

**مشخصات فنی عمومی و اجرایی**  
**پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال**  
**سیستم های کنترل و اتوماسیون در پست های فشار قوی**  
نشریه شماره ۲ - ۵۰۳

وزارت نیرو - شرکت توانیر  
طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت برق  
[www.tavanir.ir](http://www.tavanir.ir)

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور  
معاونت نظارت راهبردی  
دفتر نظام فنی اجرایی  
<http://tec.mporg.ir>





[omoorepeyman.ir](http://omoorepeyman.ir)

جمهوری اسلامی ایران

**مشخصات فنی عمومی و اجرایی**  
**پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال**  
**سیستم های کنترل و اتوماسیون در پست های**  
**فشارقوی**  
نشریه شماره ۲ - ۵۰۳

وزارت نیرو - شرکت توانیر  
طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت برق  
[www.tavanir.ir](http://www.tavanir.ir)



[omoorepeyman.ir](http://omoorepeyman.ir)

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور  
معاونت نظارت راهبردی  
دفتر نظام فنی اجرایی  
<http://tec.mporg.ir>



[omoorepeyman.ir](http://omoorepeyman.ir)



بسمه تعالی

ریاست جمهوری

معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

شماره:	۱۰۰/۸۶۹۵۵
تاریخ:	۱۳۸۸/۹/۱۶

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران

موضوع:

مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌ها، خطوط فوق توزیع و انتقال- سیستم‌های کنترل و اتوماسیون در پست‌های فشار قوی (جلد اول) و (جلد دوم)

به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۵۰۳ دفتر نظام فنی اجرایی، در دو مجلد با عنوان «مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌ها، خطوط فوق توزیع و انتقال- سیستم‌های کنترل و اتوماسیون در پست‌های فشار قوی (جلد اول) و (جلد دوم)» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده کنند و در صورتی که روش‌ها، دستورالعمل‌ها و راهنمای بهتری در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این بخشنامه الزامی نیست.

عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها یا راهنماهای جایگزین را به دفتر نظام فنی اجرایی ارسال کنند.

ابراهیم عزیزی

معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور



omoorepeyman.ir



[omoorepeyman.ir](http://omoorepeyman.ir)

## اصلاح مدارک فنی

### خواننده گرامی:

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته، مبادرت به تهیه این دستورالعمل نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست. از این رو، **از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:**

- ۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.
  - ۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.
  - ۳- در صورت امکان، متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.
  - ۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.
- کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

**نشانی برای مکاتبه:** تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی شاه  
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، دفتر نظام فنی اجرایی

سازمان مرکزی - تهران ۱۱۴۹۹۴۳۱۴۱ - خیابان صفی علی شاه

<http://tec.mporg.ir>





[omoorepeyman.ir](http://omoorepeyman.ir)

## بسمه تعالی

### پیشگفتار

در اجرای ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور و به منظور تعمیم استانداردهای صنعت برق و ایجاد هماهنگی و یکنواختی در طراحی و اجرای پروژه‌های مربوط به تولید، انتقال و توزیع نیروی برق، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور (معاونت نظارت راهبردی - دفتر نظام فنی اجرائی) با همکاری وزارت نیرو - شرکت توانیر (دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست محیطی) در قالب طرح «ضوابط و معیارهای فنی صنعت برق» اقدام به تهیه مجموعه کاملی از استانداردهای مورد لزوم نموده است.

نشریه حاضر با عنوان «مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌ها، خطوط فوق توزیع و انتقال - سیستم‌های کنترل و اتوماسیون در پست‌های فشار قوی - جلد دوم» در برگیرنده مباحث مربوط به این سیستم‌ها شامل کلیات و تعاریف، معیارهای طراحی و مهندسی، و آزمون‌های بهره‌برداری در پست‌های فشار قوی می‌باشد.

معاونت نظارت راهبردی به این وسیله از کوشش‌های دست‌اندرکاران به ثمر رسیدن این نشریه و همچنین سازمان‌ها و شرکت‌های مهندسی مشاور که با اظهارنظرهای سازنده خود این معاونت را در جهت غنا بخشیدن به آن یاری نموده‌اند سپاسگزاری و قدردانی نموده و توفیق روزافزون آنان را از درگاه ایزد یکتا آرزومند است.

### معاون نظارت راهبردی

۱۳۸۸





[omoorepeyman.ir](http://omoorepeyman.ir)

## مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال - سیستم های

کنترل و اتوماسیون در پست های فشار قوی - نشریه شماره ۲-۵۰۳

### تهیه کننده

این مجموعه به وسیله شرکت مهندسين مشاور نیرو با همکاری آقایان مهندسين محسن رحيمي، پوريا معقولى، محمد على حقدوست و سيد محسن موسوى و آقایان دکتر شهاب الدين اکبرى و دکتر عارف درودى تهيه و تدوين شده است و توسط آقای اسماعيل زارعى مورد ويراستارى قرار گرفته است.

### کمیته فنی

این نشریه همچنین در کمیته فنی طرح با مشارکت مجری و مشاور طرح و نمایندگان شرکت های مهندسی مشاور تحت پوشش وزارت نیرو به شرح زیر بررسی، اصلاح و تصویب شده است.

وزارت نیرو - سازمان توانیر - مجری طرح	آقای مهندس جمال بیاتی
سازمان توسعه برق ایران	آقای مهندس بهمن الله مرادی
شرکت مشانیر	خانم مهندس زهرا دارابی
مهندسين مشاور نیرو	آقای دکتر عارف درودی
پژوهشگاه نیرو	آقای مهندس محمد رضا شریعتی
مهندسين مشاور قدس نیرو	آقای مهندس هادی قیاسی معاصر
سازمان توسعه برق ایران	آقای مهندس بهروز قهرمانی
دفتر استانداردها- وزارت نیرو	آقای مهندس علی مظفری گودرزی
مهندسين مشاور نیرو	آقای مهندس سيد محسن موسوى
پژوهشگاه نیرو	خانم مهندس مریم ودیعتی
وزارت نیرو- سازمان توانیر- دبیر کمیته فنی	آقای مهندس احسان الله زمانی

مسئولیت کنترل و بررسی نشریه در راستای اهداف دفتر نظام فنی اجرائی به عهده آقایان مهندسين پرويز سيداحمدى و محمدرضا طلاکوب بوده است.





[omoorepeyman.ir](http://omoorepeyman.ir)

## فهرست مطالب

### صفحه

### عنوان

#### فصل اول- معرفی و شناخت

۳	۱-۱- مقدمه .....
۴	۲-۱- تعاریف و اختصارات .....
۸	۳-۱- فعالیتهای کنترلی .....
۹	۴-۱- وظایف سیستم کنترل .....
۹	۱-۴-۱- جمع آوری اطلاعات .....
۱۱	۲-۴-۱- کنترل پست در حالت عملکرد عادی .....
۱۱	۳-۴-۱- کنترل سیستم حفاظت .....
۱۱	۴-۴-۱- کلیدزنی اتوماتیک .....
۱۱	۱-۴-۴-۱- وصل مجدد اتوماتیک .....
۱۲	۲-۴-۴-۱- بازیابی مجدد سیستم .....
۱۳	۳-۴-۴-۱- کنترل تولید و حذف بار .....
۱۳	۴-۴-۴-۱- تجهیزات اتوماتیک صفرشدن ولتاژ .....
۱۳	۵-۴-۴-۱- کنترل ولتاژ و توان راکتیو .....
۱۴	۶-۴-۴-۱- سنکرون کردن .....
۱۴	۵-۴-۱- تنظیم رلههای حفاظتی .....
۱۴	۶-۴-۱- کلیدزنی ترتیبی برای مقاصد تعمیر و نگهداری .....
۱۴	۵-۱- اصول و تشکیلات .....
۱۶	۶-۱- عوامل محرک برای اتوماسیون پست .....
۱۷	۷-۱- اتوماسیون پست و حجم اطلاعات .....
۱۸	۸-۱- اثرات افزایش حجم داده در سیستمهای اتوماسیون دیجیتالی .....
۱۹	۹-۱- تکنیکهای هوش مصنوعی در اتوماسیون پست .....
۲۰	۱۰-۱- بررسی فنی- اقتصادی انواع سیستمهای کنترل .....

#### فصل دوم- طراحی سیستم کنترل دیجیتالی پست

۲۳	مقدمه .....
۲۳	۱-۲- کلیات .....
۲۴	۲-۲- اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی .....



۲۵.....	۳-۲- شاخص‌ها و پارامترهای مشخص‌کننده طراحی.....
۲۵.....	۲-۳-۱- کلیات.....
۲۷.....	۲-۳-۲- فصل مشترک با سیستم‌های اطلاعاتی و کنترلی.....
۲۷.....	۲-۳-۳- ارتباطات.....
۲۸.....	۲-۳-۴- ارتباط اپراتور و سیستم کنترل.....
۲۸.....	۲-۴- ساختار سیستم‌های کنترل مدرن.....
۲۸.....	۲-۴-۱- کلیات.....
۳۰.....	۲-۴-۲- ساختار سیستم اتوماسیون پست.....
۳۲.....	۲-۵- توابع سیستم‌های اتوماسیون پست.....
۳۲.....	۲-۵-۱- کنترل و نظارت.....
۳۲.....	۲-۵-۱-۱- سیستم کنترل سطح بی.....
۳۴.....	۲-۵-۱-۲- نظارت.....
۳۴.....	۲-۵-۱-۳- اینترلاکینگ.....
۳۵.....	۲-۵-۱-۴- کنترل تپ چنجر.....
۳۵.....	۲-۵-۱-۵- اندازه‌گیرها.....
۳۶.....	۲-۵-۱-۶- مدیریت آلام و وقایع.....
۳۶.....	۲-۵-۱-۷- اختصاص برچسب زمانی به وقایع.....
۳۶.....	۲-۵-۱-۸- سنکرونیزم زمانی.....
۳۶.....	۲-۵-۱-۹- سنکروچک بهمراه چک فاز و چک برقداربودن.....
۳۸.....	۲-۵-۱-۱۰- انتخاب ولتاژ.....
۳۸.....	۲-۵-۱-۱۱- نظارت بر نقص فیوز.....
۳۸.....	۲-۵-۱-۱۲- کنترل اتوماتیک تپ چنجر.....
۳۹.....	۲-۵-۲- توابع اتوماتیک.....
۳۹.....	۲-۵-۲-۱- وصل مجدد اتوماتیک.....
۳۹.....	۲-۵-۲-۲- توالی‌های اتوماتیک.....
۳۹.....	۲-۵-۲-۳- بازیابی اتوماتیک.....
۴۰.....	۲-۵-۲-۴- کنترل اتوماتیک ولتاژ.....
۴۰.....	۲-۵-۲-۵- حذف و کاهش بار.....
۴۰.....	۲-۵-۳- مانیتورینگ پست.....
۴۰.....	۲-۵-۳-۱- تنظیم پارامتری ترمینال.....
۴۱.....	۲-۵-۳-۲- ارزیابی اغتشاش.....
۴۱.....	۲-۵-۳-۳- ثبات وقایع.....
۴۱.....	۲-۵-۳-۴- ثبات خطا.....



- ۴۱..... مکان یاب خطا..... ۵-۳-۵-۲
- ۴۲..... ابزار تنظیمات بصری..... ۶-۳-۵-۲
- ۴۲..... ابزار برنامه نویسی و پیکربندی..... ۷-۳-۵-۲
- ۴۲..... ارتباطات در سیستم اتوماسیون پست..... ۶-۲
- ۴۲..... ۱-۶-۲- ارتباط بین اپراتور سطح پست و ترمینالها.....
- ۴۲..... ۲-۶-۲- گذرگاه ارتباطی سطح پست.....
- ۴۴..... ۳-۶-۲- پروتکل ارتباطات و جمع آوری داده.....
- ۴۴..... ۴-۶-۲- پروتکل استاندارد IEC.....
- ۴۴..... ۵-۶-۲- ارتباط بین ترمینال های سطح بی.....
- ۴۴..... ۶-۶-۲- ارتباط از راه دور با مرکز کنترل.....
- ۴۵..... ۷-۲- واسط سیستم - انسان (HMI) سطح پست.....
- ۴۵..... ۱-۷-۲- اپراتور سطح پست.....
- ۴۶..... ۲-۷-۲- دیالوگ و نمایش.....
- ۴۶..... ۱-۲-۷-۲- علامتها.....
- ۴۷..... ۲-۲-۷-۲- نمایش پایه.....
- ۴۷..... ۳-۲-۷-۲- نمایش های تعریف شده توسط کاربر.....
- ۴۸..... ۴-۲-۷-۲- نمایش های ازپیش تعریف شده.....
- ۵۰..... ۵-۲-۷-۲- ثبت و ارزیابی اغتشاش.....
- ۵۰..... ۶-۲-۷-۲- پنجره های محاوره ای توابع.....
- ۵۰..... ۳-۷-۲- سطوح دسترسی کاربر.....
- ۵۱..... ۴-۷-۲- چاپگر واقعه.....
- ۵۱..... ۵-۷-۲- تابلوی محلی (تابلوی پشتیبان).....
- ۵۲..... ۸-۲- کنترل سطح بی.....
- ۵۳..... ۱-۸-۲- طراحی سخت افزار.....
- ۵۴..... ۲-۸-۲- واسط انسان - ماشین (HMI).....
- ۵۵..... ۳-۸-۲- خودنظارتی.....
- ۵۵..... ۴-۸-۲- واسط های پردازش.....
- ۵۶..... ۱-۴-۸-۲- ورودی های آنالوگ.....
- ۵۶..... ۱-۱-۴-۸-۲- ورودی های مستقیم از CTها و VTها.....
- ۵۶..... ۲-۱-۴-۸-۲- مدول های با ورودی آنالوگ.....
- ۵۶..... ۳-۱-۴-۸-۲- دما.....
- ۵۶..... ۲-۴-۸-۲- ورودی های باینری.....
- ۵۶..... ۳-۴-۸-۲- ورودی های پالسی.....



- ۵۶.....۲-۸-۴- خروجی‌های باینری.....
- ۵۷.....۲-۹- ترمینال‌های کنترل و اندازه‌گیری .....
- ۵۸.....۲-۱۰- ساختار نرم‌افزار.....
- ۵۸.....۲-۱۰-۱- نرم‌افزار سیستم.....
- ۵۸.....۲-۱۰-۲- نرم‌افزار کاربردی.....
- ۵۹.....۲-۱۱- منبع تغذیه کمکی.....
- ۵۹.....۲-۱۲- ابزار مهندسی.....
- ۵۹.....۲-۱۲-۱- کلیات.....
- ۶۰.....۲-۱۲-۲- ترمینال‌های سطح بی.....
- ۶۰.....۲-۱۲-۳- HMI سطح پست و ارتباط از راه دور.....
- ۶۱.....۲-۱۲-۴- پیکربندی گذرگاه ارتباطی.....
- ۶۱.....۲-۱۳- قابلیت اطمینان و دسترس‌پذیری.....
- ۶۲.....۲-۱۴- مبدل‌های اندازه‌گیری سیستم کنترل.....
- ۶۲.....۲-۱۴-۱- ورودی‌های مبدل.....
- ۶۲.....۲-۱۴-۲- خروجی‌های مبدل.....
- ۶۲.....۲-۱۴-۳- دقت مبدل.....
- ۶۳.....۲-۱۴-۴- تکنولوژی مبدل‌های دیجیتال.....
- ۶۴.....۲-۱۴-۵- تکنولوژی مبدل آنالوگ.....
- ۶۵.....۲-۱۴-۶- انواع مبدل.....
- ۶۶.....۲-۱۴-۷- انتخاب مبدل.....
- ۶۷.....۲-۱۵- معرفی دو نمونه سیستم کنترل طراحی شده بر اساس تکنیک‌های دیجیتالی.....
- ۶۷.....۲-۱۵-۱- نمونه اول.....
- ۷۰.....۲-۱۵-۲- نمونه دوم.....

### فصل سوم- بهره‌برداری، تعمیرات و آزمون‌های دوره‌ای تجهیزات کنترل پست

- ۷۷.....۳-۱- مقدمه.....
- ۷۷.....۳-۲- آزمون‌های دوره‌ای سیستم‌های کنترل سنتی.....
- ۷۷.....۳-۱-۲- آزمون دوره‌ای رگولاتور ولتاژ ترانسفورماتور (A.V.R).....
- ۷۷.....۳-۱-۲-۱- مراحل اجرا.....
- ۷۷.....۳-۱-۲-۲- مهارت‌های مورد نیاز.....
- ۷۷.....۳-۱-۲-۳- ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز.....
- ۷۸.....۳-۲-۲- آزمون دوره‌ای اسیلوگراف (F/R).....



۷۸.....	۱-۲-۲-۳-۳	مراحل اجرا
۷۸.....	۲-۲-۲-۳	مهارتهای مورد نیاز
۷۸.....	۳-۲-۲-۳	ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز
۷۸.....	۳-۲-۳	آزمایش دوره‌ای دستگاه ثبت حوادث (E/R)
۷۸.....	۱-۳-۲-۳	مراحل اجرا
۷۸.....	۲-۳-۲-۳	مهارتهای مورد نیاز
۷۸.....	۳-۳-۲-۳	ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز
۷۹.....	۴-۲-۳	آزمون دوره‌ای دستگاه اندازه‌گیری جریان (آمپر متر)
۷۹.....	۱-۴-۲-۳	مراحل اجرا
۷۹.....	۲-۴-۲-۳	مهارتهای مورد نیاز
۷۹.....	۳-۴-۲-۳	ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز
۷۹.....	۵-۲-۳	آزمون دوره‌ای دستگاه اندازه‌گیری ولتاژ (ولت متر)
۷۹.....	۱-۵-۲-۳	مراحل اجرا
۷۹.....	۲-۵-۲-۳	مهارتهای مورد نیاز
۷۹.....	۳-۵-۲-۳	ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز
۷۹.....	۶-۲-۳	آزمون دوره‌ای دستگاه اندازه‌گیری فرکانس
۷۹.....	۱-۶-۲-۳	مراحل اجرا
۸۰.....	۲-۶-۲-۳	مهارتهای مورد نیاز
۸۰.....	۳-۶-۲-۳	ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز
۸۰.....	۷-۲-۳	آزمون دوره‌ای دستگاه سنجش ضریب قدرت
۸۰.....	۱-۷-۲-۳	مراحل اجرا
۸۰.....	۲-۷-۲-۳	مهارتهای مورد نیاز
۸۰.....	۳-۷-۲-۳	ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز
۸۰.....	۸-۲-۳	آزمون دوره‌ای دستگاه اندازه‌گیری توان اکتیو
۸۰.....	۱-۸-۲-۳	مراحل اجرا
۸۰.....	۲-۸-۲-۳	مهارتهای مورد نیاز
۸۱.....	۳-۸-۲-۳	ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز:
۸۱.....	۹-۲-۳	آزمون دوره‌ای دستگاه اندازه‌گیری توان راکتیو
۸۱.....	۱-۹-۲-۳	مراحل اجرا
۸۱.....	۲-۹-۲-۳	مهارتهای مورد نیاز
۸۱.....	۳-۹-۲-۳	ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز
۸۱.....	۱۰-۲-۳	آزمون دوره‌ای دستگاه کنتور اکتیو
۸۱.....	۱-۱۰-۲-۳	مراحل اجرا



- ۲-۳-۱۰-۲- مهارت‌های مورد نیاز ..... ۸۱
- ۳-۱۰-۲-۳- ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز ..... ۸۱
- ۱۱-۲-۳- آزمون دوره‌ای مدارات قطع و وصل و اینترلاک کلید و سکسیونرها ..... ۸۲
- ۱-۱۱-۲-۳- مراحل اجرا ..... ۸۲
- ۲-۱۱-۲-۳- مهارت‌های مورد نیاز ..... ۸۲
- ۳-۱۱-۲-۳- ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز ..... ۸۲
- ۱۲-۲-۳- آزمون دوره‌ای سیستم اتوماسیون ..... ۸۲
- ۱-۱۲-۲-۳- مراحل اجرا ..... ۸۲
- ۲-۱۲-۲-۳- مهارت‌های مورد نیاز ..... ۸۲
- ۳-۱۲-۲-۳- ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز ..... ۸۲
- منابع و مراجع ..... ۸۳







[omoorepeyman.ir](http://omoorepeyman.ir)

## ۱-۱- مقدمه

از بهم پیوستن نیروگاهها، پستهای انتقال و فوق توزیع، پستهای توزیع و مشترکین توسط خطوط انتقال و ترانسفورماتورها، شبکه بهم پیوسته‌ای تشکیل شده که انرژی الکتریکی مورد نیاز مشترکین را تامین می‌نماید. اگر چنانچه عیبی در یکی از اجزاء این شبکه بوجود آید این عیب همه شبکه را تحت تاثیر قرار داده و در صورتیکه قسمت معیوب از شبکه جدا نگردد می‌تواند خسارت سنگینی به تجهیزات گران‌قیمت شبکه یا مشترکین وارد نماید.

سیستمهای حفاظت و کنترل که مجموعه‌ای است از اجزاء مختلف شامل ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ، رله‌ها، کلیدهای قطع‌کننده، آلارمها، اسیلوگرافها، ثبات‌ها و مدارات مربوطه، وظیفه حفاظت و کنترل تجهیزات اصلی شبکه برق را بعهده داشته و به صورت مداوم بر شبکه نظارت دارند. در صورت بروز عیب در هر قسمت از شبکه، سیستم مذکور عمل نموده و قسمت معیوب را از شبکه جدا می‌نماید.

عملکرد صحیح و به موقع سیستم حفاظت و کنترل از گسترش عیب در قسمت معیوب شبکه جلوگیری نموده و با جدا کردن قسمت معیوب از شبکه، به قسمت‌های سالم شبکه اجازه می‌دهد تا کار عادی خود را که تامین انرژی مشترکین است، ادامه دهند. بروز اشکال در هر یک از اجزاء سیستم حفاظت و کنترل موجب مختل شدن کار سیستم و در نتیجه ایجاد خسارت در شبکه برق خواهد بود.

در سیستم‌های قدرت، مبحث کنترل نقش مهمی را ایفا می‌کند. تجهیزاتی که وظایف کنترلی را انجام می‌دهند می‌توانند در محل پست نصب‌شده و یا در مراکز کنترل قرار گیرند.

تصمیم بر روی انتخاب و نصب این سیستم، بر پایه فاکتورهای فنی و اقتصادی صورت می‌گیرد. تکنولوژی تبادل اطلاعات و توابع خروجی سیستم‌های کنترل، در انتخاب تجهیزات کنترل موثر است. علاوه بر آن فاکتورهای اقتصادی نیز باید در این مورد در نظر گرفته شود. مانند اینکه از تجهیزات کلیدزنی اتوماتیک به منظور کاهش هزینه در سیستم استفاده شود. فاکتور دیگر اقتصادی، استفاده از سیستم کنترل از راه دور بوده، که نیاز به پرسنل عملیاتی جهت نایل شدن به اهداف کنترلی را تا حد امکان کمینه می‌نماید.

نکته حایز اهمیت دیگر در سیستم‌های کنترل، توانایی تجهیزات، در پاسخ سریع به عملکرد اضطراری سیستم است. برای عملکرد سریع و متقابل بین سیستم‌های کنترل داخلی پستهای همجوار از تکنولوژی ارتباطات همزمان می‌توان بهره گرفت. این سرعت عملکرد، فوایدی را برای سیستم به‌همراه دارد که از آن جمله می‌توان از جمع‌آوری اطلاعات و ثبت حوادث در زمانهایی که خطا در سیستم رخ می‌دهد نام برد.

از مهمترین وظایف سیستم کنترل در پستهای فشار قوی، برقراری ارتباط همزمان با سیستم حفاظت است. این ارتباط شامل مشارکت در فرامین وصل مجدد اتوماتیک، انتخاب کلیدهای مناسب جهت جداسازی خطا، کلیدزنی برای بازیابی<sup>۱</sup> سیستم با حداقل قطع، واردکردن مدارهای آماده و مشارکت در تنظیم رله‌های حفاظتی (در پستهای پیشرفته) است. بنابراین سیستم‌های کنترل و حفاظت، رابطه‌ای تنگاتنگ با یکدیگر داشته و برای طراحی باید بصورت همزمان در نظر گرفته شوند.

در حال حاضر بسیاری از شرکت‌های برق به شدت در حال حرکت به سمت اتوماسیون پست‌ها می‌باشند. اتوماسیون پست با بکارگیری ادوات الکترونیکی هوشمند تحقق می‌یابد. این ادوات الکترونیکی به عنوان منبع اولیه تهیه اطلاعات از پست هستند. یک سیستم اتوماسیون پست وظایف زیادی انجام می‌دهد که از آن جمله، می‌توان به جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها از پست و انتقال آن به سیستم کنترل، نظارت و بالعکس نام برد.

هدف از این فصل ارائه شناخت اولیه در مورد سیستم کنترل پست و وظایف آن، معرفی سیستم‌های کنترل جدید بر پایه ادوات دیجیتال و میکروپروسسوری و قابلیت‌های آنها می‌باشد.

## ۱-۲- تعاریف و اختصارات:

### • سیستم

مجموعه‌ای است متشکل از اجزا مختلف که بر هم اثر متقابل داشته و وظیفه مشترکی را به انجام می‌رسانند.

### • سیستم اتوماسیون<sup>۱</sup>

مجموعه‌ای است شامل تجهیزات نیومریک و رایانه‌ای که وظیفه کنترل و مونیتورینگ یک فرآیند با اطلاعات دیجیتال یا آنالوگ را برعهده دارد. یک سیستم اتوماسیون ممکن است به صورت متمرکز و یا به صورت توزیع شده اجرا گردد.

### • سیستم اتوماسیون پست (SAS)<sup>۲</sup>

سیستمی است که انجام عملیات کنترل، مونیتورینگ و حفاظت را در یک پست فشارقوی با استفاده از تکنولوژی نیومریک و سیستم ارتباطی سریال برعهده دارد.

### • سیستم‌های کنترل توزیع شده (DCS)<sup>۳</sup>

به سیستم اتوماسیونی گفته می‌شود که کنترل و مونیتورینگ فرآیند را با تجهیزات نیومریک توزیع شده در بخش‌های مختلف فرآیند انجام می‌دهد.

### • تجهیزات الکترونیکی هوشمند (IED)<sup>۴</sup>

تجهیزی است متشکل از یک یا چند پردازشگر که توانایی تبادل اطلاعات و انجام پردازش بر روی آنها را دارا می‌باشد. برای مثال کنترل‌گرها و رله‌های دیجیتالی از این نوع می‌باشند.

### • تابع<sup>۵</sup>

در سیستم اتوماسیون پست تابع عبارت از وظیفه‌ای است که توسط این سیستم اجرا می‌شود. عموماً یک تابع شامل زیر بخش‌هایی تحت عنوان گره‌های منطقی می‌باشد که بین آنها تبادل داده انجام می‌گیرد.

- 1 . Automation system
- 2 . Substation automation system
- 3 . Distributed control system
- 4 . Intelligent electronic device
- 5 . Function



## • داده

عبارت است اطلاعات کاربردی معنی‌دار و ساختار یافته در داخل IEDها، که قابل خواندن و نوشتن می‌باشند.

## • بی

شامل زیر مجموعه‌های مجاور هم در یک پست است که وظایف مشترکی را به انجام می‌رسانند. مانند خطوط ورودی و خروجی پست، شینه، باس کوپلر که هر یک شامل کلید قدرت و سکسیونرهای مربوطه و کلیدهای زمین مربوط به آنها می‌باشند. بی‌ها با تجهیزاتی با نام کلی "کنترل‌کننده‌های بی" و "و حفاظت بی" مدیریت و حفاظت می‌گردند.

## • توابع سطح بی

توابعی که عموماً از داده‌های یک بی استفاده نموده و روی تجهیزات اولیه یک بی عمل می‌نمایند. توابع حفاظت خط و یا کنترل بی از این نوع می‌باشند. این توابع توسط واسط‌های منطقی مختلفی در سطح بی ارتباط برقرار می‌کنند و با سطح پروسس مرتبط می‌شوند.

## • توابع سطح پروسس

کلیه توابع مربوط به ورودی و خروجی‌های باینری و آنالوگ از قبیل توابع جمع‌آوری داده (به صورت نمونه‌برداری) و صدور فرامین را شامل می‌شود. این توابع توسط واسط‌های منطقی با سطح بی در ارتباط می‌باشند.

## • کاربر<sup>۱</sup>

در این استاندارد به معنی کاربر مجاز است یا به عبارت دیگر منظور شخصی است که مجوز دسترسی برای انجام عملکرد تعریف شده را دارد که ممکن است اپراتور، مهندس بهره‌برداری و یا سرپرست پست باشد.

## • واسط انسان و ماشین (واسط کاربر) (HMI)<sup>۲</sup>

به طور کلی واسط‌های کاربر (HMI) در پست به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- واسط کاربر بر روی پانل<sup>۳</sup> تجهیز در سطح بی که به منظور پیکربندی و غیره و نیز برای کنترل محلی استفاده می‌شود.

- واسط کاربر در سطح ایستگاه که به منظور ایستگاه کاری برای کاربر پست استفاده می‌شود.

نقش HMIهای مختلف برای توابع مختلف ثابت نبوده و در فاز مهندسی تعریف می‌شوند.

## • پروتکل

مجموعه‌ای از قوانین می‌باشد که ساختار، اندازه و نحوه انتشار اطلاعات را معین می‌کند و به عبارت دیگر به قوانین توافقی بر چگونگی انتقال داده‌ها بین فرستنده و گیرنده در یک شبکه گفته می‌شود.



1 . User

2 . Human machine interface

3 . Front panel

## • گیتوی<sup>۱</sup>

تجهیز ارتباطی در شبکه داخلی پست است که از کلیه لایه‌های یک پروتکل ارتباطی قابل تبدیل به پروتکلی غیر ۷ لایه‌ای در شبکه WAN پشتیبانی می‌کند و برقراری ارتباط دو شبکه با دو پروتکل مختلف را امکان‌پذیر می‌نماید.

## • آزمون پذیرش در کارخانه (FAT)<sup>۲</sup>

آزمون‌های عملکردی مورد نظر مشتری است که بر روی کل و یا بخشی از سیستم SAS با استفاده از مجموعه پارامترهای منطبق بر کارکرد مورد نظر، انجام می‌شود. این آزمون می‌بایستی در محل کارخانه پیمانکار سیستم با استفاده از تجهیزات شبیه‌سازی پروسس انجام شود.

## • آزمون پذیرش در سایت (SAT)<sup>۳</sup>

برای ارزیابی هر یک از داده‌ها و نقاط کنترلی و عملکرد صحیحشان در داخل SAS و نیز بین SAS و محیط خارج از پست با استفاده از تنظیمات نهایی پارامترها انجام می‌شود. آزمون SAS شرایط اولیه بهره‌برداری از SAS می‌باشد.

