – sazlama əmsalı; k_a – qısaqapanma cərəyanının aperiodik toplanmasını nəzərə alan əmsal; $k_{ey}=0,5-1$ - CT-nin xarakteristikalarının eynitiplilik əmsalı; ε - CT-nin xətası; $I_{k \max}$ – generatorun sarğılarındakı 3 fazlı qısaqapanma cərəyanının ən böyük başlanğıc qiymətidir.

4.2 Transformatorların diferensial mühafisəsi

Transformator elektrik sisteminin əsas avadanlıqlarından biri olduğu üçün onda baş verə biləcək qəzalar sistemə ciddi zərər verə bilər. Bunun üçün transformatorların mühafisəsi əsas şərtlərdən biridir. Transformatorlarda baş verə biləcək nasazlıq əsasən xarici və daxili nasazlıqlardır. Bu nasazlıqları aradan qaldırmaqdan ötrü diferensial mühafizə sistemindən istifadə olunur. Diferensial qorunma sixəmləri əsasən transformator daxilində dolaqlar arasındakı, dolaqla gövdə arasındakı qısaqapanmalar zamanı tətbiq olunur. Sadəlik üçün transformatorun bir dolağına tətbiq olunmuş diferensial mühafizəni nəzərdən keçirək.



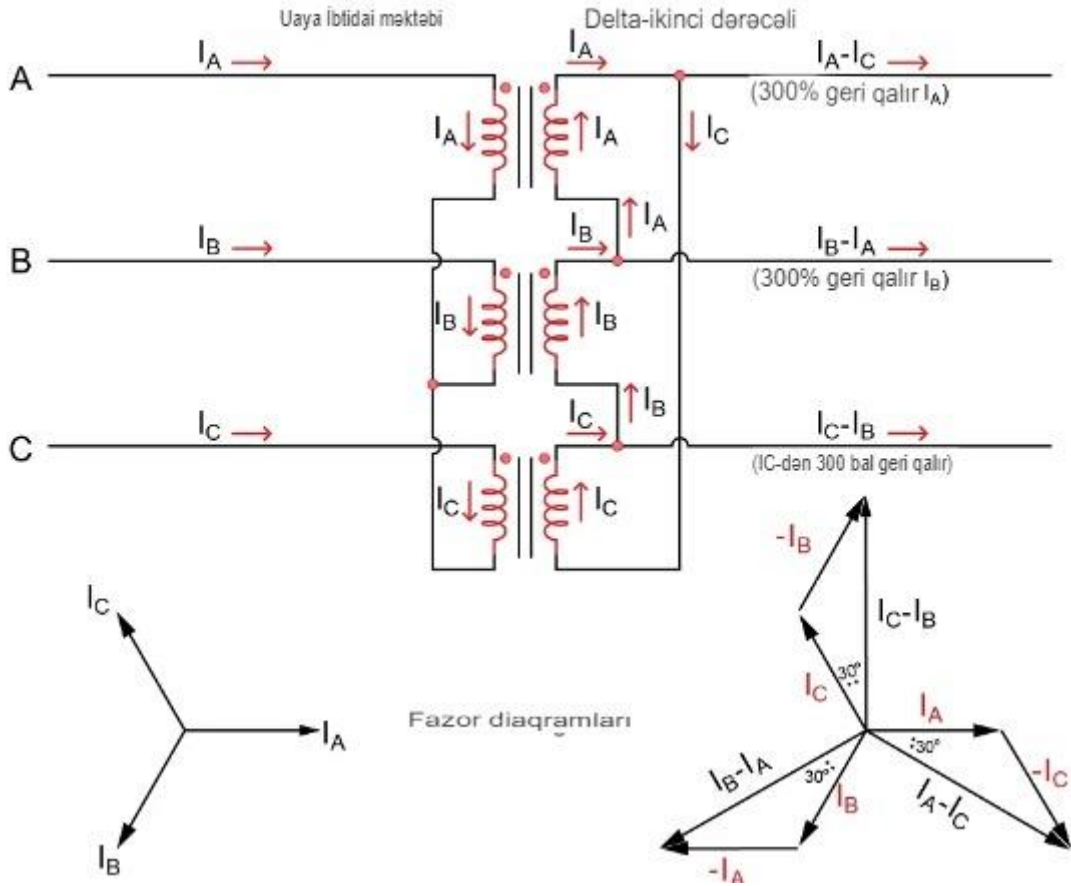
Şəkil. 4.6. Birfazlı transformatorun diferensial mühafizəsi.

Yuxarıdakı şəklə əsasən transformatorların diferensial mühafizəsi qurulan zaman transformatorların transformasiya əmsallarına uyğun olaraq cərəyan transformatorlarının transformasiya əmsalları seçilir. Misal olaraq alçaq gərginlik tərəfdən axan cərəyan 1000 A-dirsə, yüksək gərginlik tərəfdə axan cərəyan 80 A-dirsə cərəyan transformatorları uyğun olaraq 1000:5 və 80:5 nisbətində cərəyan transformatorlarının ikinci tərəfindən cərəyan axsın.

Transformatorların diferensial mühafizəsini səhvən işləməsi halları da baş verir. Bu əsasən transformatorun işə salınması zamanı başlanğıc cərəyan nəticəsində diferensial mühafizəni işə salacaq cərəyanlar yaranır. Buna səbəb transformator nüvəsi doymağa başlayır nəticə olaraq ikinci dolaqda təsirlənmə olmadığından cərəyan transformatorundan cərəyan axmır. Bunun nəticəsində birinci tərəf ilə ikinci tərəf cərəyan transformatoru arasında fərq əmələ gəlir və relenin işləməsinə səbəb olur. Bu problemi aradan qaldırmaqdan ötrü tətbiq olunan üsul harmonik məhdudlaşdırma və ya harmonik bloklama adlanır.

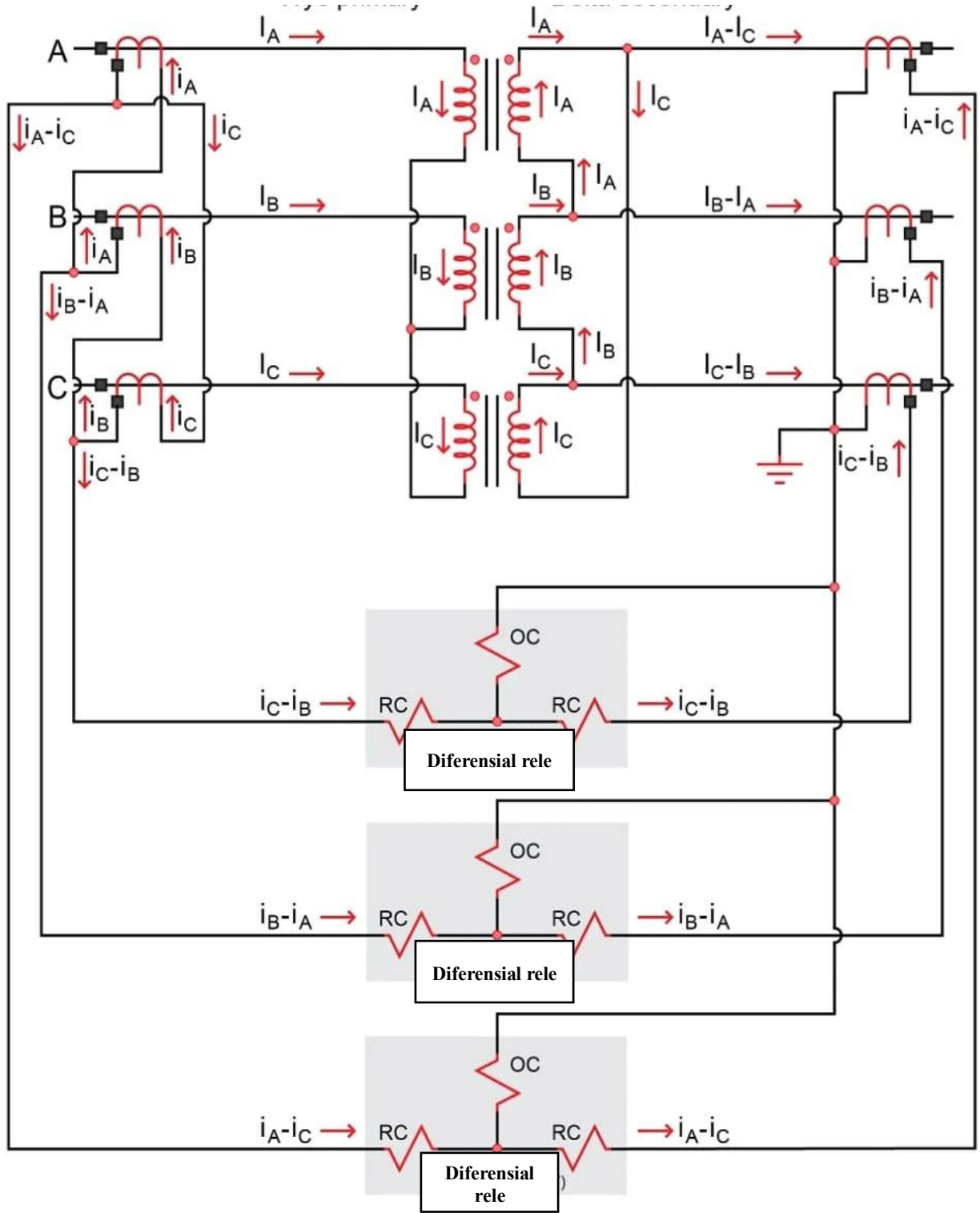
İlkin işə salma zamanı transformatorun bir dolağında maqnit sahəsi ikinci tərəf dolağa nisbətən yüksək qiymət alır. Bunu osiloskop cihazında müşahidə etsək başlanğıc cərəyanların assimetrik olduğunu görürük. İlkin işəsalınma zamanı diferensial mühafizənin işlənməsi üçün harmonik tezliyi aşkar edən relelərdən istifadə olunur. Bununla da assimetrik cərəyan simmetrik cərəyan olana qədər yəni harmoniklər sönənə və transformator normal işləməyə başlayanadək diferensial rele açar açmaq komandasını bloklayır.

