

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ**  
**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**  
**YÜKSƏK TƏHSİL İNSTİTUTU**

**Əkbərov Vüsal Elçin oğlu**

**Babayev Cəmil Rövşən oğlu**

**Qurbanov Elxan Elman oğlu**

**Rzayev Əli Vüqar oğlu**

**ELEKTRİK VERİLİŞİ XƏTLƏRİNDƏ CƏRƏYAN MÜHAFİZƏSİNİN**  
**PROQRAMLAŞDIRILAN MƏNTİQİ KONTROLLER VASİTƏSİ İLƏ**  
**MODELLƏŞDİRİLMƏSİ**

**mövzusunda**

**MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI**

**İxtisas: 060628 – Proseslərin avtomatlaşdırılması mühəndisliyi**

**İxtisaslaşma: “Texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılması və idarə edilməsi”**

**Elmi rəhbər:**

**t.f.d., dos. Yolçuyev İmran Alı oğlu**

**BAKİ - 2024**

## MÜNDƏRİCAT

GİRİŞ.....	9
<b>I titul vərəqi (Əkbərov Vüsal Elçin oğlu).....</b>	<b>9</b>
<b>I FƏSİL. ELEKTRİK VERİLİŞ XƏTLƏRİ VƏ ONLARIN İŞ REJİMLƏRİNİN TƏDQIQI.....</b>	<b>10</b>
1.1. Elektrik veriliş xəttləri haqqında ümumi məlumatlar.....	10
1.2. Elektrik şəbəkələri və onların müxtəlif iş rejimləri.....	14
<b>I FƏSİLİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ.....</b>	<b>20</b>
<b>II titul vərəqi (Babayev Cəmil Rövşən oğlu).....</b>	<b>21</b>
<b>II FƏSİL. ELEKTRİK VERİLİŞ XƏTLƏRİNDƏ TƏTBİQ EDİLƏN MÜASİR MÜHAFİZƏ SİSTEMLƏRİNİN TƏHLİLİ.....</b>	<b>22</b>
2.1. Elektrik veriliş xətlərinin mühafizəsinə qoyulan əsas tələblər.....	22
2.2. Elektrik veriliş xətlərində tətbiq edilən mühafizələr.....	30
2.3. Elektrik veriliş xətlərinin maksimal cərəyan mühafizəsi .....	34
2.4. Müasir mikroprosessor əsaslı mühafizə sistemləri.....	42
<b>II FƏSİLİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ.....</b>	<b>49</b>
<b>III titul vərəqi (Qurbanov Elxan Elman oğlu).....</b>	<b>50</b>
<b>III FƏSİL. BİR FAZALI ELEKTRİK VERİLİŞ XƏTLƏRİNDƏ MAKSİMAL CƏRƏYAN MÜHAFİZƏSİNİN PMK VASİTƏSİLƏ MODELLEŞDİRİLMƏSİ...51</b>	<b>51</b>
3.1. Proqramlaşdırma mühiti və lazımi cihazlar haqqında məlumat.....	51
3.2. Proqramlaşdırılma və simulyasiya .....	59
3.3. PLC proqramının HMI ilə əlaqələndirilməsi və vizualizasiya prosesi.....	63
<b>III FƏSİLİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ.....</b>	<b>69</b>
<b>IV titul vərəqi (Rzayev Əli Vüqar oğlu).....</b>	<b>70</b>
<b>IV FƏSİL. ÜÇ FAZALI ELEKTRİK VERİLİŞ XƏTLƏRİNDƏ MAKSİMAL CƏRƏYAN MÜHAFİZƏSİNİN PMK VASİTƏSİLƏ MODELLEŞDİRİLMƏSİ...71</b>	<b>71</b>
4.1. Logo tipli məntiqi kontrollerin istismar xüsusiyyətləri.....	71

4.2. PMK əsasında üç fazlı EVX-in maksimal cərəyan mühafizəsinin Logo Soft Comfort proqram paketində modelləşdirilməsi.....	74
4.2.1. PMK əsasında tədqiq olunan mühafizə sistemi .....	76
4.2.2. PMK əsaslı mühafizə sistemi üçün təklif olunan nəzarət proqramı.....	78
4.2.3. Simulyasiya və eksperimental nəticələr.....	80
4.3. Bir fazlı EVX-nin maksimal cərəyan mühafizəsinin PMK vasitəsilə praktiki modelləşdirilməsi.....	84
IV FƏSİLİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ.....	90
NƏTİCƏ.....	91
İSTİFADƏ EDİLMİŞ ƏDƏBİYYAT.....	92

## GİRİŞ

**Mövzunun aktuallığı:** Dünyada istifadə olunan enerji növlərindən ən geniş yayılanı elektrik enerjisidir. Müasir elektrik işlədiciləri elektrik enerjisi ilə əsasən energetika sistemlərindən qidalanır. Energetika sistemi dedikdə, elektrik və istilik enerjisini istehsal edən, çevirən, ötürən, paylayan və istehlak edən sistem nəzərdə tutulur.

Elektrik şəbəkələri işlədiciləri etibarlı surətdə elektrik enerjisi ilə təmin etməlidir. Elektrik enerjisinin kəsilməsi sənaye müəssisələrində işin pozulmasına, istehsal olunan məhsulun miqdarının və keyfiyyətinin azalmasına və nəticədə iqtisadiyyata külli miqdarda zərər dəyməsinə səbəb olur. Elektrik şəbəkələrinin etibarlı işləməsi isə onların tərkib hissəsi olduğu enerji sistemlərinin etibarlılığını və bütövlükdə enerji təhlükəsizliyini təmin edir. Həmçinin, şəbəkənin ilkin əsaslı xərcləri minimum, istismarı isə qənaətli olmalıdır. Bu şərtin ödənilməsi üçün elektrik şəbəkəsi layihə edilərkən onun sxemi bir neçə variantda qəbul edilir. Bu variantlar texniki-iqtisadi cəhətdən müqayisə edilərək ən əlverişlisi seçilir.

Elektrik şəbəkələri işlədiciləri yüksək keyfiyyətli enerji ilə təmin etməlidir. Məlumdur ki, elektrik enerjisinin keyfiyyəti dəyişən cərəyanın tezliyi və gərginliklə xarakterizə olunur. Dəyişən cərəyanın tezliyinin və gərginliyin qiymətini “Texniki istismar qaydaları”nın tələb etdiyi səviyyədə saxlamaq üçün sistemdə müəyyən ehtiyat güc saxlanılır və müxtəlif tənzimləmə qurğularından istifadə edilir. Bunlardan əlavə, şəbəkələrin istismarı sadə və təhlükəsiz olmalı, həmçinin genişləndirilmə imkanı olmalıdır.

Məlumdur ki, elektroenergetika sisteminin əsas vəzifəsi ümumi mənada elektrik enerjisini istehsal etmək və işlədiciləri elektrik enerjisi ilə təmin etməkdən ibarətdir. Bu baxımdan elektroenergetika sisteminin iş rejimi etibarlı, fasiləsiz, keyfiyyətli və maksimum qənaətli olmalıdır. Elektroenergetika sisteminin qeyd edilən iş rejimlərini təmin etmək məqsədilə rele mühafizəsi və avtomatika (RMA) qurğuları nəzərdə tutulur.

Ən müasir RMA avadanlıqları istehsal edən firmalar rəqəmli element bazasına keçməkdədirlər. Yeni element bazasına keçid RMA-nın prinsiplərini dəyişmir, yalnız

onun funksional imkanlarını genişləndirir, istismarını sadələşdirir və dəyərini aşağı salır. Məhz bu səbəbdən, mikroprosessor əsaslı müasir mühafizə sistemlərinin geniş şəkildə tətbiqi aktualıq kəsb edir.

Dissertasiya işində mikroprosessor əsaslı mühafizə sistemlərini, həmçinin dünyanın ən qabaqcıl şirkətlərinin istehsal etdikləri proqramlaşdırılan məntiqi kontrollerləri (PMK) nəzərdən keçirilərək bir və üç fazalı elektrik veriliş xətlərinin (EVX) mühafizəsi “Logo! Soft Comfort” proqramı vasitəsilə simulyasiya olunmuşdur. Həmçinin, Siemens firmasının istehsalı olan LOGO! 230RC PLC kontrollerindən istifadə edilərək EVX-nin maksimal cərəyandan mühafizəsi praktiki olaraq reallaşdırılmışdır.

Dissertasiyanın yerinə yetirilməsi elektrik veriliş xətləri və elektrik veriliş xətlərində tətbiq edilən müasir mühafizə sistemləri ilə bağlı fundamental və müasir nəzəri, praktiki tədqiqatlara əsaslanır. Yerli və xarici müəlliflər arasında ən maraqlı, əsaslı və istinad edilənləri N.İ. Orucov, Çetin Recep, N.İ. Ovçarenko, A.M. Alksandrov və s. əsərləridir.

**Dissertasiya işinin məqsədi** bir və üç fazalı elektrik veriliş xətlərində cərəyan mühafizəsinin proqramlaşdırılan məntiqi kontroller vasitəsi ilə modelləşdirilməsi və praktiki reallaşdırılmasıdır.

**Qoyulmuş məqsəd tədqiqatın növbəti məsələlərini müəyyən edir:**

- Elektrik veriliş xətləri haqqında ümumi məlumatlar və onların iş rejimlərinin tədqiqi;
- Elektrik veriliş xətlərində tətbiq edilən müasir mühafizə sistemlərinin təhlili;
- Bir fazalı elektrik veriliş xətlərində maksimal cərəyan mühafizəsinin PMK vasitəsilə modelləşdirilməsi;
- Üç fazalı elektrik veriliş xətlərində maksimal cərəyan mühafizəsinin PMK vasitəsilə modelləşdirilməsi.

**Elmi yenilik aşağıdakı kimidir:**

- Bir fazalı elektrik veriliş xətlərində maksimal cərəyan mühafizəsi məqsədilə modelləşdirmə məsələsinin TIA Portal proqram paketi vasitəsilə S7-1200 PLC-də simulyasiyası aparılmışdır;

- PMK proqramının insan-maşın interfeysi (HMI) ilə əlaqələndirilməsi və vizualizasiya prosesi həyata keçirilmişdir;
- bir və üç fazalı EVX-nin mühafizəsi “Logo! Soft Comfort” proqramı vasitəsilə simulyasiya olunmuşdur;
- LOGO! 230RC PLC kontrollerindən istifadə edilərək EVX-nin maksimal cərəyandan mühafizəsi praktiki olaraq reallaşdırılmışdır.

**İşin nəzəri əhəmiyyəti** bir fazalı elektrik veriliş xətlərində maksimal cərəyan mühafizəsi məqsədilə Siemens S7-1200 DC/DC/DC tip PLC-də və bir və üç fazalı EVX-nin maksimal cərəyandan mühafizəsi üçün LOGO! 230RC PLC kontrollerində modelləşdirmə məsələlərinin yerinə yetirilməsidir.

**İşin praktiki əhəmiyyəti** bir və üç fazalı EVX-nin maksimal cərəyandan mühafizəsi üçün proqramlaşdırılan məntiqi kontrollerlərin proqram və texniki təminatının reallaşdırılmasıdır.

**Metodologiya və tədqiqat metodları** avtomatlaşdırma energetika sahəsində yerli və xarici alimlərin tədqiqatlarının təhlilinə əsaslanan nəzəri və eksperimental yanaşmaların məcmusuna əsaslanır. İdarəetmə obyektlərinin modelləşdirilməsi və identifikasiya, texnoloji proseslərin modelləşdirilməsi aparılmışdır. Texnoloji prosesi öyrənmək üçün real şəraitdə eksperimental tədqiqatlar aparılmışdır. Eksperimental məlumatların alınması və işlənməsi zamanı ümumiləşdirmə üsullarından, habelə nəzəri və empirik nəticələrin sistematik təhlilindən istifadə edilmişdir.

Elmi nəticələrin, müddələrin və tövsiyələrin etibarlılığı praktiki tədqiqatların və riyazi modelləşdirmənin nəticələri ilə təsdiqlənir, adekvatlığı ilkin məlumatların həcmi ilə sübut edilir.

**Müdafiyyəyə aşağıdakılar təqdim olunur:**

- Elektrik veriliş xətləri və elektrik şəbəkələrinin müxtəlif iş rejimləri;
- Elektrik veriliş xətlərinin maksimal cərəyan mühafizəsi;
- Müasir mikroprosessor əsaslı mühafizə sistemləri;
- Bir fazalı elektrik veriliş xətlərində maksimal cərəyan mühafizəsi məqsədilə modelləşdirmə məsələsinin S7-1200 PLC-də proqramlaşdırılması və simulyasiyası;

- PLC proqramının HMI ilə əlaqələndirilməsi və vizualizasiya prosesi;
- PMK əsasında üç fazalı EVX-in maksimal cərəyan mühafizəsinin Logo Soft Comfort proqram paketində modelləşdirilməsi;
- Simulyasiya və eksperimental nəticələr.

**İşin aprobeiasyası.** Dissertasiya tədqiqatının əsas müddəaları və nəticələri 1-2 may 2024-cü il tarixlərində Azərbaycan xalqının Ümummilli Lideri, müstəqil Azərbaycan dövlətinin qurucusu və görkəmli dövlət xadimi Heydər Əliyevin anadan olmasının 101-ci ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların "Mütərəqqi texnologiyalar və innovasiyalar" mövzusunda IX Respublika elmi-texniki konfransında məruzə ilə təqdim olunaraq müzakirə edilmiş və çap edilməsi üçün tövsiyə edilmişdir.

**İşin strukturu və həcmi.** Girişdə mövzunun aktuallığı, işin məqsədi və elmi yeniliyi, tədqiqat metodları, işin nəzəri və praktiki əhəmiyyəti, metodologiya və tədqiqat metodları, müdafiəyə təqdim olunan müddəalar, nəticələrin aprobeiasyası verilmişdir.

**I fəsildə** elektrik veriliş xətləri haqqında ümumi məlumatlar verilmiş, elektrik şəbəkələri və onların müxtəlif iş rejimləri, eləcə də bu fəsilə aid nəticələr verilmişdir.

**II fəsildə** elektrik veriliş xətlərinin mühafizəsinə qoyulan əsas tələblər göstərilmiş, elektrik veriliş xətlərində tətbiq edilən mühafizələr, elektrik veriliş xətlərinin maksimal cərəyan mühafizəsi, müasir mikroprosessor əsaslı mühafizə sistemləri araşdırılmış, həmçinin 2-ci fəsilə aid nəticələr göstərilmişdir.

**III fəsildə** bir fazalı elektrik veriliş xətlərində maksimal cərəyan mühafizəsinin PMK vasitəsilə modelləşdirilməsi məsələlərinə baxılmış, proqramlaşdırma mühiti və lazımi cihazlar haqqında məlumatlar verilmiş, proqramlaşdırılma və simulyasiya, həmçinin, PLC proqramının HMI ilə əlaqələndirilməsi və vizualizasiya prosesi həyata keçirilmiş və bu fəsilə aid nəticələr göstərilmişdir.

**IV fəsildə** Logo tipli məntiqi kontrollerin istismar xüsusiyyətləri verilmiş, PMK əsasında üç fazalı EVX-in maksimal cərəyan mühafizəsinin Logo Soft Comfort proqram paketində modelləşdirilməsi, o cümlədən PMK əsasında tədqiq olunan mühafizə sistemi, PMK əsaslı mühafizə sistemi üçün təklif olunan nəzarət proqramı,

simulyasiya və eksperimental nəticələr əldə edilmiş, həmçinin bir fazalı EVX-nin maksimal cərəyan mühafizəsinin PMK vasitəsilə praktiki modelləşdirilməsi və 4-cü fəsilə aid nəticələr göstərilmişdir.



**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ**  
**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**  
**YÜKSƏK TƏHSİL İNSTİTUTU**

**Əkbərov Vüsal Elçin oğlu**

**ELEKTRİK VERİLİŞ XƏTLƏRİ VƏ ONLARIN**  
**İŞ REJİMLƏRİNİN TƏDQIQI**

**altmövzusunda**

**MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI**

**İxtisas: 060628 – Proseslərin avtomatlaşdırılması mühəndisliyi**

**İxtisaslaşma: “Texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılması və idarə edilməsi”**

**Elmi rəhbər:**

**t.f.d., dos. Yolçuyev İmran Alı oğlu**

**BAKI - 2024**

# I FƏSİL. ELEKTRİK VERİLİŞ XƏTTLƏRİ VƏ ONLARIN İŞ REJİMLƏRİNİN TƏDQIQI

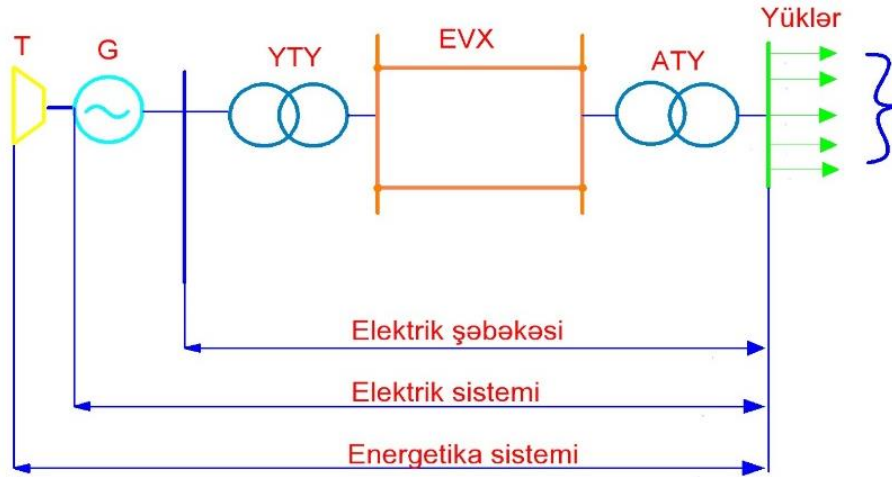
## 1.1. Elektrik veriliş xətləri haqqında ümumi məlumatlar

Elektrik şəbəkələri elektrik enerjisinin ötürülməsi, çevrilməsi və paylanması üçün nəzərdə tutulmuş qurğular toplusundan ibarətdir. Elektrik şəbəkələrini bir sıra əlamətlərə görə təsnif etmək olar: cərəyanın növünə görə, miqyas əlamətləri və şəbəkənin ölçülərinə görə, təyinatına və tətbiq sahəsinə görə, yerinə yetirdiyi funksiya və şəbəkənin konfigurasiyasına görə. Cərəyanın növünə görə elektrik şəbəkələri sabit cərəyan şəbəkələrinə, birfazlı və üçfazlı dəyişən cərəyan şəbəkələrinə bölünür. Sabit cərəyan şəbəkələri əsasən dəmiryol nəqliyyatı və şəhər nəqliyyatının təmas şəbəkələrinin, həmçinin bir sıra müstəqil elektrik təchizatı şəbəkələrinin qidalanmasında tətbiq edilir. Birfazlı dəyişən cərəyan şəbəkələri işıqlandırma və məişət qurğularının elektrik təchizatında, həmçinin dəmiryol nəqliyyatının dəyişən cərəyan sistemində təmas şəbəkəsinin qidalanması üçün geniş tətbiq olunur. Üçfazlı dəyişən cərəyan şəbəkələri əsasən elektrik enerjisinin ötürülməsi üçün xidmət göstərir, həmçinin istehsalat müəssisələrinin əsas güc tələbatçıları qidalandırır.

Miqyas əlamətlərinə və təsir radiusuna görə elektrik şəbəkələri magistral, regional, rayon və daxili olur. Magistral şəbəkələr elektrik enerjisinin böyük məsafələrə ötürülməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur. Belə şəbəkələr yüksək və ifrat yüksək səviyyəyə görə xarakterizə edilir. Regional şəbəkələr qidalanmanı öz elektrik stansiyalarından və ya magistral şəbəkələrdən həyata keçirə bilirlər. Onlar elektrik enerjisinin region daxilində paylanması üçün nəzərdə tutulmuşdur və əsasən iri enerji tələbatçıları qidalandırır. Rayon şəbəkələri adətən regional şəbəkələrə qoşulur, öz qida mənbələrinə malik olmur və gücü 100 MVt-ı aşmayan tələbatçılara xidmət göstərir.

Təyinatına və tətbiq sahəsinə görə şəbəkələr ümumi təyinatlı, müstəqil elektrik təchizatı şəbəkələrinə, istehsalat və təmas şəbəkələrinə bölünür. Ümumi təyinatlı şəbəkələr bütün növ tələbatçıların elektrik təchizatı ilə təmin olunması üçündür (sənaye, məişət, nəqliyyat, kənd təsərrüfatı və s.). Müstəqil elektrik təchizatı şəbəkələri hərəkət edən müstəqil tələbatçıların (məsələn, uçan aparatların, dəniz gəmilərinin və

s.) elektrik enerjisi ilə təmin olunması üçün nəzərdə tutulmuşdur. İstehsalat şəbəkələrinə istehsalat obyektlərinin mühəndis şəbəkələri aid edilir. Təmas şəbəkəsi elektrik enerjisinin həmin şəbəkələrdən qidalanan tələbatçılara (elektrik lokomotivləri, elektrik qatarları, metropoliten qatarları, trolleybuslar, tramvaylar və s.) ötürülməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur [1].



Şək. 1.1. Elektrik enerjisinin istehsalı, ötürülməsi və paylanmasının sxemi

Yerinə yetirdiyi funksiyalara görə elektrik şəbəkələri sisteməmələgətirici, qidalandırıcı və paylayıcı şəbəkələrə bölünür. 500, 750, 1150 kV gərginlikli sisteməmələgətirici şəbəkələr qarşılıqlı ehtiyatlanma məqsədilə müxtəlif enerji sistemlərinin öz aralarında əlaqələndirilməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur. Onlar öz aralarında ayrı-ayrı regionları və iri elektrik stansiyalarını əlaqələndirərək elektrik enerjisini qovşaq məntəqələrinə ötürür. 110, 220 kV gərginlikli qidalandırıcı şəbəkələr ən geniş yayılmış şəbəkələrdir. Onlar rayon, dartı yarımstansiyaları (DYS) və dərin girimli yarımstansiyaların qidalanması üçün nəzərdə tutulmuşdur. 330 kV gərginlikli şəbəkələr az hallarda istifadə olunur. 6, 10 və ya 35 kV gərginlikli paylayıcı şəbəkələr sənaye müəssisələrinin yarımstansiyalarının, kənd təsərrüfatı obyektlərinin yarımstansiyalarının və ümumiyyətlə müxtəlif təyinatlı transformator yarımstansiyalarının elektrik təchizatı üçün nəzərdə tutulmuşdur. 1 kV-dək gərginlikli paylayıcı şəbəkələr əsasən çox da böyük gücü olmayan elektrik tələbatçılarının qidalanması üçün istifadə olunur.

Elektrik şəbəkəsinin konfigurasiyasının seçilməsi onun iş rejimindən asılıdır. Ehtiyatlanma vacibliyi nəzərdə tutulmayan tələbatçıların elektrik təchizatı zamanı qapalı olmayan, yəni açıq şəbəkələr tətbiq olunur. Əgər tələbatçıların tərkibində birinci etibarlıq kateqoriyasına malik tələbatçılar varsa, onda şəbəkələr mürəkkəb qapalı tipdə həyata keçirilir. Bu normal iş rejiminin pozulması zamanı həmin tələbatçıların ikitərəfli elektrik təchizatının yerinə yetirilməsini təmin edir.

Müasir elektrik stansiyalarının generatorlarının hasil etdiyi gərginlik adətən 6-24 kV həddindədir. Bu gərginlikdə elektrik enerjisinin böyük məsafələrə ötürülməsi məqsədəuyğun sayılmır. Aşağı gərginliklə ötürülmə xətlərdə böyük güc və gərginlik itkilərinə gətirib çıxarır. Ona görə də, elektrik stansiyalarının generatorlarında hasil olunan gərginlik yüksəldici transformator yarımstansiyasında 110, 220, 330, 500 və 750 kV-a qədər yüksəldilərək elektrik veriliş xətləri (EVX) vasitəsilə müəyyən məsafəyə, oradan da tələbatçılara ötürülür. 1 kV-un 1 km-ə ötürülməsi iqtisadi cəhətdən daha əlverişli sayılır (məsələn, 35 kV-un 35 km-ə). EVX konstruksiyasına görə hava və ya kabel şəklində ola bilər [2].

***Hava elektrik veriliş xətləri.*** Belə xətlər uzun məsafəli konstruksiyaya malik olub, aşağıdakı hissələrdən ibarətdir: cərəyandaşıyıcı hissələr və ya izolə olunmamış (çılpaq) naqillər, mühafizə trosları, dayaq, izolyatorlar, xətt armaturları.

Hava xətlərinin naqilləri böyük gücə malik elektrik yüklərinin ötürülməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur və aşağıdakı əlamətlərə görə təsnif olunurlar:

- materialına görə;
- konstruksiyasına görə;
- tərkibindəki materialların sayına görə.

Hava EVX naqilləri materialına görə 3 əsas qrupa bölünürlər: alüminium, mis, polad. Alüminium naqillər A hərfi ilə işarələnir və yalnız çoxməftilli hazırlanır (16 mm<sup>2</sup> və daha böyük en kəsiyi ilə), mis naqillərlə müqayisədə daha az mexaniki möhkəmliyə və elektrik keçiriciliyinə malikdirlər (xüsusi elektrik keçiriciliyi  $\gamma = 32 \cdot 10^6$  sm/m). Lakin belə naqillərin qiyməti daha aşağıdır. Mis naqillər M hərfi ilə işarə olunur, keçiriciliyi yüksəkdir, əsasən partlayış təhlükəli zonalarda, həmçinin xəttin böyük buraxma qabiliyyəti tələb olunan hallarında (məsələn, elektricləşdirilmiş

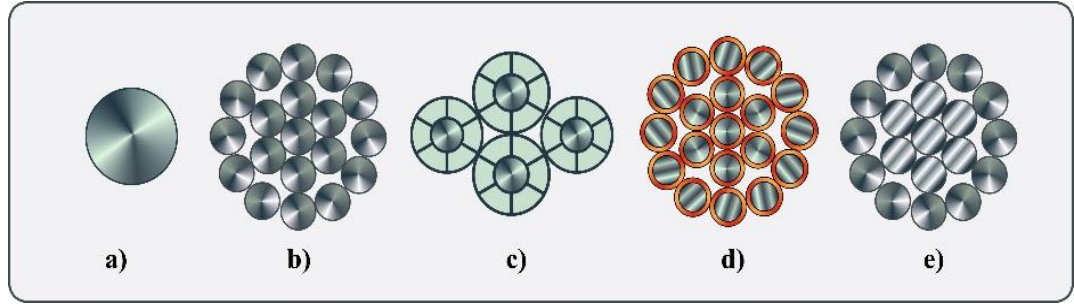
nəqliyyatın təmas şəbəkəsində) tətbiq olunurlar. Polad naqillər (PS, PMS, PSO) böyük mexaniki möhkəmliyə, lakin elektrik keçiriciliyinə görə ( $\gamma = 7,52 \cdot 10^6$  sm/m) digər naqillərə nisbətən aşağı keçiricilik xarakteristikasına malikdirlər. Onlar çox da böyük olmayan güclərin ötürülməsi zamanı tətbiq olunur (məsələn, kənd təsərrüfatı rayonlarında, regionlarında). Bundan əlavə kanat şəklində burulmuş polad naqillərdən ildırımın mühafizə troslarının hazırlanması üçün istifadə olunur.

Konstruksiyasına görə hava xətlərinin naqilləri birməftilli, çoxməftilli və özüaparıcı izolə olunmuş naqillərə bölünürlər. Birməftilli xətlər bir dairəvi məftildən hazırlanır və diametri 4, 6 və ya 10 mm<sup>2</sup> ölçüsündə olurlar (şəkil 1.2, a). Adətən 0,4-20 kV gərginlikli hava xətlərində istifadə olunur.

Böyük en kəsikli naqillər adətən çoxməftilli formada hazırlanır (şəkil 1.2, b). Çoxməftilli xətlərdə məftillərin sayı naqilin ümumi en kəsiyindən asılı olur (çox zaman 7, 12, 19 və 37 damarlı hazırlanır). Özüaparıcı izolə edilmiş naqillər (şəkil 1.2, c) sıfır potensiala malik polad-alüminium aparıcı damarına və onun üzərində yerləşdirilmiş izolə edilmiş alüminium damarlara malikdir. Belə naqillər EVX-ni əhəmiyyətli dərəcədə yüngülləşdirməyə imkan verir. Belə ki, onlar izolyatorların quraşdırılmasını və istismar zamanı xüsusi təhlükəsizlik tədbirləri tələb etmir.

İstifadə olunan materialların sayına görə naqillər monometal, bimetal və ya kombinə edilmiş olur. Monometal naqillər bir materialdan hazırlanır və birməftilli və ya çoxməftilli ola bilərlər. Bimetal naqillərdə (şəkil 1.2, d) iki metaldan istifadə olunur: yüksək elektrik keçiriciliyinin təmin olunması üçün mis və ya alüminium, mexaniki möhkəmliyi gücləndirmək üçün isə polad. Naqilin nüvəsi daha yüksək müqavimətə malik poladdan yerinə yetirilir ki, bu da elektrik keçiriciliyinə demək olar ki, təsir göstərmir.

Belə ki, naqilin daxilində (ortasında) səthi effekt hadisəsinin mövcudluğu ilə əlaqədar elektrik sahəsi praktik olaraq mövcud olmur. Hava EVX-də çox zaman çoxməftilli kombinə edilmiş naqillərdən istifadə olunur (şəkil 1.2, e): polad-alüminium (AS markalı), gücləndirilmiş polad-alüminium (ASU markalı), korroziyadan mühafizəyə malik polad-alüminium (ASK markalı). Belə naqillər gərginliyi 35 kV-dan yuxarı olan EVX-lərdə istifadə olunur [3].



Şək. 1.2. Elektrik enerjisinin ötürülməsi üçün hava EVX naqillərinin konstruksiyaları

Bildiyimiz kimi elektrik enerjisinin tələbatçılara ötürülməsi və onlar arasında paylanmasını təmin edən ən əsas element EVX-lərdir. Elektrik şəbəkələri isə EVX-lər vasitəsilə işlədiciyə fasiləsiz olaraq elektrik enerjisi ilə təmin etməlidir, çünki elektrik enerjisinin kəsilməsi sənaye müəssisələrində işin pozulmasına, istehsal olunan məhsulun miqdarının və keyfiyyətinin azalmasına və nəticədə müəssisəyə külli miqdarda zərər dəyməsinə səbəb olur. Elektrik şəbəkələrinin etibarlı işləməsi isə onların tərkib hissəsi olduğu enerji sistemlərinin etibarlılığını və bütövlükdə enerji təhlükəsizliyini təmin edir.

## 1.2. Elektrik şəbəkələri və onların müxtəlif iş rejimləri

**Elektrik şəbəkələrinə olan tələblər.** Müasir elektrik işlədiciyə elektrik enerjisi ilə əsasən energetika sistemlərindən qidalanır. Energetika sistemi dedikdə elektrik və istilik enerjisi istehsal edən, çevirən, ötürən, paylayan və istehlak edən sistem nəzərdə tutulur. Müasir elektrik şəbəkələrindən aşağıdakılar tələb edilir:

**Etibarlılıq.** Elektrik şəbəkələri işlədiciyə etibarlı sürətdə elektrik enerjisi ilə təmin etməlidir, çünki elektrik enerjisinin kəsilməsi sənaye müəssisələrində işin pozulmasına, istehsal olunan məhsulun miqdarının və keyfiyyətinin azalmasına və nəticədə xalq təsərrüfatına külli miqdarda zərər dəyməsinə səbəb olur. Elektrik şəbəkələrinin etibarlı işləməsi isə onların tərkib hissəsi olduğu enerji sistemlərinin etibarlılığını və bütövlükdə enerji təhlükəsizliyini təmin edir.

