

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

---

Magistrant: Bayram Qurbanlı Oruc

Magistrant: Elgün Rzayev Etibar

İdarəetmə proseslərində SCADA sisteminin tətbiqi

**MAGİSTRLIK DİSSERTASIYASI**

060628 – Proseslərin avtomatlaşdırılması mühəndisliyi

060628 – Texniki sistemlərdə informatika və idarəetmə

Elmi rəhbər: t.e.n, dosent Vahid Fərhadov

**BAKI -2024**

## TEXNİKİ TAPŞIRIQ

Bu texniki tapşırıq sənədi, SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sisteminin idarəetmə proseslərində tətbiqi üzrə dissertasiya işinin məqsədlərini, tədqiqat metodlarını, gözlənilən nəticələri və işin icrası zamanı nəzərə alınacaq spesifik tələbləri əhatə edir.

### 1. Mövzunun Əhəmiyyəti və Məqsədləri

- SCADA sistemləri geniş sənaye sahələrində istifadə olunur və onların tətbiqi proseslərin monitorinqi və idarə edilməsi üçün əhəmiyyətlidir. Dissertasiya işinin əsas məqsədi aşağıdakılardan ibarətdir:
- SCADA sistemlərinin texniki və funksional imkanlarının tədqiqi.
- İdarəetmə proseslərində SCADA sistemlərinin tətbiqinin iqtisadi və texniki təsirinin qiymətləndirilməsi.
- Müxtəlif sənaye sahələrində SCADA sistemlərinin effektivliyinin müqayisəli təhlili.
- Azərbaycanda SCADA sistemlərinin tətbiqi üzrə praktiki tövsiyələrin verilməsi.

### 2. Tədqiqatın Metodologiyası - Tədqiqat aşağıdakı metodlarla aparılacaq:

- Ədəbiyyat Araşdırması: SCADA sistemlərinin texnoloji inkişafı və tətbiqi sahəsində mövcud elmi ədəbiyyatın və məqalələrin təhlili.
- Keyfiyyət Analizi: İdarəetmə proseslərində SCADA sistemlərinin tətbiqinə dair mütəxəssislərlə müsahibələrin keçirilməsi və təcrübə mübadiləsi.
- Kəmiyyət Analizi: Statistik məlumatların toplanması və təhlili, SCADA sistemlərinin tətbiqi nəticəsində əldə edilən performans göstəricilərinin qiymətləndirilməsi.
- Praktiki Tətbiq: Real layihələrdə SCADA sistemlərinin tətbiqi üzrə praktiki təcrübələrin öyrənilməsi və təhlili.

### 3. Tədqiqatın Gözlənilən Nəticələri

- SCADA sistemlərinin tətbiqi ilə əlaqəli texniki və iqtisadi göstəricilər barədə məlumat bazasının yaradılması.
- Azərbaycanda SCADA sistemlərinin tətbiqi üçün metodik tövsiyələrin hazırlanması.
- SCADA sistemlərinin müxtəlif sənaye sahələrində tətbiqinin nəticələrinin müqayisəli təhlili.
- İdarəetmə proseslərinin optimallaşdırılması üçün SCADA sistemlərinin potensialının aşkara çıxarılması.

#### 4. İşin İcrası üçün Texniki Şərtlər

- Resurslar: Tədqiqatın aparılması üçün zəruri olan kompüter və proqram təminatı, elmi ədəbiyyat və məlumat bazaları.
- Mütəxəssis Dəstəyi: SCADA sistemləri üzrə mütəxəssis məsləhətçilərinin iştirakı.
- Layihə Təqvim: Dissertasiya işinin mərhələli şəkildə həyata keçirilməsi üçün vaxt cədvəli hazırlanmalı və mərhələlər üzrə tapşırıqlar yerinə yetirilməlidir.

#### 5. Əlaqə və Əlaqələndirmə

- Dissertasiya Rəhbəri: Tədqiqatın istiqamətini müəyyənləşdirmək və işin keyfiyyətini təmin etmək üçün dissertasiya rəhbəri ilə mütəmadi görüşlərin keçirilməsi.
- Elmi Seminarlar: Tədqiqat nəticələrinin müzakirəsi və təkmilləşdirilməsi üçün elmi seminar və konfranslarda iştirak.

#### 6. Risklərin İdarə Edilməsi

- Məlumat Mənbələrinin Əlçatanlığı: Məlumatların əldə edilməsində çətinliklərin yaranması halında alternativ mənbələrin müəyyənləşdirilməsi.
- Texniki Problemlər: SCADA sistemləri ilə bağlı texniki problemlərin vaxtında həlli üçün mütəxəssislərdən dəstək alınması.

#### 7. Xülasə

- Bu texniki tapşırıq, idarəetmə proseslərində SCADA sisteminin tətbiqi üzrə dissertasiya işinin uğurla həyata keçirilməsi üçün əsas istiqamətləri və tələbləri müəyyənləşdirir. Nəticədə, SCADA sistemlərinin Azərbaycan sənayesində effektiv istifadəsi və tətbiqi üçün elmi əsaslandırılmış tövsiyələrin hazırlanması gözlənilir.

# AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNIVERSİTETİ

## YÜKSƏK TƏHSİL İNSTİTUTU

### MAGİSTRANTIN ANDI

İdarəetmə proseslərində SCADA sisteminin tətbiqi mövzusunda təqdim etdiyimiz magistrlik dissertasiyasını elmi əxlaq normalarına və istinad qaydalarına tam riayət etməklə və istifadə etdiyimiz bütün mənbələri ədəbiyyat siyahısında əks etdirməklə yazdığımız and içirik və magistrlik dissertasiyasının AzTU Kitabxana İnformasiya Mərkəzində saxlanması, həmin mərkəz tərəfindən AzTU Rəqəmsal Repozitoriyasına daxil edilərək repozitoriyanın veb saytında yerləşdirilməsinə icazə veririk.

Bayram Qurbanlı

(imza)

Elgün Rzayev

(imza)

**Tarix**

**31.05.2024**

# MÜNDƏRİCAT

1.1 İXTİSARLARIN SİYAHISI.....	7
1.2 GİRİŞ .....	8
2.1 SCADA SİSTEMİ HAQQINDA ÜMUMİ MƏLUMAT .....	11
2.1.1 İDARƏETMƏ PROSESLƏRİ VƏ ONLARIN ƏHƏMİYYƏTİ.....	12
2.1.2 SCADA SİSTEMİNİN ƏSAS FUNKSİYALARI .....	14
2.1.3 NƏSİLLƏRƏ GÖRƏ SİNİFLƏNDİRMƏ .....	15
2.1.4 VERİLƏNLƏRİN TOPLANMASI VƏ MONİTORİNQI.....	16
2.1.5 ANALİZ VƏ HESABATLAR .....	19
2.1.6 İDARƏETMƏ VƏ KONTROL .....	21
3.1 SAHƏ SƏVİYYƏSİ.....	23
3.1.1 NƏZARƏT REJİMLƏRİ.....	23
3.1.1.1 <i>PID nəzarətin əsas funksiyaları</i> .....	25
3.1.2 SENSOR SİSTEMLƏR.....	30
3.1.2.1 <i>Axın sensoru</i> .....	31
3.1.2.2 <i>Təzyiq sensoru</i> .....	32
3.1.2.3 <i>Səviyyə / Dərinlik ölçməsi</i> .....	36
3.1.3 AKTUATORLAR .....	36
3.1.3.1 <i>Solenoid Klapan</i> .....	38
4.1 KONTROL SƏVİYYƏSİ .....	39
4.1.1 PROQRAMLAŞDIRILABİLƏN MƏNTİQİ KONTROLLER.....	39
4.1.1.1 <i>Proqramlaşdırılması</i> .....	40
4.1.1.2 <i>Giriş-Çıxış modulları</i> .....	41
4.1.1.3 <i>Səviyyənin idarə edilməsi</i> .....	43
4.1.1.4 <i>İstifadəçi interfeysi</i> .....	43
4.1.1.5 <i>SCADA ilə kommunikasiya</i> .....	44
5.1 NƏZARƏT VƏ MONİTORİNQ SƏVİYYƏSİ .....	45
5.1.1 REMOTE TERMINAL UNIT.....	45
5.1.1.1 <i>SCADA RTU əlaqəsi</i> .....	45
5.1.2 İNSAN MAŞIN İNTERFEYSİ (HMI).....	47
5.1.3 SCADA ARXITEKTURASI.....	49
5.1.3.1 <i>Məlumatların alınması</i> .....	51
5.1.3.2 <i>Məlumat kommunikasiyası</i> .....	53
5.1.3.3 <i>Məlumatın təqdimatı</i> .....	53
6.1 SCADA SİSTEMİNİN TƏTBİQİ.....	54
6.1.1 TƏCHİZAT VƏ QEYDİYYAT TƏLƏBLƏRİ .....	54
6.1.2 KOMMUNİKASIYA TƏLƏBLƏRİ .....	57
6.1.3 SCADA PROTOKOLLARI.....	59
6.1.3.1 <i>IEC 60870-5-101</i> .....	60
6.1.3.2 <i>DNP3</i> .....	60

6.1.4 SCADA SISTEMİNİN TƏTBİQİ PROSESİ .....	61
6.1.4.1 Yerli intellektual SCADA çərçivəsinin funksional tətbiqi.....	63
6.1.4.2 Təzyiq və axın nəzəriyyəsi üçün sistem modelləşdirmə.....	65
7.1 BULUD HESABLAMA TEXNOLOGİYASININ SCADA SISTEMİNDƏ TƏTBİQİ.....	67
7.1.1 EKSPERİMENTAL TƏDQIQATIN ÜMUMİ HƏLLİ.....	68
7.1.2 FİZİKİ ŞƏBƏKƏ HƏLLİ.....	72
7.1.3 İNTEQRASIYA OLUNMUŞ MƏNTİQ STRUKTURU.....	73
8.1 YEKUN .....	75
9.1 NƏTİCƏ .....	77
10.1 ƏDƏBİYYAT .....	80

## 1.1 İXTİSARLARIN SİYAHISI

SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition

PLC - Programmable Logic Controller - Programlaşdırılabilən Məntiqi Kontroller

RTU - Remote Terminal Unit - Uzaqdan İdarəetmə Məntəqəsi

HMI - Human Machine Interface - İnsan Maşın İnterfeysi

HCI - Human Computer Interaction - İnsan Kompüter İnterfeysi

LAN - Local Area Network - Lokal Şəbəkə

SP - Set Point - Tapşırıq Dəyəri

MV - Manipulated Value - Manipuliyasiya Edilmiş Dəyər

PV - Process Value - Proses Dəyəri

OP - Output Point - Çıxış Dəyəri

ERR - Error - Xəta

PID - Proportional - Integral - Derivative

PI - Proportional - Integral

PD - Proportional - Derivative

RTDB - Real Time Data Base - Real Vaxt Məlumat Bazası

AI - Artificial Intelligence (Süni İntellekt)

ML - Machine Learning (Maşın Öyrənməsi)

ERP - Enterprise Resource Planning (Müəssisə Resurslarının Planlaşdırılması)

CPU - Central Processing Unit (Mərkəzi Emal Bloku)

RAM - Random Access Memory (Təsadüfi Daxilolma Yaddaşı)

ROM - Read-Only Memory (Yalnız Oxunabilən Yaddaş)

OS - Operating System (Əməliyyat Sistemi)

XML - Extensible Markup Language (Genişlənən Qeyd Dili)

HVAC - Heating, Ventilation, and Air Conditioning (İstilik, Havalandırma və Kondisioner)

## 1.2 GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı - Müasir dövrdə sənaye müəssisələrinin fəaliyyətinin effektivliyinin artırılması, enerji və resurslardan səmərəli istifadə edilməsi və istehsal proseslərinin avtomatlaşdırılması ən vacib məsələlərdən biridir. Bu kontekstdə, SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemləri geniş tətbiq sahəsi tapmaqdadır. SCADA sistemləri istehsal proseslərini real vaxtda nəzarət etməyə, idarə etməyə və məlumatları toplamağa imkan verir. Bu, məhsuldarlığı artırmaq, xətalara azalmaq və əməliyyat xərclərini optimallaşdırmaq üçün çox önəmlidir. Eyni zamanda, bu sistemlərin tətbiqi informasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı və sənaye proseslərinin daha mürəkkəb və inteqrasiyalı hala gəlməsi ilə aktuallıq qazanır.

Tədqiqatın məqsədi və vəzifələri - Bu tədqiqatın əsas məqsədi, SCADA sistemlərinin idarəetmə proseslərində tətbiqinin analiz edilməsi və onun sənaye müəssisələrində səmərəliliyinin artırılmasına təsirinin müəyyənləşdirilməsidir. Bu məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı vəzifələr qoyulmuşdur:

- SCADA sistemlərinin texnoloji xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi.
- SCADA sistemlərinin idarəetmə proseslərinə inteqrasiyası üçün tələb olunan addımların təyin edilməsi.
- SCADA sistemlərinin tətbiqinin müəssisələrdə yaratdığı iqtisadi və əməliyyat üstünlüklərinin qiymətləndirilməsi.
- Müxtəlif sənaye sahələrində SCADA sistemlərinin uğurlu tətbiqi üzrə təcrübələrin tədqiq edilməsi və analiz edilməsi.
- SCADA sistemlərinin tətbiqində rast gəlinən problemlərin və onların həll yollarının araşdırılması.

Tədqiqatın predmeti və obyektı - Tədqiqatın obyektı SCADA sistemlərinin tətbiq edildiyi sənaye müəssisələri və onların idarəetmə prosesləridir. Tədqiqatın predmeti isə SCADA sistemlərinin bu idarəetmə proseslərinə təsiri və onların optimallaşdırılması



metodlarıdır. Tədqiqatın predmeti olaraq seçilən SCADA sistemləri, proseslərin monitorinqi, məlumatların toplanması və analizi, habelə avtomatlaşdırılmış idarəetmə vasitəsilə əməliyyatların təkmilləşdirilməsi aspektində öyrəniləcəkdir.

Tədqiqat metodları - Bu tədqiqatda aşağıdakı elmi metodlar istifadə olunacaq:

- Empirik tədqiqat metodları: Müşahidə, müqayisə, ölçmə və təcrübə vasitəsilə SCADA sistemlərinin müxtəlif müəssisələrdə tətbiqinin analizi.
- Nəzəri tədqiqat metodları: Analiz və sintez, induksiya və deduksiya, modelləşdirmə metodları ilə SCADA sistemlərinin idarəetmə proseslərinə təsirinin nəzəri əsaslarının qurulması.
- Modelləşdirmə və simulyasiya: SCADA sistemlərinin müxtəlif proseslərdə tətbiqinin nəticələrinin proqnozlaşdırılması və optimallaşdırılması.

Elmi yeniliyin elementləri - Bu tədqiqatda əldə ediləcək elmi yeniliklər aşağıdakıları əhatə edəcək:

- SCADA sistemlərinin idarəetmə proseslərində səmərəliliyin artırılmasına yönəlik yeni yanaşmaların inkişaf etdirilməsi.
- SCADA sistemlərinin tətbiqində rast gəlinən problemlərin yeni həll metodlarının təqdim edilməsi.
- SCADA sistemlərinin müxtəlif sənaye sahələrində tətbiqi üzrə yeni modellərin və metodologiyaların təklif edilməsi.

Praktiki həll - Bu tədqiqatın nəticələri sənaye müəssisələri üçün bir sıra praktiki faydalar təqdim edəcək:

- İstehsal proseslərinin səmərəliliyinin artırılması.
- Əməliyyat xərclərinin optimallaşdırılması.
- SCADA sistemlərinin tətbiqi ilə məhsuldarlığın artırılması və xətalərin azaldılması.
- Müəssisələrdə resursların səmərəli istifadəsi və enerji qənaəti.

- Müdafiə üçün təqdim edilən nəticələr

Bu tədqiqatın əsas müdafiə üçün təqdim ediləcək nəticələri aşağıdakılardır:

- SCADA sistemlərinin idarəetmə proseslərinə inteqrasiyasının metodologiyası.
- SCADA sistemlərinin sənaye müəssisələrində səmərəliliyin artırılmasına təsiri barədə yeni elmi nəticələr.
- SCADA sistemlərinin tətbiqində iqtisadi və əməliyyat üstünlüklərinin qiymətləndirilməsi.

## 2.1 SCADA sistemi haqqında ümumi məlumat

SCADA - "Supervisory Control and Data Acquisition" başlıqları ilə təyin edilmişdir və çox geniş sahədə, həm də sənayenin müxtəlif tərəflərində işlənir. Bu sistem mühəndislik və informasiya texnologiyalarının birləşməsini nəzərə alaraq, müəyyən proseslərin nəzarəti və monitorinqini həyata keçirir. SCADA sistemləri proseslərə aid verilənlərin toplanması, monitorinqi, analizi, və nəticələrinə görə qərarların verilməsi üçün istifadə olunur. Bu sistemlər enerji idarəetməsi, su təsərrüfatı, neft və qaz sənayesi kimi sahələrdə geniş şəkildə tətbiq olunur.

SCADA sistemləri - müxtəlif sensorlar, kontroller, və monitorlar vasitəsilə prosesdəki məlumatları toplayır və bunları ortaq bir mərkəzdə birləşdirir. Bu məlumatlar operatorlar və idarəetmə personalı üçün göstərilən interfeyslər vasitəsilə nəzarət olunur. Bu sistemlər proseslərdə baş verən dəyişiklikləri monitor edərək, potensial problemləri öncədən təyin edir və müdaxilə etmək üçün təhlükəsizlik nəzarəti ilə işləyir.

Bu sistemlərinin əsas məqsədləri arasında operativlik, effektivlik və təhlükəsizlik daxildir. Bu sistemlər, iş proseslərini avtomatlaşdıraraq insan səhvlərini azaldır və proseslərdəki verimliliyi artırır.

Bu işdə SCADA sistemlərinin əsas fəaliyyət sahələrini və istifadə məqsədlərini aydınlataraq oxuculara məqalənin gedişatına dair bir ümumi anlayış təmin edir.

SCADA sistemləri, müxtəlif sahələrdə, həm də müxtəlif böyüklükdə işlər üçün tətbiq edilir. Bu sistemlər, sənaye proseslərindən enerji idarəetməsinə, su təchizatından neft və qaz monitorinqinə qədər geniş istifadə sahəsinə malikdir. İşlədikləri müəyyən standart protokollar və texnologiyalar sayəsində, SCADA sistemləri fərqli cür prosesləri nəzarət və monitorinq etmək üçün adaptasiya edilə bilər.

Bu məsələlərə baxaraq, SCADA sistemlərinin sahələr arasında ənənəvi və ya standart tətbiqi üstünlükləri və çətinlikləri olacaq. Bir neft və qaz sahəsində tətbiq edildikdə, müxtəlif protokollar və təhlükəsizlik standartları tələb olunacaq, lakin su

təsərrüfatında bu standartlar fərqli ola bilər. Beləliklə, SCADA sistemlərinin müxtəlif sahələrdə optimal tətbiq edilməsi üçün fərqli tələblər və qərarlar gözlənilir.

Növbəti bölmələrdə, SCADA sistemlərinin tətbiqində rol oynayan əsas funksiyalar, tələblər, tətbiq prosesi, faydalar və çətinliklər ətraflı şəkildə müzakirə olunacaq. Bu məlumatlar, SCADA sistemlərinin fərqli sahələrdə necə tətbiq edilə biləcəyini və potensial problemləri necə aradan qaldıracağını anlamaqda kömək edəcək.

### **2.1.1 İdarəetmə prosesləri və onların əhəmiyyəti**

İdarəetmə prosesləri, hər hansı bir işin, sistemə aid proseslərin və ya məlumatın nəzarət və idarə edilməsinə dair bütün tədbirləri əhatə edir. SCADA sistemləri, bu idarəetmə proseslərinin effektiv və operativ şəkildə yerinə yetirilməsində kritik bir rol oynayır. İdarəetmə prosesləri və SCADA sistemlərinin əhəmiyyəti aşağıdakı aspektlərdə müzakirə olunur:

- Proseslərin Monitorinqi və Nəzarəti: İş prosesləri və sistemlərin real vaxtında monitorinqi, SCADA sistemlərinin əsas funksiyalarındandır. Bu, proseslərin hər bir addımının nəzarətdə saxlanılmasını və problemlərin tez bir şəkildə müəyyən edilməsini təmin edir.
- Effektivliyin Artırılması: SCADA sistemləri, proseslərin avtomatlaşdırılması və optimallaşdırılmasında kömək edir. Bu, iş proseslərinin effektivliyini artıraraq zaman və məsuliyyətin azaldılmasına imkan verir.
- Verilənlərin Analizi və İdarəetmə: SCADA sistemləri, toplanan məlumatların analizi və bu məlumatların əsasında verilənlərin idarə edilməsi üçün güclü üsullar təqdim edir. Bu, işin daha doğru qərarlar alınmasına və proseslərin daha effektiv idarə olunmasına kömək edir.

- Təhlükəsizlik: İdarəetmə proseslərinin təhlükəsizliyi kritikdir. SCADA sistemləri, proseslərin təhlükəsizliyini təmin etmək üçün gələn məlumatların monitorinqini və təhlükəsizlik protokollarının yerinə yetirilməsini dəstəkləyir.
- Yeniliklərin İdarə Edilməsi: İdarəetmə prosesləri, yeniliklərin və texnologiyaların effektiv bir şəkildə idarə edilməsində əhəmiyyətli bir rol oynayır. SCADA sistemləri, bu yeniliklərin səmərəli bir şəkildə tətbiq edilməsində və monitorinqində kömək edir.

İdarəetmə prosesləri və SCADA sistemlərinin əhəmiyyəti, müxtəlif sahələrdə iş təhlükəsizliyi, effektivlik və effektiv idarəçilik təmin etməkdədir. Bu, müxtəlif sənaye sahələrində, infrastruktur idarəetməsində və digər bir çox mühüm sahələrdə qeyri-mümkün olan problemləri minimal səviyyəyə endirir və iş proseslərini səmərəli bir şəkildə idarə edir.

İdarəetmə prosesləri və SCADA sistemlərinin əhəmiyyəti, müxtəlif sahələrdə müxtəlif formada görünür. Bu sistemlər, enerji, su, neft və qaz, kommunikasiya, transport və s. kimi sahələrdə fərqli formada tətbiq olunur. İdarəetmə proseslərinin effektiv və səmərəli idarə edilməsi, iş təhlükəsizliyini artırır və sənayenin qlobal keyfiyyət standartlarına cavab verən, inkişaf etmiş bir infrastrukturun yaradılmasına kömək edir.

SCADA sistemləri, mühəndislik sənətləri və informasiya texnologiyalarının birləşməsi ilə işləyən kompleks bir avtomatlaşdırılmış nəzarət sistemidir. Bu sistemlər, proseslərin avtomatlaşdırılması, monitorinqi, analizi və nəticələrinə əsasən qərarların verilməsi üçün istifadə olunur. İdarəetmə prosesləri və SCADA sistemlərinin bir-birini dəstəkləməsi, müxtəlif sahələrdə iş təhlükəsizliyini, effektivliyi və effektiv idarəetməni təmin etməkdə əsas rol oynayır.

Növbəti bölmələrdə, SCADA sistemlərinin funksiyaları, tətbiq üçün tələblər, tətbiq prosesi, faydaları və çətinlikləri, yeni məsələlər, standartlar, uğurlu layihələr və müasir tədqiqatlar haqqında ətraflı məlumat veriləcək. Bu məlumatlar, SCADA sistemlərinin

müxtəlif sahələrdə necə tətbiq edilə biləcəyini, ən yaxşı praktikaları və müasir inkişafı anlamaq üçün oxuculara əlavə bir perspektiv təmin edəcək.

### **2.1.2 SCADA sisteminin əsas funksiyaları**

Bir SCADA sistemi yığcam şəkildə götürsək dörd əsas funksiyadan ibarətdir:

1. Məlumat toplanması
2. Şəbəkələşmiş məlumat kommunikasiyası
3. Məlumatın təqdim edilməsi
4. Nəzarət

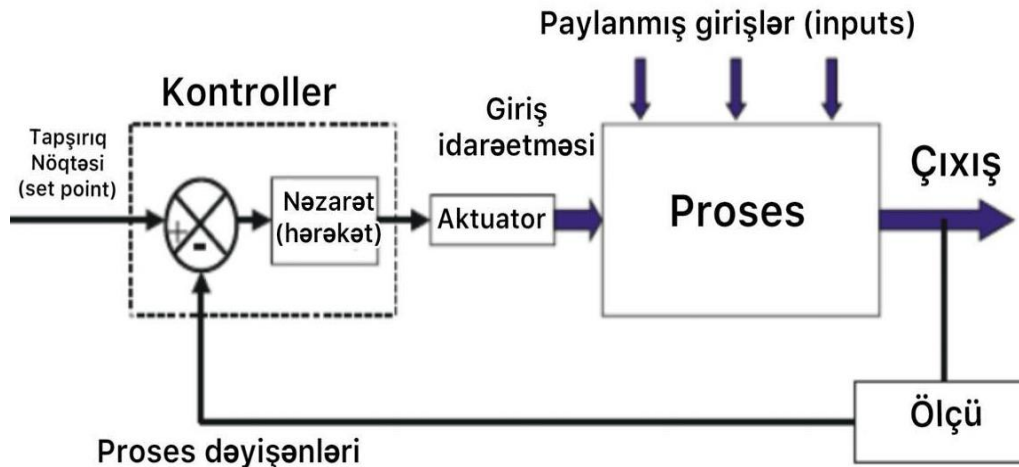
Bu funksiyalar, dörd növ SCADA komponenti tərəfindən icra olunur:

İdarə olunan sistemlə doğrudan əlaqə quran sensorlar (ya digital ya da analog) və nəzarət releləridir.