Üç fazlı transformatorlarının diferensial cərəyan mühafizəsi transformatorun konfigurasiyasına uyğun olaraq (məsələn ulduz-üçbucaq və ya üçbucaq-ulduz) diferensial mühafizəsi qurulur. Beləliklə transformatora daxil olan və çıxan cərəyanlar birbirilə eyni fazada olmaya bilir və bu hallarda diferensial mühafizə üçün cərəyan transformatorlarının ikinci tərəfindən aldığımız qiymətlər birbaşa müqayisə edilə bilməz. Aşağıdakı şəkildə üçbucaq-ulduz birləşmə sxemini nəzərdən keçirək.



Şəkil. 4.7 Üçbucaq-ulduz birləşməli transformator.

İkinci tərəf dolaqları ulduz birləşdiyindən xətlər bərabər cərəyan daşıyır I_A - I_C , I_B - I_A və I_C - I_B uyğun olaraq Kirxovun 1-ci qanunu ilə ulduz birləşmə sxemində cərəyanlar paylanır. Nəticə olaraq ikinci tərəf cərəyanlar $\sqrt{3}$ dəfə böyükdür və faza diaqramında göstəriləndiyi kimi 30° dərəcə yer qalır. Bu 30° faza sürüşməsi olduğundan CT-ları birbaşa diferensial mühafizəyə birləşdirilə bilməyəcək. 30° sürüşməni kompensasiya etmək üçün güc transformatorunun birləşmə qrupunun əksinə olaraq cərəyan transformatorları ulduz-üçbucaq birləşmə qrupu ilə qurulacaq.



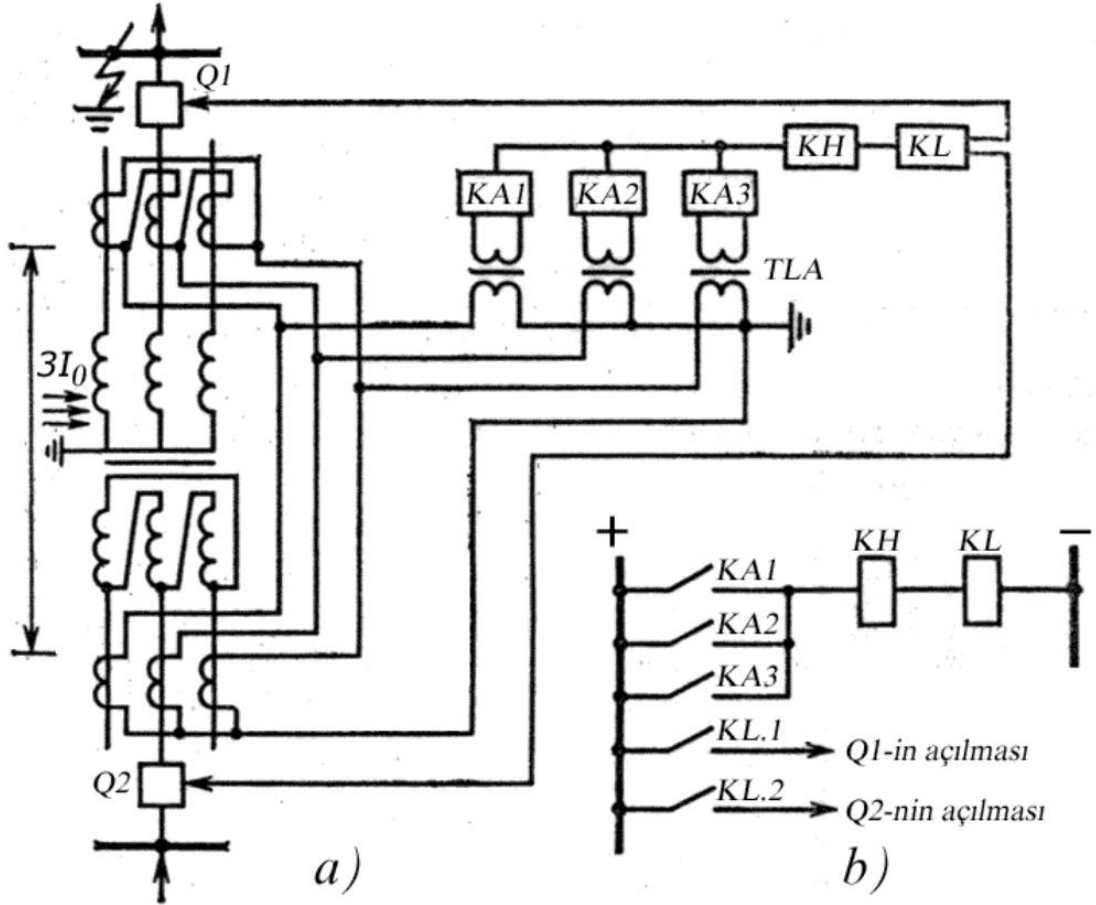
Şəkil. 4.8. CT-ların birləşmə qrupu

Diferensial relenin məhdudlaşdırıcı RC bobinə daxil olan cərəyan digər bobinə daxil olan cərəyandan fərqlənmədikcə diferensial mühafizə işləməyəcək. Transformatorlar açılı vəziyyətdə $\pm 5\%$ və ya $\pm 2*2.5\%$ yük altında $\Delta n_T = \pm 9\%-16$

transformasiya əmsalının dəyişmə qabiliyyəti vardır. Mühafizənin işləmə cərəyanı bu qiymətlərə əsasən aşağıdakı kimi seçilir:

$$I_{m.i} > I_{q.b.CT} + I_{q.b.t} = k_{ey}\varepsilon I_{k\max} + \Delta n_T I_{k\max} = 0,1k_{ey} + \Delta n_T I_{k\max}$$

Burada $I_{k\max}$ xarici 3 fazlı qısaqapanma cərəyanının maksimal qiyməti; $I_{q.b.CT}$ -CT-nin qayri-balans cərəyanı; $I_{q.b.t}$ güc transformatorunun transformasiya əmsalının tənzimi ilə bağlı qeyri-balans cərəyanı k_{ey} -CT-nin eynitiplilik əmsalıdır.



Şəkil. 4.9. Transformatorun diferensial mühafizəsinin sxemi.

$I_{q.b.CT}$ -ni azaltmaq üçün CT-lərin transformasiya əmsalları elə seçilir ki, mühafizə sxeminin qollarından mümkün qədər bərabər cərəyan axsın

$$k_{I.1} \approx \frac{I_{1,nom} \cdot \sqrt{3}}{5}; \quad k_{I.2} \approx \frac{I_{2,nom}}{5}.$$

Mühafizə maqnitlənmə cərəyanının başlanğıc qiymətinə görə sazlanabilir (diferensial kəsmə). Sxemdə 0.03-0.06 san işləmə vaxtına malik aralıq reləsi

olduqda $I_{m.i} = (3 \div 5) I_{t,nom}$ qəbul olunur. Həssaslıq əmsalı transformatorun çıxışlarında qısaqapanma olarkən 1.5-dən az olmamalıdır. Belə mühafizə kifayət qədər həssaslığa malik olmadığından az güclü transformatorlarda tətbiq olunur.