## • اختصارات

AIS<sup>۴</sup>: سوئیچگیر با عایق هوا

A/D: مبدل دیجیتال / آنالوگ

AOC<sup>۵</sup>: دیسپاچینگ منطقه‌ای

BCR<sup>۶</sup>: اتاق کنترل بی

BCU<sup>۷</sup>: واحد کنترل بی

CB<sup>۸</sup>: کلید قدرت

CBF<sup>۹</sup>: خرابی کلید قدرت

CPU<sup>۱۰</sup>: واحد پردازش مرکزی

CT<sup>۱۱</sup>: ترانسفورماتور جریان

DCS<sup>۱۲</sup>: سیستم کنترل توزیع شده

- 1 . Gateway
- 2 . Factory acceptance test
- 3 . Site acceptance test
- 4 . Air insulated switchgear
- 5 . Area operating center
- 6 . Bay control room
- 7 . Bay control unit
- 8 . Circuit breaker
- 9 . Circuit breaker failure
- 10 . Central processing unit
- 11 . Current transformer
- 12 . Distributed control system



- DS<sup>۱</sup>: سکسیونر
- EMC<sup>۲</sup>: سازگاری الکترومغناطیسی
- EMI<sup>۳</sup>: مصونیت الکترومغناطیسی
- FAT<sup>۴</sup>: آزمون پذیرش کارخانه‌ای
- GIS<sup>۵</sup>: سوئیچگیر با عایق گازی
- GPS<sup>۶</sup>: سیستم موقعیت‌یاب جهانی
- HV<sup>۷</sup>: ولتاژ فشار بالا
- HMI<sup>۸</sup>: واسط انسان با ماشین
- IED<sup>۹</sup>: تجهیزات الکترونیکی هوشمند
- IF<sup>۱۰</sup>: واسط (سریال)
- I/O<sup>۱۱</sup>: کنتاکت‌ها یا کانال‌های ورودی و خروجی
- LAN<sup>۱۲</sup>: شبکه محلی
- LED<sup>۱۳</sup>: دیود نوری
- LC<sup>۱۴</sup>: ارتباط منطقی
- LCD<sup>۱۵</sup>: صفحه نمایش کریستال مایع
- LV<sup>۱۶</sup>: ولتاژ فشار ضعیف
- MV<sup>۱۷</sup>: ولتاژ فشار متوسط
- MTBF<sup>۱۸</sup>: میانگین زمان بهره‌برداری بین دو از کارافتادگی

- 
- 1 . Disconnecter switch
  - 2 . Electromagnetic compatibility
  - 3 . Electromagnetic immunity
  - 4 . Factory Acceptance test
  - 5 . Gas insulated switchgear
  - 6 . Global positioning system
  - 7 . High voltage
  - 8 . Human machine interface
  - 9 . Intelligent electronic device
  - 10 . (Serial) interface
  - 11 . Input and output contacts or channels
  - 12 . Local area network
  - 13 . Light emitting diode
  - 14 . Logic connection
  - 15 . Liquid crystal display
  - 16 . Low voltage
  - 17 . Medium voltage
  - 18 . Mean time between failure



- NCC<sup>۱</sup>: مرکز کنترل شبکه  
 PROM<sup>۲</sup>: حافظه فقط خواندنی قابل برنامه‌ریزی  
 RDC<sup>۳</sup>: دیسپاچینگ محلی یا فوق توزیع  
 RTU<sup>۴</sup>: واحد پایانه راه دور  
 RAM<sup>۵</sup>: حافظه دسترسی تصادفی  
 SAS<sup>۶</sup>: سیستم اتوماسیون پست  
 SAT<sup>۷</sup>: آزمون پذیرش در سایت  
 UPS<sup>۸</sup>: منبع تغذیه بدون وقفه  
 VDU<sup>۹</sup>: واحد نمایش بصری  
 VT<sup>۱۰</sup>: ترانسفورماتور ولتاژ  
 SCADA<sup>۱۱</sup>: نظارت بر کنترل و جمع‌آوری داده (اسکادا)

### ۱-۳- فعالیت‌های کنترلی

هدف از توسعه و کاربرد روش‌ها و تکنیک‌های جدید در حوزه اتوماتیک کردن سیستم کنترل پستهای فشار قوی، برآوردن خواسته‌های سیستم قدرت، مطابق با نیازهای روز است. نیازمندیهای سیستم قدرت که همواره در حال افزایش است توسط عواملی تحت تأثیر قرار می‌گیرد که اهم آنها عبارتند از:

- رشد کمی و پیچیدگی سیستم‌های قدرت
  - نیاز به کنترل مؤثرتر، ایمن‌تر و اقتصادی‌تر در سیستم قدرت
- وظایف متعددی که توسط سیستم‌های کنترل انجام می‌گیرد، به دو دسته کلی جمع‌آوری اطلاعات و ارسال فرمانهای کنترلی تقسیم می‌گردند. وظایف جمع‌آوری اطلاعات را می‌توان بصورت زیر دسته‌بندی کرد:
- ثبت حوادث
  - رسم اتوماتیک شکل موجهای خطا
  - مشاهده وضعیت کلیدها و سکسیونرها توسط اپراتور از روی تابلوی کنترل و نمایشگرهای مختلف

- 1 . Network control center
- 2 . Programmable read only memory
- 3 . Regional dispatching center
- 4 . Remote terminal unit
- 5 . Random access memory
- 6 . Substation automation system
- 7 . Site acceptance test
- 8 . Uninterrupted power supply
- 9 . Video display unit
- 10 . Voltage transformer
- 11 . Supervisory control and data acquisition



- اندازه‌گیری مقادیر مشخصه کار عادی شبکه و نمایش آن
- با خبر شدن اپراتور توسط سیستم اعلام خطر در زمان بروز حادثه
- تعیین محل وقوع خطا (محل یاب خطا)
- فعالیتهای سیستم کنترل در ارتباط با ارسال فرمانهای کنترلی به بخش‌های زیر تقسیم می‌گردد:
- وصل مجدد اتوماتیک در کلیدها، جهت بازگرداندن شبکه اتصالی به حالت سرویس‌دهی عادی
- کلیدزنی اتوماتیک جهت مجزا کردن قسمت معیوب شبکه
- کلیدزنی جهت بازیابی مجدد سیستم
- کلیدزنی مدارهای آماده سرویس‌دهی
- کلیدزنی اتوماتیک جهت کاهش قدرت قطع کلیدها
- خارج کردن بار تحت شرایط فرکانس کم
- کنترل اتوماتیک تپ چنجر و کنترل توان راکتیو
- تنظیم رله‌های حفاظتی
- سنکرون کردن
- کلیدزنی جهت اهداف تعمیر و نگهداری

اتوماتیک کردن سیستم کنترل پستهای فشار قوی به معنای انجام وظایف محوله، بدون دخالت انسان است. این تعریف کلی بوده و با دقت در توابع و وظایف سیستم‌های کنترل مشخص می‌گردد که تعدادی از وظایف موجود، از دیدگاه شبکه غیراتوماتیک است ولی در پست بدون دخالت انسان صورت می‌گیرد و بنابراین تنها از دیدگاه پست اتوماتیک تلقی می‌شوند.

## ۱-۴- وظایف سیستم کنترل

### ۱-۴-۱- جمع‌آوری اطلاعات

یکی از وظایف سیستم کنترل، جمع‌آوری اطلاعات بوده که زمینه پردازش و ارسال فرمانهای کنترلی را مهیا می‌سازد. عبارت دیگر این سیستم برای تشخیص و تصمیم‌گیری بر روی سیستم تحت کنترلش، نیازمند اطلاعات است. اهداف جمع‌آوری اطلاعات به شرح زیر است:

- کنترل دستی: در این مورد، اطلاعات شامل مقادیر اندازه‌گیری شده ولتاژ، جریان، فرکانس، توانهای اکتیو و همچنین حالت‌های کلیدها و سکسیونرها و... می‌باشد.
- کنترل اتوماتیک: در این مورد اطلاعات شامل مقادیر لحظه‌ای اندازه‌گیری شده ولتاژ، جریان، فرکانس، سیگنال‌های رله حفاظتی، وضعیت کلیدها و سکسیونرها و همچنین حالت‌های وسایل (درجه حرارت ترانسفورماتورها و وضعیت سیستم عمل‌کننده کلیدها و...) است.
- آنالیز پس از رویداد: این قسمت شامل ثبت عملکرد وسایل حفاظتی، کلیدها، سکسیونرها و... بوده و نمودار زمانی یا گزارش‌های چاپ شده را تهیه می‌نماید. با استفاده از این گزارش‌ها، تحقیق بر روی اغتشاشات پس از رویداد صورت

می‌گیرد. همچنین در این زمینه، می‌توان به نمایشگر ترسیمی اغتشاش (ثبات خطا) اشاره کرد که در آن شکل موجهای لحظه‌ای جریانها و ولتاژها جهت تشخیص شرایط اولیه اتصالی و مشخصات اتصالی نمایش داده می‌شود. این تجهیزات معمولاً دارای حافظه‌ای هستند که گنجایش ثبت اطلاعات قبل از اتصالی را دارند.

- آگاهی از آلامها و وقایع: این بخش جهت آگاهی اپراتور یا مرکز کنترل در ارتباط با اتفاقات و مشکلات ایجاد شده در پست جهت رسیدگی و رفع عیب سیستم، مورد نیاز است.

- تعرفه‌بندی و تعامد آماری: در این مورد اطلاعات شامل مگاوات ساعت و مگاوار ساعت خطوط انتقال فرمانطقه‌ای است که به یک مرکز پردازش اصلی، مثل مرکز کنترل سیستم ارسال می‌شود.

وظایف جمع‌آوری اطلاعات شامل قسمتهای زیر است:

#### • ثبت حوادث

اطلاعات مربوط به خطاها و یا تغییر وضعیتها و سایر وقایع که بصورت سیگنالهای قطع یا وصل بوده و از طریق کنتاکتهای رله یا سوئیچها تهیه می‌گردد. این اطلاعات در پست بر روی چاپگر ثبت شده و در صورت نیاز به مرکز کنترل ارسال می‌شوند.

#### • رسم اتوماتیک شکل موجهای خطا

سیستمهای ثبت اتوماتیک، جریانها و ولتاژها و سیگنالهای کلیدزنی را در طول خطاها رسم نموده و شرایط موجود را نشان می‌دهند.

#### • مشاهده مقادیر اندازه‌گیری شده

در حالت کار عادی شبکه، مقادیر ولتاژ، جریان، فرکانس، توانهای اکتیو و راکتیو از طریق واسطه‌های مربوطه به سیستم مانیتورینگ منتقل شده و برای استفاده اپراتور نمایش داده می‌شود.

#### • مشاهده وضعیت کلیدها و سکسیونرها

بر روی سیستم کنترل و نمایش، وضعیت کلیدها و سکسیونرها نمایش داده می‌شود تا اپراتور از چگونگی وضعیت سیستم در هر زمان آگاهی یابد.

#### • سیستم اعلام خطر

در مواقعی که حادثه‌ای در سیستم رخ می‌دهد و اپراتور باید از آن مطلع شود، سیستم اعلام خطر این وضعیت را نشان می‌دهد. نکته: دو قسمت اخیر برای نظارت دستی در محل لازم بوده و اپراتور اطلاعات مربوطه را از روی سیستم کنترل و نمایش دریافت می‌کند.

#### • محل یاب خطا<sup>۱</sup>

محل خطا در سیستم باید با استفاده از اندازه‌گیری متغیرهای شبکه قبل از بازشدن کلید انجام گیرد. این کار با استفاده از محل یاب خطا صورت می‌گیرد. فاصله محل وقوع خطا از پست به صورت درصد یا کیلومتر نشان داده می‌شود. محل یاب خطا عموماً اصول رله دیستانس را بکار برده و راکتانس خطوط را برای تعیین فاصله خطا مورد بررسی قرار می‌دهد.



### ۱-۴-۲- کنترل پست در حالت عملکرد عادی

در این حالت، سیستم کنترل تنها از طریق اطلاعات نمایش داده شده بر روی سیستم کنترل و نمایش با اپراتور ارتباط برقرار می‌کند. زمانی که تغییرات از طرف اپراتور و یا مرکز کنترل سیستم اعمال می‌شود، سیستم کنترل مجموعه کلیدزنی‌ها و فرامین را اجرا می‌کند. بعنوان مثال، برای انتقال یک خط از شینه مربوطه به شینه دیگر و یا وارد و خارج کردن دستگاه‌های سرویس‌دهنده، چند فرمان کلیدزنی باید به صورت متوالی صادر گردد. سیستم کنترل بر چگونگی و ترتیب اجرای این فرامین نظارت دارد.

### ۱-۴-۳- کنترل سیستم حفاظت

در سیستم حفاظت شبکه قدرت، در صورتی که حفاظت اصلی عمل نکند، سیستم احتیاج به حفاظت پشتیبان داشته تا قسمت اتصالی را جدا نماید. در واقع حفاظت پشتیبان کلید (حفاظت خرابی کلید) برای پستهای فشارقوی تعریف شده تا ریسک اشتباه کلید در پاسخگویی به سیگنال فرمان قطع را جبران نماید. در این حالت، سیگنال قطع به کلیدهای دیگری که باید عمل نمایند اعمال شده و قسمت اتصالی از شبکه جدا می‌شود. برای این کار اطلاعات از پستها به مرکز انتقال یافته و در آنجا پردازش انجام می‌گیرد و کلیدهای پشتیبان انتخاب می‌گردند.

### ۱-۴-۴- کلیدزنی اتوماتیک

این قسمت از مهمترین وظایف سیستم کنترل بوده و به صورت اتوماتیک، تأثیر اتصالی در شبکه قدرت را به حداقل می‌رساند. به این ترتیب که توسط سیستم کنترل، خطوط مجدداً به سرویس‌دهی بازگشته و با انجام یک سری عملیات کنترلی دیگر عملکرد مطلوب سیستم قدرت سریعاً حاصل می‌شود.

### ۱-۴-۴-۱- وصل مجدد اتوماتیک

وصل مجدد اتوماتیک در خطوط دچار خطا شده که فرمان قطع گرفته‌اند، اعمال می‌شود. اکثر اتصالهایی که در خطوط نیرو بوقوع می‌پیوندد طبیعی گذرا داشته و وصل مجدد اتوماتیک (پس از قطع) خطوط را به سرویس‌دهی باز می‌خواند. انواع متفاوت وصل مجدد بسته به نیازمندیها و ملاحظات ویژه سیستم قدرت، به صورتهای زیر انجام می‌گیرد:

الف - وصل مجدد تک فاز که منحصر به خطاهای تکفاز به زمین است. در این حالت، فاز اتصالی شده، قطع شده و مجدداً وصل می‌گردد. با نگهداشتن دو فاز سالم در سرویس‌دهی، عملاً به پایداری شبکه کمک شده است.

ب - وصل مجدد سه فاز با سرعت بالا که در آن هر سه فاز خط اتصالی، قطع شده و مجدداً وصل می‌گردد. همانند حالت الف، زمان وصل مجدد باید بحدی طولانی باشد که قوس برطرف شده و مسیر قوس از حالت یونیزه خارج شود. از طرف دیگر این زمان باید بحدی کوچک باشد که قبل از، از دست رفتن شرایط سنکرونیزم دو طرف کلید، وصل مجدد انجام پذیرد. لازم به توضیح است که اغتشاشات دینامیکی، ناشی از بروز اتصالی در شبکه، در مدت زمان طولانی، سنکرونیزم بین دو سر کلید را از میان برده و وصل مجدد انجام‌پذیر نخواهد بود.

ج - وصل مجدد سه فاز با سرعت کم (تأخیری) که در آن هر سه فاز، بدون در نظر گرفتن نوع اتصالی، قطع شده و مجدداً وصل می‌شود. اما در این حالت، به علت زمان نسبتاً طولانی، شرایط سنکرونیزم قبل از وصل مجدد باید ارزیابی گردد. در این حالت، ابتدا

خط، از یک طرف (از طریق وصل مجدد کلید مربوطه) برق دار گشته و پس از انجام محک سنکرونیزم، وصل مجدد کلید طرف دیگر خط انجام می‌گیرد. این چنین وصل مجددی، تنها در صورتی که شرایط سنکرونیزم از قبل تعریف شده باشد، قابل اجراست. زمان وصل مجدد در این حالت بیشتر خواهد بود. طولانی‌تر بودن زمان تأخیر نسبت به حالت‌های الف و ب لازم است، زیرا سیستم قدرت فرصت مناسبی را برای پوشش اغتشاشات دینامیکی ناشی از اتصالی و خارج شدن قسمت معیوب دارا خواهد بود.

#### ۱-۴-۲- بازبایی مجدد سیستم

هنگام وقوع اتصالی در شبکه، سیستم کنترل موظف است که سیستم را بطریقی هدایت نماید تا به شرایط عملکرد صحیح و قابل قبول بازگردد. این فرآیند ممکن است پیچیده و یا ساده باشد که به شرایط شبکه و رفتار اغتشاشات ناشی از اتصالی بستگی دارد. در کنار فرآیند وصل مجدد که قبلاً ذکر آن رفت، فعالیتهای دیگری نیز به شرح زیر در شبکه انجام می‌گیرد تا مجدداً سرویس‌دهی مطلوب برقرار گردد:

الف - جدا کردن قسمت‌های معیوب شبکه باعث می‌شود که قسمت‌های سالم در حالت سرویس‌دهی قرار گیرند. زمانی که یک اتصالی در شبکه رخ می‌دهد، اغتشاشات ناشی از آن، بعضی قسمت‌های شبکه را نیز در بر گرفته و سرویس‌دهی در آن نقاط را دچار اختلال می‌کند. مطلوب این است که با عمل کردن کلیدها و سیستم حفاظتی، قسمت معیوب جدا شده و قسمت سالم به سرویس‌دهی ادامه دهد. اما در بعضی از شرایط، بدلیل آرایش تجهیزات و شبکه، قسمت‌های سالم به‌همراه قسمت‌های معیوب از سرویس‌دهی خارج شده و ایزوله می‌گردند. بنابراین مطلوب است که با عمل کردن مناسب سکسیونرها و کلیدهای مربوطه، قسمت سالم بازگردانده شود. عبارت دیگر، با مانور بر روی سکسیونرها می‌توان در بعضی از شرایط، قسمتی از سیستم را جدا کرده و با وصل مجدد کلید، قسمت دیگر را فعال نمود. البته در این حالت، وصل مجدد با سرعت کمتر انجام گرفته و زمانی در حدود ۱۵ تا ۳۰ ثانیه را در بر می‌گیرد.

ب - پس از اینکه قسمتی از شبکه و تغذیه مشترکین بعلت اتصالی قطع شد، برای بازگرداندن سرویس‌دهی به مشترکین، در بعضی از شبکه‌ها از خارج کردن شینه در حالت ولتاژ صفر و از کلیدهای کوپلاژ یا تقسیم‌کننده شینه بهره گرفته می‌شود. اگر ولتاژ قسمتی از شبکه، طولانی‌تر از یک حد مشخص، از مقدار معینی کمتر بماند، این کلیدها عمل می‌کنند. زمان مورد نظر باید از زمان وصل مجدد طولانی‌تر باشد. در این حالت قسمت‌های تأثیر گرفته از اتصالی یا دیگر اغتشاشات سیستم، جدا شده و بقیه اجزاء با ترکیبی جدید در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. این ترکیب از قبل برنامه‌ریزی شده است، بطوری که سیستم را به سرویس‌دهی مجدد بازگرداند. در یک پست خاص، اینکار را می‌توان بدون ارجاع به اطلاعات پستی که ارتباط اطلاعاتی با پست مورد نظر ندارند، انجام داد، کما اینکه بسته به پیچیدگی سیستم، ممکن است ارتباط اطلاعاتی در سطح وسیعی از پستها لازم باشد. بازبایی مجدد سیستم تحت شرایطی که یک فروپاشی عمده رخ می‌دهد دشوار است، مخصوصاً اگر آرایش سیستم پیچیده باشد و یا سیستم قدرت از طریق نظارت مرکزی و مرکز کنترل سیستم و بصورت ارسال فرمان به پرسنل کنترل پست، مراقبت شود.

ج - با وارد کردن تجهیزات آماده سرویس‌دهی به شبکه، می‌توان جایگزینی برای قسمت‌های معیوب فراهم نمود. در بعضی از پستها، بدلیل ملاحظات سطح اتصال کوتاه، زمانیکه اتصالی در یکی از قسمت‌های پست صورت می‌گیرد، می‌توان توسط برنامه از پیش ترتیب داده شده، از ظرفیت رزرو بهره گرفت. انجام اتوماتیک این عمل و سرعت انجام آن، قابلیت بازگشت سیستم به شرایط مطلوب را افزایش می‌دهد.



### ۱-۴-۳- کنترل تولید و حذف بار

یک سیستم قدرت بصورتی طراحی می‌شود که قابلیت تحمل از دست دادن بخشی از منابع تولید خود را داشته باشد. در بعضی حالات، پیچیدگی بطریقی است که اگر بخشی از تولید از مدار خارج شود، بقیه قسمت‌ها دارای اضافه بار شده و به تدریج از مدار خارج می‌شوند. برای جلوگیری از چنین وضعیتی، تدابیری اتخاذ می‌شود که تعادل بین مصرف و تولید برقرار شده و هیچ قسمتی از سیستم اضافه بار نداشته باشد.

جدا شدن بخش مهمی از تولید، باعث کاهش فرکانس در قسمت‌های تأثیرپذیر شده و نرخ کاهش فرکانس توسط نرخ کاهش تولید تعیین می‌گردد. توسط عملیات حذف بار، مقداری از مصرف بصورت پله‌ای کاهش می‌یابد تا کاهش تولید پوشش داده شود. اینکار با فرمان رله‌های زیرفرکانسی یا رله‌های نرخ کاهش فرکانس انجام می‌گیرد. لازم به توضیح است که این عمل باید قبل از کاهش فرکانس به حداقل مقدار قابل قبول، انجام گیرد. در مواردی که افزایش و یا کاهش بار قابل پیش‌بینی باشد، اپراتور می‌تواند بصورت دستی، منابع تولید را وارد یا خارج کرده و در مواقع لزوم قسمتی از بار شبکه را از مدار خارج نماید.

### ۱-۴-۴- تجهیزات اتوماتیک صفرشدن ولتاژ

بمنظور از سرویس خارج نمودن تجهیزات پس از وقوع اغتشاش در شبکه، قبل از جداکردن آنها از شبکه از یک تاخیر زمانی بهره گرفته می‌شود. چنانچه ولتاژ هر سه فاز از حدی کمتر شود (معمولاً ۵۰ درصد ولتاژ نامی) پس از یک تاخیر زمانی چندین ثانیه‌ای (حدوداً ۷ ثانیه) فرمان قطع صادر می‌شود. برای این منظور از سه رله ولتاژ کم استفاده می‌شود. چنانچه، یک یا دو فاز دچار کاهش ولتاژ شود، تجهیزات کنترل اتوماتیک پس از چند ثانیه (معمولاً ۲ ثانیه) قفل شده و یک نشاندهنده فراهم می‌شود.

### ۱-۴-۵- کنترل ولتاژ و توان راکتیو

برای بدست آوردن ولتاژی با کیفیت مناسب، لازم است که سیستم کنترل، ولتاژ را در محدوده مجاز حفظ نماید. اینکار شامل کنترل تولید توان راکتیو بوده از طریق کنترل مناسب نیروگاهها، جبران‌کننده‌های سنکرون، راکتورهای موازی، بانکهای خازنی و موقعیت تپ ترانسفورماتورها و... صورت می‌گیرد. فرمان کنترل مورد نیاز می‌تواند از مرکز کنترل سیستم و بصورت دستی انجام گرفته و یا در بعضی از حالات توسط کنترل اتوماتیک حساس به سطح ولتاژ انجام شود.

معمولاً کیفیت مطلوب ولتاژ توسط مرکز کنترل و با تغییر توان راکتیو صورت می‌گیرد و تپ چنجر اتوماتیک ترانسها، به کنترل توان راکتیو یاری می‌رساند.

تنظیم اتوماتیک ولتاژ با استفاده از تپ چنجر ترانسفورماتور، ولتاژ را در محدوده مجاز نگه می‌دارد. برای جلوگیری از تنظیم غیرضروری، وسیله تنظیم ولتاژ و تپ چنجر باید قفل شوند. بنابراین از رله جریانی تپ چنجر برای جلوگیری از عملکرد آن در زمان وقوع اتصال کوتاهها (جریانهای زیاد) و رله تاخیر زمانی (زمان مرده) برای تنظیم عملکرد پله‌های تپ چنجر بمنظور محدودکردن تعداد تغییرات پله‌های تپ چنجر استفاده می‌گردد.

در برخی موارد کلیدزنی راکتورها و بانکهای خازنی توسط رله‌های ولتاژ زیاد و ولتاژ کم انجام می‌گیرد. در مواقعی از روز که افزایش ولتاژ قابل پیش‌بینی است، می‌توان با برنامه زمانی از قبل مشخص، مدارات با مقادیر خازنی زیاد را از مدار خارج نمود.



### ۱-۴-۶- سنکرون کردن

در سیستم‌های قدرت، دائماً شرایطی پیش می‌آید که نیاز به بستن کلید بصورت اتوماتیک یا دستی وجود دارد. از آنجا که خطوط انتقال ممکن است از یک طرف برقرار باشند، بستن کلید باید پس از ارزیابی شرایط سنکرونیزم انجام گیرد. ولتاژ، فرکانس و زاویه فاز دو طرف کلید با یکدیگر مقایسه شده و در صورت قرارگرفتن در محدوده مجاز، فرمان بستن به کلید ارسال می‌گردد. ارزیابی شرایط سنکرونیزم در سه حالت سنکرون کردن، موازی کردن و برقرار کردن مورد توجه قرار می‌گیرد. در هر سه مورد، تفاضل دامنه ولتاژهای دو طرف ( $\Delta V$ )، تفاضل زاویه فازها ( $\Delta \phi$ ) و تفاضل فرکانسها ( $\Delta f$ ) اندازه گرفته می‌شود.

در حالت سنکرون کردن اختلاف فرکانسها باید کمتر از ۰/۷ هرتر باشد، در حالی که برای موازی کردن، ( $\Delta f$ ) باید از ۰/۰۰۳ هرتر کمتر باشد. به این ترتیب در موازی کردن تفاوت فرکانسها بسیار مهم بوده و باید حداقل مقدار خود را داشته باشد. تجهیزات ارزیابی سنکرون، از طریق تابلو کنترل، تجهیزات کنترل مرکزی، تجهیزات کنترل اتوماتیک محلی و فرمانهای وصل مجدد خطوط انتقال دستور گرفته و عمل می‌کنند. درحالت دستی، واحد ارزیابی سنکرونیزم شامل ولت‌متر دابل، سنکروسکوپ و فرکانس متر دابل است که بر روی تابلوی کنترل قرار دارد.

### ۱-۴-۵- تنظیم رله‌های حفاظتی

در بعضی از سیستم‌های پیچیده می‌توان علاوه بر تنظیم دستی رله‌ها از تجهیزات اتوماتیک برای تنظیم رله‌های حفاظتی استفاده نمود. بدین ترتیب، در شرایط مختلف، با نظارت رایانه، می‌توان ترکیب بهینه رله‌ها و محدوده فعالیت هر یک را تعیین نمود. در این حالت از رله‌های برنامه‌پذیر استفاده می‌گردد.

### ۱-۴-۶- کلیدزنی ترتیبی برای مقاصد تعمیر و نگهداری

به منظور جداکردن یک تجهیز از شبکه (برای مقاصد تعمیر و نگهداری)، سیستم کنترل وظیفه دارد که از روی یک برنامه از پیش طراحی شده، تجهیز موردنظر را خارج و بقیه قسمت‌ها را در عملکرد صحیح قرار دهد. اگر تجهیز موردنظر منفرد باشد، جداکردن از طریق سیستم کنترل پست و به صورت محلی انجام می‌گیرد ولی اگر این تجهیز با دیگر تجهیزات در پستهای دیگر مرتبط باشد، کلیدزنی از طریق فرمانهای پست و با هماهنگی مرکز کنترل شبکه صورت می‌گیرد.

### ۱-۴-۷- توالی انجام فرامین (Sequence switching)

سیستم کنترل می‌بایستی امکان اجرای فرامین مختلف با رعایت توالی بین آنها را داشته باشد که در این میان اینترلاکهای مختلف نیز برای هر مرحله از فرمانها چک می‌شود. این خاصیت به اپراتور در هنگام اجرای یک فرآیند خاص مثل برقرارنمودن ترانس یا خط یا موازی کردن ترانسها کمک می‌کند و بصورت اتوماتیک کلیه فرآیند را اجرا خواهد نمود.

### ۱-۵- اصول و تشکیلات

اصول طراحی و اجرای تشکیلات کنترل پستها با توجه به نکات زیر تدوین می‌گردد:

- دامنه وظایف سیستم کنترل تعریف شده و نیازمندیهای آن در ارتباط با مسائل ورودی و خروجی و سیگنال‌ها، رفتارهای عملیاتی، قابلیت اعتماد، امنیت، قابلیت انعطاف در کاربرد فراگیر، سهولت مدلسازی و پیاده‌سازی، قابلیت نگهداری و ... تعیین گردد.

- تعدادی از وظایف سیستم کنترل، توسط تکنیکهای آنالوگ قابل انجام است، اما بقیه وظایف از نقطه نظر فنی و اقتصادی، بهتر است توسط تکنیکهای دیجیتالی صورت پذیرد. در طراحی سیستم کنترل تفکیک محدوده وظایف فوق باید مدنظر قرار گیرد.

- بعضی از تجهیزات کنترلی تنها یک وظیفه را به انجام می‌رسانند در حالی که تجهیزات چند تابعی قابلیت انجام چندین وظیفه کنترلی را دارا هستند. درجه بهره‌گیری از این تجهیزات و ادغام آنها در یک ساختار کنترلی باید در نظر گرفته شود.

- طرح کلی برای سیستم کنترل، علاوه بر پوشش نیازهای تکنیکی فوق باید از نظر هزینه نرم‌افزاری و سخت‌افزاری قابل قبول باشد. بهرحال، تعدادی از وظایف کنترلی که تا امروز تعریف شده‌اند و وظایفی که در پیشرفتهای آینده تعیین می‌شوند، بدلیل ساختار و پیچیدگی عملکردشان، نیازمند استفاده از متدهای جدیدتر، بخصوص تکنیکهای دیجیتالی می‌باشند. این تکنیکها توانایی فعالیت با سرعت بالا و پردازش پیچیده مقادیر انبوهی از اطلاعات اندازه‌گیری شده را دارا هستند، در حالی که انجام فعالیت‌های فوق توسط روش‌های آنالوگ دشوار و از لحاظ اقتصادی غیراصولی می‌باشد.

به کنترل پست با استفاده از تکنیکهای دیجیتالی و بکارگیری ادوات الکترونیکی هوشمند اصطلاح کنترل فشارقوی سالهاست که به عملیات وصل مجدد اتوماتیک، تقسیم‌بندی اتوماتیک شینه، انتقال اتوماتیک بار، کلیدزنی اتوماتیک خازن و... مجهز شده‌اند. ولی در گذشته این عملیات و وظایف دیگر با بکاربردن ترکیبی از تابلوهای کنترلی، رله‌های کمکی، سوئیچ‌ها و اندازه‌گیرها و سنسورها و کابل کشی و سیم‌کشی زیاد انجام می‌شد. در حال حاضر پستهای DCS بدلیل پیشرفت در تجهیزات و تکنولوژی دارای قابلیت‌های بالقوه فراتر از آن چیزی است که در گذشته دارا بود و عملاً نیاز به میمیک سنتی را مرتفع می‌کند. به همین خاطر در بسیاری کاربردها، اتوماسیون پست به عنوان یک مفهوم جدید در نظر گرفته می‌شود. اساس اتوماسیون پست در تعریف جدید و امروزی بکارگیری ادوات الکترونیکی هوشمند<sup>۱</sup> بوده که به طور معمول از چند ریزپردازنده و پورتهای ارتباطی با توانایی انتقال داده تشکیل شده و توانایی اجرای دستورات کنترلی با کارایی بهتر را دارا می‌باشد.

سیستم کنترل بر پایه روش‌های دیجیتالی، توانایی تهیه توابع گوناگون توسط برنامه‌ریزی مناسب را دارا می‌باشد. توابعی مثل کلیدزنی که می‌تواند توسط یک حافظه و پردازش محدود پیاده گردد، با استفاده از حافظه‌های فقط خواندنی قابل برنامه‌ریزی<sup>۲</sup> اجرا می‌شوند. از اطلاعات موجود چنین برمی‌آید که در صنایع امروزی اغلب نیازهای کنترلی برای پستها بهتر است توسط تکنیکهای دیجیتالی و از طریق استفاده از میکرو کامپیوترها و یا تجهیزات میکروپروسسوری اجرا گردد. فواید استفاده از تکنولوژی دیجیتالی عبارتند از:

- از طریق استفاده از ساختار مناسب سخت‌افزاری و نرم‌افزاری می‌توان از قابلیت رایانه مبنی بر انجام چندین تابع در یک زمان بهره گرفت.
- با استفاده از یک پایگاه اطلاعات مشترک برای چندین تابع، می‌توان جمع‌آوری و توزیع داده‌های ورودی و خروجی را ساده‌تر کرده و امکان معتبرسازی اطلاعات را جهت افزایش قابلیت اعتماد افزایش داد.
- قابلیت اعتماد عملکرد تجهیزات را در صورت لزوم با افزایش سخت‌افزارهای جانبی مناسب می‌توان تأمین نمود.