**İqtisadi səmərəlilik.** Şəbəkənin ilkin əsaslı xərcləri minimum, istismarı isə

qənaətli olmalıdır. Bu şərtin ödənilməsi üçün elektrik şəbəkəsi layihə edilərkən onun sxemi bir neçə variantda qəbul edilir. Bu variantlar texniki-iqtisadi cəhətdən müqayisə edilərək ən əlverişlisi seçilir.

**Elektrik enerjisinin yüksək keyfiyyətliliyi.** Elektrik şəbəkələri işlədiciləri yüksək keyfiyyətli enerji ilə təmin etməlidir. Məlumdur ki, elektrik enerjisinin keyfiyyəti dəyişən cərəyanın tezliyi və gərginliklə xarakterizə olunur. Dəyişən cərəyanın tezliyinin və gərginliyin qiymətini “Texniki istismar qaydaları”nın tələb etdiyi səviyyədə saxlamaq üçün sistemdə müəyyən ehtiyat güc saxlanılır və müxtəlif tənzimləmə qurğularından istifadə edilir.

Bunlardan əlavə, şəbəkələrin istismarı sadə və təhlükəsiz olmalı, həmçinin genişləndirilmə imkanı olmalıdır.

Elektrik işlədiciləri elektrik təchizatının etibarlığına görə üç kateqoriyaya bölünür:

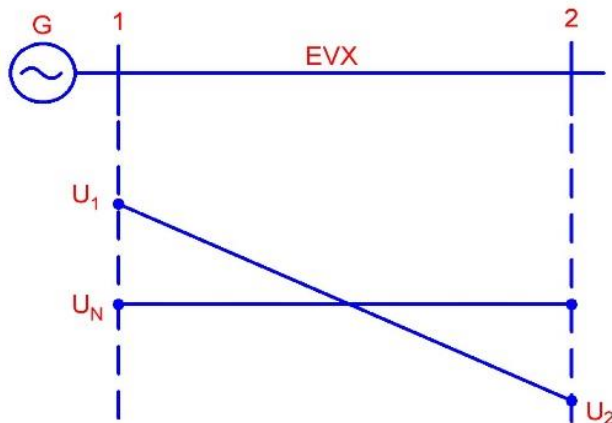
**I kateqoriya.** Bu kateqoriyaya elektrik enerjisi kəsilərkən insan həyatı üçün təhlükə törədə bilən, avadanlığın zədələnməsinə, istehsal olunan məhsulun keyfiyyətinin pisləşməsinə, mürəkkəb texnoloji proseslərin pozulmasına və s. səbəb olan işlədicilər daxildir. Bu kateqoriyaya daxil olan işlədicilər ən azı iki sərbəst mənbədən qidalanmalıdır. Onların enerjisiz qalmasına yalnız ehtiyat xəttin avtomatik olaraq qoşulmasına qədər icazə verilir.

**II kateqoriya.** Bu kateqoriyaya elektrik enerjisi kəsilərkən istehsal edilən məhsulun külli miqdarda azalmasına, işçilərin müəyyən müddət işsiz qalmalarına, müəssisə və şəhər nəqliyyatının fəaliyyətinin müəyyən müddət pozulmasına və s. səbəb olan işlədicilər daxildir. Bu kateqoriyaya daxil olan işlədicilərin enerjisiz qalmasına ehtiyat xəttin işçi heyət tərəfindən qoşulmasına qədər icazə verilir.

**III kateqoriya.** Bu kateqoriyaya nisbətən az məsuliyyətli işlədicilər, məsələn, sənaye müəssisələrinin istehsal prosesində az iştirak edən ayrı-ayrı sexləri, xırda müəssisələr, kiçik yaşayışməntəqələri, kənd təsərrüfatı işlədiciləri və s. daxildir. Bu kateqoriyaya daxil olan işlədicilərin enerjisiz qalmasına xəttin zədələnmiş hissəsinin təmir edilməsi, yaxud dəyişdirilməsinə qədər icazə verilir.

**Elektrik şəbəkələrinin nominal gərginlikləri.** Elektrik avadanlıqlarının

normal və faydalı işləməsini təminlədən gərginliyə nominal gərginlik deyilir. Hər bir elektrik şəbəkəsi ondan qidalanan işlədicinin nominal gərginliyi ilə xarakterizə olunur. Həqiqətdə elektrik şəbəkələrində müəyyən gərginlik itkisi əmələ gəldiyindən işlədicilərə verilən gərginliyin qiyməti onların nominal gərginliyindən fərqli olur. Həqiqi gərginliyin qiyməti işlədicilərin iş rejimindən asılı olaraq dəyişir. “Texniki istismar qaydaları”na əsasən şəbəkələrin normal iş rejimlərində işlədicilərə verilən həqiqi gərginliyin qiyməti nominal gərginlikdən  $\pm 5\%$ -dən çox fərqlənməməlidir. Başqa sözlə, xəttin əvvəlindəki gərginlik ( $U_1$ ) nominal gərginlikdən ( $U_N$ ) yalnız  $5\%$ -ə qədər çox olmalı, xəttin sonundakı gərginlik ( $U_2$ ) isə nominal gərginlikdən ( $U_N$ ) yalnız  $5\%$ -ə qədər az olmalıdır (şəkil 1.3).



Şək. 1.3. Xəttin uzunluğu boyu gərginliyin təxmini dəyişməsi

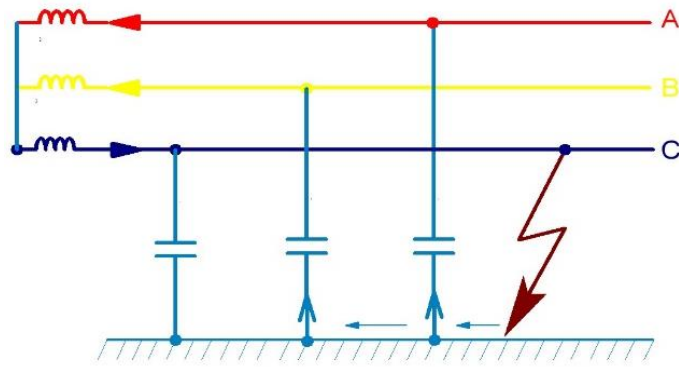
**Elektrik şəbəkələrində neytralın iş rejimləri.** Elektrik şəbəkəsində istismarın təhlükəsizliyi, elektrik avadanlıqlarının qənaətlili və etibarlı işləməsi, həmçinin işlədicilərin fasiləsiz elektrik enerjisi ilə təchiz olunması neytralın iş rejimi ilə əlaqədardır. “Elektrik qurğularının quruluş qaydaları”na (EQQQ) əsasən gərginliyi 1000 V-dan yüksək olan şəbəkələrdə neytralın əsas üç iş rejimi mövcuddur:

1. Yerdən izolə edilmiş neytral;
2. Kompensasiya edilmiş (QSR vasitəsi ilə yerlə birləşdirilmiş) neytral;
3. Bilavasitə yerlə birləşdirilmiş neytral.

Gərginliyi 35 kV-a qədər olan şəbəkələrdə transformatorun neytrali ya yerdən izolə olunmuş, ya da kompensasiya olunmuş şəkildə olur. Şəkil 1.4-də neytralı izolə



olunmuş yüksək gərginlik şəbəkəsinin sxemi göstərilmişdir. Neytralı izolə olunmuş şəbəkələrdə hər hansı fazın, məsələn, C fazının yerlə qapanması zamanı həmin fazın yerə nəzərən gərginliyi sıfır olur, sağlam A və B fazlarının yerlə nəzərən gərginlikləri isə  $\sqrt{3}$  dəfə artır, yəni xətti gərginliyə bərabərləşir. Bu halda zədələnmiş C fazının tutum cərəyanı sıfıra bərabər olur. Sağlam A və B fazlarının tutum cərəyanları da  $\sqrt{3}$  dəfə artır. Nəticədə, şəbəkənin tutum cərəyanı yerlə qapanma nöqtəsindən qapanır.

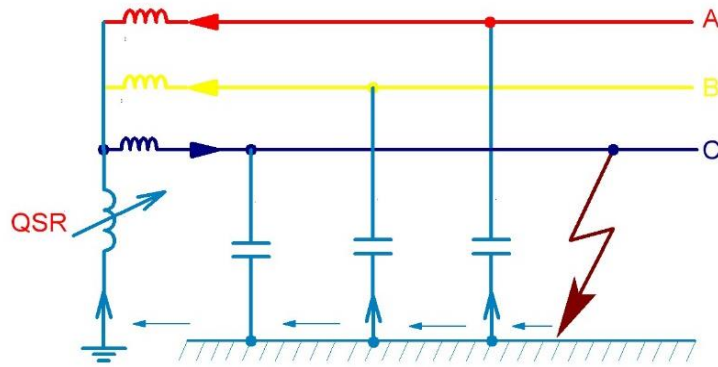


Şək. 1.4. Neytralı izolə olunmuş yüksək gərginlik şəbəkəsinin sxemi

Əgər yerlə qapanma nöqtəsində zədələnmiş fazın gərginliyi sıfıra bərabər olmazsa, onda həmin nöqtədə təkrar yanıb-sönən qövs əmələ gəlir ki, bu da şəbəkənin tutumu ilə induktivliyi arasında yüksək tezlikli sərbəst elektrik rəqslərinin yaranmasına və nəticədə şəbəkədə ifrat gərginliyin əmələ gəlməsinə səbəb olur. İfrat gərginlik isə şəbəkənin izolyasiyası üçün təhlükə törədir.

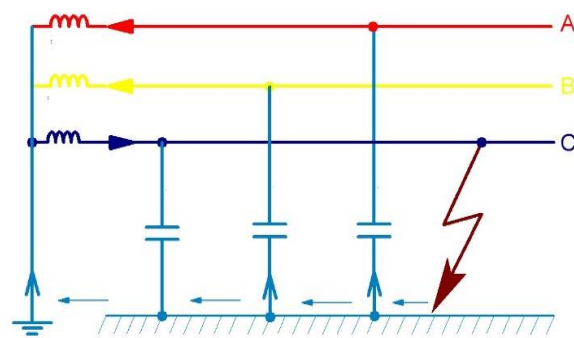
Qeyd etmək lazımdır ki, neytralı izolə olunmuş şəbəkələrdə birfazlı yerlə qapanma zamanı xətti gərginliyin qiyməti dəyişmədiyindən elektrik işlədiciləri bunu hiss etməyərək öz normal iş rejimini davam etdirir, yəni enerji təchizatının etibarlılığı pozulmur. Bu, göstərilən sistemin müsbət cəhətidir. Belə sistemin mənfi cəhəti ondan ibarətdir ki, fazın birinin yerlə qapanması zamanı yaranan ifrat gərginlik şəbəkənin izolyasiyası üçün təhlükə törədir. EQQQ-yə əsasən elektrik təchizatının etibarlılığını artırmaq və təhlükəsizliyi daha da möhkəmlətmək üçün gərginliyi 6, 10 və 35 kV olan şəbəkələrdə yerlə qapanma tutum cərəyanı 30, 20 və 10 A-dən böyük olduqda transformatorun neytralı tənzim olunan induktiv müqavimət vasitəsi ilə yerlə

birləşdirilir (şəkil 1.5). Adətən, induktiv müqavimət əvəzinə qövssöndürən reaktordan (QSR) istifadə olunur [1, 2].



Şək. 1.5. Neytralı kompensasiya olunmuş şəbəkə

Belə şəbəkənin normal iş rejimində QSR-dən cərəyan axmır. Lakin şəbəkənin fazlarından birinin yerlə qapanması zamanı transformatorun neytralında yaranan yerdəyişmə gərginliyinin təsirindən QSR-dən induktiv xarakterli cərəyan axmağa başlayır. Bu cərəyan yerlə qapanma nöqtəsindən qapanır. QSR-in müqavimətini tənzimləməklə induktiv cərəyanın qiymətini yerlə qapanma tutum cərəyanına bərabərləşdirmək olur. Bu zaman yerlə qapanma tutum cərəyanı tam kompensasiya edilir. Lakin praktik olaraq cərəyanın tam kompensasiya edilməsinə icazə verilmir, çünki sistemdə yerlə qapanmaya qarşı qoyulan rele mühafizəsinin işləməsi üçün yerə azacıq da olsa cərəyan axmalıdır. Neytralın izah etdiyimiz bu rejimi də əvvəlki rejim kimi yerlə qapanma cərəyanının az (500 A-dən az) olması ilə xarakterizə edilir. Gərginliyi 110 kV və daha yüksək olan şəbəkələrdə transformatorun neytralı bilavasitə yerlə birləşdirilir (şəkil 1.6).



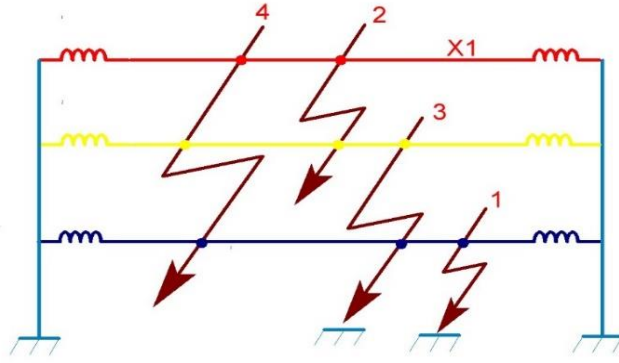
Şək.1.6. Neytralı bilavasitə yerlə birləşdirilən şəbəkə

Belə şəbəkələrdə fazlardan birinin təsadüfən yerlə qapanması nəticəsində sağlam fazların yerə nəzərən gərginliyinin  $\sqrt{3}$  dəfə artmasına yol vermək olmaz. Çünki, gərginliyi 110 kV və daha yüksək olan aparatların normadan artıq izolyasiya ehtiyatı xeyli az olur. Belə ki, izolyasiya ehtiyatının artırılması aparatların bahalaşmasına səbəb olur. Ona görə də belə şəbəkələrdə bilavasitə (müqavimətsiz) yerlə birləşdirilən neytralın olması daha əlverişlidir. Bu halda fazlardan birinin yerlə qapanması birfazlı qısaqapanmaya keçir və sistemdə qoyulmuş rele mühafizəsi zədələnmiş şəbəkə hissəsini dərhal açır. Elektrik təchizatının etibarlılığını artırmaq üçün belə şəbəkələrdə rele mühafizəsi ilə yanaşı olaraq avtomatik təkrar qoşulma (ATQ) qurğusu da qoyulur. Rele mühafizəsi xətti açdıqdan sonra ATQ qurğusu xətti mənbəyə qoşur, əgər qəza ləğv olunubsa, şəbəkə öz normal iş rejimində işləməyə başlayır. Belə şəbəkələrdə yerlə qapanma cərəyanı 500 A-dən çox olur. Qeyd etmək lazımdır ki, gərginliyi 1000 V-dan aşağı olan şəbəkələrdə transformatorun neytralı ya yerdən izolə edilir, ya da bilavasitə yerlə birləşdirilir.

**Enerji sistemlərində zədələnmələr və qeyri-normal iş rejimləri.** Elektroenergetika sistemlərində müxtəlif zədələnmələrin və qeyri-normal rejimlərinin əmələ gəlməsi baş verə bilər. Zədələnmələrinin əsas növlərindən biri qısa qapanmalar sayılır. Normal iş şəraitində nəzərdə tutulmayan fazalararası qapanmaya, neytralı torpaqlanmış sistemlərdə isə bir və ya bir neçə fazanın yerlə qapanmasına qısaqapanma deyilir. Qısa qapanmalar cərəyanın kəskin artması, eyni zamanda gərginliyin azalması ilə müşayiyyət olunur. Cərəyanın artması elektrik avadanlıqlarının yolverilməz qızmasına və dinamik zədələnmələrinə səbəb olur, bu da elektroenergetika sisteminin normal iş rejiminin pozulmasına gətirib çıxarır. Gərginliyin azalması isə generatorların və mühərriklərin sinxron işinin pozulması və sistemin dayanıqlığının itməsi ilə nəticələnir. Elektrik şəbəkələrində aşağıdakı növ qısa qapanmalar olur:

1. Neytralı torpaqlanmış şəbəkələrində birfazlı yerlə qısa qapanmalar (yaranma ehtimalı 60-90 % təşkil edir);
2. İkfazlı qısa qapanmalar (yaranma ehtimalı 2-15 % təşkil edir);
3. İkfazlı yerlə qısa qapanmalar (yaranma ehtimalı 5-20 % təşkil edir);

4. Üçfazlı qısa qapanmalar (yaranma ehtimalı 1-7 % təşkil edir.



Şək. 1.7. Qısa qapanmaların növləri

Elektroenergetika sistemində qeyd edilən qeyri-normal iş rejimləri yarana bilər: artıq yüklənmələr (simmetrik və ya qeyri-simmetrik); tezliyin dəyişməsi; gərginliyin artması və ya azalması; asinxron rejimi; neytralı izolə olunmuş şəbəkələrdə bir fazanın yerlə qapanması. Qısa qapanmalar zamanı qəzanın aradan qaldırılması üçün sistemin zədələnmiş hissəsi mümkün qədər tez açılmalıdır. Qısa qapanmalardan fərqli olaraq texniki normalarına görə qeyri-normal rejimlərində elektroenergetika sisteminin işi müəyyən müddət ərzində davam oluna bilər. Bu halda sistemin normal iş rejiminin pozulması barədə avtomatik olaraq siqnal verilməlidir ki, texniki personal qeyri-normal rejiminin aradan qaldırılması üçün lazımı tədbirlər görsün.

Beləliklə, zədələnmiş elementlərinin açılması və normal iş rejiminin pozulması barədə qəza siqnallarının verilməsi RMA qurğuları tərəfindən yerinə yetirilir.

## I FƏSİLİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ

Magistr dissertasiyasında aparılan ədəbiyyat icmalı və tədqiqatlar aşağıdakı nəticələrə gəlməyə imkan verir:

1. Elektrik veriliş xətləri haqqında ümumi məlumatlar verilmişdir;
2. Elektrik şəbəkələrinə olan tələblər araşdırılmışdır;
3. Elektrik şəbəkələrində neytralin iş rejimləri tədqiq edilmişdir;
4. Enerji sistemlərində zədələnmələr və qeyri-normal iş rejimləri aşkar edilmişdir.

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ**  
**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**  
**YÜKSƏK TƏHSİL İNSTİTUTU**

**Babayev Cəmil Rövşən oğlu**

**ELEKTRİK VERİLİŞ XƏTTLƏRİNDƏ TƏTBİQ EDİLƏN**  
**MÜASİR MÜHAFİZƏ SİSTEMLƏRİNİN TƏHLİLİ**

**altmövzusunda**

**MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI**

**İxtisas: 060628 – Proseslərin avtomatlaşdırılması mühəndisliyi**

**İxtisaslaşma: “Texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılması və idarə edilməsi”**

**Elmi rəhbər:**

**t.f.d., dos. Yolçuyev İmran Alı oğlu**

**BAKI - 2024**

## II FƏSİL. ELEKTRİK VERİLİŞ XƏTLƏRİNDƏ TƏTBİQ EDİLƏN MÜASİR MÜHAFİZƏ SİSTEMLƏRİNİN TƏHLİLİ

### 2.1. Elektrik veriliş xətlərinin mühafizəsinə qoyulan əsas tələblər

EVX-nin mühafizəsinin effektiv işini təmin etmək məqsədilə qeyd edilən əsas tələblər yerinə yetirilməlidir: etibarlılıq, selektivlik, stabillik, həssaslıq, cəld təsir.

**Etibarlılıq.** Etibarlılıq aşağıdakı faktorlardan asılı olur:

- Düzgün dizayn/ ayarlar;
- Düzgün quraşdırma/diaqnostika, yoxlama;
- Texniki xidmətin düzgün təşkil edilməsi.

**Dizayn.** Mühafizə sxeminin düzgün dizayn edilməsi birinci və əsas məsələlərdən biridir. Mühafizə sxeminin düzgün seçilməsi mühafizənin istənilən şəraitdə düzgün fəaliyyət göstərməsinin və lazım gəldikdə işdən çıxarılmasının qarantıdır. Mühafizə sistemi layihələndirildikdə hər bir əsas mühafizənin ehtiyat mühafizəsi də olmalıdır.

**Ayarlar.** Rele mühafizəsi qurğularının ayarları lazımi tələbləri: sistemin parametrlərini, yükün qiymətini, qəzaları, dinamik tələbləri və s. nəzərə almalıdır. Məlum olduğu kimi sistem parametrləri yükün qiymətindən asılı olaraq dəyişilir və ona görə də mühafizənin qoyuluş qiymətləri müəyyən intervalada dəyişilmək imkanına malik olmalıdır.

**Quraşdırma.** Mühafizə sisteminin düzgün quraşdırılması vacib məsələlərdəndir, belə ki, mühafizə sistemləri arasındakı düzgün olmayan birləşmələr nəticədə mühafizənin yoxlanmasını çətinləşdirə bilər.

**Diaqnostika.** Diaqnostika mühafizə sistemlərinin bütün sahələrini əhatə etməlidir. Düzgün olmayan diaqnostika mühafizənin səhif işləmə ehtimalını artırır və etibarlılığını azaldır.

**Texniki xidmətin düzgün təşkil edilməsi.** Zaman keçdikcə rele mühafizə qurğularının texniki istismar parametrləri daxili və xarici faktorların təsiri nəticəsində pisləşir. Məsələn: kontaklar tez-tez baş verən əməliyyatlar nəticəsində kobud və yanıq vəziyyətə düşə və yaxud da ətraf mühitin təsiri nəticəsində çirklənə bilər, dolaqların və digər sxemlərin bütövlüyü və elektron hissələrin fəaliyyəti pozula bilər. Bu da öz növbəsində mühafizənin səhif işləməsinə səbəb ola bilər.

**Selektivlik.** Selektivlik zədələnmə zamanı yalnız həmin hissə üçün birinci növbədə nəzərdə tutulmuş açarların işləyib zədələnməni aradan qaldırmasıdır. Daha dəqiq zədələnmə yerinin düzgün seçmək qabiliyyətidir.

**Stabillik.** Stabillik mühafizənin təsir zonasından kənarında baş verən zədələnmələr və yaxud da digər təsirlər zamanı mühafizənin düzgün fəaliyyət göstərmək qabiliyyətidir.

**Həssaslıq.** Rele mühafizəsi öz təsir zonasında bütün hallarda zədələnməni hiss edib onu aradan qaldırmalıdır. Əksər hallarda rele mühafizəsi o vaxt həssas sayılır ki, əsas işləmə parametrləri ən kiçik olsun.

**Cəld təsir.** Zədələnmələr zamanı həmin element nə qədər tez açılırsa, sistemin işdə qalan elementləri və tələbatçıları üçün bir o qədər yaxşıdır. Rele mühafizəsinin cəld təsiri aşağıdakı səbəblərə görə vacibdir:

1. Transformatorların, mühərriklərin, çevrici qurğuların və bütünlükdə sistemin dayanıqlığı artır.

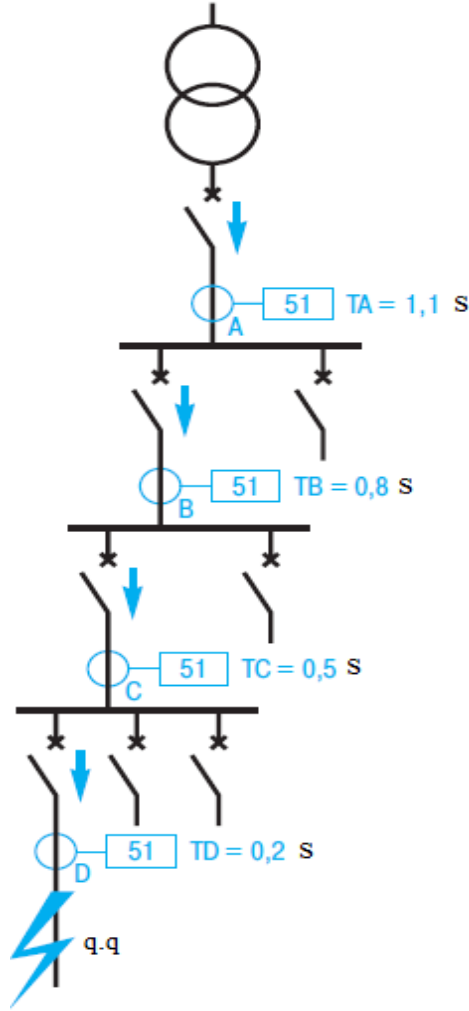
2. İşlədicilərin aşağı gərginlik şəraitindəki işləmə müddəti azalır ki, bu da öz növbəsində mühərriklərin qısaqapanmanın açılmasından sonra öz-özünə işə düşməsini asanlaşdırır.

3. Zədələnmələrin həcmi azalır.

4. ATQ-nin və EAQ-nın effektivliyi artır.

Rəqəmli texnikanın köməyi ilə rele mühafizəsinin selektiv işini təmin etmək üçün əsasən qeyd edilən üsullardan istifadə edilir: zamana görə, cərəyana görə, istiqamətə görə, məntiqi selektivlik və qarışıq selektivlik.

**Zamana görə selektivlik.** Zamana görə selektivliyin əldə edilməsi şəkil 2.1-də göstərilmişdir. Selektivliyin bu formasından əsasən radial sxemlərdə istifadə olunur. Sonuncu xətdə baş verən zədələnməni bütün maksimal cərəyan releləri hiss edir.

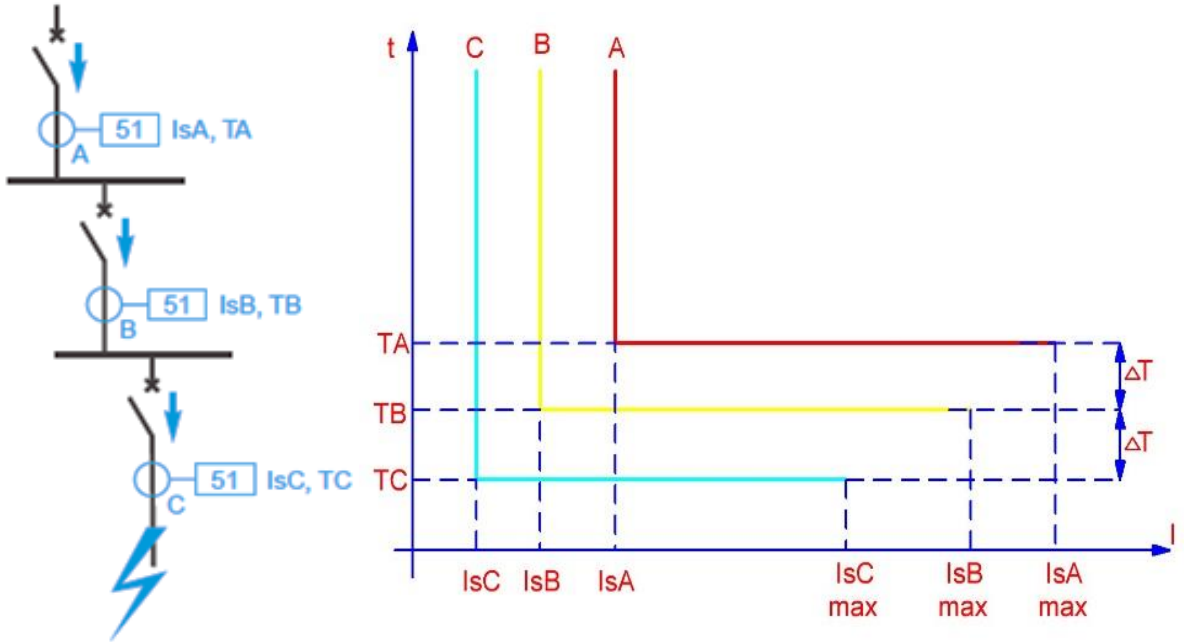


Şək. 2.1. Zamana görə selektivliyin sxemi

Lakin relelər arasında müxtəlif işləmə vaxtlarının olmasına görə zədələnmə D relesi vasitəsilə aradan qaldırıldıqdan sonra digər relelər əvvəlki normal vəziyyətinə qayıdırlar. İki ardıcıl rele arasındakı vaxt fərqi selektivlik intervalı adlanır və adətən 0.3 san götürülür. Zamana görə selektivliyin üstün cəhəti budur ki, selektivliyin əldə edilməsi çox asan başa gəlir. Lakin pillələrin sayı çoxaldıqca mənbə tərəfdən böyük dözmə müddətinin alınması yolverilməzdir [4].

Zamana görə selektivliyi əsasən iki formada: asılı olmayan dözmə müddətli və əks asılı dözmə müddətli yerinə yetirmək olar. Asılı olmayan dözmə müddətli MCM şəkil 2.2-də göstərilmişdir.



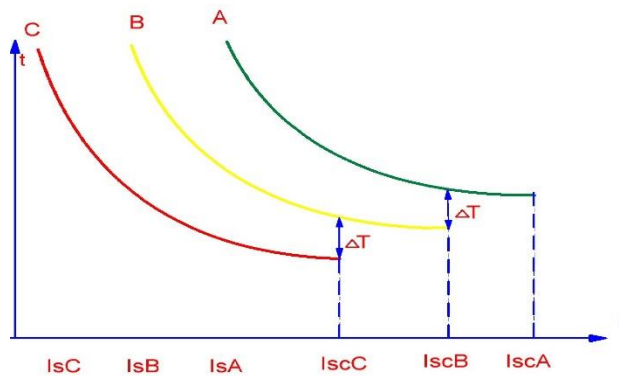


Şək. 2.2. Asılı olmayan dözmə müddətli MCM

Aydın məsələdir ki, bu halda  $I_{sA} > I_{sB} > I_{sC}$  və  $T_A > T_B > T_C$  olur. Burada  $I_{sA}$ ,  $I_{sB}$ ,  $I_{sC}$  və  $T_A$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  uyğun olaraq relələrin işləmə parametrləridir.  $\Delta T$  selektivlik intervalı adətən 0.3 san götürülür.

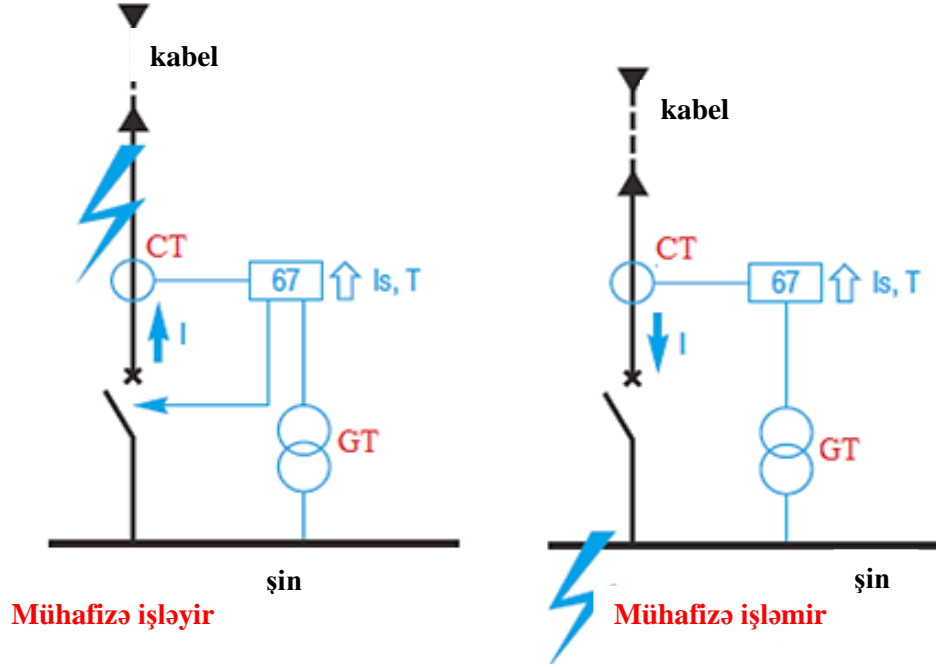
Əks asılı dözmə müddətli MCM-ni yerinə yetirən zaman  $\Delta T$  selektivlik intervalı cərəyanların maksimum qiymətlərinə əsasən sazlanır və bu zaman eyni əyridən istifadə etmək lazımdır ki, kəsişmə olmasın.