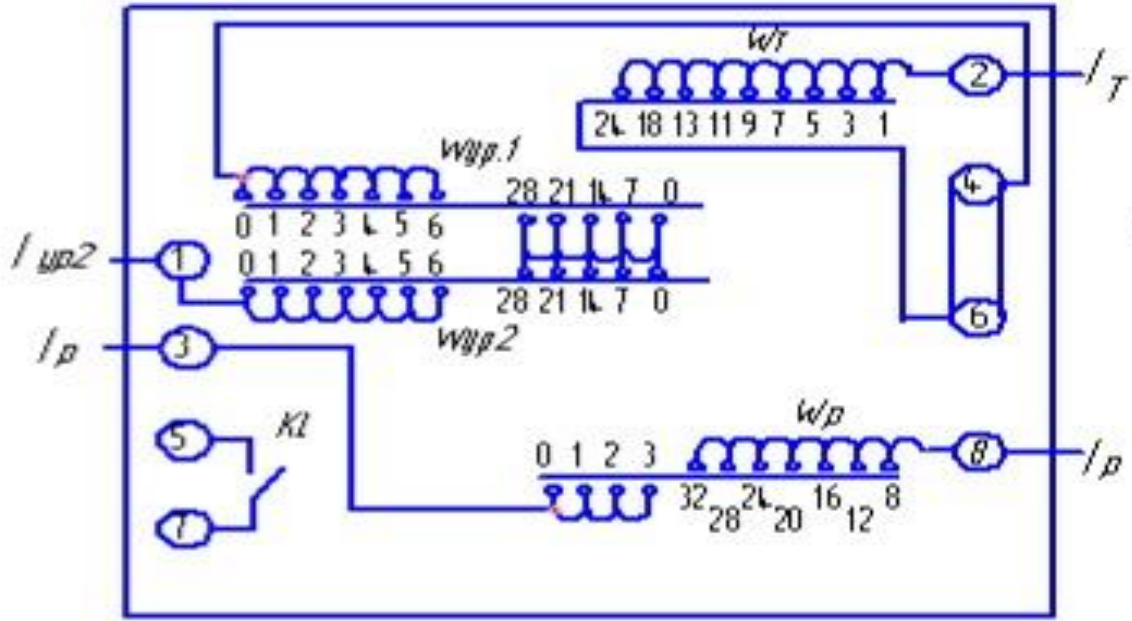
Yuxarıda göstərdiyimiz kimi TLA cərəyan transformatoru sxemi diferensial mühafizənin əsas olan sxemdir. Tez doyan cərəyan transformatorunun olması mühafizədə maqnitləşdirici cərəyan təkanlarına və xarici qısaqapanmalarda qeyri-balans cərəyanlarını sazlamağa imkan verir. TLA praktiki olaraq mühafizəni işləməyə qoymur nə zaman ki diferensial dövrədə aperiodik cərəyan olduqda. Qeyri-balans cərəyanının periodik toplanması nəticəsində qərarlaşmış qiymətə uyğun sazlanır.

Diferensial releyə gedən cərəyanlar bir-birindən kəskin fərqləndikdə tarazlaşdırıcı TLA dolaqlarından istifadə olunur (Şəkil 4.9.). Diferensial dolaqların sarğıları sayı və tarazlaşdırıcı elə seçilir ki hər hansı qısaqapanma zamanı aşağıdakı ifadə yerinə yetirilsin.

$$I_1 \cdot w_{b1} - I_2 \cdot w_{b2} + I_1 - I_2 \cdot w_d = 0$$

Yük altında tənzimləmə qurğusu olmadıqda $I_{m.i} = (1 \div 2) I_{t,nom}$ kimi təyin olunur. Qısaqapanma cərəyanı aperiodik toplanana malik olur lakin maqnitləşdirici cərəyana nisbətdə o xeyli tez sönür. TLA-nın olması transformatorda qısaqapanma zamanı mühafizəni 0.01-0.03 saniyə gecikdirə bilər. Mühafizənin həssaslığını azaltmaqdan ötrü yük altında tənzimləmə qurğusundan istifadə olunur, işləmə cərəyanı adətən (3-4) $I_{t,nom}$ olur.

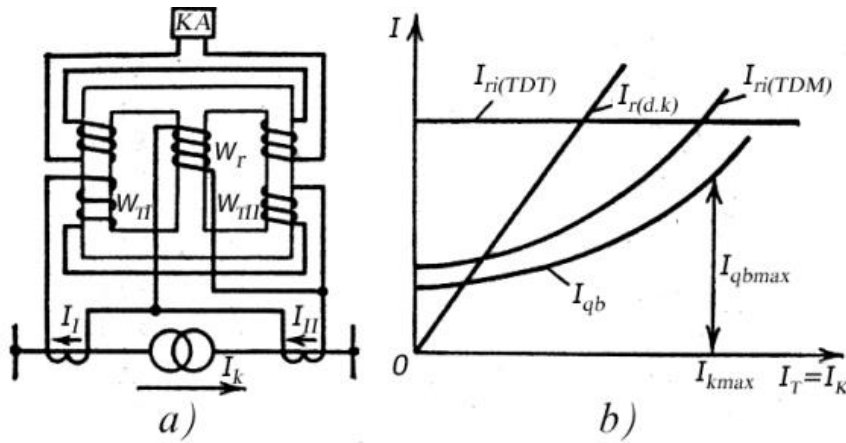
Diferensial mühafizəni yüksək həssaslığını DZT tipli xüsusi reledən istifadə etməklə azaldılır. Bu cür releylər xarici qısaqapanma zamanı qeyri-balans cərəyanının sazlanması üçün daha çox istifadə olunur. Xarici qısaqapanma zamanı tormozlayıcı dolaq maqnit sahəsi yaradır. Maqnit içliyi kənar nüvələr doyur relenin işləmə cərəyanı tormozlayıcı dolaqdan axan I_t cərəyanına uyğun olaraq artmağa başlayır. Qısaqapanma zamanı mühafizə zonasından axan cərəyan $I_{r(d.k)}$ xeyri artır və mühafizəni işə salır.



Şəkil. 4.10. DZT tipli relenin sxemi

I_p – iş cərəyanı, I_T –əyləc cərəyanı, I_{yp2} -bərabərləşdirici cərəyan, KL-icra orqanı ilə əlaqə

Generatorlardan fərqli olaraq transformatorların dolaqlar arası qısaqapanmasından diferensial mühafizə işləyir.



Şək.4.11 . Diferensial relenin qoşulma sxemi

TDT – tezdoyan transformator;

TDM – transformatorun diferensial mühafizəsi.

4.3. Şinlərin diferensial mühafizəsi.

Sənayə sahələrində və elektrik sistemlərində şinlərin mühafizəsi əsas mühafizədən biridir. Buna səbəb bütün avadanlıqların şinə qoşulması və ümumi struktur təşkil etməsidir. Şinlərdə yarana biləcək hər hansı bir qəza nəticəsində ümumi sistem işini dayandıra bilər və böyük zərərlərə gətirib çıxarar. Energetik sistemlərdə şinlərə gərginlikləri uyğun olaraq transformatorlar, generatorlar qoşulur. Bunlara əsasən yüksək gərginlikli şinlər aiddir. Bundan başqa avadanlıqların işləməsi üçün alçaq gərginlikli (0.4 kV) şinlər mövcuddur. Şinlərdə baş verə biləcək hər hansı qəzanın qarşısını almaqdan ötrü müxtəlif mühafizədən istifadə olunur.

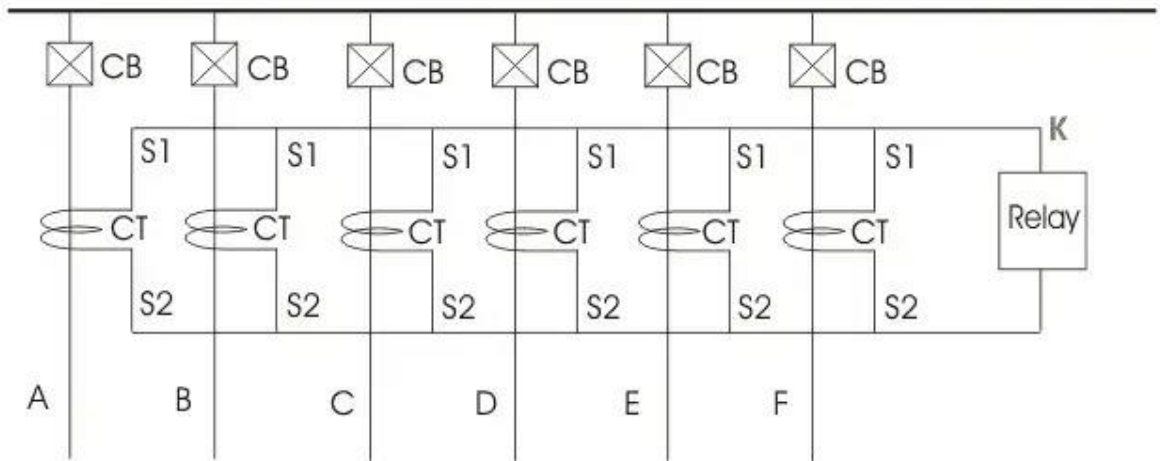


Şəkil. 4.12. 0.4kV şin sistemi.

Əvvəllər şinlərin mühafizəsi üçün yalnız ifrat cərəyandan qorunma istifadə olunurdu, şinə qoşulmuş hər hansısa bir avadanlığın (generator və ya transformatorun) nasazlığı halında şin sistemində qəza baş verməsin. Lakin şində baş verəbiləcək qəza şini mənbədən ayırmaq üçün çox vaxt apara bilər. Bunun qarşısını almaqdan ötrü məsafədən mühafizə relələri 0.3-0.5 saniyə ərzində şinləri qəza halında mənbədən ayırır. Lakin bu sxemdə də çatışmamazlıqlar var. Çatışmamazlığın

əsas səbəbi şinin nasaz hissəsini ayırd edə bilməməsi və ümumi şini tədric etməsidir. Bu isə energetik sistemdə fasilə yarada və böyük itkiyə səbəb ola bilər. Bu qəzaları minimuma endirməkdən ötrü şinləri diferensial mühafizəsindən istifadə olunur. Şinlərin diferensial mühafizəsi Kirxovun 1-ci qanununa əsasən tətbiq olunur, elektrik qovşağına daxil olan ümumi cərəyanların cəmi çıxan ümumi cərəyanlara bərabər olmalıdır.