Uzaq telemetriya bölmələri (RTU-lar) - Bunlar xüsusi yerlər və mövqelərdə sahəyə yerləşdirilmiş kiçik kompüterləşdirilmiş bölmələrdir. RTU-lar sensorlardan məlumatları toplamaq üçün lokal toplama məntəqələri kimi xidmət edir və nəzarət relelərinə əmr göndərmək üçün təlimatlarını yerinə yetirir.

SCADA üst bölmələri - Bunlar SCADA sisteminin mərkəzi prosessoru kimi xidmət edən daha böyük kompüter birləşmələridir. Üst bölümlər sistemə insan interfeysi təmin edir və sensor girişlərinə cavab olaraq idarə olunan sistemi avtomatik olaraq tənzimləyir. SCADA üst bölümünü sahədəki RTU-lara qoşan kommunikasiya şəbəkəsidir.

Bu nəzəriyyələrin tətbiqi, avtomatlaşdırma və nəzarət sistemlərini təkmilləşdirməyə kömək etmişdir. Nəzarət olunan komponent və ya proses blok diaqram ilə təmsil edilir, ki, şəkil 1-də göstərilib. Giriş signalı səbəb əlaqəsini təmsil edir, hərçənd, çıxış signalı prosesin təsir əlaqəsini təmsil edir, ki, bu da giriş signalının istənilən çıxış signal dəyişəninə, çox zaman güc çərçivəsində təşkil edilməsini təmsil edir.



Şəkil 1. Nəzarət edilən proses

### 2.1.3 Nəsillərə görə sinifləndirmə

SCADA sistemləri üç nəsillə ərzində inkişaf edib:

- **BİRİNCİ NƏSİL: "MONOLİTİK"**

Birinci nəsillə zamanında hesablama əsas sistemlər tərəfindən həyata keçirilirdi. Şəbəkələr SCADA inkişaf etdiyi zaman mövcud deyildi. Beləliklə, SCADA sistemləri başqa sistemlərə qoşulmayan müstəqil sistemlər olmuşdur. Geniş Sahəli Şəbəkələr daha sonra RTU təchizatçıları tərəfindən RTU ilə əlaqə yaratmaq üçün hazırlanmışdır. O zaman istifadə olunan kommunikasiya protokolları əsasən patentli idi. Birinci nəsillə SCADA sistemləri geri qayıdıqlı idi, çünki yenilənmiş əsas sistem birbaşa əsas sistem xətalari halında Bus səviyyəsində əlaqələndirilirdi və istifadə olunurdu.

- **İKİNCİ NƏSİL: "PAYLANMIŞ"**

Hesablama bir neçə məntəqəyə dağıdılmışdır ki, onlar bir LAN vasitəsilə əlaqələnmiş və həqiqi vaxtda məlumat paylaşmışdır. Hər məntəqə müəyyən bir vəzifədə məsuldur, beləliklə də hər bir məntəqənin həcmi və qiyməti Birinci Nəsil istifadə olunan qiymətdən aşağıdır. Şəbəkə protokolları hələ də əsasən patentlidir, bu da bir hissəyə diqqət

yetirən hər hansı bir SCADA sistemində ciddi təhlükələrə səbəb olur. Protokollar patentli olduğu üçün, SCADA quraşdırmasının təhlükəsiz olduğu necə dəqiqləşdirəcək çox az insan vardır, bunlar müəlliflər və xakerlərdir. Hər iki tərəf də təhlükəsizlik məsələlərini susmağa maraqlıdır, bu da bir SCADA quraşdırmasının təhlükəsizliyinin çox təhlükəsiz təxmin edilməsinə səbəb olur, əgər hər halda nəzərə alınsa belə.

- **ÜÇÜNCÜ NƏSİL: "ŞƏBƏKƏLƏŞMİŞ"**

Bu, hazırda istifadə olunan nəsil SCADA sistemləridir ki, onlar könüllü tərəfindən nəzarət olunan patentli mühitə nisbətən açıq sistem quruluşu kimi istifadə edirlər. SCADA sistemi açıq standartlar və protokollarından istifadə edir, buna görə də funksional WAN-a nəzərən yayılmışdır. Açıq sistemi istifadə etməklə çap printerlər, disk drayverləri və digər drayver kimi üçüncü tərəfli periferik cihazları daha asan qoşmaq mümkündür. Internet Protokolu (IP) kimi WAN protokolları, əsas məntəqə və kommunikasiya təchizatı arasında əlaqə yaratmaq üçün istifadə olunur. Standart protokolların istifadə edilməsi və çox sayda şəbəkəleşmiş SCADA sistemlərinin İnternetdən əlçatan olması nəticəsində, sistemlər uzaqdan siber hücumların təhlükəsindən məsuldur. Ancaq, standart protokolların istifadə edilməsi və təhlükəsizlik texnikalarının istifadə edilməsi, təxminən zamanında təmir və yeniləmələr əlsaq, standart təhlükəsizlik iyiləşmələrinin SCADA sistemlərinə uyğun olduğu deməkdir.

#### **2.1.4 Verilənlərin Toplanması və Monitorinqi**

SCADA sistemlərinin ən əsas funksiyonlarından biri, müxtəlif sensorlar, kontroller və monitorlar vasitəsilə proseslərdəki məlumatların toplanması və monitorinqidir. Bu funksiya, iş proseslərinin davamlı nəzarətdə saxlanılmasını və potensial problemlərin tez bir şəkildə müəyyən edilməsini təmin edir.

Verilənlərin Toplanması - SCADA sistemləri, sensorlar, kontroller, və digər cihazlar ardıcılığı ilə müxtəlif məlumatları toplamaq üçün dizayn edilmişdir. Bu



məlumatlar, prosesdə baş verən dəyişiklikləri, temperatur, təzyiq, sıxlıq, axın və s. kimi fiziki dəyişənləri ölçən sensorlar vasitəsilə əldə edilir.

Monitoring və Göstərmə - Toplanan məlumatlar, operatorlar və idarəetmə personalı üçün monitor və göstərilmək üzrə bir interfeysdə görünür. Bu interfeys vasitəsilə, iş proseslərinin real vaxtında monitoringi və proseslərdə baş verən dəyişikliklərin izlənməsi mümkündür. Operatorlar, problemləri aşkar etmək və operativ müdaxilə etmək üçün bu monitoru istifadə edirlər.

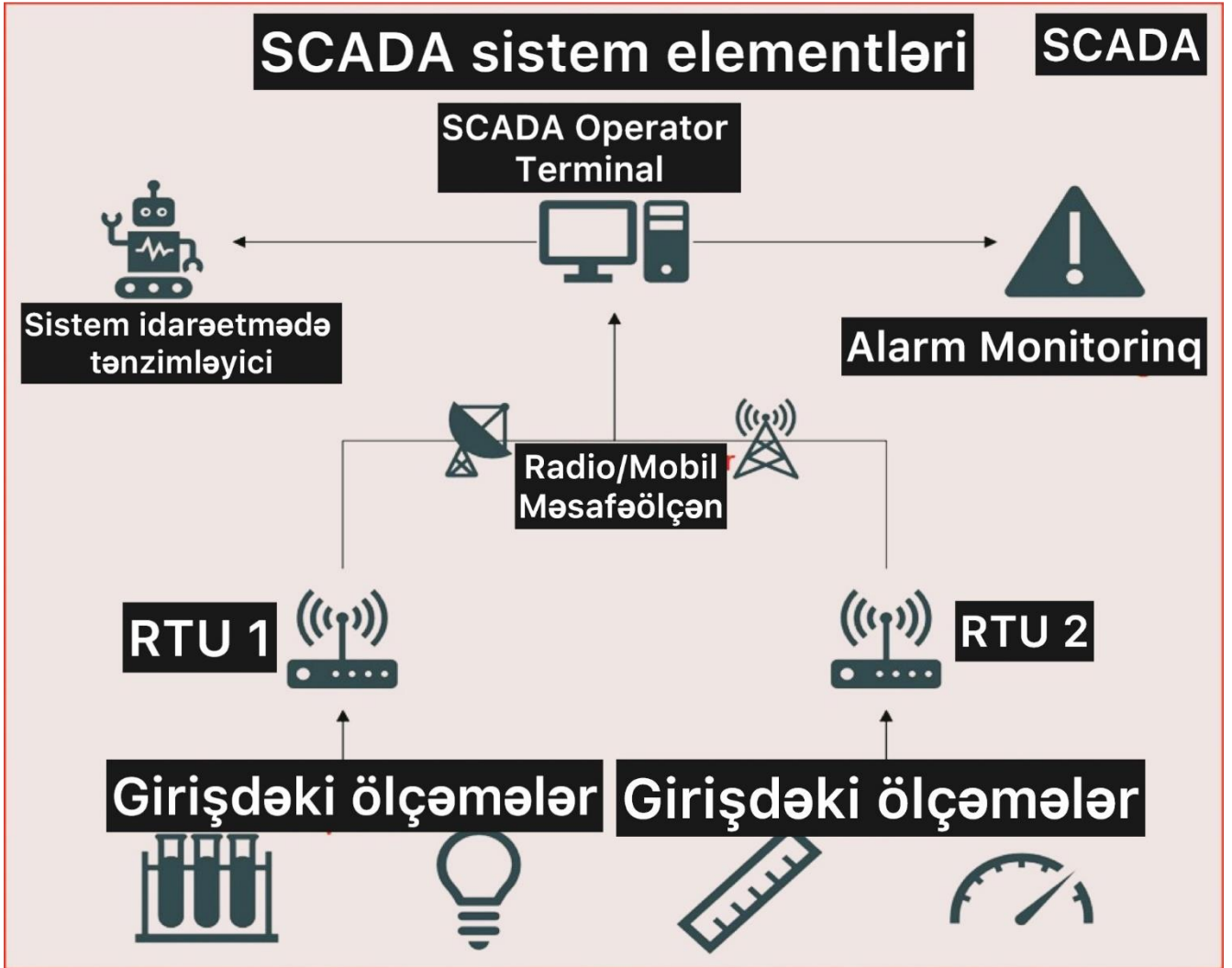
Alarm və İdarəetmə - SCADA sistemləri, prosesdə baş verən xüsusi hadisələri və ya şərtləri aşağı düşən sensor dəyərlərini aşağı səviyyədə nəzarət etmək üçün istifadə olunan alarm sistemləri ilə təchiz edilir. Bu alarm sistemləri, operatorlara və idarəetmə personalına əlavə nəzarət imkanları təmin edir və proseslərdəki potensial problemləri tez bir şəkildə müəyyənləşdirməyə kömək edir.

Verilənlər toplama və monitoring funksiyası - SCADA sistemlərinin əsas funksiyalarından biridir və proseslərin effektiv və səmərəli bir şəkildə idarə edilməsini təmin etməkdə əhəmiyyətli bir rol oynayır. Bu funksiya iş proseslərinin effektivliyini artırır və proseslərdəki potensial problemlərin tez bir şəkildə müəyyən edilməsinə kömək edir.

Verilənlər toplama və monitoring, SCADA sistemlərinin ən kritik funksiyalarından biridir çünki proseslərdə baş verən dəyişiklikləri, problemləri və potensial riskləri tez bir şəkildə müəyyən etməkdə əhəmiyyətli rol oynayır. Bu funksiya, proseslərin operativ nəzarətdə saxlanılmasını və operator və idarəetmə personalının proseslərin davranışını reallaşdırmasını təmin edir.

Verilənlər toplama və monitoring prosesində istifadə olunan sensorlar və monitorlar müxtəlif tərəfdaşlar və protokollar ilə uyğunlaşdırılmalıdır. Bu, müxtəlif cihazlar və sistemlər arasında bərabər kommunikasiyanın təmin edilməsini və məlumatların effektiv şəkildə toplanması və paylaşılmasını təmin edir.

Ayrıca SCADA sistemlərinin verilənlər toplama və monitoring funksiyası, səmərəli və effektiv bir şəkildə məlumatların göstərilməsini də təmin edir. Operatorlar və idarəetmə personalı, kompleks məlumatları anlama biləcəkləri interfeyslərlə təmin edilir. Bu, proseslərin reallaşdırılması və effektiv idarə olunması üçün əhəmiyyətli bir səmərəlilik və istedad yaradır. (Şəkil 2)



Şəkil 2. SCADA sistem elementləri

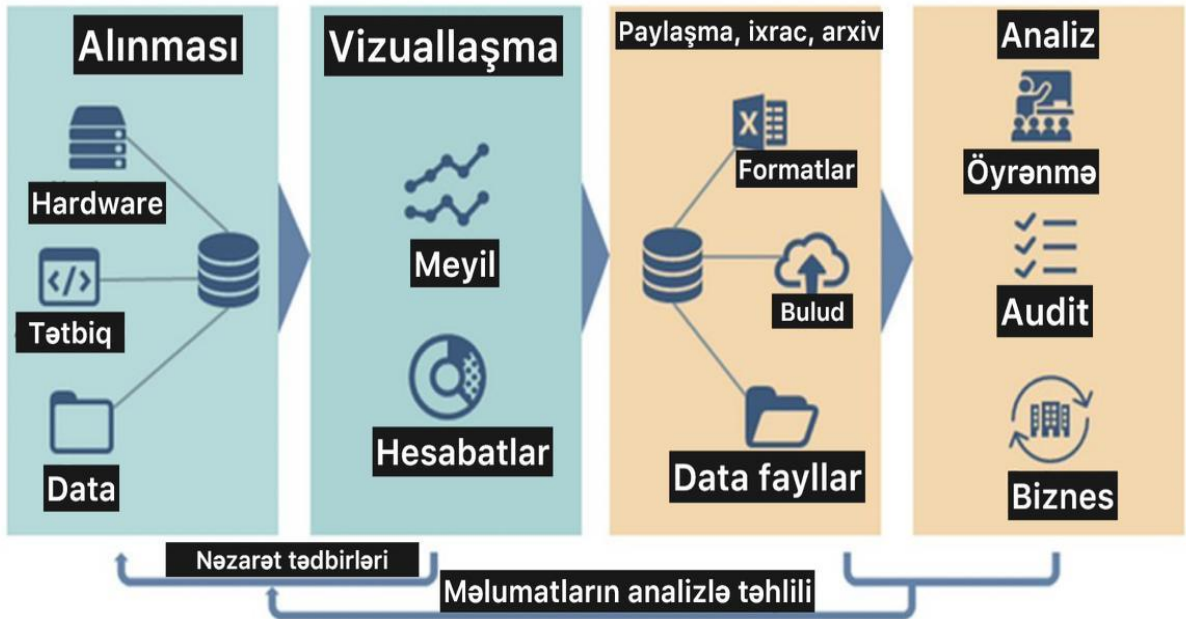
Növbəti bölmələrdə, SCADA sistemlərinin digər əsas funksiyaları, tətbiq üçün tələblər, tətbiq prosesi, faydaları və çətinlikləri, güncəl məsələlər, standartlar, uğurlu layihələr və müasir tədqiqatlar haqqında ətraflı məlumat veriləcəkdir. Bu məlumatlar, SCADA sistemlərinin nəzərdə tutulan məqsədlərə əlverişli şəkildə necə tətbiq edilə

biləcəyini və effektiv bir şəkildə necə istifadə olunacağını aydın etməkdə kömək edəcəkdir.

### 2.1.5 Analiz və Hesabatlar

SCADA sistemləri, toplanan məlumatların analiz edilməsi və bu məlumatların əsasında təhlükəsizlik, effektivlik və proseslərin performansını haqqında hesabatların hazırlanması üçün güclü vasitələr təmin edir. Bu funksiya, iş proseslərinin performansını qiymətləndirmək, problemləri aşkar etmək və qərar alma prosesinə dəstək olmaq üçün əhəmiyyətli bir rol oynayır.

Verilənlərin Analizi - SCADA sistemləri, toplanan məlumatların analiz edilməsi üçün müxtəlif statistik alətlər və alqoritmlər təqdim edir. Bu, proseslərin performansını qiymətləndirmək və potensial problemləri aşkar etmək üçün operatorlara və idarəetmə personalına ətraflı bir anlayış təmin edir. (Şəkil 3)



Şəkil 3. Analiz və Hesabatlar

Hesabat - SCADA sistemləri, analiz edilmiş məlumatlar əsasında təhlükəsizlik, effektivlik, və performans hesabatları hazırlamaq üçün alətlər də təqdim edir. Bu hesabatlar, idarəetmə qruplarına, mühəndislərə və digər nəzarət tərəfdaşlarına proseslərin performansını haqqında ətraflı məlumat təqdim edir.

Təhlükəsizlik və Risk Analizi - SCADA sistemləri, prosesdə baş verən təhlükələrin və risklərin analiz edilməsi üçün də istifadə olunur. Bu, iş təhlükəsizliyini artırmaq və proseslərdə potensial riskləri azaltmaq üçün əhəmiyyətli bir alətdir.

Analiz və hesabatlaşdırma funksiyası, SCADA sistemlərinin səmərəli idarəetmə və proseslərin effektiv monitorinqini təmin etməkdə əhəmiyyətli bir rol oynayır. Bu funksiya, iş proseslərinin performansını qiymətləndirmək, potensial problemləri aşkar etmək və proseslərin effektivliyini artırmaq üçün kritikdir.

SCADA sistemlərinin analiz və raportlaşdırma funksiyası, iş təhlükəsizliyini və effektivliyini artırmaq üçün əhəmiyyətli bir alətdir. Bu funksiya, proseslərin davranışını anlamaq, performansını qiymətləndirmək və potensial problemləri öncədən aşkar etmək üçün operatorlar və idarəetmə personalına ətraflı bir məlumat təmin edir.

Bununla birlikdə, SCADA sistemlərinin analiz və hesabatlaşdırma funksiyasının səmərəliliyi və effektivliyi, məlumatların doğru şəkildə təhlil edilməsi, doğru vaxtda doğru insanlara təqdim edilməsi və uyğun vəziyyət təhlükəsizliyinin təmin edilməsi ilə bağlıdır. Müvafiq alqoritmlər, modellər və statistik analizlər SCADA sistemləri tərəfindən istifadə olunur və bu məlumatların müvafiq dəyərlərə çevrilməsi üçün faydalıdır.

Hesabatlaşdırma, digər nəzarət və idarəetmə tərəfdaşları ilə məlumatların mübadiləsini və qərar alma prosesinə dəstək olmağını təmin edir. SCADA sistemi tərəfindən hazırlanan hesabatlar, idarəetmə tərəfdaşlarına, mühəndislərə və ya digər mühüm tərəfdaşlara göndərilə bilər. Bu hesabatlar, proseslərin performansını müzakirə etmək, təhlükəsizlik və effektivlik məsələlərini qiymətləndirmək və proseslərdəki potensial inkişaf sahələrini müəyyənləşdirmək üçün istifadə olunur.

Növbəti bölmələrdə, SCADA sistemlərinin digər funksiyaları, tətbiq üçün tələblər, tətbiq prosesi, faydaları və çətinlikləri, yeni məsələlər, standartlar, uğurlu layihələr və müasir tədqiqatlar haqqında ətraflı məlumat veriləcəkdir. Bu məlumatlar, SCADA sistemlərinin iş proseslərinin nəzarət və monitorinqində necə effektiv şəkildə istifadə olunacağına dair daha dəqiq bir anlayış təmin edəcəkdir.

### **2.1.6 İdarəetmə və Kontrol**

SCADA sistemləri, proseslərin nəzarəti və monitorinqində olduğu kimi, proseslərin effektiv idarə olunması və nəzarət altında saxlanması üçün də istifadə olunur.

Uzaqdan İdarəetmə - SCADA, uzaqdan idarəetmə funksionallığı ilə müxtəlif sahələrdə prosesləri uzaqdan nəzarət etmək imkanı verir. Bu, operatorların və idarəetmə personalının prosesləri uzaqdan izləmələrinə və əmrlər göndərmələrinə imkan verir, bu da operativlik və effektivliyi artırır.

Avtomatik Nəzarət - SCADA sistemləri, avtomatik nəzarət funksionallığı ilə proseslərin avtomatik olaraq idarə olunmasına imkan verir. Sensorlar vasitəsilə toplanan məlumatlar əsasında sistemlər avtomatik olaraq qərarlar verə bilər və prosesləri avtomatik şəkildə tənzimləyə bilər.

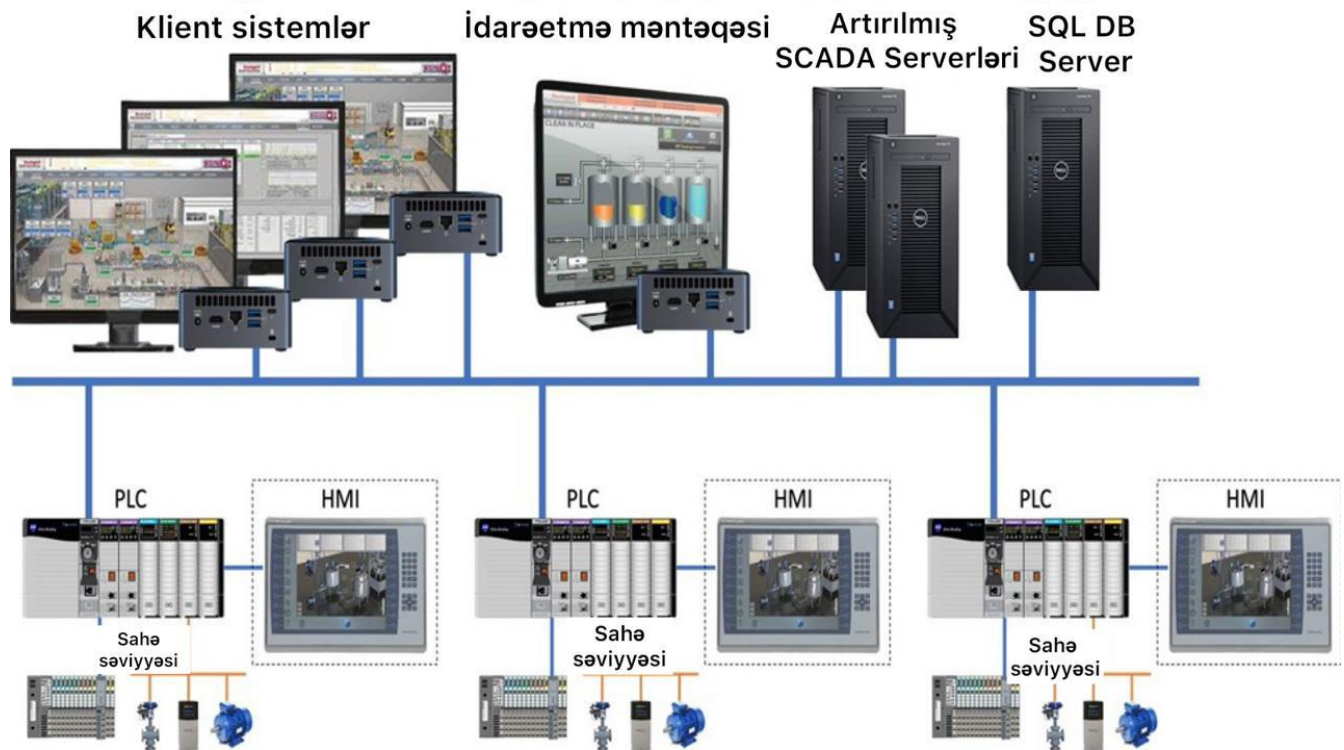
Alarm və Nəzarət Xəbərdarlığı - SCADA, proseslərdəki kritik hadisələri aşkar etmək və operatorlara və idarəetmə personalına alarm və xəbərdarlıq göndərmək üçün istifadə olunan bir alarm sistemi də təmin edir.

Göstərilən Vəziyyət - SCADA interfeysləri, proseslərin göstərilən vəziyyətini, cihazların və sistemlərin fəaliyyətini göstərmək üçün istifadə olunur. Bu, operatorların prosesləri daha yaxından izləməsinə və idarə etməsinə kömək edir.

SCADA sistemi, kompleks proseslərin avtomatlaşdırılması və effektiv nəzarət olunması üçün əhəmiyyətli bir alətdir. İdarəetmə və kontrol funksiyonları, proseslərin

operativ və səmərəli bir şəkildə idarə edilməsini təmin edir, buna görə də müxtəlif sahələrdə geniş şəkildə istifadə olunur.

SCADA sistemlərinin idarəetmə və kontrol funksiyonları, iş proseslərinin səmərəli və effektiv idarə olunmasına imkan verir. Bu funksiyonlar, müxtəlif sahələrdən mühəndislik proseslərinə, enerji infrastrukturuna, su təsərrüfatına və digər sahələrə qədər geniş istifadə olunur. İdarəetmə və kontrol funksiyaları, proseslərin avtomatlaşdırılması, uzaqdan nəzarət, alarm və xəbərdarlıq sistemləri, effektiv idarəetmə tətbiqləri və daha çoxunu təmin edir. (Şəkil 4)



Şəkil 4. İdarəetmə və Kommunikasiya

SCADA sistemlərinin idarəetmə və kontrol funksiyaları, proseslərin effektivliyini artırmaq, mənimsəmələri azaltmaq, və proseslərin operativ şəkildə idarə edilməsinə imkan verir. Bu funksiyalar, operatorların və idarəetmə personalının prosesləri daha yaxından izləməsinə, problemləri tez bir şəkildə müəyyən etməsinə və effektiv tənzimləmələrə imkan verir.

Növbəti bölmələrdə, SCADA sistemlərinin digər funksiyaları, tətbiq üçün tələblər, tətbiq prosesi, faydaları və çətinlikləri, yeni məsələlər, standartlar, uğurlu layihələr və müasir tədqiqatlar haqqında ətraflı məlumatlar veriləcəkdir. Bu məlumatlar, SCADA sistemlərinin istifadəsinin geniş spektrini və onların müxtəlif sahələrdəki tətbiqini anlamaq üçün oxuculara əlavə bir perspektiv təmin edəcəkdir.