Mühafizənin işləmə cərəyanları  $I_{sA} > I_{sB} > I_{sC}$  kimi götürülür (şəkil 2.3). Qeyd edək ki, əks asılı dedikdə burada cərəyanın qiymətinin artması ilə işləmə müddətinin azalması nəzərdə tutulur.



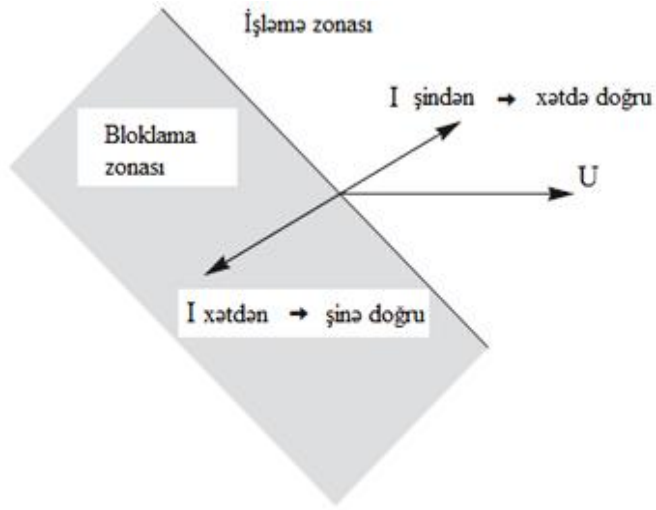
Şək. 2.3. Əks asılı dözmə müddətli MCM

**İstiqamətə görə selektivlik.** İki tərəfdən bəslənən xətlərdə q.q. baş verdikdə selektivliyi təmin etmək məqsədilə istiqamətli MCM tətbiq edilir. İstiqaməti təyin etmək üçün releyə həm cərəyanın və həm də gərginliyin sinusoidası daxil edilməlidir (şəkil 2.4).

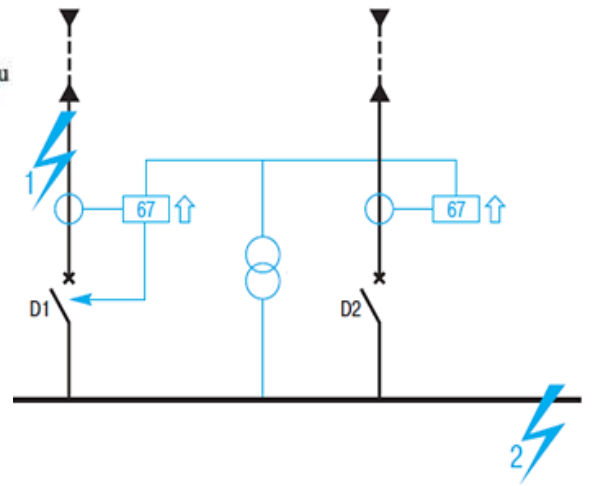


Şək. 2.4. İstiqamətə görə selektivliyin sxemi

Mühafizə reləsi bu halda cərəyan və gərginliyin arasındakı bucağa əsasən q.q. cərəyanının şindən xətdə doğru və yaxud əksinə olduğunu təyin edəcəkdir (şəkil 2.5). İstiqamətli cərəyan mühafizəsinin tətbiqinə dair aşağıdakı şəkildə göstərilmişdir (şəkil 2.6). 1-nöqtəsində baş verən q.q. zamanı yalnız D1-in mühafizəsi zədələnməni aşkar edir. D2-nin mühafizəsi şindən xətdə doğru olduğu üçün zədələnməni aşkar etmir. 2 - nöqtəsində baş verən zədələnmə zamanı isə heç biri işləmir. Bu halda şinin mühafizəsi işləməlidir. Bu mühafizə sadə başa gəlir və çox hallarda digər mühafizələr ilə birlikdə tətbiq edilir. Lakin mühafizəni qurmaq üçün gərginlik transformatoruna ehtiyac var.

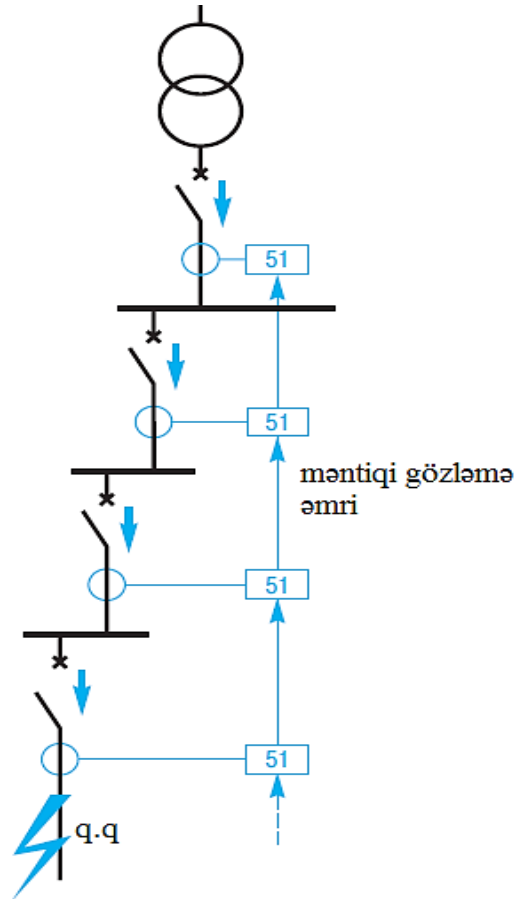


Şək. 2.5. Cərəyan və gərginliyin arasındakı bucaq



Şək. 2.6. 1 və 2 nöqtəsindəki zədələnmələr

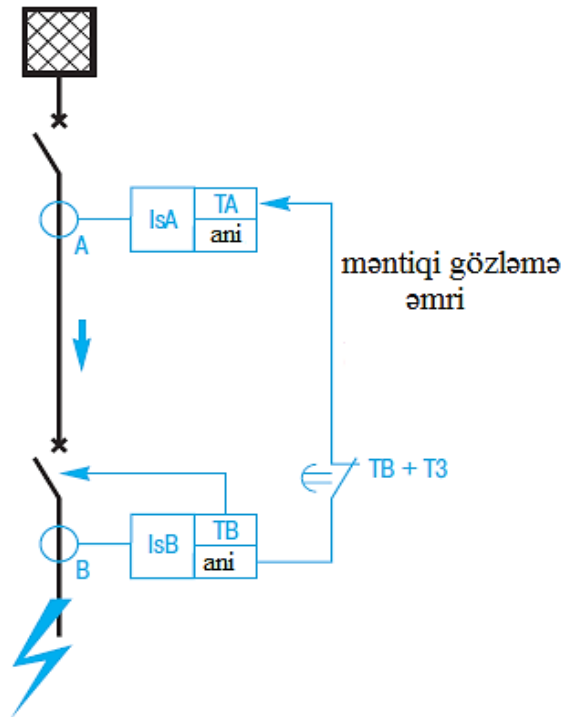
**Məntiqi selektivlik.** Məntiqi selektivlik zamana görə selektivliyin çatışmamazlıqlarını aradan qaldırmaq üçün yerinə yetirilir. Xüsusən radial sxemlərdə zədələnməni tez bir zamanda aradan qaldırmaq imkanına malikdir (şəkil 2.7).



Şək. 2.7. Məntiqi selektivliyin sxemi

Relelər arasındakı məntiqi gözləmə əmrinin ötürülməsi mənbə tərəfdən zədələnməni tez bir zamanda aradan qaldırmaq imkanı yaradır. Adətən relelər arasındakı əlaqələr fiber optik əlaqə kanalları vasitəsilə yerinə yetirilir. Mühafizənin işləməsi hər relenin özündən bir pillə əvvəlkinə məntiqi gözləmə əmrini ötürməklə reallaşdırılır. Zədələnmə zamanı bütün relelər işləyərək özlərindən bir pillə yuxarıdakı releyə məntiqi gözləmə əmrini ötürür. Bu zaman hansı releyə ki, məntiqi gözləmə əmrini gəlmişdir həmin rele müəyyən dözmə müddəti ilə açmaya işləyir.

Şəkil 2.8-də məntiqi selektivliyin yerinə yetirilməsi göstərilmişdir. B nöqtəsində q.q. olduqda B reləsi A reləsinə məntiqi gözləmə əmrini göndərərək onu bloklayır. Əgər B reləsinə özündən bir pillə aşağıdan məntiqi gözləmə əmrini gəlməmişdirsə, onda TB müddətində işləyəcəkdir. A reləsinin gözləmə vaxtı  $TB+T3$  bərabər olur. T3 açarın tam açma müddətidir (çox vaxt 200msan götürülür). Beləliklə əgər zədələnmə B reləsi vasitəsilə aradan qaldırılmazsa, bu halda A reləsi  $TB+T3$  müddətindən sonra işləyəcək. Əgər q.q. A və B arasında olarsa, A reləsi TA müddətindən sonra zədələnməni aradan qaldıracaq.

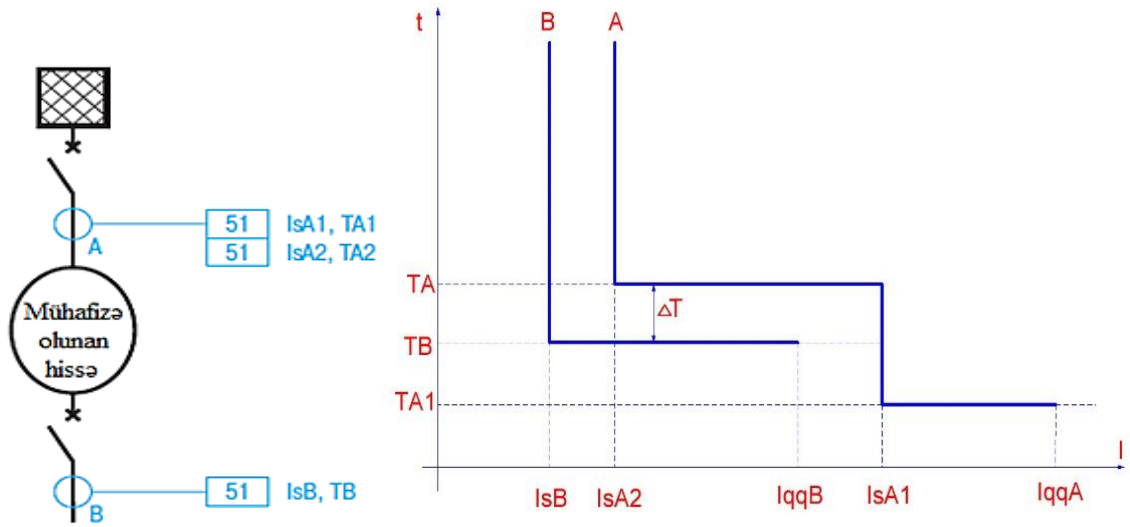


Şək. 2.8. A və B reləsinə görə məntiqi selektivliyin tətbiqi

**Qarışıq selektivlik.** Qarışıq selektivliyi praktiki yerinə yetirmək üçün aşağıda müxtəlif variantları göstərilmişdir.

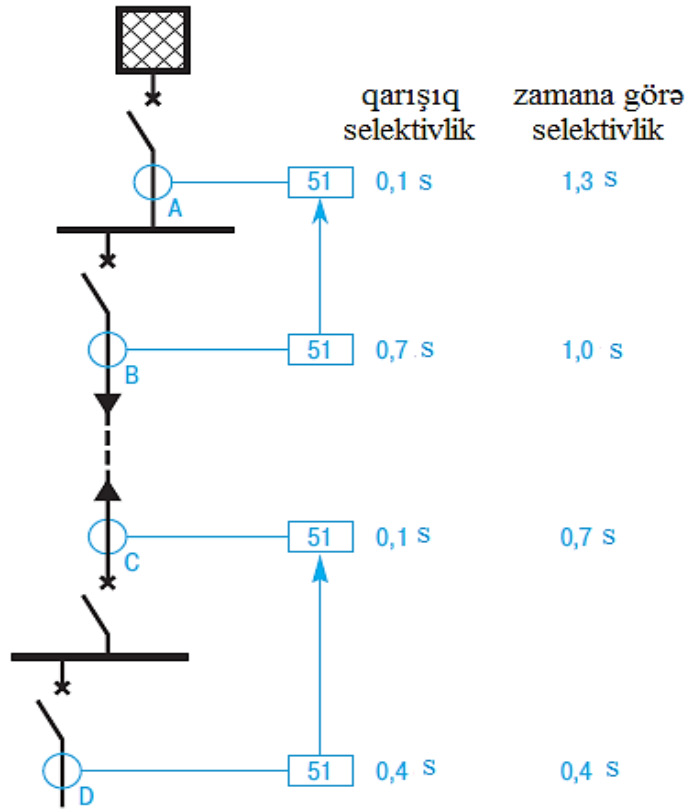
- Cərəyan + zamana görə
- Məntiqi + zamana görə
- Zamana + istiqamətə görə
- Məntiqi + istiqamətə görə

Cərəyan və zamana görə selektivlik aşağıdakı şəkil 2.9-da göstərilmişdir.



Şək. 2.9. Cərəyan və zamana görə selektivliyin sxemi

Məntiqi və zamana görə selektivlik 2.10-cu şəkildə göstərilmişdir. Şəkildə göstərildiyi kimi məntiqi selektivlik A və B, C və D arasında, zamana görə selektivlik isə D və B arasında ( $TB=TD+\Delta T$ ) yerinə yetirilir. Bu halda B və C releləri arasında uzun olan məntiqi əlaqənin qurulmasına ehtiyac qalmır.



Şək. 2.10. Məntiqi və zamana görə selektivliyin sxemi

## 2.2. Elektrik veriliş xətlərində tətbiq edilən mühafizələr

Aşağıdakı cədvəldə müxtəlif mühafizələrin bəzilərinin ANSI C37.2 standartına əsasən kodlanması göstərilmişdir.

Cədvəl 2.1.

*Mühafizələrin ANSI C37.2 standartına əsasən kodlanması*

<b>KOD ANSI</b>	<b>MÜHAFİZƏ ADI</b>
<b>21</b>	<i>Distansion mühafizə</i>
<b>27</b>	<i>Minimal gərginlik mühafizəsi</i>
<b>32P</b>	<i>İstiqamətli maksimal aktiv güc mühafizəsi</i>
<b>49</b>	<i>Temperatur mühafizəsi</i>
<b>50</b>	<i>Maksimal cərəyan mühafizəsi(MCM), ani</i>
<b>50BF</b>	<i>Açarın imtinasından mühafizə</i>
<b>50N və 50G</b>	<i>Yerlə qapanmadan MCM, ani</i>
<b>51</b>	<i>Dözmə müddətli MCM</i>
<b>51N və 51G</b>	<i>Yerlə qapanmadan dözmə müddətli MCM</i>
<b>59</b>	<i>Maksimal gərginlik mühafizəsi</i>

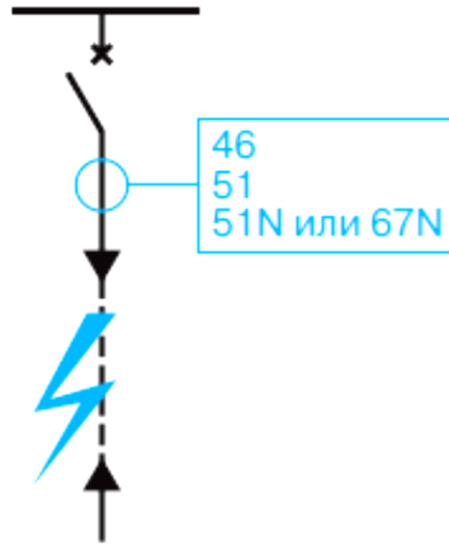
<b>59N</b>	<i>Sıfır ardıcılıqlı maksimal gərginlik mühafizəsi</i>
<b>64REF</b>	<i>Yerlə qapanmadan diferensial mühafizə</i>
<b>67</b>	<i>İstiqamətli MCM</i>
<b>67N/67NC</b>	<i>Yerlə qapanmadan istiqamətli MCM(neytralı kompensasiya edilmiş)</i>
<b>79</b>	<i>Avtomatik təkrar qoşma(ATQ)</i>
<b>81H</b>	<i>Maksimal tezlik mühafizəsi</i>
<b>81L</b>	<i>Minimal tezlik mühafizəsi</i>
<b>87T</b>	<i>Transformatorların diferensial mühafizəsi</i>
<b>87G</b>	<i>Generatorların diferensial mühafizəsi</i>
<b>87L</b>	<i>Xətlərin diferensial mühafizəsi</i>
<b>87B</b>	<i>Şinlərin diferensial mühafizəsi</i>
<b>87M</b>	<i>Mühərriklərin diferensial mühafizəsi</i>

Xətlərdə əsasən qeyd edilən mühafizələr sistemləri tətbiq edilir: ANSI 49RMS, ANSI 51, ANSI 46, ANSI 51N, ANSI 67N, ANSI 87L, ANSI 21.

ANSI 49RMS - xətlərin artıq yüklənməsinə qarşı istifadə edilən mühafizə sayılır. İş prinsipi cərəyanın qiymətindən asılı olaraq ayrılan istiliyin miqdarına əsaslanır.

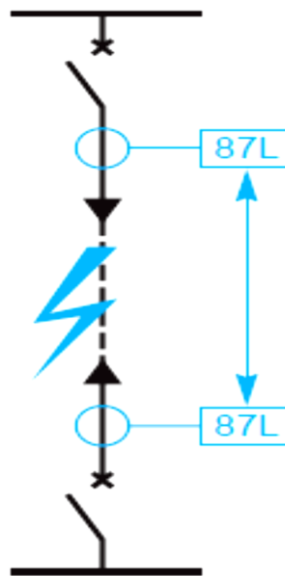
ANSI 51 - MCM-si dözmə müddətilə qısaqapanmalardan mühafizə üçün istifadə edilir. Bəzən uzaq ikifazlı qısaqapanmalar zamanı cərəyanların qiyməti o qədər də böyük olmur, bu zaman əks ardıcılıqlı MCM (ANSI 46) daha etibarlı sayılır.

Yerlə birfazlı qısa qapanmalardan mühafizə etmək üçün dözmə müddətli MCM (ANSI 51N) istifadə edilir. Tutum cərəyanlarının çox olduğu xətlərdə, xüsusilə kabellərdə yerlə qapanmalardan istiqamətli sıfır ardıcılıqlı maksimal cərəyan mühafizəsi (ANSI 67N) quraşdırılır (şəkil 2.11).



Şək. 2.11. İstiqamətli sıfır ardıcılıqlı MCM (ANSI 67N)

Xətlərdə dözmə müddətsiz zədələnmələri aradan qaldırmaq üçün diferensial (ANSI 87L) və distansion (ANSI 21) mühafizələrdən istifadə edilir. Diferensial mühafizə daha etibarlı sayılır və çox vaxt hissə diferensial alqoritm istifadə edilir (şəkil 2.12).



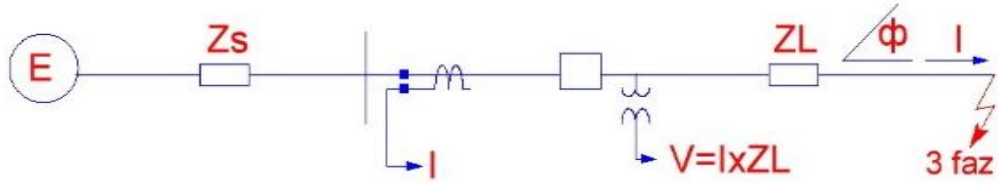
Şək. 2.12. Diferensial mühafizə (ANSI 87L)

Distansion mühafizə əsasən mürəkkəb konfigurasiyaya malik qapalı sxemlərdə (paralel xətlər, çox mənbəli sistemlər) istifadə edilir. Distansion mühafizənin işləmə prinsipi Z-tam müqavimətin məsafədən asılı olaraq dəyişməsinə əsaslanır şəkil 2.13-də göstərilmişdir. Qeyd edək ki, distansion mühafizənin rəqəmli relelərdə əsasən

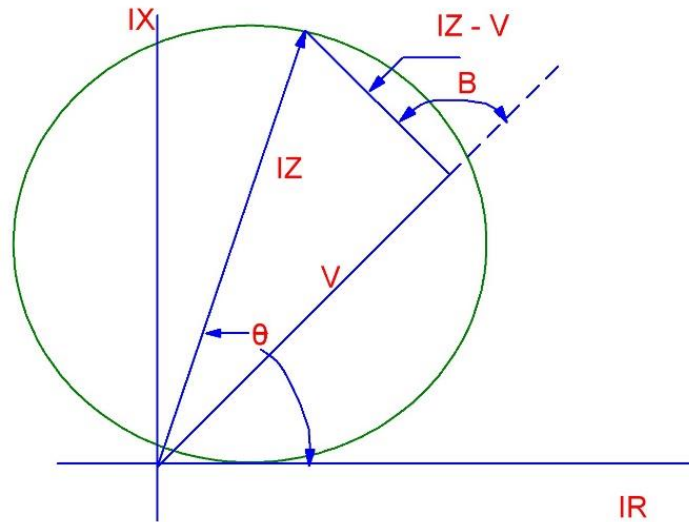


dairəvi və dördbucaqlı xarakteristikasından istifadə edirlər. Dairəvi xarakteristika şəkil 2.14-də göstərilmişdir. Bu diaqram R-X diaqramının eynidir yalnız fərq müqavimətlərin vektorlarının I cərəyanı vasitəsilə yazılmasına görə yaranır [4,11].

Distansion mühafizənin işləmə prinsipi gərginlik və cərəyanın ölçülməsi əsasında müqavimətin təyin olunmuş xarakteristika daxilində olub-olmamasına əsaslanır.



Şək. 2.13. Distansion mühafizənin işləmə prinsipi



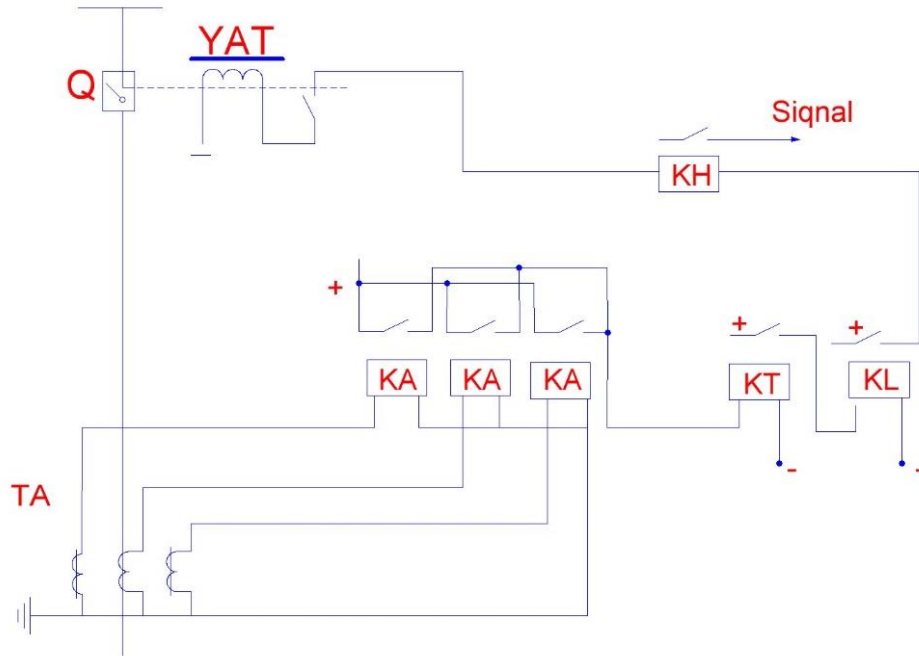
Şək. 2.14. Distansion mühafizənin dairəvi xarakteristikası

Mühafizənin işləməsi işləmə kəmiyyəti ( $IZ-V$ ) ilə polyarlaşma ( $V$ , harada ki,  $V = I_{Zq,q}$ ) kəmiyyəti arasındakı bucağa əsaslanır. Əgər bu bucaq 90 dərəcədən kiçik və ona bərabərdirsə, onda  $Z_{q,q}$  işləmə xarakteristikası daxilində olur və mühafizə açılmaya işləyir. Əks halda bucağın 90 dərəcədən çox olması halında isə mühafizə işləmir. Burada nəzərdə tutulur ki,  $(\theta)$  - bucağı və  $Z(\varphi)$  bucağı bərabərdilər. Bu şərtlər daxilində şəkil 2.14-dəki xarakteristika alınır.

### 2.3. Elektrik veriliş xəttlərinin maksimal cərəyan mühafizəsi

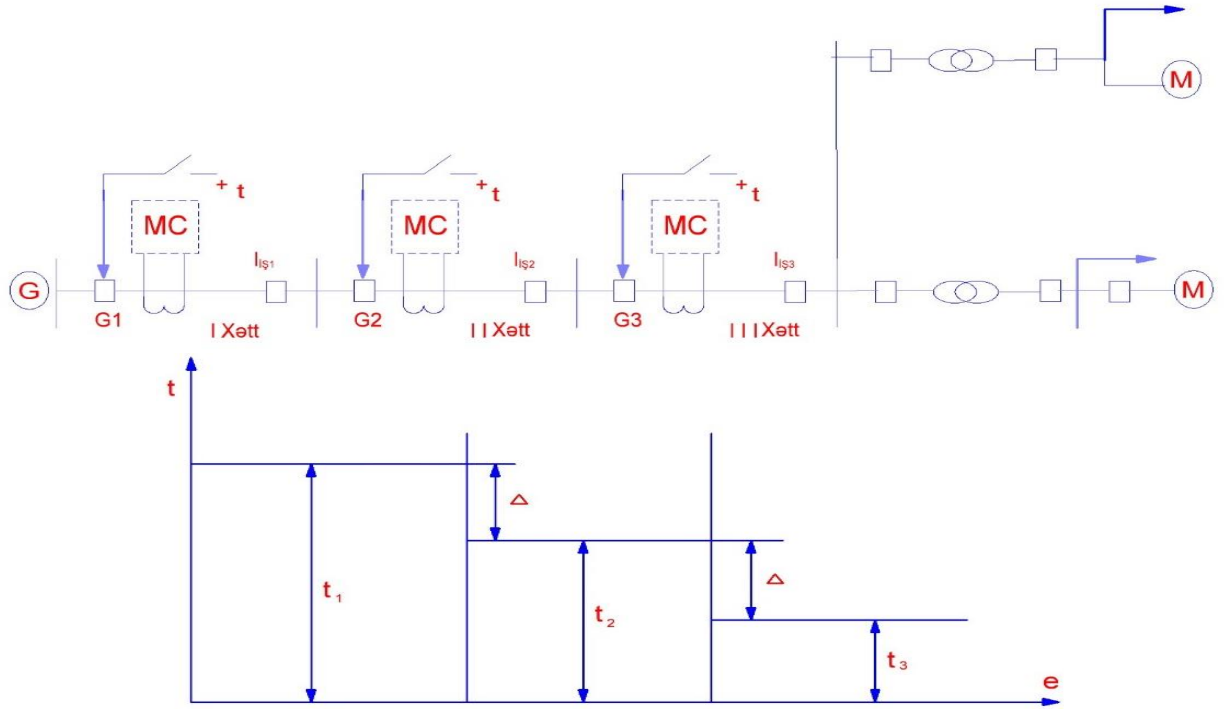
MCM tipli mühafizə cərəyan mühafizələrinə aiddir. Bu mühafizə xətdə axan cərəyanın qiymətinin artaraq təyin olunmuş maksimal qiymətə çatdığı halda işə düşür. Müxtəlif xətlərdə quraşdırılmış MCM-lərin selektiv işi, bu mühafizələrin fərqli dözmə müddətlərə sazlanmasına görə təmin edilir. MCM tipli mühafizə həmişə xəttin bəslənən tərəfində quraşdırılır (şəkil 2.15).

Şəkildən görüldüyü kimi, mühafizə tam ulduz sxemi ilə birləşdirilmiş üç ədəd cərəyan transformatorundan, onların ikinci tərəf dolağlarına qoşulmuş üç ədəd maksimal cərəyan relesindən, selektivliyini təmin edən zaman relesindən, açma dövrəsini qoşmağa imkan verən güclü kontaktları olan aralıq relesindən və mühafizəsinin işləməsindən xəbər verən siqnal relesindən ibarətdir.



Şək. 2.15. MCM-in sxemi

Açma dövrəsi açarda quraşdırılan blok-kontaklar vasitəsilə qapanır. Mühafizənin təsir etməsindən və açar açıldıqdan sonra böyük cərəyanı açmaq iqtidarında olan bu blok-kontaklar açma dövrəsini qırır. Radial xətlərdə MCM-in selektivliyi xətlər boyu dözmə müddətinin seçilməsi ilə təmin edilir.



Şək. 2.16. Radial xətlərdə MCM-in pilləvari zaman xarakteristikası

Burada  $t_1 = t_2 + \Delta t$ ;  $t_2 = t_3 + \Delta t$ ;  $\Delta t = 0.5 \div 0.6$  c - selektivlik pilləsidir. K1 nöqtəsində qısa qapanma zamanı (III xətt) hər üç xəttin MCM-in cərəyan relələri öz kontaktlarını qapayaraq öz zaman relələrinin sarğılarına impuls verir. Lakin III xəttə quraşdırılmış MCMIII-in dözmə müddəti daha kiçik olduğundan ( $t_3 < t_2 < t_1$ ) yalnız bu xətt açılır. Qısa qapanmanın aradan qaldırılmasından sonra I və II xətlərdə cərəyanın qiyməti azalır. Bunun nəticəsində MCM I və MCM II öz kontaktlarının aralayır və zaman relələrinin kontaktları əvvəlki vəziyyətlərinə qaydır. III xəttin mühafizəsinin hər hansı bir səbəbdən imtina etdiyi halda MCM II ehtiyat mühafizə kimi işləyərək II xəttin açılmasına təsir edir.

Mühafizənin işləmə cərəyanı dedikdə, onun kontaktlarının qapanması üçün kifayət olan minimal cərəyan başa düşülür. Mühafizənin işləmə cərəyanı aşağıdakı mülahəzilər əsasında seçilir:

1. Xəttin nominal iş rejimində MCM işə düşməməlidir. Bunu təmin etmək üçün MCM-in işləmə cərəyanı xəttin maksimal yük cərəyanından böyük götürülməlidir, yəni

$$I_{müh.ış} > I_{maks.yük} \quad (2.1)$$

2. Qısa qapanma zamanı gərginliyin kəskin enməsi ilə əlaqədar olaraq sistemdə işləyən mühərriklər tormozlanırlar. Qısa qapanma aradan qaldırıldıqdan sonra bu mühərriklərin yenidən öz-özünə işə düşməsi baş verir. Bunun nəticəsində xətlərdən maksimal işçi cərəyanlardan böyük olan öz-özünə işə düşmə cərəyanları axır. Öz-özünə işə düşmə zamanı cərəyanın öz-özünə işə düşmə əmsalı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$K_{öz.iş} = \frac{I_{öz.iş}}{I_{maks.yük}} \approx 2,5 \div 3 \quad (2.2)$$

Bu halda MCM-in səhvən işə düşməsinin qarşısını almaq üçün mühafizənin işləmə cərəyanı öz-özünə işə düşmə cərəyanından böyük götürülməlidir, yəni

$$I_{müh.iş} > I_{öz.iş} \quad (2.3)$$

Lakin bu şərtin yerinə yetirilməsi hələ MCM-in səhvən işləməməsinə təminat vermir.