Şinlərin diferensial mühafizəsində CT-nin 2-ci tərəfi digər CT-lərlə bir-birinə paralel bağlanır. Cərəyan transformatorunun 2-ci tərəf uclarını S1 və S2 olaraq qeyd etsək aşağıdakı sxem üzrə diferensial mühafizəni qura bilərik



Şəkil. 4.13. Şin sisteminin diferensial mühafizəsi.

Kirxovun 1-ci qanuna əsasən :

$$I_A + I_B + I_C + I_D + I_E + I_F = 0$$

Normal vəziyyətdə A,B,C,D,E,F axan cərəyanların cəbri cəmi 0-a bərabərdir.

Bunları nəzərə alaraq cərəyan transformatorlarının 2-ci tərəf dolağından axan cərəyanların cəbri cəmi reledən axan cərəyana bərabər olmalıdır.

Heba edək ki, bütün cərəyan transformatorları 2-ci tərəfləri paralel bağlanmış və reledən keçən cərəyan- i_R , ikinci tərəf cərəyanlar $i_A, i_B, i_C, i_D, i_E, i_F$

Hər hansı bir X qovşağında Kirxovun 1-ci qanununu tətbiq etsək. Beləliklə normal şəraitdə şinlərin mühafizəsi aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur.

$$i_A + i_B + i_C + i_D - i_E + i_F = 0$$

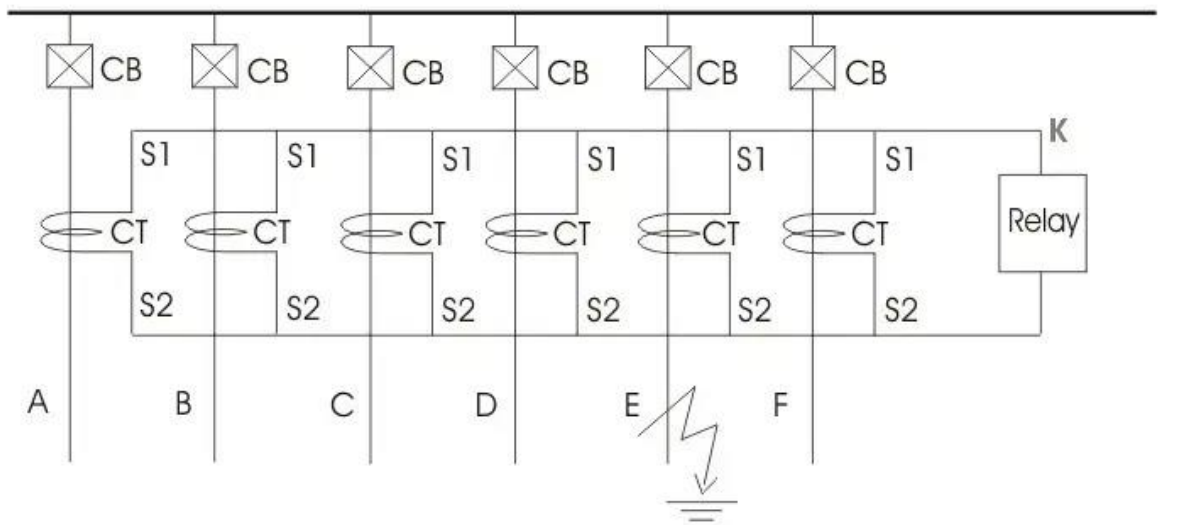
$$i_R + (i_A + i_B + i_C + i_D - i_E + i_F) = 0$$

$$i_R + (\text{İkinci tərəf cərəyanlarının cəmi}) = 0$$

$$i_R + 0 = 0$$

İfadədən alınan nəticəyə əsasən normal halda reledən axan cərəyanın qiyməti 0-a bərabərdir. Fərz edək ki, nasazlıq mühafizədən kənarında olan hər hansı bir qurğuda baş verir. Bu zaman cərəyan həmin qurğunun birləşdiyi hissədən axmağa başlayacaq. Bu cərəyan şinə qoşulmuş bütün avdanlıqlar tərəfindən təmin olunur. Nəticə olaraq yaranmış vəziyyətdə xəta cərəyanı bir hissəsi həmin qurğunun müvafiq cərəyan transformatorundan axır.

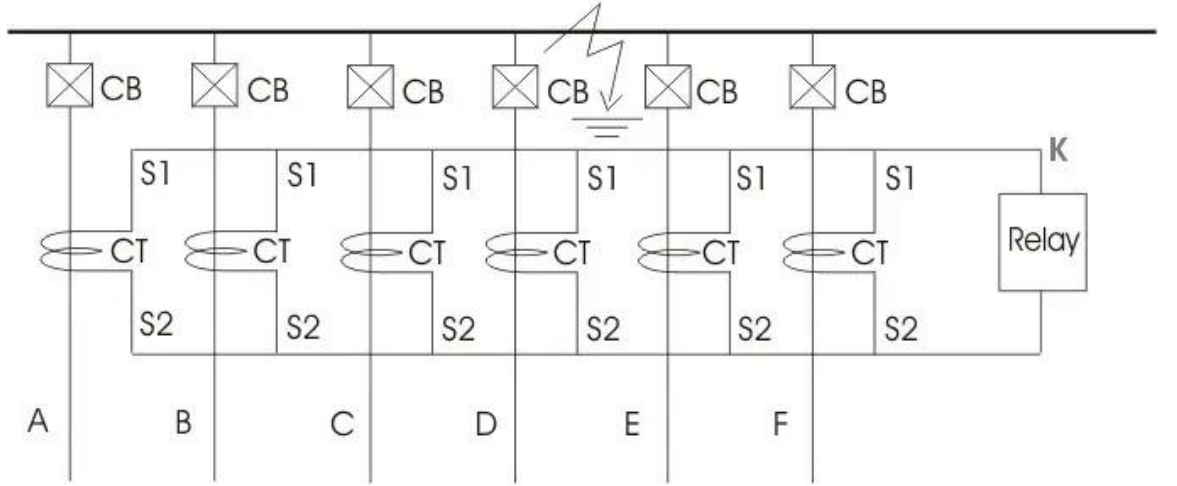
Bu vəziyyətdə Kirxovun 1-ci qanununu tətbiq etsək yenə də diferensial reledən cərəyan keçməyəcək. Bu isə o deməkdir ki, xairici nasazlıq zamanı diferensial reledən cərəyan axmayacaq. İndi qəzanın baş verdiyi hissəyə nəzər salaq. Vəziyyətdən görünür ki, xəta cərəyanı bütün qurğular tərəfindən təmin olunur. Buna görə də cərəyanların ümumi cəmi xəta cərəyanına bərabərdir. Nəticə olaraq xairici qısaqapanma zamanı qəza baş verən hissədən axan cərəyan şinə qoşulmuş avadanlıqlardan axan cərəyanla qiymətcə bərabər istiqamətcə əks olurlar.



Şəkil. 4.14 Xarici qısaqapanma.

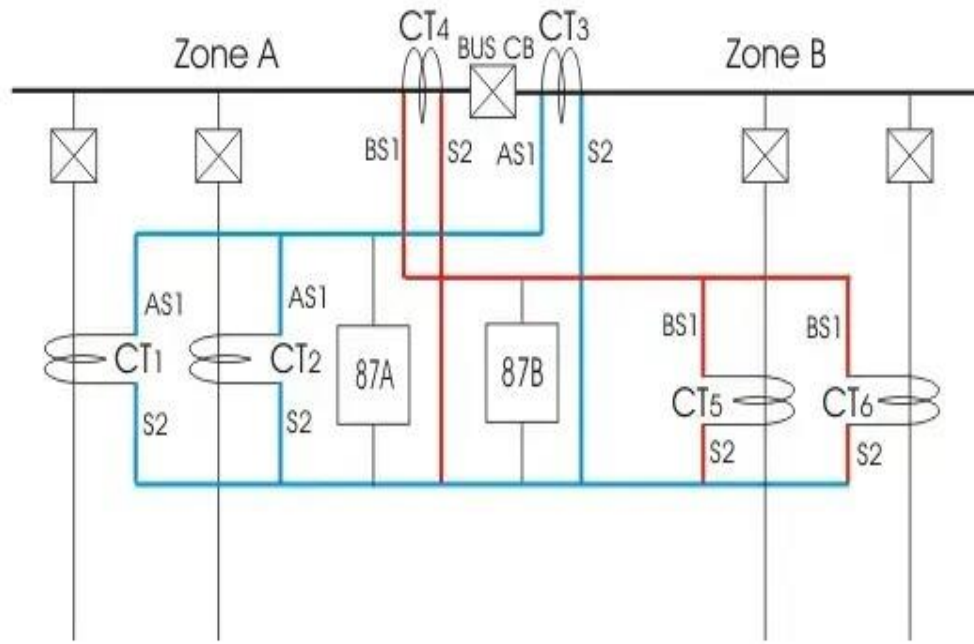
İndi isə şinlərdə daxili qısaqapanma zamanı diferensial relenin işləməsinə baxaq. Bu zaman cərəyan transformatorlarından axan cərəyanın qiymət və istiqaməti eyni olduğundan diferensial reledən xəta cərəyanı axmağa başlayacaq. Buna görə də mühafizə işləyəcək.

$$i_A + i_B + i_C + i_D + i_E + i_F = i_R$$



Şəkil. 4.15 Daxili qısaqapanma.