1 . IED (Intelligence electronic devic)

2 . PROM

- قابلیت انعطاف نرم‌افزار و سازگاری آن با سخت‌افزار می‌تواند پوشش مطلوبی در برآوردن نیازهای شبکه تأمین نماید و از طریق توسعه‌پذیری سیستم‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری، می‌توان تغییرات پست را در طول عمر مفید آن پوشش داد. عبارت دیگر قابلیت سیستم‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری در توسعه‌پذیری باعث می‌شود که سیستم کنترل توانایی تطبیق با تغییرات در سطح پست را دارا باشد.
  - تجهیزاتی که بر پایه تکنولوژی دیجیتالی استوار می‌باشند فضای کمتری را اشغال کرده و علاوه بر مزایای اقتصادی، فضای مناسب برای نصب تجهیزات بیشتر را فراهم می‌آورد.
  - ترکیب دستگاههایی که از ریزپردازنده‌ها استفاده می‌کنند و بکارگیری تکنولوژی ارتباطات منجر به بدست آوردن اطلاعات زیادی در مورد سیستم قدرت و تجهیزات بکاررفته می‌شود. با استفاده از اطلاعات متغیرهای سیستم قدرت (شامل دامنه و زاویه ولتاژها و جریانه‌ها، توان حقیقی و راکتیو، فرکانس، ضریب توان و...) به همراه اطلاعات موجود در مورد پیشامدی که منجر به عملکرد رله‌شده، مکان‌یابی خطاها و تحلیل خطاها یک پایگاه اطلاعاتی بسیار مناسب در مورد وضعیت تجهیزات تهیه شده که با استفاده از آن و تکنیکهای تحلیلی، نگهداری و تعمیر دستگاه تنها براساس شرایط واقعی تجهیز انجام می‌گیرد نه براساس برنامه زمان‌بندی.
  - در سیستم‌های با تکنولوژی کنترل دیجیتالی کنترل، همواره امکان تعریف لاجیک‌های کنترلی اصلاح شده یا کاملتر بصورت نرم‌افزاری وجود خواهد داشت.
  - یک مزیت عمده دیگر امکان تعریف سطح دسترسی افراد به سیستم و پایگاه داده‌ها می‌باشد.
- در روش‌های دیجیتالی، پیشرفته‌های ایجادشده در تکنولوژی ارتباطات برای ارتباط قسمتهای مختلف بکار گرفته می‌شود. در داخل پست، یک شبکه محلی ارتباطی (LAN) با سرعت بالا برای انتقال داده‌ها و کنترل فرمانها وجود دارد که جایگزین کابل‌های گران و حجیم بکاررفته در سیستم‌های سنتی می‌شود. تکنیکهای زیادی برای انتقال داده‌ها از یک پست به دیگر پستها وجود دارد که شامل بکاربردن خطوط تلفن اختصاصی یا اجاره‌ای، خطوط تلفن شماره‌گیر (dial-up)، انتقال ماهواره‌ای، تکنیکهای رادیویی و شبکه‌های فیبرنوری می‌باشد. اساساً این تنوع روش‌های ارتباطی منجر به انتقال مقادیر بزرگی از اطلاعات به همراه کاهش هزینه خواهد شد.
- امروزه بطور وسیعی از تکنولوژی دیجیتالی در مسائل کاربردی بهره گرفته می‌شود و همچنین سطح بالایی از تحقیقات و فعالیتهای توسعه به این امر اختصاص داده شده است. فاکتورهای فوق در کنار اطمینان از تداوم دسترسی به تجهیزات رایانه‌ای مناسب و دورنمای پیشرفت در توانایی قابلیت اعتماد و سودمندی در هزینه این تجهیزات، کاربرد آنها را فراگیرتر می‌نماید.

## ۱-۶- عوامل محرک برای اتوماسیون پست

با اتوماسیون پست هزینه‌های نصب، بهره‌برداری و نگهداری کاهش می‌یابد. علاوه بر آن اتوماسیون پست دارای مزایای دیگری از جمله اصلاح بازده و قابلیت اطمینان سیستم، افزایش کیفیت توان و اصلاح سرویس ارائه شده به مشتری می‌باشد. هدف از دسترسی باز<sup>۱</sup>، استفاده ماکزیمم از قابلیت‌های سیستم قدرت بدون انحراف از هر نوع پایداری یا محدودیت‌های بهره‌برداری تجهیزات است. در حال حاضر در بسیاری از موارد بهره‌برداران مستقل سیستم<sup>۱</sup> (ISO) وظیفه کنترل و بهره‌برداری

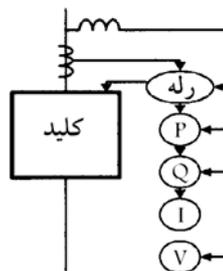
1. دسترسی باز (Open Access) در شبکه‌های تجدیدساختار شده به مفهوم امکان دسترسی آزاد تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان انرژی الکتریکی به شبکه انتقال می‌باشد.

سیستم قدرت در یک حالت ایمن و قابل اعتماد را برعهده دارند. ISO ها برای انجام محاسبات مربوط به ظرفیت خطوط انتقال، پایداری، شناسایی و ارزیابی پیشامدها و هزینه‌های بهره‌برداری از نرم‌افزارهای رایانه‌ای پیچیده استفاده نموده و تمامی این برنامه‌ها از داده‌ها و اطلاعات مربوط به پستهای فشارقوی بهره می‌گیرند. واضح است که اگر کیفیت و کمیت اطلاعات موجود ناکافی باشد، نتایج محاسبات دارای دقت مناسبی نخواهد بود در نتیجه حاشیه اطمینان بیشتری نیاز می‌باشد. بنابراین به منظور اطمینان از دستیابی به حداکثر مزایای سیستم دسترسی باز، بدون ریسک ناشی از خروج‌ها یا سایر مشکلات بهره‌بردا، ISO باید داده‌های بیشتر و بهتری را در دسترس داشته باشد.

### ۱-۷- اتوماسیون پست و حجم اطلاعات

امروزه سیستم اتوماسیون پست شامل تجهیزاتی جهت پوشش آلام‌ها و پردازش پیشامدها نیز می‌باشد. با استفاده از این سیستم‌ها می‌توان به اطلاعاتی نظیر خطاها و وقایع ثبت شده، تنظیمات رله‌ها، پروفیل بارها، و... دسترسی پیدا نمود. سیستم اتوماسیون پست دارای یک شبکه محلی با سرعت بالا (LAN) برای انجام وظایف اتوماسیون محلی بوده که به طور معمول در سیستم اتوماسیون پست برنامه‌ریزی می‌شوند یا بوسیله کنترل‌کننده‌های منطقی برنامه‌پذیر انجام می‌گیرند. LAN تا آنجایی که ممکن است ارتباط یک به یک بین تجهیزات و دستگاه‌های پست را برقرار می‌کند که در این صورت قدرت پردازش بزرگی ایجاد شده و امکان انتقال فیدر و بار در داخل پست یا بین پستهای با طرح‌های متفاوت وجود خواهد داشت. این امر باعث کمتر شدن میزان خاموشی‌ها، اصلاح کیفیت برق و استفاده ماکزیمم از تجهیزات نصب شده خواهد شد. سطح دسترسی به شبکه LAN برای اپراتورها و مهندسين سیستم متفاوت می‌باشد.

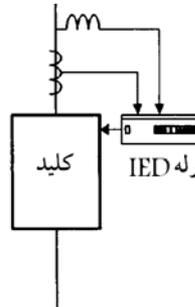
شکل (۱-۱) طرح سنتی اتصال کلید قدرت، رله‌ها، مبدل‌ها و اندازه‌گیرها برای مانیتور کردن ولتاژ، جریان، توان حقیقی و توان راکتیو را نشان می‌دهد. داده‌هایی که از واحد کنترل از راه دور (RTU) به سیستم کنترل نظارت و جمع‌آوری اطلاعات (SCADA) ارسال می‌شود، شامل جریانها، ولتاژها، توان‌های اکتیو و راکتیو، وضعیت کلیدها و وضعیت وصل مجدد می‌باشد.



شکل ۱-۱: کنترل کلید در روشی سنتی

اگر از رله‌های میکروپرسسوری و تجهیزات الکترونیکی هوشمند (IED) به عنوان المانهای کنترلی و منبع تهیه داده استفاده شود، حجم داده بسیار زیاد خواهد شد. دیاگرام اتصال در شکل (۲-۱) آورده شده است. البته تفاوت اصلی در این است که از حجم

سیم‌کشی بین مبدل‌ها و اندازه‌گیرها کاسته می‌شود. داده‌های ارسالی از وسایل الکترونیکی هوشمند (IED) شامل مقادیر جریانها و ولتاژها و زوایای آنها، توان‌های اکتیو و راکتیو، فرکانس، ضریب توان، مقادیر ریمانند، وضعیت کلیدها و وصل مجدد و اطلاعات کنترلی اضافی می‌باشد.



شکل ۱-۲: کنترل کلید با استفاده از ادوات الکترونیکی هوشمند

علاوه بر داده‌های همزمان فوق، یک مجموعه از مقادیر ماکزیمم و مینیمم جریانها، توان حقیقی و توان راکتیو شامل دامنه‌ها، تاریخ و زمان آنها وجود دارد. داده‌های غیرهمزمان موجود شامل ثبت چندین خطا، ثبت دهها مورد مربوط به بهره‌برداری و عملکرد، ثبت چند صد مورد مربوط به پروفیل بار بوده و بیش از چندین هزار شکل موج نمونه وجود دارد. بطور معمول پتانسیل پایگاه اطلاعاتی سیستم اتوماسیون جدید که در آن از وسایل الکترونیکی هوشمند به عنوان منبع تهیه داده استفاده می‌شود، بسیار بیشتر است.

## ۱-۸- اثرات افزایش حجم داده در سیستم‌های اتوماسیون دیجیتالی

با اتوماسیون کردن پستها، حجم پایگاه اطلاعاتی بکاررفته به میزان ۱۰ تا ۱۰۰ برابر بزرگتر شده و این بدین معناست که زمان لازم برای ساخت یک پایگاه اطلاعاتی ۱۰ تا ۱۰۰ برابر خواهد شد. بنابراین نیاز است که روشها و وسایل دیگری برای ساختن و نگهداری پایگاه داده‌ها بکار رود. به عبارت دیگر ممکن است که معماری پایگاه اطلاعاتی کنونی برای آینده جوابگو نباشد. همچنین تکنیکهایی که برای به روز کردن و واریسی پایگاه اطلاعاتی به کار گرفته می‌شود باید اصلاح شود.

یک مشکل دیگر در سیستم‌های جدید مربوط به نمایشگرهای سیستم اسکادا می‌باشد. در اتوماسیون دیجیتالی پست، بدلیل افزایش حجم داده‌ها نیاز به صفحات نمایشی زیادی برای هر پست بوده و از تکنیکهای سنتی نمی‌توان استفاده کرد. پنجره‌ها و بندهای نمایشگر باید به گونه‌ای باشد که اپراتور مجموعه‌ای از داده‌های خلاصه شده را ببیند و در صورت نیاز درخواست داده‌های اضافی کند. تکنیکهای ساخت نمایشگر تا آنجایی که امکان دارد باید از قراردادهای مشابه برای نامگذاری پایگاه داده‌ها استفاده کنند تا ارتباط اتوماتیک بین پایگاه داده‌ها و نمایشگرها برقرار شود. یک اثر دیگر افزایش حجم داده مربوط به مسائل عملکرد و کارایی است. در سیستم‌های جدید نیازمندیهای ظرفیت ذخیره دیسک با بزرگ شدن پایگاه داده‌ها افزایش می‌یابد. قدرت پردازنده‌ها باید گونه‌ای باشند تا بتوانند داده‌های بسیار بیشتری را در واحد زمان پردازش کنند. با فرض اینکه مسائل مربوط به پایگاه داده‌ها، نمایشگرها و عملکرد را حل شده فرض کنیم، سؤالی که مطرح است این است که چه عملی باید با داده‌ها انجام گیرد؟

بیشتر برنامه‌های کاربردی مربوط به سیستم‌های مدیریت انرژی با تخمینی برای تهیه یک نقطه پایه شروع می‌شود. برای استفاده موثر از داده‌های اضافی تکنیک‌های تخمین حالت باید اصلاح شود. امروزه، بیشتر برنامه‌های کاربردی از مدل تک فاز سیستم استفاده کرده و عدم تعادل در سطوح انتقال را ناچیز فرض می‌کنند. ولی وقتی محدودیت‌ها افزایش می‌یابد، عدم تعادل ممکن است یک فاکتور مهم بوده و لازم است که به سمت یک مدل سه فاز حرکت کنیم. بنابراین می‌بایستی از تکنیک‌های جدید برای گسترش و ایجاد یک مدل دقیق سه فاز استفاده شود. همچنین پردازش داده‌ها با این حجم زیاد نیازمند بکارگیری تکنیک‌های محاسباتی ماتریسی می‌باشد. وقتی برنامه تخمین حالت به سه فاز تبدیل می‌شود، برنامه‌هایی مانند پخش بار، پخش بار بهینه، انتخاب پیشامد و ارزیابی آن و... نیز باید ارتقاء یابند.

با این حال افزایش حجم داده دارای مزایای زیادی است. با اطلاعات بیشتر نتایج برنامه‌های کاربردی، انتخاب پیشامدها و ارزیابی آن دقیق‌تر می‌شود و تکنیک‌های جلوگیری از پیشامد می‌تواند با کمترین قیمت یا ریسک بهینه شود. همچنین برای برآوردن مسائل مربوط به دسترسی باز و بازار رقابتی برق به این اطلاعات نیاز خواهد بود.

ظهور و ورود دستگاه‌های الکترونیکی هوشمند (IED) اگر چه هدف دسترسی گسترده به داده را با بکارگیری تکنیک‌های وب فراهم می‌کنند ولی مشکل جدی آن ایمنی دسترسی است. برای دسترسی به پایگاه داده‌ها در سیستم اتوماسیون پست، بایستی تکنیک‌های ایمنی خاصی بکارگرفته شود تا امنیت لازم برقرار شود.

## ۱-۹- تکنیک‌های هوش مصنوعی در اتوماسیون پست

در سالهای اخیر، تکنیک‌های هوش مصنوعی و روش مبتنی بر سیستم‌های خبره برای کلیدزنی بهینه در پستها بکارگرفته شده است. مزایای استفاده از سیستم خبره به موارد زیر خلاصه می‌شود:

- تهیه دستیاری هوشمند برای اپراتور پست
- پشتیبانی از توابع کلیدزنی اتوماتیک پست توسط حفاظت و کنترل میکروپرسوری
- فراهم نمودن سیستم‌های مدیریت انرژی<sup>۱</sup> (EMS) به همراه ابزاری برای بازگرداندن سریع سیستم در شرایط اضطراری به شرایط پایدار

از نقطه نظر عملیاتی تمام وسایل کلیدزنی و ارتباطات بین آنها، شبکه کلیدزنی را تشکیل می‌دهند. در این شبکه عملیات کلیدزنی بر روی کلیدها و سکسیونرها عمل می‌کند. ترکیب سیستم ابتدا به گراف توپولوژیکی تبدیل شده و در پایگاه اطلاعات سیستم هوشمند قرار می‌گیرد. استراتژی کلیدزنی که بر پایه متدهای مختلف و با در نظر گرفتن وظایف سیستم کنترل تعیین می‌شود، بصورت اگر- آنگاه در یک پایگاه قوانین جمع‌آوری می‌شود. سیستم خبره با رجوع به پایگاه اطلاعات و استفاده از پایگاه قوانین، نتایج را استنتاج نموده و ترتیب کلیدزنی را مشخص می‌کند.



## ۱-۱۰-۱ - بررسی فنی - اقتصادی انواع سیستم‌های کنترل

همانگونه که ذکر شد، جمع‌آوری اطلاعات، ثبت حوادث، نمایش وضعیت پست، نمایش مقادیر اندازه‌گیری شده و ارسال فرمانهای کنترلی جزء وظایف سیستم کنترل به شمار می‌آید که دقت، سرعت پاسخگویی، قابلیت اعتماد، امنیت، قابلیت دسترسی، قابلیت انعطاف و توسعه‌پذیری از ویژگیهای آن محسوب می‌شوند. وظایف و خصوصیات مذکور به دو صورت زیر قابل دسترسی می‌باشند:

- استفاده از سیستم کنترل بصورت دستی یا اتوماتیک ولی بدون استفاده از سیستم‌های دیجیتالی
  - استفاده از سیستم کنترل برنامه‌پذیر که بر پایه میکروپروسورها و میکرو کامپیوترها عمل می‌کند.
- از میان دو مورد فوق، بعلاوه مزایای تکنیکی و اقتصادی، گزینه دوم یا سیستم کنترل برنامه‌پذیر مناسب‌تر است. این نوع سیستم‌ها مزایایی از قبیل کاهش دخالت انسان در جمع‌آوری و پردازش آنها، افزایش بازده عملیاتی، قابلیت نمایش و ثبت اطلاعات بیشتر با زمان دسترسی مناسب‌تر و همچنین هزینه کمتر و کاهش فضای تجهیزات کنترلی را دارا می‌باشد.
- مزایای فنی و اقتصادی سیستم‌های کنترل رایانه‌ای به شرح زیر دسته‌بندی می‌شود:

- از نقطه نظر اقتصادی، هزینه کنترل و نظارت، با تغییر نیازمندیهای شبکه و ظهور وظایف جدید تغییر می‌کند و در سیستم‌های رایانه‌ای با افزایش و توسعه وظایف، هزینه سخت‌افزاری تقریباً ثابت می‌ماند. همچنین برخلاف سیستم‌های مرسوم، چندین تابع کنترل در یک تجهیز قرار می‌گیرد. بنابراین علاوه بر کاهش تجهیزات، خطوط ارتباطی بین آنها را نیز کاهش می‌دهد. همچنین امکان حذف اپراتور برای پست نیز وجود داشته که باعث صرفه‌جویی اقتصادی بیشتری می‌گردد. این امر خصوصاً در پستهایی که محل آنها دارای خطرات بوده و لازم است بدون اپراتور (Un-Man) کنترل گردند اهمیت بیشتری دارد.
- از نقطه نظر فنی، جمع‌آوری و پردازش اطلاعات و ارتباطات قویتر با مرکز کنترل شبکه و پستهای همجوار را مهیا ساخته و وظایف بیشتری را با کیفیت مطلوب‌تر به انجام می‌رساند. همچنین کیفیت سرویس‌دهی و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری را به همراه خواهد داشت.
- توانایی آزمایش اتوماتیک، قابلیت دسترسی سیستم را با تشخیص و برطرف کردن سریع خرابیها افزایش می‌دهد.
- توانایی انکارناپذیر نرم‌افزارهای رایانه‌ای باعث می‌گردد که توسعه شبکه و پیچیدگی توابع کنترلی سیستم را دچار مشکل ننموده و خطاهای ناشی از گستردگی شبکه به حداقل برسد.
- بهبود مشخصات فنی شبکه از اهداف مهم طراحی می‌باشد. تکنیکهای دیجیتال، علاوه بر کاهش هزینه‌ها، کمیت و کیفیت بهره‌برداری، کنترل، جمع‌آوری و پردازش اطلاعات را افزایش داده و مدل کردن شبکه را به صورت on line ممکن می‌سازد.







[omoorepeyman.ir](http://omoorepeyman.ir)

## مقدمه

در این فصل روش طراحی سیستم کنترل پست مبتنی بر تجهیزات الکترونیکی هوشمند (IED) و روش‌های دیجیتالی ارائه شده و در پایان برای آشنایی با رویه طراحی یک مثال کاربردی نیز ارائه می‌شود.

## ۱-۲- کلیات

سیستم‌های کنترل در پستهای انتقال نیرو، وظیفه جمع‌آوری اطلاعات و ارسال فرمانهای کنترلی را به عهده دارند. از دیدگاه شبکه، سیستم کنترل بهینه باید وظایف محوله را حتی‌الامکان به صورت اتوماتیک به انجام رسانده و فاکتورهای آمادگی، سرعت، قابلیت اعتماد، قابلیت دسترسی و ... را برآورده نماید. در کنار موارد فوق، قابلیت توسعه‌پذیری همراه با گسترش پست نیز باید مدنظر قرارگیرد. همانند سیستم‌های حفاظت، در بخشهایی از فعالیتهای کنترلی که برای تداوم سرویس‌دهی، جلوگیری از صدمات قابل ملاحظه و افزایش قابلیت اعتماد اهمیت حیاتی دارند، از سیستم رزرو در کنار سیستم اصلی بهره گرفته می‌شود که عموماً مشابه سیستم اصلی انتخاب می‌گردد. سیستم کنترل شامل دستگاههایی است که عملکرد سیستم اولیه (تجهیزات فشارقوی) را مطمئن‌تر می‌نماید و وظایف کنترل، اینترلاک، ارسال و نمایش سیگنال، شمارش، ثبت حوادث و حفاظت را به انجام می‌رساند. هدف از قراردادن تجهیزات کنترلی در پست، تغییر شرایط واقعی به شرایط دلخواه است.

سیستم جمع‌آوری اطلاعات، پارامترهای مورد نیاز جهت کنترل دستی و اتوماتیک و تحلیل پس از رویداد را تدارک دیده و بصورت پردازش شده در اختیار سیستم کنترل ناظر و اپراتور قرار می‌دهد. در این راستا، سیستم جمع‌آوری اطلاعات اقدام به ثبت حوادث، رسم شکل موجها، ارائه مقادیر اندازه‌گیری شده و نمایش وضعیت کلیدها و سکسیونرها نموده و در مواقع ضروری، سیستم اعلام خطر را بکار می‌اندازد.

تمام اطلاعات از طریق خطوط تله‌کنترل از پست فشارقوی به مرکز کنترل ارسال می‌شوند تا تحت پردازش قرار گیرند. رشد و توسعه پردازش اطلاعات باعث گردیده است که اتاق کنترل با صفحه نمایش‌های میمیک، جای خود را به سیستم‌های کنترل رایانه‌ای با صفحه نمایش‌های ویدیویی بدهد. اجرای فرامین کنترلی در پست به دو دسته تقسیم می‌گردد. بخشی از فعالیتهای کنترلی مربوط به عملکرد عادی پست است. در این حالت تغییرات اعمال شده از طرف اپراتور یا سیستم کنترل ناظر در اختیار سیستم پست قرار گرفته و مجموعه دستورات از پیش تعیین شده اجرا می‌گردند. بخش دیگر فعالیتهای کنترلی مربوط به سیستم حفاظت است. در این حالت عملکرد رله حفاظتی به همراه خطاهای ثبت شده توسط آن (سیگنالها و شکل موجها) به سیستم کنترل گزارش می‌شود. وصل مجدد اتوماتیک، تغییر در ترکیب کلیدهای پست و انجام مانورهای لازم در ترکیب جدید، کنترل تولید و حذف اضطراری بار در برگرداندن پست به سرویس‌دهی مطلوب نقش به‌سزایی دارند. سیستم کنترل، بهبود کیفیت ولتاژ و کنترل توان راکتیو را از طریق تپ‌چنجرها و جبران‌کننده‌های توان راکتیو انجام داده و نظارت می‌نماید.

پیشرفت تکنولوژی و گسترش و تکامل ادوات و تکنیکهای دیجیتالی از یک سو و افزایش نیازمندیهای سیستم قدرت، ایجاد بازار رقابتی و تجدید ساختار در صنعت برق باعث شده است که شرکت‌های برق جهت افزایش کارایی، پایداری و بهره‌برداری بهینه از

سیستم قدرت، به فکر جایگزینی سیستم کنترل سنتی پستها با سیستم‌های کنترل جدید باشند. سیستم‌های کنترل جدید بر مبنای تکنیک‌های دیجیتالی و با بکارگیری تجهیزات الکترونیکی هوشمند و تکنیک‌های ارتباطی جدید محقق می‌شود.

## ۲-۲- اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی

فاکتورهای زیر، سیاست‌های کنترلی پست را تعیین نموده و ترکیب و جایگاه آن را در شبکه سراسری مشخص می‌نماید.

- نوع شینه‌بندی

کلیدزنی اتوماتیک و ترتیب و برقراری مجدد سرویس‌دهی توسط سیستم، یکی از مهمترین وظایف سیستم کنترل در زمان بروز حادثه است. چگونگی ورود و خروج فیدرها یا انتقال بار از یک شینه به شینه دیگر و بقیه کلیدزنی‌های موجود در پست، به آرایش شینه‌بندی بستگی دارد.

- تعداد فیدرها

با افزایش تعداد فیدرها، سیستم پیچیده‌تر شده و نیازهای کنترلی افزون‌تری را در ارتباط با ترتیب و برقراری مجدد سیستم و آرایش فیدرها طلب می‌کند.

- نوع فیدرها

فیدرهای موجود در پست ممکن است خط، ترانسفورماتور، فیدر واحد تولید یا باس کوپلر باشند. نوع فیدر بر روی سیستم حفاظت و کنترل تأثیر می‌گذارد.

- جایگاه پست در شبکه (موقعیت شعاعی یا حلقوی)

این فاکتور بر روی ارتباط متقابل پست با سایر پستهای مرتبط و مرکز کنترل ناظر موثر می‌باشد. این ارتباط می‌تواند اطلاعاتی بوده و یا ارتباط کنترلی باشد.

- امکانات دریافت و اجرای فرامین از راه دور

قبل از فرآیند طراحی باید ترکیب پستها در شبکه و کیفیت ارسال فرامین بین پستها تعیین گردند.

- پارامترهای آب و هوایی و شرایط محیطی در محل احداث پست

مقادیر حداقل و حداکثر درجه حرارت محیط، رطوبت، سطح آلودگی محیط و دیگر پارامترهای آب و هوایی بر روی انتخاب اجزا سیستم کنترل، حفاظت، پوشش و تهویه تابلوها و تجهیزات کنترل تأثیر می‌گذارد. در طول زمان بهره‌برداری ممکن است شرایط غیرعادی پدید آید که توجه ویژه‌ای را می‌طلبد. در چنین شرایطی وسایل و تجهیزات مورد استفاده باید ساختمان و حفاظت ویژه داشته باشند. برای این منظور لازم است استفاده‌کننده شرایط محیطی و اقلیمی و زمین لرزه در محل مورد نظر خود را تعریف نماید تا تجهیزات با پوشش مناسب تدارک دیده شود. این شرایط عبارتند از:

- دود یا بخارهای صدمه‌زننده، گرد و غبار بیش از حد، ترکیبات قابل انفجار گازها، پاشنده‌های نمک، رطوبت بیش از حد و ...
- ارتعاش و شوک غیرعادی
- منابع حرارتی تشعشعی یا انتقالی
- حمل و نقل یا شرایط انبار کردن



- محدودیت‌های غیرعادی فضای مورد نیاز
  - شرایط غیرعادی در انجام وظایف و فرکانس
  - ارتفاع بیش از ۲۰۰۰ متر
  - تداخل الکترومغناطیسی عادی
- سازندگان، تجهیزات خود را طوری طراحی و آزمایش می‌کنند تا تداخل الکترومغناطیسی (EMI) از حد مجاز خارج نشود و استفاده‌کنندگان، محیط‌های خود را از نظر سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) مورد بررسی قرار می‌دهند.

• سطح ولتاژ پست

معیارهای طراحی سیستم‌های کنترل و اتوماسیون پستها (منطق عملکردها، سرعت فرامین، تعداد سیگنال‌های I/O برای IEDها) بسته به نوع هر پست (انتقال، فوق توزیع و توزیع) متفاوت می‌باشد.

## ۲-۳- شاخص‌ها و پارامترهای مشخص‌کننده طراحی

### ۲-۳-۱- کلیات

برای طراحی و ساخت تجهیزات و سیستم‌های کنترلی، می‌توان از تکنولوژی‌های مختلف استفاده نمود و تابع خروجی مورد نظر را بدست آورد. بنابراین نکته حائز اهمیت در طراحی سیستم‌های کنترلی، یافتن توابع کنترل با شاخص‌های مورد نظر بوده و از دیدگاه شبکه، اجزا داخلی و ارتباط بین آنها مطرح نمی‌باشند. مجموعه اعمالی که تحت عنوان کنترل مطرح می‌شود، بدو طریق انجام می‌گیرد. در سیستم‌های رایج، این وظایف توسط وسایل الکترومغناطیسی و الکترومکانیکی از نوع کنتاکت ساده مثل کنتاکتورها و رله‌های کمکی صورت گرفته در حالی که در سیستم‌های جدید این افعال توسط اجزا الکترونیکی بدون کنتاکت و منطق دیجیتال انجام می‌گیرد. تکنولوژی‌های مورد استفاده در ساخت سیستم کنترل بر روی قابلیت اعتماد، قابلیت دسترسی، طول عمر مفید، حجم و قابلیت توسعه‌پذیری تأثیر می‌گذارند. به همین دلیل امروزه سیستم‌های کنترلی هرچه بیشتر به سمت استفاده از سیستم‌های نوین برنامه‌پذیر و تکنولوژی پیشرفته ارتباطات پیش می‌رود.

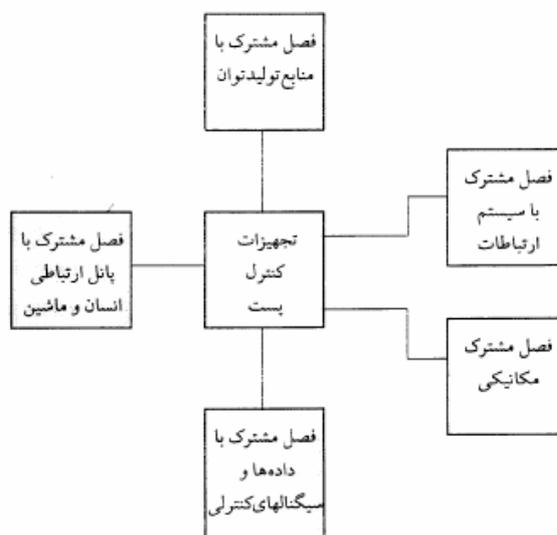
بطور کلی یک سیستم کنترل پست بهینه و ایده‌آل وظایف زیر را در زمان کم با کیفیت و ضریب اطمینان بالا انجام می‌دهد:

- جمع‌آوری اطلاعات و نمایش آن بر روی صفحه نمایش HMI و ارتباط با دیگر پستها و مراکز دیسپاچینگ ناحیه‌ای و ملی
- نشان دادن اطلاعات حالت پیوسته به صورت گسسته
- اندازه‌گیری مقادیر پیوسته
- تهیه متغیرهای افزایشی جهت آمار و صورتحساب
- ارسال فرمان سوئیچینگ شامل وصل مجدد اتوماتیک، سنکرون کردن
- تنظیم مقادیر متغیرهای گسسته و پیوسته شامل کنترل تپ چنجرها، راکتورها و بانکهای خازنی
- تهیه اتوماتیک پیامهای خطا
- نمایش حالات خطا
- تخمین حالت زمانی



- تعیین محل خطا
- ثبت حوادث برای تحلیل پس از رویداد
- کنترل بار - فرکانس و مدیریت انرژی
- مشاهده و تحلیل امنیت سیستم
- ارزیابی شرایط اضطراری
- حذف اتوماتیک بار و بازگرداندن شبکه به حالت عادی
- سیستم عملکرد و نشان دهنده اینترلاکها
- نظارت بر حفاظت رله‌ای
- نظارت بر سیستم AC,DC پست

وظایف فوق برای یک سیستم کنترل ایده‌آل مطرح است ولی معمولاً در شرایط طراحی یک پست، توپولوژی سیستم قدرت و استراتژی کنترل موردنظر کارفرما تعیین کننده خواهد بود. عبارت دیگر مسائل اقتصادی، انتظارات استفاده کننده از سیستم کنترل پست، جایگاه پست در شبکه و ... از عواملی هستند که توابع خروجی سیستم کنترل را تعیین می کنند. سیستم کنترل چه به صورت دستی یا اتوماتیک و یا کنترل ناظر نیازمند ارتباط با سیستم‌های مختلف است. شکل (۱-۲) فصل مشترک سیستم کنترل با سیستم‌های دیگر را نشان می دهد. این فصل مشترک‌ها، در واقع نشان دهنده ارتباطات و وظایف سیستم کنترل هستند.



شکل ۱-۲: بلوک دیاگرام فصل مشترک‌های تجهیزات کنترل پست



## ۲-۳-۲- فصل مشترک با سیستم‌های اطلاعاتی و کنترلی

ارتباط سیستم کنترل با خارج از طریق اتصالات الکتریکی بین این سیستم و دستگاه‌های تحت نظارت صورت می‌پذیرد. مسیر سیگنال‌های مرتبط با سیستم کنترل به دو دسته تقسیم می‌گردند. مسیرهای اطلاعاتی به عنوان ورودی‌های سیستم کنترل بوده و مسیرهای کنترلی، خروجی سیستم می‌باشند.