### **3.1 SAHƏ SƏVİYYƏSİ**

Bu səviyyə avtomatlaşdırma iyerarxiyasının ən aşağı səviyyəsidir və sensorlar və aktuatorlar kimi sahə cihazlarından ibarətdir. Sensorlar, avtomatlaşdırmanın “gözləri və qulaqları”, temperatur, təzyiq, sürət, qidalanma və s. haqqında məlumatları toplayır, onları elektrik siqnallarına çevirir və növbəti səviyyəyə ötürür. Bu sahə cihazlarının əsas vəzifəsi monitoring və təhlil üçün proseslər və maşınlar haqqında məlumatları ötürməkdir.

Buraya həmçinin elektrik və ya pnevmatik siqnallar vasitəsilə növbəti səviyyə tərəfindən idarə olunan və onları hərəkətə çevirən aktuatorlar daxildir. Aktuatorlar bədənin əzələlərinə bənzəyir, bu da insanların ətraf mühitlə əlaqə qura bilməsinin yeganə yoludur. Aktuatorlar klapanları, releləri, mühərrikləri, nasosları və digər cihazları yandırır və ya söndürür və ya prosesləri idarə etmək üçün onların çıxışlarını tənzimləyir.

#### **3.1.1 Nəzarət rejimləri**

Prosesin sabit nəzarət olunması üçün beş nəzarət rejimi nəzərə alınmalıdır. Proses nəzarəti üçün istifadə olunan beş əsas nəzarət rejimi:

- On-Off
- Modulyasiya
- Açıq Dövrə
- Feed-forward

- Bağlı dövrə

On-Off nəzarəti:

Prosesi nəzarət etmənin ən qədim yolunun sadə açma vəsaitləri istifadə etmək idi. Bu sadəcə Aç və Bağla şərtləri verən vəziyyətlərə aid olur. Bu nəzarət fəaliyyətinin bir növünün olmasına görə, bu da iki mövqe nəzarəti kimi adlandırılır. Bu on-off nəzarətçisinin mükəmməl olması üçün proses ayar nöqtəsinin (SP) altında olan ölçmə zamanı proses Açıqdır və manipulyasiya edilmiş dəyişkən (MV) maksimum dəyərindədir. SP-nin yuxarıda olması halında, nəzarətçi Bağlanmış və manipulyasiya edilmiş dəyər (MV) minimumdadır.

Modulyasiya nəzarəti:

Əgər bir nəzarətçinin çıxış signalı bir dəyər aralığında hərəkət edə bilərsə, o zaman bu modulyasiya nəzarəti olur. Modulasiya nəzarəti yalnız müəyyən bir işləmə aralığında baş verir. Modulasiya limitləri yuxarı və aşağı limitləri olmalıdır. Modulyasiya nəzarəti addım nəzarətindən daha sadə bir nəzarət növüdür - bu, açıq və bağlı dövrə nəzarət sistemlərində istifadə oluna bilər.

Açıq dövrə:

Açıq dövrə növündəki nəzarət sistemi özünü düzəltmir, Proses Dəyişkəninin (PV) idarəsində görmək olar. Bu, nəzarət fəaliyyətinin (nəzarətçi çıxış signalı OP) Proses Dəyişkəninin (PV) və ya yük dəyişikliklərinin bir funksiyası olmaması səbəbindədir. Sistem həmişə açıqdır və nəzarət giriş dəyişkənindən asılı olaraq prosese cavab verir.

Feed-forward nəzarəti:

Bir feed-forward nəzarəti, idarə edilən dəyişənlərin düzəltməsini gözləyən və çıxış dəyişkəninin təhvil verilməsini tələb edən nəzarət növüdür. Bu, PV doğrudan nəzarət fəaliyyətində istifadə olunmadığı üçün açıq dövrə nəzarəti forması kimi görünür.



Bağlı dövrə və ya feedback nəzarəti:

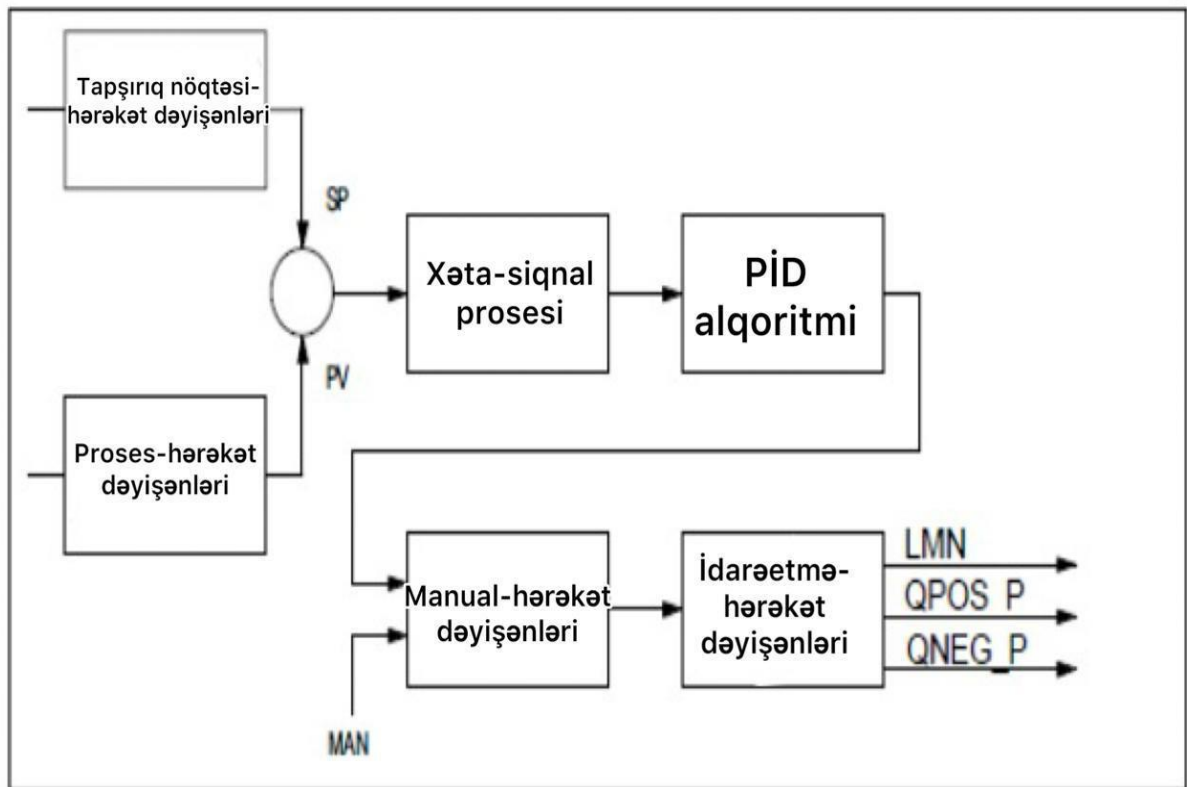
Bağlı dövrə nəzarətin məqsədi, PV-nin SP ilə müqayisəsi üçün PV-ni ölçməkdir, ki, bu istənilən və ya məqsəd dəyəri və avtomatik bir nəzarətçinin Çıxış (OP) dəyərinin dəyişməsinə səbəb olan bir nəzarət fəaliyyətini təyin etməkdir.

Əksər hallarda, error (ERR) ifadəsi OP dəyərini hesablamaq üçün istifadə olunur.

$$ERR = PV - SP$$

Əgər  $ERR = SP - PV$  istifadə olunmalıdırsa, nəzarətçi tərs nəzarət fəaliyyəti üçün qurulmalıdır.

### 3.1.1.1 PID nəzarətin əsas funksiyaları



Şəkil 5. Standart PID Controller funksiyasının icmalı

Bir çox nəzarət tapşırıqlarında, əhəmiyyətli prosesləri təsir edən bir çox element var, ancaq siqnal emalı funksiyasına də yüksək tələblər qoyulur. Həqiqi nəzarətçi ilə bərabər, PID alqoritminin funksiyaları ayar nöqtəsini və proses dəyişkənlərini şərtləndirmək üçün və hesablanmış manipulyasiya edilmiş dəyişkəni yenidən nəzərdən keçirmək üçün də quraşdırılır. Yuxarıda Şəkil 5-də daimi nəzarət prosesi üçün ekran göstərmə və monitorinq funksiyalarını göstərir.

Bütün PID alqoritminə malik nəzarətçilər üç əsas cavabdan ibarətdir: nisbi (və ya qazanc), integral (və ya sıfırlama), və törəmə. Hər biri bu cavablardan prosesin fəaliyyətinə görə alqoritm üzərində işləyir. (Şəkil 5)

### Proporsional

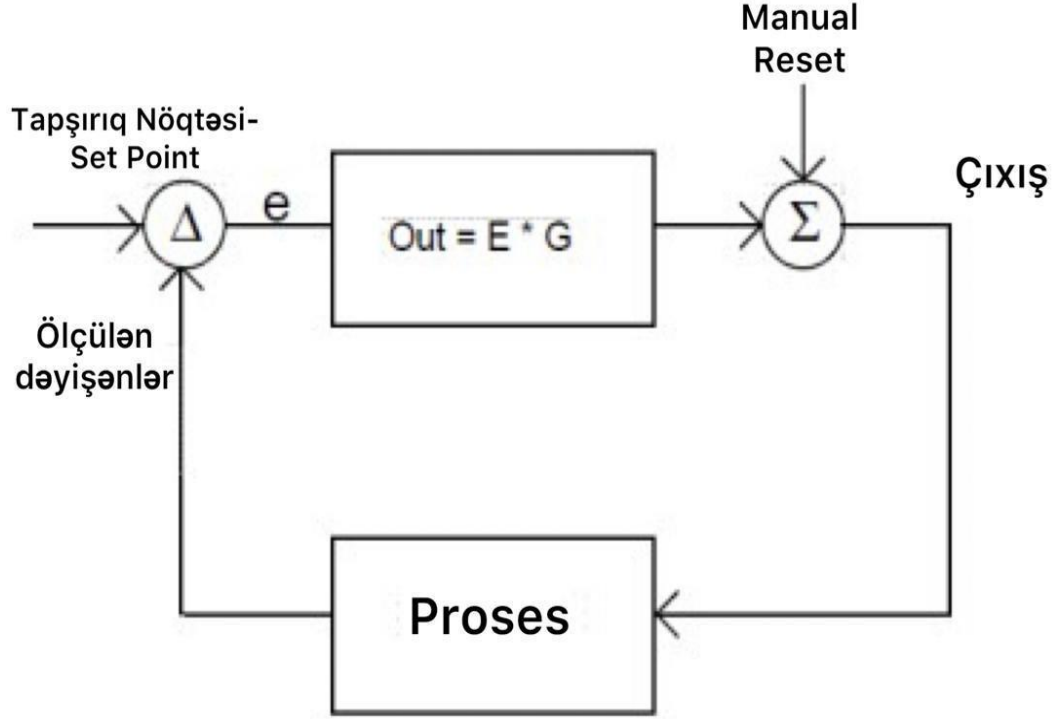
Ən əsas cavab proporsional, yaxud qazanc, cavabıdır. Bu, prosesi nəzarət etmənin əsas vasitəsidir. Avtomatik nəzarətçi, xəta ilə nisbətli bir tədbir olaraq nəzarətçinin çıxışını düzəltməlidir. Düzəltmə, avtomatik nəzarət fəaliyyətinin başlanğıcındakı çıxış dəyərindən başlayır.

$$\text{Output (Çıxış)} = E \times G + k$$

Haradakı:

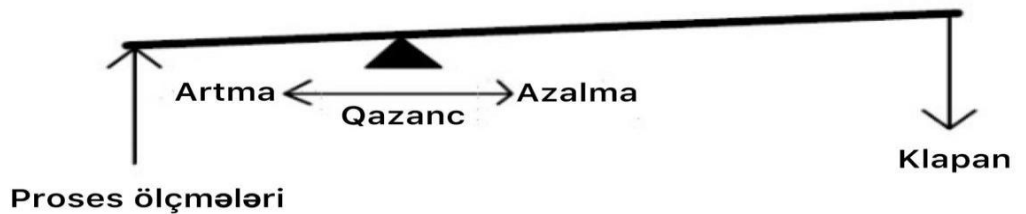
- Output (Çıxış) = prosesə göndərilən siqnal
- E = xəta (ölçmə və təyin edilmiş nöqtə arasındakı fərq)
- G = Qazanc
- k = manual sıfırlama, ölçmə təyin edilmiş nöqtəyə bərabər olduğu zaman çıxış dəyəri

Prosesin çıxışı, proses ölçməsi, təyin edilmiş nöqtə və ya manual sıfırlamanın bir dəyişikliyə səbəb olduğu zaman dəyişəcəkdir. Əgər proses ölçməsi, təyin edilmiş nöqtə və manual sıfırlama sabit saxlanılırsa, çıxış sabit olacaqdır. (Şəkil 6)



Şəkil 6. Yalnız proporsional alqoritmdən istifadə edən nəzarət dövrəsi

Proporsional nəzarətin bir nümunəsi aşağıdakı şəkildə göstərilən dəyişkənliyə sahib bıçaqlı bir səviyyə olubilir. Proses ölçmələri, bıçağın bir ucuna təsir edir və digər ucunda bağlı olan valfə təsir edir. Pivotun mövqeyi qazancı təyin edir və pivotu sola köçürtmək, proses ölçməsində verilən bir dəyişiklik üçün valfın hərəkət etməsindən dolayı qazancı artıracaqdır. (Şəkil 7)

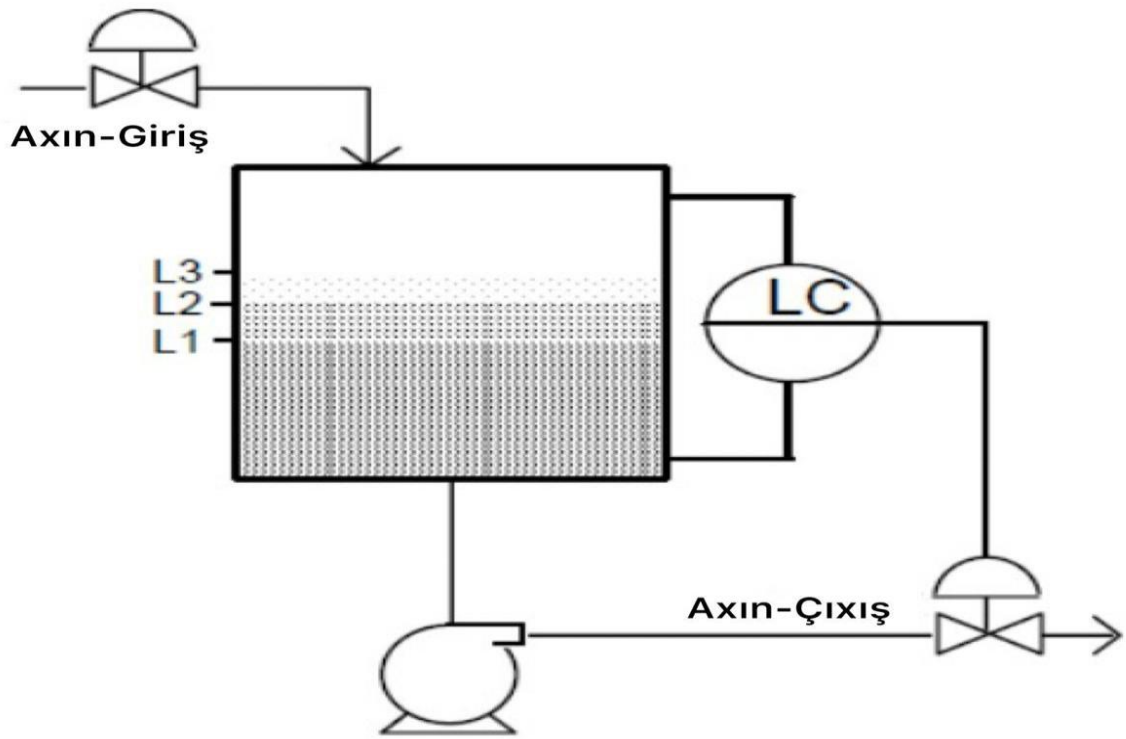


Şəkil 7. Yalnız tərs fəaliyyət göstərən mütənasib nəzarətçi kimi istifadə edilən qol

## Proporsional offset

Nisbi, yalnız offseti nəzarət edə bilər. Yalnız manual sıfırlamanın tənzimlənməsi offseti aradan qaldırır. Aşağıdakı Şəkil 8-də mayenin axını tankda daxil və çıxan nəzarətçinin nəzarəti altında axıb. Axın müstəqil olduğu nəzərə alınaraq, onu səviyyə nəzarətə yük kimi nəzərdən keçirmək olar.

Bir pompalama, axını nəzarət etmək üçün istifadə olunur və bu, nəzarətçinin çıxışına nisbətlidir.



Şəkil 8. Proporsional səviyyəyə nəzarət

Tankdakı səviyyənin təyin edilmiş nöqtəsi 50% olduğu üçün, çıxış 50% həm axın axışı, həm də axın axışı 500 gpm-dir. Sonra axışın axışı 600gpm-dən artırıldığını düşünsək, tankdakı səviyyənin axını daha çox yüksələcəyi tanınır. Səviyyə artdıqca, klapan açılacaq və daha çox axış gedəcək. Qazanc 2-dirsə, maye səviyyəsində hər bir faiz artımı klapanı 2% açacaq və axışı 20gpm artıracaq. Beləliklə, səviyyə 55% (5% xəta) olduqda, çıxış 60%

təyin ediləcək və axış 600gpm, daxil olan axışla eyni olacaqdır. Səviyyə daha sonra sabit olacaqdır. 5% xəta ofset olaraq tanınır . Bununla birlikdə, qazanc sonsuz olmur. Əksər döngülərdə, istifadə edilə biləcək qazancın miqdarına məhdudiyət qoyulur. Bu məhdudiyət aşıldıqda, dövrə sabitlənəcəkdir.

Integral növü (Reset)

Integral əməliyyatı normal şərtlərdə çıxış signalında heç bir offset istiqamətindən yardım alaraq nisbi nəzarəti idarə etmək üçün istifadə olunur. Buna qarşı nəzarəti nəzərdən keçirir ( $X\Theta TA=0$ ). Həm nisbi, həm də integral prosesi idarə etmək üçün birləşdirilə bilər. Bu birləşməyə PI-nəzarət deyilir.

I-Nəzarət üçün Formula:

$$OP = \left( \frac{K}{T_{int}} \right) \int_0^T ERR dt$$

PI-Nəzarət üçün Formula:

$$OP = \left( \frac{K}{T_{int}} \right) \int_0^T ERR dt + (K * ERR + MAUAL)$$

$T_{int}$ -İntegralın zaman sabitidir.

Törəmə nəzarəti (D)

Törəmə, PID nəzarətinin üçüncü və son elementidir. Bu, prosesin (və ya xəta) dəyişiklik dərəcəsinə cavab verir. Törəmələr normal şəraitdə yalnız prosese tətbiq olunur.

Törəmə nəzarətinin yeganə məqsədi, bağlı dövrə nəzarət sistemində sabitlik əlavə etməkdir. Törəmə nəzarətinin (D-Nəzarət) miqdarı proses dəyişkənin dəyişim dərəcəsinə (və ya sürət) nisbətdir. D-Nəzarət, nəzarət dövrəsində sabitliyi artırmaq üçün istifadə edilə bilər, ancaq bu, axının dəyişim dərəcəsinə artırmaq qiymətinə olur.

D-Nəzarət özündə heç bir məqsədə malik deyil, həmişə P-Nəzarət və ya PI-Nəzarət ilə birləşmədə istifadə olunur. Bu, bir PD-Nəzarət və ya PID-Nəzarətə nəticələnir. D-Nəzarət əksər hallarda tələb edildikdə PID-Nəzarətdə istifadə olunur.

D-Nəzarət üçün formula:

$$OP = K * Tder (dERR /dt )$$

### 3.1.2 Sensor sistemlər

Sensorların quraşdırılmasında bir neçə fərqli seçim mümkündür və hər bir seçim, mühitə, məqsədə və büdcəyə bağlı olaraq dəyişir. Qapalı çəndə maye səviyyəsinin nəzarət edilməsi məqsədi ilə istifadə edilə biləcək bəzi uyğun sensor növlərindən istifadə etmək olar.

Səviyyə Sensorları - Qapalı çən içindəki maye səviyyəsini ölçmək üçün səviyyə sensorları istifadə oluna bilər. Bu sensorlar, ultrasonik sensorlar, radar sensorlar, basınç sensorları və ya digər sensorları kimi çeşidlənə bilər. Hər bir sensor növünün öz avantajları və məhdudiyyətləri mövcuddur.

Təzyiq Sensorları – Təzyiq sensorları, su səviyyəsini təyin etmək üçün istifadə oluna bilər. Qapalı çəndənin içindəki suyun təzyiqini ölçərək səviyyəni təyin etmək üçün istifadə oluna bilər.

Tutum Sensorlar - Tutum sensorlar, qapalı çəndənin daxilindəki maye səviyyəsini təyin etmək üçün istifadə oluna bilər. Bu sensorlar, suyun elektrikli xüsusiyyətlərin dəyişiklikləri təyin edərək səviyyəni ölçə bilər.

Maqnit Sensorlar - Maqnit sensorlar, sensor ilə əlaqəli olaraq maye səviyyəsini ölçmək üçün istifadə oluna bilər. Maqnit sensorlarının vəziyyətini təyin edərək, səviyyəni təyin etməyə kömək edə bilər.

Ultrasonik Sensorlar - Ultrasonik sensorlar, su səviyyəsini ölçmək üçün effektiv bir üsuldür. Bu sensorlar, səviyyəni təyin etmək üçün ultrasonik dalğaların yayılması və qayıtması prinsipində əsaslanır.

Bu sensor növləri tək bir sensorun tətbiq edilməsi və ya bir neçə sensorun kombinasiyası ilə istifadə oluna bilər. Hər bir sensor növünün özünəməxsus xüsusiyyətləri və məhdudiyyətləri var və mühitin spesifik tələblərinə cavab vermək üçün seçilməlidir. İstifadə olunan sensor növünün, dəqiqlik, dayanıqlılıq, istifadə müddəti və maliyyə səviyyəsi kimi faktorlar dəyərləndirilməlidir.

Ölçmə, bir obyektin uzunluq və ya çəki kimi özəlliklərinin bir birliyə nisbətən həcmi ilə təxmin edilməsi kimi təyin edilə bilər. Ölçmə, adətən bir metr və ya kiloqram kimi bir standart ilə obyekti müqayisə etmək üçün kalibre olunmuş bir ölçmə aləti, məsələn, çəkicdən istifadə etməni əhatə edir .

Ölçmə cihazının seçimi, idarə olunacaq proses növünə və proses üçün istifadə olunacaq materiallara bağlıdır. Sənədlənmiş səviyyə monitorinqi həlli üçün ən optimal seçimin seçilməsinə təsir edən bir çox fiziki vəziyyətlər və tətbiq dəyişənləri var. Fiziki vəziyyətlərin bəziləri temperatur, təzyiq və ya vakum, tündlük, səs, vibrasiya, mexaniki təzyiqlər kimi.

Səviyyə sensoru signalı qəbul edir və sonra transmitter vasitəsilə signalı PID nəzarətçisini nəzarət və monitorinq üçün oxuna bilən formata çevirir.

### **3.1.2.1 Axın sensoru**

Axın sensoru, mayenin axın dərəcəsini hiss etmək üçün bir cihazdır. Tipik olaraq, axın sensoru axın metrində, və ya axın qeydçisi olaraq istifadə olunan hissədir ki, mayenin axınını qeyd edir. Bütün sensorlar üçün olduğu kimi, bir ölçümün mütləq doğruluğu kalibrasiya funksionalını tələb edir. Müxtəlif növ axın sensorları və axın metrleri

mövcuddür, buna daxil olanlar axın tərəfindən itirilən bir hissənin vəziyyətini hiss edə bilən, və ya dairəvi potensiometr, və ya buna bənzər bir cihazı işlədə bilən sensorları əhatə edir. Digər axın sensorları, hərəkətli orta tərəfindən yaradılan istilik transferini ölçən sensorlara əsaslanır. Bu prinsip axının ölçülməsi üçün mikrosensorlar üçün ümumi olan bir prinsipdir. Axın ölçənlər, onlar üzərində axın edən sıvının sürətini ölçən velocimeters adlı cihazlarla əlaqəlidir. Hava axınının ölçülməsi üçün çoxalma əsaslı interferometriya tez-tez istifadə olunur, amma mayelərdə, axının ölçülməsi tezdir. Başqa bir yanaşma, axının ölçülməsi üçün Doppler əsaslı metodlardır. Hall effekt sensorları da istifadə oluna bilər, və ya axın tərəfindən itilmiş bir flapper vanada, və ya fanədə, vanenin vəziyyətini hiss etmək üçün.(Şəkil 9)



Şəkil 9. Sərfiyyat ölçən

### 3.1.2.2 Təzyiq sensoru

Təzyiq sensoru təxminən qazlar və ya mayələrin təzyiqini ölçür. Təzyiq bir mayenin genişləməsini dayandırmaq üçün tələb olunan qüvvənin ifadəsidir və əsasən bir birlik sahədə qüvvə kimi ifadə olunur. Bir təzyiq sensoru adətən bir transdüser kimi



fəaliyyət edir - təzyiqlə bağlı kimi bir siqnal yaradır. Bu məqalənin məqsədi üçün, belə bir siqnal elektrikli olur.

Təzyiq sensorları nəzarət və monitorinq üçün minlərlə gündəlik tətbiqatda istifadə olunur. Təzyiq sensorları həmçinin maye/qaz axını, sürət, su səviyyəsi və yüksəklik kimi digər dəyişənləri birbaşa ölçmək üçün dolayı olaraq istifadə edilə bilər. Təzyiq sensorları əlavə olaraq təzyiq transdüserləri, təzyiq göndəriciləri, təzyiq göndərənlər, təzyiq göstəriciləri və pizometrlər, manometrlər kimi adlar altında da tanınarlar. (Şəkil 10)



Şəkil 10. Rəqəmsal Hava Təzyiq Sensoru

Təzyiq sensorları texnologiyada, dizaynda, performansda, tətbiqə uyğunluqda və qiymətdə dramatik olaraq fərqlənə bilər. Mühafizəkar bir göstərici ilə, dünya miqyasında 50-dən artıq texnologiya və ən azı 300 şirkət təzyiq sensorları istehsal edir.