Yuxarıdakı şəkillərdə şinlərin ümumi mühafizəsinə baxdıq. İndi isə hər hansı bir bölməsinin diferensial mühafizəsinə baxaq. Bu mühafizə o məqsədlə istifadə olunur ki, şinin hər hansısa bir hissəsində baş vermiş nasazlıq digər bölmələrin işini dayandırmasın. Aşağıdakı şəkildə iki bölməli şinin diferensial mühafizəsinə baxaq. Bunun üçün şini iki zonaya ayıraq: Zona A və Zona B



Şəkil. 4.16. Zonaya ayrılmış diferensial mühafizə.

Şəkildən görüldüyü kimi şinin qidalanmasında iştirak edən xətlərdə qoyulmuş cərəyan taransformatorlarına A zonası üçün CT1, CT2, B zonası üçün CT5, CT6 qeyd edək. A və B zonaları üst-üstə düşdükdə şinin mühafizəsindən kənar heç bir zona qalmır. CT1-i CT2 və CT3 ilə paralel birləşdirilir, bu ikinci dərəcəli ASI yaratmaq üçün istifadə olunur. CT4 ilə CT5 və CT6-nı paralel birləşdirilib, ikinci dərəcəli BSI yaradılır. Bundan sonra bütün CT-lərin S2 ümumi terminal yaratmaq üçün birləşdirilir. B zonası üçün diferensial rele (87B) BSI və S2 arasında, A zonası üçün diferensial rele (87A) ASI və S2 arasında yerləşdirilir. Nəticə olaraq CT1, CT2, CT3 cərəyan transformatorlarının qeyri-normal iş rejmində yalnız A zonası, CT4, CT5, CT6 cərəyan taransformatorlarının qeyri-normal iş rejmində B zonası sistemdən tədric olunacaq.

Qeyd: Cərəyan transformatorlarının ikinci tərəfləri və şin naqilləri açıqdırsa rele həmin şini sistemdən ayıra bilər. Amma bu arzu olunan hal deyil.

Şinlərin diferensial mühafizəsi zamanı yaranan xətalardan biri də cərəyan transformatorlarının tez doymasıdır, bu da mühafizənin səhv işləməsinə gətirib çıxarır. Şinlərin diferensial mühafizəsi zamanı yüksək və ya aşağı müqavimətli

relelərdən istifadə olunur. Yüksək müqavimətli relelər CT-nin doymasına lazımı qədər optimal idarə edir. Lakin eyni nisbətlərdə olan transformatorları və fiziki naqıl bağlantılarının xüsusi CT tələblərinə görə istifadəsi yalnız statik şinlərin mühafizəsində istifadə olunur. Aşağı müqavimətli diferensial relelər statik və dinamik şinlərin mühafizəsində istifadə olunur çünki zonanın yenidən qurulması və çoxlu CT fərqlərini asanlıqla idarə edir. Relelərin cərəyan transformatorlarının doymasından işləməməsi üçün mikroprosesor relesində istifadə olunur. Bu zaman CT-nin doyma zamanı qabaqcadan müəyyən edilir və mühafizənin işə düşməsinin qarşısını alır. Nasazlığın aşkar olunması üçün müsbət və mənfi ardıcillıq modelindən istifadə edən texnika təklif olunur. Nasazlıq daxilə baş verərsə relenin gördüyü müqavimət müstəvisinin üçüncü kvadratında, xarici nasazlıq olarsa relenin gördüyü müqavimət müstəvinin birinci kvadratında yerləşir. Başqa relelərin təyin etdiyi müqavimətlər üçüncü kvadratda yerləşir. Bu metoddan istifadə edərək şinlərin daxili və ya xarici nazaslığını təyin etmək olar.



Şəkil. 4.17 Nasazlıqların ayrı-seçkilik xüsusiyyətləri: (a) daxili nasazlıqlar; (b) xarici nasazlıqlar.

Rele xətanın baş verməsində dərhal doymur. Buna səbəb diferensial cərəyanın yaranması ilə qısqapanmanın baş vermə vaxtı arasında metoda istinad olunur. Qısqapanma zamanı vaxt fərqi qabaqcadan təyin olunmuş dəyərdən çox olarsa diferensial rele cərəyan transformatorunun doyması ilə işə salınır.

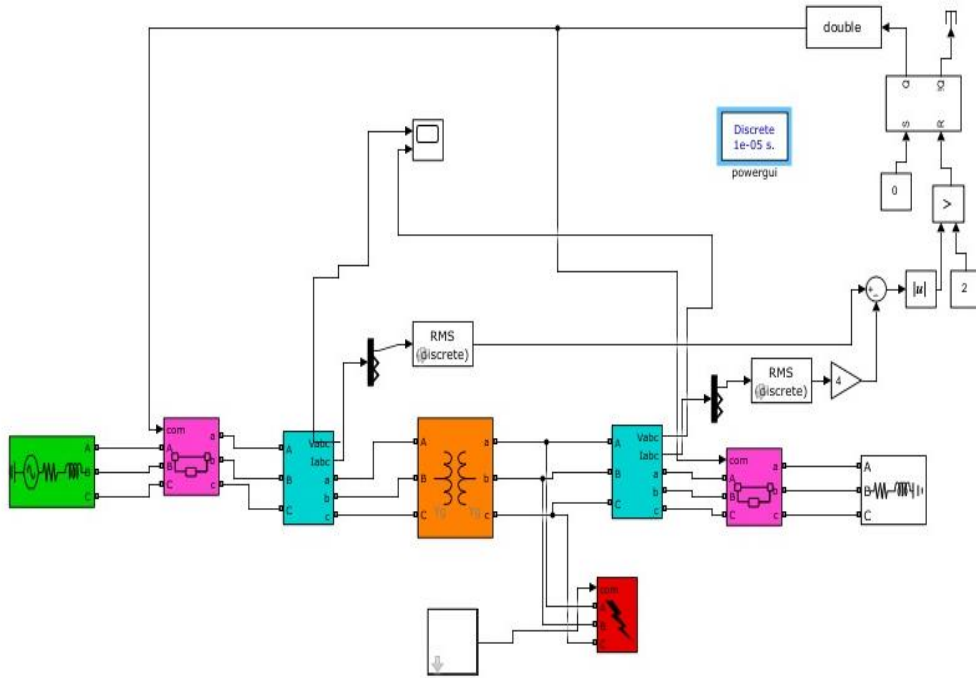
Cari diferensial mühafizənin çatışmazlıqlarını aradan qaldırmaq üçün dəmir nüvəsi olmayan cərəyan transformatorlarından istifadə olunur. Bu mühafizə gərginlik

diferensial mühafizəsi də adlanır. Xətti bağlayıcılar kimi tanınan cərəyan transformatorlarının xüsusi növündən istifadə olunur ki dəmir nüvəsi yoxdur və ikinci tərəf dolaqların sayı digər cərəyan transformatorlarına nisbətən qat-qat çox olur. Xətti bağlayıcılarda ikinci tərəf gərəginlik birinci tərəf cərəyana uyğun mütənasib olur. Şinlərin mühafizəsində istifadə olunan xətt bağlayıcılarının ikinci tərəf dolağı bir-birinə və diferensial releyə ardıcıl olaraq bağlanır. Sistem normal rejimdə və ya xarici nasazlıq baş verəndə dolaqlardakı gərginliklər 0-a bərabərdir. Beləliklə ikinci tərəf dolaqlardan və diferensial reledən heç bir cərəyan keçmir. Daxili nasazlıq zamanı isə ikinci tərəf dolaqdan cərəyanın keçməsinə və nasazlığı aradan qaldırmaq üçün diferensial relenin işləməsi ilə nəticələnən gərginlik yaranacaqdır.