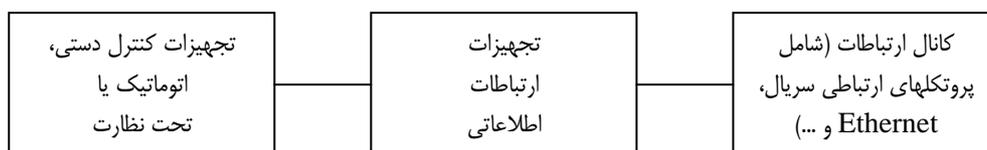
برای هر مسیر ورودی (اطلاعات) یا خروجی (کنترل)، مشخصات سیگنال باید مشخص شده و فصل مشترک بین تجهیزات طراحی گردد. کاربرد سیگنال در سیستم‌های گوناگون بسیار گسترده است و تدوین استاندارد برای سیگنال ممکن نمی‌باشد. بنابراین مشخصات مورد نیاز استفاده‌کننده در نظر گرفته می‌شود. در استاندارد ANSI/IEEE C37.2، کد توابع برای تجهیزات سیستم قدرت معرفی شده و استفاده از آن توصیه می‌گردد. مشخصات زیر برای تعریف انواع سیگنال‌های آنالوگ و دیجیتال مورد نیاز می‌باشند:

- سیگنال‌های ورودی آنالوگ: مقادیر محدوده سیگنال، دقت سیگنال، حداقل مقدار قابل تشخیص و محدودیت‌های موجی و عایقی.
  - سیگنال‌های خروجی آنالوگ: مقادیر محدوده سیگنال، دقت سیگنال، زمان پاسخ سیگنال و محدودیت‌های موجی و عایقی.
  - سیگنال‌های ورودی و خروجی الکترونیکی دیجیتالی: مقادیر سطح سیگنال، مدت زمان سیگنال، نرخ تکرار سیگنال، محدودیت‌های موجی و عایقی، انتقال سری یا موازی و فرمت ارسال.
  - سیگنال‌های ورودی و خروجی الکترومکانیکی دیجیتالی: مقادیر سطح سیگنال، حد جهش اتصال، مدت زمان سیگنال، محدوده مجاز تکرار سیگنال، محدوده مجاز اتصال و محدودیت‌های موجی و عایقی.
- مشخصات فوق بستگی زیادی به نوع کاربرد داشته و در موارد مختلف از مقادیر متفاوت استفاده می‌گردد.

## ۲-۳-۳- ارتباطات

سیستم کنترل، یک فصل مشترک با سیستم ارتباطات شبکه قدرت دارد که شامل اتصالات الکتریکی و مکانیکی با دستگاه‌های ارتباطی است. این فصل مشترک بر دو نوع است:

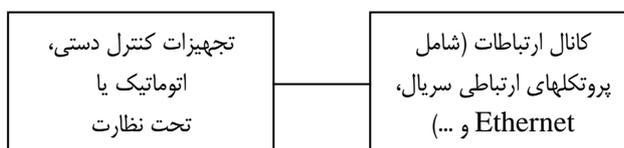
- فصل مشترک سیستم کنترل با وسیله ارتباطات اطلاعاتی (به عنوان مثال مودم اطلاعات): این حالت زمانی اتفاق می‌افتد که تجهیزات ارتباطات اطلاعاتی به عنوان بخشی از سیستم کنترل در نظر گرفته نشده باشند. شکل (۲-۲) این حالت را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲: فصل مشترک سیستم کنترل با تجهیزات ارتباطات اطلاعاتی



- فصل مشترک سیستم کنترل با یک کانال ارتباطات: این نوع فصل مشترک در شکل (۲-۳) نشان داده شده و مودم اطلاعاتی به عنوان قسمتی از تجهیزات کنترل درون آن قرار گرفته است. کانال ارتباطات شامل انواع ماکروویو، رادیویی، کابلی و PLC می‌باشد.



شکل ۲-۳: فصل مشترک سیستم کنترل با کانال ارتباطات

### ۲-۳-۴- ارتباط اپراتور و سیستم کنترل

فصل مشترک انسان و ماشین به عنوان ارتباط اپراتور و تجهیزات کنترل مطرح می‌گردد و بطور اختصار در سیستم‌های کنترل سنتی از آن به عنوان (MMI) و در سیستم‌های کنترل مدرن تر از آن به عنوان واسط انسان-سیستم (HMI) یاد می‌گردد. به عبارت دیگر این واسط، مرز بین اپراتور و سیستم پردازش و ارسال اطلاعات و کنترل می‌باشد. نیازهای مقدماتی برای ارتباط بهینه انسان و ماشین این است که اپراتور توسط اطلاعات دقیق و قابل اعتماد از حالت و وضعیت واقعی پست و سیستم ارتباطات آگاه شود.

### ۲-۴- ساختار سیستم‌های کنترل مدرن

#### ۲-۴-۱- کلیات

سیستم اتوماسیون پست دربردارنده همه توابع مورد نیاز برای کنترل و مانیتورینگ پست است. تمامی بلوک‌ها و ترمینال‌های بکارگرفته شده براساس تکنولوژی روز و سازگار با تجهیزات سنتی می‌باشند. بنابراین برای جایگزین کردن تکنولوژی جدید در سیستم‌های کنترل قدیمی می‌توان مرحله به مرحله از جایگزینی رله‌های حفاظتی با رله‌های عددی شروع کرده تا اینکه در نهایت کل سیستم‌های کنترل و حفاظت یک مجموعه هماهنگ براساس تکنولوژی جدید شود.

در حال حاضر تجهیزات الکترونیکی هوشمند براساس تکنولوژی روز برای کنترل و حفاظت جامع سیستم‌های تولید، انتقال، توزیع و صنعتی موجود می‌باشد. برای اتوماسیون پست حتی می‌توان از رله‌های قدیمی یا رله‌های استاتیک/الکترومکانیکی استفاده کرد. منتهی اطلاعات خروجی این رله‌ها تنها محدود به سیگنال‌های کنتاکت بوده که در رله‌ها وجود دارد. بنابراین می‌توان از مبدل‌ها و سنسورهای ولتاژ و جریان جداگانه در کنار رله‌های سنتی استفاده کرد. سیگنال‌های خروجی رله‌های سنتی را می‌توان به اطلاعات متناظر با رله‌های دیجیتال تبدیل کرد. به این ترتیب هم رله‌های عددی جدید و هم رله‌های سنتی می‌توانند از طریق یک گذرگاه ارتباطی فیبرنوری ارتباط برقرار کنند. به این ترتیب جهت اقدام به اتوماسیون پست در سیستم‌های کنترل قدیمی حتی می‌توان این کار را به صورت جزئی انجام داد و نیازی به تعویض همه تجهیزات قدیمی نیست. مفهوم اتوماسیون پست شامل چهار قسمت اساسی است:



- ارتباطات
- کنترل
- مانیتورینگ
- ابزارات
- توابع اصلی زیر در سیستم اتوماسیون پست وجود دارد:
- واسط انسان - سیستم (HMI)
  - ارایه دیتا (اطلاعات)
  - ارایه خدمات مهندسی
  - نظارت سیستم
- واسط کنترل از راه دور
  - سازگاری برای ارتباط سریال با مراکز کنترل از طریق پروتکل‌های مختلف
- توابع اتوماتیک و توالی‌های کنترل
  - اینتراک تجهیزات کلیدزنی داخل یک بی و بین بی‌ها
  - سنکروچک
  - کنترل تپ چنجر برای رگولاسیون ولتاژ
  - انتقال بار برای ترانسفورماتورهای موازی
  - توالی‌های کلیدزنی
  - بازیابی اتوماتیک سیستم قدرت
  - حذف بار
  - وصل مجدد اتوماتیک
  - کنترل توان راکتیو
- جمع‌آوری داده (اطلاعات)
  - جمع‌آوری از راه دور داده (اطلاعات)
  - ارزیابی داده (اطلاعات)
  - مدیریت انرژی
  - لیست پیشامد
  - لیست آلام
  - گزارش‌ها
  - خروجی پرینت شده: پیشامدهای ثبت‌شده، گزارش‌ها
  - ثبت اغتشاش



## - مانیتورینگ

- مانیتورینگ غلظت گاز در پستهای (GIS)
- مانیتورینگ تجهیزات سوئیچگیر
- مانیتورینگ ترانسفورماتور

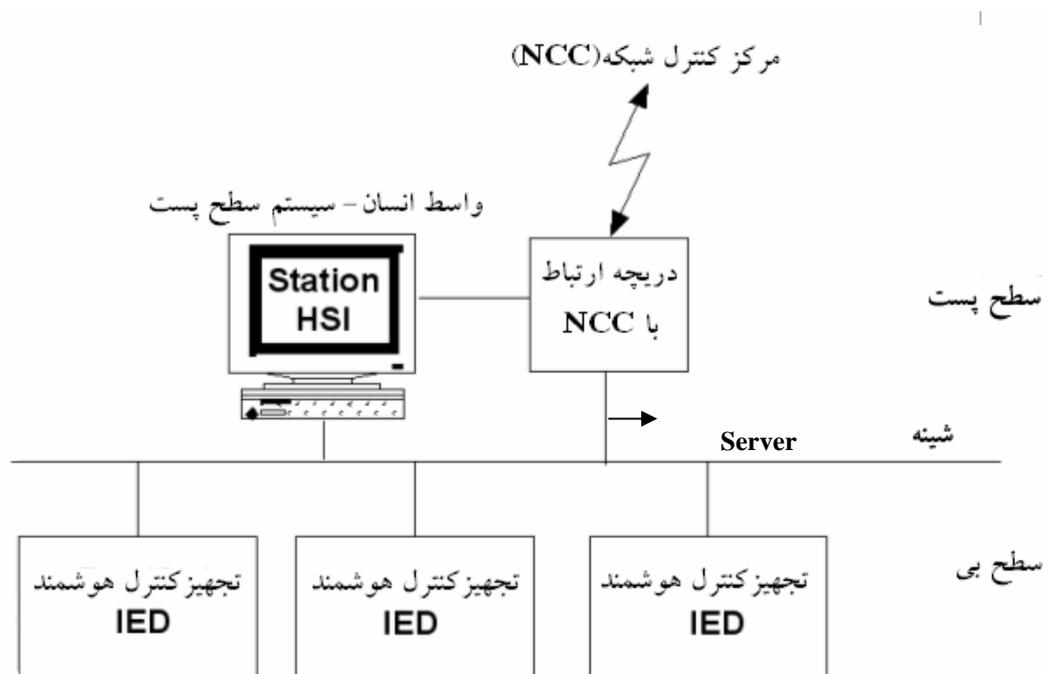
مفهوم اتوماسیون پست در بردارنده مجموعه کاملی از ترمینال‌های اندازه‌گیری و کنترل است. هرکدام از این ترمینال‌ها از یک یا چند تجهیز الکترونیکی هوشمند (IED) تشکیل یافته است و برحسب پیشرفت تکنولوژی و کارایی و با گذشت زمان هر بار سری جدیدی از این ترمینال‌ها با قابلیت‌های بیشتر به بازار عرضه می‌شود.

## ۲-۴-۲- ساختار سیستم اتوماسیون پست

یک سیستم اتوماسیون دارای ساختار سلسله مراتبی بوده و دارای دو سطح عملکرد است: سطح پست و سطح بی. کل پست از طریق سطح پست، کنترل می‌شود در حالی که خطوط، ترانسفورماتورها، فیدرها، شینه و ... از طریق سطح بی، کنترل و نظارت می‌شوند.

درواقع به واحدهای کنترل و نظارت و حفاظت یک خط قدرت، یک ترانسفورماتور و ... سطح بی اطلاق می‌شود. معماری سیستم باید به گونه‌ای باشد که دارای دسترس‌پذیری از بالا باشد و توابع مربوط به سطوح سلسله مراتب پایین‌تر در قسمت‌های مختلف سیستم کنترل به طور مستمر به کار ادامه دهند، حتی اگر دستگاه‌های سطوح بالاتر یا قسمت‌های دیگر در همان سلسله مراتب عمل نکنند. اعمال کنترلی باید شفاف باشد بطوریکه از عملکرد یک کلید در آن واحد از طریق چند سطح کنترل جلوگیری کند. در واقع اولویت‌های تقدم سیستم کنترل بگونه‌ای است که در آن واحد بیش از یک سطح کنترلی (کنترل مرکز، کنترل پست، کنترل بی) نتواند یک کلید را تحریک کند. حق تقدم همیشه از سطح کنترلی پایین به بالا می‌باشد. شکل (۲-۴) ساختار سلسله مراتبی سیستم اتوماسیون پست را نشان می‌دهد. در پستهای نیروگاهی نیز برخی از سیگنالها از سمت نیروگاه به پست رد و بدل می‌شود که در این خصوص به هماهنگی میان سیستم کنترل و اپراتور نیروگاه با پست و واگذاری اولویت و اختیار کنترل یک یا چند کلید (که بیشتر مربوط به فیدرهای نیروگاهی هستند) به اپراتور نیروگاه نیازمند است.





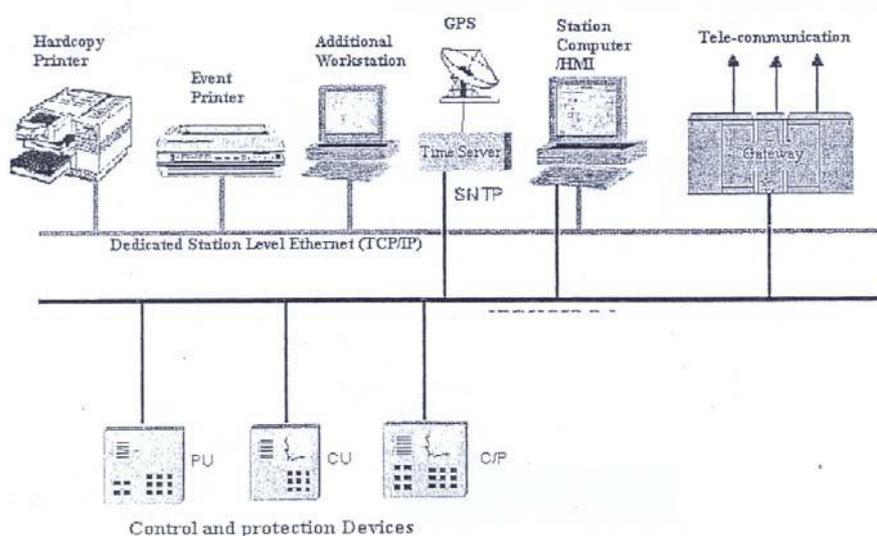
شکل ۲-۴: بلوک دیاگرام ساختار سلسله مراتبی سیستم اتوماسیون پست

#### • کنترل سطح بی

توابع حفاظت و کنترل مرتبط با بی به همراه توابع ایمنی مربوطه (مانند اینترلاکینگ سطح پست) روی سطح بی اجرا می‌شوند. قسمت‌هایی که وظایف کنترل، حفاظت و جمع‌آوری داده وابسته به یک خط قدرت یا ترانسفورماتور را انجام می‌دهند در یک تجهیز براساس ساختار بی جای می‌گیرند. برای برآوردن نیازمندیهای قابلیت اطمینان، ایمنی و تحمل خطا، توابع کنترلی در تعدادی واحد ساخت‌افزاری مستقل تقسیم‌بندی می‌شوند. تجهیز سطح بی در حالت نرمال در یک یا چند تابلو (این تابلوها خود در اتاق کنترل واقع در ساختمان پست قرار دارند) گردآوری می‌شود. تابلوهای تجهیز سطح بی همچنین می‌تواند در یک اتاقک بی که در محوطه پست قرار دارد جایگزین شود. تجهیزاتی مانند یک خط یا یک ترانسفورماتور در حالت نرمال بوسیله یک تجهیز سطح بی مستقل کنترل و نظارت می‌شوند. اما در بعضی ترکیبات مانند آرایش ۱/۵ کلیدی، که دو خط یک کلید مشترک دارند، بوسیله تجهیز سطح بی یکسان کنترل می‌شوند. همچنین می‌توان برای هر کلید، کنترلرهای سطح بی جداگانه‌ای اختصاص داد. در مواردی که به سطح ایمنی بالایی نیاز نیست، می‌توان توابع مربوط به چند بی را در یک ترمینال مشابه جای داد. کنترل سطح بی، جمع‌آوری اطلاعات، اینترلاکینگ سطح بی، بازبینی برقراربودن و سنکرونیزم، وصل مجدد اتوماتیک، حفاظت خطای کلید، نظارت ولتاژ صفر و ثبت اعوجاج، مثال‌هایی از توابعی هستند که با حفظ استقلال در یک ترمینال مشابه در تجهیز سطح بی قرار دارند. برای دستیابی به ایمنی و قابلیت اطمینان بیشتر، توابع حفاظت در ساخت‌افزار جداگانه‌ای قرار می‌گیرند. از دید کنترل سطح پست، واحدهای حفاظتی، قسمتی از تجهیز سطح بی هستند. همچنین ممکن است در برخی از ترمینالها بسته به سازنده آن هم توابع کنترل و هم حفاظت یکجا مجتمع شده باشد که بسته به نیاز فعال یا غیرفعال می‌گردند.

### • سیستم کنترل سطح پست

کنترل سطح پست در حالت نرمال شامل یک واسط سیستم \_ انسان (HMI) ، Station Unit (server) و یک دریچه ارتباطی از راه دور<sup>۱</sup> با مرکز کنترل می‌باشد. HMI به عنوان واسط اپراتور و سیستم کنترل در سطح پست شناخته می‌شود. IEDهای بی و Station Unit از طریق HMI، قابل دسترسی هستند. ارتباط بین واحدهای سطح بی و Station Unit از طریق یک شبکه ارتباط محلی (LAN) و با پروتکل‌های مختلفی انجام می‌شود. شکل (۲-۵) شمای یک سیستم اتوماسیون پست را نشان می‌دهد. مشخصات فنی مورد نیاز برای HMI, Server در جلد اول این استاندارد آورده شده است.



شکل ۲-۵: شمای کلی سیستم اتوماسیون پست

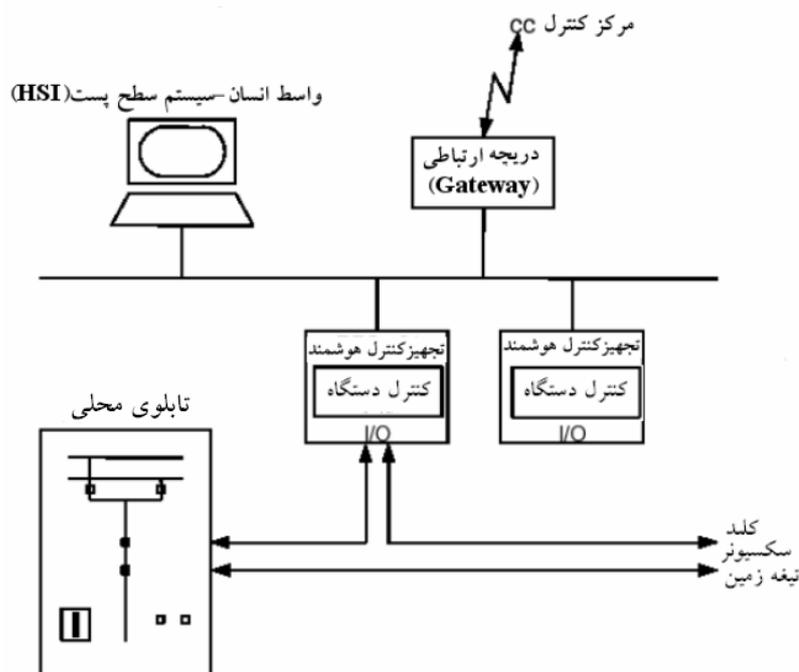
## ۲-۵- توابع سیستم‌های اتوماسیون پست

### ۲-۵-۱- کنترل و نظارت

#### ۲-۵-۱-۱- سیستم کنترل سطح بی

سیستم کنترل سطح بی وظیفه مدیریت و راه‌اندازی یک خط، یک ترانسفورماتور، یک راکتور و یا یک بانک خازنی را به عهده دارد. کنترل‌های مختلف در سطح بی را می‌توان مستقیماً از طریق اپراتور یا غیرمستقیم بوسیله توالی‌ها بهره‌برداری کرد. این کنترل‌ها همچنین به طور اتوماتیک نیز بهره‌برداری می‌شوند. فرمانهایی که از اپراتورهای مختلف (واسط انسان - سیستم، مرکز کنترل یا تابلوی محلی) می‌آید توسط یک تابع، مدیریت شده و اجازه اجرای فرمان، بعد از ارزیابی شرایط توابع دیگر (اینترلاکینگ، سنکروچک یا شرایط خارجی) داده می‌شود. شکل (۲-۶) شمایی کلی از مکانهایی که تابع کنترل می‌تواند دریافت فرمان کند را نشان می‌دهد. برای بکارگیری یک کنترل سطح بی، دستورات می‌تواند از مرکز کنترل، واسط سیستم - انسان و یا تابلو محلی (از طریق I/O ارسال گردد.

1 . Gateway



شکل ۲-۶: تابع کنترل دستگاه

برای یک سیستم کنترل سطح بی، توابع کنترل زیر وجود دارد:

- تابع انتخاب اولویت فرمان برای جلوگیری از عملکرد دوگانه
- نظارت فرمان
- تابع انتخاب قبل از اجرا برای جلوگیری از ارسال یک مرحله‌ای فرامین یا لغو آنها در صورت لزوم
- انتخاب مکان اپراتور
- بازکردن و بستن مسیر عملکرد
- اجازه دادن (ندادن) جهت به روز کردن علایم مکانی
- تنظیم دستی علایم مکانی
- لغو کردن توابع اینترلاکینگ و رزرو

در اتوماسیون پست ممکن است تجهیزات فشارقوی توسط چندین تابع کنترلی تحت نظارت و کنترل قرار گیرند. از این رو رویکرد و دسترسی شی گرا باعث ایجاد هماهنگی با توابع کنترلی سطح بالاتر جهت پردازش اطلاعات می‌شود. با استفاده از رویکرد شی گرا می‌توان برهم کنش (تعامل) و وضعیت پردازش هر شی را مدیریت کرد.



در برنامه‌نویسی شی گرا، هر عنصر یک شیء<sup>۱</sup> محسوب می‌شود. هر شیء ویژگیها و توابع و متدهای مربوط به خودش را دارد. برنامه‌نویسی شی گرا سبک و شیوه نویسی است که در آن می‌توان قطعاتی را ایجاد کرد و در برنامه‌های مختلف مورد استفاده قرار داد. قابلیت خوانایی برنامه‌هایی که در این روش نوشته می‌شوند بالا بوده، آزمون، عیب‌یابی و اصلاح آنان آسان است.

#### ۲-۵-۱-۲- نظارت

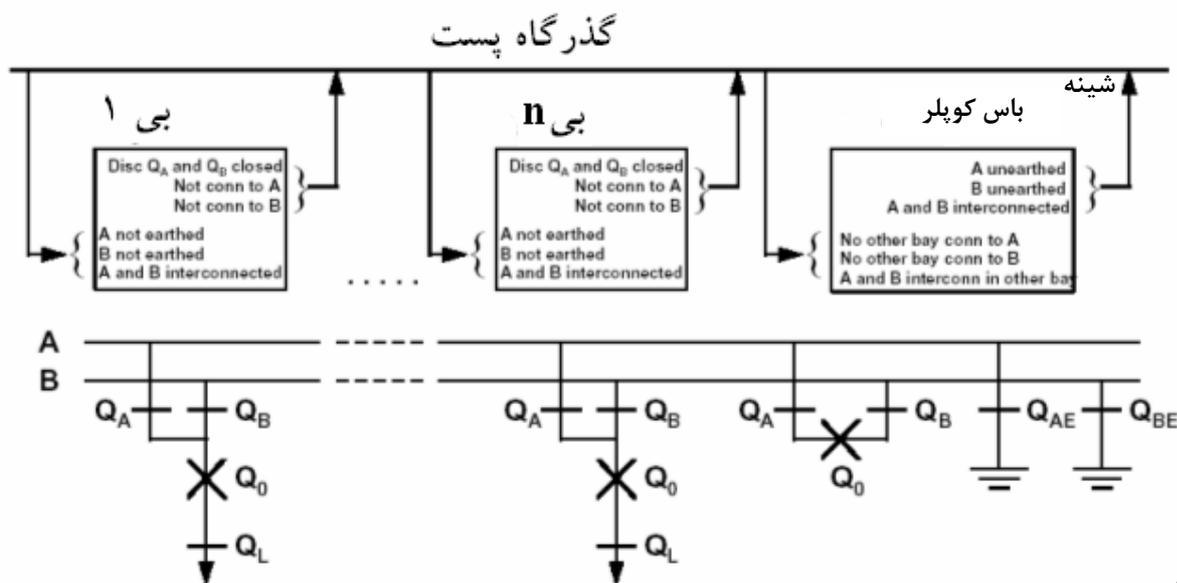
موقعیت هر تجهیز، کلید، سکسیونر یا سکسیونر با تیغه زمین به طور دائم نظارت می‌شود. اگر سیستم نظارت، تشخیص دهد که تغییری در سیستم ایجاد شده، به تناسب آن باعث ایجاد یک تغییر در دیاگرام تک خطی، ثبت در لیست پیشامدها و در صورت نیاز انعکاس آن بر روی نسخه چاپی می‌گردد. اگر تغییرات بوسیله یک فرمان کنترلی، در سیستم ایجاد نشده باشد، آلارم‌ها اعلام خطر می‌کنند. در سیستم‌های اتوماسیون، هر وضعیت یک تجهیز با دو عدد باینری مشخص می‌شود که در حالت نرمال مکمل هم هستند. اگر در آن واحد دو عدد باینری مشابه هم باشند، ۱۱ (هر دو باز) یا ۰۰ (هر دو بسته) آلارم‌ها صادر می‌شوند. وضعیت واقعی علایم باید روی واسط سیستم- انسان پست نشان داده شود. ارائه و نمایش وضعیت بی‌ها و دستگاهها جهت نظارت ترمینال به صورت تصویر شی گرا می‌باشد.

#### ۲-۵-۱-۳- اینترلاکینگ

تابع اینترلاکینگ اجازه عملکرد دستگاههایی مانند کلید، سکسیونر و تیغه زمین را فراهم می‌کند. تابع اینترلاکینگ از مدول‌های نرم‌افزاری توزیع شده تشکیل می‌گردد. ارتباط بین بی‌های مختلف برای اینترلاکینگ سطح پست از طریق گذرگاه سطح پست انجام شده و موقعیت تجهیزات فشارقوی به عنوان ورودی به مدول‌های نرم‌افزاری که در ترمینال‌ها توزیع شده‌اند، اعمال می‌شود. هر مدول شامل منطق اینترلاکینگ برای یک بی است. منطق اینترلاکینگ در یک مدول، بسته به تابع بی و آرایش پست متفاوت خواهد بود. شرایط اینترلاکینگ و اتصالات بین مدول‌های آن از طریق ابزار پیکربندی انجام می‌شود. در صورتیکه اطلاعات مربوط به شرایط معتبر نباشد از صدور فرمان جلوگیری می‌کند. بعنوان مثال در مواقعی که کارتهای I/O دچار خطا و یا خرابی باشد و نتوان وضعیت تجهیزات فشارقوی و یا سایر سیگنالهای ورودی را بدرستی بدست آورد تابع اینترلاکینگ از صدور فرمان جلوگیری خواهد نمود. در شرایط اضطراری می‌توان از طریق HMI در سطح پست عملکرد تابع اینترلاکینگ را متوقف و آنرا لغو نمود. در این حالت هیچ شرطی برای صدور یک فرمان، چک نخواهد شد.

برای تمامی مدول‌های اینترلاکینگ، قوانین کلی زیر قابل اعمال است:

- سکسیونرها اجازه قطع بار یا اتصال سیستم‌های با ولتاژهای مختلف ندارند.
  - در بستن کلید تنها وقتی عمل اینترلاک صورت می‌گیرد که سکسیونرهای مربوطه باز باشند. در یک فیدر ترانسفورماتوری، اگر هیچ سکسیونری بین کلید و ترانسفورماتور نباشد، برای بستن کلید، هنگام عمل کردن سکسیونر و تیغه زمین طرف دیگر ترانس، عمل اینترلاک صورت می‌گیرد.
  - هنگام باز کردن کلید در یک باس کوپلر وقتی مرحله تعویض شینه در حال انجام است، عمل اینترلاک صورت می‌گیرد.
- شکل (۲-۷)، یک مثال از تبادل اطلاعات برای تابع اینترلاکینگ را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۷: تبادل اطلاعات برای تابع اینترلاکینگ

## ۲-۵-۱-۴- کنترل تپ چنجر

کنترل تپ چنجر به صورت دستی یا اتوماتیک انجام می‌گیرد. در طول عملیات کنترل دستی، فرمانهای بالا یا پایین آوردن تپ از طریق HMI (واحد انسان - سیستم) سطح پست یا مرکز کنترل از راه دور به تپ چنجر ارسال می‌شود. وضعیت تپ چنجر روی HMI سطح پست نمایش داده شده و به مرکز کنترل ارسال می‌شود. در حالت اتوماتیک رله رگولاتور<sup>1</sup> (AVR) با استفاده از تکنیکهای دیجیتالی و برنامه‌پذیری و شرایطی که جهت عمل نمودن آن تنظیم می‌شود به کنترل تپ می‌پردازد.

## ۲-۵-۱-۵- اندازه‌گیرها

در هر ترمینال، ورودیهای ولتاژ و ورودیهای جریان می‌توانند مستقیماً به CT و VTهای موجود در محوطه سوئیچگیر وصل شوند. وقتی ترمینال مختص به یک بی باشد، این ورودیها برای اندازه‌گیری موارد زیر بکار می‌روند:

- ولتاژهای سه فاز
- ولتاژ یک فاز به عنوان ولتاژ مرجع از شینه یک
- ولتاژ یک فاز به عنوان ولتاژ مرجع از شینه دو
- جریانهای سه فاز

در اندازه‌گیری سه فاز مقادیر توان ظاهری (S)، توان حقیقی (P)، توان راکتیو (Q)، فرکانس (f) و متوسط ولتاژ (u) و جریان (I) محاسبه می‌شود. برای حصول به دقت بالا در اندازه‌گیری (کوچکتر از ۰/۲۵٪ مقیاس کامل ولتاژ و جریان) عمل کالیبراسیون می‌بایستی در کارخانه انجام گیرد. مقیاس کامل معمولاً حدود ۱/۳ ولتاژ نامی و ۲ برابر جریان نامی می‌باشد.

1 . AVR: Automatic voltage regulator

وقتی ترمینال برای چندین بی اختصاص می‌یابد، ورودیهای ولتاژ و جریان به لحاظ الکتریکی از یکدیگر جدا شده و برای اندازه‌گیری تک فاز بکار می‌رود. در کنار ورودیهایی که در بالا ذکر گردید، ورودیهای آنالوگ نیز وجود دارند. این ورودی‌ها دارای دقتی به میزان  $\pm 0.1\%$  مقدار تنظیم شده می‌باشند. برای داشتن دقت مناسب، دقت سنسورها و CT/VT‌های اندازه‌گیری باید بالاتر رود. مقادیر هر دو دسته ورودی (ورودی‌های مستقیم از ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری و ورودی آنالوگ) به صورت به هنگام شده بر روی واحد سیستم - انسان سطح پست یا مرکز کنترل نمایش داده می‌شود.

#### ۲-۵-۱-۶- مدیریت آلامر و وقایع

وقایع به وجود آمده در سوئیچگیر، ترمینال‌های کنترل و در تجهیزات سطح پست، در لیست پیشامد HMI سطح پست نمایش داده می‌شود. همچنین وضعیت کنونی آلامر نیز در یک لیست آلامر جداگانه به نمایش در می‌آید و از وقایع / آلامر‌ها پرینت گرفته می‌شود.

#### ۲-۵-۱-۷- اختصاص برچسب زمانی به وقایع

در ترمینال‌های مختلف، قبل از اینکه وقایع به کنترل سطح پست برسند به آنها یک برچسب زمانی (که زمان وقوع آنها را نشان می‌دهد) اختصاص می‌یابد. دقت زمانی یک میلی‌ثانیه است.