3. Nəzərə almaq lazımdır ki, mühərriklərinin öz-özünə işə düşməsi zamanı  $I_{maks.iş}$  cərəyanının qiyməti artır.  $I_{maks.iş}$  cərəyanının artması öz-özünə işə buraxılma əmsalı ( $K_{öz}$ ) ilə xarakterizə olunur. Bu halda, qısa qapanmanın aradan qaldırılmasından sonra cərəyan relələrinin öz kontaktlarını açması üçün relenin qaytarma cərəyanı mühərriklərinin öz-özünə işə düşməsindən sonra  $I_{maks.iş}$  cərəyanının pik qiymətindən böyük olmalıdır.

$$I_{qay} > K_{öz} \cdot I_{maks.yük} \quad (2.4)$$

$$I_{qay} = K_{eht} K_{öz} \cdot I_{maks.yük} \quad (2.5)$$

Burada,  $K_{eht} = 1.1 \div 1.2$  - ehtiyat əmsalıdır. (2.4) şərtin ödənilməsi (2.1) və (2.3) şərtlərinin ödənilməsi üçün kifayətdir. Məlum olduğu kimi, maksimal cərəyan reləsinin qaytarma əmsalı

$$K_{qay} = \frac{I_{qay}}{I_{iş}} < 1 \quad (2.6)$$

(2.6) bərabərliyindən bəlli olur ki,  $I_{qay} = K_{eht} \cdot I_{iş}$

(2.2) bərabərliyindən bəlli olur ki,  $I_{öz.iş} = K_{öz.iş} \cdot I_{maks.iş}$

Bu bərabərlikləri (2.4) şərtə nəzərə alsaq,

$$K_{qay} \cdot I_{iş} > K_{öz.iş} \cdot I_{maks.yük}$$

və ya

$$I_{iş} > \frac{K_{öz.iş} \cdot I_{maks.yük}}{K_{qay}} \quad (2.7)$$

(2.7) bərabərsizliyindən bərabərliyə keçəndə MCM-in işləmə cərəyanının qiymətini təyin edə bilərik.

$$I_{iş} = K_{ehtt} \cdot \frac{K_{öz.iş} \cdot I_{maks.yük}}{K_{qay}} \quad (2.8)$$

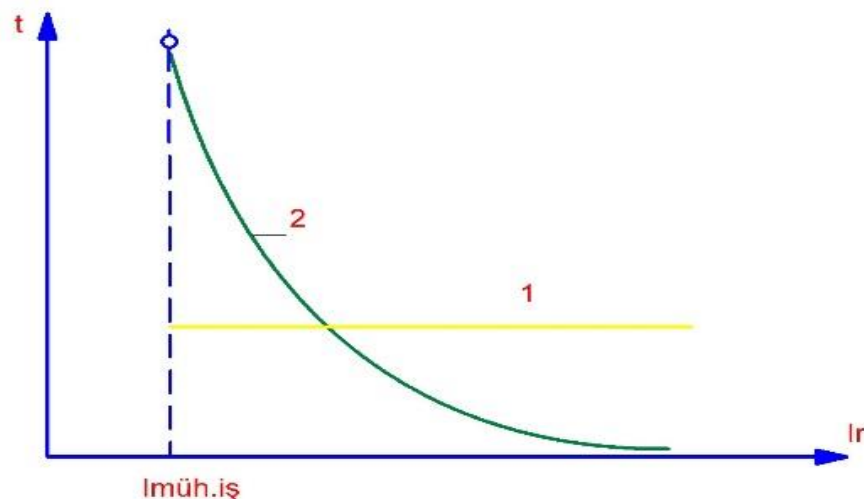
MCM-in işləmə cərəyanını istənilən qədər böyük götürmək olar, lakin bu MCM-in həssaslığının azalmasına gətirib çıxarır, çünki

$$K_h = \frac{I_{q.q}}{I_{iş}} \quad (2.9)$$

MCM-in əsas mühafizə kimi istifadə edildikdə  $K_{həs} \geq 1.5$  ehtiyat mühafizəsi rolunu oynayarsa, onda  $K_{həs} \geq 1.2$  qiymətinə qədər enməsinə icazə verilir.

Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi,  $t=f(I_{iş})$  xarakteristikasının növündən asılı olaraq, MCM-lər iki qrupa bölünür:

1. Asılı dözmə müddətli xarakteristikasına malik olan MCM;
2. Asılı olmayan dözmə müddətli xarakteristikasına malik olan MCM.

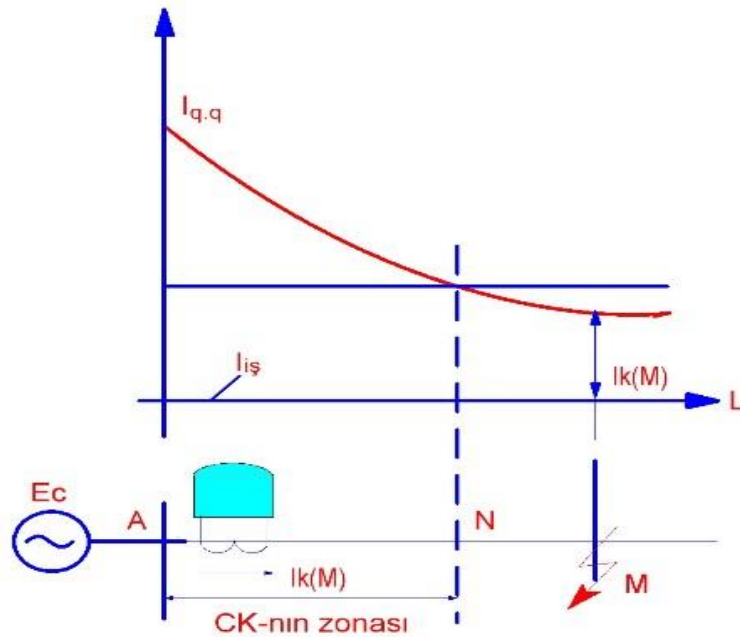


Şək. 2.17. MCM-in asılı (1) və asılı olmayan (2) dözmə müddətli xarakteristikaları

MCM-in əsas üstün cəhəti onun konstruktiv sadəliyidir, çatışmayan cəhəti isə uzun radial xətlərdə cəldliyinin az olmasıdır. Belə ki, mənbəyə yaxın xətlərdə MCM-in dözmə müddəti kifayət qədər böyük alınır, bu da generatorlarda əlavə mühafizəsinin quraşdırılmasını tələb edir. MCM tipli mühafizələr bütün gərginlikli radial şəbəkələrdə geniş tətbiq sahəsini tapmışdır. Gərginliyi 10 kV və daha aşağı olan şəbəkələrdə MCM əsas mühafizə kimi istifadə olunur [10, 14, 16].

**Cərəyan kəsməsi.** Cərəyan kəsməsi MCM kimi cərəyan mühafizələrinə aiddir. CK-nin fərqləndirici cəhəti ondan ibarətdir ki, burada mühafizənin selektivliyi dözmə müddətinə görə deyil, cərəyanın qiymətinə görə təmin edilir. Bu isə o deməkdir ki, CK sxemində dözmə müddətini yaradan zaman relələrdən istifadə olunmur. CK-i mühafizə olunan xəttin xaricində təsir etmir, yəni mütləq selektivliyinə malikdir. Buna nail olmaq üçün mühafizənin işləmə cərəyanı mühafizə olunan xəttin sonunda qısa qapanma cərəyanının qiymətinə görə sazlanır.

Məlum olduğu kimi, xətt boyunca axan qısa qapanma cərəyanının qiyməti mənbədən zədələnmə nöqtəsinə qədər olan müqavimətindən asılıdır.



Şək. 2.18. Cərəyan kəsməsinin iş diaqramı və sxemi

Xəttin istənilən nöqtəsində qısa qapanma cərəyanının qiyməti aşağıdakı düstur əsasında təyin edilir:

$$\dot{I}_k = \frac{E_c}{X_c + X_{xtk}} = \frac{E_c}{X_c + X_{xüs} \cdot l_k} \quad (2.10)$$

Burada:

$E_c$  – sistemdəki generatorlarının ekvivalent e.h.q.-si;

$X_c$  – sistemin müqaviməti;

$X_{xtk}$  – q.q. nöqtəsinə qədər xəttin müqaviməti;

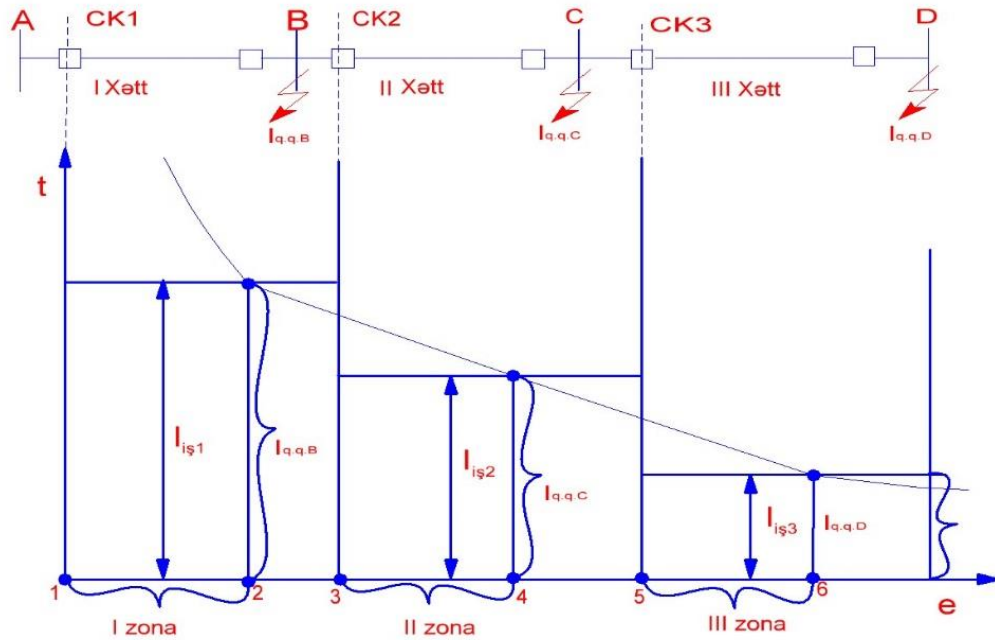
$X_{xüs}$  – xəttin xüsusi müqaviməti;

$l_k$  – xəttin başlanğıcından q.q. nöqtəsinə qədər məsafədir.

İfadə 2.10-dan görüldüyü kimi, q.q. nöqtəsi mənbədən uzaqlaşdıqca  $X_{xtk}$  artır (çünki  $X_{xtk} \sim l_k$ ),  $I_k$  isə azalır. CK-nin mühafizə olunan xəttin xaricində təsir etməməsi üçün aşağıdakı şərt ödənilməlidir:

$$I_{i\dot{s}} > I_{k(M)} \quad (2.11)$$

Beləliklə, CK-i yalnız mühafizə olunan xəttin AN hissəsində təsir edəcəkdir. (burada  $\dot{I}_k > \dot{I}_{i\dot{s}}$ ). Radial EVX-də quraşdırılmış CK-in iş prinsipinə nəzər salaq (şəkil 2.19).



Şək. 2.19. Cərəyan kəsməsinin iş prinsipi

Üçüncü xətdə baş verən qısa qapanma zamanı hər üç xəttin cərəyan kəsmələrindən cərəyan axır. Bu halda mühafizələrin selektiv işini təmin etmək üçün birinci və ikinci xətlərin cərəyan kəsmələrinin işləmə cərəyanları üçüncü xətdəki qısa qapanmalardan sazlınır. Üçüncü xəttin CK-nin işləmə cərəyanı D yarımstansiyasından çıxan qısa qapanma cərəyanlarına görə sazlınır.

$$\dot{I}_{i3} = K_{eht} \cdot \dot{I}_{q,q.} \text{ “D”} \quad (2.12)$$

Burada:  $K_{eht} = 1.3 \div 1.8$

İkinci xətt üçün

$$\dot{I}_{i2} = K_{eht} \cdot \dot{I}_{q,q.} \text{ “C”} \quad (2.13)$$

Birinci xətt üçün

$$\dot{I}_{i1} = K_{eht} \cdot \dot{I}_{q,q.} \text{ “B”} \quad (2.14)$$

Şəkildən görüldüyü kimi, birinci xəttin cərəyan kəsməsi xəttin yalnız bir hissəsini (1 və 2 nöqtələri arası) əhatə edir, bu halda 2 və 3 nöqtələri arası zona CK tərəfindən mühafizə olunmur. Bu zonaya “ölü” zona deyilir. Analoji olaraq ikinci xəttin CK-i yalnız 3 və 4 nöqtələr arasında, üçüncü xəttin CK-i isə 5 və 6 nöqtələr arasındakı zonada təsir edir.

Cərəyan kəsmələrinin işləmə cərəyanlarının düzgün seçilməsi üçün əvvəlcə qısa qapanma cərəyanları hesablanır. Cərəyan kəsməsinin əsas üstünlüyü onun cəld təsir etməsidir ( $t=0$ ). Mənfi cəhəti isə yuxarıda qeyd olunduğu kimi, xəttin yalnız bir hissəsini mühafizə etməsidir. Bütün xəttin mühafizəsi üçün MCM-in və CK kombinasiyasından istifadə edilir.

Qısa xətlərdə qısa qapanma cərəyanları xəttin əvvəlində və sonunda bir-birinə çox yaxın olur. Bu halda CK-in təsir zonası xeyli azalır. Texniki normalarına görə, CK tətbiqi o vaxt səmərəli olur ki, onun təsir zonası mühafizə olunan xəttin ən azı 20%-ni əhatə edir.

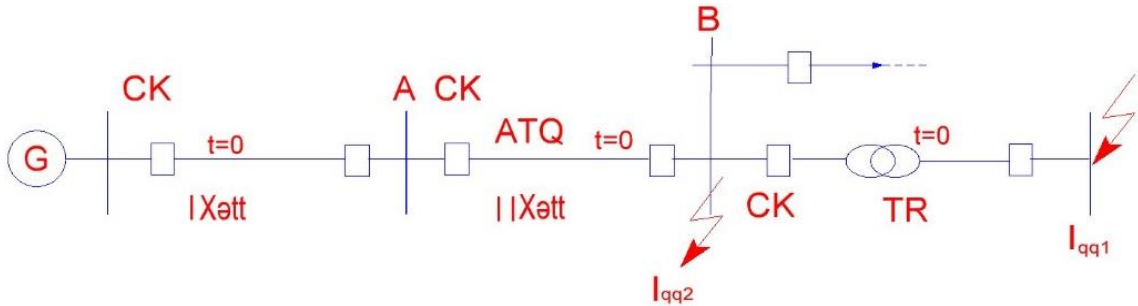
CK-in təsir zonasının uzunluğu aşağıdakı düstur əsasında təyin edilir:



$$X_{k\%} = \frac{100}{X_{xətt}} \left( \frac{E_s}{I_{i\dot{s}}} - X_s \right) \quad (2.15)$$

Mühafizənin təsir zonasını artırmaq üçün qeyri-selektiv cərəyan kəsməsindən istifadə olunur (şəkil 2.20). Qeyri-selektiv CK-i aşağıdakı ardıcılıqla seçilir. Əvvəlcə transformatorun CK-in işləmə cərəyanı ikinci tərəfdəki qısa qapanma cərəyanına görə hesablanır.

$$I_{i,\dot{s}TR} = K_{eht} \cdot I_{q,q.1} \quad (2.16)$$



Şək. 2.20. Qeyri-selektiv cərəyan kəsməsinin tətbiqi

İkinci xəttin kəsməsinin işləmə cərəyanı  $I_{q,q.2}$  qısa qapanma cərəyanına görə deyil,  $I_{q,q.1}$  cərəyanına görə sazlanır.

$$I_{i,\dot{s}.II x.} = K_{eht} \cdot I_{q,q.I} \quad (2.17)$$

Beləliklə,

$$I_{i,\dot{s}TR} = I_{i,\dot{s}.II x.} \quad (2.18)$$

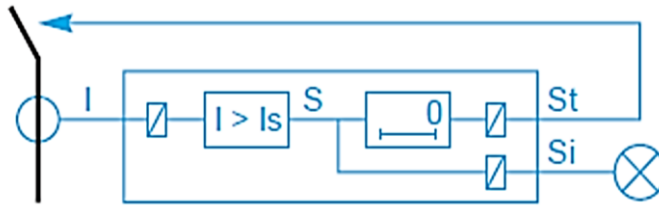
Transformatorun yüksək gərginlik dolağında zədələnmə baş verdikdə həm transformator, həm də II xətt açılır. Qeyri-selektiv açılmasını aradan qaldırmaq üçün II xətdə quraşdırılmış avtomatik təkrar qoşulma (ATQ) qurğusu bu xətti yenidən şəbəkəyə qoşur. Bu zaman B yarımstansiyasının şinlərinə qoşulmuş işlədicilər bəslənməmiş qalmırlar.

Beləliklə, II xətdə quraşdırılmış cərəyan kəsməsinin təsir zonası mühafizə olunan xəttin bütün uzunluğunu əhatə edir.

Cərəyan kəsməsinin əsas üstünlükləri onun konstruktiv sadəliyidir və dözmə müddəti olmadan təsir etməsidir, mənfi cəhəti isə ölü zonasının mövcudluğudur.

Cərəyan kəsməsi əsasən 10 kV-a qədər gərginlikli şəbəkələrdə əsas mühafizə kimi istifadə olunur.

Aşağıdakı şəkildə sadə rəqəmli maksimal cərəyan reləsi göstərilmişdir (şəkil 2.21).



Şək. 2.21. Relenin işləmə alqoritmi (Dözmə müddətli maksimal cərəyan mühafizəsi ANSI51)

Maksimal cərəyan mühafizəsinin iş prinsipi cərəyanın artaraq təyin edilmiş qiymətə çatdığı zaman işləyib dövrəni qırmasına əsaslanır. Rele əsasən aşağıdakı hissələrdən təşkil edilmişdir.

- Məntiqi hissə (müqaisə bloku);
- Cərəyanın qiymətini releyə daxil etmək üçün analoq giriş, I;
- Siqnal çıxışı, Si;
- Dözmə müddətli məntiqi çıxış (açarın açılmasına əmrin ötürülməsi), St;

#### 2.4. Müasir mikroprosessor əsaslı mühafizə sistemləri

Mikroprosessor mühafizələrin əsas xarakteristikaları, mikroelektron və elektromexaniki mühafizələrin xarakteristikalarından yüksəkdir. Belə ki, cərəyan və gərginlik ölçü transformatorlarının tələb etdiyi güc 0.1 - 0.5 VA səviyyəsində, aparat xətası 2.5%-dir, ölçü orqanlarının qayıtma əmsalı 0.96 - 0.97 təşkil edir.

RMA qurğularının istehsalında dünya üzrə liderlər Avropanın ALSTOM, ABB və Siemens şirkətləridir. Onlar üçün ümumi fikir daha çox rəqəmsal texnologiyaya keçməkdir. Bu firmaların istehsal etdiyi rəqəmsal qoruyucu vasitələrin dəyəri yüksəkdir ki, bu da onların çox yönlü olması və yüksək texniki xüsusiyyətləri ilə bağlıdır. Mikroprosessor cihazları da başqa şirkətlər tərəfindən istehsal olunur: EE Multilin, SEL. RMA obyektlərində informasiyanın rəqəmsal emala ötürülməsi heç bir

yeni prinsiplər əsasında elektrik qurğularının mühafizəsinin yaradılmasına gətirib çıxarmamışdır və rele əməliyyatının əhəmiyyəti böyük əhəmiyyət kəsb edir.

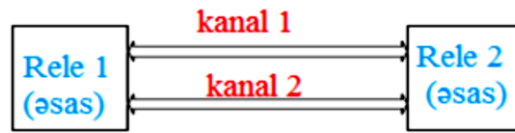
Müasir rəqəmsal RMA cihazlarının rele mühafizəsi, ölçülməsi, tənzimlənməsi və idarə edilməsinin vahid funksiyası məlumat kompleksinə inteqrasiya edilmişdir. Elektrik stansiyasının texnoloji proseslərinin avtomatik idarəetmə sistemlərinin strukturunda (TP AİS) belə qurğular məlumatların toplanmasında sonuncu qurğular hesab olunur. Rəqəmsal RMA inteqrasiya komplekslərində optoelektron ötürücülər, ferromaqnitsiz transformatorlar və s. Yeni qeyri-ənənəvi axın və gərginlik ölçülərə keçmək mümkündür. Bu çeviricilər çox yüksək meteoroloji xüsusiyyətlərə və kiçik çıxış gücünə malikdir və ənənəvi avadanlıqla istifadə üçün uyğun deyildir.

***Rəqəmsal relelərin əsas xüsusiyyətləri.*** Rəqəmsal relelər eyni verilənlərin emalı prinsipi ilə elektron məlumat relelərinin bütün üstünlüklərinə malikdir. Bu, ölçmə orqanlarının qayıdış əmsalının vahidə yaxın olması (mexaniki relelərdə  $0,80 \div 0,85$  əvəzinə  $0,96 \div 0,97$ ), cərəyan transformatorlarından (CT) və gərginlik transformatorlarından ən azı 10 dəfə az güc tələb etməsi ilə əlaqədardır. ET).  $0,1 \div 0,5VA$  əvəzinə). Bununla belə, bu zaman elektron relelər üçün etibarlı təchizat mənbəyi tələb olunur. Təcrübədə həyata keçirilən funksiyaların sayından asılı olmayaraq, RM-nin rəqəmsal cihazı operativ elektrik şəbəkəsindən  $5 \div 20 Vt$  işləyir.

***Əlaqələrin qurulma prinsipi.*** Diferensial mühafizənin təşkili zamanı relelər öz funksiyalarını iki formada həyata keçirə bilirlər. Əsas və köməkçi. Əgər rele əsas funksiyanı öz üzərinə götürürsə bu zaman rele əlaqə vasitəsilə digər relelərdən gələn siqnalları qəbul edərək özü emal edir və bütün açılımlara özü qərar verir. Əgər rele köməkçi funksiyanı yerinə yetirirsə bu zaman rele yalnız siqnalları digər yəni əsas releyə ötürür. Bu səbəbə görə köməkçi funksiyanı yerinə yetirən rele heç bir əsas əməliyyatı yerinə yetirmir. Əgər daxili zədələnmə olarsa, onda əsas rele bütün diferensial əməliyyatları özü apararaq köməkçi relelərə açma əmrini verir. Aydın məsələdir ki, mühafizənin ümumi sxemində relelərdən ən azı biri master, yəni, əsas olmalıdır [5-9].

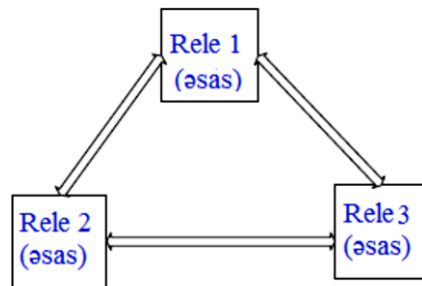
Rele mühafizəsi iki rele arasında təşkil edildikdə onların hansının əsas və yaxud hər ikisinin əsas olması məsələsi ortaya çıxır. Aydın məsələdir ki, əlaqə kanalının

sıradan çıxması nəticə etibarlı ilə mühafizənin düzgün işləməsinə gətirib çıxaracaq. Bu çatışmazlığı aradan qaldırmaq üçün üsullardan biri əlavə əlaqə kanalı daxil etməkdir. Şəkil 2.22-də iki rele arasındaki əlaqə kanalı qeyd edilmişdir. Daxili zədələnmə aşkar edildikdə relelər işləyərək siqnalları hər iki kanal vasitəsilə ötürürlər, amma relelər yalnız birinci kanalın siqnallarını emal edirlər. Əgər 1-ci əlaqə kanalı sıradan çıxsa onda rele avtomatik ikinci əlaqə kanalından istifadə edəcək və lazım olan bütün diferensial əməliyyatları həyata keçirəcək bu da ki, öz növbəsində mühafizəni daha etibarlı edir.



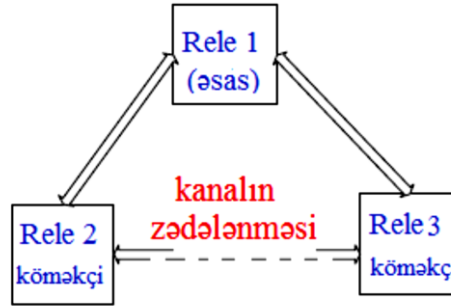
Şək. 2.22. İki rele arasında əlavə əlaqə kanalının qoşulması

Şəkil 2.23-də üç rele arasında əlaqələrin qurulması göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi relelərin üçü də əsas funksiyaları yerinə yetirir. Etibarlılığı artırmaq üçün relelər arasında şəkil 2.22-də olduğu kimi əlavə əlaqə kanallarından istifadə etmək olar, amma bu öz növbəsində əlaqə kanallarının artmasına gətirib çıxarır ki, bu isə əlverişli deyildir. Ona görə baxılan sxemdə etibarlılığı artırmaq üçün digər bir metoddan istifadə edirlər. Şəkil 2.24-də 2-ci və 3-cü relelər arasında əlaqə kanalının zədələnməsi göstərilmişdir. Bu halda relelər zədələnməni hiss edərək əsas funksiyadan köməkçi funksiyaya keçirlər.



Şək. 2.23. Üç rele arasında əlavə əlaqə kanallarından istifadə

Relelərin bu rejimdə işləməsi zamanı onlar yalnız köməkçi funksiyanı yerinə yetirərək əsas releyə informasiya göndərirlər. Bu halda onlar cərəyan haqqında tam informasiyaya malik olmur, bütün diferensial hesablamaları əsas rele həyata keçirir və bütün açılımlara özü qərar verir.



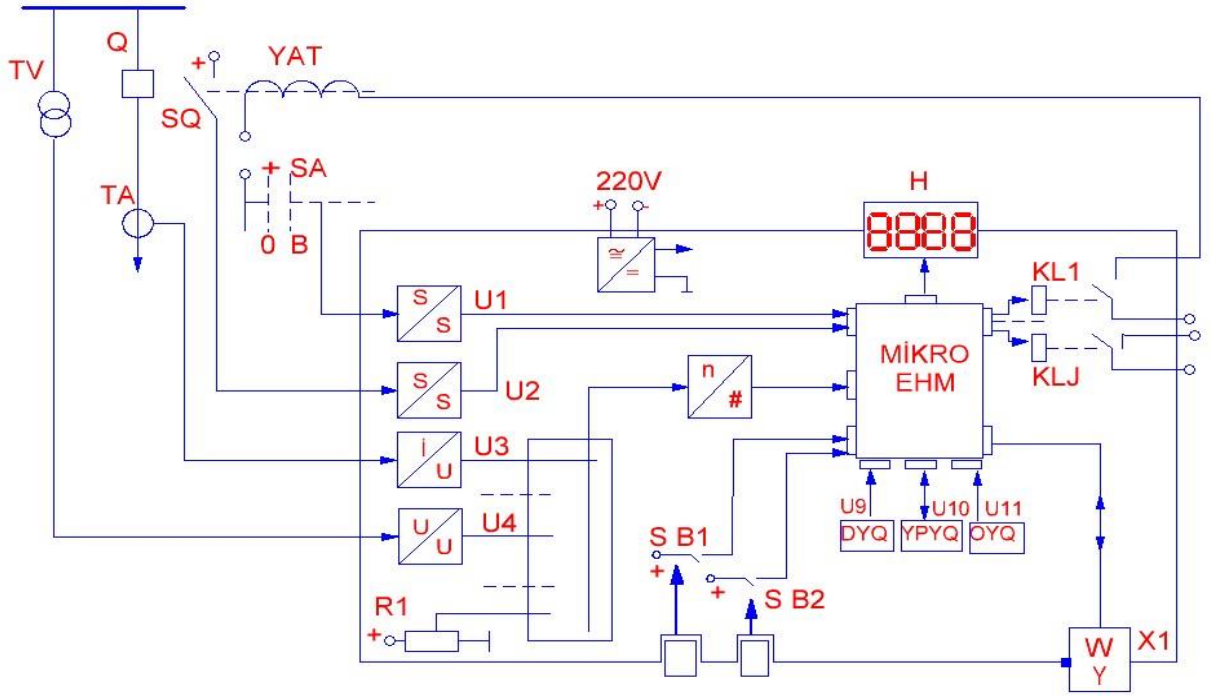
Şək. 2.24. 2-ci və 3-cü relelər arasında əlaqə kanalının zədələnməsi

Müxtəlif təyinatlı RMA-nın çoxlu sayda ümumi cəhəti var, onların struktur sxemləri isə oxşardır. Rəqəmli qurğunun mərkəzi düyünü mikro EHM-dir ki, bu da özünün giriş-çıxış qurğuları vasitəsilə ətraf düyünlərlə məlumat əlaqəsi saxlayır. Həmin əlavə düyünlərin köməyi ilə mikro EHM-lərin (mikroprosessorun) xarici mühitlə: çıxış məlumatın vericisinə, idarəetmə obyektinə, operatora qoşulması həyata keçirilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, RMA-nın real qurğusunda yüksək sürəti təmin etmək məqsədi ilə ümumi məsələnin ayrıca bir fraqmentini həll etməklə məşğul olan bir neçə mikroprosessor (MP)-dan istifadə oluna bilər. Beləki, ALSTOM şirkəti bu məqsədlə bir güclü prosessordan, ABB şirkəti isə paralel işləyən 4 - 10 MP-dan istifadə edir.

RMA-nın rəqəm qurğularının vacib düyünləri aşağıdakılardır: *U1-U4* - giriş və *KL1-KLJ* - çıxış siqnal çeviriciləri, *U6, U7* multipleksor və analog rəqəm traktı, *SB1, SB2* operatorundan məlumatın girişi və idarəetmə düymələri, məlumatı əks etdirmək üçün *H* - displeyi və *U5* bəsləmə bloku.

Müasir rəqəm qurğuları bir qayda olaraq digər qurğularla əlaqəli olması üçün *X* kommunikasiya portu ilə təmin olunur (şəkil 2.25).



Şək. 2.25. Rele mühafizə qurğusunun struktur sxemi

Giriş çeviriciləri xarici əlaqələrin qurğunun daxili əlaqələrindən qalvanik ayrılmasını təmin edir. Eyni zamanda giriş çeviriciləri nəzarət siqnallarının, vahid növə (adətən gərginliyə) və normallaşdırılmış səviyyəyə gətirilməsini həyata keçirir. Burada giriş siqnallarının analoq-rəqəm çevrilməsindən əvvəl ilkin tezlik süzgəcləməsi həyata keçirilir. Eyni zamanda qurğunun daxili elementlərinin maneələrdən və ifrat gərginliklərdən mühafizəsi üzrə ölçülər götürülür. Analoq ( $U3$ ,  $U4$ ) və məntiqi ( $U1$ ,  $U2$ ) giriş siqnallarının çeviriciləri mövcuddur. Birinciləri elə yerinə yetirməyə çalışılır ki, nəzarətdə olan siqnalın dəyişmə diapazonunda xətti ötürməsini təmin etsin. Məntiqi siqnalların çeviriciləri isə əksinə, nəzarət siqnalının yerləşdiyi güman edilən dar diapazona qarşı həssas olmağa çalışılır. Mühafizə olunan obyektə relenin təsiri idarəetmənin diskret siqnalları şəklində həyata keçirilir. Bu zaman mühafizə qurğusunun çıxış əlaqələri elə yerinə yetirilir ki, kommutasiya əlaqələrinin həm öz aralarında, həm də RM qurğularının daxili əlaqələrinə nəzərən qalvanik ayrılmasını təmin etmiş olsun. Çıxış çeviriciləri uyğun kommutasiya qabiliyyətinə malik olmalıdırlar və ümumiyyətlə, kommutasiya olunan əlaqənin görünən aralığını təmin etməlidirlər.