Ayrıca, təzyiqdəki çox yüksək sürətli dəyişiklikləri əks etdirən dinamik rejimdə ölçmək üçün nəzərdə tutulmuş bir təzyiq sensoru kateqoriyası da mövcuddur. Bu tip sensorların nümunə tətbiqləri, mühərrik silindirində yanma təzyiqinin və ya qaz

turbinində ölçülməsidir. Bu sensorlar adətən kuartz kimi piezoelektrik materiallardan istehsal edilir. (Şəkil 11)



Şəkil 11. Digital Barometrik Təzyiq Sensoru

Bəzi təzyiq sensorları, nüfuzlarının müşahidə olunduğu trafik nəzarət kameralarında tapılanlar kimi, ikili (açıq/söndür) şəkildə fəaliyyət göstərir, yəni təzyiq sensoruna təzyiq tətbiq edildiyində, sensor elektrik dövrünü başa çatdırmaq və ya kəsmək üçün işləyir. Bu növ sensorlar həmçinin təzyiq quraşdırıcısı adlanır. (Şəkil 12)



Şəkil 12. Silikon piezorestiv təzyiq sensoru

Təzyiq sensorları ölçdükləri təzyiq aralığı, işləmə temperatur aralığı və ən əsası ölçdükləri təzyiq növünə görə sinifləndirilə bilər. Təzyiq növü baxımından, təzyiq sensorları beş kateqoriyaya bölünə bilər:

Mütləq təzyiq sensoru - Bu sensor mükəmməl boşluq təzyiqə (0 PSI və ya təzyiq yoxluğu) nisbətən digər təzyiqi ölçür. Dəniz səviyyəsində atmosfer təzyiqi vakuumla müqayisədə 101.325 kPa (12.7 PSI) təşkil edir.

Gauge (göstəriş) təzyiq sensoru - Bu sensor müəyyən bir məkanda müəyyən bir atmosfer təzyiqinə nisbətən təzyiqi ölçmək üçün kalibre edilə biləcəyi üçün müxtəlif tətbiqlərdə istifadə olunur.

Bir təzyiq manometri, göstərməsi üçün bir nümunədir. Təzyiq manometri 0 PSI göstərdiyində, həqiqətən təzyiq anında 12.7 PSI (atmosfer təzyiqi) olur.

Vakuüm təzyiq sensoru - Bu sensor müəyyən bir məkanda atmosfer təzyiqi ilə müqayisədə daha az təzyiqi ölçmək üçün istifadə olunur.

Bu, sənayenin vacib səlahiyyət mənbəyi ola bilər, çünki sənayə bir vakuüm sensorunu ya atmosfer təzyiqinə (məsələn, müsbət manometri təzyiqi ölçmək) istinad etmək və ya mükəmməl boşluqla müqayisədə nisbətən təzyiq ölçmək üçün istifadə edə bilər.

Diferensial təzyiq sensoru - Bu sensor iki və ya daha çox təzyiq arasındakı fərqin, misal üçün, bir yağ filterinin üzərindəki təzyiq düşməsinə ölçürkən sensor olaraq tətbiq olunan iki və ya daha çox təzyiq arasındakı fərqi ölçür. Diferensial təzyiq həmçinin təzyiqli anbarlarda axın və ya səviyyəni ölçmək üçün istifadə olunur.

Möhürlənən təzyiq sensoru - Bu sensor, dəniz səviyyəsi təzyiqinə nisbətən təzyiqi ölçmək üçün əvvəlcədən istehsalçılar tərəfindən kalibre edilmiş olmasına baxmayaraq, göstəriş təzyiq sensoru ilə eynidir.

Axın ölçməsi - Bu, təzyiq sensorlarının venturi effekti ilə birləşdirilməsi vasitəsi ilə axını ölçmək üçün istifadəsidir. Fərqli açıqlığı olan iki segmenti olan bir venturi borusu arasında diferensial təzyiq ölçülür.

İki segment arasındakı təzyiq fərqinin ölçüsü doğrudan da venturi borusundan axın dərəcəsinə nisbətən çəkilir. Təzyiq fərqinin nisbətən kiçik olması səbəbindən geniş icma təzyiq sensoru əsasən tələb olunur.

### 3.1.2.3 Səviyyə / Dərinlik ölçməsi

Bir təzyiq sensoru cərəyanın səviyyəsini hesablamaq üçün də istifadə oluna bilər. Bu texnika geniş olaraq batmış bir cismin (məsələn, dalğıcı və ya dənizaltı kimi) dərinliyini ölçmək üçün istifadə olunur və ya bir su qovasının içindəki məzmunun səviyyəsini ölçmək üçün (məsələn, su küləyi kimi). Ən çox tətbiq üçün, axın səviyyəsi doğrudan təzyiqə nisbətən çəkilir. Təzyiq altında olan təzə su üçün, içindəkilər atmosfer təzyiqi altında olduğundan,  $1 \text{ psi} = 27.7 \text{ inH}_2\text{O} / 1 \text{ Pa} = 9.81 \text{ mmH}_2\text{O}$ . Belə bir ölçmə üçün əsas eynilik aşağıdakı kimi təsnif olur:

$$P = \rho * g * h$$

Burada,

$P =$  Təzyiq,

$\rho =$  Sıvının sıxlığı,

$g =$  Standart qrafitasiya,

$h =$  Təzyiq sensorunun üzərindəki maye sütununun yüksəkliyi

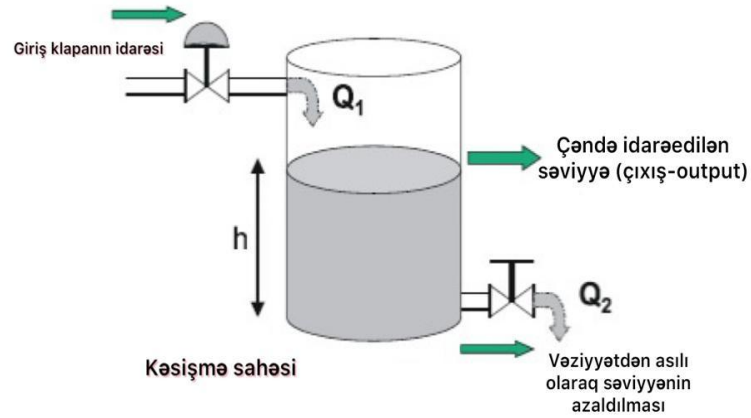
Səviyyənin test edilməsi - Bir təzyiq sensoru sistem sızıntısının səbəblərinin təzyiqin düşməsini hiss etmək üçün istifadə oluna bilər. Bu, müqayisədə təzyiq istifadə edərək bilinən bir sızıntı ilə müqayisə etmək və ya zamanla təzyiq dəyişikliyini ölçmək vasitəsilə əsasən həyata keçirilir.

### 3.1.3 Aktuatorlar

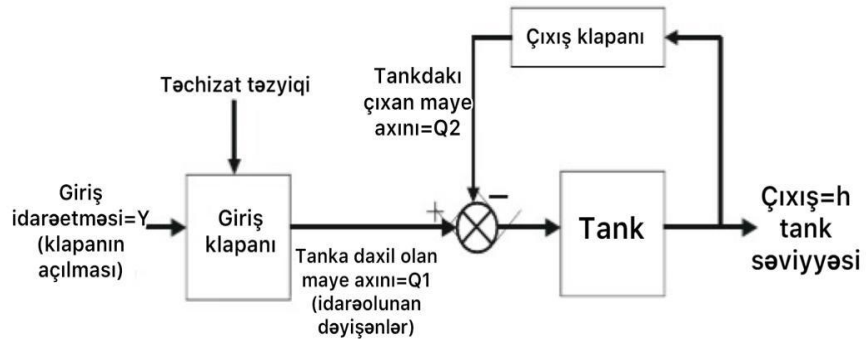
Bir aktuator, çoxu sənaye proseslərində istifadə olunan və ya elektrik signalını PID nəzarətçilərindən, məsələn, PLC-dən, fiziki bir vəziyyətə çevirən cihazdır. Onlar adətən motorları idarə etmək üçün siqalların olduğu PLC çıxışına qoşulurlar. Motorları başlamaq üçün istifadə edilən starter, ən çox PLC çıxışına qoşulan aktuatorlardan biri ola bilər. PLC

çıxışının vəziyyətinə görə, motor starteri ya motora güc verir və ya gücün motora axmasını aradan qaldırır.

Şəkil 13. aşağıda nümunə olaraq göstərilmişdir və burada digərləri ondan su çəkərəkən, bir tankın su səviyyəsini sabit yüksəklikdə saxlamağın nümunəsidir. Bu hədəfləmək üçün, giriş axını sabit saxlamaq üçün manipulyasiya ediləcəkdir. Bir proses modelinin dəyəri, çıxışın giriş tədbirlərinə necə cavab verəcəyini göstərmək üçün bir yol təmin etməsidir. Bu, prosesi təsir edən fiziki və kimyəvi qanunlara əsaslanan riyazi modelə malik olmaqla həyata keçirilir.



Maye ilə dolu tankın idarəetmə sxemi



Şəkil 13. Tank prosesinin elementar blok diaqramı

Yuxarıdakı nümunə, həcmi A olan açıq bir tankı göstərir ki, bu tanka nizamlaya və ya manipulyasiya edilə bilən Q1 qazı verilir. Tankdan olan axın R rəqəmini olan bir klapanı keçir və çıxış axını Q2-dir. Tankdakı su səviyyəsi və ya təzyiq başı H kimi qeyd edilir. Tankdakı su səviyyəsinin artması, çıxış Q2-nin artmasına səbəb olacaq və su səviyyəsi, çıxış Q2 və giriş Q1-in bərabər olduğu zaman sabit olacaqdır.

Prosesin blok diaqramı Şəkil 13-də göstərilmişdir.

### 3.1.3.1 Selenoid Klapan

Selenoid klapan, qazların, mayeləşdirilmiş qatıların, mayelərin axınını açaraq, bağlayaraq və ya qismən maneə törədərək tənzimləyən bir cihazdır. Bir prosesin avtomatik idarə edilməsi lazım olduqda, selenoid klapanlar istifadə olunur. Onlar müxtəlif tip cihaz və avadanlıqlarda getdikcə daha çox istifadə olunurlar. Klapanların seçilməsi əsasən idarə olunacaq tətbiqdən asılıdır. Klapanlar sənaye, hərbi, ticari, yaşayış və nəqliyyat daxil olmaqla müxtəlif tətbiqlərdə istifadə olunur.

Selenoid klapanlar elektrikle idarə olunur və elektricləndirildikdə və ya elektrikdən çıxarıldıqda klapanın açıq və ya bağlı vəziyyətdə olmasına səbəb olur. Aktuator elektromaqnit şəklində alır. Elektricləndirildikdə, maqnit sahəsi yaranır və bir hissəsi və ya fırlanan armaturu yay hərəkətinə qarşı çəkir. Valfin bu hissəsi və ya fırlanan armaturu elektrikdən çıxarıldıqda öz ilkin vəziyyətinə qayıdır. (Şəkil 14)



Şəkil 14. Selenoid Klapan

## 4.1 KONTROL SƏVİYYƏSİ

Bu səviyyə müxtəlif sensorlardan proses parametrlərini toplayan CNC maşınları kimi müxtəlif avtomatlaşdırma nəzarətçilərindən ibarətdir. Avtomatik idarəedicilər daha sonra emal edilmiş sensor siqnalları və proqram və ya idarəetmə texnikası əsasında aktuatorları idarə edir.

Proqramlaşdırıla bilən məntiq nəzarətçiləri (PLC) sensor girişləri əsasında avtomatik idarəetmə funksiyalarını təmin edə bilən ən çox istifadə edilən və davamlı sənaye nəzarətçilərindədir. Onlar CPU, analoq və rəqəmsal I/O-lar və rabitə modulları kimi müxtəlif modullardan ibarətdir. O, texniki işçilərə prosesdə müəyyən avtomatik əməliyyatlar həyata keçirən idarəetmə funksiyalarını və ya strategiyalarını proqramlaşdırmağa imkan verir.

Bu səviyyədə avtomatik cihazlar və monitoring sistemləri nəzarət və tənzimləmə funksiyalarını asanlaşdırır. Bunlara İnsan Maşın İnterfeysləri (HMI), Paylama İdarəetmə Sistemləri (DCS) və müxtəlif parametrlərin monitoringi, istehsal hədəflərinin təyin edilməsi, tarixi arxivləşdirmə və maşının işə salınması və dayandırılması üçün nəzarət nəzarəti və məlumatların toplanması (SCADA) cihazları daxildir.

### 4.1.1 Proqramlaşdırılabilən Məntiqi Kontroller

Programlaşdırılabilən məntiqi kontrolleri (PLC) ya da programlaşdırılabilən nəzarətçi, fabrik montaj xəttində, və ya işıq aparatlarında mexaniki proseslərin avtomatlaşdırılması üçün istifadə olunan rəqəmsal kompüterdir. PLC-lər bir çox sənayelərdə və maşınalarda istifadə olunur. Ümumi məqsədli kompüterlərə nəzərə alındığında PLC, müxtəlif giriş və çıxış düzənləmələri üçün dizayn edilmişdir, ətrafındakı temperatur dərəcələrinə, elektrik gurultusuna qarşı reaksiya, vibrasiya və zərbəyə qarşı davamlılığa malikdir. Maşının əməliyyatını nəzarət etmək üçün proqramlar tipik olaraq batareya ilə dəstəklənmiş və ya adi yaddaşda saxlanılır. Bir PLC, nəticələrin müəyyən bir

zaman çərçivəsində giriş şərtlərinə cavab olaraq verilməli olduğu bir həqiqi zaman sisteminin nümunəsidir, əks halda nəticələr nəticəsində məqsədə uyğun olmayan əməliyyat ortaya çıxar.

#### 4.1.1.1 Proqramlaşdırılması

Əsas fərq digər kompüterlərdən PLC-lərin təhlükəli şərait üçün zirehli olmasıdır (toz, nəm, istilik, soyuq) və geniş giriş / çıxış (G/Ç) düzənləməsi imkanını verir. Bunlar PLC-ni sensorlar və aktuatorlara qoşur. PLC-lər məhdudlaşdırıcı açarlar, analog proses dəyişənləri (məsələn, temperatur və təzyiq), və kompleks mövqe sistemlərinin mövqelərini oxuyur. Bəziləri maşın vəziyyətində istifadə edilir. Aktuator tərəfində, PLC-lər elektrik motorları, pnevmatik və ya hidravlik silindirləri, miqdarlı releləri, selenoidləri və ya analog çıxışları işlədir. Giriş / çıxış düzəltmələri sadə bir PLC-ə yerləşdirilə bilər, ya da PLC-ə qoşulan kompüter şəbəkəsinə sahib olan xarici G/Ç modulları ola bilər.

IEC 6931-3 standartı altında, PLC-lər standart əsaslı proqramlaşdırma dilləri istifadə edərək proqramlaşdırıla bilər. Bəzi proqramlanabilən nəzarətçiyə icazə verilən bir qrafik proqramlaşdırma notası olan Sətirlərin Funksiya Diaqramları mövcuddur. İlk olaraq, əksər PLC-lər Elektromekanik Nəzarət Paneli cihazlarını (məsələn, relenin kontaktları və bobinləri) imitasiya edən Ladder Logik Diaqram Proqramlama modelində istifadə olunurdu ki, PLC-lər onları əvəzləyirdi. Bu model hal-hazırda çox azdır. IEC 6931-3 hazırda proqramlaşdırıla bilən nəzarət sistemləri üçün beş proqramlaşdırma dili təyin edir: FBD (Funksion bloku diaqramı), LD (Ladder diaqramı), ST (Düzləndirilmiş mətn, Pascal proqramlaşdırma dilinə oxşar), IL (İnstruksiya siyahısı, montaj dili ilə oxşar) və SFC (Sıra funksiyon cədvəli). Bu texnologiyalar əməliyyatların məntiqi təşkilatına vurğu edirlər.

PLC proqramlaşdırmasının əsas məntiqi konseptləri bütün istehsalçılar üçün müxtəlif olmasına baxmayaraq, I/O ünvanlandırma, yaddaş təşkilatı və instruksiya



dəstləri fərqləri PLC proqramlarının müxtəlif istehsalçılar arasında tamamilə mübadilə olunmaz etməsinə səbəb olur. Hətta eyni istehsalçının eyni məhsul xəttində daxil olmaqla, müxtəlif modellər bir-birinə doğrudan uyğun olmaya bilər.

Digər əsas fərq kompüterlərdən PLC-lərə yaxın şərtlərdə zirehli olmalarıdır (toz, nəm, istilik, soyuq kimi kəskin şəraitlər) və geniş giriş-/çıxış (I/O) düzənləri üçün imkanlar təmin edirlər. Bu düzənlər PLC-ni sensorlar və aktorlara qoşur. PLC-lər məhdud anahtarları, analog proses dəyişənlərini (məsələn, temperatur və təzyiq kimi), və kompleks yerləşdirmə sistemlərinin mövqelərini oxuyur. Bəziləri maşın görüşündən istifadə edir. Aktor tərəfində PLC-lər elektrik motorlar, pnevmatik və ya hidravlik silindirlər, maqnit releylər, solenoidlər və ya analog çıxışlar işlədir. Giriş-/çıxış düzənləri sadə bir PLC-nin içində quraşdırıla bilər, və ya PLC-də quraşdırıla bilən bir kompüter şəbəkəsinə əlavə I/O modulları bağlanmış olar.

#### **4.1.1.2 Giriş-Çıxış modulları**

Kiçik bir PLC-nin daxili olaraq giriş və çıxışlar üçün sabit bir nömrədə bağlantıları olacaq. Tipik olaraq, əgər əsas modeldə kifayət qədər I/O yoxdursa, genişlənmələr mövcuddur.

Modular PLC-lər fərqli funksiyalara malik modulların qoyulduğu bir çərçivəyə malikdir. Prosesor və I/O modullarının seçimi müəyyən tətbiq üçün tənzimlənir. Bir neçə signal bir proqram tərəfindən idarə oluna bilər və minlərlə giriş və çıxışa malik ola bilər. Böyük zavodlar üçün məlumatın kənara yayılmasına imkan verən xüsusi yüksək sürətli seriyalı I/O link istifadə olunur, ki bu da kabel xərclərini azaldır.

Rəqəmsal və ya ayrı signallar sadəcə ON və ya OFF signalı (müvəqqəti 1 və ya 0, Doğru və Yaşıl, hər biri) verərək ikili açar kimi fəaliyyət göstərir. Fotoelektrik sensorlar, idarə düymələri və limit açarları, ayrı bir signal təmin edən cihazların nümunələridir.

Gərginlik və cərəyanlar bu ayrı siqnalları ON və bir digərini OFF kimi müəyyən bir aralıqda təyin etmək üçün istifadə olunur.

Məsələn, bir PLC 24V DC I/O istifadə edə bilər, burada 22V DC-dən yuxarı dəyərlər ON-i, 2VDC-dən aşağı dəyərlər isə OFF-u təmsil edir, və orta dəyərlər müəyyən edilməmişdir. İlk olaraq, PLC-lər ayrı I/O-lara malik idi.

Analog siqnalar sıfırdan tutulur və tam ölçü arasında dəyəri olan səs kontrolleri kimi davranır. Bu dəyərlər tipik olaraq PLC tərəfindən tam ölçülər (sayılar) kimi tərcümə olunur, cihazın və məlumatları saxlamaq üçün mövcud olan bitlərin sayına görə dərəcələri dəyişir. PLC-lər ümumilikdə 16 bit işarələnmiş ikili prosessorlardan ibarət olduğu üçün, tam dəyərlər -32,768 və +32,767 arasında məhdudlaşır.

Cədvəl 1. Klapan vəziyyətinin modulun çıxış gərginliyinə uyğunluğu:

<b>Analoq dəyər çıxışla analoq siqnal müqayisəsi</b>		
<b>Klapan Vəziyyəti</b>	<b>Gərginlik çıxış siqnalı</b>	<b>Çıxışda klapan dəyərləri</b>
<b>Tam Açıq</b>	10	32,767
50%	5	16,384
40%	4	13,107
30%	3	9,830
20%	2	6,553
10%	1	3,276
<b>Bağlı</b>	0	0

Təzyiq, temperatur, axın və çəki kimi dəyərlər analog signalar tərəfindən təmsil olunur. Analog siqnallar, proses siqnalının dəyərində nisbi müəyyən bir mərtəbədə gərginlik və cərəyan istifadə edə bilər. Məsələn, analog 4-20mA və ya 0-10V girişi bir integer dəyəri olan 0-32767-ə çevrilə bilər.

Bir analog signal çıxışı, bir dəyişkən sürət drayverinə 4 ilə 20 milliampere bir signal göndərə bilər ki, bu da motorun sürətini analog signal modulundan alınan analog signal nisbətində idarə etmək üçün istifadə olunur.

#### **4.1.1.3 Səviyyənin idarə edilməsi**

Yalnız rəqəmsal siqnallar istifadə edərək, PLC-nin iki rəqəmsal girişi var: qapaq açarlarından (Aşağı Səviyyə və Yuxarı Səviyyə). Su səviyyəsi açarın üstündə olduğu zaman, o kontaktları bağlayır və bir signalı girişə keçirir. PLC, tanka daxil olan suyun klapanını açmaq və bağlamaq üçün bir rəqəmsal çıxışdan istifadə edir.

Su səviyyəsi kifayət qədər aşağı enənə kimi ki, Aşağı Səviyyə float açarı söndürüldüyündə, PLC qapağın açılması üçün klapanı açar. Su səviyyəsi kifayət qədər yüksək enənə ki, Yuxarı Səviyyə açarı işlədiyində, PLC suyun qovşağını dayanmaq üçün açır. Bu hissə, möhür (kilidlənmə) loqikasının bir nümunəsidir. Quraşdırılan bir şərt dövrəni açarsa, çıxış bir dövrdə bağlı qalır.

#### **4.1.1.4 İstifadəçi interfeysi**

PLC-lər konfigurasiya, xəbərdarlıq hesabatı və ya günlük nəzarət məqsədi ilə insanlarla əlaqə qurmaq üçün ehtiyac duya bilər.

Bunun üçün İnsan-Maşın İnterfeysi (HMI) istifadə olunur. HMI-lər həmçinin MMI-lər (İnsan-Maşın İnterfeysi) və ya GUI (Qrafik İstifadəçi İnterfeysi) kimi adlandırılır.

Sadə bir sistem istifadəçi ilə əlaqə yaratmaq üçün düymələr və işıqları istifadə edə bilər. Mətn ekranları və qrafik toxunma ekranları da mövcuddur. Daha kompleks sistemlər, PLC-nin bir kommunikasiya interfeysi ilə əlaqələndirildiyi bir kompüterdə quraşdırılmış proqramlaşdırma və nəzarət proqramından istifadə edir.

#### **4.1.1.5 SCADA ilə kommunikasiya**

PLC-lərin daxili kommunikasiya portları var. Adi olaraq 9-pin RS-232, lakin seçməli olaraq EIA-485 və ya Ethernet istifadə olunur. Modbus, BACnet və ya DF1 adi olaraq kommunikasiya protokollarından biri olaraq daxildir. Digər seçimlər DeviceNet və ya Profibus kimi müxtəlif sahə şəbəkələrini əhatə edir. İstifadə oluna biləcək digər kommunikasiya protokolları List of automation protocols siyahısında verilmişdir.

Ən çoxu müasir PLC-lər bir kompüterdə işləyən bir SCADA (Nəzarət və Məlumat Toplama Sistemləri) sistemi və ya veb brauzer kimi digər sistemlərlə bir şəbəkə üzərində kommunikasiya edə bilərlər.

Ən çoxu yeni nəsil PLC-lər SCADA (Nəzarət və Məlumat Toplama) sistemi işlədən bir kompüter və ya veb brauzer kimi başqa bir sistemlə şəbəkə üzərində kommunikasiya edə bilər. İri G/Ç sistemlərində istifadə olunan PLC-lər prosessorlar arasında peer-to-peer (P2P) kommunikasiya edə bilər.

Bu, kompleks bir prosesin müxtəlif hissələrinin müstəqil nəzarətə malik olmasına imkan verir, həm də alt sistemlərin kommunikasiya bağlantısı üzərində koordinasiya etməsinə imkan verir. Bu kommunikasiya bağlantıları ayrıca əlavə HMI cihazları üçün də (məsələn, düymə panelləri və ya PC növü iş yerləri) çox istifadə olunur.

## 5.1 NƏZARƏT VƏ MONİTORİNG SƏVİYYƏSİ

Bu səviyyədə avtomatik cihazlar və monitoring sistemləri nəzarət və tənzimləmə funksiyalarını asanlaşdırır. Bunlara İnsan Maşın İnterfeysləri (HMI), Paylama İdarəetmə Sistemləri (DCS) və müxtəlif parametrlərin monitoringi, istehsal hədəflərinin təyin edilməsi, tarixi arxivləşdirmə və maşının işə salınması və dayandırılması üçün nəzarət nəzarəti və məlumatların toplanması (SCADA) cihazları daxildir.

### 5.1.1 Remote Terminal Unit

Bir Uzaqdan İdarəetmə Terminal Bloku (RTU) ya da Uzaq Terminal İdarəetməsi, fiziki dünyadakı obyektləri, telemetriya məlumatlarını sistemə ötürərək və ya sistemdən alınan nəzarət mesajları əsasında əlaqəli obyektlərin vəziyyətini dəyişdirərək, bölgələrə yayılmış nəzarət sistemi və ya SCADA sistemləri ilə interfeysləşən, mikroprosesor nəzarətli elektronik bir cihazdır.