#### ۲-۵-۱-۸- سنکرونیزم زمانی

در سیستم اتوماسیون پست، زمان در حالت نرمال از طریق پالس ساعت خارجی<sup>۱</sup> و با استفاده از سیستم GPS تنظیم می‌گردد. در ترمینال‌ها، زمان از طریق گذرگاه ارتباطی سطح پست توزیع می‌شود. پیام سنکرونیزم از طریق هر یک از پورتهای ارتباطی ترمینال به عنوان یک پیغام ارسال شده و یا به عنوان یک پالس به یک ورودی باینری ترمینال از طریق سیم‌کشی جداگانه وصل می‌شود. وقتی از GPS برای سنکرونیزم زمانی استفاده می‌شود، زمان از طریق ماهواره مرتبط با GPS تنظیم خواهد شد. تجهیز GPS به طور پروردیک پیام سنکرونیزم زمانی را از طریق یک واسط سریال ارسال می‌کند. پیام شامل زمان استاندارد، تاریخ و یک بایت وضعیت (دربدارنده اطلاعات در مورد کیفیت زمان) می‌باشد. پارامتر زمان که از GPS دریافت می‌شود برای تنظیم پالس‌های ساعت در واسط انسان - سیستم سطح پست و ترمینال‌ها بکار می‌رود. پالس سنکرونیزم که از طریق سیم‌کشی جداگانه به هر ترمینال ارسال می‌شود، دارای دقت حدود  $\pm 1\text{msec}$  است. بطور معمول تابع سنکرونیزم زمانی براساس پروتکل ارتباطی ترمینال مثلاً از طریق پروتکل IEC 60870-5-103 و یا IEC 61850 عمل می‌نماید.

#### ۲-۵-۱-۹- سنکروچک به‌مراه چک فاز و چک برقدار بودن

- تابع مربوطه در ترمینال‌های کنترل و حفاظت به صورت توزیع شده بوده و دارای خصوصیات زیر است:
- ولتاژ و زاویه فاز و اختلاف فرکانس قابل تنظیم
  - برقدار کردن خط بی‌برق - شینه برقدار، خط برقدار - شینه بی‌برق یا خط بی‌برق - شینه بی‌برق
  - تنظیمات برقدار کردن مختلف برای فرمان بستن دستی و فرمان وصل مجدد خودکار

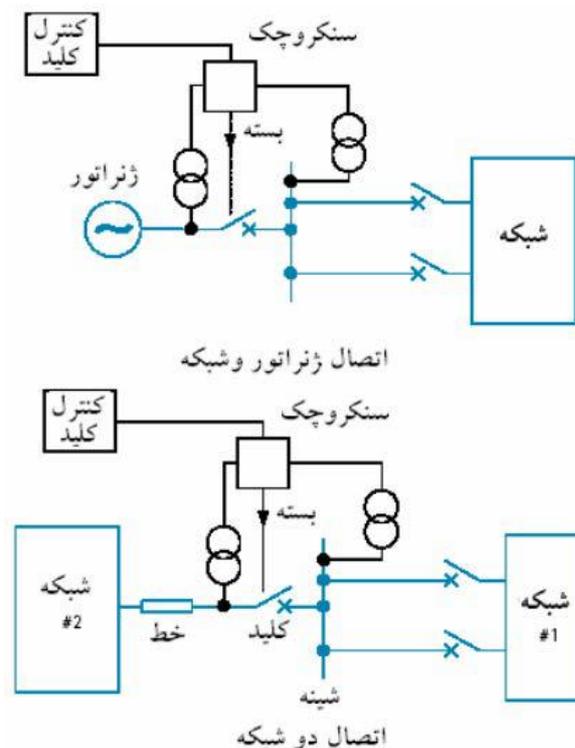
1 . External clock

وقتی دو سیستم غیرسنکرون متصل به هم داشته باشیم، برای جلوگیری از بروز تنش بر روی شبکه و عناصر آن، در موقع وصل این دو سیستم از تابع کنترل فاز استفاده می‌شود. این تابع همچنین باید مقدار انحراف فرکانس اندازه‌گیری شده و تأخیر در بستن کلید را جبران کند.

سنکرون‌کننده‌ها در نقاطی از سیستم قدرت که قرار است ژنراتور و شبکه یا دو شبکه به طور موازی وصل شوند، مورد نیاز است. آنها فراتر از یک دستگاه اندازه‌گیر عمل نموده و اجازه بستن کلید را هنگام برقراری شرایط موازی کردن می‌دهند. دو نوع سنکرون‌کننده وجود دارد: سنکروچکها<sup>۱</sup> و سنکرون‌کننده‌های اتوماتیک

#### • سنکروچک

تابع سنکروچک، سنکرون بودن دو ولتاژ را تعیین می‌کند. وظیفه این تابع ایجاد امنیت لازم برای بستن کلیدی است که بین دو شبکه مستقل قرار گرفته است. شکل (۸-۲) چگونگی این امر را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۸: کاربردهای تابع سنکروچک

سنکرونیزم وقتی حاصل می‌شود که دو ولتاژ دارای فرکانس و دامنه مشابه و اختلاف فاز صفر باشند. تابع سنکروچک این مقادیر را مانیتور نموده و وقتی اختلاف در محدوده مجاز بود، اجازه بستن کلید را صادر می‌کند. این تابع دارای خطای قابل برنامه‌ریزی بوده که می‌توان توسط آن گستره مجاز برای بستن کلید را تعیین کرد.

تابع اتوسنکرون یا سنکرون کننده اتوماتیک، ولتاژ ژنراتور و ولتاژ شبکه را بازبینی نموده و تحت شرایط زیر اجازه بستن کلید را خواهد داد:

- فرکانس لغزش در محدوده مورد نظر باشد (اختلاف فرکانس ژنراتور و شبکه)
- اختلاف فاز ولتاژها در محدوده مجاز باشد.
- اختلاف دامنه ولتاژها در محدوده مجاز باشد.

#### ۲-۵-۱-۱۰- انتخاب ولتاژ

ولتاژی که برای تابع سنکروچک انتخاب می‌شود، بستگی به وضعیت کلیدها و سکسیونرها دارد. از طریق کنتاکت‌های کمکی کلیدها و سکسیونرها، ترمینال حفاظت / کنترل باید ولتاژ مناسب را برای تابع سنکرونیزم و برقرار کردن انتخاب کند. تابع انتخاب ولتاژ همچنین می‌تواند بصورت نرم‌افزاری در سیستم کنترل پیاده‌سازی و تحقق پذیرد.

#### ۲-۵-۱-۱۱- نظارت بر نقص فیوز

تابع نظارت بر نقص فیوز به طور پیوسته، مدارهای ولتاژ بین ترانسفورماتور اندازه‌گیری ولتاژ و ترمینال را نظارت می‌کند. هنگامی که عیبی در مدارهای ثانویه ترانسفورماتور اتفاق می‌افتد، سیگنال‌های خروجی مختلف برای مانع شدن از عملکرد حفاظت دیستانس و توابع دیگر وابسته به ولتاژ (تابع سنکروچک، حفاظت کمبود ولتاژ و ...) بکار می‌روند. نظارت بر خطای فیوز می‌تواند از طریق اندازه‌گیری توالی صفر یا اندازه‌گیری توالی منفی انجام گیرد.

#### ۲-۵-۱-۱۲- کنترل اتوماتیک تپ چنجر

سیستم کنترل پست باید زمینه را برای کنترل اتوماتیک تپ چنجر ترانسفورماتور فراهم کند. تابع مربوطه باید در واحد کنترل بی توزیع شود و تسهیلات زیر را فراهم نماید:

- قابلیت انتخاب یا لغو انتخاب کنترل اتوماتیک ترانسفورماتور
- نگاه‌داشتن ولتاژ شینه‌های طرف فشارضعیف ترانسفورماتورها در مقداری از قبل تنظیم شده
- فراهم کردن مقدار افت خط و جبران راکتیو
- کنترل موازی
- دادن قابلیت به اپراتور جهت عملکرد اتوماتیک تپ چنجر. عملکرد موازی ترانسفورماتورها می‌تواند طبق اصل تابع / متبوع<sup>۱</sup> یا بر اساس اصل کمینه‌کردن جریانهای چرخشی بدست آید.
- فراهم نمودن قابلیت کنترل دستی تپ چنجر



## ۲-۵-۲- توابع اتوماتیک

### ۲-۵-۲-۱- وصل مجدد اتوماتیک

اکثر خطاهای سیستم قدرت طبیعی گذرا داشته و وصل مجدد اتوماتیک (پس از قطع) خطوط را به سرویس‌دهی باز می‌خواند. عمده خطاهای ایجاد شده در خط، به شکلی تک فاز به زمین رخ داده و خط‌هایی که هر سه فاز را دربرگیرند به ندرت رخ می‌دهند. هدف اصلی از تابع وصل مجدد محدود کردن اثر خطاهای تک‌فاز و سه فاز است. این امر مخصوصاً برای حفظ پایداری سیستم مفید خواهد بود.

خصوصیات ترمینال‌های دارای تابع وصل مجدد اتوماتیک (به عنوان تابع اختیاری) به شرح زیر می‌باشند:

- سیکل‌های وصل مجدد اتوماتیک برای وصل مجدد اتوماتیک تک پل، دوپل و یا سه پل
- تعداد مراحل وصل مجدد قابل انتخاب (عموماً از یک تا چهار)
- وصل مجدد با تأخیر یا با سرعت برای وصل اتوماتیک سه پل
- وصل مجدد اتوماتیک سه فاز با و بدون استفاده از توابع سنکروچک و برقدار کردن
- مناسب برای شینه‌بندیهای تک کلیدی، دوپل و ۱/۵ کلیدی

### ۲-۵-۲-۲- توالی‌های اتوماتیک

تابع کنترل توالی یک تابع اتوماتیک بوده که فعل و انفعال و برهمکنش بین اپراتور و سیستم را کاهش می‌دهد. تابع کنترل توالی (سلسله مراتب) شامل توالی‌های زیر است:

- اتصال یک خط قدرت به یک شینه مشخص
- جدا کردن یک خط قدرت، بانضمام زمین کردن (اگر عملی باشد)
- اتصال یک ترانسفورماتور به یک شینه مشخص
- جدا کردن یک ترانسفورماتور، بانضمام زمین کردن (اگر عملی باشد)
- انتقال شینه
- اتصال یک فیدر واحد در پست نیروگاهی
- جدا کردن یک فیدر واحد در پست نیروگاهی

این توابع (کنترل توالی) از واسط انسان - سیستم سطح پست شروع می‌شود و دارای المانهای نمایش (متن، علامت) مخصوص به خود در نمایش‌ها هستند. این المانها وظیفه مدیریت توالی‌ها را به عهده می‌گیرند.

### ۲-۵-۲-۳- بازیابی اتوماتیک

وقتی در حین بهره‌برداری سیستم اغتشاشی رخ می‌دهد، باید شبکه با کمترین تأخیر ممکن به حالت اولیه برگردانده شود و از این طریق میزان شاخص دسترس‌پذیری بهینه شود. تابع بازیابی اتوماتیک که در سطح پست بکار گرفته می‌شود در مقایسه با بازیابی دستی دارای چندین مزیت است. این تابع بوسیله تریپ رله حفاظتی شروع می‌شود. برای مثال اگر یک شینه بی‌برق شود، به همه



کلیدهای اطراف شینه فرمان قطع داده می‌شود. تابع بازیابی اتوماتیک سپس منتظر یک ولتاژ تغذیه از یک خط یا ترانسفورماتور می‌ماند و اطمینان حاصل می‌کند که کلیدهای دستور قطع گرفته براساس شرایط و دستور از پیش تعیین شده بسته شده‌اند.

#### ۲-۵-۲-۴- کنترل اتوماتیک ولتاژ

کنترل اتوماتیک ولتاژ بوسیله ترمینال‌های مختلف (مثلاً ترمینال حفاظت ترانسفورماتور) بکار گرفته می‌شود. این تابع در کنار رگولاتور ولتاژ دارای ویژگیهای زیر است:

- مسدود کردن پالس‌های کنترلی اگر ولتاژ و جریان از محدوده مجاز عبور کنند.
- جبران افت خط
- قابلیت عملکرد دستی از طریق واسط انسان- سیستم سطح پست
- کنترل موازی
- مانیتور کردن وضعیت تپ چنجر

رگولاتور ولتاژ قادر به مدیریت عملکرد موازی چندین ترانسفورماتور بوده و این کار را به دو روش بکاربردن اصل تابع / متبوع (اصل راکتانس معکوس) یا اصل کمینه کردن جریان چرخشی انجام می‌دهد.

#### ۲-۵-۲-۵- حذف و کاهش بار

نقش تابع حذف و کاهش بار، قطع کل یا قسمتی از فیدرهای پست با توجه به یک برنامه از پیش طراحی شده است. تابع حذف بار در وضعیتی که فرکانس به واسطه اضافه بار شبکه کاهش می‌یابد عمل می‌نماید. کاهش بار از طریق فرمانهای دستی اپراتور در مرکز کنترل یا از طریق HMI موجود در سطح پست اجرا می‌شود. تابع حذف بار یک تابع محلی می‌باشد. این تابع با بکاربردن پله‌های رله‌های خارجی افت فرکانس شروع می‌شود. رله‌ها از طریق ورودیهای باینری به ترمینال‌ها وصل می‌شوند. این ترمینال‌ها دارای یک ماتریس بوده که با در نظر گرفتن علایم، وضعیتها و آلام‌های هر کلید، تصمیم می‌گیرند به کدام کلید برای هر پله دستور قطع داده شود. این ماتریس را می‌توان از مرکز کنترل اصلاح کرد.

#### ۲-۵-۳- مانیتورینگ پست

اطلاعاتی مانند تنظیمات، مقادیر اندازه‌گیری شده، وقایع دارای برچسب زمانی و داده‌های مربوط به اغتشاش که در IEDها موجودند بوسیله واحد کنترل سطح پست مدیریت می‌شوند.

#### ۲-۵-۳-۱- تنظیم پارامتری ترمینال

بوسیله ابزار تنظیم پارامتری<sup>۱</sup> (PST)، مهندس حفاظت می‌تواند پارامترها را از مکانهای مختلف بازبینی نموده و تغییر دهد. پارامترهای ترمینال را از روش‌های زیر می‌توان تنظیم کرد:

- از طریق واسط ماشین - انسان (HMI) سطح بی
- از طریق یک رایانه جداگانه که به ترمینال یا پورت ارتباطی جداگانه وصل شده است.

- از طریق واسط انسان - سیستم سطح پست و گذرگاه پست
- از طریق یک رایانه دسترسی از راه دور و یک لینک ارتباطی

### ۲-۳-۵-۲- ارزیابی اغتشاش

ثبت و ارزیابی اغتشاش راهی موثر برای درک سیستم قدرت و تجهیزات آن است. بیشتر ترمینال‌ها می‌توانند با یک تابع ضبط‌کننده اغتشاش و واقعه مجهز شوند. این بدین معناست که تسهیلات ثبت‌کننده در تمام شبکه توزیع می‌شوند. داده‌های مربوط به اغتشاش را می‌توان از هر مکانی از طریق خط تلفن یا مودم جمع‌آوری کرد. همچنین می‌بایستی از یک ابزار قدرتمند ارزیابی اغتشاش بهره برد. روشهای دسترسی به اطلاعات اغتشاش به شرح زیر است:

- از طریق HMI سطح پست
- از طریق یک ایستگاه کاری مهندسی در سطح پست
- از راه دور و از طریق خط تلفن با مودم
- در ترمینال‌های سطح بی، توابع مانیتورینگ زیر موجودند:
  - ثبت وقایع
  - ثبت خطا
  - مکان‌یاب خطا
  - نمایش وضعیت‌ها

### ۲-۳-۵-۳- ثبت وقایع

به طور معمول تعدادی از وقایع با برچسب زمانی برای اغتشاشات ثبت‌شده، در ترمینال موجود است.

### ۲-۳-۵-۴- ثبت خطا

ثبت خطا با کارایی بالا یکی از بلوکهای موجود در ترمینال است. این ثبت دارای سیگنال آنالوگ و تعدادی سیگنال باینری بوده (سیگنال‌های باینری ورودی یا سیگنال‌های داخلی) که در ترمینال موجود می‌باشند. هریک از سیگنال‌های باینری و آنالوگ ضبط شده، قابل برنامه‌ریزی برای شروع یک ثبت هستند. سیگنال‌های باینری با انتقال از صفر منطقی به یک منطقی و برعکس می‌توانند شروع‌کننده یک ثبت باشند. زمان قبل از خطا، بعد از خطا و محدوده زمانی در گستره‌ای وسیع قابل تنظیم هستند.

### ۲-۳-۵-۵- مکان‌یاب خطا

مکان‌یاب خطا عموماً جزء مکمل حفاظت دیستانس است. این دستگاه فاصله تا محل خطا را با دقت بالایی اندازه گرفته و مکان خطا و اطلاعات مربوط به فازورهای اولیه و ثانویه واقعی ولتاژها و جریانها را در نقطه رله‌گذاری شده تهیه می‌کند. مقادیر ولتاژها و جریانهای قبل از خطا و حین خطا نیز در آن موجود است. یک الگوریتم محاسباتی اثر جریانهای بار، مقاومت ظاهری خطا و همچنین تزویج متقابل توالی صفر یک مدار موازی در حال کار را جبران می‌کند.

## ۲-۵-۳-۶- ابزار تنظیمات بصری

ابزار تنظیمات بصری<sup>۱</sup> (SVT) جهت نمایش پارامترهای حالت پایدار جعبه ابزار PST (ابزار تنظیم پارامتری) برای توابع حفاظتهای امپدانس می‌باشد. با اجرای SVT می‌توان پارامترهای موجود در جعبه ابزار PST را ویرایش کرد و اثر تغییرات در تنظیمات ترمینال را مشاهده نمود. می‌توان شکل‌های موجود در جعبه‌ابزار SVT را جهت آزمون مجموعه نرم‌افزار بکار برد. SVT تنظیمات موجود را نسبت به عملکرد تجهیز ارائه می‌کند.

## ۲-۵-۳-۷- ابزار برنامه‌نویسی و پیکربندی

ابزار برنامه‌نویسی و پیکربندی قابلیت مدیریت پیکربندی، برنامه‌نویسی، آشکارسازی و تصحیح خطا را برای ترمینال‌های حفاظت دارا می‌باشد.

برای پیکربندی و برنامه‌نویسی می‌توان از طرق زیر به ترمینالها دسترسی یافت.

- بصورت محلی در داخل پست از طریق اتصال کامپیوتر ترمینال و پورت ارتباطی ترمینال
- بصورت از راه دور از طریق مودم و تلفن

## ۲-۶-۱- ارتباطات در سیستم اتوماسیون پست

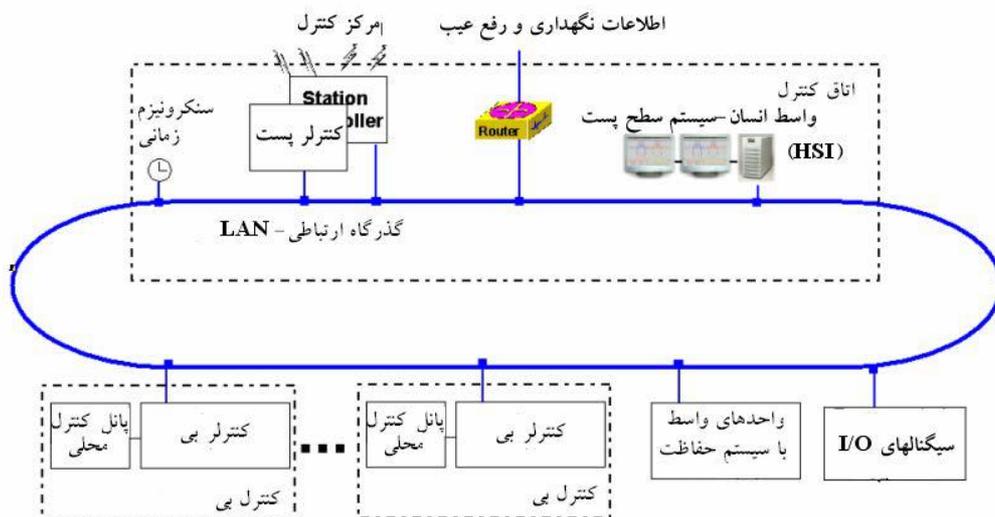
### ۲-۶-۱-۱- ارتباط بین اپراتور سطح پست و ترمینالها

ارتباط بین اپراتور سطح پست و ترمینالهای سطح بی از طریق گذرگاه سطح پست انجام می‌گیرد. این سیستم ارتباطی یک شبکه دسترسی محلی (LAN) سری می‌باشد. ترمینالهای حفاظت از طریق پروتکل‌های ارتباطی خاص هر سازنده (Lon-profibus) و یا پروتکل‌های استاندارد IEC 60870-5-103 و یا IEC 61850-8-1 با سیستم کنترل و مونیورینگ ارتباط برقرار می‌کنند. در مواردیکه تابلوهای تجهیزات سطح بی همانند ترمینالهای حفاظتی و کنترلر سطح بی در اتاق کنترل واقع در ساختمان پست نباشد، بدلیل وجود امواج الکترومغناطیسی و فواصل زیاد بجای استفاده از کابل‌های مسی می‌بایستی از کابل‌های فیبر نوری جهت ارتباط بین تجهیزات هوشمند سطح بی (IED) و سیستم کنترل سطح پست استفاده نمود.

### ۲-۶-۱-۲- گذرگاه ارتباطی سطح پست

گذرگاه سطح پست در واقع ستون فقرات سیستم ارتباطات را در سیستم کنترل پست تشکیل می‌دهد و امکانات ارتباطی مختلف را بسته به اندازه و نوع پست فراهم می‌کند. کابل‌های ارتباطی در گذرگاه سطح پست که معمولاً برای ارتباطات میان تجهیزات واقع در ساختمان کنترل پست (نظیر کامپیوترها، چاپگرها و سوئیچهای LAN و ...) مورد استفاده قرار می‌گیرند از نوع کابل مسی CAT5 یا CAT6 می‌باشند. برای ایجاد آزادی عمل جهت توسعه آینده پست، از پروتکل‌های استاندارد بین‌المللی IEC (نظیر IEC 61850 و IEC 60870-5-103 و ...) بهره برده می‌شود. به منظور داشتن بالاترین کارایی در انتقال اطلاعات و آزادی عمل برای توسعه آینده، کمترین مقدار مورد نیاز سرعت شبکه محلی ۱۰۰ مگابیت بر ثانیه است. طراحی گذرگاه پست بسته به نیاز و حساسیت سیستم و

میزان ریسک‌پذیری آن می‌تواند بصورت آرایشهای مختلفی انجام شود که از آن جمله آرایش شعاعی (خطی) و آرایش حلقوی (بصورت Redundant) بوده و با استفاده از اتصالات مختلفی نظیر فیبر نوری یا اتصالات الکتریکی (RS485-RJ45) بسته به نوع واسطهای ارتباطی تجهیزات و پروتکل‌های آنها قابل پیاده‌سازی است.



شکل ۲-۹: گذرگاه ارتباطی سطح پست

گذرگاه سطح پست امکان ارتباط مستقیم بین بی و کنترل‌کننده‌ها را فراهم می‌کند. بنابراین امکان بکارگیری مستقیم توابع کنترل دستگاه سطح پست در کنترل‌کننده‌های سطح بی فراهم می‌شود. پروتکل مدیریت شبکه<sup>۱</sup> (SNMP)، امکان آشکارسازی خطا و مشکلات ایجاد شده در قسمتهای ارتباطی را برای اپراتور و پرسنل بهره‌بردار فراهم می‌کند. براساس این پروتکل هرگونه اطلاعات (مانند اطلاعات مربوط به وضعیت، کارایی، خطاها، آلارم‌ها، گزارش‌ها و ...) که برای مدیریت سیستم لازم است باید بین دستگاههای کنترل‌پذیر مبادله شود.

گذرگاه سطح پست از طریق پروتکل‌های استاندارد مختلفی و با آرایشها و توپولوژیهای متفاوتی قابل طراحی و اجرا بوده که هر یک تعیین کننده سرعت انتقال اطلاعات و ترافیکهای اطلاعاتی مختلفی می‌باشد.

گذرگاه پست قسمتهای مختلف سیستم حفاظت و کنترل را به هم متصل می‌کند. مقادیر اندازه‌گیری شده، اطلاعات وضعیت و اطلاعات واقعه به صورت خودکار به دستگاههای سطح بالاتر فرستاده می‌شوند. دستگاههای کنترلی سطوح بالاتر قادر به خواندن و نوشتن مقادیر ذخیره شده، مقادیر تنظیم‌شده و پارامترهای دیگر می‌باشند. گذرگاه پست دستگاههای سطح بی را قادر می‌سازد تا با یکدیگر ارتباط برقرار کنند تا برای مثال اطلاعات اینترلاکینگ بین ترمینال‌ها بدون نیاز به یک گذرگاه مادر<sup>۲</sup> ردوبدل شود. بطور فیزیکی گذرگاه پست بوسیله یک یا چند کویپلر با ارتباط نقطه به نقطه به همه گره‌ها متصل می‌شود. حداکثر فاصله پیشنهادشده بین دو دستگاه که با فیبرنوری به سیستم مشابه متصل می‌شوند، ۱/۵ کیلومتر است که با توجه به فضای پست و فاصله اتاق کنترل از ترمینال‌های سطح بی مشکلی در اتصال آنها به گذرگاه بنظر نمی‌رسد. برای نظارت بر منابع تغذیه، عموماً دو خروجی رله خطا بر روی یک کارت I/O موجود بوده که خروجی‌های این رله‌ها به یک کارت ورودی در یکی از ترمینال‌ها متصل می‌شود.

1 . Simple network management protocol

2 . Bus master

### ۲-۶-۳- پروتکل ارتباطات و جمع‌آوری داده

پروتکل ارتباطات و جمع‌آوری داده یک پروتکل ارتباط سریال می‌باشد. ارتباط براساس اصل تابع / متبوع بوده که ترمینال تابع و رایانه متبوع است. تنها یک متبوع روی هر حلقه فیبرنوری می‌توان اعمال کرد. به برنامه‌ای روی رایانه مادر برای تفسیر کدها و ترجمه تنظیمات فرستاده شده به ترمینال نیاز خواهد بود.

### ۲-۶-۴- پروتکل استاندارد IEC

استاندارد IEC شماره ۱۰۳-۵-۶۰۸۷۰ یک پروتکل غیرمقارن تابع / متبوع برای ارتباط سریال و تبادل اطلاعات با سیستم کنترل ارائه داده است.

قسمت تابع دارای نرم‌افزار بوده که پیام‌های ارتباطی را تفسیر می‌کند. بکارگیری پروتکل در ترمینال حفاظت می‌تواند شامل توابع زیر باشد:

- اداره کردن واقعه
- گزارش مقادیر سرویس آنالوگ
- مکان‌یابی خطا
- اداره کردن فرمانها
- وصل مجدد ON/OFF
- حفاظت راه دور ON/OFF
- حفاظت ON/OFF
- انتقال فایل (فایل‌های اغتشاش)
- سنکرونیزم زمانی

### ۲-۶-۵- ارتباط بین ترمینال‌های سطح بی

توابعی در ترمینال‌ها وجود دارد که وظیفه آنها فرستادن و دریافت اطلاعات بین ترمینال‌های مختلف از طریق گذرگاه سطح پست می‌باشد. معمول‌ترین کاربرد این توابع، انتقال اطلاعات اینترنت‌لاکینگ بین بی‌های مختلف است.

### ۲-۶-۶- ارتباط از راه دور با مرکز کنترل

ارتباط از راه دور با مراکز کنترل یا از طریق اپراتور سطح پست یا از طریق یک دریچه ارتباطی جداگانه انجام می‌شود. ارتباط از راه دور از طریق واسط انسان - سیستم سطح پست، زمانی استفاده می‌شود که هیچ نوع استقلالی بین واسط سیستم - انسان سطح پست و مرکز کنترل نیاز نباشد. پروتکل‌های مختلفی را می‌توان برای ارتباط با مراکز کنترل از راه دور بکار گرفت (به عنوان مثال پروتکل استاندارد IEC شماره ۱۰۱-۵-۶۰۸۷۰).

این پروتکل‌ها معمولاً اطلاعات زیر را تحت پوشش قرار می‌دهند:

- اطلاعات مربوط به علائم یا بدون اطلاعات وضعیت



- ثبت ترتیبی واقعه (ثبت توالی واقعه)
- مقادیر آنالوگ با یا بدون اطلاعات وضعیت
- پیغام ثبت واقعه برای مقادیر آنالوگ
- مقادیر دیجیتال با یا بدون اطلاعات وضعیت
- مقادیر شمارنده پالس
- فرمان شی گرا
- فرمان تنظیم
- نقاط تنظیم

## ۲-۷- واسط سیستم - انسان (HMI) سطح پست

### ۲-۷-۱- اپراتور سطح پست

- واحد سیستم - انسان سطح پست با گرافیک و وسایل جانبی کامل (نمایشگر، صفحه کلید، ماوس، پرینتر ثبت پیشامد / آلارم و...) در کنترل کننده سطح پست قرار دارد. یک دستگاه HMI باید برای اپراتور موجود بوده و حداقل شامل قسمت‌های زیر باشد:
- رایانه صنعتی با آخرین تکنولوژی روز و دارای حافظه بالا و به تعداد نیاز ایستگاه اپراتوری و مهندسی و مجهز به تعداد کافی شیارهای AGP, PCI- PCI و همچنین باسهای SATA, IDE جهت حافظه سخت
  - ۲ نمایشگر رنگی صنعتی با وضوح<sup>۱</sup> بالا و سازگار با شرایط بحرانی الکترومغناطیسی
  - دیسک درایو قابل خواندن / نوشتن
  - حافظه ROM با ظرفیت حداقل 4Mb و حافظه RAM با ظرفیت حداقل 1Gb
  - یک دیسک سخت با ظرفیت بالا (حداقل 80Gb)
  - واحد پردازشگر مرکزی با سرعت حداقل 3GHZ
  - یک صفحه کلید اپراتور و یک دستگاه اشاره گر ماوس
  - یک چاپگر ثبت واقعه
  - یک چاپگر رنگی اختیاری برای چاپ صفحه نمایشگر جهت تهیه گزارشات
  - اینورتر DC به AC تغذیه کننده HMI
  - منبع تغذیه بدون وقفه<sup>۲</sup> (UPS) با قابلیت تأمین توان برای مدت ۳۰ دقیقه. این زمان مشخص باعث می‌شود که پایگاه اطلاعات مربوط به سیستم در مقابل قطعی برق محافظت شود.
  - واسط ارتباطی LAN
  - قابلیت سنکرونیزم زمانی با حداکثر انحراف ۳ ثانیه در روز در حالت برهم خوردن سنکرونیزم



1 . Resolution

2 . Unintruphile power supply

- LEDهای نمایش وضعیت منبع تغذیه، وضعیت کارکرد دیسک سخت و فن‌ها HMI سطح پست حداقل باید دارای توابع زیر باشد:
  - ارائه گرافیکی وضعیت تجهیزات، مقادیر اندازه‌گیری شده، آلارم و وقایع دیگر
  - ثبت و ضبط آلارم‌ها و وقایع
  - رنگ‌آمیزی توپولوژیکی برای نمایش وضعیت شینه‌ها و فیدرها
  - روشن کردن علامت وضعیت در دیاگرام تک خطی و یک علامت در خط پیغام آلارم برای آلارم تصدیق شده
  - اتصال به دیگر برنامه‌های ویندوز (اکسل، word، SQL، و visual basic) در صورت نیاز
  - برای دسترسی از راه دور آسان، نرم‌افزار سیستم HMI می‌تواند شامل یک تابع سرور - وب برای ارائه نمایش‌های ذکر شده باشد.
  - امکان نمایش دیاگرام‌های اینترنت‌لایکینگ جهت آگاهی اپراتور
  - امکان نمایش دیاگرام کلی سیستم اتوماسیون و وضعیت IEDها
  - امکان نمایش وضعیت سیستم DC, AC پست
- ساختار نمایشگر دارای خصوصیات زیر است:
- همه اطلاعات پست روی نمایشگرهای بصری<sup>۱</sup> (VDU) موجود است.
  - ساختار نمایش باید شامل نمایش کلی، دیاگرام تک خطی، نمایش بی، نمایش گروهی، نمایش گزارش، نمایش گرافیکی روند و نظام کار، نمایش شی‌گرا، نمایش از نزدیک، نمایش مقطعی، لیست فرآیند وقایع، لیست آلارم، تابع help و نمایش لغو وضعیت برای نظارت سیستم باشد.
  - اطلاعات دینامیکی روی نمایشگر باید مرتباً بصورت میلی‌ثانیه‌ای بروزرسانی شود.
  - قابلیت نمایش همزمان چند واقعه روی صفحه

## ۲-۷-۲- دیالوگ و نمایش

اطلاعات در نمایش‌های مختلف اساساً به صورت علامت و با رنگ‌های مختلف نمایش داده می‌شود. تعدادی از رنگ‌ها برای اطلاعات ویژه به صورت رزرو می‌باشند.