4.4 Transformatorların diferensial mühafizəsini matlab simulinkdə modelləşdirməsi

Transformatorların diferensial mühafizəsini matlab simulinkdə modelləşdirmək üçün “Simscape Electrical”-dan istifadə edilir. Simscape Electrical elektron mexatronika və elektrik enerji sistemlərinin modelləşdirilməsi və simulyasiyası üçün komponent kitabxanaları təqdim edir. Bu komponentlərə yarımkeçiricilər, mühərriklər, transformatorlar, ağıllı şəbəkələr, elektromexanika, bərpa olunan enerji mənbələrinin modelləşdirilməsi və simulyasiyası üçün komponentlər vardır. Bu komponentlərdən istifadə edərək energetika sistemində istifadə olunan sxem arxitekturalarını yaratmaq, elektrik ötürücüləri ilə mexatronik sistemlər qurmaq, elektrik enerjisinin istehsalı, çevrilməsi, ötürülməsi və monitorinqini həyata keçirmək mümkündür. Bunun nəticəsində idarəetmə sistemlərinin daha yaxşı inkişaf etdirmək, sınaq proseslərinin və analizlərinin sürətli və asan şəkildə yoxlamağa imkan verir. Aşağıdakı şəkildə üç fazlı transformatorun ümumi diferensial mühafizə sistemi

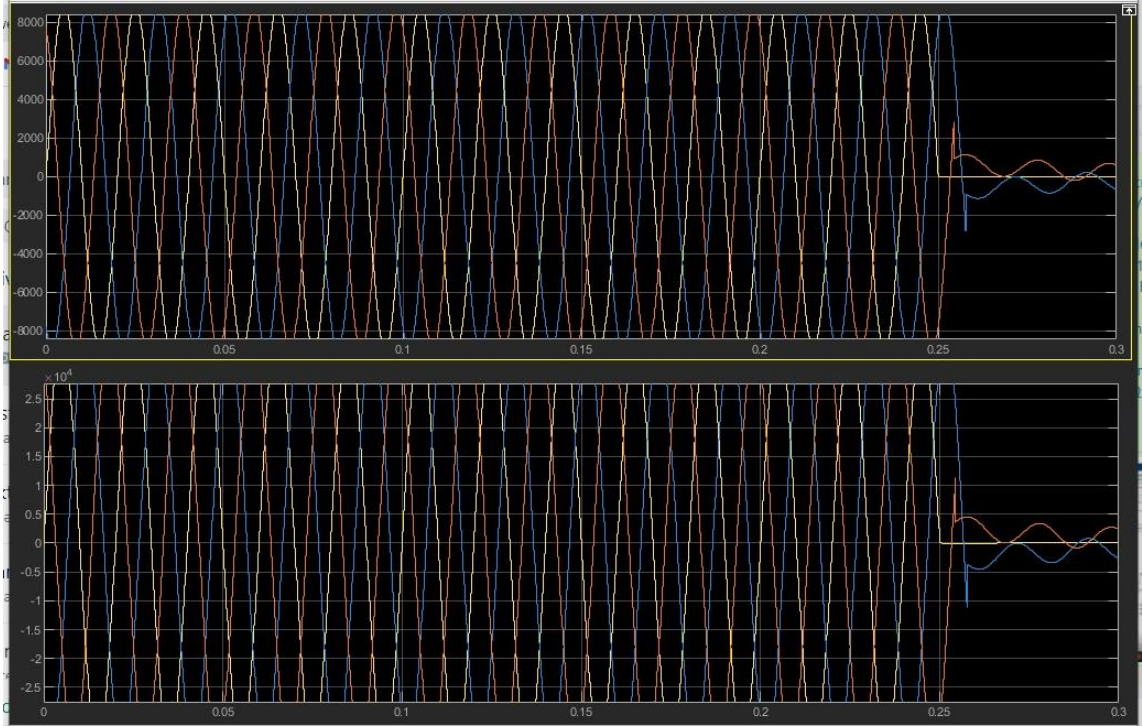
göstərilmişdir.



Şəkil. 4.18. Üçfazlı transformatorun diferensial mühafizəsinin modeli.

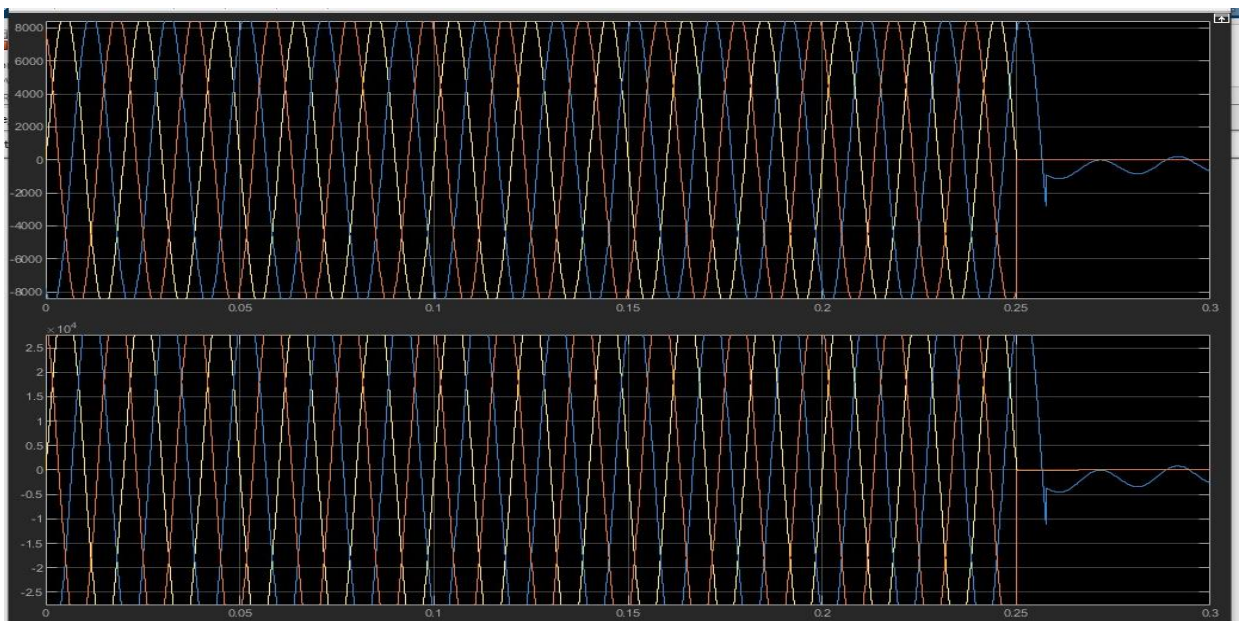
Şəkildən görüldüyü kimi sxemin əsas hissəsini üçfazlı elektrik mənbəsindən, üçfazlı açardan, üçfazlı transformatorndan və üçfazlı ölçü cihazından istifadə olunmuşdur. 1 nömrə ilə göstərilən üçfazlı mənbə enerjini transformatora ötürür. Ötürülən enerji ilk olaraq 2 nömrə ilə göstərilmiş açardan keçərək 3 nömrəli ölçü cihazına oradan da transformatora daxil olur. Daha sonra 3” ilə göstərilən ölçü cihazından və daha sonra 2” işarələnmiş açardan keçərək sistemə ötürüləcəkdir. 5 nömrə ilə işarələnmiş faza ilə torpaq arasında qısaqapanma yaratmaqla transformatorda qeyri-normal iş rejimi quraq. diferensial mühafizənin işlənməsi üçün hər iki tərəfdən ölçmə nəticəsində aldığımız cərəyanların qiymətini müqayisə edək. Bunun üçün RMS blokundan istifadə edərək siqnalın həqiqi orta kvadratik dəyərini cəmləmə qurğusuna ötürək. Cəmləmə qurğusuna ötürülən siqnallar transformatorun transformasiya əmsallarına uyğun olaraq gücləndirilib cəmlənməlidir. Bizim baxdığımız transformatorun transformasiya əmsalı 4 olduğundan ölçmə nəticəsində alınmış siqnal “Gain” bloku vasitəsilə 4-ə vurulacaq. Cəmləmə blokunda qiymətlər bir-birindən çıxıldıqdan sonra

alınmış qiymət rəqəmsal siqnala çevrilir və müqayisə qurğusuna ötürülür. Daha sonra müqayisə qurğusundan alınan siqnal çevirici vasitəsilə çevrilərək üç fazlı açarlara göndəriləcək. Əgər fərq sıfırdırsa diferensial mühafizə işləməyəcək. İndi isə transformatorun a dolağı ilə torpaq arasında qısaqapanma yaradıb diferensial mühafizənin işləməsini nəzərdən keçirək.