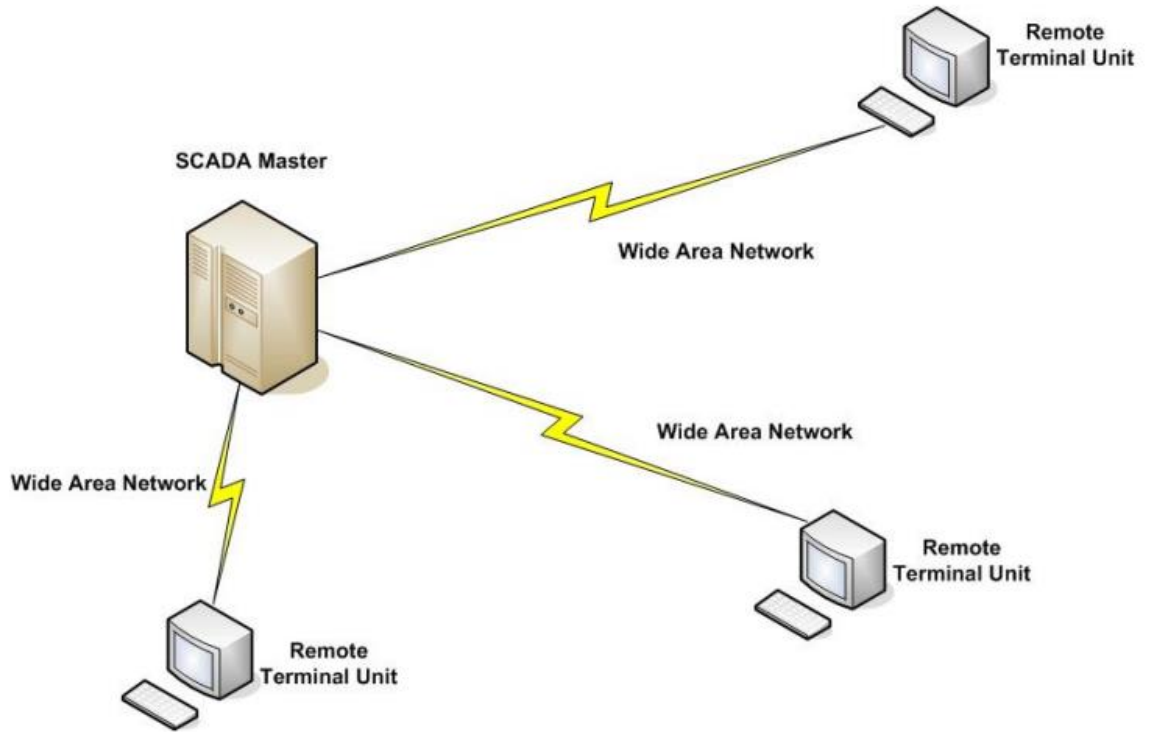
#### 5.1.1.1 SCADA RTU əlaqəsi

SCADA RTU-nuzun bütün yerli avadanlıqla əlaqə qurması və sənaye mühitinin müşahidəsiz şəraitində yaşamağı üçün dəyərləndirmələrini almaq vacibdir. Bu keyfiyyətli bir RTU-dan gözləyə biləcəyiniz bir yoxlama siyahısı:

**Kifayətli tutum** - Saytdakı avadanlıqları dəstəkləmək üçün kifayətli tutumda bir RTU seçilir, amma reallaşdırılacaq tutumdan çox olmamalıdır. Hər saytda, mübahisəsiz bir dövr ərzində gözlənilən genişlənməyə dəstək ola bilən bir RTU istənilir, amma istifadə edilməyən əlavə tutuma büdcə sərf etmək sadəcə israf olar.

**Sərt mühit, temperatur və nəm ekstrimalarına qarşı qorunma bacarığı** – Sistemdə avadanlıqların necə işlədiklərini bilmək lazımdır. Unutmayaq ki, SCADA sistemin təsirində ən etibarlı element olmalıdır.

**Təhlükəsiz dublikat enerji təchizatı** - SCADA sisteminizin 24/7 işləməsi və dayanmamması tələb olunur. RTU-un batareyalı enerji və ideal olaraq iki enerji girişi dəstəkləməlidir. (Şəkil 15)



Şəkil 15. SCADA RTU əlaqəsi

**Dublikat əlaqə portları** - Şəbəkə əlaqəsi, SCADA əməliyyatlarında enerji təchizatı qədər əhəmiyyətlidir. İkinci bir serial port və ya daxili modem, LAN zəifləndikdə belə RTU-nuzu onlayn saxlamağa kömək edəcəkdir. Bundan əlavə, müxtəlif əlaqə portları olan RTU-lar LAN köçürmə strategiyasını asanlıqla dəstəkləyirlər.

**Qeyri-qoruyucu yaddaş (NVRAM)** - Proqram və/ya firmware saxlamaq üçün NVRAM-a nəzər salırıq ki, güc itəndə belə məlumatı saxlayır. Yeni firmware, tez-tez LAN üzərində NVRAM saxlamağa asan şəkildə yüklənə bilər, beləliklə RTU-larınızın imkanlarını aşırı sayda sayt ziyarəti etmədən yeniləyə bilərik.

**Ağıllı nəzarət** - Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, mütəxəssislər SCADA ilə uzaqları, sensor girişlərinə proqramlı cavablar əsasında yerli sistemləri öz başlarına idarə edə bilirlər. Bu hər tətbiqat üçün tələb olunmaz, amma bəzi istifadəçilər üçün əlverişli olar.

**Həqiqi vaxt saati** - Məlumatların düzgün tarix/saat ölçməsi üçün RTU-un həqiqi vaxt saatına sahib olmasını təmin etmək lazımdır.

**Nəzarətçi timer** - RTU-nun enerji itirilməsindən sonra avtomatik olaraq yenidən başlamaq üçün nəzarətçi bir timerə sahib olduğundan əmin olmaq lazımdır.

Bu məlumatları göz önündən keçirərək, spesifik tələblərini qarşılayan və sənaye mühitinizdə güvənilir əməliyyatı təmin edən bir SCADA RTU seçə bilərik.

### 5.1.2 İnsan Maşın İnterfeysi (HMI)

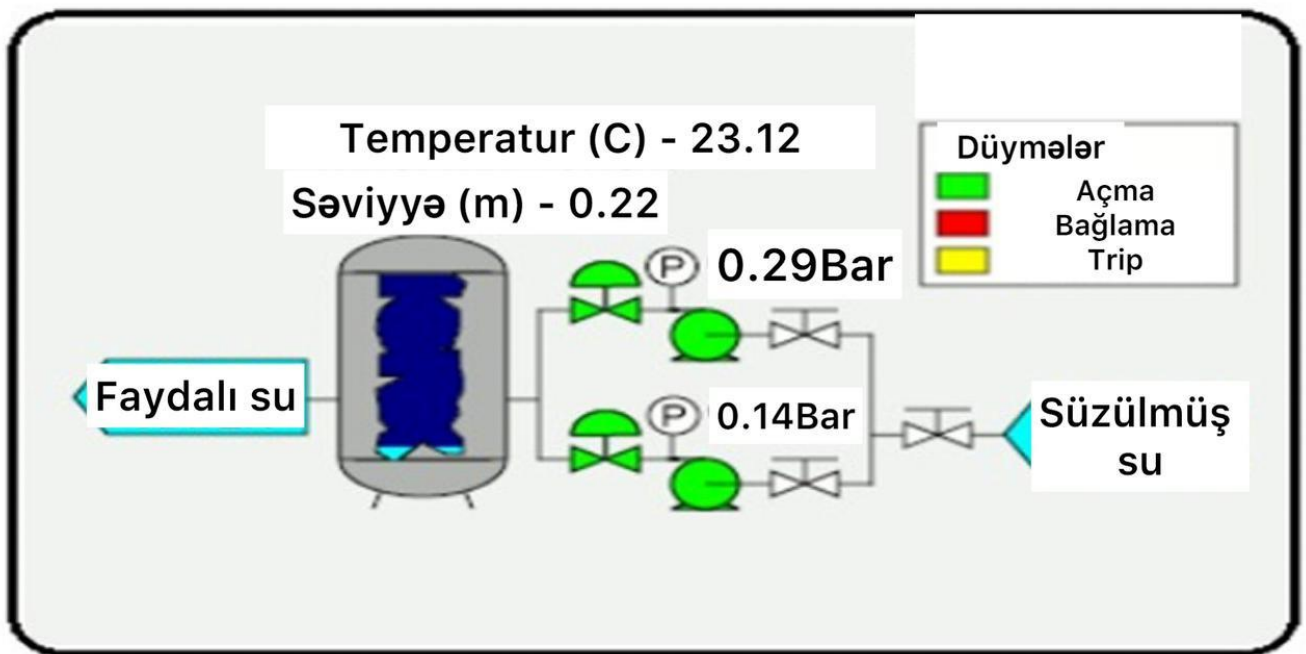
İnsan-Maşın İnterfeysi və ya HMI, insan operatoruna proses məlumatlarını təqdim edən və insan operatorunun prosesə nəzarət etdiyi aparatdır.

HMI adətən SCADA sisteminin verilənlər bazası və proqram proqramları ilə əlaqələndirilir ki, bu da planlaşdırılmış texniki xidmət prosedurları, logistik məlumat, müəyyən sensor və ya maşın üçün ətraflı sxemlər və ekspert sistemində nasazlıqların aradan qaldırılması üçün təlimatlar kimi trend, diaqnostika məlumatları və idarəetmə məlumatlarını təmin edir.

HMI sistemi, adətən, məlumatları əməliyyat heyətinə qrafik olaraq, mimik diaqram şəklində təqdim edir. Bu o deməkdir ki, operator idarə olunan zavodun sxematik təsvirini görə bilər. Məsələn, boruya qoşulmuş nasosun şəkli operatora nasosun işlədiyini və bu anda borudan nə qədər maye çəkdiyini göstərə bilər. Bundan sonra operator nasosu söndürə bilər. HMI proqramı real vaxtda borudakı mayenin axınının azalmasını göstərəcək. Mimik diaqramlar proses elementlərini təmsil etmək üçün xətt qrafikası və

şematik simvollarından ibarət ola bilər və ya animasiya simvolları ilə örtülmüş texnoloji avadanlıqların rəqəmsal fotoşəkillərindən ibarət ola bilər.

SCADA sistemi üçün HMI paketi adətən operatorların və ya sistemə texniki qulluq işçilərinin bu nöqtələrin interfeysdə təmsil olunma tərzini dəyişdirmək üçün istifadə etdiyi rəsm proqramını ehtiva edir. Bu təsvirlər ekrandakı svetofor kimi sadə ola bilər. Sahədəki faktiki svetoforun vəziyyətini və ya göydələndəki bütün liftlərin və ya dəmir yolundakı bütün qatarların vəziyyətini əks etdirən çoxproyektorlu display kimi mürəkkəbdir.



Şəkil 16. Çəndə maye səviyyəsinin dəyişməsi

Əksər SCADA tətbiqlərinin vacib hissəsi həyəcan siqnallarının idarə edilməsidir. Sistem həyəcan hadisəsinin nə vaxt baş verdiyini müəyyən etmək üçün müəyyən həyəcan şərtlərinin təmin edilib-edilməsinə nəzarət edir. (Şəkil 16)

Siqnal hadisəsi aşkar edildikdən sonra bir və ya bir neçə tədbir həyata keçirilir (məsələn, bir və ya bir neçə həyəcan göstəricisinin aktivləşdirilməsi və bəlkə də rəhbərlik və ya uzaq SCADA operatorlarının məlumatlandırılması üçün e-poçt və ya mətn mesajlarının yaradılması). Bir çox hallarda, SCADA operatoru həyəcan hadisəsini qəbul etməli ola bilər. Bu, bəzi həyəcan göstəricilərini söndürə bilər, digər göstəricilər isə

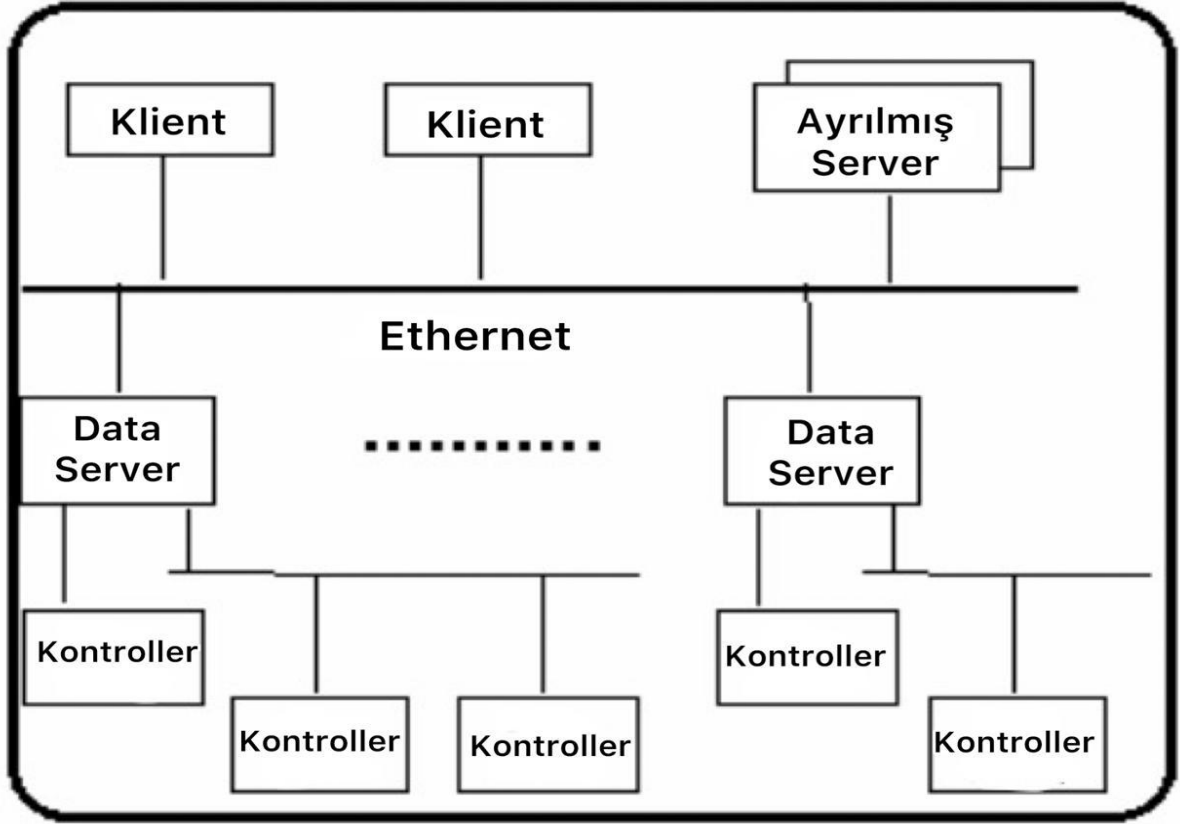


həyəcan vəziyyəti aradan qaldırılana qədər aktiv qalır. Sıqnal şərtləri bunlar ola bilər . Açıq - məsələn, həyəcan nöqtəsi NORMAL və ya ALARM dəyərinə malik rəqəmsal status nöqtəsidir və digər analog və rəqəmsal nöqtələrdəki dəyərlərə əsaslanan formula ilə hesablanır. SCADA sistemi dəyərin olub-olmamasına avtomatik nəzarət edə bilər. Analog nöqtədə həmin nöqtə ilə əlaqəli yüksək və aşağı hədd dəyərlərindən kənarında yerləşir. Sıqnal göstəricilərinə misal olaraq düymə, ekrandakı pop-up qutusu və ya ekranda rəngli və ya yanib-sönən sahə (bu, avtomobildəki "yanacaq çəni boş" işığına bənzər şəkildə hərəkət edə bilər). Hər bir halda sıqnal göstəricisinin rolu müvafiq tədbir görülməsi üçün operatorun diqqətini sistemin "həyəcanlı" hissəsinə cəlb etməkdir. SCADA sistemlərinin layihələndirilməsində qısa müddət ərzində baş verən həyəcan hadisələri kaskadının öhdəsindən gəlmək üçün diqqətli olmaq lazımdır, əks halda əsas səbəb (anlaşılan ən erkən hadisə olmaya bilər) səs-küydə itə bilər. Təəssüf ki, bir isim kimi istifadə edildikdə, 'həyəcan' sözü sənayedə kifayət qədər sərbəst şəkildə istifadə olunur. Beləliklə, kontekstdən asılı olaraq bu, həyəcan nöqtəsi, həyəcan göstəricisi və ya həyəcan hadisəsi mənasını verə bilər.

### 5.1.3 SCADA arxitekturası

#### Hardware Architecture

SCADA sisteminin əsas hardware hissələri iki əsas təbəqəyə bölünür: "müşəri təbəqəsi", insan-maşın interaksiyasına xidmət edir və "məlumat server təbəqəsi", əsasən proses məlumat nəzarət fəaliyyətlərini idarə edir. Məlumat serverləri proses nəzarətçiləri vasitəsilə sahə cihazları ilə əlaqə qururlar. Proses nəzarətçiləri, məsələn, PLC-lər, məlumat serverlərinə ya doğrudan, ya da Siemens H1 kimi patentləşmiş, ya da Profibus kimi patentləşməmiş şəbəkələr və ya sahə avtobusları vasitəsilə bağlanır. Məlumat serverləri bir-birilə və müşəri stansiyalarına Ethernet LAN vasitəsilə qoşulur. Şəkil 17. tipik hardware arxitekturu göstərir.

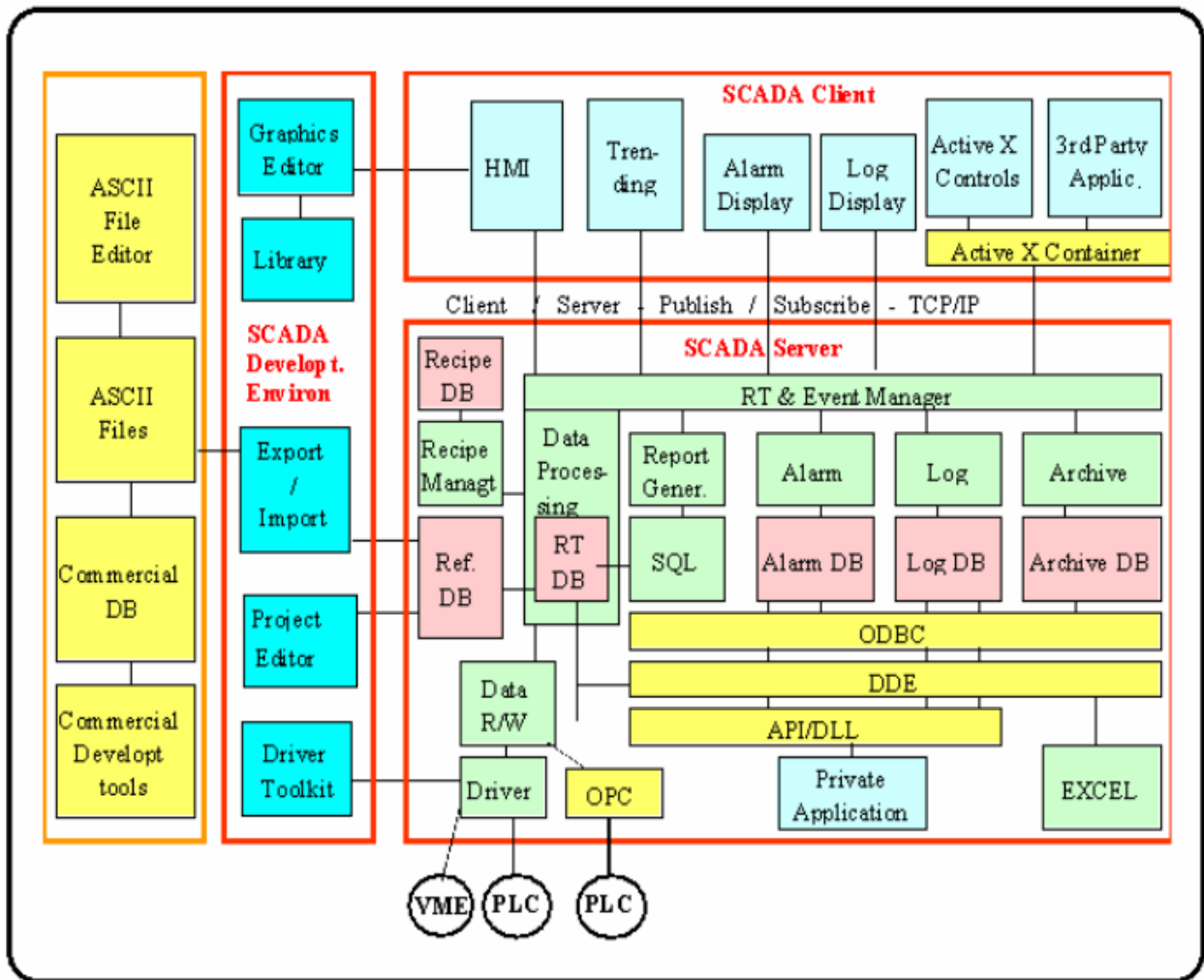


Şəkil 17. Tipik Hardware Arxitekturası

### Software Architecture

SCADA məhsulları müxtəlif vəzifələri yerinə yetirə bilən və bir və ya daha çox serverdə yerləşən real-vaxt verilənlər bazası (RTDB) əsasında qurulmuşdur. Serverlər, məlumat əldə etmə və idarəetmədə (nəzarətçiləri sorğulama, xəbərdarlıq yoxlama, hesablama, qeydləmə və arxivləmə kimi) məsuliyyətdədirlər, ümumiyyətlə onlara bağlı olan parametrlər üzərində nəzarət edirlər.

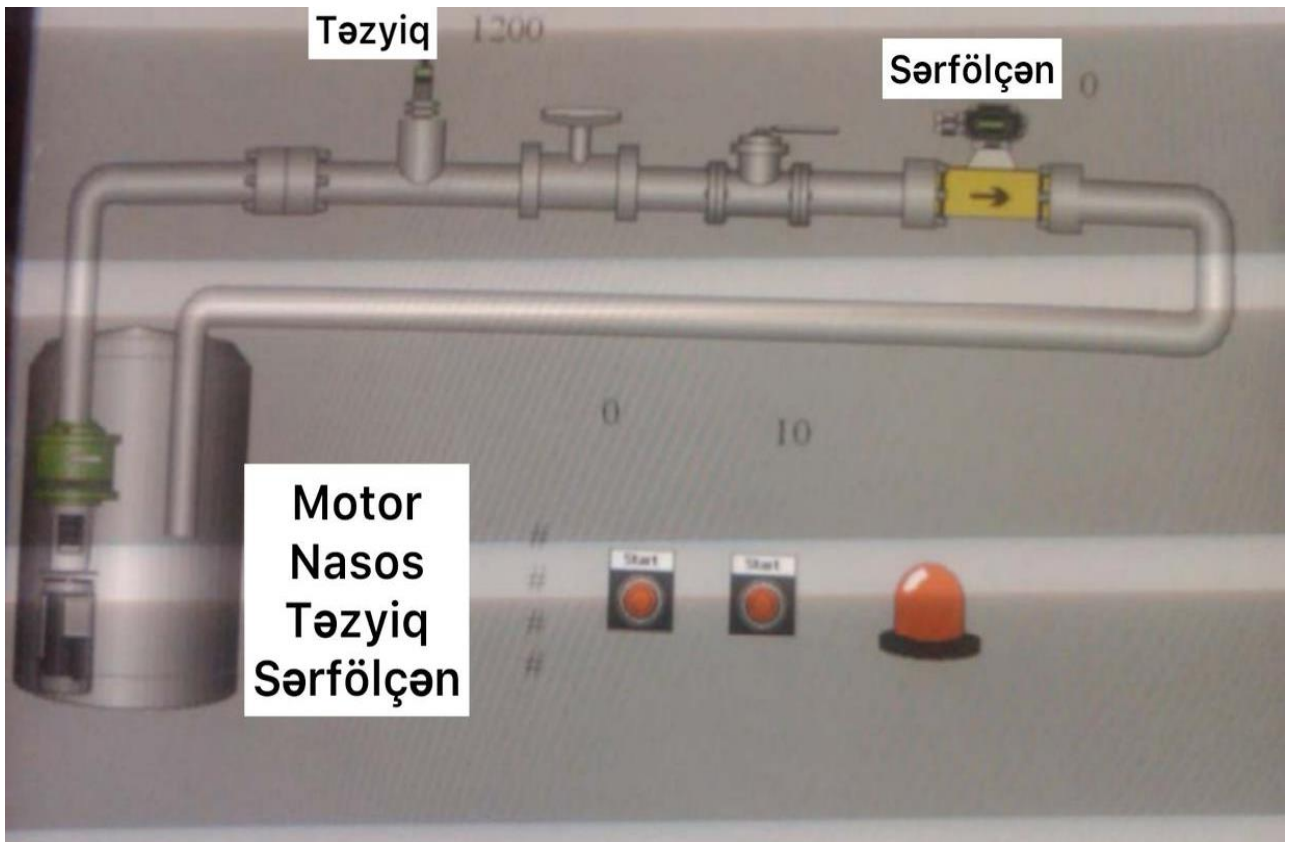
Bununla birlikdə, müəyyən vəzifələr üçün məxsus serverlər (məsələn, tarixçi, məlumat qeydləyicisi, xəbərdarlıq əmələ gətirici) də olabilir. Şəkil 18-də məhsul üçün ümumi olan bir SCADA sturkturu göstərir.



Şəkil 18. Ümumi Proqram Arxitekturası

### 5.1.3.1 Məlumatların alınması

Bəzi sensorlar sadə hadisələri ölçür, ki bunlar düz on/off açarı ilə müşahidə oluna bilər, buna diskret giriş (və ya rəqəmsal giriş) deyilir. Məsələn, bizim cihazın istehsalçısının sadə modelində, işığı yandıran açar diskret giriş olardı. Həqiqi həyatda, diskret girişlər, avadanlığın işləyir və ya sönməsi kimi sadə hal üçün və ya kritik bir tezisdə gücün kənara çıxması kimi görünən alarmlar kimi sadə vəziyyətləri ölçmək üçün istifadə olunur.