### ۲-۷-۲-۱- علامتها

#### • شینه‌ها و فیدرها

جهت نمایش گرافیکی سطوح ولتاژ برای شینه‌ها و فیدرها می‌توان از رنگ‌های مختلف مطابق با استاندارد رنگ‌آمیزی توانیر استفاده کرد.



### • کدگذاری رنگها

برای نمایش حالتهای مختلف (شی انتخاب شده تحت فرمان، مقدار به روز شده، منسوخ شده، غیرقابل استفاده یا نمونه برداری نشده، آلام یا حالت خطا، اختار، حالت نرمال، برق دار بودن فیدر، بی برق بودن فیدر، تعریف نشده بودن فیدر و مربوط بودن فیدر به حالت توسعه در آینده و ...) می توان از کدگذاری رنگها استفاده کرد. به گونه ای که هر رنگ یک وضعیت شی را نمایش می دهد.

### • نمایش اندازه گیریها

مقادیر اندازه گیری شده را می توان به صورتهای مختلف (دیجیتال، نمودار میله ای، ...) نمایش داد. برحسب اینکه مقدار یک کمیت اندازه گیری شده در محدوده نرمال، حالت اختار یا آلام باشد می توان برای نمایش یک کمیت از رنگهای مختلف استفاده کرد. مثلاً اگر مقدار جریان اندازه گیری شده در محدوده نرمال باشد از رنگ سبز و یا در ناحیه اختار از رنگ زرد و برای خارج از ناحیه از رنگ قرمز استفاده شود.

### • شی انتخاب شده

یک شی را در یک زمان تنها از یک نمایشگر می توان مدیریت کرد. اگر یک شی که در حال حاضر انتخاب شده، از نمایشگر دیگری مجدداً انتخاب شود اپراتور پیغامی دریافت خواهد کرد مبنی بر اینکه شی مورد نظر قبلاً انتخاب شده است.

### ۲-۲-۷-۲- نمایش پایه

می توان از طریق منوهای موجود، اعمال مختلف کنترلی را نظارت و اجرا کرد. برای مثال، آلامهای فعال و غیرفعال تصدیق نشده را مشاهده کرد یا اینکه هر یک از آلامها را تصدیق یا سطر آلام را غیرفعال کرد.

### ۲-۲-۷-۳- نمایشهای تعریف شده توسط کاربر

نمایشهای تعریف شده توسط کاربر یک قسمت از قابلیت های سیستم کنترل پست است که در آن نحوه نمایش کلی طرح و اطلاعات با نیازهای کاربر و ویژگیهای پست وفق داده می شود.

### • نمایشگر فرآیند<sup>۱</sup>

برای نمایش عملکرد یک قسمت از سیستم می توان از نمایشگر فرآیند استفاده کرد. اطلاعات را می توان به صورت علایم و مقادیر اندازه گیری شده در یک دیاگرام تک خطی یا نوع دیگری از نمایش ارائه کرد. نحوه نمایش به این امر بستگی دارد که به اپراتور در شناخت توابع، دستگاهها و وضعیت سیستم چگونه کمک می کند.

هر نمایش شامل دو بخش اساسی خواهد بود:

- نمایش قسمتهای استاتیک
- نمایش قسمتهای دینامیک



در نمایش یک فرآیند، قسمت استاتیک در بردارنده خطوط، متن و اطلاعات دیگر است و قسمت‌های دینامیک شامل ترانسفورماتور، کلید، سکسیونر و ... می‌باشد. با این نحوه نمایش، نشان دادن ارتباط بین اطلاعات دینامیکی و ارائه یک تصویر یکنواخت از فرآیند به اپراتور مهم است.

### • رنگ‌آمیزی شینه

با استفاده از تابع رنگ‌آمیزی شینه یا توابع مشابه، امکان رنگ‌آمیزی دینامیکی دیاگرام تک خطی مربوط به تصویر فرآیند، فراهم می‌شود.

هدف از رنگ‌آمیزی شینه، دادن دیدی کلی و سریع به اپراتور از حالت واقعی پست یا شبکه است. به گونه‌ای که اپراتور قادر باشد به سرعت تشخیص دهد که یک قسمت شینه زمین شده، برق‌دار یا بی‌برق است. این عمل از کلیدزنی نادرست در شرایط اضطراری، جلوگیری می‌کند. مخصوصاً اینکه در شبکه‌های بزرگ اپراتور نیاز دارد بداند که بی‌ها در حال حاضر بوسیله کدام فیذر تغذیه می‌شوند. به عبارت دیگر، از کلیدزنی غیرمطلوب قسمت‌های غیرسنکرون شبکه جلوگیری می‌شود و اپراتور سریع‌تر نسبت به از دست‌دادن یک ژنراتور عکس‌العمل نشان می‌دهد.

تجهیزاتی مانند ترانسفورماتورها و راکتورها را می‌توان با توجه به قسمتی از شینه که به آن اختصاص دارد رنگ‌آمیزی کرد.

### • نمایش‌گر سیستم نظارت

خطاهایی که در قسمت‌های کنترلی مثل بردهای I/O مربوط به ترمینال‌ها یا در لینک‌های ارتباطی، گذرگاه پست، ترمینال‌ها، پرینترها و ... اتفاق می‌افتد از طریق سیستم نظارت به اپراتور گزارش داده می‌شود.

### • گزارش‌ها

می‌توان شاخص‌های محاسبه شده و اندازه‌گیری شده قسمت‌های مختلف را در قالب گزارش به صورت شاخص‌های زمانی (روزانه، هفتگی، ماهانه و سالانه) در اختیار اپراتور قرار داد. در این گزارش‌ها بطور معمول، مقادیر نامطمئن با علامت سوال مشخص می‌شود. سیستم کنترل این قابلیت را دارد که اطلاعات مربوط به گزارش‌ها را به صورت به هنگام محاسبه و ذخیره کند. می‌توان تنظیمات را طوری انجام داد که اطلاعات گزارش در زمانهای به خصوص یا بعد از پیشامدهای خاص جمع‌آوری و محاسبه شوند.

### • نمایش روند (نظام)

می‌توان چگونگی روند و نظام کار مربوط به قسمت‌های مختلف را به صورت منحنی یا به صورت فهرست و جدول نمایش داد.

## ۲-۷-۲-۴- نمایش‌های از پیش تعریف شده

### • لیست وقایع

لیست وقایع، پیشامدهایی از فرآیند مانیتور شده را به صورت زمانی ارائه می‌دهد. وقایع را می‌توان به ترتیب وقوع زمانی از بالا به پایین مرتب کرد. در لیست وقایع وضعیت شی، نام شی، نام سیگنال و کمیت و ... نیز وجود دارد که مشخص می‌کند پیشامد یک زمان مشخص متناظر با کدام عنصر، وضعیت و ... است. وقایع در حالت نرمال در حافظه RAM رایانه و دیسک سخت رایانه ذخیره می‌شوند.



* yy:mm:dd hh:mm:ss:mss	Object Id	Signal Name	Status
1995-12-10 12:01:32.010	Green Bay F01-CB1	Breaker Operation	Open
1995-12-10 12:01:33.000	Green Bay F01-CB1	Breaker Operation	Execute
1995-12-10 12:01:34.456	Green Bay F01-CB1	Breaker Indication	Open
1995-12-10 12:01:35.457	Green Bay L1	Current Measurement	Warning
*1995-12-10 12:01:36.234	Green Bay L1	Current Measurement	Alarm

### شکل ۲-۱۰: متن متناظر با وقایع

برای مثال شکل (۲-۱۰) که متن متناظر با پیشامد را نشان می‌دهد شامل چند ستون می‌باشد. هر ستون دارای اطلاعات زیر است:

- ستون اول که طول آن یک کاراکتر می‌باشد، کاراکتر متناظر با حالت آلارم پیشامد را نشان می‌دهد.
  - ستون دوم دارای ۸ کاراکتر می‌باشد. تاریخ پیشامد شامل سال، ماه و روز را نشان می‌دهد.
  - ستون سوم دارای ۱۲ کاراکتر بوده و زمان وقوع پیشامد را به صورت ساعت، دقیقه، ثانیه و میلی‌ثانیه نشان می‌دهد.
  - ستون چهارم دربردارنده متنی است که شی را توصیف می‌کند.
  - ستون پنجم عمل انجام شده را توصیف می‌کند.
  - ستون ششم وضعیت و موقعیت شی را نشان می‌دهد.
- می‌توان وقایع را به صورت زمانی (روزانه، هفتگی، ماهانه یا سالانه) ذخیره کرد.

### • لیست آلارم

می‌توان وضعیت کنونی آلارم مربوط به فرآیند نظارت شده را در لیست آلارم نمایش داد. معمولاً آلارم‌ها در دو لیست جداگانه ارائه می‌شوند.

یک لیست دربردارنده آلارم‌های تأیید شده و نشده اکتیو (آلارم‌های دنباله‌دار) بوده و لیست دیگر دربردارنده آلارم‌های تصدیق نشده غیرفعال (زودگذر) می‌باشد. همه آلارم‌ها به ترتیب وقوع زمانی ارائه می‌شود. هر آلارم در یک سطر به صورت متنی ارائه شده و هر سطر توصیف کننده آلارم شامل یک زمان (تاریخ و زمان)، شناسایی شی (نام سطح پست و نام بی)، عمل شی و وضعیت می‌باشد.

### • لیست بلوکه کننده (انسداد)

لیست بلوکه کننده یک نمایش خلاصه از وضعیت بلوکه کردن و انسداد سیگنال‌ها در فرآیند نظارت شده را نشان می‌دهد. برای فراهم کردن یک مکانیسم بلوکه کردن گویا و روشن، می‌توان انواع موارد بلوکه کردن زیر را برای یک کلید بوسیله بلوکه کننده فراهم کرد:

- بلوکه کردن آلارم: صرف نظر از حالت شی، آلارم تولید نمی‌شود.
- بلوکه کردن عمل "به هنگام کردن": صرف نظر از حالت شی علایم به روز نمی‌شوند.
- بلوکه کردن کنترل: فرمانها برای انجام فرآیند ارسال نمی‌شود.

- بلوکه کردن پیشامد: پیشامدها ثبت نمی‌شوند و در لیست پیشامد نشان داده نمی‌شوند.
- بلوکه کردن چاپ: پیشامدها بر روی چاپگر فرستاده نمی‌شود.
- همچنین بسته به نیاز می‌توان موارد دیگری را نیز در تابع بلوکه کردن در نظر گرفت.

#### • تصویر شی

به هر عنصر مثل کلید یا سکسیونر در قسمت نمایشگر فرآیند یک می‌توان پنجره اختصاص داد تا هنگام انتخاب یک عنصر، نوع بلوکه کردن، خطاها و ... مربوط به آن نمایش داده شود.

### ۲-۷-۲-۵- ثبت و ارزیابی اغتشاش

هدف از ثبت کردن اغتشاش، بررسی عملکرد صحیح رله‌های حفاظتی و کلیدها و تحلیل مشکلات حفاظتی در سیستم قدرت می‌باشد. ثبت‌کننده اغتشاش منحنی‌های مربوط به مقادیر مانیتور شده عنصر تحت نظارت را در شرایط نرمال و در حالت عمل کردن رله‌های حفاظتی، ثبت می‌کند. بنابراین تنظیم‌های رله را می‌توان براساس اطلاعات ثبت‌شده انجام داد. مقادیر ثبت شده را می‌توان با یک ابزار ارزیابی تحلیل کرد.

### ۲-۷-۲-۶- پنجره‌های محاوره‌ای توابع

می‌توان به هر یک از توابع مربوط به عناصر فشارقوی، اندازه‌گیریه‌ها و بی‌های مختلف یک پنجره محاوره‌ای اختصاص داد.

### ۲-۷-۳- سطوح دسترسی کاربر

کاربردهای مختلف می‌توانند با توجه به سلسله مراتب زیر به سیستم دسترسی داشته باشند:

الف- فقط دیدن

ب- بهره‌برداری نرمال (باز کردن / بستن دستگاه)

ج- بهره‌برداری محدود و عمل مهندسی (بای‌پس کردن عمل اینترلاکینگ)

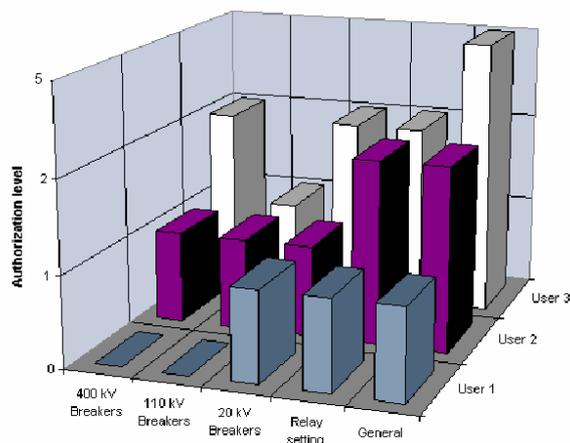
د- مدیریت سیستم

اجازه دسترسی بوسیله کلمه عبور داده می‌شود. تنها مدیر سیستم اجازه اضافه کردن، حذف کردن و تغییر سطوح دسترسی را دارد.

- هر عنصر را می‌توان در گروه‌های با سطوح اختیاری قابل برنامه‌ریزی، گروه‌بندی کرد. هر کاربر می‌تواند به یکی از گروه‌ها دسترسی داشته باشد. اگر یک شی به گروه‌های با سطوح اختیار مختلف تعلق نداشته باشد به گروه کلی و عمومی متعلق خواهد بود.

- علاوه بر آن می‌توان یک ایستگاه اپراتور تنها در مود دیدن (View) برنامه‌ریزی کرد. شکل (۲-۱۱) یک نمونه پروفیل سطوح دسترسی کاربر برای عناصر مختلف را نشان می‌دهد.





شکل ۲-۱۱: پروفیل سطوح دسترسی کاربر

## ۲-۷-۴- چاپگر واقعه

می‌توان یک چاپگر واقعه به واسط سیستم - انسان (HMI) سطح پست متصل کرد تا وقتی وقایع به HMI سطح پست می‌رسد، به طور اتوماتیک چاپ گرفته شود. هر چاپ واقعه بهتر است حداقل شامل تاریخ و زمان واقعه، نام عنصر متناظر با واقعه، وضعیت عنصر و یک متن توصیف‌کننده آن باشد.

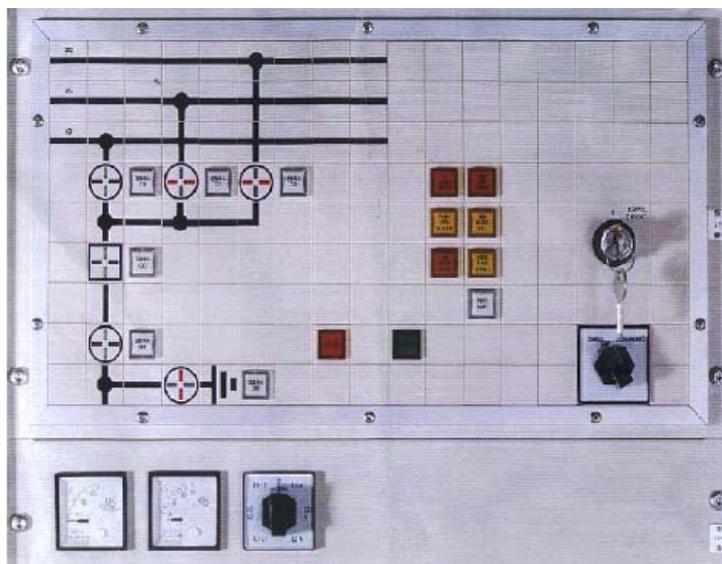
## ۲-۷-۵- تابلوی محلی (تابلوی پشتیبان)

ترمینال‌ها علاوه بر کنترل از طریق سطح پست و کنترل از راه دور دارای یک کنترل محلی نیز می‌باشند. در بعضی موارد هنگام کنترل ترمینال در مد محلی، ترمینال به یک تابلوی کنترل اختصاصی وصل می‌شود. این تابلو دارای سوئیچی برای انتخاب مد یا حالت توسط اپراتور می‌باشد (کنترل سطح پست / کنترل راه دور، محلی یا پشتیبان).

در مد کنترل سطح پست / راه دور، کنترل پست از HMI سطح پست یا مرکز کنترل انجام می‌شود. کنترل از تابلو محلی تنها در مد محلی یا پشتیبان انجام می‌شود. مد محلی اطمینان حاصل می‌کند که تمام اینترلاک‌ها در طول همه بهره‌برداریه‌ها برآورده می‌شود. در حالی که مد پشتیبان در وضعیت‌های فوری / اضطراری بدون اینترلاکینگ بکار می‌رود. بنابراین مد پشتیبان عمل اینترلاکینگ را بای‌پس می‌کند.

واسط انسان - ماشین سطح بی در حالت پیش‌فرض به عنوان یک تابلوی کنترل محلی بکار می‌رود. شکل (۲-۱۲) یک نمونه از تابلوی کنترل محلی را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که تابلوی کنترل محلی صرفاً در پسته‌های دارای اپراتور معنا داشته و در پسته‌های بدون اپراتور (Un-man) نیازی به این تابلو نیست.





شکل ۲-۱۲: تابلوی کنترل محلی

## ۲-۸- کنترل سطح بی

واحد کنترل بی دستگاهی بر پایه تجهیزات الکترونیکی هوشمند (IED) بوده که قادر به پردازش محلی و جمع‌آوری داده است. کنترل سطح بی دارای یک واحد کنترل اختصاصی برای توابع کنترل پست بوده که از توابع حفاظت رله جدا شده است. بر روی واحدهای کنترل بی یک صفحه نمایشگر LCD گرافیکی برای نمایش دیاگرام‌های تک‌خطی، وضعیت تجهیز (باز / بسته)، مقادیر اندازه‌گیری و آلارم‌ها و تنظیمات مربوط به IED و پیکره‌بندی آن تعبیه شده است که قابلیت برنامه‌ریزی و تغییر و ترسیم اشکال مختلف را بصورت نرم‌افزاری دارا می‌باشد. در وضعیتی که ارتباط با کنترل سطح پست دارای نقص شود واحدهای کنترل بی به صورت واحدهای مستقل عمل نموده و عملیات جمع‌آوری، ذخیره اطلاعات و توابع محلی بدون وقفه انجام می‌شود. وقتی خطا رفع شد، کنترل‌کننده بی تمامی اطلاعات انتقال داده نشده را به کنترل سطح پست ارسال می‌کند.

در پیشامدهایی که منبع تغذیه دارای نقص می‌شود کنترل سطح بی باید همه تنظیمات پارامتری و توابع را بوسیله حافظه غیرفرار، بدون بکاربردن باتری پشتیبان حفظ کند.

کنترل سطح بی دارای توابع زیر است:

- جمع‌آوری داده
- مانیتورینگ و کنترل تجهیزات فشارقوی مانند کلیدها و سکتیونرها
- سنکروچک کلیدها
- اینترلاکینگ بی و اینترلاکینگ گسترده پست از طریق اطلاعات بی مربوطه و یا داده‌های دیگر
- کنترل اتوماتیک / دستی تپ چنجر قابل تغییر در زیر بار
- کنترل عملکرد موازی ترانسفورماتورها بوسیله کنترل اتوماتیک / دستی تپ چنجر قابل تغییر در زیر بار

- کنترل کمکی سیستم خنک‌کنندگی ترانس‌های قدرت
- توابع کنترل ترتیبی سطح بی، انتخاب ولتاژ
- توابع خودنظارتی و تشخیص عیب
- توابع واسط با کنترل‌کننده سطح پست و HMI
- نظارت بار نامتعادل مانند بازبینی معقول‌بودن ولتاژها و جریان‌های سه فاز
- نظارت باز و بسته بودن مدار اولیه
- نظارت ورودی آنالوگ مانند ولتاژهای سه فاز
- برچسب زمانی پیشامدها با دقت یک میلی‌ثانیه
- اندازه‌گیری و محاسبه متغیرهای پردازش بی مانند جریانهای سه فاز، ولتاژهای سه فاز، توان اکتیو و راکتیو، فرکانس، اندازه‌گیری انرژی و زاویه فاز
- حذف بار فرکانسی، ولتاژی و بازیابی
- تعمیر و نگهداری براساس شرایط پست
- واسط با رله‌های حفاظتی

با استفاده از تجهیزات الکترونیکی هوشمند جدید کنترل سطح بی می‌تواند، برای کاربردهای کنترل و حفاظت از نرم‌افزار و سخت‌افزار مشابه استفاده کند. این امر منجر به ایجاد تجهیزات کنترلی، با قابلیت ارتباط آسان با کاربر می‌شود. با یک تجهیز ایمن و فشرده که دارای قابلیت دسترسی آسان توسط کاربر است، عملکرد بهینه امکان‌پذیر خواهد بود. این امر هزینه‌های نصب و نگهداری را کاهش داده و باعث مدیریت موثرتر سیستم قدرت می‌شود که به تبع آن هزینه‌های بهره‌برداری نیز کاهش می‌یابد. توابعی مانند کنترل تجهیزات فشارقوی، اینترلاکینگ، سنکروچک و انواع مختلف توابع حفاظت مثال‌هایی از توابع مفید موجود در یک بی می‌باشند. این توابع را می‌توان با حفظ دسترس‌پذیری بالای کل سیستم، در یک ترمینال پیاده‌سازی کرد. سیگنال‌های باینری و آنالوگ از CT و VT‌ها مستقیماً به این ترمینال‌ها وصل می‌شوند و با توجه به سخت‌افزار استفاده شده در آن دیکد شده و بسته به نوع پروتکل ارتباطی با فرمتهای متفاوتی قابل ارسال به HMI هستند. پیکربندی نرم‌افزار در ترمینال‌ها با از دست رفتن منبع تغذیه نیز حفظ می‌شود.

## ۲-۸-۱- طراحی سخت‌افزار

یک ترمینال وابسته به بی، از یک مجموعه مدول‌های سخت‌افزاری تشکیل می‌شود. برای ایجاد یک ترمینال بخصوص، مدول‌های کاربردی ویژه جمع‌آوری می‌شوند. توابع پایه در یک ترمینال، وظایف اساسی مانند خودنظارتی، شکل‌دهی سیستم I/O، زمان‌سنج بلادرنگ و توابع دیگر، وظایف حفاظت و کنترلی یک ترمینال را انجام می‌دهند.

هر ترمینال ترکیبی از مجموعه مدول‌های اصلی زیر می‌باشد:

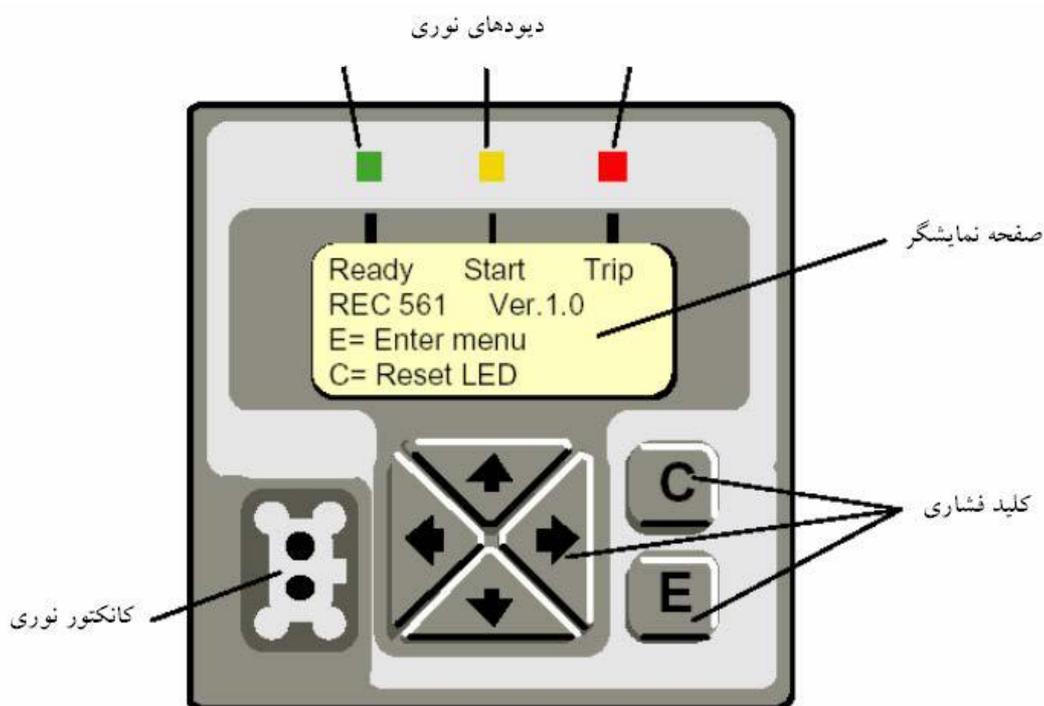


- پردازشگر اصلی<sup>۱</sup> (MPM): برای کاربردهای کنترلی کل سیستم به کار می‌رود. همه اطلاعات و داده‌ها در این قسمت پردازش می‌شود یا از این مدول عبور می‌کند؛ مثل پیکربندیها، تنظیمات و ارتباطات
  - منبع تغذیه (Power Supply Module): شامل یک مبدل DC/DC رگوله‌شده بوده که ولتاژ تغذیه همه مدارهای استاتیک را فراهم می‌کند.
  - واسط انسان - ماشین (HMI): این مدول شامل تعدادی LED و کلید، یک LCD و یک کانکتور نوری برای اتصال به رایانه می‌باشد.
  - نمایشگر علایم: اختیار پیکربندی این مدول در اختیار کاربر بوده و برای نشان دادن علایم بکار می‌رود.
  - مدول ارتباط سریال: توسط این مدول هر ترمینال در واقع جزئی از سیستم کنترل پست و یا جزئی از سیستم مانیتورینگ کنترل سطح پست خواهد بود.
  - مدول ترانسفورماتور: این مدول شامل تعدادی ترانسفورماتور ورودی ولتاژ و جریان است.
  - مبدل A/D (آنالوگ به دیجیتال): مبدل آنالوگ به دیجیتال که دارای تعدادی ورودی آنالوگ بوده که رنج دینامیکی آن برای جریان و ولتاژ معمولاً از حدود ۰/۰۱ تا چندین برابر مقدار نامی می‌باشد.
  - مدول ورودی آنالوگ: این مدول دارای تعدادی کانال ورودی برای سیگنال‌های آنالوگ است.
  - مدول ورودی باینری: این مدول دارای چندین ورودی باینری می‌باشد.
  - مدول خروجی باینری: این مدول شامل چندین خروجی تکی یا فرمان خروجی تحت نظارت است.
- توضیح اینکه در بعضی از سیستم‌های اتوماسیون بسته به سازنده بعضی از مدول‌های فوق ممکن است موجود نبوده یا اینکه ممکن است چند مدول در هم ادغام شده باشند.

## ۲-۸-۲- واسط انسان - ماشین<sup>۲</sup> (HMI)

این مدول که نمای ظاهری یک نمونه از آن در شکل (۲-۱۳) آورده شده بسته به نوع خود از تعدادی LED، صفحه نمایشگر LCD، و کلیدهای فشاری و کانکتور نوری و ... برای ارتباط با رایانه تشکیل می‌شود که از این طریق قابلیت‌هایی از جمله خواندن و تغییر تنظیمات، خواندن پیشامدها، کنترل دستگاهها و ... ایجاد می‌شود. بوسیله نمایشگر LED و یا هر نمایشگر دیگر تعبیه شده روی HMI می‌توان اطلاعات بصری بهنگام مانند سیگنال‌های آلارم و علایم حفاظتی را نمایش داد.





شکل ۲-۱۳: مدول واسط انسان - ماشین

### ۲-۸-۳- خودنظارتی<sup>۱</sup>

ترمینال‌ها دارای تسهیلات خودنظارتی کاملی بوده که کاربر را در مورد خطاهای آشکار شده در ترمینال مربوطه یا توابع آگاه می‌سازد. تابع خودنظارتی به طور پیوسته می‌تواند روی موارد زیر عمل کند:

- چرخه خواندن - نوشتن سلول‌های حافظه و ثبات‌های داخلی
- تابع Watchdog ریزپردازنده نرمال (تابع Watchdog یک تایمر است که برای Reset ریزپردازنده استفاده می‌شود).
- بازبینی سیگنال‌های اندازه‌گیری شده دیجیتال
- بازبینی محتویات PROM (حافظه فقط خواندنی قابل برنامه‌ریزی)
- بازبینی انواع ارتباطات سیگنالی
- مدارهای داخلی روی بردهای ورودی و خروجی

### ۲-۸-۴- واسط‌های پردازش

ترمینال‌ها با موارد زیر می‌توانند تجهیز شوند:

- ورودی‌های آنالوگ جریان و ولتاژ
- چندین درگاه ورودی - خروجی (I/O) با پوشش‌های فلزی مختلف برای سازگاری الکترومغناطیسی



**۲-۸-۴-۱- ورودیهای آنالوگ****۲-۸-۴-۱-۱- ورودیهای مستقیم از CTها و VTها**

این بسته دارای ورودیهای جریان (با مقدار نامی در حدود کمتر از ۱۰ آمپر) و ولتاژ (با مقدار نامی در حدود چند ولت) می‌باشد. همچنین یک مدول ترانسفورمر و یک مبدل A/D در این بسته قرار دارد. این ورودیها عمدتاً برای توابع حفاظت و محاسبه توانهای اکتیو و راکتیو و عمل سنکروچک بکار می‌رود.

**۲-۸-۴-۱-۲- مدولهای با ورودی آنالوگ**

خروجی سنسورها به عنوان ورودی به مدولهای ورودی آنالوگ وارد می‌شود. این سنسورها می‌تواند شامل سنسورهای درجه حرارت روغن و سیم‌پیچ ترانس و راکتور، درجه حرارت محیط اتاق کنترل و یا تپ ترانس باشد که به انواع مختلفی مانند RTD، جریان، مقاومتی، ترموکوپل و ... تقسیم می‌شوند. به طور معمول این مدولها ۱۶ بیتی و دارای دقت حدود ۰/۱٪ می‌باشند. رنج حداکثر ورودیها برای جریان حدود  $\pm 20\text{mA}$  و برای ولتاژ حدود ۲۰-۰ ولت می‌باشد.

عمل فیلترینگ داده، کالیبراسیون داخلی و گزارش دهی دوره‌ای به عنوان اعمال پیش‌پردازش روی برد آنالوگ انجام می‌گیرد.

**۲-۸-۴-۱-۳- دما**

برای اندازه‌گیری دما، می‌توان از سنسورهای خارجی استفاده نموده و سپس خروجی سنسورها به عنوان ورودی به مدولهای آنالوگ وارد شود.

**۲-۸-۴-۲- ورودیهای باینری**

برد ورودی باینری دارای چندین کانال ورودی است که از هم ایزوله شده‌اند. برای جلوگیری از بروز خطا، سیگنالهای ورودی باینری می‌بایستی فیلتر شوند.

**۲-۸-۴-۳- ورودیهای پالسی**

بعضی از مدولهای سخت‌افزاری دارای تابع شمارنده پالس هستند. وظیفه این تابع، شمارش پالسهای انرژی (kwh , kvarh) است.

**۲-۸-۴-۴- خروجیهای باینری**

برای اطمینان از عملکرد درست خروجی رله‌ها و داشتن ایمنی بالا می‌بایستی از یک تابع نظارتی استفاده نمود. وضعیت خروجی رله‌ها (on/off) به صورت پیوسته خوانده شده و با حالت مورد انتظار مقایسه می‌شود. اگر هرگونه ناهمخوانی اتفاق افتد، یک خطا گزارش می‌شود. این تابع موارد زیر را پوشش می‌دهد:



- قطعی یا اتصال کوتاه در بوبین خروجی رله
- خطای راه اندازی خروجی رله

## ۹-۲- ترمینال‌های کنترل و اندازه‌گیری

سیستم کنترل پست از یک مجموعه کامل ترمینال‌های کنترل و اندازه‌گیری تشکیل شده و معمولاً بسته به کارخانه سازنده هر ترمینال با توجه به کاربرد دارای نام‌گذاری مخصوص به خود می‌باشد. در تکنولوژیهای جدیدتر طراحی سخت‌افزار و نرم‌افزار به گونه‌ای است که هزینه سرمایه‌گذاری، نگهداری و ... تا حد امکان مینیمم شود.