Analoq-rəqəm çevrilməsi traktı *U6* multipleksorunu və *U7* analoq-rəqəm çeviricisini (ARÇ) qoşur. Multipleksor, ARÇ-nin girişinə növbə ilə nəzarətəddici siqnallar göndərən elektron kommutatordur. Multipleksorun tətbiqi bir ARÇ-nin bir neçə kanal üçün istifadə olunmasına imkan yaradır. ARÇ-də giriş siqnalının ani qiymətinin ona mütənasib olan rəqəm qiymətinə çevrilməsi həyata keçirilir. Çevirmə, verilən periodikliklə yerinə yetirilir. Növbəti mikro EHM-də bu seçmələr üzrə çıxış siqnalından nəzarət siqnallarının inteqral parametrləri - onların amplitud və ya təsiredici qiymətləri hesablanır.

*Bəsləyici blok (BB)* - *U5* qidalandırıcı şəbəkədə mümkün olan gərginlik dəyişməsindən asılı olmayaraq, baxılan qurğunun bütün düyünlərini stabil gərginliklə təmin edir. Adətən, bu sabit cərəyan şəbəkəsindən qidalanan impulsu BB-dur. Eləcə də dəyişən cərəyan və gərginlikdən qidalanan bloklar da var.

*Display və klaviatura* - operatora qurğudan məlumat almaq, onun iş rejimini dəyişmək, yeni məlumat daxil etmək imkanı yaratmaq üçün istənilən rəqəmli qurğunun tərkibində yer alır. Qeyd etmək lazımdır ki, rəqəmli relelərdə display *H* və *SB1*, *SB2* klaviaturaları, bir qayda olaraq maksimum sadələşdirilmiş şəkildə realizə olunurlar.

*Xarici rəqəm qurğuları ilə əlaqə portu.* Rəqəmli qurğuların üstünlüyü əldə olan məlumatın digər rəqəmli sistemlərə TP AİS, şəxsi kompüter və s. ötürmək imkanı olmasındadır ki, bu da rabitə kanallarına, siqnalların ilkin işlənməsinə olan xərclərə və s. qənaət etməklə müxtəlif sistemləri inteqrallamağa imkan yaradır.

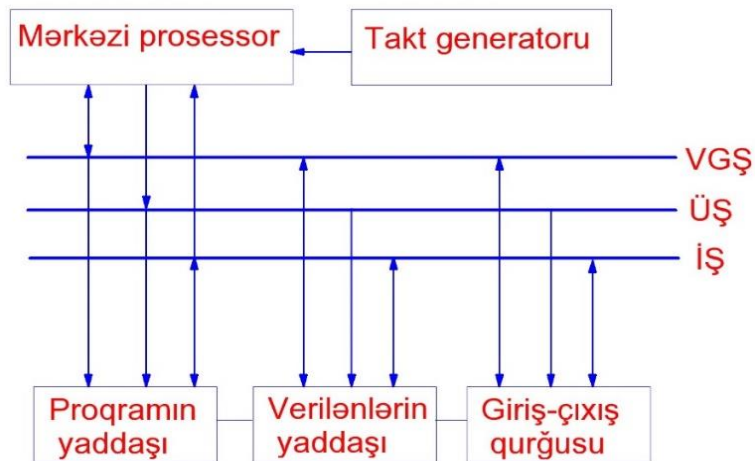
*Kommutasiya portu* - verilən qurğu ilə məsafədən işləmək üçün lazım olan elementdir.

Yuxarıda göstərilənlərlə yanaşı, ümumiyyətlə, rəqəmli qurğularda digər düyünlərə də, məsələn, idarəetmə və tənzimləmənin analoq siqnallarının formalaşmasında rəqəm-analoq çeviricilərinə rast gələ bilərik. İstənilən rəqəmli qurğuda məlumatın işlənməsi, işin proqramı şəklində realizə olunması müəyyən alqoritmlər üzrə mikro EHM-in daxilində həyata keçirilir.

Mikro EHM-in mərkəzi həlledici və idarəedici bloku mərkəzi prosessor qurğusu (Central Processing Unit-CPU) və ya sadəcə prosessor adlanır. İnteqral mikrosxem (İMS) şəklində olan bu düyün, bu cür İMS-i mikroprosessor adlandırmağa imkan verir.

Struktur sxemdən görünür ki, mikro EHM MP müstəqil düyün şəklində tətbiq olunmur. Onun işləməsi üçün proqram qorunub saxlandığı xarici yaddaş qurğusu tələb olunur.

Rele mühafizəsinin aid olduğu sərt proqramla işləyən qurğularda proqram daimi yadda saxlayıcı qurğuda (DYQ) yazılır (şəkil 2.26). Hesablamaların (verilənlərin) dəyişən və aralıq nəticələrini yadda saxlamaq üçün operativ yadda saxlayıcı qurğu (OYQ) tətbiq olunur. Xarici avadanlıqla məlumat mübadiləsi giriş-çixış qurğuları ilə yerinə yetirilir.



Şək. 2.26. Mikro EHM-in struktur sxemi

EHM-da istənilən məlumat rəqəm kodları şəklində verilir. Mikro EHM-in düyünləri arasında məlumat mübadiləsi şinlərin, yəni elektrik naqilləri sisteminin köməyi ilə yerinə yetirilir. Şinlər funksiyasına görə verilənlərin göndərilməsi şini (VGŞ), ünvan şini (ÜŞ), idarəedici əmrlərin ötürülməsi şini (İŞ) seçilir. Məsələn, giriş-çixış qurğusundan (GÇQ) verilənləri prosessor oxuduqda ÜŞ-nə GÇQ-nun ünvanını təqdim edir, İŞ-nə isə GÇQ-dan verilənləri VGŞ-yə ötürərək siqnalları təqdim edir. Nəticə olaraq verilənlərin şinində müraciət etdiyimiz anda GÇQ-da olan rəqəm meydana gəlir. Məlumatın ötürülməsi zamanı rəqəmlərin əks etdirilməsi üçün yalnız iki - 0 və 1 simvollarını tələb edən ikili hesabat sistemindən istifadə olunur ki, bu da elektrik sxemləri əsasında EHM düyünlərinin reallaşdırılmasını nisbətən sadələşdirirlər.



Mikro EHM-in iş sürəti düyündən düyünə ötürülən rəqəmlərin dərəcəsi asılıdır. Bu verilənlər şininin dərəcəsi ilə təyin olunur. Müasir Mikro EHM-lər 16 və 32-li dərəcəli maşın dili ilə işləyirlər.

Hazırda elektron sənayesi tərəfindən onlarla müxtəlif MP təqdim olunur və onlar mütəmadi olaraq təkmilləşdirilir. Bu səbəbdən aparat bazasının və RMA-nın rəqəm qurğularında periodik olaraq yeniləşməsi baş verir.

Ümumiyyətlə RM qurğularının nəzarət etdiyi siqnalların müxtəlif fiziki təbiətləri var: cərəyan, gərginlik, temperatur və s. Çox vaxt RM qurğuları dəyişən cərəyan və gərginlik mənbələrindən qidalanan ənənəvi nominal səviyyəli 1A, 5A, 100V siqnallarla işləyirlər. Bu səviyyəli siqnallar maneədən vacib olan mühafizəni təmin edirlər, lakin elektron sxemlər üzərində işləmək üçün tamamilə tətbiq olunmaz hesab edilirlər.

Mikroprosessor qurğularını cərəyan və gərginlik vericilərinə qoşduqda onların siqnalların vahid şəkllə və elektron düyünlərin vasitəsilə üzərində işlənməsi üçün tətbiq olunan dəyişmə diapazonuna gətirilməsi labüddür [5-9, 18-21].

## II FƏSİLİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ

Magistr dissertasiyasında aparılan ədəbiyyat icmalı və tədqiqatlar aşağıdakı nəticələrə gəlməyə imkan verir:

1. Elektrik veriliş xətlərinin mühafizəsinə qoyulan əsas tələblər müəyyənləşdirilmişdir;
2. Elektrik veriliş xətlərində tətbiq edilən mühafizələr araşdırılmışdır;
3. Elektrik veriliş xətlərinin maksimal cərəyan mühafizəsi tədqiq edilmişdir;
4. Müasir mikroprosessor əsaslı mühafizə sistemləri analiz edilmişdir;
5. Rele mühafizə qurğusunun struktur sxemi təklif edilmişdir.

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ**  
**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**  
**YÜKSƏK TƏHSİL İNSTİTUTU**

**Qurbanov Elxan Elman oğlu**

**BİR FAZALI ELEKTRİK VERİLİŞ XƏTLƏRİNDƏ MAKSİMAL**  
**CƏRƏYAN MÜHAFİZƏSİNİN PMK VASİTƏSİLƏ MODELLEŞDİRİLMƏSİ**  
**altmövzusunda**

**MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI**

**İxtisas: 060628 – Proseslərin avtomatlaşdırılması mühəndisliyi**

**İxtisaslaşma: “Texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılması və idarə edilməsi”**

**Elmi rəhbər:**

**t.f.d., dos. Yolçuyev İmran Alı oğlu**

**BAKİ - 2024**

### III FƏSİL. BİR FAZALI ELEKTRİK VERİLİŞ XƏTLƏRİNDƏ MAKSİMAL CƏRƏYAN MÜHAFİZƏSİNİN PMK VASİTƏSİLƏ MODELLƏŞDİRİLMƏSİ

#### 3.1. Proqramlaşdırma mühiti və lazımi cihazlar haqqında məlumat

Modelləşdirmə məsələsinin simulyasiya vasitəsilə tətbiqi üçün Siemens şirkətinin TIA Portal proqram paketi istifadə edilmişdir. TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) Siemens tərəfindən hazırlanmış bir proqram təminatıdır. Bu platform sənaye avtomatlaşdırma sistemlərinin layihələndirilməsi, konfigurasiyası və monitorinqi üçün istifadə olunur. TIA Portal müxtəlif Siemens məhsullarını bir platforma daxilində birləşdirərək mühəndlislərə layihələrini daha effektiv və inteqrasiya olunmuş bir şəkildə idarə etməyə imkan verir.

#### **TIA Portalın əsas xüsusiyyətləri**

##### *Kompakt interfeys:*

TIA Portal, PLC (Programmable Logic Controller), HMI (Human Machine Interface) və SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemlərinin hamısının eyni platformada idarə olunmasına imkan verir. Bu, mühəndlislərin işini asanlaşdırır və daha səmərəli bir layihə idarəetmə imkanını yaradır.

##### *Qabaqcıl proqramlaşdırma funksiyaları:*

TIA Portal, STEP 7 və WinCC kimi güclü proqramlaşdırma vasitələrini birləşdirir. STEP 7 PLC-lərin proqramlaşdırılması üçün istifadə olunan əsas proqramdır, WinCC isə HMI sistemləri üçün istifadə olunur.

##### *Simulyasiya:*

TIA Portal layihələrin simulyasiyasını aparmağa imkan verir. Bu, sistemlərin işə salınmasından əvvəl onların yoxlanmasına və test edilməsinə imkan yaradır.

##### *Verilənlərin inteqrasiyası və analizi:*

Bu proqram təminatı verilənlərin toplanması, saxlanması və analizi üçün müxtəlif alətlər təklif edir. Bu, qərar qəbul etmə proseslərini sürətləndirir və optimallaşdırır.

##### *İnternet və bulud əlaqəsi:*

TIA Portal uzaqdan idarəetmə və monitoring imkanları təklif edir. Bu, sənaye proseslərinin uzaqdan nəzarətinə və idarə olunmasına imkan verir.

### **TIA Portalın əsas üstünlükləri**

*Yüksək effektivlik:* Bir platformada çoxsaylı avtomatlaşdırma funksiyalarını birləşdirir, bu da layihələrin icrasını daha sürətli və effektiv edir.

*Azaldılmış xəta riski:* Bir interfeys istifadə olunması və avtomatik yoxlama funksiyaları səhvlərin azalmasına kömək edir.

*Qabaqcıl təhlükəsizlik:* TIA Portal sənaye sistemlərinin təhlükəsizliyini artırmaq üçün müxtəlif təhlükəsizlik funksiyalarını təklif edir.

#### *İstifadə sahələri:*

TIA Portal əsasən aşağıdakı sahələrdə istifadə olunur:

- İstehsalat sənayesi
- Avtomobil sənayesi
- Qida və içki sənayesi
- Enerji və infrastruktur layihələri

Bir fazalı elektrik veriliş xəttinin maksimal cərəyan mühafizəsinin PLC vasitəsilə modelləşdirilməsi (proqramlaşdırılması) üçün aşağıdakı məsələlər ardıcılıqla yerinə yetirilməlidir:

1. Elektrik açarının seçilməsi;
2. Cərəyan transformatorunun seçilməsi;
3. PLC və PLC-nin analoq giriş modulunun seçilməsi;
4. Vizualizasiya üçün HMI (İnsan maşın interfeysi) seçilməsi;
5. Cərəyan transformatorunun çıxış siqnalını PLC-nin analoq giriş modul siqnalına uyğunlaşdırmaq üçün transdüserin seçilməsi.

Bu simulyasiyada şərti olaraq 800A-lik elektrik açarından (şəkil 3.1), 600/5 nisbətində cərəyan transformatorundan (şəkil 3.2), Siemens S7-1200 DC/DC/DC tip PLC (şəkil 3.3), 4x16bit analoq giriş modulu, Siemens KTP-700 basic HMI (şəkil 3.4) və 0-5A cərəyanı 4-20mA cərəyana çevirən transdüserdən (şəkil 3.5) istifadə olunduğu nəzərdə tutulur.



Şək. 3.1. 800A-lik elektrik açarı

Bir fazlı 800A cərəyan şiddəti dəyərdəki açma bobini (opening/tripping coil) və qapama bobini (closing coil) hər hansı bir avtomatik elektrik açarından istifadə edilə bilər.



Şək. 3.2. 600/5 nisbətində cərəyan transformatoru

Cərəyan transformatoru (CT - Current Transformer) yüksək cərəyanları daha aşağı, ölçülə bilən səviyyələrə çevirmək üçün istifadə olunan bir cihazdır. Bu cihazlar, əsasən elektrik enerjisi sistemlərində cərəyanın ölçülməsi və nəzarəti üçün istifadə olunur.

## **Əsas xüsusiyyətlər**

### *Funksiya:*

- Cərəyan ölçmə: Yüksək cərəyanı daha aşağı, ölçülə bilən səviyyələrə çevirərək ampermetr və ya digər ölçmə cihazları ilə ölçülməsini təmin edir.
- Nəzarət və mühafizə: Cərəyan transformatorları həmçinin rele və qoruyucu sistemlərə signal göndərir, bu da avadanlıqların və sistemlərin təhlükəsizliyini təmin edir.

### *Struktur və iş prinsipi:*

Birinci və ikinci tərəf dolaqlar: Birinci tərəf dolaq əsas cərəyanı keçirir, ikinci tərəf dolaq isə daha aşağı cərəyanla bağlı olan gərginliyi yaradır. İkinci tərəf dolaqdakı cərəyan birinci tərəf dolaqdakı cərəyanın müəyyən bir nisbətində azalır.

Nisbət (Ratio): CT-lərin nisbəti 1000:1 və ya 500:5 kimi göstərilir, bu da birinci və ikinci tərəf dolaqların cərəyan nisbətini göstərir.

### *Tətbiq sahələri:*

Enerji paylanması: Elektrik enerji paylanması sistemlərində cərəyan ölçmə və qoruma funksiyaları üçün geniş istifadə olunur.

Enerji istehsalı: Generasiya stansiyalarında cərəyanın monitorinqi və nəzarəti üçün istifadə olunur.

Sənaye avtomatlaşdırması: Maşın və avadanlıqların enerji istehlakının monitorinqi və nəzarəti.

İdarəetmə və mühafizə sistemləri: Rele qoruma sistemlərində və digər idarəetmə sistemlərində kritik bir komponent kimi fəaliyyət göstərir.

### *Üstünlüklər:*

- Yüksək dəqiqlik: Dəqiq ölçmə imkanları ilə sistemlərin dəqiq idarə olunmasını təmin edir.
- Təhlükəsizlik: Yüksək cərəyanları təhlükəsiz səviyyələrə çevirərək ölçü cihazlarının və operatorların təhlükəsizliyini təmin edir.
- Modulyarlıq və uyğunluq: Müxtəlif ölçü cihazları və sistemlərlə asanlıqla uyğunlaşır və modulyar quruluşu sayəsində müxtəlif tətbiq sahələrində istifadə edilə bilər.

Nümunə Siemens cərəyan transformatoru:

Model: 4NC5327-2CE21

Giriş cərəyanı: 600A (modeldən asılı olaraq)

Çıxış cərəyanı: 5A

Dəqiqlik sinifi: 0.5, 1, 3 (modeldən asılı olaraq)

Tətbiqlər: Enerji monitorinqi, enerji idarəetməsi, qoruma sistemləri.



Şək. 3.3. Siemens S7-1200 DC/DC/DC tip PLC

Siemens S7-1200 PLC (Proqramlaşdırılan məntiqi kontroller) SIMATIC seriyasının bir hissəsidir və sənaye avtomatlaşdırma tətbiqləri üçün çevik və kompakt bir həll təklif edir. Bu PLC-nin əsas xüsusiyyətləri və üstünlükləri aşağıdakılardır:

*Kompakt dizayn:*

S7-1200 kompakt form faktoru ilə yer qənaəti təmin edir və dar məkanlarda quraşdırma üçün uyğundur.

*İnteqrasiya edilmiş kommunikasiya:*

İnteqrasiya edilmiş PROFINET/Ethernet interfeysləri ilə şəbəkə kommunikasiya və digər avtomatlaşdırma cihazları ilə asan inteqrasiya təmin edir.

*Rahat proqramlaşdırma:*

S7-1200 TIA Portal program təminatı ilə programlaşdırılır, bu da PLC, HMI və sürücülər üçün vahid mühəndislik mühiti təqdim edir. TIA Portal mühəndislik prosesini sadələşdirir və məhsuldarlığı artırır.

*Modulyar genişlənmə:*

Müxtəlif Input/Output modulları, kommunikasiya modulları və digər genişləndirmə vahidləri ilə modulyar genişlənmə təklif edir. Bu, xüsusi tətbiq ehtiyaclarına uyğunlaşma və genişlənmə imkanı verir.

*Yüksək performans:*

PLC yüksək sürətli işləmə və kompleks avtomatlaşdırma tapşırıqlarını səmərəli şəkildə yerinə yetirmək üçün geniş təlimatlar dəsti təmin edir.

*Təhlükəsizlik:*

S7-1200 əməliyyat təhlükəsizliyi və kibertəhlükəsizlik üçün parol qoruması və giriş nəzarəti kimi xüsusiyyətlər daxildir.

*Diaqnostika və monitoring:*

Sistem vəziyyətini izləmək və problemləri effektiv şəkildə aradan qaldırmaq üçün geniş diaqnostika imkanları təklif edir. Bu, diaqnostika buferləri və uzaqdan monitoring üçün integrasiya edilmiş veb serveri daxildir.

*İstifadə rahatlığı:*

TIA Portal-ın intuitiv interfeysi və geniş yardım sistemi, hətta məhdud təcrübəsi olan istifadəçilər üçün belə, programlaşdırma və sistem konfigurasiyasını asanlaşdırır.

*Maliyyə effektivliyi:*

İntegrasiya edilmiş funksionallıqlar və modulyar genişlənmə, əlavə avadanlıq ehtiyacını minimuma endirərək, ümumi sahibliyin dəyərini azaldır.

*Çeviklik:*

S7-1200 sadə idarəetmə tapşırıqlarından tutmuş daha mürəkkəb avtomatlaşdırma sistemlərinə qədər geniş bir tətbiq sahəsi üçün uyğundur.

*Etibarlı performans:*

Siemens-in yüksək keyfiyyətli mühəndislik nüfuzu, S7-1200-nin sənaye mühitlərində etibarlı və sabit performans təqdim etməsini təmin edir.

*Tətbiq sahələri:*



- İstehsalat: Montaj xətləri, qablaşdırma maşınları və materialların idarə edilməsi sistemlərinin avtomatlaşdırılması.
- Proses idarəetməsi: Kimya, əczaçılıq və qida və içki sənayelərində proses dəyişənlərinin monitorinqi və idarə edilməsi.
- Bina avtomatlaşdırması: HVAC sistemləri, işıqlandırma və giriş nəzarəti sistemlərinin idarə edilməsi.
- Su təmizləmə zavodları, enerji paylanması və s.



Şək. 3.4. Siemens KTP-700 basic HMI

Siemens S7-1200 PLC üçün analoq modullar, analoq siqnalların rəqəmsal məlumatlara çevrilməsi və PLC tərəfindən işlənməsi üçün istifadə olunur. Bu modullar, müxtəlif analoq giriş və çıxış imkanlarını təmin edir və sənaye tətbiqlərində geniş istifadə olunur. S7-1200 üçün analoq giriş modulu SM-1231-dir. Əlavə olaraq SM-1232 tip analoq çıxış modulu da mövcuddur, lakin bu bizim tətbiqimizdə istifadə edilmir. SM-1231 tip analoq modulunun xüsusiyyətləri aşağıdakılardır:

Nominal gərginlik: 24V DC

Girişlər: 4 və ya 8

Giriş siqnalları: 0-5V, 0-10V və ya 4-20mA

Ölçmə diapazonu konfigurasiya edilə bilər.



Şək. 3.5. Transdüser

Siemens KTP-700 Basic HMI (İnsan-maşın interfeysi) paneli Siemens-in SIMATIC HMI seriyasının bir hissəsidir və kiçik avtomatlaşdırma sistemlərində sadə vizuallaşdırma tapşırıqları üçün nəzərdə tutulmuşdur. KTP-700 haqqında əsas məlumatlar aşağıdakılardır:

Ölçü: 7 düyüm

Növ: TFT geniş ekran

Həll: 800 x 480 piksellər

Rənglər: 64k rəng

Sensor Ekran: Etibarlı iş üçün rezistiv sensor texnologiyası

İnterfeyslər:

Ethernet: Digər cihazlarla əlaqə üçün 1x Ethernet (RJ45) portu

USB: Periferik cihazlar, məsələn, USB flash yaddaşları qoşmaq üçün 1x USB portu

RS485: Köhnə PLC-lər və cihazlarla əlaqə üçün ardıcıl kommunikasiya interfeysi

Funksionallıq:

Yaddaş: 512 KB istifadəçi yaddaşı

İstifadəçi konfigurasiyası: Siemens-in TIA Portal proqramı ilə konfigurasiya və proqramlaşdırma.

Kommunikasiya protokolları: PROFINET və Modbus TCP/IP-ni dəstəkləyir, müxtəlif avtomatlaşdırma sistemləri ilə inteqrasiya imkanı verir.

Öncədən təyin edilmiş funksiyalar: Alarmlar, reseptlər, trend göstərmə və istifadəçi idarəçiliyi kimi öncədən təyin edilmiş HMI funksiyaları ilə gəlir.

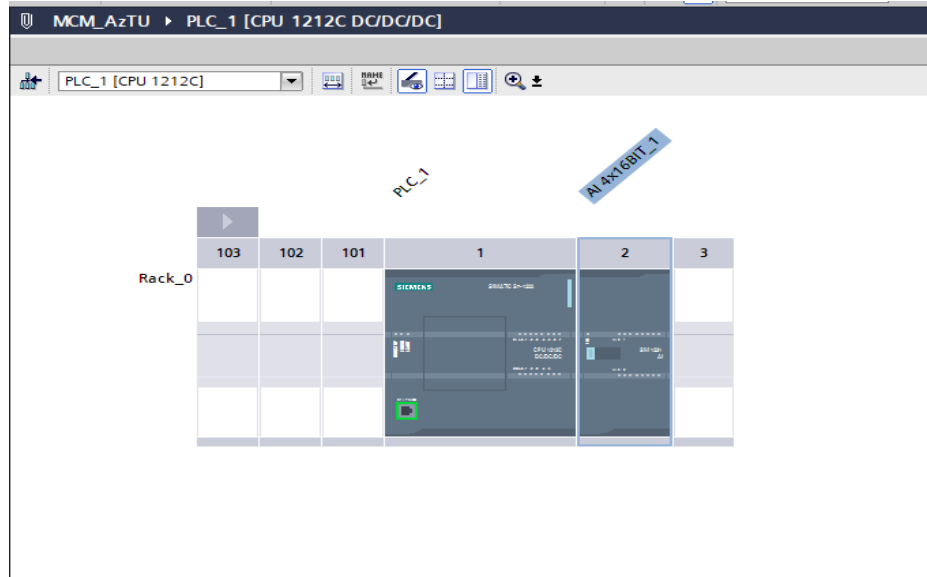


Şək. 3.6. Siqnal çeviricisi

Cərəyan transformatorunun 0-5A çıxış siqnalını, PLC üçün əlverişli 4-20mA diapazonuna çevirmək üçün siqnal çeviricisindən istifadə edilir. Bu çeviricilərin çıxış siqnalı PLC-dən əlavə olaraq istənilən 4-20mA istifadə edən cihazlar ilə inteqrasiya oluna bilər, yüksək gərginlik və cərəyandan mühafizəyə malikdir və ölçmələri çox dəqiqliklə aparır. Nümunə olaraq göstərilmiş siqnal çeviricisi ZIEGLER marka 0-5A 4-20mA çeviricidir və yüksək dəqiqliyə malikdir.

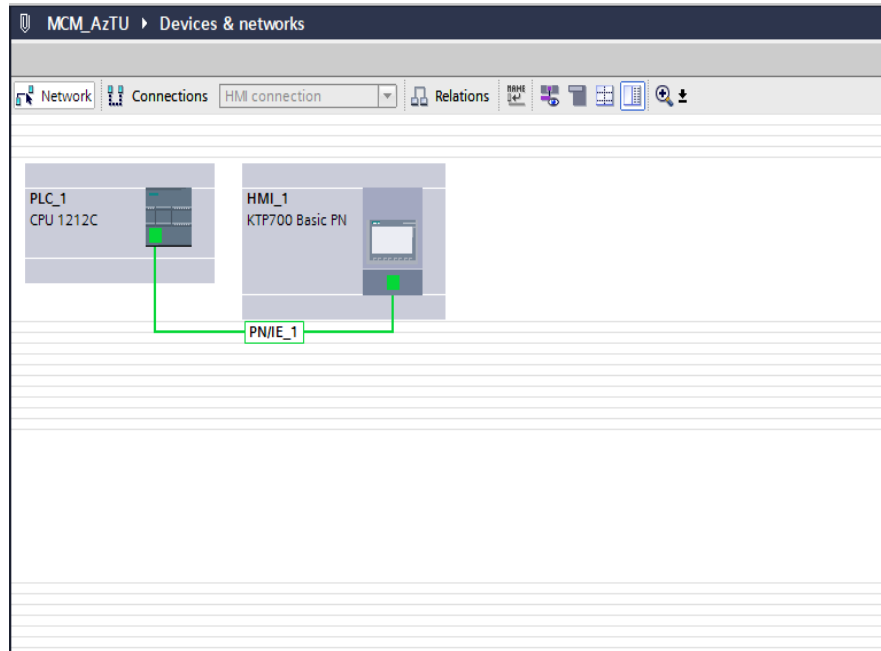
### 3.2. Proqramlaşdırılma və simulyasiya

Siemens PLC-ləri proqramlaşdırmaq üçün interfeys olan TIA Portal (Totally Integrated Automation) proqramında cihazın “hardware” konfigurasiyası qurulmalıdır (şəkil 3.7)



Şək. 3.7. Hardware konfigurasiyası

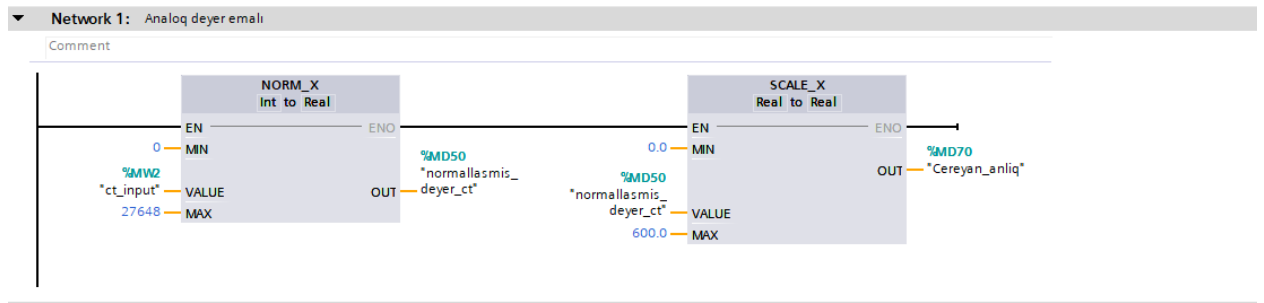
PLC və HMI arasındakı əlaqə PROFINET/Industrial Ethernet vasitəsilə qurulur (şəkil 3.8.)



Şək. 3.8. PROFINET/Industrial Ethernet

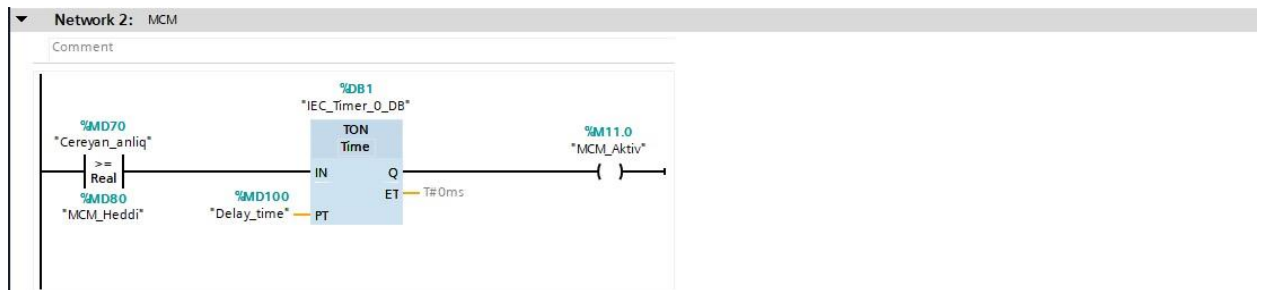
Proqramda ilkin olaraq analoq oxunuş dəyərin istifadəsi miqyaslaşdırılması həyata keçirilməlidir. Yəni giriş 4-20 mA siqnalın anlıq dəyərə çevirilməsi icra olunmalıdır. Nümunədə 4mA siqnalın 0 Amper dəyərinə 20 mA siqnalın isə 600A dəyərinə uyğunlaşdırılması üçün TIA Portal daxilindəki NORM\_X və SCALE\_X

bloklarından istifadə edilir. PLC analoq modul vasitəsilə mA dəyərini qəbul edir, mərkəzi prosessorunda isə yazılan proqrama uyğun olaraq bu dəyər MW2 yaddaş sahəsinə yazılır (Əslində, analoq dəyərlər IW tip yaddaş sahəsinə yazılır, əlimizdə fiziki olaraq cihaz olmadığı üçün MW yaddaş sahəsi istifadə edilib). Analoq giriş dəyərini normallaşdırılmış halı MD50 yaddaş sahəsinə yazılıb və daha sonra minimum 0 ilə maksimum 600 Amper aralığında maştablaşdırılaraq MD70 yaddaş sahəsinə yazılmışdır. Bundan sonra bizim üçün müqayisələrdə istifadə ediləcək əsas qiymətlərdən biri MD70 yaddaş sahəsindəki “Cereyan\_anliq” qiymətidir. (şəkil 3.9.)