Şəkil 19. Çənin vizual görünüşü

Bəzi sensorlar daha mürəkkəb vəziyyətləri ölçür ki, bu mənbə ölçüsünün doğru olması vacibdir. Bu analoq sensorlar elə sensorlardır ki, bunlar bir gərginlik və ya hazırkı girişdə davamlı dəyişiklikləri aşkar edə bilirlər. Analoq sensorlar, görünən tanklardakı maye səviyyələri, batareyalardakı gərginlik səviyyələri, temperatur və digər dəyişənləri nəzarət etmək üçün istifadə olunur ki, bunlar davamlı bir giriş aralığında ölçülə bilər. (Şəkil 19)

Əksər analoq dəyişənlər üçün, alt və üst səviyyə təyin edilmiş normal bir aralıq mövcuddur. Məsələn, server otağında temperaturun 60 və 85 Farenheit dərəcəsi arasında qalmasını istənilə bilər. Temperatur bu aralığın yuxarı və aşağı sərhədindən kənar getdikdə, bir alarmı göstərəcəkdir. Daha mürəkkəb sistemlərdə, analoq sensorlar üçün dörd signal alarmı müəyyənləşdirilir ki, bunlar Əsas Alt, Kiçik Alt, Kiçik Üst və Əsas Üst alarmlarını müəyyənləşdirir.

### 5.1.3.2 Məlumat kommunikasiyası

Bizim cihazın istehsalçısının sadə modelində, "şəbəkə" sadəcə açarın panel işığına çatdıran tellərdən ibarətdir. Həqiqi həyatda bir mərkəzi idarəolunan birdən çox sistemləri izləmək üçün sensorlardan toplanan bütün məlumatları nəql etmək üçün bir kommunikasiya şəbəkəsinə ehtiyac var.

Əvvəlki SCADA şəbəkələri radio, modem və ya məhdud serial xətlər vasitəsilə əlaqə qururdu. Hazırda isə SCADA məlumatlarını Ethernet və SONET üzərində IP-ə qoymağın meyilləri var. Təhlükəsizlik səbəblərilə, SCADA məlumatları hassas məlumatları açıq İnternetə çıxmadan bağlı LAN/WAN-larda saxlanılmalıdır.

Həqiqi SCADA sistemləri sadəcə elektrik siqnalları ilə əlaqələnmişdir. SCADA məlumatları protokol formatında şifrələnir. Əvvəlki SCADA sistemləri, məhdud patentləşmiş protokollara əsaslanırdı, amma hazırda meyil açıq, standart protokollar və protokol mediasiya istiqamətindədir.

Sensorlar və nəzarət releləri özbaşına protokol kommunikasiyası yarada bilməyəcək qədər sadə elektrik cihazlardır. Beləliklə, sensorlar və SCADA şəbəkəsi arasında bir interfeys təmin etmək üçün uzaq telemetriya vahidi (RTU) tələb olunur. RTU sensor girişlərini protokol formatına şifrələyir və onları SCADA masterinə yönləndirir. Növbəti dəfədə RTU protokol formatında nəzarət əmrini masterdən alır və uyğun nəzarət relelərinə elektrik siqnallarını ötürür.

### 5.1.3.3 Məlumatın təqdimatı

Bizim model SCADA sistemində yalnız açarı aktivləşdirildikdə yanacaq işıq kimi bir göstərici element var. Bu açıq-aydın bir şəkildə minlərlə ayrı işığın işildamasını izləmək mümkün deyil və bir işıq panelini sadəcə izləmək üçündür.

Həqiqi bir SCADA sistemində, insan operatorlara master stansiya, bir HMI (İnsan-Maşın İnterfeysi) və ya bir HCI (İnsan-Kompüter İnterfeysi) adı verilən xüsusi bir kompüter vasitəsilə hesabat verilir.

SCADA master stansiyası bir neçə fərqli funksiyaya malikdir. Master daimi olaraq bütün sensorları izləyir və operatora "alarm" olduğunda xəbərdarlıq edir yəni bir nəzarət faktoru müəyyən olunmuş normal işləmənin xaricində işləyəndə xəbərdar edir. Master idarə olunan sistem üçün ətraflı bir baxış təqdim edir və istifadəçi tələblərinə cavab olaraq daha ətraflı məlumatlar təqdim edir. Master həmçinin sensorlardan toplanan məlumatlarda məlumat emalı həyata keçirir - o, hesabat qeydlərini saxlayır və tarixi qeyd edir.

## **6.1 SCADA sisteminin tətbiqi**

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sisteminin tətbiqi üçün tələb olunan bəzi əsas mənbələr, donanım və yazılım tələbləri ilə bağlıdır. Bu bölmədə, SCADA sisteminin donanım və yazılım tələbləri haqqında ətraflı məlumat veriləcəkdir.

### **6.1.1 Təchizat və Qeydiyyat Tələbləri**

Təchizat Tələbləri:

Server və İşləyici Komponentlər - SCADA sistemi üçün serverlər və işləyici komponentlər tələb olunur. Serverlər, məlumatların toplanması, işlənməsi və depolanması üçün istifadə olunur, işləyici komponentlər isə monitoring və kontrol funksiyonları üçün istifadə olunur.

Kommunikasiya İnfrastrukturunu - SCADA sistemi, sensorlar, kontroller və digər cihazlarla kommunikasiya qurmaq üçün effektiv bir şəbəkə infrastrukturuna ehtiyac duyur. Bu, Ethernet, Wi-Fi, GSM və ya digər kommunikasiya protokolları ilə təmin edilə bilər.

Sensorlar və Kontroller - Proseslərin fəaliyyətini nəzarət etmək üçün sensorlar və kontroller tələb olunur. Bu sensorlar, sıxlıq, temperatur, təzyiq, axın, voltaj kimi məlumatları toplamaq üçün istifadə olunur.



Şəkil 20. Supervayzer görünüşü

İT Təhlükəsizlik Tədbirləri - SCADA sistemi, məlumatların təhlükəsizliyini təmin etmək üçün uyğun IT təhlükəsizlik tədbirləri ilə təchiz olunmalıdır. Bu, məlumatların şifrələnməsi, giriş nəzarəti və sistem monitorinqi kimi tədbirləri əhatə edir. (Şəkil 20)

**Qeydiyyat Tələbləri:**

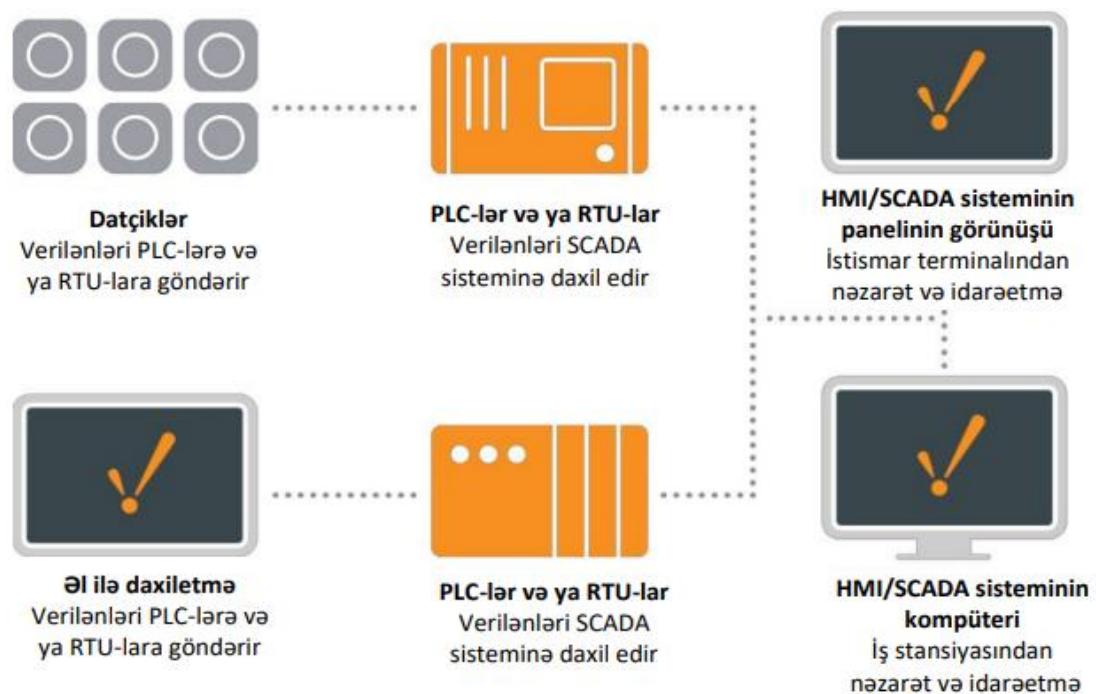
SCADA İdarəetmə Tətbiqi - SCADA sistemləri üçün xüsusi idarəetmə tətbiqi tələb olunur. Bu tətbiq, məlumatların toplanması, monitorinqi, analizi, hesabatlaşdırılması və nəzarəti üçün tələb olunan funksionallıqları təmin etməlidir.

Verilənlər Analiz Tətbiqi - Məlumatların analizi və hesabatlaşdırılması üçün xüsusi verilənlər analiz tətbiqi tələb olunur. Bu tətbiq toplanan məlumatları təhlil etmək, statistik analizlər aparılması və effektivliyi qiymətləndirmək üçün lazımlı alətləri təmin etməlidir.

Kommunikasiya Protokolları - SCADA sistemi, müxtəlif cihazlar və sistemlərlə kommunikasiya qurmaq üçün müxtəlif kommunikasiya protokollarını dəstəkləməlidir. Bu, MODBUS, DNP3, OPC və ya digər standart protokolları əhatə edə bilər.

SCADA sisteminin tətbiqi üçün bu təchizat və qeydiyyat tələbləri, sistemdə effektiv və səmərəli bir nəzarət və monitoring prosesinin təmin edilməsinə kömək edir. Bu tələblərə uyğun şəkildə cavab vermək, sistemin düzgün şəkildə fəaliyyət göstərməsinə və proseslərin effektiv idarə olunmasına kömək edir.

SCADA sisteminin tətbiqi üçün tələb olunan təchizat və qeydiyyat tələbləri, sistemin effektiv və səmərəli fəaliyyət göstərməsini və proseslərin doğru şəkildə nəzarət olunmasını təmin edir. Bu tələblərə uyğun şəkildə cavab vermək, sistemdə qərarlılığı, təhlükəsizliyi və effektivliyi artırır. (Şəkil 21)



Şəkil 21. SCADA sistemində məlumatların düzgünlüyü



İdarəetmə tətbiqinin və kommunikasiya protokollarının uyğun şəkildə təchiz edilməsi proseslərin effektiv nəzarət olunmasına imkan verir. Bu, məlumatların düzgün şəkildə toplanması, monitorinqi, analizi və nəzarəti üçün vacibdir. Əlavə olaraq, təhlükəsizlik tədbirlərinin yerinə yetirilməsi də kritikdir, çünki SCADA sistemləri dərhal hər sahədə kritik infrastrukturları nəzarət etmək üçün istifadə olunur.

Tətbiq prosesi zamanı, SCADA sistemlərinin təchizat və qeydiyyat tələblərinin düzgün şəkildə dəyərləndirilməsi və quraşdırılması mühüm rol oynayır. Düzgün qurulmuş və tənzimlənmiş bir SCADA sistemi, proseslərin effektiv nəzarət olunması, təhlükəsizliyin təmin edilməsi və operativ reaksiyanın artırılması üçün əhəmiyyətli bir alət olaraq fəaliyyət göstərir.

Növbəti bölmələrdə, SCADA sistemlərinin faydaları və çətinlikləri, uyğun məsələlər, standartlar, uğurlu layihələr və müasir tədqiqatlar haqqında daha ətraflı məlumatlar veriləcəkdir. Bu məlumatlar, SCADA sistemlərinin istifadəsinin günlük tətbiqini və inkişafını daha yaxından anlamağa kömək edəcəkdir.

### **6.1.2 Kommunikasiya Tələbləri**

SCADA sistemi, müxtəlif cihazlar və sistemlərlə kommunikasiya qurmaq üçün güclü və etibarlı bir şəbəkə infrastrukturuna ehtiyac duyur. İşlək olan sensorlardan alınan məlumatların, kontrollerin verdiyi əmrlərin və digər uyğun məlumatların serverlərə və işləyicilərə çatdırılması və əks etdirilməsi üçün effektiv bir kommunikasiya təmin edilməlidir. Aşağıda SCADA sistemi üçün əhəmiyyətli kommunikasiya tələbləri sıralanmışdır:

Şəbəkə Təhlükəsizliyi - SCADA sistemləri, işləyicilər arasında məlumatın təhlükəsizliyini təmin etmək üçün güclü şəbəkə təhlükəsizliyi tədbirlərinə ehtiyac duyur. Bu, məlumatların şifrələnməsi, güvənli giriş nəzarəti, faylların şifrələnməsi və digər təhlükəsizlik prosedurlarını əhatə edir.

Protokolların Dəstəklənməsi - SCADA sistemləri, müxtəlif cihazlar və sistemlərlə kommunikasiya qurmaq üçün müxtəlif kommunikasiya protokollarını dəstəkləməlidir. Bu, MODBUS, DNP3, OPC, BACnet və ya digər standart və sənaye spesifik protokolları əhatə edir.

Uzun Məsafəli Kommunikasiya - SCADA sistemləri, uzun məsafələrə effektiv şəkildə məlumat göndərə biləcək kommunikasiya təmin etməlidir. Bu, müxtəlif kommunikasiya texnologiyalarını, məsələn, Wi-Fi, GSM, GPRS, VSAT və s. daxil edir.

Yüksək Təhlükəsizlik Standartları - Əhəmiyyətli olan təhlükəsizlik standartları, məlumatların göndərilməsi və qəbul edilməsi zamanı tətbiq olunmalıdır. Bu, məlumatların şifrələnməsi, autentifikasiya, və sistemlərin möhkəmləndirilməsi tədbirlərini əhatə edir.

SCADA sistemi üçün əhəmiyyətli olan kommunikasiya tələbləri, sistemin effektiv və səmərəli fəaliyyətini təmin edir. Müvafiq şəbəkə infrastrukturunu və təhlükəsizlik tədbirlərinin olması, məlumatların doğru şəkildə ötürülməsini, nəzarət olunmasını və proseslərin effektiv idarə olunmasını təmin edir. Bu, SCADA sisteminin tətbiqinin uğurlu və işə yarar olmasını sağlayır.

SCADA sistemlərinin tətbiqi üçün tələb olunan kommunikasiya tələbləri, məlumatların effektiv şəkildə toplanması, işlənməsi, nəzarət olunması və monitorinqinə imkan verir. Bu tələblər, müxtəlif kommunikasiya protokollarının dəstəklənməsi, şəbəkə təhlükəsizliyi, uzun məsafəli kommunikasiya imkanlarının təmin edilməsi və yüksək təhlükəsizlik standartlarının yerinə yetirilməsini əhatə edir.

Əgər SCADA sistemləri müxtəlif cihazlar, sensorlar və sistemlərlə effektiv şəkildə kommunikasiya qurmağı bacarmırsa, bu proseslərin nəzarət olunması və monitorinqi vacib məlumatları itirə bilər. Beləliklə, uyğun kommunikasiya təhlükəsizliyi və protokollarının təmin edilməsi, SCADA sistemlərinin fəaliyyətinin təhlükəsiz və səmərəli olmasını təmin edir.

Növbəti bölmələrdə, SCADA sistemlərinin tətbiqi üçün tələb olunan digər aspektlər, tətbiq prosesi, faydaları və çətinlikləri, yenilənmiş məsələlər, standartlar, uğurlu layihələr və müasir tədqiqatlar haqqında ətraflı məlumatlar veriləcəkdir. Bu məlumatlar, SCADA sistemlərinin müxtəlif sahələrdə necə effektiv şəkildə istifadə olunduğunu və inkişaf etdiyini daha yaxından anlamağa kömək edəcəkdir.

### 6.1.3 SCADA Protokolları

Bir SCADA sistemi içində, RTU nəzarət nöqtələrini işlətmək üçün əmrləri qəbul edir, analog çıxış səviyyələrini təyin edir və sorğulara cavab verir. O, status, analog və cəmlənmiş məlumatları SCADA master stansiyasına təqdim edir. Göndərilən məlumatlar təyin olunmuş ünvanlandırma xaricində heç bir modada təyin olunmur. Ünvanlandırma SCADA master stansiyasının verilənlər bazası ilə uyğunlaşdırılması üçün hazırlanmışdır. RTU, həqiqi dünyada hansı unikal parametrlərin izləndiyini bilmir. O sadəcə bəzi nöqtələri izləyir və məlumatı yerli ünvanlandırma şemasında saxlayır. SCADA master stansiyası, sistemin bir hissəsidir ki, RTU nömrəli 27-nin birinci status nöqtəsinin müəyyən bir yanacaq nöqtəsinin statusu olduğunu "bilməlidir". Bu, indiki istifadə olunan utilitar sənayədəki əsas SCADA sistemləri və protokollarını təmsil edir.

Hər bir protokol iki mesaj cərgəsindən və ya cütlüyündən ibarətdir. Bir cərgə master protokolu olaraq təşkil olunan, master stansiyası başlatma və ya cavab üçün etibarlı ifadələri daxil edir və digər cərgə RTU protokolu olaraq təşkil olunan, RTU-nun başlaya biləcəyi və cavab verə biləcəyi etibarlı ifadələri daxil edir. Əksər hallarda, lakin bütün hallarda, bu cütlər məlumat və ya əməliyyat üçün sorğu və ya tələb və təsdiqləyici cavab kimi nəzərdə tutula bilər.

Master və RTU arasında olan SCADA protokolu RTU-nun İntellektual Elektron Cihaz (IED) kommunikasiyası üçün effektiv bir model təşkil edir. Hal-hazırda sənayədə bir neçə fərqli protokol istifadə olunur. Ən populyar olanlar Beynəlxalq Elektrotehniki

Komissiyası (IEC) 60870-5 seriyası, xüsusilə də IEC 60870-5-101 (ən çox 101 kimi tanınan) və Dağılmış Şəbəkə Protokolu versiyası 3 (DNP3) -dür.

### **6.1.3.1 IEC 60870-5-101**

IEC 60870-5 bir neçə rəmsiz formatını və müxtəlif səviyyələrdə təmin edilə biləcək xidmətləri təyin edir. IEC 60870-5, effektiv şəkildə RTU-lar, metrlər, relələr və digər İntellektual Elektron Cihazlar (IED-lər) daxilində tətbiqinə üçlü məhsuldarlıq strukturu (EPA) referans modelinə əsaslanır. Həmçinin, IEC 60870-5, OSI tətbiqat mərtəbəsi ilə tətbiqat proqramı arasında yerləşən istifadəçi mərtəbəsi üçün əsas tətbiq funksionallığını təyin edir. Bu istifadəçi mərtəbəsi, saat sinxronizasiyası və fayl köçürmə kimi funksiyalar üçün uyğunluq əlavə edir. Aşağıdakı təsvirlər, baza IEC 60870-5 telekontrolu nəql protokolu təyinat dövründəki beş sənədin əsas sahəsini təmin edir.

### **6.1.3.2 DNP3**

Protokollar cihazların bir-birilə danışdığı qaydaları təyin edir və DNP3, nöqtə A-dan nöqtə B-ə məlumatların serial kommunikasiya vasitəsilə ötürülməsi üçün bir protokoldur. Əsasən elektrik şirkətləri kimi utilitarlar tərəfindən istifadə edilmişdir, amma digər sahələrdə də uyğun şəkildə işləyir.

DNP3 xüsusilə SCADA RTU-ları ilə əlaqəli cihazlar arasında kommunikasiya üçün inkişaf etdirilmişdir və həm RTU-dan-IED-ə, həm də master-dan-RTU/IED-ə təmin edir. Bu, elektrik utilitelerinin bir sıra digər istifadəçilərin əlavə tələblərini qarşılamaq üçün IEC 60870-5 standartlarında yer alan üçlü məhsuldarlıq strukturu (EPA) modelinə əsaslanır və onun tələblərini qarşılamaq üçün bəzi dəyişikliklər edir.

DNP3 aşağıdakı məqsədlərlə inkişaf etdirilmişdir:

Yüksək məlumat dəqiqliyi - DNP3 məlumat linki səviyyəsi, IEC 60870-5-1 (1990-02) rəmsiz formatı FT3-ün bir variantını istifadə edir. Həm məlumat linki səviyyəsi

rəmzləri, həm də tətbiq səviyyəsi mesajları təsdiqlənmiş xidmət istifadə edərək ötürülə bilər.

Daxili struktur - DNP3 tətbiq səviyyəsi obyektə əsaslanır və müxtəlif implementasiyaları imkanlandıran bir struktura malikdir, ancaq uyğunluğu qoruyur.

Bir neçə tətbiq strukturu - DNP3 bəzi rejimlərdə istifadə oluna bilər, buna daxil olmaqla:

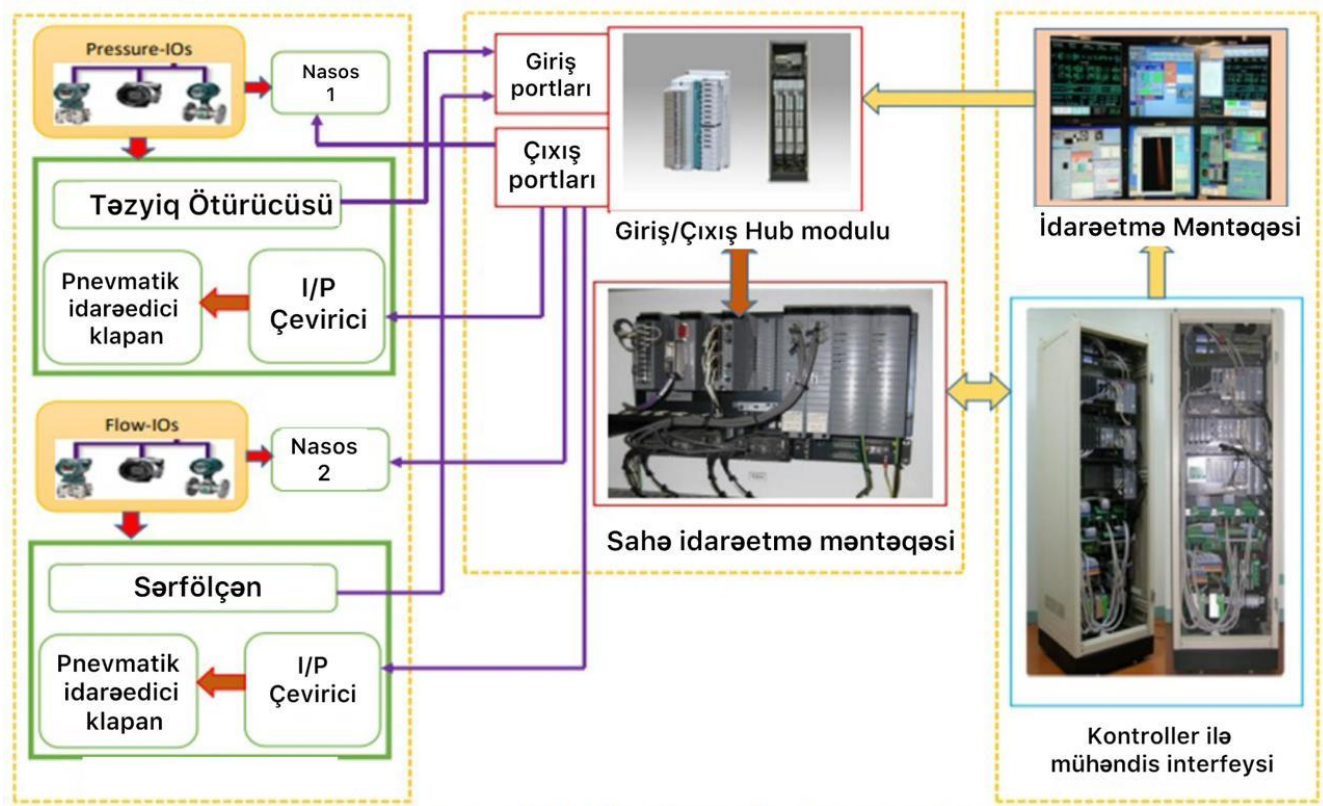
- Yalnız poll olunmuş
- Poll edilmiş xəbərdarlıq ilə hesabat
- Həddi-əlavə xəbərdarlıq ilə hesabat
- 1-ci ilə 3-cü rejimlərin qarışığı

#### **6.1.4 SCADA sisteminin tətbiqi prosesi**

Eksperimental maye daşınma sistemi nasos qurğusu, təxminən 15 metr uzunluğunda 1 düym diametrlili ötürücü borular və mayenin borularla daşınması zamanı düşməni – itkini kompensasiya etmək üçün quraşdırılmış uyğun idarəetmə valfları ilə müxtəlif fərqli yerlərdə yerləşən vahid analoq sensorlardan ibarətdir. Laboratoriya miqyaslı tədqiqat quruluşunun fiziki təsnifatlarını göstərən və bütün boruları istiqamət yolları ilə birlikdə nəzarətləri olan avadanlıqların faktlarını nümayiş etdirən yerli intellektli blok diaqramı Şəkil 22-də göstərilmişdir.