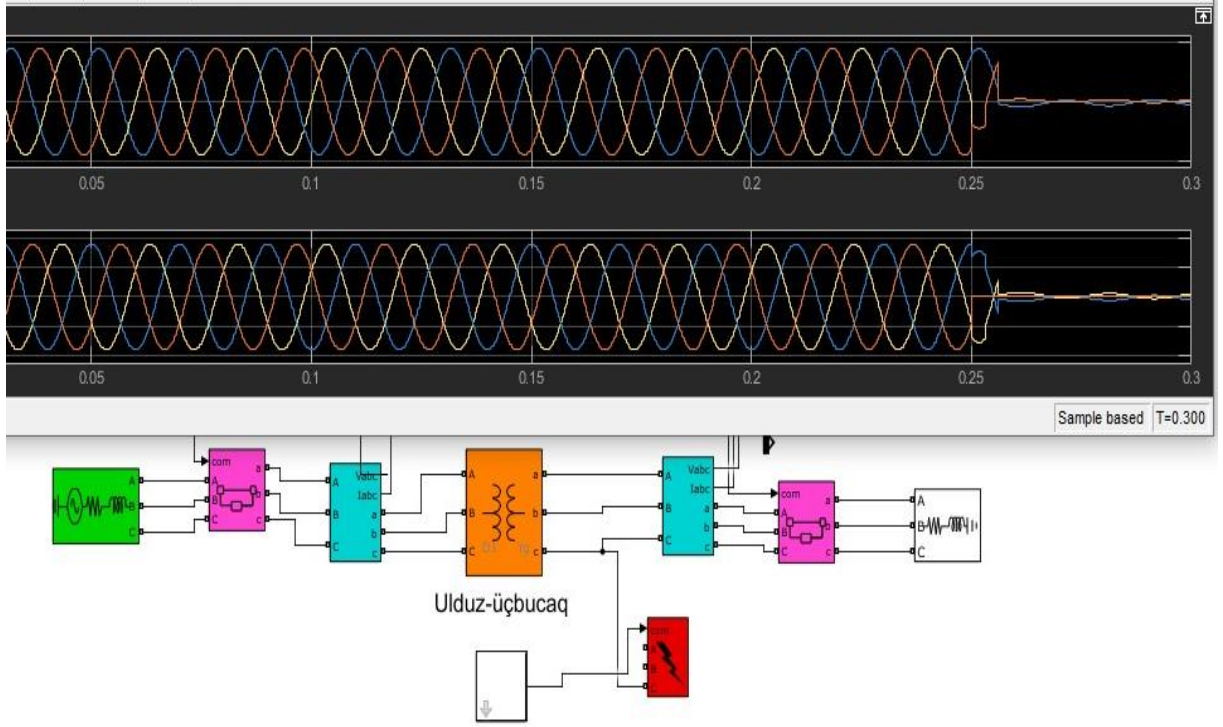
Şəkil. 4.19 . A dolağı yerlə qısaqapanıqda.

İndi isə a və c dolağını yerlə qısaqapayaq.



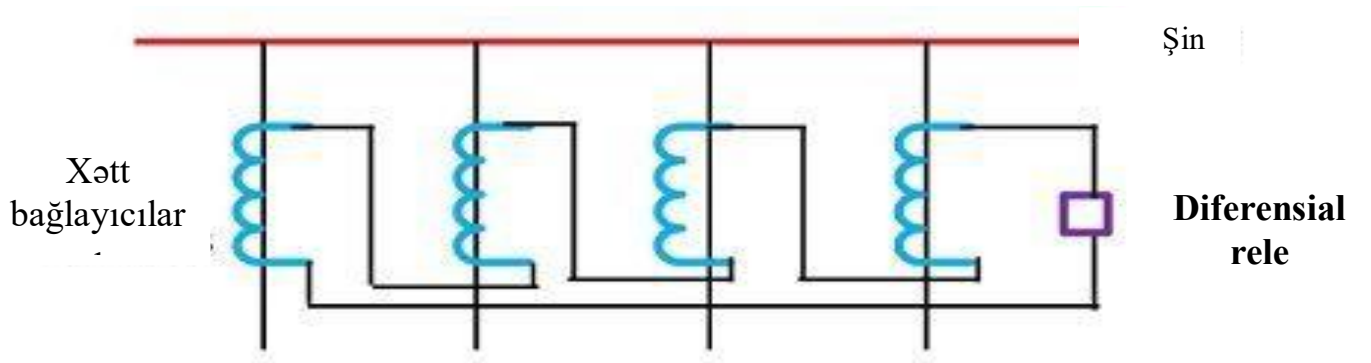
Şəkil. 4.19. a və c dolağı qısaqapandıqda.

Baxdığımız şəkillərdə transformatorların birləşmə qurğuları üçbucaq-üçbucaq birləşmə sxemidir. Fərqli birləşmə qruplarında alınmış diaqramlar fərqli ola bilər. Ulduz-üçbucaq birləşmə qrupu tətbiq olunan zaman C dolağını yerlə qapayaq və alınmış diaqramı nəzərdən keçirək.



Şək.4.20. C dolağı yerlə qısaqapanmış transformator.

Ulduz-üçbucaq birləşmə qrupuna malik taransformatorun hər hansı bir dolağı yerlə qısaqapandıqda cərəyan sürüşməsi baş verir.



Şəkil. 4.21 Gərginlik diferensial mühafizəsi

4.5 Xətlərin diferensial mühafizəsi. Bulut texnologiyasının tətbiqi.

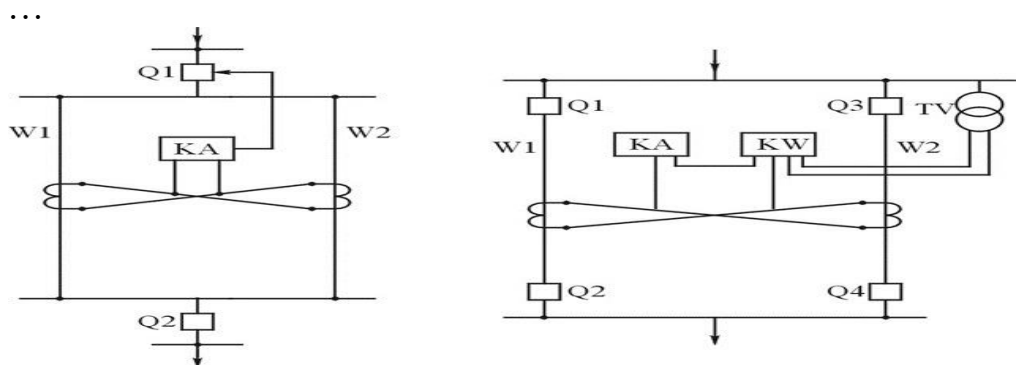
Xətlərin diferensial mühafizəsinin aşağıdakı ümumi prinsipləri var.

1. CT-ləri birləşdirən naqilləri xeyli uzun olması və böyük müqavimət yaradılması. Bu çatışmazlığın qarşısını almaq üçün aralıq transformatorlardan istifadə olunur.
2. Diferensial mühafizə xəttin hər iki ucunu açmaqdan ötrü iki ədəd diferensial rele quraşdırılır.
3. Xətlərin diferensial mühafizəsi zamanı rejimlərə görə qeyri-balans cərəyanları böyük qiymət alır. Qeyri-balans cərəyanlarının təsirini aradan qaldırmaq üçün tormuzlayıcı reledən istifadə olunur.
4. Hər üç halda qısaqapanmanın bütün növlərini açmaq üçün relelər hər üç fazada quraşdırılır.

Mühafizənin mənfi tərəfləri birləşdirici kabellər və onların çəkilişi böyük xərc aparır, həmçinin həmin xətlərdə baş vermiş zədələnmə səhv işləyə bilər və mühafizənin uzunluğu 10-15 km qədər 110 və 220 kV-luq xətlərdə istifadə olunmasıdır.

Eninə diferensial mühafizə müqavimətləri eyni olan paralel xətlərdə istifadə olunur və hər xəttə axan cərəyanı qiymət və fazaca müqayisə edir. Müqavimətlər bərabər olduğu üçün cərəyanlar normal rejimdə və xarici qısaqapanmada qiymət və fazaca bir-birinə bərabər olur. Xətlərin hər hansı birində qısaqapanma zamanı tarazlıq şərti pozulur və eninə mühafizə işləyir. Bir tərəfdən qidalanan xətlərdə mühafizə həmin hissədə, iki tərəfdən qidalanan xətlərdə mühafizə hər iki tərəfdə quraşdırılır. Normal və xarici qısaqapanma zamanı reledən axan cərəyan 0-a bərabərdir. Mənfi tərəfi mühafizənin ölü zonasının olması və xətlərdən hər hansı biri açılarkən mühafizənin işləməsidir.

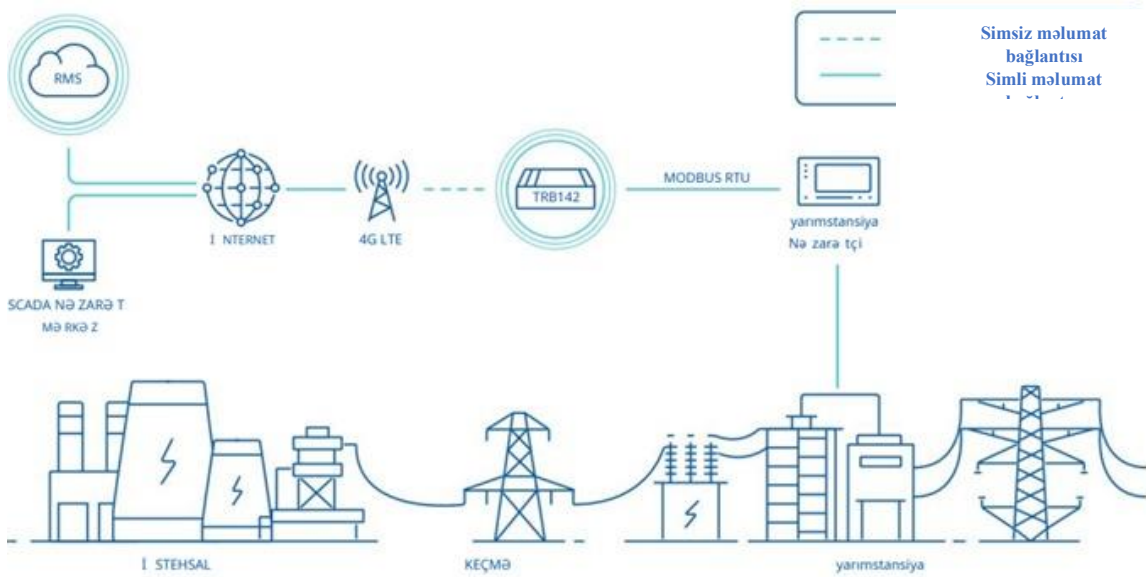
Eninə diferensial mühafizənin iki növündən istifadə olunur. Paralel xətlərdə ümumi açar olan eninə diferensial cərəyan mühafizəsi. Hər bir xəttin ayrı ayrılıqda müstəqil açarı olan paralel xətlərdə istiqamətlənmiş eninə diferensial mühafizə.