- ترمینال‌های کنترل:

در سیستم کنترل پست، ترمینال‌های کنترل در سطح بی‌کاربرده می‌شوند. این ترمینال‌ها برای کنترل و نظارت کلیدها، سکسیونرها و سکسیونرهای با تیغه زمین در هر نوع آرایش شینه/ سوئیچگیر بکار می‌روند. توابع کنترل مانند اینترلاکینگ، وصل مجدد اتوماتیک و سنکروچک و توابع حفاظت و مانیتورینگ را نیز می‌توان در آن شامل کرد. همچنین از یک ترمینال کنترل می‌توان برای کنترل تعدادی بی‌نیز استفاده نمود.

- ترمینال‌های چندقابلیته:

در بعضی از سیستم‌های اتوماسیون، نوعی از ترمینال‌ها وجود دارد که به ترمینال‌های چندقابلیته معروفند. این ترمینال‌ها جهت حفاظت، کنترل و مانیتورینگ سیستم‌های قدرت بکار می‌روند.

- ترمینال‌های اندازه‌گیری (Measuring center):

دستگاه‌های اندازه‌گیری در سیستم کنترل پست وظیفه اندازه‌گیری و ثبت و ارسال پارامترهای مربوط به شبکه قدرت نظیر ولتاژها، جریانها، توانها، انرژی‌ها، ضریب توان، فرکانس و ... را در هر فیدر برعهده دارند. نوع و کلاس دقت این ترمینالها با توجه به نوع فیدر و سطح ولتاژ پست تفاوت دارد. مقادیر لحظه‌ای پارامترها از روی صفحه نمایشگر ترمینال قابل رویت بوده و امکان برنامه‌ریزی و اتصال و تنظیم از طریق یک کامپیوتر محلی را دارا می‌باشند. همچنین قابلیت ارسال اطلاعات در بازه‌های زمانی مشخص شده از سوی کاربر یا بصورت لحظه‌ای به HMI از طریق پروتکل‌های استاندارد نظیر Profibus- Modbus یا پروتکل‌های استاندارد IEC را دارا می‌باشند. با توجه به حافظه ترمینال امکان ثبت پارامترهای اندازه‌گیری شده و یا شکل موجها نیز برای یک مدت زمان مشخص وجود دارد.

- ترمینال‌های مکان‌یاب خطا و ثبت‌کننده اغتشاش:

این ترمینال به عنوان ضبط‌کننده اغتشاش و مکان‌یاب خطا عمل می‌کند و در کاربردهایی که ثبت ولتاژها و جریانهای شبکه، تحلیل اغتشاش‌های رخ داده در سیستم را تسهیل می‌کند، مفید خواهد بود.

- ترمینال‌های اندازه‌گیری فازور:

این ترمینال برای موارد زیر بکار می‌رود:

- ضبط پیوسته برای تحلیل جزئی‌تر پیشامدها بعد از وقوع آن



- تخمین حالت برای کاربردهایی نظیر SCADA (سیستم کنترل نظارت و دریافت داده)، سیستم مدیریت انرژی (EMS) و کاربردهای کنترلی ضروری
- توابع میراکننده سیستم قدرت براساس اندازه‌گیری زاویه فاز سیستم
- ممانعت در ازدست‌دادن سنکرونیزم براساس اندازه‌گیری زاویه فاز ولتاژ در نقاط بحرانی

## ۲-۱۰-۱- ساختار نرم‌افزار

در سیستم‌های اتوماسیون، نرم‌افزارها را می‌توان به دو دسته اصلی تقسیم کرد: نرم افزار سیستم و نرم‌افزار کاربردی. این گروه‌بندی قابل اعمال به HMI سطح پست، کنترل از راه دور و ترمینال‌های سطح بی می‌باشد. کلیه این نرم‌افزارها بایستی از نسخه original تهیه گردد و قابلیت تعریف سطوح دسترسی مختلف داشته باشد. همچنین این نرم‌افزارها نیاز به دوره طولانی مدت تست و Debug دارند. امکان Reservation از HMI‌های مختلف نیز می‌بایستی بصورت قابل تنظیم در نرم‌افزار وجود داشته باشد.

## ۲-۱۰-۱-۱- نرم‌افزار سیستم

نرم‌افزار سیستم دربردارنده توابعی است که در واقع توابع اساسی سیستم را دربر می‌گیرد. این نرم‌افزار در یک حافظه غیرفرار جایگزین می‌شود و بوسیله مهندس نرم‌افزار تغییر داده نمی‌شود. نرم‌افزار سیستم در واسط انسان-سیستم سطح پست (HMI) برای کاربردهای اجرایی و ارتباط با قسمتهای مختلف سیستم کنترل بکار می‌رود. این نرم‌افزار بایستی قابلیت تهیه Backup بصورت اتوماتیک و تغییر Database بصورت Remote را داشته باشد. همچنین حداقل امکاناتی که برای این نرم‌افزار مورد نیاز است عبارتند از:

- نمایش Alarmها
- نمایش وقایع (event)
- امکان فیلتر نمودن Alarmها و eventها
- نمایش disturbance
- نمایش تک خطی اصلی پست
- نمایش معماری سیستم اتوماسیون پست (communication scheme)
- نمایش کلیه رله‌های حفاظتی و ارتباطات آنها با سیستم اتوماسیون و دسترسی به هر یک از آنها
- قابلیت Dynamic coloring برای تجهیزات مختلف، فیدرها و باسبارها

## ۲-۱۰-۲- نرم‌افزار کاربردی

برای اطمینان از داشتن توابع نرم‌افزاری با قابلیت اطمینان مناسب و مقاوم، قسمت اصلی نرم‌افزار کاربردی، بوسیله مدول‌های نرم‌افزاری استاندارد (که معمولاً هر یک از این مدول‌ها در یک کتابخانه موجود است) محقق می‌شود. بلوک‌های موجود عملیاتی، مستند بوده و قبلاً مورد آزمون قرار می‌گیرند تا از ایمنی توابع برای کاربردهای کنترل، نظارت یا حفاظت اطمینان حاصل شود. معمولاً نرم‌افزار کاربردی در ترمینال‌های کنترل / حفاظت طبق استاندارد IEC شماره ۳-۶۱۱۳۱ و یا براساس استاندارد جدید

IEC 61850 مطابق با IEC 61850-6 برنامه‌ریزی می‌شود. در بیشتر موارد، نرم‌افزار دارای قابلیت ارائه یک محیط گرافیکی از کنترل فرآیند است. هر تابع به صورت یک بلوک ورودی و خروجی می‌باشد. تابع متناظر با هر بلوک می‌تواند یک تابع ساده مانند تابع منطقی OR یا یک تابع پیچیده‌تر مثل وصل مجدد اتوماتیک باشد. برنامه‌نویسی کاربردی، وارد کردن پایگاه داده‌ها و مستندسازی بوسیله رایانه و با یک ابزار برنامه‌نویسی انجام می‌شود.

مثال‌هایی از توابع که به صورت مدول‌های استاندارد در نرم‌افزار کاربردی موجود می‌باشد عبارتست از:

- کنترل دستگاه
- اینترلاکینگ
- بازبینی سنکرونیزم و برق‌داربودن
- حفاظت خطای کلید
- نظارت خطای فیوز
- ازدست دادن ولتاژ سیستم
- وصل مجدد اتوماتیک
- شمارنده پالس برای اندازه‌گیری انرژی

## ۲-۱۱- منبع تغذیه کمکی

برای سیستم اتوماسیون پست معمولاً از هر دو منبع تغذیه AC و DC استفاده می‌شود. منبع تغذیه AC برای تجهیز واسط انسان - سیستم (HMI) بکار برده می‌شود. چون دستگاه‌هایی مانند رایانه، چاپگر، صفحه کلید و صفحه نمایش دارای منبع تغذیه AC هستند برای تهیه یک منبع تغذیه AC با قابلیت دسترسی‌پذیری بالا، در حالت معمول از یک اینورتر که از باتری سطح پست تغذیه می‌شود، استفاده می‌شود. هنگام بروز وقفه در ولتاژ AC اینورتر یک سوئیچ انتقال استاتیکی تغذیه را به ولتاژ AC محلی پست منتقل می‌کند. برای بدست آوردن سطح تداخل کافی برای دستگاه‌های واسط انسان - سیستم سطح پست (HMI) آنها از طریق ترانس ایزوله‌کننده به یک فیلتر متصل می‌شوند.

ترمینال‌های کنترل و حفاظت را می‌توان از طریق باتری سطح پست (با توجه به توان مصرفی آنها) تغذیه کرد.

## ۲-۱۲- ابزار مهندسی

### ۲-۱۲-۱- کلیات

سیستم اتوماسیون پست یک سیستم توزیع شده بوده که از قسمت‌های اصلی زیر تشکیل شده است: ترمینال‌های کنترل و اندازه‌گیری بی، گذرگاه ارتباطی سطح پست، واسط سیستم - انسان سطح پست که همچنین می‌تواند به عنوان یک دریچه ارتباطی بین کنترل سطح پست و مرکز کنترل بار عمل کند. کار مهندس نرم‌افزار برای پیکربندی سیستم، شامل مراحل زیر است:



- برنامه‌نویسی کاربردی برای ترمینال‌های کنترل و حفاظت شامل مدیریت و راه‌اندازی ورودی / خروجی‌ها و ارتباط با ترمینال‌ها و واسط سیستم-انسان
- برنامه‌نویسی کاربردی واسط سیستم-انسان سطح پست شامل ارتباط با ترمینال‌ها، ترمینال‌های حفاظتی، نمایش سیستم به صورت گرافیکی و پردازش برای مرکز کنترل بار
- پیکربندی گذرگاه ارتباطی سطح پست
- پیکربندی ارتباط از راه دور با مرکز کنترل
- پیکربندی نرم‌افزارهای تحلیل و آنالیز خطا در HMI و نرم‌افزارهای مربوط به تنظیمات رله‌های حفاظتی هم بصورت local و هم از طریق HMI

## ۲-۱۲-۲- ترمینال‌های سطح بی

در بعضی از سیستم‌های اتوماسیون یک ابزار پیکربندی برای برنامه‌نویسی کاربردی، مستندسازی و آزمون ترمینال وجود دارد. بوسیله برنامه‌نویسی کاربردی در تمام مراحل عملکرد نرمال می‌توان تنظیم پارامترها، ارزیابی اغتشاش، کار مهندسی و ... را انجام داد.

ابزار پیکربندی به یک ترمینال وصل شده و تنظیمات مستقیماً بر روی واحد اتصال یافته انجام می‌گیرد.

این ابزار موارد زیر را پوشش می‌دهد:

- ورود برنامه براساس استاندارد مربوطه
- اصلاح برنامه
- نمایش وضعیت سیگنال (مد اشکال زدایی)
- مستندسازی برنامه گرافیکی

می‌توان برای ایجاد ایمنی و قابلیت اطمینان بالا در برابر تغییرات ناخواسته، از کلمه عبور استفاده کرد. داده‌های حفاظتی مانند تنظیمات، اغتشاش‌ها و پیشامدهای با برچسب زمانی را از طریق واسط سیستم-انسان سطح پست (HMI) می‌توان مدیریت و راه‌اندازی کرد.

پیکربندی پیش فرض ترمینال‌ها را می‌توان بوسیله ابزار پیکربندی به‌گونه‌ای تغییر داد که نیازهای جدید را پوشش دهد. پیکربندی یک ترمینال شامل بلوکهای تابع، گیت‌های منطقی و تایمرهای موجود در آن می‌شود. بلوک‌های تابع موجود در ترمینال در یک کتابخانه توابع موجود است. بنابراین مهندس مربوطه می‌تواند یک تابع را از کتابخانه انتخاب کرده و با توجه به نیاز، آن را به‌گونه‌ای مناسب با ترمینال لینک کند.

## ۲-۱۲-۳- HMI سطح پست و ارتباط از راه دور

برنامه‌ریزی واحد HMI سطح پست می‌تواند به طرق مختلف انجام گیرد. به طور معمول در بیشتر سیستم‌های کنترل یک مجموعه از کتابخانه‌های کاربردی وجود دارد که این کتابخانه‌ها دربردارنده توابع مختلف برای لیست آلارم و پیشامد، رنگ‌آمیزی



شینه‌ها، خودنظارتی سیستم، مانیتورینگ و نظارت، کنترل و جمع‌آوری اغتشاش می‌باشد. با نصب توابع مذکور که عمدتاً هم گرافیکی می‌باشند، کارایی سیستم افزایش می‌یابد.

## ۲-۱۲-۴- پیکربندی گذرگاه ارتباطی

پیکربندی گذرگاه ارتباطی شامل تنظیم پارامترهای ارتباطی، مقداردهی اولیه به گرہ‌ها و اتصال سیگنال بین ترمینال‌ها می‌باشد. سیستم مانیتورینگ پست اطلاعات لازم درمورد فرآیند را تهیه می‌کند. این اطلاعات شامل همه اندازه‌گیریها، داده محاسبه شده و ثبت شده مانند علایم، تنظیمات و اطلاعات رفع عیب موجود در ترمینال‌های کنترل و حفاظت است.

## ۲-۱۳- قابلیت اطمینان و دسترس پذیری

در رابطه با قابلیت اطمینان سیستم کنترل پست، عمدتاً سه مفهوم قابلیت اعتماد، امنیت و قابلیت دسترسی مطرح می‌شود.

- قابلیت اعتماد: هنگامی که سیستم کنترل برای انجام وظیفه‌ای فراخوانی می‌شود، آن را با موفقیت به انجام برساند.

قابلیت اطمینان سیستم به عوامل زیر بستگی دارد:

امنیت: سیستم کنترل تنها در زمان فراخوانی، اقدام به انجام وظایف نماید.

قابلیت دسترسی: در مواقع لزوم، برای انجام وظیفه محوله در دسترس باشد. قابلیت دسترسی تابعی از نرخ خرابی تجهیزات و

زمان مورد نیاز برای تعمیرات آنها می‌باشد.

فاکتورهای زیادی بر قابلیت اطمینان و دسترس پذیری یک سیستم کنترل و حفاظت اثر دارد. سیستم اتوماسیون پست به گونه‌ای

طراحی می‌شود که شاخص‌های مربوط به نیازمندیهای ایمنی، قابلیت اطمینان و دسترس پذیری در حد مطلوب باشد. این شاخص‌ها عبارتند از:

- ایمنی در برابر تداخلات الکتریکی
- استفاده از بردها و قطعات با کیفیت بالا
- استفاده از سخت‌افزار با عناصر آزمون شده
- استفاده از نرم‌افزار مدوله شده، آزمون شده و پیشرفته
- استفاده از زبان برنامه‌نویسی قابل فهم برای برنامه‌نویسی کاربردی
- وجود توابع تشخیص عیب و نظارت
- وجود خدمات پس از فروش
- وجود توابع پشتیبان

دسترس پذیری سیستم به چند عامل بستگی دارد از جمله:

- امکان دسترسی به قسمت‌های مازاد<sup>۱</sup>
- سازمان دادن عملیات تعمیر و نگهداری



## ۲-۱۴- مبدل‌های اندازه‌گیری سیستم کنترل

جهت اهداف کنترلی و ثبت و ضبط اطلاعات آماری می‌بایستی مقادیر ولتاژ، جریان یا دیگر پارامترهای مربوط به شبکه به دقت اندازه‌گیری شود. برای اندازه‌گیری این پارامترها راههای متنوعی وجود دارد که مرسوم‌ترین آن استفاده از مبدل‌های اندازه‌گیری است. خروجی مبدل<sup>۱</sup> یک مقدار آنالوگ DC بوده (معمولاً به صورت جریان) که متناظر با پارامتر اندازه‌گیری شده است. مبدل‌ها دارای یک یا چند ورودی یا خروجی می‌باشند. ورودیها و خروجیها و هر یک از مدارهای کمکی از هم ایزوله هستند. اگر بیش از یک ورودی وجود داشته باشد، خروجی اندازه‌گیری شده تابعی از یک تا تعدادی از ورودیها خواهد بود.

### ۲-۱۴-۱- ورودیهای مبدل

ورودی یک مبدل اغلب از ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری می‌آید. در حالت ایده‌آل برای بدست آوردن بهترین دقت، ترانسفورماتورهای کلاس اندازه‌گیری باید بکار رود (چون خطاهای ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری نیز به خطای مبدل اضافه می‌شود). با این حال مرسوم است که مبدل‌ها را به ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری با کلاس حفاظتی متصل می‌کنند و این بدین دلیل است که مبدل‌ها قابلیت ایستادگی در برابر اضافه بارهای سنگین کوتاه‌مدت را دارا باشند. ورودی‌های جریان یک مبدل که به ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری با کلاس حفاظتی اتصال می‌یابد، معمولاً دارای خصوصیات زیر هستند:

- ۳۰٪ جریان بار نامی به طور پیوسته
- ۲۵۰٪ برای سه ثانیه
- ۵۰۰٪ برای یک ثانیه

برای ورودی جریان، امپدانس ورودی مبدل تا آنجا که ممکن است پایین نگه داشته می‌شود و برای ورودی ولتاژ، امپدانس ورودی تا حد ممکن بالاست.

### ۲-۱۴-۲- خروجی‌های مبدل

خروجی یک مبدل (حسگر) معمولاً یک منبع جریان است. مقدار ولتاژ قابل پذیرش، ماکزیمم مقدار امپدانس حلقه مدار خروجی را تعیین می‌کند. حلقه خروجی برای اهداف کنترلی بکار می‌رود.

### ۲-۱۴-۳- دقت مبدل

دقت یک مبدل از اهمیت بالایی برخوردار بوده و بوسیله فاکتورهای زیادی (که کاربر بر روی آن کنترل کمی دارد یا تحت کنترل او نیست) تحت تأثیر قرار می‌گیرد. جدول (۲-۱) لیستی کامل از این فاکتورهای تأثیرگذار را نشان می‌دهد. دقت تحت یک مجموعه از شرایط قابل قبول بازبینی شده که به این شرایط، شرایط مرجع گفته می‌شود. برای هر کدام از فاکتورها، شرایط مرجع به صورت یک مقدار عددی یا محدوده عددی مشخص می‌گردد.



جدول ۲-۱: فاکتورهای تأثیرگذار بر روی دقت مبدل

ولتاژ ورودی	جریان ورودی
مقدار فرکانس ورودی	مقدار اغتشاش ورودی
جریانهای نامتعادل	ضریب توان
بار خروجی	عملکرد پیوسته
دمای محیط	عکس العمل بین المانهای اندازه‌گیری
فرکانس تغذیه کمکی	ولتاژ تغذیه کمکی
حرارت	میدانهای مغناطیسی خارجی

خطایی که تحت شرایط مرجع بدست می‌آید به عنوان خطای دستگاه معرفی می‌شود.

تحت شرایط متغیر، سیگنال خروجی آنالوگ تغییرات را دنبال نمی‌کند بلکه یک تأخیر زمانی ایجاد می‌شود. این امر بدلیل فیلترینگ مورد نیاز برای کاهش ریپل یا جلوگیری از تشابه<sup>۱</sup> است. مقدار تأخیر به عنوان زمان تأخیر نیز شناخته می‌شود. در یک مبدل، ریپل و خطای پاسخ به هم وابسته‌اند. زمان پاسخ در صورت وجود ریپل می‌تواند کوتاهتر شود و برعکس. مبدل‌های با زمان پاسخ کوتاهتر از حد نرمال را می‌توان در نقاطی که شبکه قدرت دارای نوسانات فرکانس پایین است بکار برد. مبدل‌های دارای یک جریان خروجی دارای ولتاژ ماکزیممی هستند که به عنوان ولتاژ قابل پذیرش مبدل از آن یاد می‌شود. اگر مقاومت بار بسیار بالا باشد ولتاژ قابل قبول دستگاه از حد مجاز تجاوز می‌کند و خروجی مبدل دقیق نخواهد بود. برای نقاطی که شکل موج سینوسی خالص نیست می‌توان از مبدل‌های ویژه استفاده نمود. این مبدل‌ها به عنوان مبدل‌های مقدار موثر شناخته می‌شوند. به همین دلیل انواع فاکتور اغتشاش شکل موج به عنوان یک عامل اثرگذار بر روی دقت شناخته می‌شود.

مبدل‌های دیگر که به عنوان مبدل‌های مقدار متوسط<sup>۲</sup> شناخته می‌شوند برای پاسخ به مقدار مؤثر شکل موج سینوسی خالص بکار می‌روند. در این نوع مبدل، اگر شکل موج ورودی دارای اغتشاش شود، نتیجه خروجی دارای خطا خواهد بود. بکاربردن عناصر با کیفیت بالا و انتخاب محافظه کارانه آنها جهت یک گستره مشخص، به پایداری بلندمدت آنها کمک می‌کند.

## ۲-۱۴-۲- تکنولوژی مبدل‌های دیجیتال

مبدل‌های دیجیتال سیستم قدرت از تکنولوژی مشابه رله‌های عددی و دیجیتال استفاده می‌کنند. سیگنال‌های آنالوگ که از VT و CTها بدست می‌آید، برای جلوگیری از تشابه، فیلتر شده و با استفاده از A/D به فرم دیجیتال تبدیل می‌شود. سپس عمل پردازش سیگنال برای جدا کردن اطلاعات مورد نیاز انجام می‌شود. حداقل نرخ نمونه‌برداری ۶۴ نمونه بر سیکل و حداقل کلاس دقت ۰/۵ پیشنهاد می‌شود.

خروجی‌ها ممکن است دیجیتال یا آنالوگ یا هر دو باشند. خروجی‌های آنالوگ بوسیله فاکتورهای اثرگذار بر دقت تحت تأثیر قرار می‌گیرند. خروجی‌های دیجیتال به صورت ارتباط با یک لینک سریال موجود می‌باشد. زمان پاسخ بسته به نرخ انتقال مقادیر به لینک ارتباطی و تأخیر پردازش داده ممکن است قابل مقایسه با مبدل‌های آنالوگ باشد. درحقیقت همه مقادیر اثرگذار بر روی یک مبدل

1 . Anti aliasing

2 . Mean sensing

آنالوگ به همان صورت در مبدل دیجیتال هم وجود دارد. اما خطای ایجادشده ممکن است بسیار کمتر از یک مبدل آنالوگ بوده و در نتیجه برای مدت زمانی طولانی پایدار باشد.

فواید استفاده از مبدل‌های با تکنولوژی دیجیتال عبارتست از:

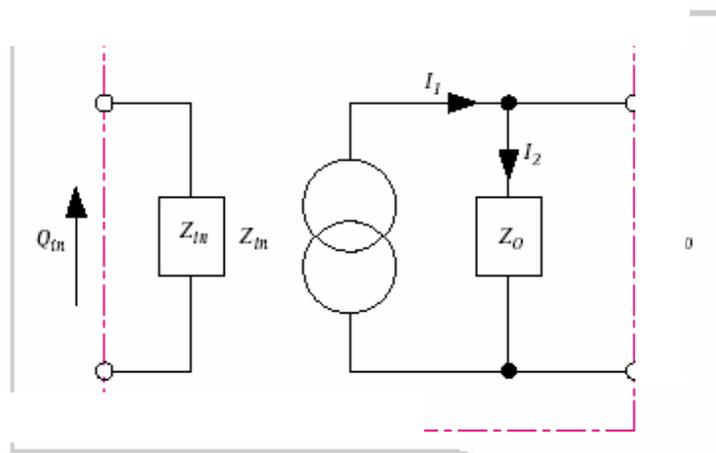
- افزایش پایداری بلندمدت (دقت مبدل در یک دوره زمانی طولانی حفظ می‌شود و دوره زمانی کالیبره کردن مبدل افزایش می‌یابد). این مزیت باعث کاهش هزینه می‌شود.
- اندازه‌گیری مقادیر موثر با دقت بالاتر. این خاصیت به ویژه در مواردی که محتوای هارمونیک‌ها بالاست دارای اهمیت بیشتری است.
- تسهیلات ارتباطی کاملتر. در این حالت می‌توان با استفاده از یک لینک ارتباطی چند اندازه‌گیری را توأم انجام داد که این امر منجر به کاهش مقدار سیم کشی‌ها و مبدل‌ها خواهد شد.
- قابل برنامه‌ریزی بودن مقیاس‌های مبدل. در این حالت می‌توان مقیاس مبدل را جهت تطبیق با تغییرات شبکه یا برای استفاده در جای دیگر تغییر داد.
- جمع کردن چند تابع و وظیفه در یک بسته. توابع موجود می‌تواند شامل اندازه‌گیری هارمونیک‌ها، انرژی و دیمانند باشد.
- اندازه کوچکتر

## ۲-۱۴-۵- تکنولوژی مبدل آنالوگ

مبدل‌های آنالوگ دارای اجزاء اصلی زیر می‌باشد:

- یک مدار ورودی دارای امپدانس  $Z_{in}$
- ایزولاسیون بین ورودی و خروجی
- یک منبع جریان ایده‌آل تولیدکننده جریان خروجی،  $I_1$ ، که تابع خطی از مقدار ورودی،  $Q_{in}$ ، می‌باشد.
- یک امپدانس خروجی موازی  $Z_0$ ، که معادل امپدانس خروجی واقعی منبع جریان می‌باشد.
- جریان خروجی  $I_0$  که برابر با  $I_1 - I_2$  می‌باشد (شکل ۲-۱۵).





شکل ۲-۱۵: شکل شماتیک مبدل آنالوگ

## ۲-۱۴-۶- انواع مبدل

مبدل‌ها را می‌توان به انواع زیر تقسیم‌بندی نمود:

- مبدل‌های جریان

مبدل‌های جریان معمولاً به ثانویه یک ترانسفورماتور جریان با رنج جریانی ۱ تا ۵ آمپر متصل می‌شود.

- مبدل‌های ولتاژ

این مبدل‌ها معمولاً به ثانویه ترانس ولتاژ اتصال می‌یابند.

- مبدل فرکانس

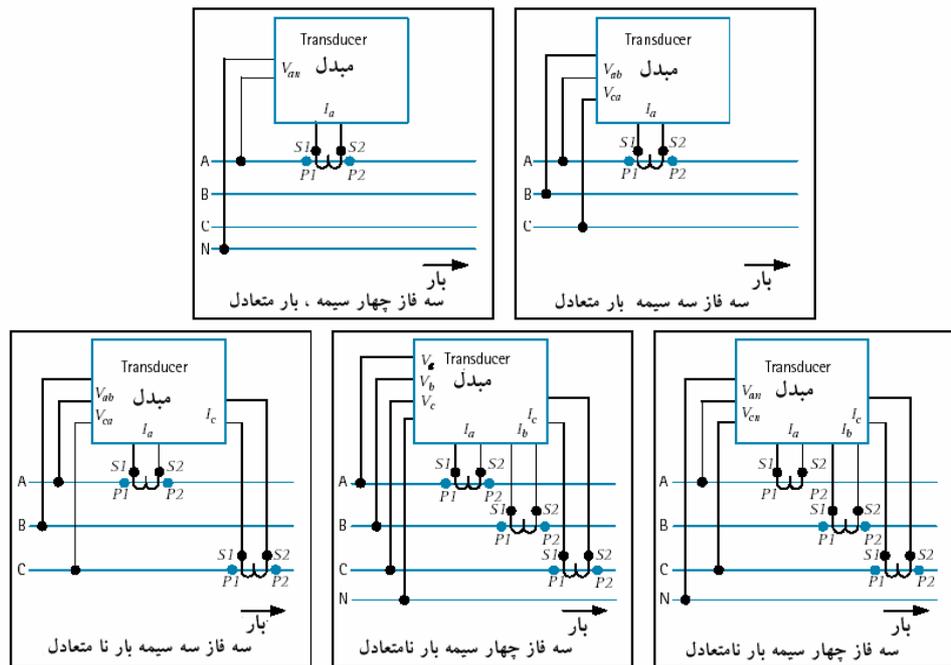
اندازه‌گیری دقیق فرکانس برای اپراتورهای سیستم انتقال دارای اهمیت است. مبدل‌های با دقت ۰/۱٪ و ۰/۰۱٪ در حال حاضر موجود می‌باشد. یک دستگاه با دقت ۰/۱٪ با مقیاس مرکزی ۵۰ هرتز دارای خطای  $\pm 50$  mHz تحت شرایط مرجع خواهد بود.

- مبدل زاویه فاز

مبدل‌های اندازه‌گیر زاویه فاز برای نمایش ضریب توان استفاده می‌شود. این امر با مقیاس‌بندی غیرخطی ابزار نمایشگر انجام می‌شود. همچنین بعضی از مبدل‌های اندازه‌گیر زاویه فاز برای اندازه‌گیری زاویه بین دو ولتاژ ورودی استفاده می‌شود. برخی از انواع مبدل زاویه فاز، از نقطه عبور از صفر شکل موج ورودی برای بدست آوردن اطلاعات فاز استفاده می‌کنند و بنابراین اگر ورودی دارای هارمونیک باشد، باعث ایجاد خطا می‌شود.

- مبدل توان

اندازه‌گیری توان اکتیو و راکتیو به سادگی اندازه‌گیری پارامترهای دیگر نیست. جهت انتخاب این نوع مبدل‌ها، به جهت تنوع پیکربندی‌ها به دقت بیشتری نیاز است. برای انتخاب نوع مبدل باید به شرایط بهره‌برداری (بار متعادل یا غیرمتعادل) و تعداد اتصالات جریان و ولتاژ توجه شود. شکل (۲-۱۶) اتصالات مربوط به انواع مختلف مبدل‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱۶: اتصالات مختلف مبدل‌های وات / وارمتر سه فاز

## ۲-۱۴-۷- انتخاب مبدل

در انتخاب صحیح مبدل بایستی به نکات زیر توجه نمود:

- مقیاس‌بندی

رابطه بین جریان خروجی مبدل با مقدار اندازه‌گیری شده مهم بوده و نیازمند دقت است. هر دستگاه باید در مقدار نامی خودش بکار گرفته شود. به عنوان مثال، اندازه‌گیری یک ولتاژ ac را در نظر بگیرید. سیستم اولیه دارای ولتاژ نامی  $132\text{ kV}$  و ترانسفورماتور دارای نسبت  $110\text{ V} / 132\text{ kV}$  می‌باشد. اگر مبدل دارای رنج جریان خروجی  $10\text{ mA}$  باشد، مبدل  $110\text{ V} / 10\text{ mA}$  لزوماً بهینه نخواهد بود. در این حالت بهتر است که جریان  $10\text{ mA}$  را معادل یک رنج وسیع‌تر ولتاژ مثلاً  $120\%$  مقدار نامی ( $10\text{ mA}$  معادل  $158/4\text{ kV}$ ) در نظر بگیریم. بنابراین به ازای ولتاژ  $132\text{ kV}$  جریان خروجی برابر  $8/3\text{ mA}$  خواهد بود. در هر حال بایستی دقت نمود که در ماکزیمم مقدار قابل انتظار ورودی، مبدل نباید به اشباع رود.

- منابع تغذیه کمکی

بسیاری از مبدل‌ها نیازمند منبع تغذیه کمکی نبوده و دارای منبع تغذیه خودی هستند. از بین مبدل‌هایی که نیازمند منبع جداگانه می‌باشند اکثریت دارای بایاس هستند، بدین معنی که به ازای ورودی صفر، جریان خروجی غیرصفر می‌باشد (مثل مبدل‌های با خروجی  $4-20\text{ mA}$ )

- اندازه‌گیری تعرفه

اندازه‌گیری تعرفه در واقع اندازه‌گیری توان الکتریکی، توان راکتیو یا انرژی با هدف دریافت هزینه از مصرف‌کننده می‌باشد. تعرفه‌های اولیه برای تعیین هزینه پرداختی توسط مشتری و تعرفه‌های ثانویه برای بازبینی اندازه‌گیریهای اولیه بکار می‌رود. لازم

است که در برنامه‌ریزی اندازه‌گیریها قابلیت انعطاف کافی وجود داشته باشد به طوری که انرژی را بتوان در بازه‌های زمانی مختلف روزانه، سالانه، ماهانه و ... بسته به نیاز اندازه‌گیری کرد. قابلیت ارتباط از راه دور نیز جهت انتقال داده به نقاط مناسب طبق برنامه منظم، برای تهیه فاکتور و صورت‌حساب ضروری است.