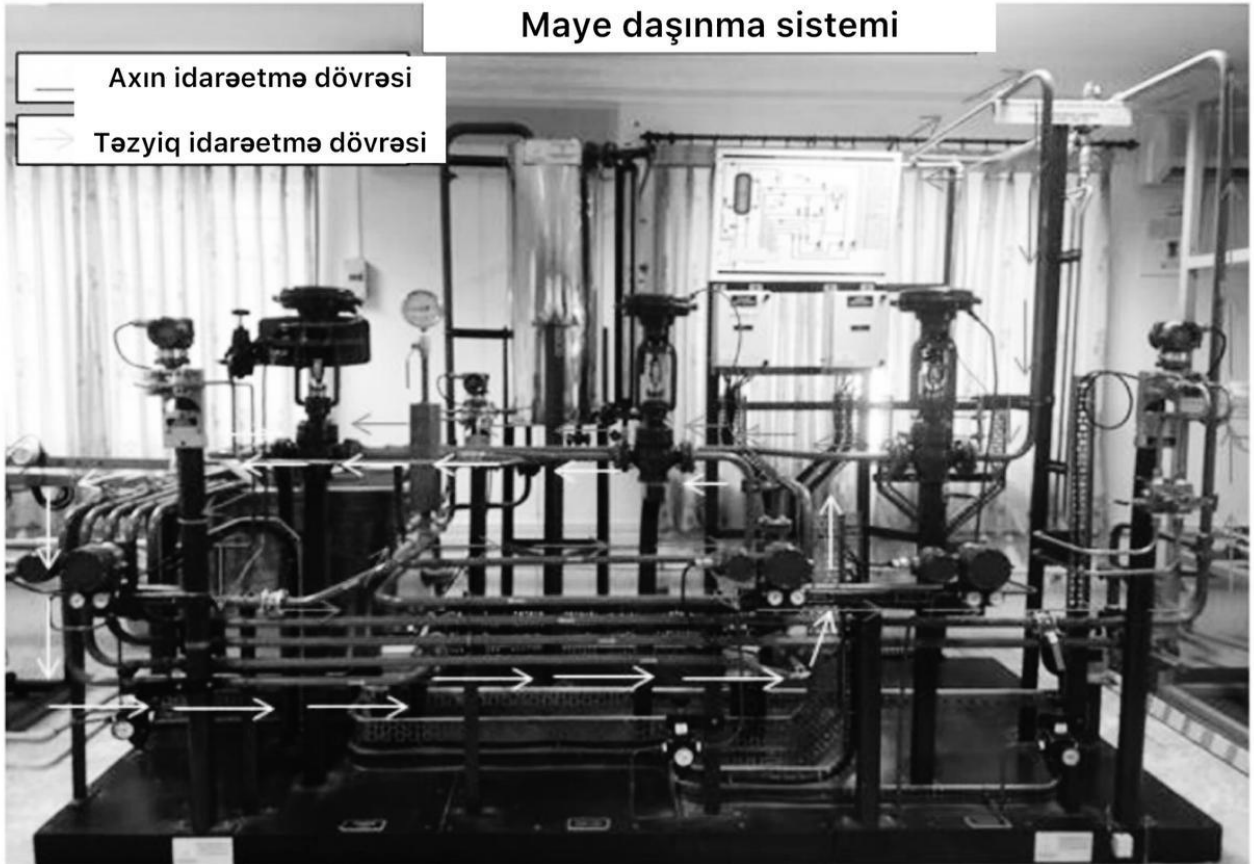
Proses sahəsi, biri elektrik nasosu, 0.1-3 kg/cm<sup>2</sup> (03-15 psi) aralığında olan differensial təzyiq ötürücüsü və təzyiq tənzimləyici klapanı ehtiva edən bölmə, digəri isə 0-1800 lph aralığında olan orifis axın ölçən, nasos və axın tənzimləyici klapanı ehtiva edən iki bölmədən ibarətdir. Proses zavodu işə salındıqda, əvvəlcə rezervuar tankı tutumunun 20%-i qədər dolur və sonra elektrik nasosu tankdan maye çəkmək üçün hərəkətə gətirilir və maye hər bir bölməyə ötürülür. Maye borulardan keçməyə başladığında,

uyğun təzyiq və axın ötürücüsü cari təzyiq və axın sürəti məlumatlarını I/O hub modul stansiyasına göndərir. Daşınma zamanı ötürülən mayenin təzyiqini və axın sürətini tənzimləmək üçün idarəetmə klapanların açılması və bağlanması I/P konvertoru tərəfindən idarə olunur ki, proses tankından boşalana qədər uzun məsafəli daşınma müddətində təyin olunmuş effektiv aralıq limitləri qorunsun. (Şəkil 22-də göstərildiyi kimi). Yerli intellekt, proses sahəsinin parametrlərini high limit vəziyyətinə çatmadan əvvəl tənzimləyəcək və idarə edəcəkdir.



Şəkil 22. Proses Üçün Blok Diaqram

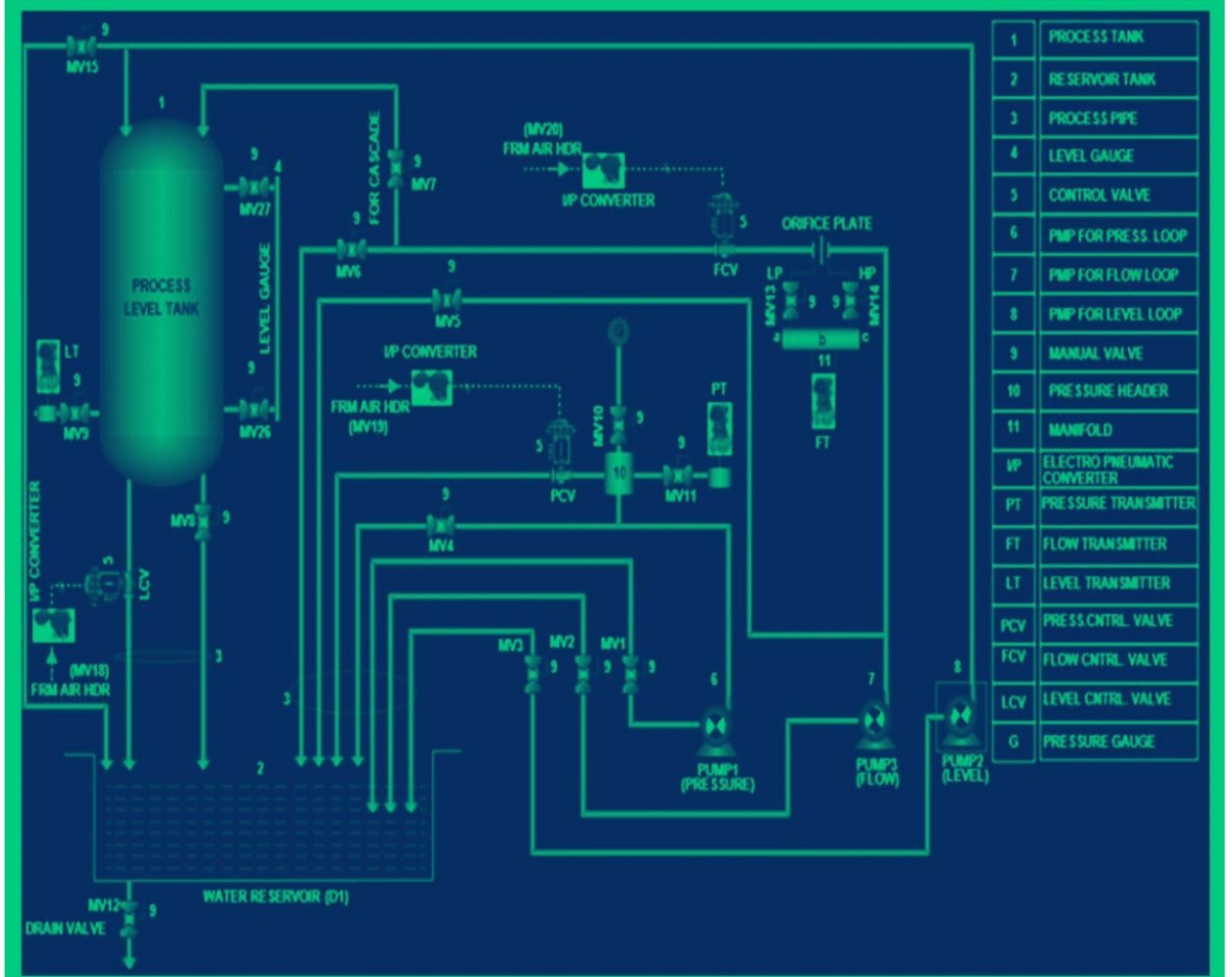
Bu iş, PID nəzarətçisi istifadə edərək yerli intellektin inkişafı və tətbiqi üzərində durduğu üçün dizayn edilmiş yerli intellekt, DCS/SCADA HMI vasitəsilə təzyiq və axın sürətini ayrı bir dövrədə uzaqdan izləyə və idarə edə bilər, hansı ki, mərkəzi serverdən asılı olmayaraq qarşılıqlı ehtiyat konfigurasiyası ilə müstəqil bir stansiya kimi işləyə bilər və müvafiq idarəetmə klapanlarının əməliyyatını tənzimləyərək təzyiq və axın sürətinin arzu olunan iş nöqtələrinə çatmasına imkan verir. (Şəkil 23)



Şəkil 23. Maye daşınma sistemi

#### **6.1.4.1 Yerli intellektual SCADA çərçivəsinin funksional tətbiqi**

PID nəzarətçisi istifadə edərək yerli intellektual SCADA sistemi maye daşınma sisteminin eksperimental quruluşu üçün inkişaf etdirilmişdir və bu axın və təzyiğin uzaqdan nəzarət və idarə olunması ilə məşğul olmaq üçün Şəkil 24-də göstərilmişdir. Bu SCADA, mayenin axın sürəti ilə əlaqədar təzyiq parametrlərinin müstəqil interfeys ekranlarını əhatə edən, Şəkil 23 və 24-də göstərilən kimi, funksional əlavə seçimlər təmin edir. İnkişaf etdirilmiş SCADA sistem mesaj banneri, qrafik görünüşlü qrafiklər və idarəetmə xüsusiyyətləri, trend görünüşü, brauzer çubuğu və ayarlama pəncərəsi kimi daha funksional utilitet seçimləri təklif edir.



Şəkil 24. Tank Səviyyəsində İdarəetmə Blok Sxemi

Sistem Mesaj Göstəricisi Pəncərəsi, alarmin varlığını rənglə və əməliyyat düymələrinin işıqlanması ilə görsəlliklə təsvir edir və mesajın göstəricisi olur. Sistem Mesaj Göstəricisi Pəncərəsi, daima SCADA HMI-nın başlığında göstərilir, beləliklə digər pəncərələr tərəfindən gecikdirilməyəcəkdir. Brauzer çubuğu planlanmış tapşırıqları icra etmək üçün proses və manipulyativ pəncərələri çağırmaq üçün istifadə edilir. Həmçinin, vəziyyətə yönləndirilmiş manipulyativ pəncərələrin və proses hiyerarxik konfigurasiyaların siyahısını ağac kimi şəkildə göstərərək, bütün proses zavodunun asanlıqla işləməsinə imkan verir. Qrafik xüsusiyyətlər görünüş aləti cihazların vəziyyətini



qrafik şəkildə göstərir və xüsusi fəaliyyətə gətirilə və izlənə bilər. İdarəetmə xüsusiyyəti qrafik pəncərəsi, alətli plaqların ətraflı şərh edilməsi ilə funksiya bloku əminliklərini göstərir.

#### 6.1.4.2 Təzyiq və axın nəzəriyyəsi üçün sistem modelləşdirmə

Maye daşınma sisteminin modelləşdirilməsi üçün, açıq dövrə strukturundakı eyni cür maye təzyiqi və axın sürəti dəyişikliklərini əldə etmək məqsədi ilə nəzarət klapanının açılmasını dəyişdirərək keçici cavab qüvvəyini izah edən keçici cavab əyrisi qeydə alınır. Bu açıq dövrə təcrübəsi, nəzarət klapanının açılmasının ümumi açılmanın 10%-i civarında olduğu zaman mayenin təzyiqinin maksimum dərəcədə olduğunu və axının minimum dəyərdə olduğunu və nəzarət klapanının açılmasının 100% -ə çatdığı zaman tam əksinə olduğunu göstərir. (Şəkil 25)



Şəkil 25.Fərdi olaraq SCADA sistemində təzyiq və sərfiyyat dövrəsi

Açıq dövrə testi, nəzarət valfinin faizlərini xəttliliyə ayarlamaqla aparılır. İlk axın sürəti 179 lph və təzyiq 2.2 kg/cm<sup>2</sup> olaraq qəbul edilən təcrübə analizlər axın sürəti və təzyiqin sabit bir vəziyyətə çatdığını göstən qeyri-müərrəd nəticələr qeydə alınaraq aparılır.

Nəzarət klapanın faizləri üzərində açılan açıq dövrə oxumaları, 100% nəzarət klapanı açılması üçün ən son axın sürəti və təzyiqin 1792 lph və 0.22 kg/cm<sup>2</sup> olduğunu ortaya qoyur. İlk növbədə model xüsusiyyətlərinin (proses qazancı  $K_p$  və proses zaman sabiti  $\tau_P$ ) hesablanması üçün nəzarət valfi açılma faizləri üzrə açıq dövrə oxumaları Centum CS 3000 vasitəsilə aparılmışdır.

Əldə olunan məlumatlar Şəkində göstərilir və əldə edilmiş məlumatlar Cədvəl 2-də təqdim olunur. Təzyiq və axın sürəti üçün qiymətləndirilmiş model parametrləri Cədvəl 2-də verilmişdir.

**Cədvəl 2. Açıq dövrə analizləri-Müxtəlif klapan açılmalarında təzyiq və sərfiyyat**

İdarəolunan klapanın açılma faizi (in %)	Sərfiyyat (in lph)	Təzyiq (in Kg/Cm <sup>2</sup> )
10	179	2.20
20	230	1.92
30	373	1.83
40	468	1.71
50	585	1.48
60	757	1.21
70	919	0.91
80	1137	0.55
90	1429	0.36
100	1792	0.22

## 7.1 Bulud Hesablama Texnologiyasının SCADA sistemində tətbiqi

Bulud hesablama texnologiyası idarəetmə məlumat zonalarında çoxsaylı praktiki tətbiqlərə malikdir. Tətbiq ssenarilərinə müştəri xidməti, elektrik enerjisi marketinqi, video nəzarət, əməkdaşlıq ofisi və ERP daxildir. Tətbiq sahələrinə isə ofislər, təmir şirkətləri, enerji stansiyaları, təlim məktəbləri və iş ofisləri daxildir. Bulud hesablama texnologiyasının idarəetmə məlumat zonalarında tətbiqi elektrik enerjisi müəssisələrinin IT resurslarının istifadəsini və əməliyyat və texniki xidmət səmərəliliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırmışdır və bulud hesablama tətbiqinin elektrik enerjisi sənayesində tətbiqi nəticəsində yaxşı iqtisadi və sosial faydalar əldə edilmişdir. Bulud hesablama texnologiyasının istehsal nəzarət zonalarında da müzakirə və tədqiqat aparılır. Elektrik enerjisi sisteminin sosial və iqtisadi istehsal və həyatda son dərəcə əhəmiyyətli olması səbəbindən elektrik enerjisi sisteminin istehsal nəzarət zonalarında bulud hesablama üzrə tədqiqat və təcrübələr konservativ şəkildə aparılır, az sayda tədqiqat nəticələri və tətbiq halları mövcuddur.

Bulud hesablama modellərinin üstünlükləri, potensial risklər qiymətləndirilir və elektrik enerjisi SCADA sistemində populyar bulud hesablama texnologiyalarının mövcudluğu təhlil edilir və bulud hesablama modellərinin elektrik enerjisi SCADA sistemində istifadə edilə biləcəyi hərtərəfli araşdırılır. Bu məqalədə son olaraq elektrik enerjisi SCADA sistemində bulud hesablama modellərinin tətbiqi arxitekturası dörd qat əsasında (infrastruktur qatı, resurs idarəetmə qatı, bulud xidmət qatı və tətbiq qatı daxil olmaqla) və altı tətbiq (modellər, məlumat, axtarış, planlama, hesablama və qarşılıqlı ehtiyat) üzərində təsvir edilir.

Yuxarıdakı analizə əsasən, bulud hesablama texnologiyalarının yeni nəsil elektrik enerjisi SCADA tətbiqat sistemləri üçün Ağıllı Şəbəkənin yeni inkişaf istiqaməti olacaq. Lakin mövcud ənənəvi elektrik enerjisi SCADA sistemləri hələ də elektrik enerjisi paylayıcı bazarında geniş bir paya malikdir. Yuxarıda qeyd olunan problemlər davam edəcək və bulud hesablama texnologiyası əsasında yeni nəsil Ağıllı Şəbəkə paylayan

tətbiqat sistemləri hələ də araşdırma, tədqiq və inkişafın ilk mərhələsindədir. SCADA sistemində mövcud problemləri həll etmək və bulud hesablama paylayan və monitoring sisteminin dəqiq tətbiqindən əvvəl mövcud elektrik enerjisi SCADA sistemində sual keçiricisiz keçid və inkişafını təmin etmək üçün bulud hesablama texnologiyalarından istifadə etmək çox mənalı və dəyərlidir.

Eksperimental çalışmanın ümumi fikri ənənəvi elektrik enerjisi SCADA sistemlərinin bulud hesablama platformalarında fəaliyyət testlərini başa çatdırmaq və elektrik enerjisi SCADA sistemlərinin əsas tətbiq modullarını bulud hesablama platformalarında birləşdirərək onların uyğunluğunu, etibarlılığını, təhlükəsizliyini və real vaxtı doğrulamaqdır.

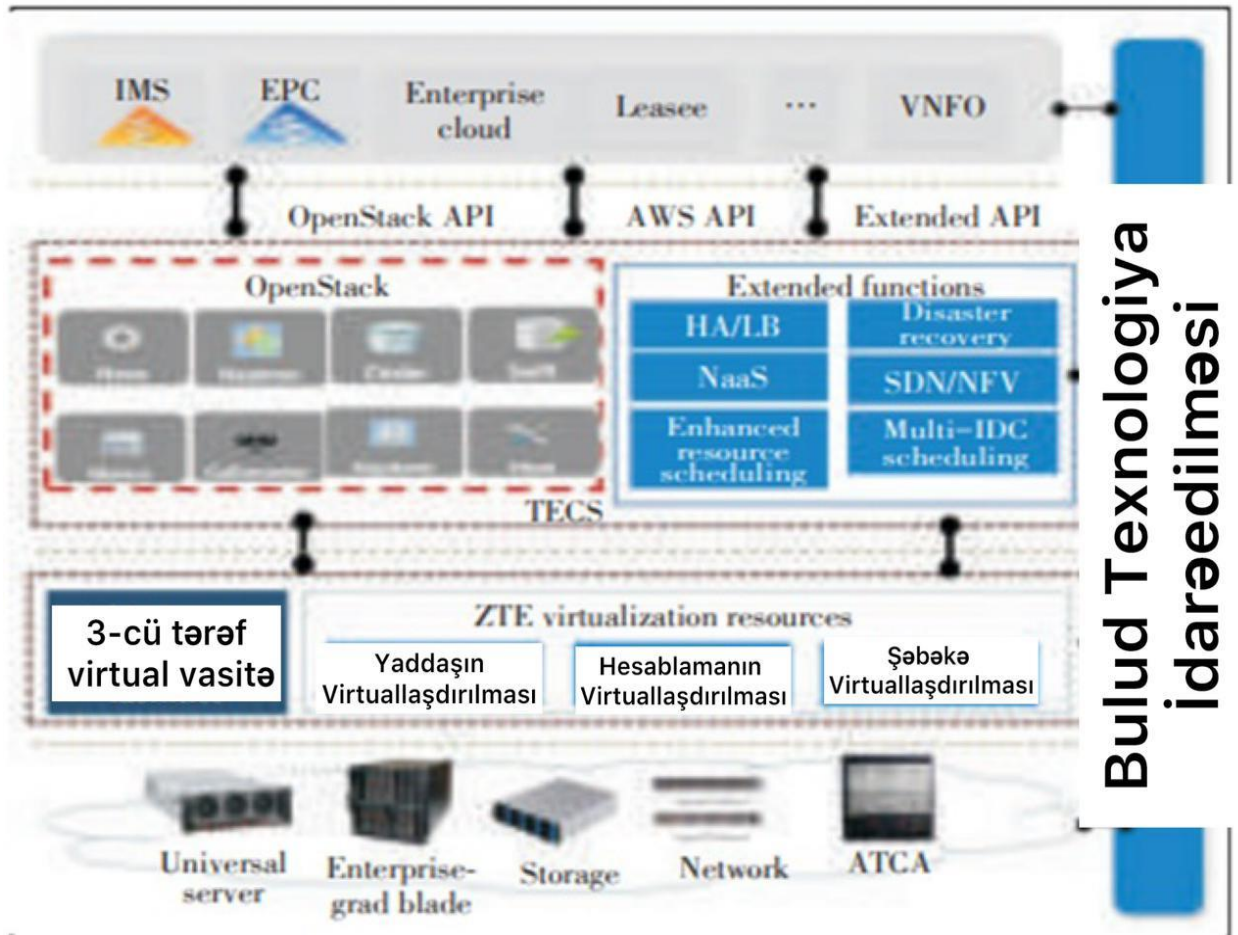
Bu çalışmanın əsas məqsədləri ənənəvi SCADA sistemlərini və bulud hesablama platformalarını birləşdirmək üçün həll yollarının dizayn və inkişafı, həmçinin ənənəvi elektrik enerjisi SCADA xidmətlərinin bulud hesablama platformalarında sınaq və təsdiq edilməsidir. Bu çalışma bulud hesablama platformaları və ənənəvi elektrik enerjisi SCADA sistemlərinin birləşdirilməsinin uyğunluğunu, etibarlılığını, təhlükəsizliyini və real vaxtını qiymətləndirir, elektrik enerjisi SCADA sistemlərinin bulud hesablama platformalarına dəyişiklənmiş tələblərini tam şəkildə başa düşür və bulud hesablama memarlığı əsasında elektrik enerjisi SCADA sistemlərinin inkişaf istiqamətini təklif edir.

### **7.1.1 Eksperimental Tədqiqatın Ümumi Həlli**

OpenStack bulud idarəetmə platformasına əsaslanan bu platforma şəbəkə funksiyası virtualizasiya (ŞFV) arxitekturasını inteqrasiya edir, performans və yüksək mövcudluq üçün dəstəyi artırır və həm IT, həm də bulud hesablama tələblərinə cavab verən inteqrasiya edilmiş İKT bulud idarəetmə platformasıdır.

Şəkil 26-da platformanın sistem arxitekturasını göstərir. Bu platformanın əsas xüsusiyyətləri bunlardır:

- 1) Açıqdır - açıq və birləşdirilmiş resurs idarəetməsi
- 2) Yüksək performans - yüksək performanslı virtualizasiya üçün ŞFV tələblərinə cavab verən virtual hesablama performansının optimallaşdırılması
- 3) Yüksək etibarlılıq - virtual maşınların canlı miqrasiyası, gözətçi, istisna bərpası, uzaqdan yenidən başlatma və nəzarət qovşağı klaster funksiyaları
- 4) Yüksək istifadə oluna bilərlik - avtomatik yeniləmə yerləşdirilməsi, real vaxt alarmı və performans statistikaları.



Şəkil 26. Bulud texnologiyasının sistem arxitekturası

API - application program interface - tətbiqi proqram interfeysi

EPC - evolved packed core - inkişaf etmiş paketlənmiş nüvə

IMS - IP Multimedia Subsystem - IP Multimedia Alt Sistemi

NaaS - network as a service - xidməti şəbəkə

NFV - network function virtualization - şəbəkə funksiyasının virtuallaşdırılması

SDN - software-defined network - proqram təminatı ilə müəyyən edilmiş şəbəkə

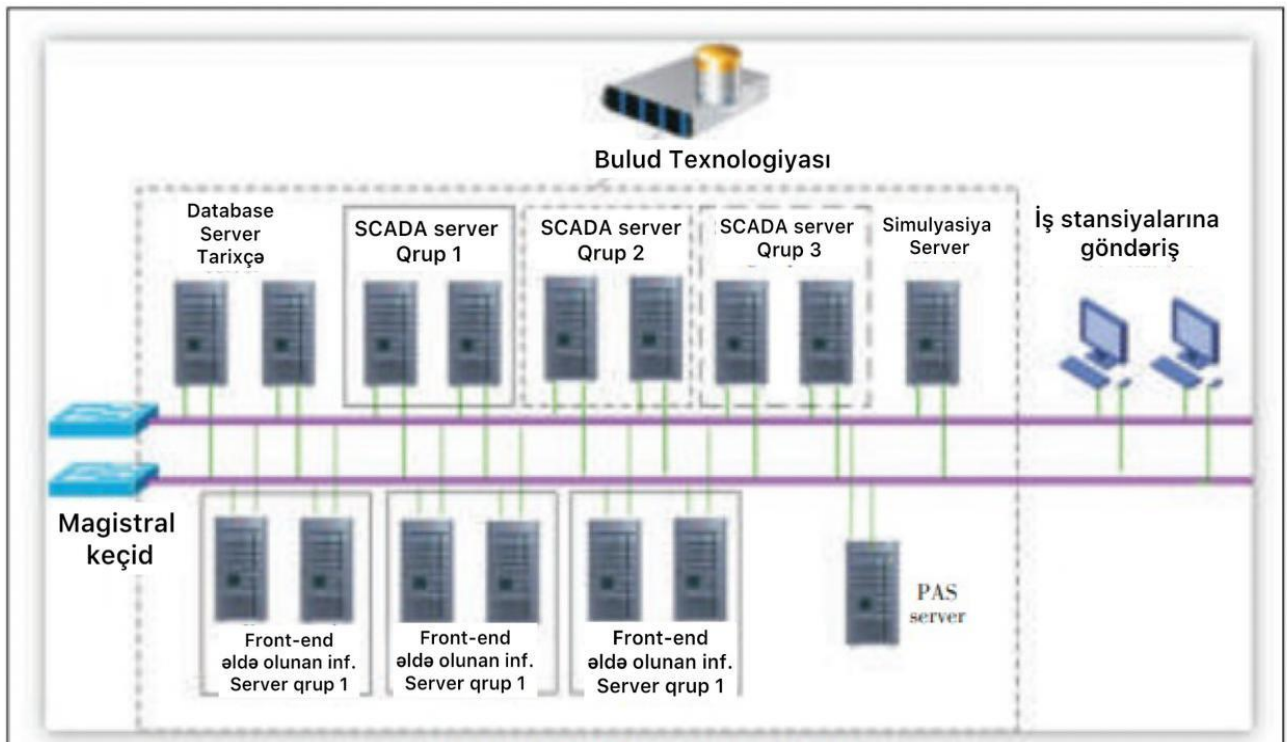
VNFO - network functions virtualization - şəbəkə funksiyalarının virtuallaşdırılması

Bu, ən son kompüter rabitə texnologiyası, məlumat bazası texnologiyası, obyekt yönümlü texnologiya, komponent texnologiyası, internet texnologiyası və dinamik server texnologiyasını istifadə edərək və CORBA vasitə proqram spesifikasiyalarına, IEC61970 CIM/CIS, IEC61968, IEC61850 və beynəlxalq SO.A standartlarına uyğun olaraq inkişaf etdirilən yeni nəsil elektrik enerjisi SCADA sistemidir.