Şəkil. 4.24. Eninə diferensial mühafizə.

Bugünkü günümüzdə tətbiq olunan diferensial mühafizə zamanı kommunikasiya olaraq ildırım ötürücü xətlərin daxilində olan optik lifli kəbellər vasitəsilə kommunikasiya yaradılır. Bu xətlər çox sürətli ötürmə qabiliyyətinə malik olub 100km məsafədən diferensial mühafizəni təmin edə bilər. Mənfi cəhətləri xətlərin çəkilməsinin çətinliyi, böyük xərc aparması və hər hansı nasazlıq zamanı yerinin gec müəyyən edilməsi.

Sənaye 4.0 diferensial mühafizədə tətbiq edək. Bu zaman bizə lazım olan xəttin əvvəlindəki və sonundakı cərəyan transformatorlarının ikinci tərəf qiymətlərini buluda ötürməkdir. Bunun üçün qabaqcıl texnologiyadan istifadə etmək lazımdır. Cərəyan transformatorunun ikinci tərəfində aldığımız analog qiymətini buludda istifadə etmək üçün rəqəmsal siqnal ilə vəz etmək həmin mənbəni təhlükəsiz şəkildə şəbəkəyə qoşmalı və bu məlumatları qəbul edə biləcək və ötürəcək sistem qurulmalıdır. Həmin cihazlar stansiya və yarımstansiya ərazilərində olan cihazlara birləşdirmək, qoşulmaq üçün 4G, 5G LTE, NFC, RFID, Bluetooth, NB-İOT, LoRaWAN və WI-SUN kimi simsiz texnologiyalardan istifadə oluna bilər.



Şəkil. 4.25. Məlumat mübadiləsinin ümumi işləmə prinsipi.

Bu kommunikasiya vasitələrindən istifadə edərək xətlərin diferensial mühafizəsini qurmaq üçün xəttin hər iki ucunda yerləşdirilmiş cərəyan transformatorlarının cari göstərişlərini istifadə etdiyimiz bulud texnologiyasında müqayisə edərək diferensial mühafizə qurulur. Bu zaman məlumat mübadiləsi analog siqnal rəqəmsal siqnala keçid etmək lazımdır. Bu siqnalda öz növbəliyində bulud texnologiyasına ötürməkdən ötrü JSON (Java Script Object Notation) Javascript obyektinin strukturuna oxşar mətn

əsaslı formatdır. Mətn əsaslı fayl və yaxud JSON sətiri bulud texnologiyasında yazdığımız məntiqə uyğun işləyəcək və bununla da diferensial mühafizə qurulmuş olacaqdır.

```
import json

# İki mənbədən gələn JSON obyektləri
source1_data = '{"cərəyan transformatoru1": {"value": 10}}'
source2_data = '{"cərəyan transformatoru2": {"value": 15}}'

# JSON obyektlərini Python sözlüyünə çevirin
source1 = json.loads(source1_data)
source2 = json.loads(source2_data)

# Qiymətləri əldə edin
value1 = source1['cərəyan transformatoru1']['value']
value2 = source2['cərəyan transformatoru2']['value']

# Qiymətləri müqayisə edin
difference = value1 - value2
if difference != 0:
    print("Qiymət fərqi:", difference)
    # Əgər fərq 0-dan fərqli olduqda açarı aç komandası göndər
    # Burada açarı aç komandası göndərmək üçün nə edilməli olduğunu ətraflı olaraq bi
else:
    print("Mənbələrdən əldə edilən qiymətlər eynidir.")
```

Şəkil. 4.26. JSON texnologiyasından istifadə

Nəticə

Baxılan mövzuda elektrik sənəsiyalarının iş rejimləri, sistemində baş verə biləcək qəzalar nəticəsində sistemin dayanıqlığını və kəsilməz olaraq normal rejimdə işləməsini təmin etmək üçün mühafizələrin qurulmasını və ən optimal olan diferensial mühafizənin tətbiq zonaları araşdırıldı. Diferensial mühafizənin növləri tətbiq olunduğu avadanlıqlar və onların elektrik xüsusiyyətləri nəzərdən keçirildi. Mühafizənin Diferensial mühafizəni yerinə yetirən rele mühafizə vasitələri və avadanlıqların parametrinə uyğun proqramlaşdırılma qabiliyyətləri öyrənilədi. Hər hansı diferensial mühafizə qurularkən avadanlıqları Matlab Simscape proqramında modelləşdirərək əvvəlcədən sınaq işlərini aparmaq və ona uyğun mühafizə vasitələrini seçmək mümkündür. Elektrik veriliş xətlərinə tətbiq olunan diferensial mühafizəni yeni nəsil texnologiyalardan istifadə edərək bulud texnologiyasında qurmaq və istənilən məsafəli elektrik veriliş xətlərinə tətbiq etmək olar. Bunun nəticəsində xərclərin azaldılması və mühafizənin qurulması daha səmərəli həyata keçirilir. Əlavə olaraq bu texnologiyayı ümumi sistemə tətbiq etməklə digər xərcləridə azaltmaq mümkündür.

Ədəbiyyat

1. G.S.Sadiqov. Rele qorunması. Bakı: AzTU-nun nəşriyyatı, 2004.-108 s.
2. Akif Hüseynov “ Rele mühafizəsi.”
3. Ə.X.Calallı, A.F.Yaqubov, N.F.Zeynalova. Stansiya və yarımstansiyaların elektrik qurğuları. Dərs vəsaiti. Bakı 2020, 110 səh
4. International Journal of Engineering Trends and Technology · March 2016 (<https://www.researchgate.net/publication/304356520>)
5. WÄRTSILÄ® is a registered trademark. © 2013 Wärtsilä Corporation.
6. H. Kiank, W. Fruth, Planning Guide for Power Distribution Plants: Design, Implementation and Operation of Industrial Networks, Erlangen, Ger.: Publicis MCD Verlag 2011.
7. Mike Ramlachan. Fundamentals of Bus Differential Protection. 2020 General Electric Company.
8. International Journal of Control. July 2014. Stability of wind turbine switching control. Dushyant Palejiya, Mohamed L. Shaltout, Zeyu Yan.
9. Kuzhekov S.L., Nudelman G.S. Ensuring the correct operation of microprocessor differential protection devices when current transformers are saturated // Izv. universities Electromechanics. 2009. No. 4. P.12-18.
10. Лямец Ю.Я., Романов Ю.В., Зиновьев Д.В. Мониторинг процессов в электрической системе, часть 1. Преобразование, сегментация и фильтрация, часть 2. Цифровая обработка осциллограмм тока короткого замыкания // Электрик. 2006. № 10. С.2-10; № 11. П.2-10.
11. Bagleybter O. Current transformer in relay protection networks to counter saturation of CTs with aperiodic component of short-circuit current // Electrical Engineering News. 2008. No. 5.
12. Mohd Asim Aftab, S. M. Suhail Hussain, in Power System Protection in Future Smart Grids, 2024

13. <https://www.electrical4u.com/differential-protection-of-transformer-differential-relays/>
14. <https://www.electrical4u.com/differential-relay/>
15. <https://www.linkedin.com/pulse/general-requirements-protection-relay-power-system-tony-g-chen/>
16. <https://control.com/textbook/electric-power-measurement-and-control/differential-87-current-protection/>
17. https://www.electricaltechnology.org/2018/03/electrical-protection-systems-and-units.html#google_vignette
18. <https://www.electricaltechnology.org/2018/03/electrical-protection-systems-and-units.html#introduction-to-electrical-protection-systems>
20. <https://www.jpccfrance.eu/technical-informations/protections/electrical-protection-classes/#:~:text=There%20are%20two%20main%20types,protection%20against%20indirect%20contact%20hazards.>
21. https://www.eeeguide.com/protective-relay/#google_vignette
22. <https://relays.weebly.com/electromechanical-relays.html>
23. <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/64836-three-phase-differential-protection-relay-for-power-transformer>
24. https://circuitglobe.com/bus-bar-protection.html#google_vignette
25. https://www.electricaldeck.com/2021/10/busbar-protection-differential-and-frame-leakage-protection.html#google_vignette
26. <https://www.softeq.com/blog/industrial-iot-energy-management-4-promising-use-cases>
27. <https://anillgull.blogspot.com/2018/01/guc-transformatoru-yanlis-diferansiyel-akim.html>
28. https://energypedia.info/wiki/Access_to_Modern_Energy
29. <https://modernenergy.management/>