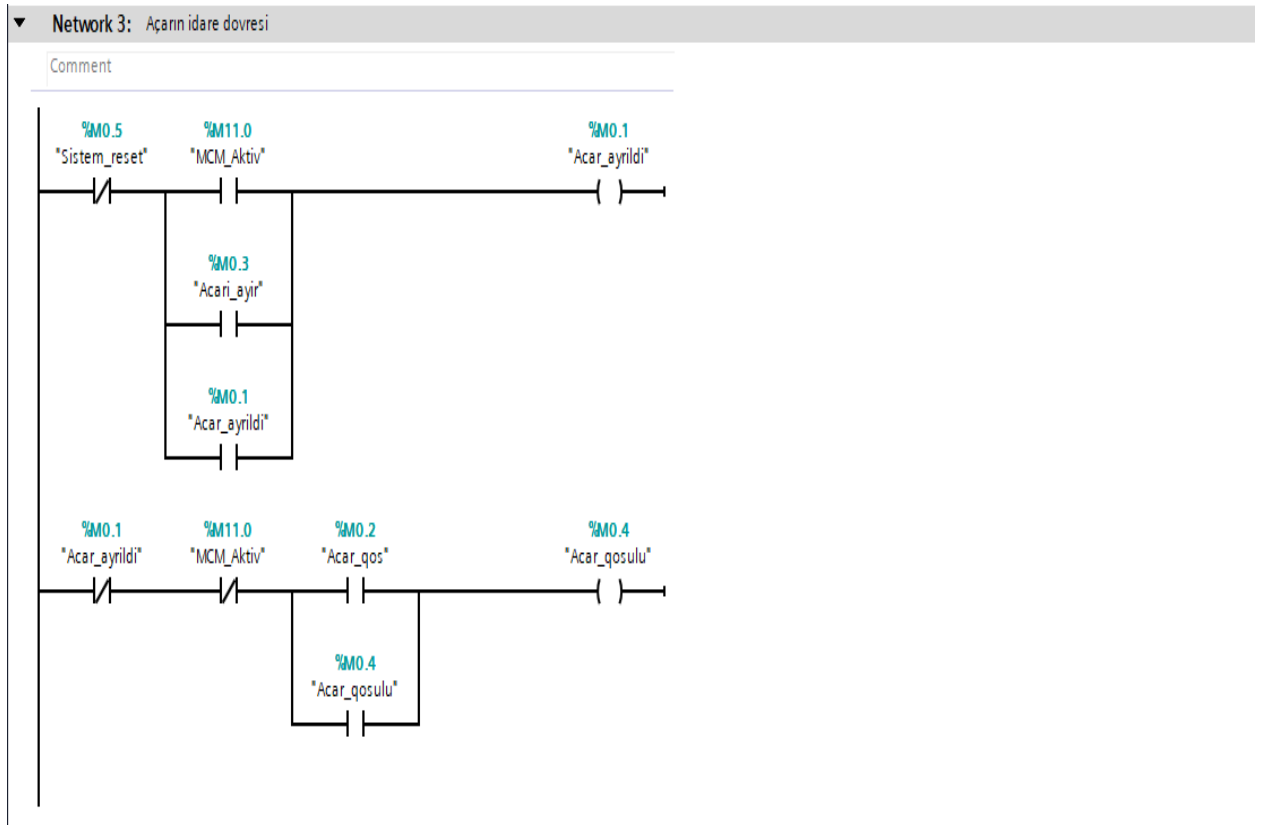
Şək. 3.9.

Cərəyan transformatorundan ölçülən cərəyanın qiymətinin maksimal cərəyan həddini aşdığı təqdirdə müəyyən bir zaman müddətindən sonra elektrik açarının açıq vəziyyətə gəlməsi üçün proqramın birinci hissəsinə ardıcıl olaraq, müqayisə elementi, zamanlayıcı və çıxış bitindən ibarət ikinci hissə yazılmalıdır (şəkil 3.10.).



Şək. 3.10.

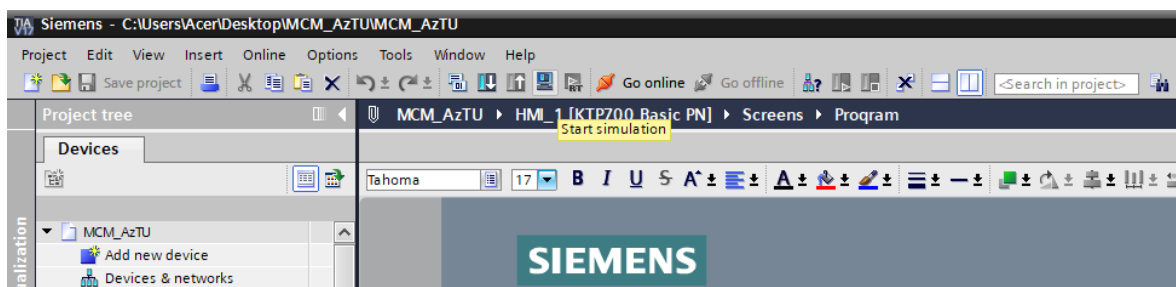
Burada, MD70 yaddaş sahəsindəki “Cereyan\_anliq” qiyməti MD80 sahəsinə yazılmış və HMI vasitəsilə dəyişə bilmə imkanımız olan “MCM\_Heddi” qiymətini aşdığı anda TON zamanlayıcısı işə düşür və HMI vasitəsilə idarə edə biləcəyimiz “Delay\_time” zaman müddəti bitdikdən sonra M11.0 (MCM\_Aktiv) bitini aktiv edir.



Şək. 3.11.

Əgər MCM\_Aktiv bitini aktivləşib sə proqramdan göründüyü kimi “Acar\_ayrildi” çıxış bitini aktivləşir. Bu bitin aktiv olması bizə həm vizualizasiyada “alarm” mesajı olaraq ekranda bildiriş verir, həm elektrik açarını ayırır həm də aşağıdakı sətirdən göründüyü kimi, “Acar\_ayrildi” bitini ilə bərabər “Acar\_qos” komandasının açarı qoşmasına imkan vermir. “Acar\_ayir” və “Acar\_qos” komandaları vizualizasiya vasitəsilə açarın idarə olunmasına imkan verirlər. Bundan əlavə olaraq, əgər açar özümüz tərəfindən və yaxud da ki maksimal cərəyan səbəbindən ayrılıbsa, daha sonra açarı qoşmaq istəsək mütləq şəkildə “Sistem\_reset” bitini anlıq olaraq insan maşın interfeysi vasitəsilə aktivləşdirməliyik. Bu, həm də təhlükəsizlik üçün önəmli bir rol oynayır.

Proqramı simulyasiya etmək üçün alətlər pəncərəsindən “Start Simulation” seçilir və proqram xəyali PLC-yə yükləndikdən sonra simulyasiya oluna bilən hala gəlir (Şəkil 3.12).



Şək. 3.12.

### 3.3. PLC proqramının HMI ilə əlaqələndirilməsi və vizualizasiya prosesi

HMI vasitəsilə vizualizasiya proqramının yaradılması üçün ilkin olaraq HMI ekranının dizaynı edilməlidir, daha sonra isə dizayna uyğun olaraq düymələr (sensor ekrandakı), analoq dəyər oxunma sahələri və digər lazımi məlumatlar PLC ilə əlaqələndirilməlidir.

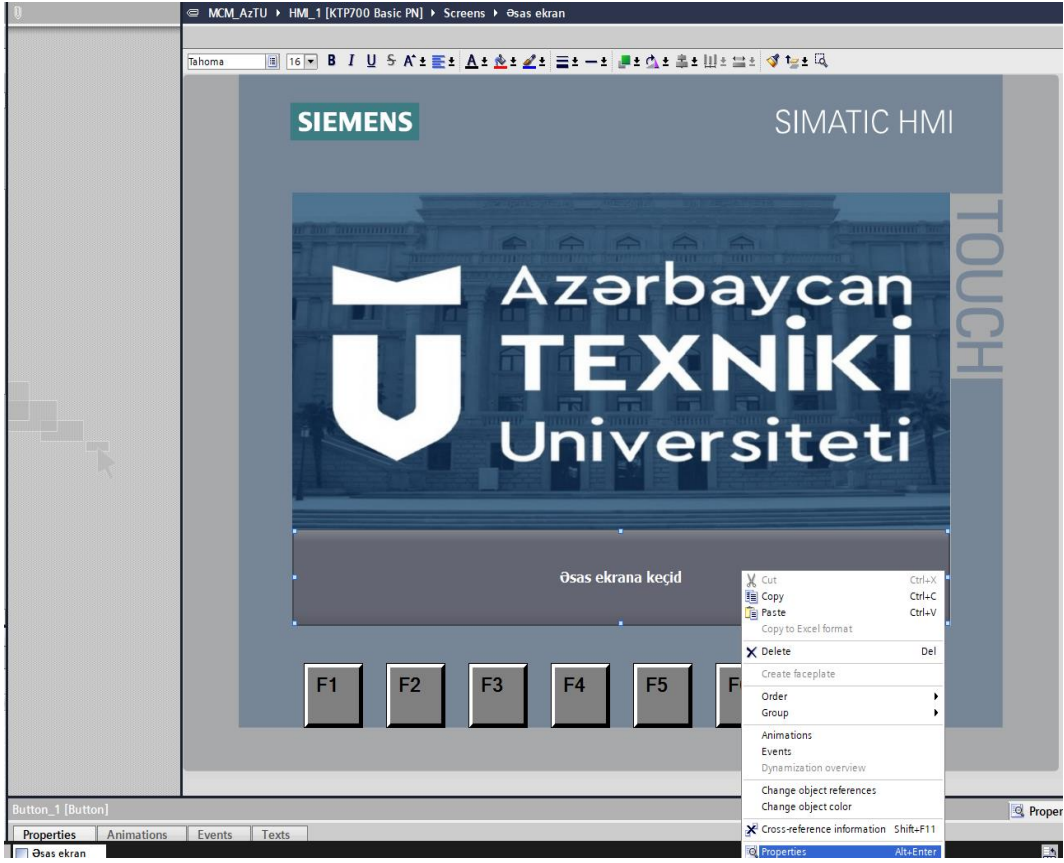


Şək. 3.13. İnsan-maşın interfeysinin monitoru

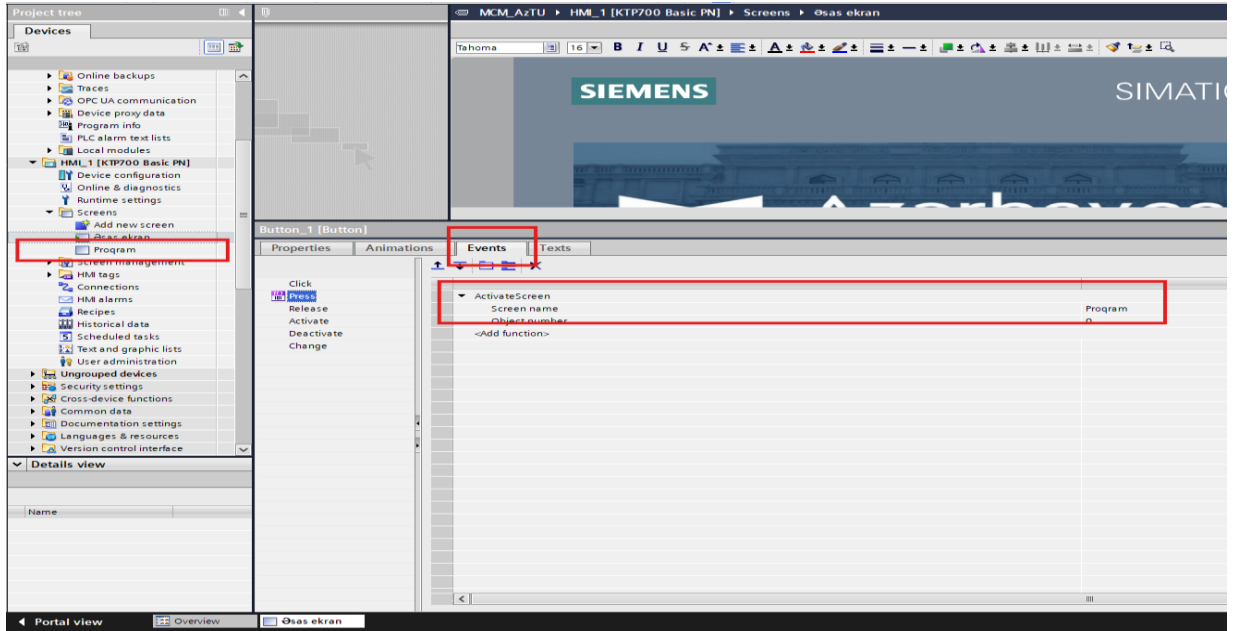
Göründüyü kimi, insan-maşın interfeysinin monitorunun açılış dizaynı bu cürdür (Şəkil 3.13). Əsas ekrana keçid yazısını kliklədikdən sonra isə digər ekran aktiv olur (Şəkil 3.16).

Bunu etmək üçün “Properties” seçilir və “Events” pəncərəsindən düymənin “ActivateScreen” əmrini icra etməsi tapşırılır. “ActivateScreen” hissəsindən isə digər ekranın adı seçilir (Şəkil 3.14 və Şəkil 3.15).

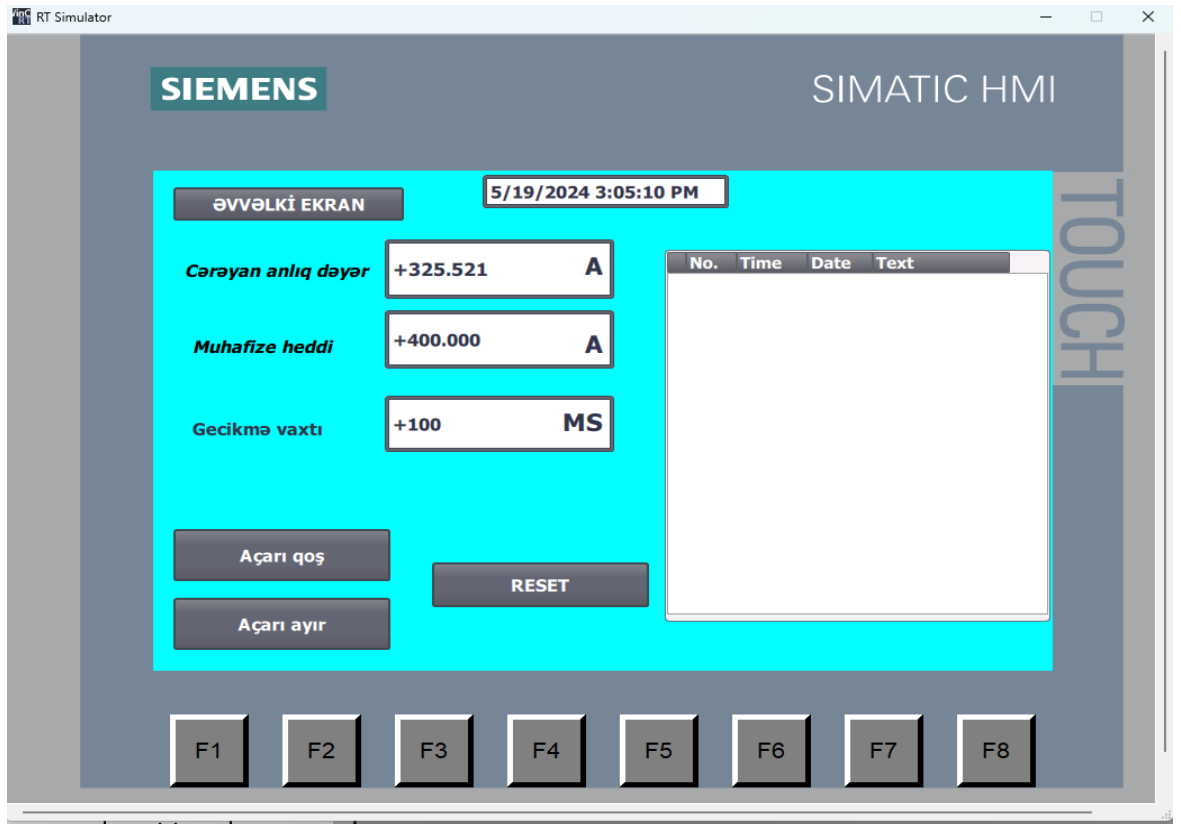




Şək. 3.14.



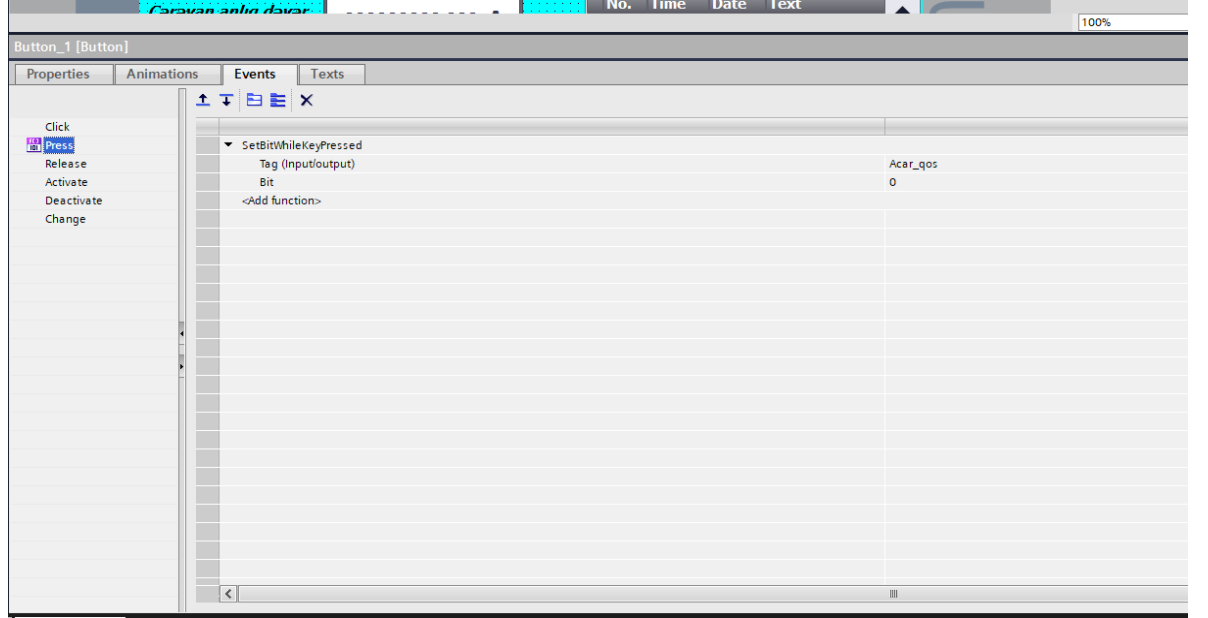
Şək. 3.15.



Şək. 3.16.

Bu ekranda cərəyanın anlıq dəyəri Amper ilə davamlı olaraq əks olunur. Açarı qoş, açarı ayır, reset əməlləri PLCdə yazılan program ilə əlaqələndirilib və hərəsi özünə uyğun biti aktiv edir. Bu düymələrin də PLC ilə əlaqələndirilməsi ekran dəyişməkdə

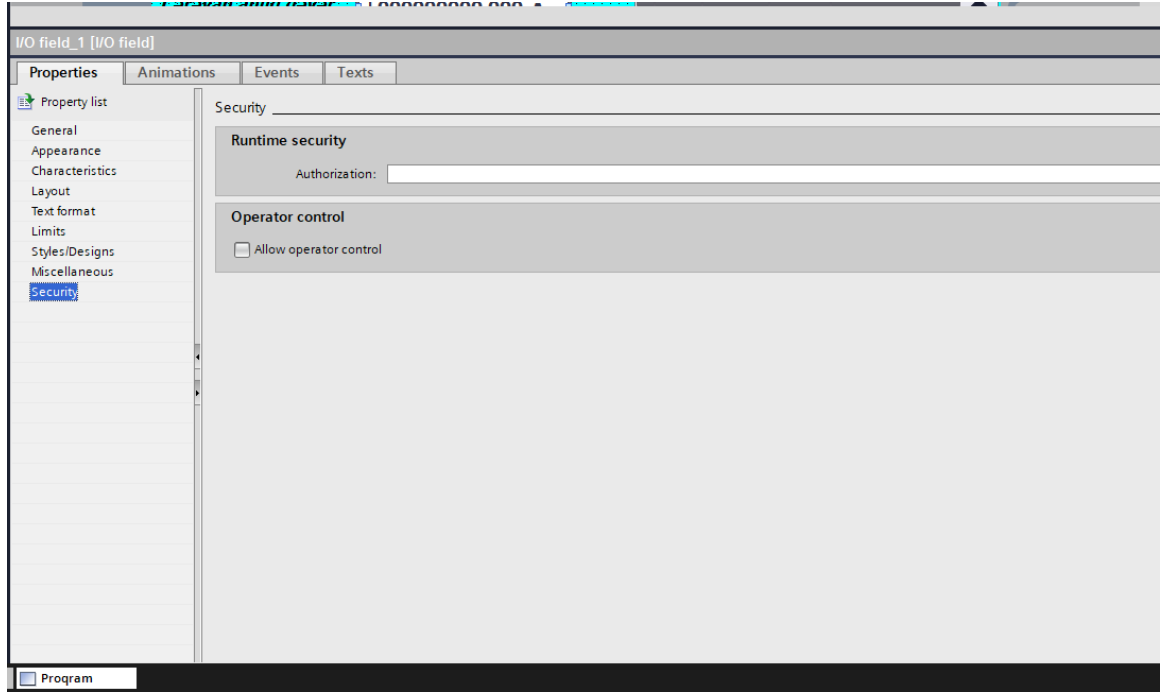
istifadə olunan əmr ilə çox oxşardır. Belə ki, sağ kliklə düymə üzərindən “properties” seçilir və “events” zonasından “press” əmrinə “SetBitWhileKeyPressed” seçilir. Bu, o deməkdir ki, düymə klikləndiyi müddət ərzində seçdiyimiz bit aktiv qalacaqdır (Şəkil 3.18).



Şək. 3.18.

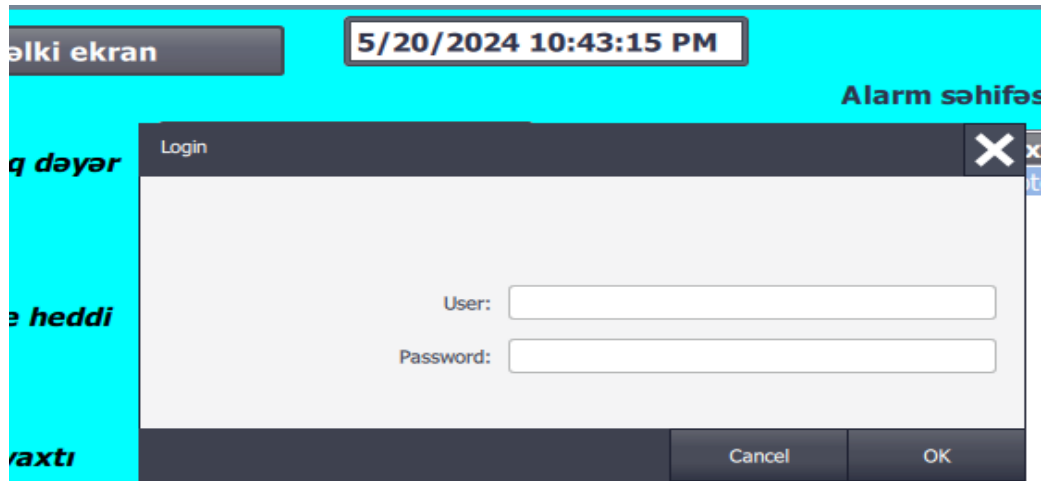
Bundan əlavə, cərəyanın anlıq dəyərini görmək üçün PLC “tag table”-dan “Cereyan\_anliq” qiymətini HMI ekranına sürüşdürmək kifayətdir (drag and drop). Lakin yadda saxlamaq lazımdır ki, properties hissəsindən “allow operator control” əmrin işarələnməmiş olsun. Bunu etməkdə səbəb odur ki, qiymətə operator tərəfindən dəyişiklik etmək cəhdi olarsa, bu cəhd baş tutmasın (Şəkil 3.19).

Şək.



3.19.

Mühafizə həddi istifadəçi tərəfindən HMI vasitəsilə müəyyənləşdirilə bilər, lakin təhlükəsizlik məsələsinə görə, bunu etməyə cəhd göstərildikdə sistem parol tələb edir. Ümumiyyətlə Reset funksiyasından başqa hər hansı bir əmri yerinə yetirmək üçün istifadəçi adı və parol yazılıb administrator səviyyəsində sistemə daxil olmaq lazımdır (Şəkil 3.20).



Şək. 3.20.

### III FƏSİLİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ

Magistr dissertasiyasında aparılan ədəbiyyat icmalı və tədqiqatlar aşağıdakı nəticələrə gəlməyə imkan verir:

1. Bir fazalı elektrik veriliş xətlərində maksimal cərəyan mühafizəsinin PMK vasitəsilə modelləşdirilməsi məqsədilə Siemens şirkətinin TIA Portal proqram paketi ilə proqramlaşdırma mühiti və lazımi cihazlar haqqında məlumatlar verilmişdir;
2. Siemens PLC-ləri proqramlaşdırmaq üçün interfeys olan TIA Portal (Totally Integrated Automation) proqramında cihazın “hardware” konfigurasiyası qurulmuşdur;
3. PROFINET/Industrial Ethernet vasitəsilə PLC və HMI arasındakı əlaqə qurulmuşdur;
4. PLC proqramının HMI ilə əlaqələndirilməsi və vizualizasiya prosesi həyata keçirilmişdir;

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ**  
**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**  
**YÜKSƏK TƏHSİL İNSTİTUTU**

**Rzayev Əli Vüqar oğlu**

**ÜÇ FAZALI ELEKTRİK VERİLİŞ XƏTLƏRİNDƏ MAKSİMAL**  
**CƏRƏYAN MÜHAFİZƏSİNİN PMK VASİTƏSİLƏ MODELLEŞDİRİLMƏSİ**  
**altmövzusunda**

**MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI**

**İxtisas: 060628 – Proseslərin avtomatlaşdırılması mühəndisliyi**

**İxtisaslaşma: “Texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılması və idarə edilməsi”**

**Elmi rəhbər:**

**t.f.d., dos. Yolçuyev İmran Alı oğlu**

**BAKI - 2024**

## **IV FƏSİL. ÜÇ FAZALI ELEKTRİK VERİLİŞ XƏTLƏRİNDƏ MAKSİMAL CƏRƏYAN MÜHAFİZƏSİNİN PMK VASİTƏSİLƏ MODELLƏŞDİRİLMƏSİ**

### **4.1. Logo tipli məntiqi kontrollerin istismar xüsusiyyətləri**

LOGO tipi məntiqi kontrollerin istifadə xüsusiyyətləri və imkanları aşağıdakılardır:

1. Sadə proqramlaşdırma mühiti: LOGO tipli məntiqi kontroller, istifadəçilərə sadə və anlaşıqlı bir proqramlaşdırma mühiti təklif edir. Bu, yeni istifadəçilərin çətinlik yaşamadan prosesləri proqramlaşdırmaq və tənzim etmək üçün imkanlar yaradır. İstifadəçilər məntiq funksiyaları, analog və rəqəm giriş/çıxışları, zamanlayıcıları və digər funksiyaları asanlıqla istifadə edə bilirlər.

2. Geniş istifadəçi bazası: LOGO tipli məntiqi kontroller, geniş bir istifadəçi bazası üçün nəzərdə tutulmuşdur. Mühəndislər, texniki operatorlar, təcrübəli mühəndislər və hətta təhsil sahəsində təlim alanlar bu kontrolleri rahatlıqla istifadə edə bilirlər. Bu, müxtəlif sahələrdə tətbiq olunan proqramların müxtəlif iş tələblərinə cavab verə biləcəyini göstərir.

3. Geniş funksional imkanlar: LOGO tipli məntiqi kontroller, geniş funksional imkanlar təmin edir. Bu, analoq və rəqəmsal giriş/çıxışlar, zamanlayıcılar, sayğaclar, PID nəzarəti və daha bir çox funksiyonu əhatə edir. İstifadəçilər, müxtəlif prosesləri idarə etmək üçün bu imkanlardan istifadə edə bilirlər və prosesləri tənzimləmək üçün effektiv yollar tapa bilirlər.

4. Quraşdırılma asanlığı: LOGO tipli məntiqi kontroller, quraşdırılma və tənzimləmənin asan olması üçün dizayn edilmişdir. Asanlıqla quraşdırıla bilirlər və müəyyən konfigurasiya dəyərləri ilə birlikdə təchiz olunmuşdur.

5. Texniki dəstək və təlimatlar: Siemens, LOGO tipli məntiqi kontroller üçün geniş texniki dəstək və təlimatlar təmin edir. Bu, istifadəçilərin kontrollerin quraşdırılması, tənzimlənməsi və problemlərin həll edilməsi ilə bağlı kömək almağa imkan verir. İstifadəçilər, Siemensin onlayn resurslarından və dəstək mərkəzlərindən faydalanaraq məsələləri həll edə bilirlər.

Bu xüsusiyyətlər LOGO tipli məntiqi kontrollerin müxtəlif tətbiqlərdə rahatlıqla istifadə olunmasına kömək edir. Bu kontroller effektiv və təhlükəsiz iş rejimi və istifadəçilərə çoxsaylı tətbiqlər üçün geniş funksional imkanlar təmin edir.

Siemens şirkətinin istehsal etdiyi bu kontrollerlər kompakt və tam quruluşlu olub, texniki mürəkkəblik əmsalı nisbətən sadə olan qurğuların avtomatik idarə edilməsi üçün nəzərdə tutulub. Logo kontroller ailəsi adətən aşağıdakı komponentlərdən ibarətdir:

1. Məntiqi modul LOGO! Baza - klaviaturası və displeyi ilə birlikdə olan əsas LOGO baza, klaviatura və displey olmadan;

2. Funksional genişləndirici modullar:

2.1. 8 və ya 16 kanallı diskret siqnalların daxil və xaric edilmə modulu DM8, DM16.

2.2. 2 kanallı analoq siqnalların daxil olunması modulları AM2, AM2PT100.

3. LOGO POWER - qidalanma qurğusu

4. LOGO Contact - birbaşa üçfazlı şəbəkəyə qoşulma modulu.

Sənaye məhsulu olaraq LOGO PLC aşağıdakı məqsədlər üçün istehsal edilir:

1. Tent qızdırıcılarının, qapıların və darvazaların elektrik işıqlandırma sistemlərinin idarə edilməsi;

2. Kompresorlar, nasoslar, ventilyatorlar və orta güclü soyuducu maşınların idarə edilməsi;

3. Suvarma sistemlərinin idarə edilməsi;

4. Nəqliyyat vasitələrində nisbətən sadə texnoloji proseslərin idarə edilməsi.

*Konstruktiv xüsusiyyətləri:* LOGO soft ailəsinin bütün kontrollerləri kompakt və plastik materialdan hazırlanmış korpusta yerləşdirilir. Daxiletmə və çıxış sistemi çox sadədir. Funksional genişləndirici modullar yalnız nisbətən mürəkkəb qurğuların idarə edilməsi lazım olduqda işə daxil edilir. 2 kanallı analoq girişlər LOGO ailəsinin hər hansı bir modelinə daxil edilə bilər.