SO.A və zəif bağlı UI dizaynını istifadə edərək, DF-8000 sistemi elektrik enerjisi sistemində dispetçer məlumatlarının artan inteqrasiyası trendinə uyğun olaraq, bütün sistemin vahid əməliyyat, monitoring, idarəetmə və texniki xidmətini təmin edir. DF8000 sistemi beynəlxalq və yerli bazarlarda yüksək qiymətləndirilmişdir və sənayedə təsirli bir mövqə əldə etmişdir.

Sistem testləri üçün tələb olunan hesablama, saxlama və şəbəkə resursları bulud hesablama platformasındakı resurs sistemi ilə təmin edilir və bunun əsasında DF8000 sistemi inteqrasiya edilir.

Şəkil 27-də DF8000 sisteminin analogi şəbəkə strukturunu göstərir. Tarix serveri, SCADA serverləri (tələbə görə bir neçə dəst yerləşdirilə bilər, bu eksperimentdə bir dəst yerləşdirilmişdir), ön tərəf toplama serverləri və PAS serverinin virtualizasiya yerləşdirilməsi bulud hesablamada platformasında həyata keçirilir.



Şəkil 27. SCADA program sisteminin məntiqi şəbəkə həlli

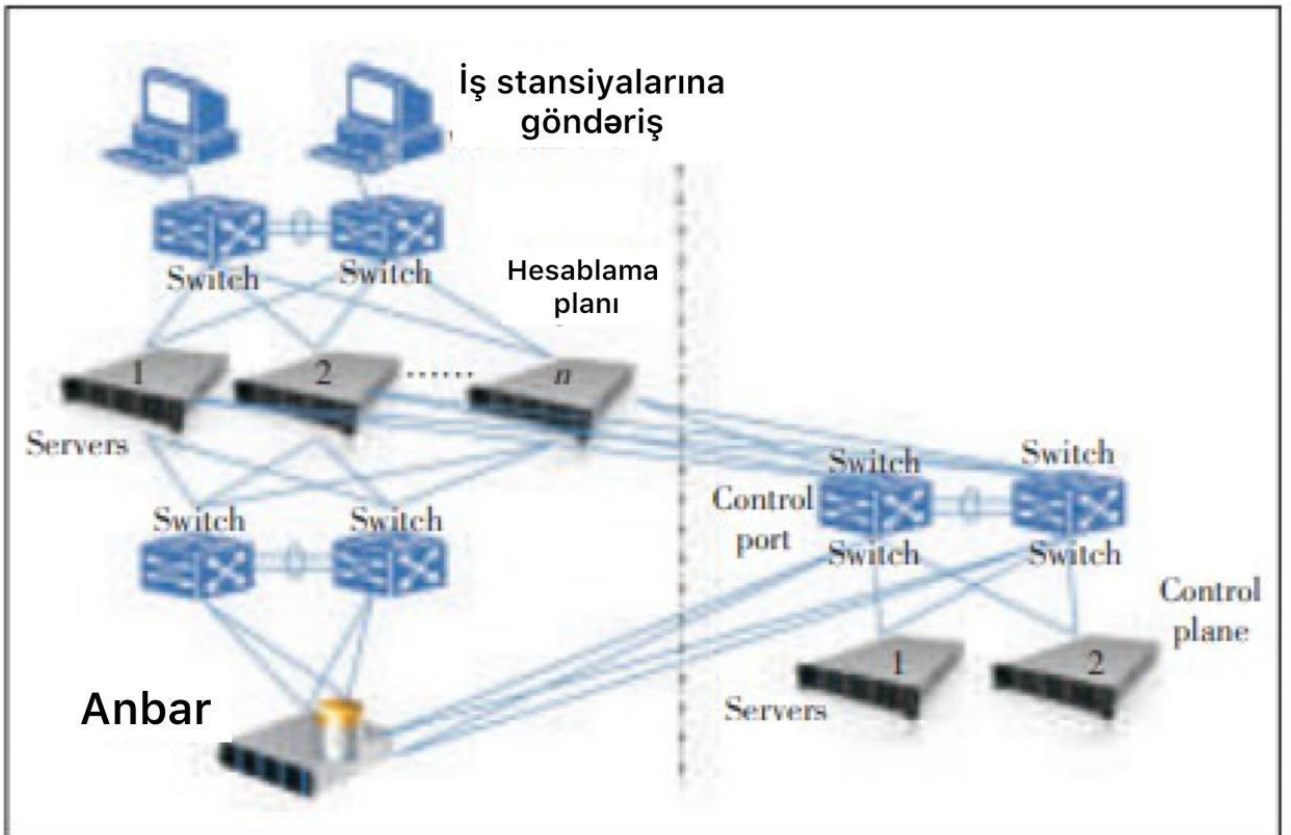
Sistem ikili Ethernet arxitekturasından istifadə edir. Sistem etibarlılığı tələblərinə cavab vermək üçün yuxarıda qeyd olunan hər bir server növü üçün (PAS serveri və simulyasiya serveri istisna olmaqla) iki server yerləşdirilməlidir. İki virtual server müxtəlif fiziki maşınlarda yerləşdirilərək ənənəvi klasterlərinin etibarlılıq funksiyasını həyata keçirir.

Sistemə eksperimental test üçün simulyasiya məlumatları yaratmaq məqsədilə simulyasiya serveri yerləşdirilib. İdarəetmə sisteminin dispetçer master sistemə uyğun olaraq (2015-ci ilə qədər 4.3 milyon istifadəçi üçün elektrik şəbəkəsinin gücü 15 GW-dan

çoxdur) məlumat həcmi 500,000 nöqtədir. Simulyasiya məlumatları yaratma serveri bulud hesablaşma platforması tərəfindən təmin edilən şəbəkə vasitəsilə öncə məlumat toplama serverinə qoşulur. Eksperimental resurslarla məhdudlaşdırıldığı üçün serverlərə resursların ayrılmasını təmin etmək məqsədilə, iş stansiyalarının planlaşdırma resursları bulud hesablaşma platformasında təmin edilmir və iş stansiyaları adi kompüterlər vasitəsilə planlaşdırılır.

### 7.1.2 Fiziki Şəbəkə Həlli

Şəkil 28 - də göstərir ki, sistem hesablaşma sistemi və nəzarət hissəsinə bölünür. Nəzarət hissəsində iki qarşılıqlı ehtiyat idarəetmə serveri yerləşdirilib və bu serverlər yüksək sürətli ikili Ethernet vasitəsilə hesablaşma düyünlərini idarə edir. Təhlükəsizliyi təmin etmək üçün nəzarət hissəsi və hesablaşma sistemi (və ya iş hissəsi) izolyasiya olunur.



Şəkil 28. Eksperimental mühitdə bulud hesablaşma platformasının fiziki şəbəkə həlli



Nəzarət hissəsi bulud hesablamada platformasının idarəetmə və monitoring funksiyalarını həyata keçirir.

Hesablama sistemi hesablamada serveri, saxlama serveri, yüksək sürətli Ethernet və dispetçer iş stansiyalarından ibarətdir ki, bunlar bulud hesablamada platformasının əsas fiziki resurslarıdır. Bu həll üç hesablamada serveri, iki hissəli yüksək sürətli Ethernet, bir dəst yüksək performanslı saxlama cihazları və iki dispetçer iş stansiyasını əhatə edir.

### 7.1.3 İntegrasiya Olunmuş Məntiq Strukturu

Şəkil 29 bulud hesablamada platforması və SCADA sisteminin məntiqi integrasiya arxitekturasını göstərir. Bulud hesablamada platforması, bulud təhlükəsizliyi, resurs şəbəkəsi, əməliyyat idarəetməsi və virtual maşın planlaşdırma idarəetməsi funksiyalarını əhatə edən əsas xidmətləri təmin edir. Qırmızı nöqtəli qutu içərisində olan funksiyalar bu eksperimentdə iştirak etmir.

Şəkil 29-də göstərilən məntiq şəbəkə strukturuna uyğun olaraq, bulud hesablamada platforması SCADA sisteminə hesablamada, saxlama və şəbəkə resursları, əməliyyat sistemləri, məlumat bazaları və digər platform proqram təminatlarını virtual maşın planlaşdırma idarəetməsi vasitəsilə təmin edir və nəhayət bulud hesablamada platformasının əsas xidmətlərini həyata keçirir. Elektrik enerjisi SCADA proqram təminatı sistemi müxtəlif funksiyalarını həyata keçirmək üçün əlaqəli tətbiq sistemlərini ənənəvi şəkildə virtual maşın üzərində yerləşdirir. Cədvəl 3 və 4 test platforması mühitini və konfigurasiyalarını göstərir.

	Category	Version
Server OS	Red Hat Linux (64-bit)	6.2
Client OS	Windows 7	Flagship Edition
Database	Oracle	11g (11.2.0.1.0)
Network	1000 Mbps	

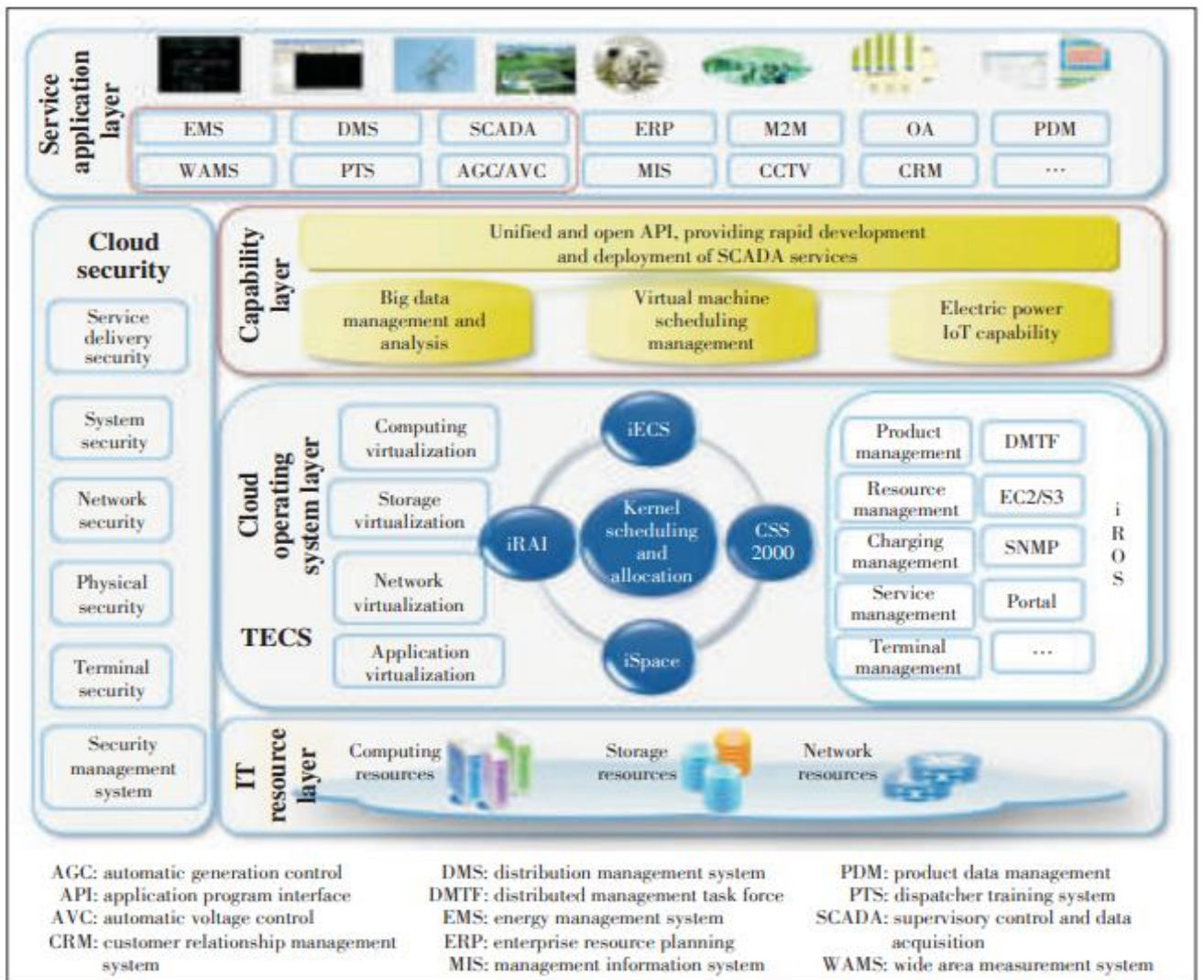
Cədvəl 3. Sınaq test platformasının proqram konfigurasiyaları

▼Table 2. Logical server configurations and performance parameters of the experimental test platform

Server name	Function	Number of virtual machines	Major performance indicator
History server	Saves historical data and electric power model data	2 × 1	CPU: 2.80 GHz, quad-core, Memory: 32 GB, Disk: 375 GB
SCADA server	Processes data and gives alarms in real time	2 × 1	CPU: 2.8 GHz, dual-core, Memory: 8 GB, Disk: 75 GB
Front-end acquisition server	Collects data and manages RTU communications	2 × 3	CPU: 2.80 GHz, dual-core, Memory: 8 GB, Disk: 75 GB
PAS server	Performs application computing and provides application services	1	CPU: 2.80 GHz, dual-core, Memory: 8 GB, Disk: 300 GB
Simulation server	RTU simulation	1	CPU: 2.70 GHz, dual-core, Memory: 8 GB, Disk: 75 GB

CPU: central processing unit    RTU: remote terminal unit    SCADA: supervisory control and data acquisition

Cədvəl 4. Məntiqi server konfigurasiyaları və eksperimental test platformasının performansı



Şəkil 29. bulud hesablamada platformasının inteqrasiya olunmuş program arxitekturası və eksperimental mühitdə elektrik enerjisi SCADA sistemi

## 8.1 YEKUN

Ənənəvi IT test nəticələri ilə müqayisədə, SCADA/ERP sistemi üzərində bulud hesablaşma platformasına əsaslanan funksiya, performans test nəticələri, sistemin elektrik şəbəkəsi əməliyyatlarının həqiqi ehtiyaclarını qarşıladığını göstərir və bəzi indikatorlar, məsələn, şəbəkə yük daşıma dərəcəsi, ənənəvi IT sistemə nisbətən daha yaxşıdır. Funksiya, performans və təzyiq testləri nəticələrindən görülür ki, SCADA sistem proqramının bulud hesablaşma platformasında quraşdırılması tətbiqi və sistem real vaxtın tələbatlarını uyğunlaşdırılıb müasir tələbatları qarşılamaq mümkündür. Əlavə olaraq, virtual maşınların canlı köçürülməsi, fərdi xətalardan yenidən qurulması, izləyici kimi təhlükəsizlik funksiyaları kimi etibarlılıq funksiyası testləri uğurla aparılmışdır, sistem etibarlılığı elektrik enerjisi SCADA sisteminin tələblərini qarşılayır. Bu təcrübə əsasında, bulud hesablaşma platformasına əsaslanan elektrik enerjisi SCADA sisteminin aşağıdakı üstünlükləri var:

- Bulud hesablaşma virtualizasiya texnologiyası ilə sistem platform resursları enerji şəbəkəsinin datalarına görə əsasən aydınlanır.
- Paralel məlumat qəbulu sistemləri aparat limitlərini aşağı salmaq üçün istifadə olunur, məlumat qəbulunun gücünü artırır, gələcək sistem genişlənməsini sadələşdirir və sistem resurs istifadəsini effektiv şəkildə artırır.
- Paralel real vaxt məlumat emal sistemləri və paylanmış məlumatı saxlama, məlumat emal tutumlarını dəyərli şəkildə artırır.
- Tətbiq proqramı, saxlama və məlumat resursları xidmət kimi təmin edilir və bulud hesablaşma imkanlarını tam istifadə edərək resurs istifadə xərclərini substantial şəkildə azaldır.
- Bulud hesablaşma virtualizasiya texnologiyası resurs istifadəçiləri və resurs mənbəsi arasında əlaqəni azaldır, beləliklə istifadəçilər artıq müəyyən resurs

mənbəyinə bağlı olmur və sistem idarəçisi IT resurslarının təmir və yeniləməsi ilə istifadəçilərin üzərində təsirini azaldır.

SCADA sistemi ilə Bulud sistemlərinin əlaqələndirilməsinin mümkünlüyü:

**Texniki Mümkünlük:** Bu təcrübə, bulud sistem platformunun elektrik gücü SCADA sisteminin uyğunlaşdırılma, real zamanlılıq və etibarlılıq tələblərini qarşıladığını göstərir. Texnoloji inkişaf trendləri və bazar tələbləri ilə uyğun olaraq, bu texniki olaraq səmərəli olduğunu və mümkün olduğunu göstərir.

**İqtisadi Mümkünlük:** Bulud sistem platformunun xüsusiyyətləri, effektiv resurs istifadəsi, enerji sərfəli istifadə və effektiv təmir kimi, enerji şəbəkələrinin yenilənməsi, işlərin davamlılığı, yeni xidmətlərin sürətli tətbiqi və ümumi məsrəfə azaldılması tələbləri ilə uyğun olaraq, iqtisadi olaraq səmərəlidir.

**Təhlükəsizlik Mümkünlüyü:** Elektrik Gücü SCADA sistemi, profesionallara məxsus özəl bulut platforması əsasında qurulub və bulut təhlükəsizliyi funksiyaları ilə gücləndirilmişdir. Bu, elektrik şəbəkəsinin həssas infrastrukturlarının qorunmasını təmin edir və buna görə də bulut bilişim mühitində təhlükəsizlik imkanlarının mümkünlüyünü göstərir.

## 9.1 NƏTİCƏ

İdarəetmə proseslərində SCADA sistemlərinin tətbiqi mövzusunda aparılan tədqiqat göstərdi ki, bu sistemlər sənaye müəssisələrinin səmərəliliyini və təhlükəsizliyini artırmaqda mühüm rol oynayır. SCADA sistemləri vasitəsilə real vaxt rejimində məlumatların toplanması və analizi, proseslərin avtomatlaşdırılması və uzaqdan idarə edilməsi mümkün olur. Araşdırmalar göstərir ki, SCADA sistemlərinin tətbiqi əməliyyat xərclərini azaldır, məhsuldarlığı artırır və avadanlıqların nasazlığını minimuma endirir. Bu sistemlər, həmçinin, operativ qərarların qəbul edilməsini təmin edərək, insan faktorundan qaynaqlanan səhvlərin qarşısını alır. SCADA sistemləri həm enerji, həm də su təchizatı, neft-qaz sənayesi, istehsal və digər sahələrdə geniş tətbiq olunur. Azərbaycanda da SCADA sistemlərinin tətbiqi üçün potensial böyükdür və bu sahədə praktiki tövsiyələrin verilməsi vacibdir. Tədqiqat nəticələri göstərir ki, düzgün tətbiq olunan SCADA sistemləri ilə müəssisələrdə idarəetmə proseslərinin optimallaşdırılması mümkündür. Nəticədə, bu sistemlərin istifadəsi müəssisələrin rəqabət qabiliyyətini artırır və ümumi iqtisadi inkişafına töhfə verir. Gələcəkdə daha geniş tədqiqatların aparılması və yeni texnologiyaların inteqrasiyası ilə SCADA sistemlərinin səmərəliliyi daha da artırıla bilər.

Bu dissertasiya işində idarəetmə proseslərində SCADA sistemlərinin tətbiqinin texniki, iqtisadi və əməliyyat baxımından təsirləri araşdırılmışdır. Əsas məqsəd SCADA sistemlərinin müxtəlif sənaye sahələrində necə tətbiq olunduğunu, bu tətbiqlərin nəticələrini və potensial faydalarını qiymətləndirmək olmuşdur. Aparılan tədqiqat nəticəsində aşağıdakı əsas nəticələr əldə olunmuşdur:

- Texniki Nəticələr: SCADA sistemləri vasitəsilə proseslərin real vaxt rejimində monitorinqi və idarə olunması mümkün olmuşdur. Bu sistemlər PLC və RTU kimi komponentlərin inteqrasiyası ilə müəssisələrin əməliyyatlarının tam avtomatlaşdırılmasını təmin etmişdir. HMI-lərin

istifadəsi isə operatorlara prosesləri daha asan və effektiv şəkildə idarə etməyə imkan yaratmışdır.

- **İqtisadi Nəticələr:** SCADA sistemlərinin tətbiqi nəticəsində müəssisələrdə əməliyyat xərcləri əhəmiyyətli dərəcədə azalmışdır. Bu, əsasən enerji səmərəliliyinin artırılması, əməliyyatların optimallaşdırılması və nasazlıqların vaxtında aşkar edilərək aradan qaldırılması ilə əlaqədardır. ROI analizləri göstərmişdir ki, SCADA sistemlərinə edilən investisiyalar qısa müddət ərzində özünü doğruldur.
- **Əməliyyat Nəticələri:** SCADA sistemlərinin tətbiqi ilə avadanlıqların nasazlıq halları azalmış və proseslərin fasiləsizliyi təmin olunmuşdur. Bununla yanaşı, proseslərdə insan müdaxiləsi azaldılmış və bu da insan faktorundan qaynaqlanan səhvlərin qarşısını almışdır. Nəticədə, istehsal və xidmət keyfiyyəti yüksəlmişdir.
- **Təhlükəsizlik Nəticələri:** SCADA sistemləri təhlükəsizlik tədbirlərinin avtomatlaşdırılmasına və real vaxtda izlənməsinə imkan yaratmışdır. Bu sistemlər, həmçinin, potensial təhlükələrin erkən mərhələdə aşkar olunaraq aradan qaldırılmasına şərait yaratmışdır. Bu da ümumi təhlükəsizlik səviyyəsini yüksəltmişdir.
- **Azərbaycanda Tətbiq:** Azərbaycanda SCADA sistemlərinin tətbiqi üçün geniş potensial mövcuddur. Enerji sektoru, su təchizatı, neft və qaz sənayesi kimi sahələrdə SCADA sistemlərinin tətbiqi ilə mühüm irəliləyişlər əldə oluna bilər. Bu sahədə praktiki tövsiyələrin verilməsi və yerli mütəxəssislərin təlimi zəruridir.
- **Gələcək Perspektivlər:** Gələcəkdə SCADA sistemlərinin daha da inkişaf etdirilməsi və yeni texnologiyaların inteqrasiyası ilə səmərəliliyin artırılması mümkündür. İoT, IIoT və süni intellekt texnologiyalarının SCADA

sistemlərinə inteqrasiyası bu sistemlərin imkanlarını daha da genişləndirə bilər.

- Nəticə etibarilə, SCADA sistemlərinin idarəetmə proseslərində tətbiqi müəssisələrin əməliyyatlarını daha effektiv, təhlükəsiz və iqtisadi cəhətdən səmərəli edir. Bu sistemlərin geniş tətbiqi isə ümumi iqtisadi inkişafın sürətləndirilməsi baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu səbəbdən, SCADA sistemlərinin tətbiqinin daha geniş miqyasda yayılması və tədqiq olunması Azərbaycan sənayesinin inkişafı üçün çox vacib məsələdir.

## 10.1 ƏDƏBİYYAT SIYAHISI

1. "SCADA Systems Security" - Edward J. M. Colbert - 2016
2. "SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition" - Stuart A. Boyer, Henry W. Ott 2019
3. "Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems" - Stuart A. Boyer 2006
4. "SCADA Security: What's Broken and How to Fix It" - Andrew Ginter - 2019
5. "SCADA and Me: A Book for Children and Management" - Robert M. Lee - 2013
6. "SCADA System Application Guide" - Gregory K. McMillan - 2018
7. "Critical Infrastructure Protection X" - Mason Rice, Sujeet Shenoj - 2016
8. "Human Factors in the Design and Evaluation of Central Control Room Operations" - Neville A. Stanton, Paul M. Salmon, Guy H. Walker, et al. - 2009
9. "SCADA Security in the Age of Terrorism" - Frank L. Lewis - 2012
10. "SCADA Systems: A Brief Review" - Thomas R. Kansy - 2016
11. "Challenges and Opportunities of SCADA Systems: A Comprehensive Review" - Hani Kabbara, Ahmed Elhakeem, Ali Chehab, et al. - 2009
12. "Review on Modern Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems" - Ahmed K. Abou-ElHassan, Mohamed K. Metwaly, Aboul Ella Hassanien - 2019
13. "The Role of SCADA Systems in the Fourth Industrial Revolution" - Fadi Al-Turjman, Hanan Al-Turjman - 2023
14. "A Survey on the Role of SCADA Systems in Smart Grids" - Mohammad Reza Jokar, Shama Naz Siddiqui, Xuan Thang Vu - 2019
15. "SCADA and Me: A Book for Children and Management" - Kevin McCarty 2014