Funksional genişləndirici vasitələrə daxil olan DM8 və DM16 diskret modullar, gərginlik səviyyələri uyğun olduqda tətbiq edilməlidir. Avtonom qidalanmada müsbət gərginliyin qoşulma xəttində 0.8A qoruyucu quraşdırılır. Müasir kontrollerlərin bəzilərində bu qoruyucu 2A-dir. Girişdə qoşulan PLC-də bütün vericilər ümumi bir



neytrala malikdir. Çıxışlarda isə kontrollerin stasionar və ya avtonom şəraitdə işləməsinə asılı olaraq şəbəkənin neytralı və ya kontrollerin öz metal korpusu istifadə olunur. Aşağıda funksional genişləndirici modullar göstərilib:

1. Kodlaşdırma şiffləri;
2. Kodlaşdırma yuvaları;
3. Funksional genişləndirici modulların qoşulma interfeysi;
4. Daxili şini işçi vəziyyətə gətirən sürüngəc;
5. İnterfeys kabeli;
6. Bu kabelin qoşulduğu klemlər;
7. İş rejimi indikatoru;
8. İnterfeys indikatoru.

Bu təsvirlər LOGO kontrollerlərin necə qurulduğunu və onların müxtəlif komponentləri ilə hansı funksiyaları yerinə yetirdiyini göstərir. Bu cür PMK-lar sadə və orta mürəkkəblikdə olan texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılmasında istifadə edilir və onların genişləndirilə bilən modullar vasitəsilə daha mürəkkəb sistemlərin idarə edilməsini dəstəkləməsi mümkündür.

Texnoloji proseslərin və avadanlıqların avtomatlaşdırılmasında **Siemens** şirkətinin istehsal etdiyi **Logo** məhdud imkanlı və **Simatic** ümumi təyinatlı kontrollerlər daha geniş miqyasda tətbiq edilir (Şəkil 4.1).



Şək. 4.1. Logo və Simatic kontrollerləri

**Simatic** kontrollerlərin əsas üstünlüyü onun modul tipli konstruksiyası, xidmətin asanlıqı, geniş tərkibli obyektlə əlaqə qurğularına malik olmasıdır.

**Logo** kontrollerlər isə analogi kontrollerlər sinfində daha geniş funksional imkanlara və proqramlaşdırma dillərinə malik olmaları ilə seçilir.

#### **4.2. PMK əsasında üç fazlı EVX-in maksimal cərəyan mühafizəsinin Logo Soft Comfort proqram paketində modelləşdirilməsi**

Mühafizə və nəzarət texnologiyaları günümüzün müasir sənaye sahəsində əhəmiyyətli rol oynayır. Bu mühafizə sistemləri, potensial təhlükələrə qarşı ciddi qoruma təmin edir və avtomatik proseslərdə yüksək səviyyədə effektivlik və dəqiqlik göstərir. Bu sahədə ən məşhur və etibarlı sistemlərdən biri PMK əsasında işləyən mühafizə sistemləridir. Bu texnologiya, elektrik sistemi üçün ümumi təhlükələri minimalizə etmək və avtomatlaşdırılmış proseslərə sürət və effektivlik gətirmək məqsədi ilə inkişaf etmişdir.

PMK əsaslı mühafizə sistemləri, elektrik şəbəkəsində baş verə biləcək potensial problemləri təhlil edən və onları aradan qaldıran dəyərli alətlərdir. Bu sistemlər, elektrik sistemi təhlükəsizliyini təmin etmək üçün müxtəlif funksionallıqlar və tənzimləmə imkanları təqdim edir. Həmçinin, PMK-a əsaslanan mühafizə sistemləri, əlavə təhlükələrin qabaqcıl təhlilini və önəmli hallarda avtomatik reaksiya verilməsini də təmin edir. Bu, texnologiyaya sahib olan şirkətlərin işgüzarlıq və effektivliklərinin artırılması üçün kritikdir.

PMK əsaslı mühafizə sistemlərinin ən böyük üstünlüklərindən biri, onların sadəliyi və təkmilləşdirilməsi imkanındır. Bu sistemlər, istifadəçilərə yüksək dərəcədə müsbət təcrübə və çeviklik təmin edir. Həmçinin, PMK-ın qurulması və idarə edilməsi çox az texniki bacarıq tələb edir, bu da onları bir çox sahədə istifadə üçün idealdır.

Bununla birlikdə, PMK-a əsaslanan mühafizə sistemlərinin effektivliyi və performansı müasir texnologiyalara görə qiymətli olaraq qalır. Bu sistemlər, avtomatlaşdırılmış proseslərə dərin bir nəzarət və geniş funksionallıq təklif edir və bu, sənaye sahəsində effektivliyi artırmaq üçün əhəmiyyətli bir araçdır.

İşdə PMK əsasında üç fazalı EVX-nin artıq yüklənmə cərəyanından mühafizəsinin modelləşdirilməsinə baxılmışdır.

PMK hər bir fazada yük cərəyanının qiymətini onlayn olaraq izləyir və artıq yüklənmə cərəyanı aşkar etdiyi zaman kontaktor dövrəsinə müvafiq signal göndərməklə nasazlığı aradan qaldırır. PMK-nın displey bölməsi baş vermiş nasazlığın növü ilə bağlı xəbərdarlıq mesajından əlavə, yük cərəyanını göstərmək üçün də istifadə olunur.

Həmçinin kontroller proqramı müəyyən bir başlanğıc və yük cərəyanı zamanı dövrə kəsicinin (CB-Circuit Breaker) işə salınma signalını ləğv edir.

Bundan əlavə artıq yüklənmə cərəyanı buraxıldıqda işə qayıtmaq üçün avtomatik təkrarqoşma sistemi aktivləşir. PMK əsaslı mühafizə üsulları daha ucuz başa gəlir, digər mühafizə sistemləri ilə müqayisədə təhlükəsiz işləmə və daha yüksək dəqiqliyi təmin edir. Mühafizəni həyata keçirmək üçün Funksiya Blok Diaqram (FBD) proqramlaşdırma dili istifadə edilir. Təvsiyə olunan proqram LOGO! PMK-ya yüklənməzdən əvvəl virtual imitasiya üçün Soft Comfort V7.0 simulyasiya proqramında tədqiq olunur.

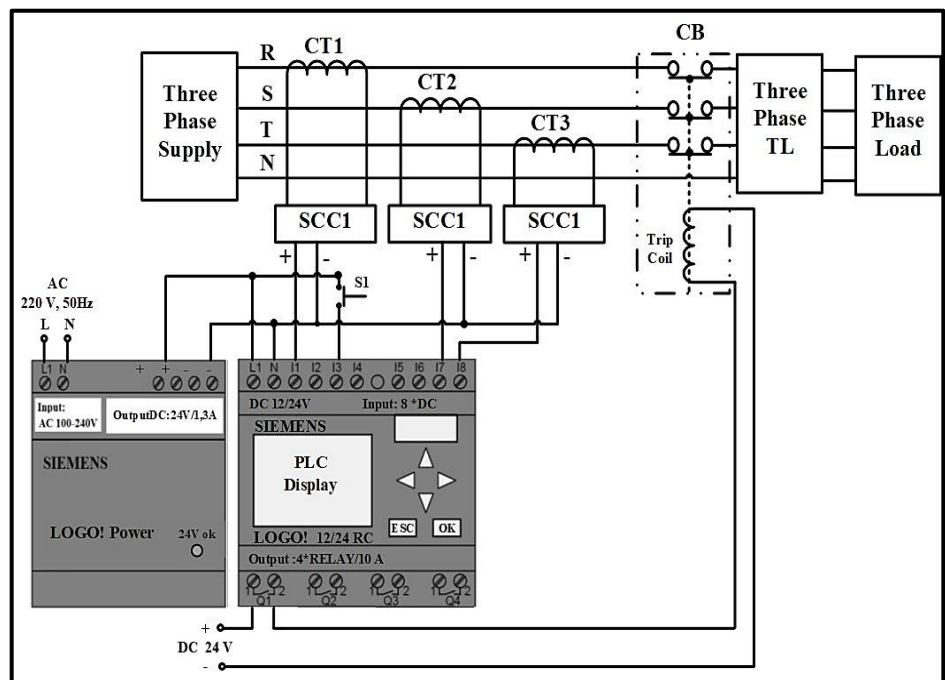
Ötürücü və paylayıcı xətlər elektrik enerjisinin fasiləsizliyini təmin etmək, generasiya blokuna və istehlakçılara yaxşı töhfə verdiyi üçün enerji sisteminin mühüm hissəsidir. Külək, yağış, yüngül tufan kimi təbii səbəblərdən EVX-lərdə nasazlıqlar baş verə bilər. Ümumiyyətlə nasazlıqlar şunt nasazlıqları və ardıcıl nasazlıqlar kimi təsnif edilə bilər. Şunt nasazlıqları iki cür olur; simmetrik və qeyri-simmetrik. Üç fazalı EVX-də baş verə biləcək bir çox mümkün şunt nasazlıqları (L-G, LL-G, LLL-G, LL və LLL) mövcuddur. Bu şunt nasazlıqlarından üç faza(lar)dan fazaya (LLL) və üç faza(lar)dan torpağa (LLL-G) simmetrik nasazlıqlar, digər şunt nasazlıqları isə asimmetrik nasazlıqlar hesab edilir. EVX kimi elektrik enerjisi sisteminin komponentləri taymerlər, kontaktorlar, gərginlik və cərəyan releləri kimi bəzi elementlərdən istifadə etməklə mühafizə olunur. Bu rejim çox sadə olan və mexaniki dinamik hissələri ehtiva edən “Klassik rejim” kimi tanınır. PIC16F877A, Arduino Microcontroller, FPGA əsasında mühafizə sistemi bir çox mexaniki komponentləri aradan qaldırmışdır. Lakin bu tip mühafizə metodu analoq rəqəm çeviricisi (ADC) modulunu tələb edir, əlavə

olaraq PMK əsaslı mühafizə metodu ölçülmüş elektrik parametrlərini özündə əks etdirmir. PMK-lar sənaye idarəetmə sistemlərində quraşdırılmış ən vacib komponentlərdir, çünki onlar etibarlılığa, qənaətcilliyə, sadəliyə və modulluğa, möhkəmliyə və yüksək davamlılığa malikdirlər, həmçinin aşağı texniki xidmət tələb edirlər.

İşdə PMK -ya əsaslanan EVX-lər üçün mühafizə metodu təqdim edilir. Bundan əlavə, üç faza üçün yük cərəyanlarının qiymətləri və sistemdə baş verən nasazlıqlara onlayn rejimdə nəzarət olunur və xəbərdarlıq siqnalları PC iş masasında, həmçinin PMK -nın displayində göstərilir [10-16].

#### 4.2.1. PMK əsasında tədqiq olunan mühafizə sistemi

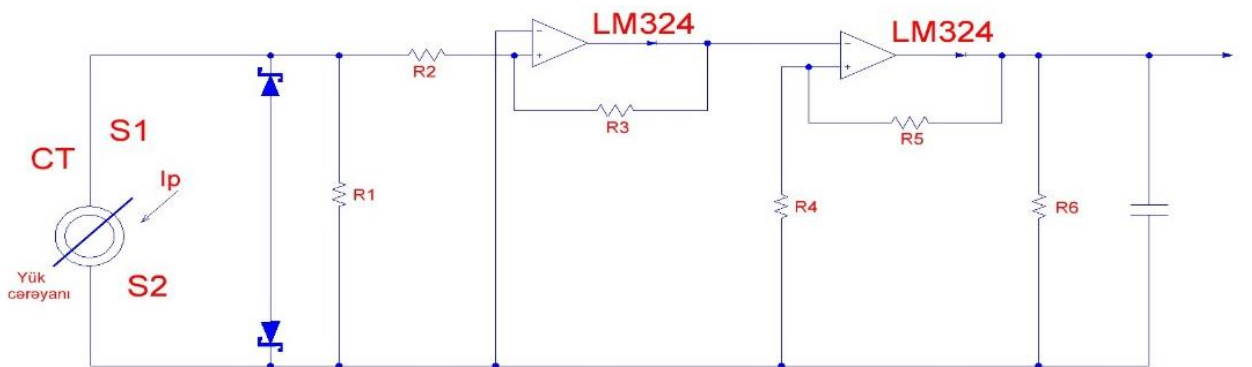
Tədqiq olunan sistemin blok diaqramı şəkil 4.2-də göstərilmişdir. O, dörd əsas hissədən ibarətdir: birinci hissə üç cərəyan transformatoru (CT) tərəfindən təqdim olunur, ikinci hissə CT-nin cərəyan siqnalının PMK qurğusuna göndərilməsi üçün uyğun bir gərginlik siqnalına kalibrlənməsi üçün üç siqnalların formalaşdırılması sxemləri (SCC - Signal Conditioning Circuits), üçüncü hissə PMK və son hissə dövrə kəsicidir. Bu eksperimental işdə CB kimi üç fazalı keçirici istifadə olunur.



Şək. 4.2. PMK əsasında təklif olunan mühafizə sisteminin blok-sxemi

Elektrik cərəyanlarının ölçülməsi üçün CT istifadə olunur. Dövrədəki cərəyanın qiyməti birbaşa ölçmə alətlərinə tətbiq etmək üçün çox yüksək olduqda, onun qiyməti azaldılır. Cərəyan transformatoru (CT) dövrədəki cərəyana dəqiq mütənasib olaraq azaldılmış cərəyan yaradır. Transformasiya əmsalı  $60 \div 5$  bərabər olan CT, EVX-ə verilən üç fazlı gücün hər biri üçün istifadə olunur.

Əslində PMK cərəyan siqnalını belə hiss edə bilmir. Belə ki, bir şunt rezistoru ( $R_{sh}$ ) (həmçinin yük rezistoru adlanır) şəkil 4.3-də göstəriləndiyi kimi CT-nin ikinci dolaqları (S1 və S2) boyunca sabitlənmişdir. Bu rezistor tək cə qapalı dövrəni təşkil etməyəcək, həm də Om qanununa uyğun olaraq CT-nin cərəyan siqnalını gərginlik siqnalına çevirəcək. Beləliklə, birinci yük cərəyanına ekvivalent istehsal olunan gərginlik siqnalı növbə nisbətində bölünür və R1-in qiymətinə vurulur. CT-nin çevirici gərginlik siqnalını ölçüləcək PMK analoq gərginlik diapazonuna gərginliyə normallaşdırmaq üçün üç SCC istifadə olunur. SCC-nin hər biri şəkil 4.3-də göstəriləndiyi kimi əməliyyat gücləndiricilərinə əsaslanan dəqiq düzləndirici sxemindən ibarətdir. Bu AC gərginliyi birinci əməliyyat gücləndiricisi tərəfindən düzləndirilir və sonra ikinci əməliyyat gücləndiricisi tərəfindən gücləndirilir.



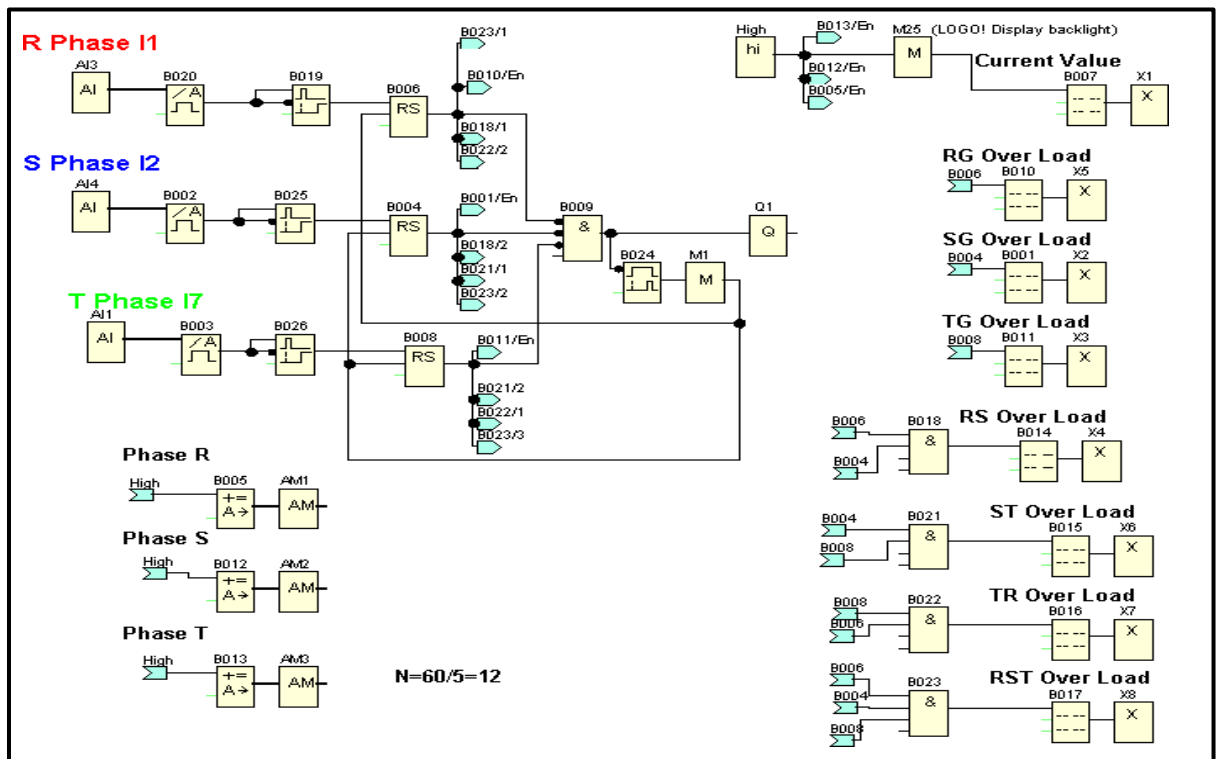
Şək. 4.3. CT üçün siqnal formalaşması sxemi

Bir AC mənbəyindən DC siqnalının yaradılması diod gərginliyinin düşməsi, temperatur və cərəyana qarşı dəyişikliklər kimi bir çox problemlə əlaqələndiriləcəkdir. Buna görə də, bu dövrə DC siqnalını yaratmağın dəqiq bir yolunu təklif edir.

İşdə istifadə olunan PLC "LOGO! 12/24RC" (Versiya: 0BA6 [8]) adlanır və "LOGO! Basic" kimi tanınır. 12/24 V DC giriş gərginliyinə malik olan, rəqəmsal çıxış kimi səkkiz rəqəmsal girişə və dörd releyə (10A) malikdir. LOGO enerji təchizatı kimi istifadə olunan 24 DC, 1,3 A enerji təchizatı moduluna malikdir. İdarəetmə proqramını yükləmək üçün PLC qurğusu ilə kompüter arasında "LOGO!-PC kabeli" kimi tanınan xüsusi bir kabel vardır.

#### 4.2.2. PMK əsaslı mühafizə sistemi üçün təklif olunan nəzarət proqramı

PMK proqram təminatı üçün LOGO!-dan istifadə edərək təklif olunan idarəetmə proqramını yerinə yetirmək üçün Funksiya Blok Diaqramı (FBD) metodundan istifadə edilir. Şəkil 4.4-də göstərildiyi kimi Soft Comfort V7.0.



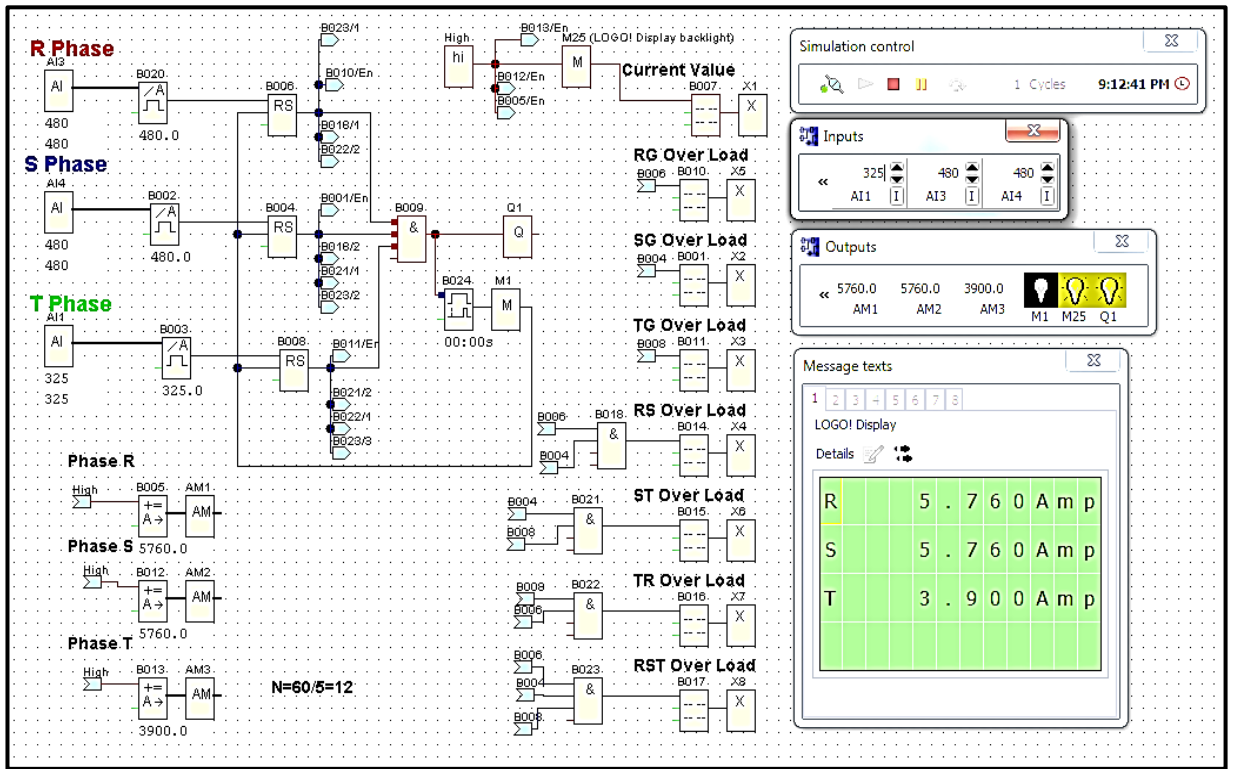
Şək. 4.4. Təklif olunan mühafizə nəzarət sisteminin Funksiya Blok Diaqramı (FBD)

- PMK girişlərindən üçü istifadə olunur (AI1, AI3 və AI4), analoq tipdir, hər biri CT-dən kalibrlənmiş siqnalı qəbul etmək üçün istifadə olunur.

- Üç analoq trigger modulu (B020, B002 və B003) istifadə olunur. Bu modulların çıxışı (məntiq 1) aşırı yükləmə cərəyanına kalibrlənmiş keçid nöqtəsindən asılı olaraq müəyyən edilir.
- Üç (RS) rele kilidi (B006, B004 və B008) nasazlıqlar yarandıqda trigger modulunun siqnalını bloklamaq üçün istifadə olunur.
- Girişlər tərs çevrilmiş VƏ keçidi (B009) istənilən mərhələdə baş verən bütün növ nasazlıqlar üçün (Q1) çıxışını aktivləşdirmək üçün istifadə olunur.
- PMK çıxış modullarından biri (Q1) əsas CB-nin açma sarğacını aktivləşdirmək üçün istifadə olunur.
- Üç Analoq Riyaziyyat Təlimatının funksiya bloku (B005, B0012 və B013) aşağıdakı düstura uyğun olaraq hər bir fazanın yük cərəyanını tapmaq (və ya hesablamaq) üçün istifadə olunur.
- Üç Gecikmə Taymeri (B019, B025 və B026) yüklərin işə salınması zamanı CB-nin işə düşməsinin qarşısını almaq üçün sayğac modullarından müəyyən vaxt (4 saniyə) ilə qapama relələrinə göndərilən artıq yüklənmə cərəyan siqnallarını gecikdirmək üçün istifadə olunur.
- Gecikmə Taymeri (B024) qapanma relələrini (yəni, konfigurasiya edilmiş gecikmə vaxtı keçənə qədər çıxışı açılmayan On-gecikmə taymerini (B024)) sıfırlamaqla müəyyən bir müddətdən sonra CB-ni yenidən bağlamaq üçün istifadə olunur.
- Sistemin parametrlərini göstərmək üçün səkkiz mesaj mətnindən istifadə olunur.
- Birinci mesajda tənliyə (1) uyğun olaraq, analoq riyazi təlimat funksiyası blokundan istifadə edərək hesablanan hər bir fazanın yük cərəyanının dəyərləri göstərilir.
- İkinci üç mesaj mətni (Xəttədən Yerə) xətası ilə artıq yüklənmiş iki fazanın adını aşağıdakı kimi göstərir: Faza R həddən artıq yükləndikdə "RG Over Load" mesajı, Faza S həddən artıq yükləndikdə "SG Over Load" mesajı, " Faza T həddən artıq yükləndikdə TG Over Load" mesajı.
- Son mesaj üç faza eyni vaxtda həddindən artıq yükləndikdə "RST Over Load" olur.

### 4.2.3. Simulyasiya və eksperimental nəticələr

Təklif olunan Funksiya Blok Diaqramı (FBD) idarəetmə proqramı LOGO! Soft Comfort Simulation xüsusiyyəti; sonra proqram PC-dən PMK -nın yaddaşına (PC - LOGO! kabeli) adlı xüsusi kabellər vasitəsilə yüklənir. Çıxış modulunun (Q1) aktivləşdirilməsini göstərmək üçün müxtəlif nasazlıqlar simulyasiya edilir və hər bir halda göstərilən mesaj mətninə əlavə olunur: Şəkil 4.5 çıxış signalının (Q1) yüksək olduğunu göstərir ki, bu da CB-nin hər hansı bir hadisə baş verməzdən əvvəlki (canlı) vəziyyətdə olduğunu göstərir. Nasazlıqlar (ərafəsində olan dəyərləri aşmayın), üç fazanın hər biri üçün yük cərəyanının amplitudasını göstərən mesajı görürük.

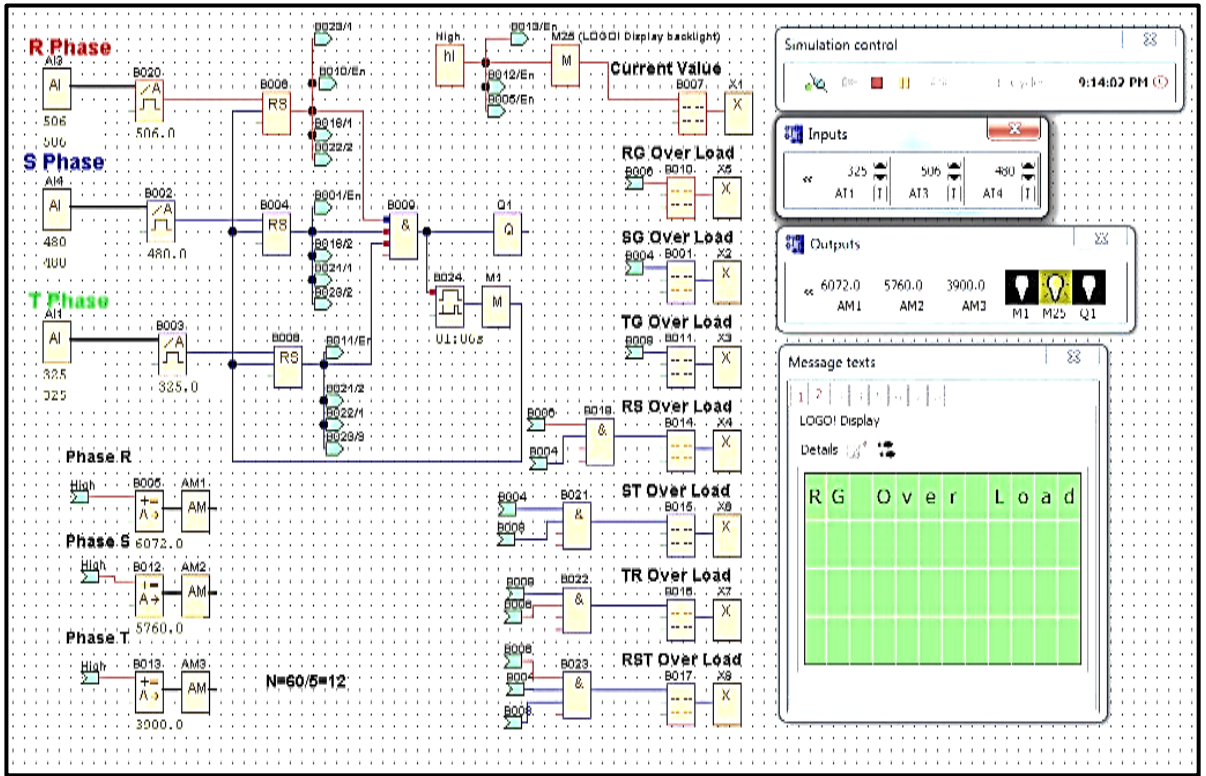


Şəkil 4.5. Təklif olunan FBD proqramının simulyasiya sxemi

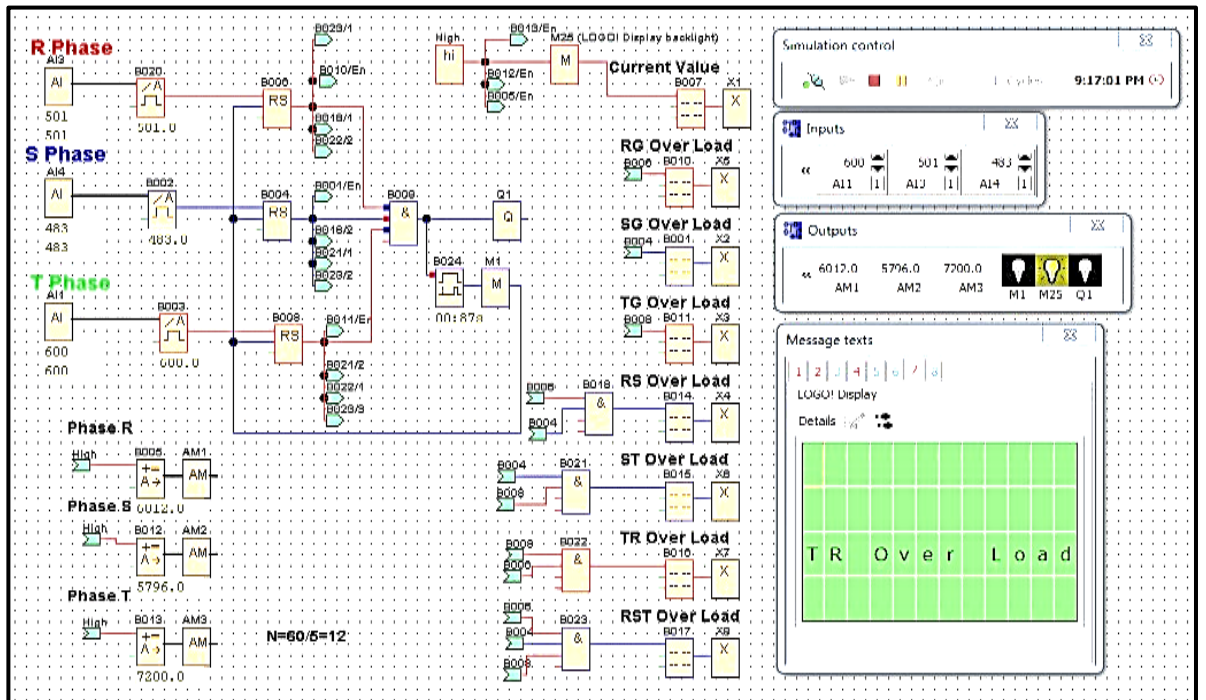
Şəkil 4.6-da sistemin simulyasiya sxemi R fazasının yerlə qapanmasından yaranan artıq yüklənməsini göstərir, PLC display bölməsində "RG Over Load" mesajını görürük. Şəkil 4.7-də, iki fazanın (T və R) xətası nəticəsində artıq yükləndikdə sistemin simulyasiya sxemini göstərilir, PLC displayində "TR Over Load" mesajı göstərilir. Şəkil 4.8 üç fazanın (R, S & T) xətası nəticəsində yaranan artıq yüklənmə zamanı sistemin simulyasiya sxemini göstərir, PLC display bölməsində



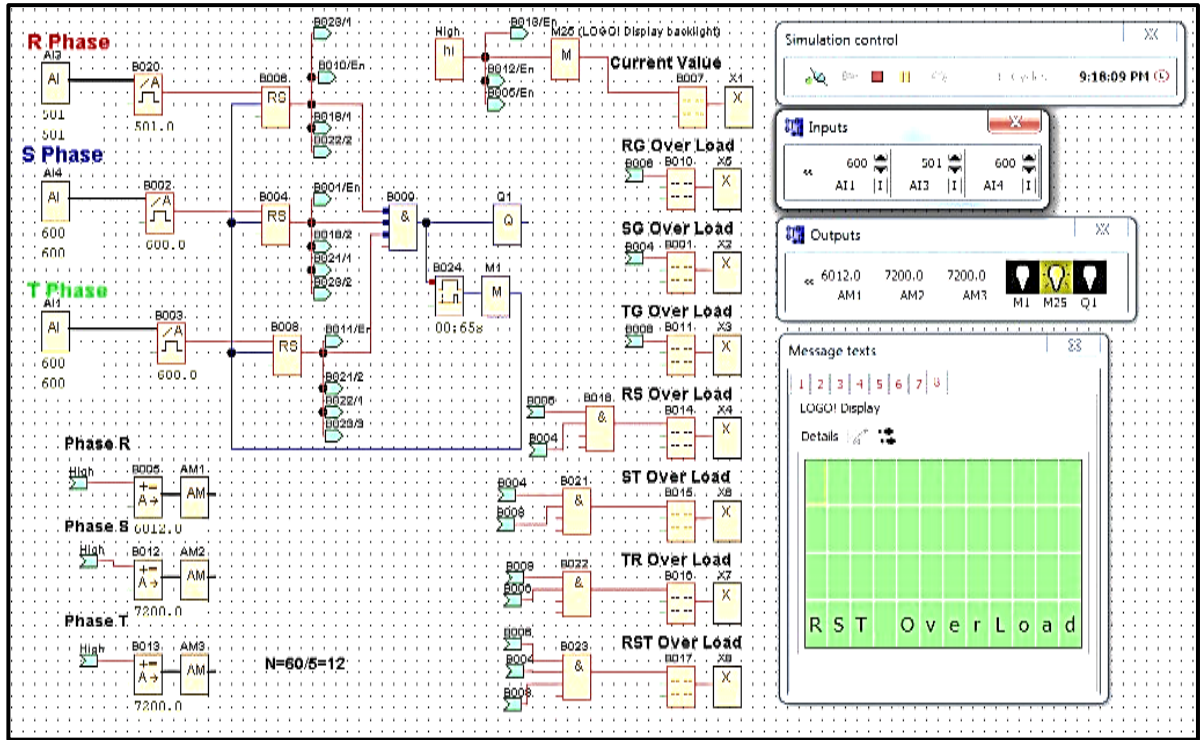
"RST Over Load" mesajı göstərilir. Bütün qeyd olunan nasazlıqlar altında çıxışın (Q1) qeyri-aktiv (yəni CB açıqdır) olduğuna baxılır.



Şək. 4.6. L-G xətası üçün simulyasiya sxemi



Şək. 4.7. L-L xətası üçün simulyasiya sxemi



Şək. 4.8. L-L-L xətası üçün simulyasiya sxemi

Şəkil 4.9-da PLC-nin display bölməsində mesaj mətnləri (on-line) göstərilir. Şəkil 4.9 (a) üç fazanın hər biri üçün yük cərəyanının amplitudasını göstərir. Şəkil 4.9 (b) R fazasının yerlə xətasından yaranan artıq yüklənmə ilə bağlı mesajı göstərir, PLC displayində "RG Over Load" mesajı olaraq göstərilir. Şəkil 4.9 (c) iki fazanın (T və R) xətdən xəttə xəta ilə artıq yükləndiyi mesajı göstərir, PLC display bölməsində "TR Over Load" mesajı kimi göstərilir. Şəkil 4.9 (d) üç fazanın (R, S və T) xətdən xəttə xətasından yaranan artıq yüklənmənin mesajı göstərilir, PLC display bölməsində "RST Over Load" mesajına baxın.



a)



b)



c)

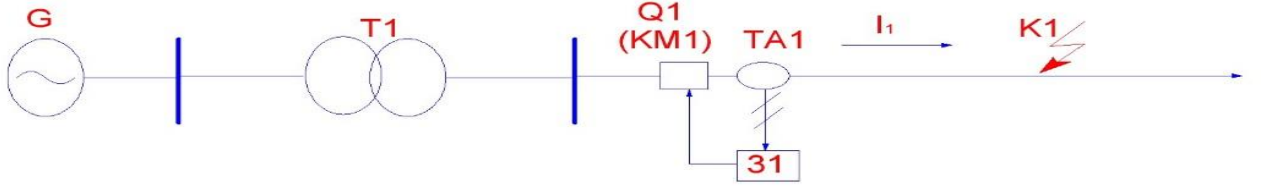


d)

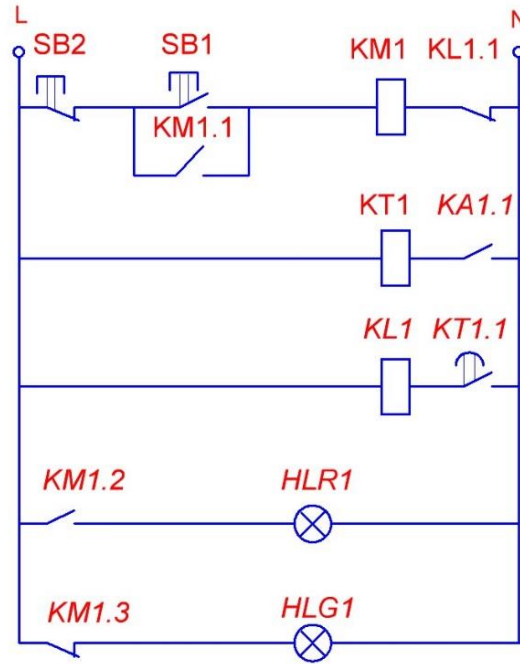
Şək. 4.9. PLC displey bölməsində mesaj mətni:  
a- üç cərəyanın dəyəri üçün mesaj mətni,  
b- L-G xətası üçün mesaj mətni,  
c- L-L xətası üçün mesaj mətni,  
d- L-L-L xətası üçün mesaj mətni.

### 4.3. Bir fazlı EVX-in maksimal cərəyan mühafizəsinin PMK vasitəsilə praktiki modelləşdirilməsi

PMK vasitəsilə maksimal cərəyandan mühafizə ediləcək şəbəkə sahəsinin prinsipial elektrik sxemi aşağıda verilmişdir.



Şək. 4.10. Şəbəkə sahəsinin prinsipial elektrik sxemi

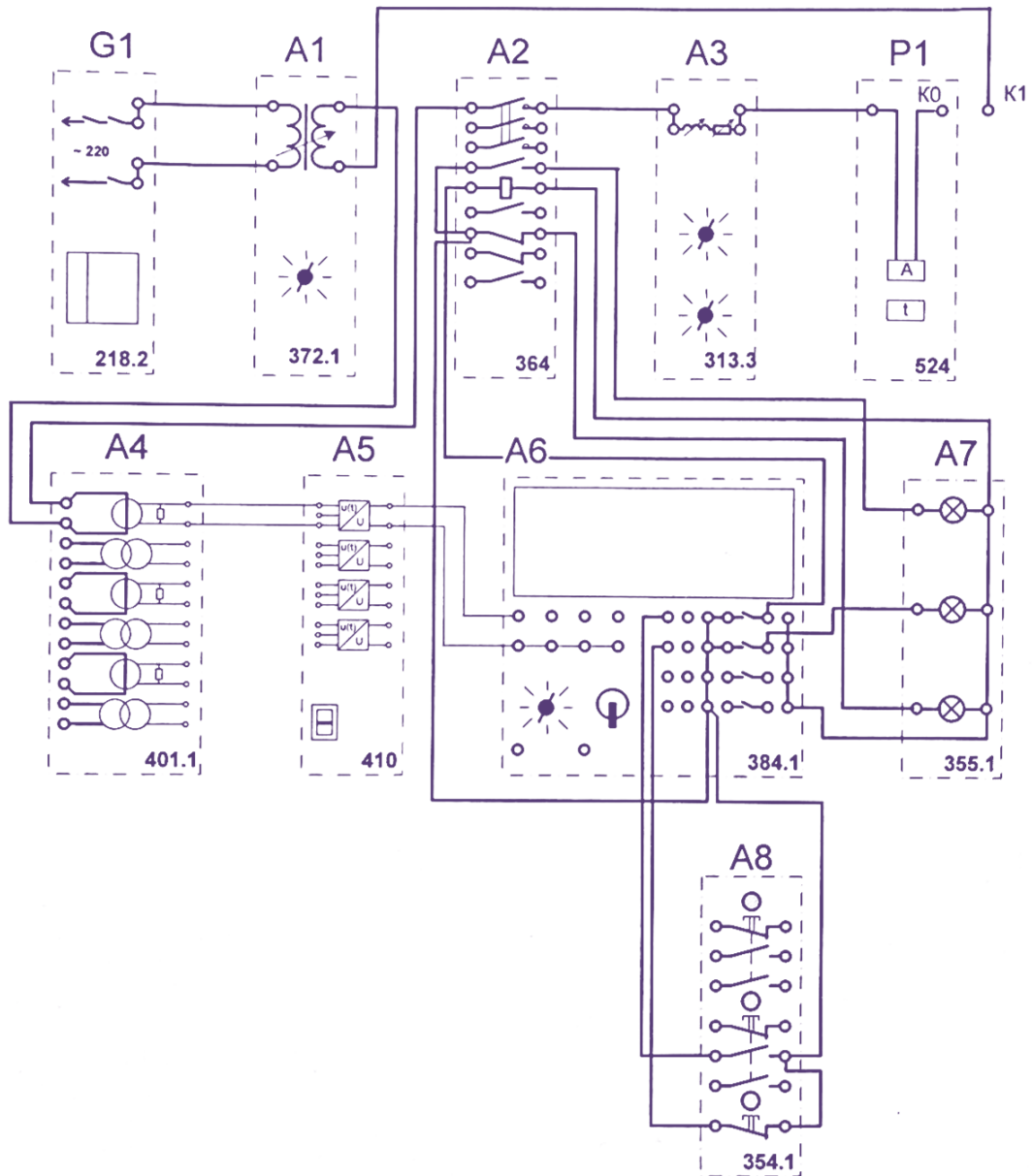


Şək. 4.11. Mühafizənin iş alqoritminin sxemi

Sxemə gərginlik verildikdə HLG-1 yaşıl işarə lampası yanmağa başlayır. SB-1 qoşma düyməsini basdıqda KM-1 kontaktoru qoşulur və mühafizə edilən xətdə gərginlik verilir. KM-1.2 kontaktı vasitəsilə qidalanan HLR-1 qırmızı işarə lampası yanır. HLG-1 yaşıl işarə lampası sönmür. SB-1 düyməsini buraxdıqda KM-1 kontaktorunun dolağı bu kontaktorun KM-1.1 normal açıq konkatı vasitəsilə qidalanmağa başlayır.

SB-2 düyməsini basdıqda KM-1 kontaktoru açılır. Xətdən gərginlik çıxarılır. Qırmızı işarə lampası sönür yaşıl işıq lampası isə yanır. K-1 nöqtəsində qısaqapanma zamanı cərəyan relesinin KA-1.1 kontaktı qapanır və KT-1 zaman relesinin dolağını qidalandırmğa başlayır. KT-1.1 kontaktı vaxt ləngiməsilə qapanaraq KL-1 aralıq relesinin dolağını qidalandırır. KL-1 relesi KL-1.1 kontaktı vasitəsilə KM-1 kontaktorunun qida dövrəsini açır.

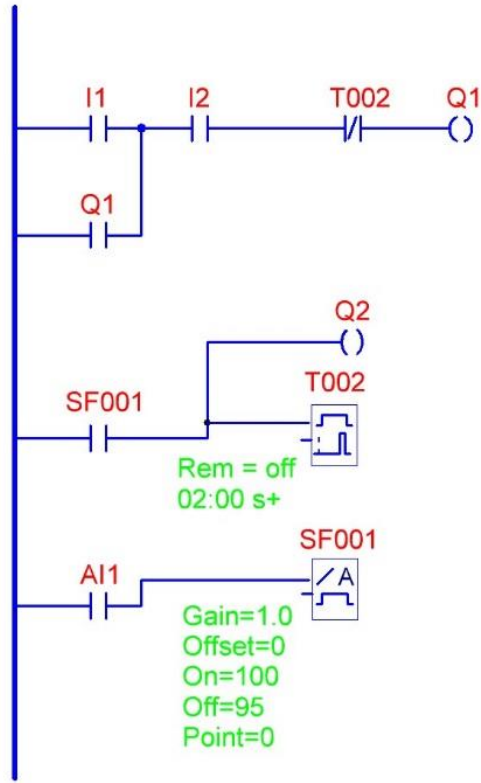
Qidalandırıcı şəbəkənin gərginliyi çıxarılan kimi KM-1 kontaktoru açılır. Şəbəkədə gərginliyin bərpa olunması zamanı kontaktor açılmış vəziyyətdə qalır (sxemin avtomatik təkrar qoşulması baş vermir).



Şək. 4.12. Maksimal cərəyan mühafizəsinin elektrik birləşmələrinin sxemi

*Qurğuların siyahısı*

<i>İşarələmə</i>	<i>Adı</i>	<i>Növü</i>	<i>Parametr</i>
<b>A1</b>	Bir fazalı transformator	372.1	80VA; 220/198..242V
<b>A2</b>	Kontaktor	364	~660V/4A ~380V/10A
<b>A3</b>	EVX-in modeli	313.1	220V/0,3A
<b>A4</b>	Cərəyan və gərginliy ölçü transformatorlarının bloku	401.1	Üç cərəyan transformatoru 0,3A/3V Üç gərginlik transformatoru 600V/3V
<b>A5</b>	Gərginlik çeviriciləri blok	410	4 çevirici ~50V, 5V/5V
<b>A6</b>	Proqramlaşdırıla bilən kontrollerin bloku	384.1	Siemens Logo 230RC
<b>A7</b>	Xəbərdaredici işıq bloku	355.1	~220V
<b>A8</b>	Düyməli idarəetmə postu	354.1	~240V/10A
<b>P1</b>	Cərəyan və zaman ölçmə bloku	524	0...5A/0,01...999c

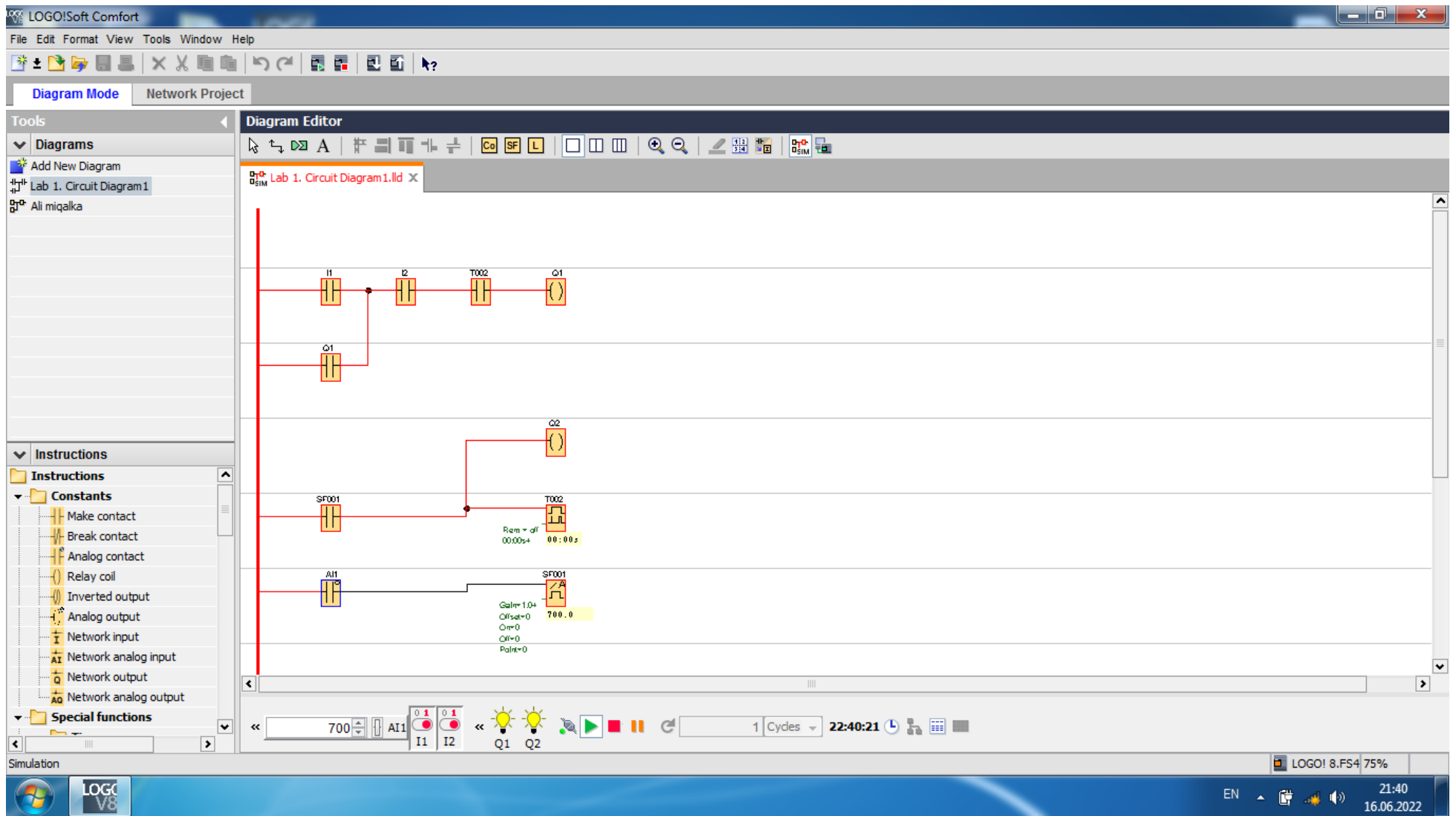


Şək. 4.13. SPlan programında yığılan məntiqi sxem və onun təsviri

Cədvəl 4.2.

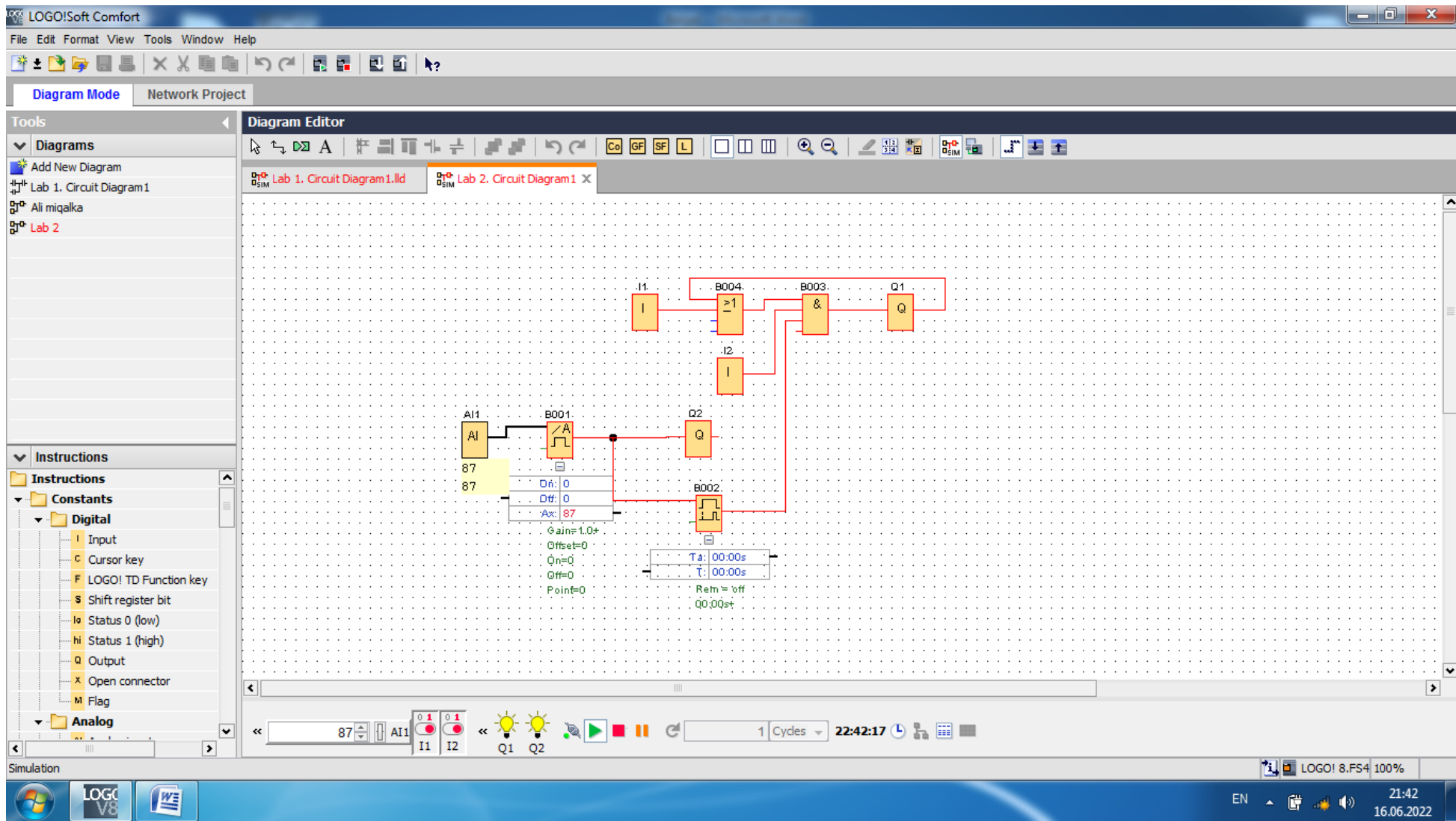
*Məntiq blokunun təsviri*

<i>Məntiqi sxemin bloku</i>	<i>Blokun təsviri</i>
<b>AI1</b>	Analoq vericisinin girişi
<b>I1</b>	“START” düyməsinin kontaktı
<b>I2</b>	“STOP” düyməsinin kontaktı
<b>Q1</b>	Kontaktorun çıxış kontaktı
<b>Q2</b>	Qırmızı siqnal lampasına çıxış “q.q-nın mövcudluğu”
<b>SF001</b>	Analoq hədd açarı
<b>T002</b>	Qoşulmanın gözləməsi



Şək. 4.14. Logo Soft Comfort programında yığılan bir fazlı EVX-nin MCM-dən mühafizəsinin LD dilindəki məntiqi sxemi





Şək. 4.14. Logo Soft Comfort programında yığılan 1 fazalı EVX-nin MCM-dən mühafizəsinin FBD dilindəki məntiqi sxemi

## IV FƏSİLİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ

Magistr dissertasiyasında aparılan ədəbiyyat icmalı və tədqiqatlar aşağıdakı nəticələrə gəlməyə imkan verir:

1. Üç fazalı elektrik veriliş xətlərində maksimal cərəyan mühafizəsinin PMK vasitəsilə modelləşdirilməsi məqsədilə Logo tipli məntiqi kontrollerin istismar xüsusiyyətləri araşdırılmışdır;
2. PMK əsasında üç fazalı EVX-in maksimal cərəyan mühafizəsinin Logo Soft Comfort proqram paketində modelləşdirilməsi həyata keçirilmişdir;
3. PMK əsaslı mühafizə sistemi üçün nəzarət proqramı təklif olunmuşdur;
4. Təklif olunan FBD proqramının simulyasiya sxemi qurulmuşdur;
5. L-G, L-L və L-L-L xətası üçün simulyasiya sxemləri qurulmuşdur;
6. Logo Soft Comfort proqramında yığılan bir fazalı EVX-nin MCM-dən mühafizəsinin LD dilindəki məntiqi sxemi qurulmuşdur;
7. Logo Soft Comfort proqramında yığılan bir fazalı EVX-nin MCM-dən mühafizəsinin FBD dilindəki məntiqi sxemi qurulmuşdur.

## NƏTİCƏ

Məlumdur ki, elektroenergetika sisteminin iş rejimi dayanıqlı, etibarlı, fasiləsiz, keyfiyyətli və maksimum qənaətli olmalıdır. Elektrik enerjisinin tələbatçılara ötürülməsi və onlar arasında paylanmasını təmin edən ən əsas element EVX-lərdir. Bu baxımdan elektroenergetika sisteminin qeyd edilən iş rejimlərini təmin etmək məqsədilə EVX-də RMA nəzərdə tutulur.

Bildiyimiz kimi ən müasir RMA avadanlıqları istehsal edən şirkətlər rəqəmli element bazasına keçirlər. Yeni element bazasına keçid RMA-nın prinsiplərini dəyişmir, yalnız onun funksional imkanlarını genişləndirir, istismarını sadələşdirir və dəyərini aşağı salır. Məhz bu səbəbdən mikroprosessor əsaslı müasir mühafizə sistemləri geniş şəkildə tətbiq edilir.

Tədqiqat işində əsas məqsəd elektrik veriliş xətlərinin maksimal cərəyan mühafizəsinin müasir proqramlaşdırılan kontroller əsasında modelləşdirilməsidir. İşin fəsilərində elektrik enerjisinin ötürülməsi və işlədicilər arasında paylanmasını təmin edən EVX-lər nəzərdən keçirilmiş, həmçinin sistemin dayanıqlılığının təmin olunmasının vacibliyini nəzərə alaraq EVX-nin mövcud mühafizə sistemləri araşdırılmışdır.

Magistrlik dissertasiya işində mikroprosessor əsaslı mühafizə sistemlərinin, həmçinin dünyanın ən qabaqcıl şirkətlərinin istehsal etdikləri proqramlaşdırılan məntiqi kontrollerləri (PMK) nəzərdən keçirilərək bir fazalı elektrik veriliş xətlərində maksimal cərəyan mühafizəsi məqsədilə modelləşdirmə məsələsinin TIA Portal proqram paketi vasitəsilə S7-1200 PLC-də simulyasiyası aparılmış, bir və üç fazalı EVX-nin mühafizəsi “Logo! Soft Comfort” proqramı vasitəsilə simulyasiya olunmuşdur. Həmçinin, Siemens şirkətinin istehsalı olan LOGO! 230RC PLC kontrollerindən istifadə edilərək EVX-nin maksimal cərəyandan mühafizəsi praktiki olaraq reallaşdırılmışdır. Belə sistemlərin tətbiqi elektrik şəbəkələrinin etibarlı işi təmin olunur. Bu işə onların tərkib hissəsi olduğu enerji sistemlərinin etibarlılığını, dayanıqlılığını və bütövlükdə enerji təhlükəsizliyini təmin edir.

## İSTİFADƏ EDİLMİŞ ƏDƏBİYYAT

1. Hüseynov Emin, Orucov Nəcəf, Fərhadov Zakir. “Elektrik şəbəkələrinin və avadanlıqlarının mühafizəsi” fənnindən mühazirə konspektləri. Bakı 2015,119s.
2. N.İ.Orucov., Q.S.Sadiqov. Elektrik şəbəkə və sistemləri. Ali məktəblər üçün dərslik, Bakı 2001, 111s.
3. E.K. Manafov. Elektrikləşdirilmiş dəmir yollarının elektrik təchizatı. Dərslik, Bakı: MAA, 2021, - 230 s.
4. A.M.Hüseynov.Rele mühafizəsi. Bakı, Mütərcim. 2009 – 188 s.
5. Tetsuya OKUBO, Kahraman ÖNEY, ArdıGık Kontrol Teknolojisi Ders Kitabı, M.E.B - JICA – Ağustos 2005.
6. SIMATIC S7 – 200 Kullanım Kılavuzu, Siemens, Ağustos, 2003. SIMATIC S7 – 200 Programmable Controller, System Manuel Siemens.
7. Mesleki Eğitim ve Teknoloji Merkezi (2002), Programlanabilir Lojik Kontrolör Kullanım Klavuzu.
8. ÜSTÜN Behçet, İleri Kumanda Teknikleri 1, Bursa, 2001.
9. ÇETİN Recep, S7 – 200 PLC’lerle Otomasyon, Ankara, 2004.
10. S. Makwana and V. Makwana, "Simulation and Hardware Implementation of Over-current Relay Used for Transmission Lines", 3 rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics, Tirunelveli, India, 2019, PP. 1189-1193. doi:10. 1109/ ICOEI.2019.8862569.
11. K. Shehata, A. Bahaa, K. Morad and A. Sharaf, "Design and Implementation of FPGA Based and Microcontroller Based Current Relay," Proceedings. The 16th International Conference on Microelectronics, Tunis, Tunisia, 2004, PP. 783-786. doi: 10.1109/ ICM.2004.1434783
12. G. P. H. Sandaruwan, P. S. Ranaweera and V. A. Oleshchuk, "PLC Security and Critical Infrastructure Protection", IEEE 8th International Conference on Industrial and Information Systems, Peradeniya, 2013, pp. 81-85. doi: 10.1109/ ICIIInfS. 2013. 6731959.

13. Ahmed M. T. Ibraheem, Omar Talal Mahmood Altaee, Noha Abed-Al-Bary Al-jawady, "PLC Controlled Multiple Stepper Motors Using Various Excitation Methods", IEEE International Conference on Engineering Technologies and their Applications, Islamic University – ALNajaf – Iraq, 2018, PP. 54-59. doi: 10.1109/ICETA.2018.8458097.
14. R. Ramaswami, P.F.Mcguire. Integrated coordination and short circuit analysis for system protection. IEEE Trans on PD [J]. 1990:67~70. W. Strunk Jr., E.B. White, The Elements of Style, third ed., Macmillan, New York, 1979.
15. Ibrahim Develi, Yasin Kabalci, Alper Basturk. Performance of LDPC coded image transmission over realistic PLC channels for smart grid applications [J]. International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 2014, 62.
16. Ersan Kabalci, Yasin Kabalci, Ibrahim Develi. Modelling and analysis of a power line communication system with QPSK modem for renewable smart grids [J]. International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 2011, 34 (1).
17. Овчаренко Н.И. Микропроцессорные комплексы релейной защиты и автоматики распределительных электрических сетей. Москва, 1999.
18. Рекомендации по выбору защит электротехнического оборудования с использованием микропроцессорных устройств концерна АЛСТОМ. Киев 2000.
19. Цифровые устройства релейной защиты, автоматики и управления для станций и подстанций от дилера АЛСТОМ Р $\infty$  С. Номенклатурный катал. Киев 2002.
20. Линг Г.Э. Серийные реле защиты, выполненные на интегральных микросхемах.
21. Александров А.М. Обзор руководящих материалов по релейной защите РАО «ЕЭС России» за 1990-1999 год. Учебное пособие. Санкт Петербург 2000.