## ۲-۱۵- معرفی دو نمونه سیستم کنترل طراحی شده بر اساس تکنیکهای دیجیتالی

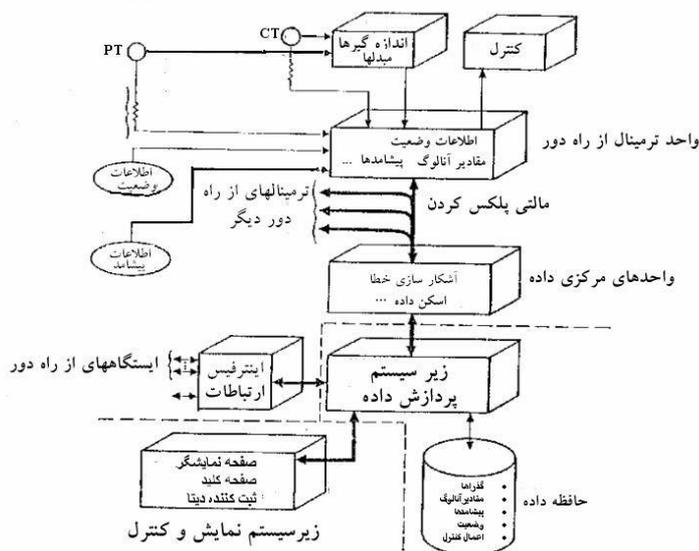
در قسمتهای قبل نیازمندی شبکه به یک سیستم کنترل و وظایف سیستم کنترل بطور اجمال بررسی شد. در این قسمت با ساختار چند سیستم کنترل دیجیتالی آشنا شده و قابلیت‌های هر یک بررسی می‌گردد.

### ۲-۱۵-۱- نمونه اول

در این سیستم مطالعات انجام شده در چهار قسمت خلاصه شده است:

- بررسی محیط الکترومغناطیسی
- بررسی نیازمندیهای ارتباطات
- بررسی نیازمندیهای پردازش اطلاعات
- بررسی نیازمندیهای نمایش و کنترل

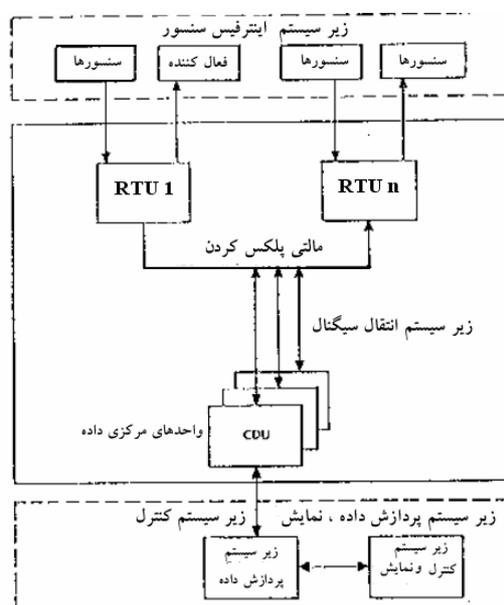
پس از مطالعات فوق، یک سیستم کنترل طراحی گردید که بلوک دیاگرام کلی آن در شکل (۲-۱۷) نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۷: بلوک دیاگرام سیستم کنترل

مطالعه بر روی محیط الکترومغناطیسی و تداخل امواج به دو دلیل انجام می‌گیرد. اول آشنایی با محیطی که طراحی پست را تحت تأثیر قرار می‌دهد و دوم، تدوین شرایطی جهت آزمون دستگاههایی که ساخته شده است. زیر سیستم ارتباطات برای انتقال

اطلاعات به رله‌های مربوطه و دیگر وسایل تحت کنترل بکار می‌رود. زیر سیستم ارتباطات در بلوک دیاگرام شکل (۲-۱۸) نمایش داده شده است.



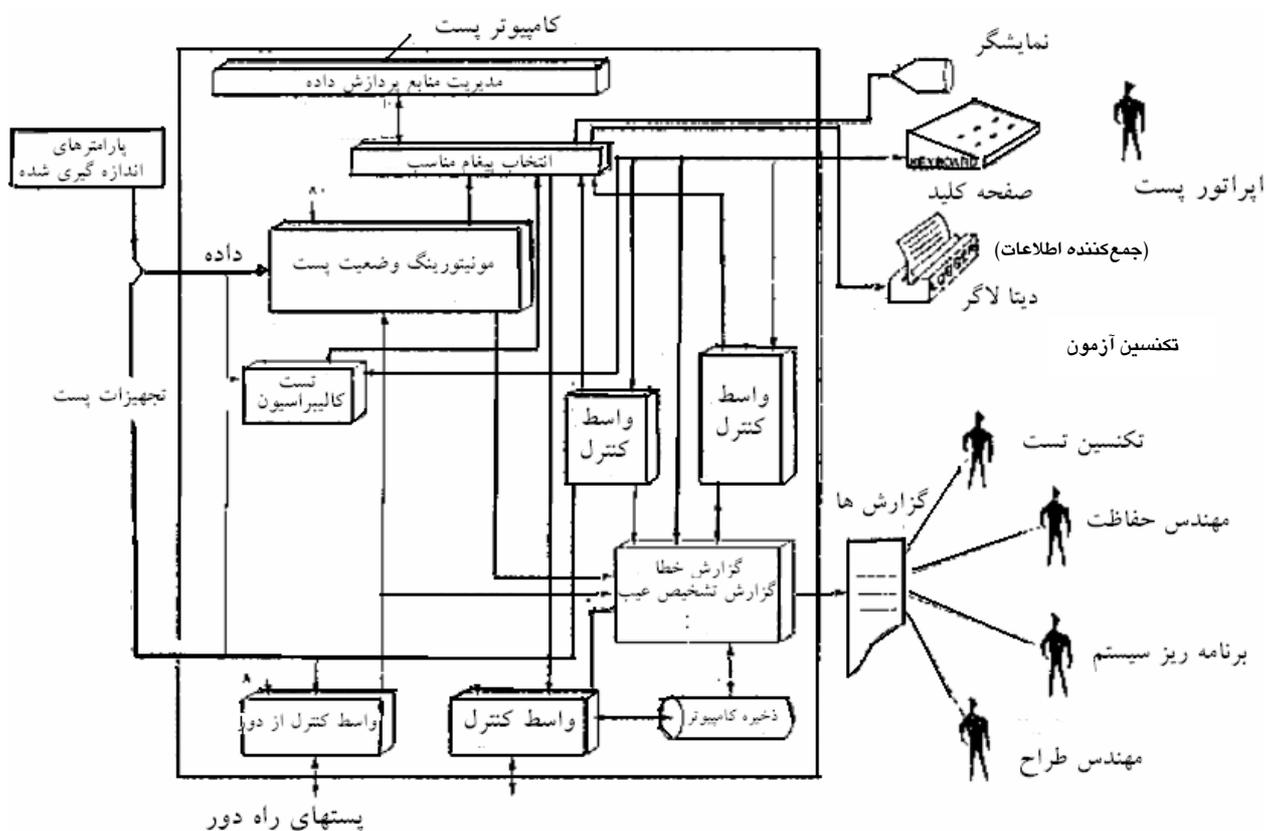
شکل ۲-۱۸: زیر سیستم ارتباطات

زیر سیستم پردازش اطلاعات، ارتباط فعال بین اپراتور پست و زیر سیستم انتقال سیگنال را برقرار می‌نماید. وظایف این زیر سیستم عبارت است از:

- جمع‌آوری و ذخیره اطلاعات مرتبط با مبدل‌ها، از طریق زیر سیستم انتقال سیگنال
- پردازش این اطلاعات جهت نمایش مطلوب آن برای اپراتور با استفاده از زیر سیستم کنترل و نمایش (DCS)
- تولید سیگنال‌های هشداردهنده برای اپراتور با استفاده DCS
- انجام فعالیتهای کنترلی که توسط اپراتور از طریق DCS انتخاب می‌گردد.
- تهیه اطلاعات برای مرکز کنترل و ارسال آن از طریق زیر سیستم انتقال سیگنال
- ثبت اطلاعات برای پردازش‌های بعدی
- تهیه گزارشات با استفاده از سخت‌افزار DCS

شمای کلی زیر سیستم پردازش اطلاعات در شکل (۲-۱۹) نشان داده شده است.





شکل ۲-۱۹: زیرسیستم پردازش اطلاعات

زیرسیستم نمایش و کنترل (DCS) ارتباط زنده و دوطرفه‌ای را بین اپراتور و زیرسیستم پردازش اطلاعات (DPS) برقرار می‌کند. DCS برای اپراتور پست، اطلاعات وضعیت سیستم قدرت را از طریق نمایشگرهای CRT، پیام‌های الفبایی و سیگنال‌های هشداردهنده و ... نمایش می‌دهد. همچنین این سیستم می‌تواند از طریق صفحه کلید و دیگر تجهیزات تعبیه شده بر روی میز کنترل، فرمانهای کنترلی اپراتور را دریافت نماید. میز کنترل همراه واحد پشتیبان در شکل (۲-۲۰) نشان داده شده است. میز کنترل در واقع رابط بین اپراتور و زیرسیستم کنترل و نمایش می‌باشد.





شکل ۲-۲۰: میز کنترل به همراه واحد پشتیبان

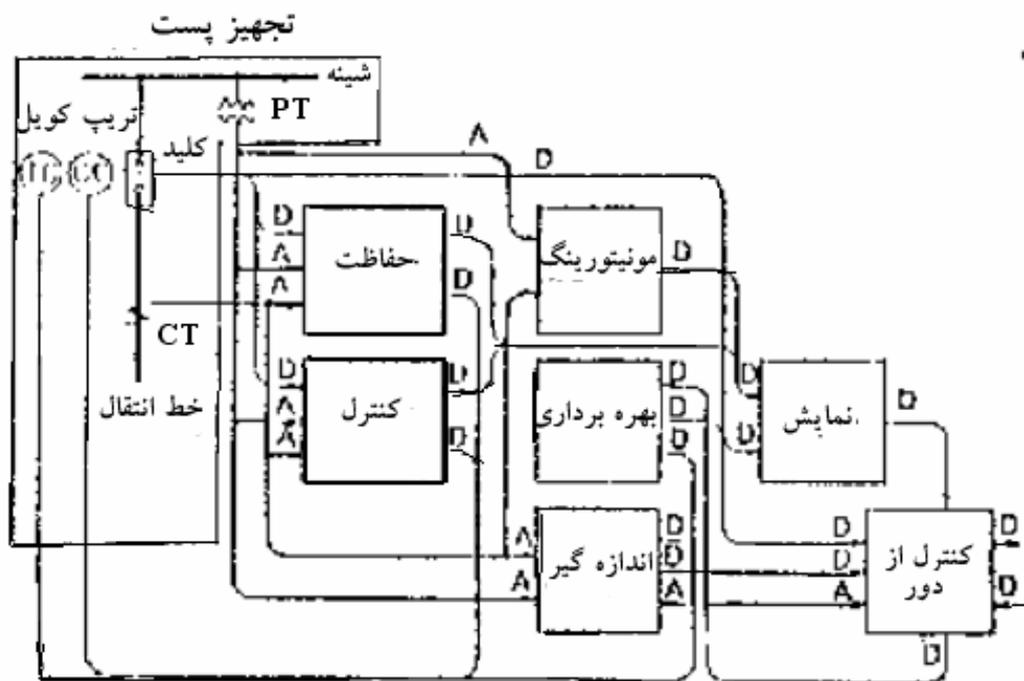
این زیرسیستم که به صورت دیجیتالی طراحی می‌شود دارای مزایای زیر است:

- کاهش دخالت انسان در جمع‌آوری اطلاعات و محاسبه شرایط عملکرد
- افزایش بازده عملیاتی از طریق تکنولوژی دیجیتال
- پیشرفت و تکامل تکنیک‌های کنترل موثرتر و ایمن‌تر
- پیشرفت تکنیکی موثرتر جهت پردازش، نمایش و ثبت مقادیر عظیم اطلاعات با زمان دسترسی مناسب و هزینه اندک برای ذخیره اطلاعات

## ۲-۱۵-۲- نمونه دوم

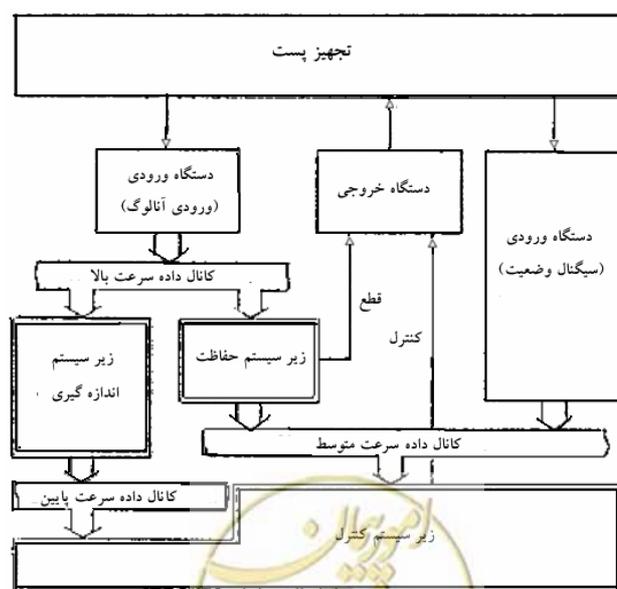
در اینجا هدف ارتقاء و اصلاح یک سیستم کنترل از حالت سنتی به سیستم‌های کنترل دیجیتال می‌باشد. مسیر سیگنال‌ها در تجهیزات قدیمی کنترل و حفاظت در شکل (۲-۲۱) نشان داده شده است.





شکل ۲-۲۱: مسیر سیگنال‌ها در تجهیزات قدیمی

از شکل چنین برمی‌آید که هر قسمت از تجهیزات کنترلی نیازمند ارتباط کابلی جداگانه با وسایل پست است. به منظور ساده‌کردن مسیر انتقال اطلاعات، ساختار سه کانال اطلاعات مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد که در شکل (۲-۲۲) نشان داده شده است:

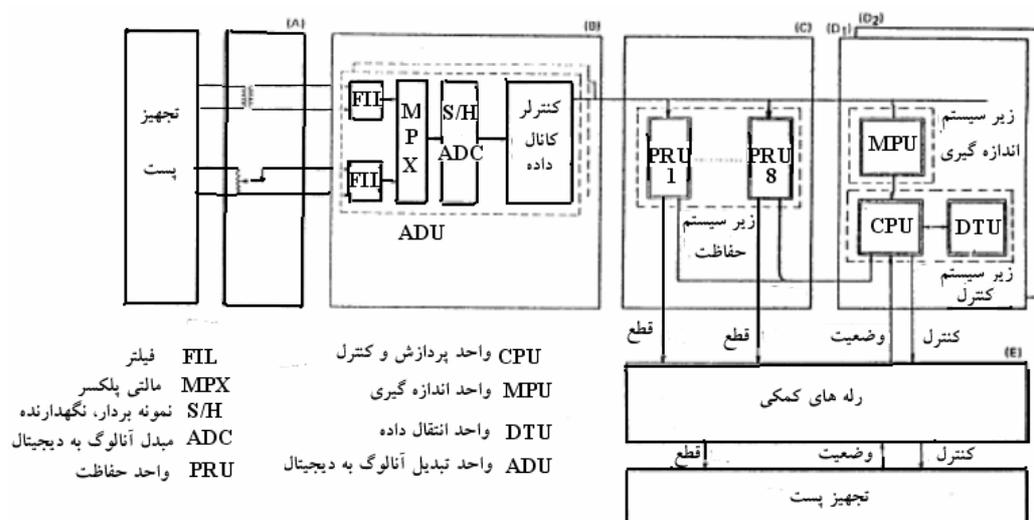


شکل ۲-۲۲: ساختار سه کانال اطلاعات

سیگنال‌ها برحسب پاسخ زمانی و نوع اطلاعات مورد پردازش، بسته به اینکه مقادیر لحظه‌ای یا مقادیر موثر را دارا باشند، به سه دسته تقسیم می‌گردند.

- کانال اطلاعات با سرعت بالا: این کانال، اطلاعات مربوط به تمام جریانها و ولتاژهای لحظه‌ای را بصورت دیجیتالی حمل می‌کند. این کار در هر ۱/۴ میلی‌ثانیه یکبار انجام می‌گیرد. ۲۲ بیت موازی ۱۸۴ هزار کلمه را در ثانیه ارسال می‌نماید. ۱۲ بیت مربوط به اطلاعات به فرم دیجیتالی، ۶ بیت آدرس و ۴ بیت باقیمانده کنترلی می‌باشند.
- کانال اطلاعات با سرعت متوسط: این کانال اطلاعات تمام سیگنال‌های حالت on/off مربوط به تجهیزات و کلیدها را در هر ۱۰۰ میلی‌ثانیه یکبار حمل می‌کند.
- کانال اطلاعات با سرعت کم: این کانال تمام مقادیر موثر ولتاژ و جریان را هر یک ثانیه یکبار حمل می‌کند. تمام واحدهای پردازش متصل به این کانالها، اطلاعات مورد نیاز خود را برداشته و در حافظه خودشان ضبط می‌کنند. توابع کنترل و حفاظت طراحی شده به سه دسته تقسیم می‌گردند که تقسیم‌بندی بر پایه سرعت پردازش بوده و هر زیر سیستم به کانال اطلاعاتی مربوط به خود متصل می‌شود.
- زیرسیستم رله‌های حفاظتی: این زیرسیستم مقادیر لحظه‌ای را از کانال اطلاعات با سرعت بالا دریافت کرده و همچنین از طریق کانال اطلاعات با سرعت متوسط، حالت رله‌های حفاظتی را تشخیص می‌دهد.
- زیر سیستم اندازه‌گیری: در این زیرسیستم، اطلاعات لحظه‌ای از طریق کانال اطلاعات با سرعت بالا و اطلاعات مقادیر موثر از کانال اطلاعات با سرعت کم دریافت می‌گردد.
- زیرسیستم کنترل: این زیرسیستم، مقادیر موثر را از کانال اطلاعات با سرعت کم و سیگنال‌های حالت را از طریق کانال اطلاعات با سرعت متوسط دریافت می‌کند.
- توابع کنترلی زیر توسط زیرسیستم کنترل انجام می‌گیرند:
  - برقراری مجدد
  - وصل مجدد
  - انجام الگوهای عملکرد از قبل تعیین شده، پس از رسیدن دستور کنترلی از مرکز کنترل
  - کنترل تپ ترانسفورماتور
  - نمایش تغییر حالت کلیدها و تجهیزات در پست و ارسال پیام‌های خطر
  - انتقال اطلاعات

شکل (۲-۲۳) بلوک دیاگرام سیستم طراحی شده را نشان می‌دهد. این سیستم شامل واحدهای تبدیل آنالوگ به دیجیتالی (ADU) و واحدهای پردازش است. ADU شامل مدارهای فیلتر (FIL)، مدارهای نمونه‌برداری و نگهدارنده و مبدل‌های آنالوگ به دیجیتالی (ADC) و کنترل‌کننده‌های کانال اطلاعات می‌باشد. FILها، فیلترهایی هستند که تنها مقادیر هارمونیک اول و دوم را عبور می‌دهند. زیرا الگوریتم توابع حفاظتی تنها به این هارمونیکها احتیاج دارند. دو نوع واحد پردازش موجود است. یکی واحد پردازش با سرعت بالا با میکروپروسورهای ۴ بیتی که برای زیرسیستم حفاظتی بکار می‌رود و دیگری واحد پردازش با سرعت پایین با میکروپروسورهای ۸ بیتی که برای زیرسیستم‌های کنترل و اندازه‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل ۲-۲۳: بلوک دیاگرام مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال و واحدهای پردازش

نتایج کاربرد این سیستم نشان می‌دهد که:

- فضای مورد نیاز برای تجهیزات کنترلی به یک سوم حالت مرسوم قبل از دیجیتالی کردن، کاهش می‌یابد.
- با تدارک دیدن توابع نمایش‌دهنده و آزمون‌کننده، تعمیر و نگهداری ساده‌تر شده است.
- قابلیت توسعه‌پذیری سیستم در نصب وسایل جدید در پست، مهیا است.





[omoorepeyman.ir](http://omoorepeyman.ir)



🌐 omoorepeyman.ir



[omoorepeyman.ir](http://omoorepeyman.ir)

### ۳-۱- مقدمه

هرچند که عملیات سرویس سیستم‌های کنترل پست‌های انتقال و فوق توزیع در کلیه شرکتها انجام می‌گیرد، اما نبود دستورالعمل مدون و یکسان و اعمال سلیقه‌های گوناگون، سبب شده است که در بعضی موارد نواقصی در نحوه سرویس وجود داشته باشد که از چشم افراد یا گروهها دور مانده و گاهاً موجب عملکرد ناصحیح سیستم‌های حفاظتی و کنترلی می‌گردد. در این فصل آیین بهره‌برداری و آزمون دوره‌ای تجهیزات کنترل پست بیان می‌گردد.

### ۳-۲- آزمونهای دوره‌ای سیستم‌های کنترل سنتی

این نوع بازدیدها و آزمونها در دوره‌های زمانی معین در پست‌های در حال بهره‌برداری بر روی کلیه سیستم‌های کنترل بایستی انجام گیرد تا از وضعیت و سلامت سیستم‌های مذکور اطمینان حاصل گردد. نفرات آزمایش‌کننده باید دارای صلاحیت فنی مورد نیاز برای آزمون باشند.

### ۳-۲-۱- آزمون دوره‌ای رگولاتور ولتاژ ترانسفورماتور (A.V.R)

#### ۳-۲-۱-۱- مراحل اجرا

- اندازه‌گیری  $\Delta u$  (اختلاف ولتاژ)
- اندازه‌گیری Dead time (زمان شروع عملکرد از لحظه تحریک)
- بازبینی واحد جریان چرخشی در صورت وجود
- اندازه‌گیری ولتاژ و جریان بلوکه شدن
- آزمایش جبران‌کننده جریانی (Compensator) با تزریق ۵۰٪ و ۱۰۰٪ جریان بار
- اندازه‌گیری زمان تعویض هر پله تپ چنجر
- آزمایش حالت دستی، اتوماتیک و Master - Follower
- اندازه‌گیری ولتاژ DC، ولتاژ AC و جریان وقتی که رله در مدار است.
- آزمایش مدار آلارم و ثبات

#### ۳-۲-۱-۲- مهارتهای مورد نیاز

- کارشناس
- تکنسین



#### ۳-۲-۱-۳- ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز

دستگاه تزریق ولتاژ و جریان متغیر، دستگاه اندازه‌گیری زمان، ولت‌متر، آمپر‌متر، سیم‌های ارتباطی

## ۳-۲-۲- آزمون دوره‌ای اسیلوگراف (F/R)

## ۳-۲-۲-۱- مراحل اجرا

- تزریق جریان و ولتاژ نامی به هر یک از کانالهای آنالوگ و اندازه‌گیری دامنه آنها در کاغذ مربوطه و مقایسه آن با مقدار تنظیمی
- تحریک هر یک از کانالهای دیجیتالی و ملاحظه ثبت آنها در کاغذ مربوطه
- آزمون فرمانهای راهاندازی آنالوگ و دیجیتالی
- اندازه‌گیری ولتاژ DC، ولتاژهای AC و جریانها وقتی که اسیلوگراف در مدار است.
- آزمون مدارهای آلارم مربوطه ( اشکال در اسیلوگراف، تمام شدن کاغذ...)
- تنظیم تاریخ و ساعت

## ۳-۲-۲-۲- مهارتهای مورد نیاز

- کارشناس یک نفر
- تکنسین یک نفر

## ۳-۲-۲-۳- ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز

دستگاه تزریق ولتاژ و جریان متغیر، ولت‌متر، آمپر‌متر، سیمهای ارتباطی

## ۳-۲-۳- آزمایش دوره‌ای دستگاه ثبت حوادث (E/R)

## ۳-۲-۳-۱- مراحل اجرا

- آزمون فرمانهای راهاندازی
- آزمون مدارهای آلارم (اشکال در دستگاه، تمام شدن کاغذ ...)
- تنظیم ساعت و تاریخ
- اندازه‌گیری ولتاژ DC، تغذیه و کلیه مدارهای ورودی

## ۳-۲-۳-۲- مهارتهای مورد نیاز

- کارشناس یک نفر
- تکنسین یک نفر

## ۳-۲-۳-۳- ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز

دستگاه تزریق ولتاژ و جریان متغیر، ولت‌متر، آمپر‌متر، سیمهای ارتباطی



**۳-۲-۴- آزمون دوره‌ای دستگاه اندازه‌گیری جریان (آمپر متر)****۳-۲-۴-۱- مراحل اجرا**

- تزریق جریان برابر مقدار نامی
- تزریق جریان برابر ۲۰ درصد مقدار نامی
- اندازه‌گیری خطا و کالیبره نمودن (حداکثر خطا ۰.۵٪)

**۳-۲-۴-۲- مهارت‌های مورد نیاز**

- کارشناس یک نفر
- تکنسین یک نفر

**۳-۲-۴-۳- ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز**

دستگاه تزریق ولتاژ و جریان متغیر، ولتمتر، آمپر متر، سیم‌های ارتباطی

**۳-۲-۵- آزمون دوره‌ای دستگاه اندازه‌گیری ولتاژ (ولتمتر)****۳-۲-۵-۱- مراحل اجرا**

- تزریق ولتاژ برابر مقدار نامی
- تزریق جریان برابر ۸۰ درصد مقدار نامی
- اندازه‌گیری خطا و کالیبره نمودن (حداکثر خطا ۲٪) (اندازه‌گیری‌ها در سه نقطه جداگانه صورت گیرد).

**۳-۲-۵-۲- مهارت‌های مورد نیاز**

- کارشناس یک نفر
- تکنسین یک نفر

**۳-۲-۵-۳- ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز**

دستگاه تزریق ولتاژ متغیر، ولتمتر، آمپر متر، سیم‌های ارتباطی

**۳-۲-۶- آزمون دوره‌ای دستگاه اندازه‌گیری فرکانس****۳-۲-۶-۱- مراحل اجرا**

- تزریق ولتاژ نامی با فرکانسهای ۳/۵۰-۵۰-۴۹/۷ هرتر
- اندازه‌گیری خطا و کالیبره کردن آن



- خطای بدست آمده بایستی کمتر از ۰/۲٪ باشد.

### ۳-۲-۶-۲- مهارت‌های مورد نیاز

- کارشناس یک نفر

- تکنسین یک نفر

### ۳-۲-۶-۳- ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز

دستگاه تزریق ولتاژ با فرکانس متغیر (اسیلاتور و فرکانس)، ولتمتر، آمپر متر، سیم‌های ارتباطی

### ۳-۲-۷- آزمون دوره‌ای دستگاه سنجش ضریب قدرت

#### ۳-۲-۷-۱- مراحل اجرا

- تزریق ولتاژ و جریان با زوایای ۳۰+ و ۳۰- درجه

- اندازه‌گیری خطا و کالیبره کردن آن

- خطای بدست آمده بایستی کمتر از ۱/۵٪ باشد.

### ۳-۲-۷-۲- مهارت‌های مورد نیاز

- کارشناس یک نفر

- تکنسین یک نفر

### ۳-۲-۷-۳- ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز

دستگاه تزریق ولتاژ و جریان متغیر، دستگاه تغییردهنده زاویه، زاویه‌سنج، ولتمتر، آمپر متر، سیم‌های ارتباطی

### ۳-۲-۸- آزمون دوره‌ای دستگاه اندازه‌گیری توان اکتیو

#### ۳-۲-۸-۱- مراحل اجرا

- تزریق ولتاژ در مقدار نامی و ۸۰٪ آن

- تزریق جریان در مقدار نامی و ۲۰٪ آن با زاویه ۳۰ درجه

- اندازه‌گیری خطا و کالیبره کردن آن (حداکثر خطا ۱/۵٪)

### ۳-۲-۸-۲- مهارت‌های مورد نیاز

- کارشناس یک نفر

- تکنسین یک نفر



## ۳-۲-۸-۳- ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز:

دستگاه تزریق ولتاژ و جریان متغیر سه فاز، دستگاه تغییردهنده زاویه، ولت‌متر، آمپر‌متر، ماشین حساب، زاویه‌سنج و سیم‌های ارتباطی

## ۳-۲-۹- آزمون دوره‌ای دستگاه اندازه‌گیری توان راکتیو

## ۳-۲-۹-۱- مراحل اجرا

- تزریق ولتاژ در مقدار نامی و ۸۰٪ آن
- تزریق جریان در مقدار نامی و ۲۰٪ آن با زاویه ۳۰ درجه
- محاسبه توان تزریقی و مقایسه با مقدار قرائت شده
- اندازه‌گیری خطا و کالیبره کردن آن (حداکثر خطا ۱/۵٪)

## ۳-۲-۹-۲- مهارت‌های مورد نیاز

- کارشناس یک نفر
- تکنسین یک نفر

## ۳-۲-۹-۳- ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز

دستگاه تزریق ولتاژ و جریان متغیر سه فاز، دستگاه تغییردهنده زاویه، ولت‌متر، آمپر‌متر، ماشین حساب، زاویه‌سنج و سیم‌های ارتباطی

## ۳-۲-۱۰- آزمون دوره‌ای دستگاه کنتور اکتیو

## ۳-۲-۱۰-۱- مراحل اجرا

- اندازه‌گیری خطای پنج دور
- اندازه‌گیری خطای یک دور
- کالیبره نمودن کنتور (حداکثر خطا ۱/۵٪)

## ۳-۲-۱۰-۲- مهارت‌های مورد نیاز

- کارشناس یک نفر
- تکنسین یک نفر

## ۳-۲-۱۰-۳- ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز

دستگاه تست کنتور، ولت‌متر، آمپر‌متر و سیم‌های ارتباطی



**۳-۲-۱۱- آزمون دوره‌ای مدارات قطع و وصل و اینترلاک کلید و سکسیونرها****۳-۲-۱۱-۱- مراحل اجرا**

- تزریق ولتاژ DC بر روی کنتاکتهای مسیر
- قطع و وصل کلید و سکسیونرهای مربوطه و تکرار قسمت اول
- اندازه‌گیری ولتاژ DC بر روی تابلوی کنترل و نشاندهندها

**۳-۲-۱۱-۲- مهارت‌های مورد نیاز**

- کارشناس یک نفر
- تکنسین یک نفر

**۳-۲-۱۱-۳- ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز**

ولت‌متر، آمپر متر و سیم‌های ارتباطی

**۳-۲-۱۲- آزمون دوره‌ای سیستم اتوماسیون****۳-۲-۱۲-۱- مراحل اجرا**

- بازدید از کامپیوترهای سطح پست از قبیل Serverها، گذرگاه ارتباطی با مرکز کنترل و ایستگاههای کاری
- بازدید و تست کلیه IEDهای کنترل و حفاظت
- بازدید از اینورتر
- بازدید از کابل‌های نوری شبکه ارتباطی و سوئیچها

**۳-۲-۱۲-۲- مهارت‌های مورد نیاز**

- کارشناس یک نفر
- تکنسین یک نفر

**۳-۲-۱۲-۳- ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز**

- دستگاه تست رله و تزریق جریان و ولتاژ، تغییر دهنده زاویه فاز و زاویه سنج
- ولت‌متر و آمپر متر و سیم‌های ارتباطی
- دستگاه تست فیبرنوری (OTDR) و تست شبکه LAN



## مراجع

- [1] "Substation Automatin and the EMS", IEEE 1999
- [2] " Substation Automation Concept", ABB, 2003
- [۳] "نیازمندیهای طرح جامع انرژی، اسناد تکمیلی فراخوان طرح جامع تبادل انرژی"، وزارت نیرو.
- [4] "Substation Automation System Concept Description" , ABB Automation Technology Products ABB, 2003
- [5] "Sample Specification For Substation Automation", ABB Automation Technology Products ABB, 2003.
- [6] "Microprocessor – Based Station Control System" Vatech Sat GmbH CO.
- [7] "Network Protection And Automation Guide" , Alstom , 2002.
- [۸] "مشخصات فنی سیستم و تجهیزات کنترل، حفاظت، اندازه‌گیری، ثبات وقایع و اطلاعات"، استاندارد طراحی بهینه پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، جلد ۳۱۹، شرکت مهندسين مشاور نیرو ۱۳۷۷.
- [۹] "معیارهای طراحی و مهندسی سیستم کنترل"، استاندارد طراحی بهینه پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، جلد ۲۲۰، شرکت مهندسين مشاور نیرو، ۱۳۷۷.
- [۱۰] "آزمون دوره‌ای تجهیزات حفاظت و کنترل پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت" استاندارد و آیین بهره‌برداری، تعمیرات و آزمون دوره‌ای تجهیزات و تأسیسات پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، مهندسين مشاور نیرو، ۱۳۸۱.
- [۱۱] "استاندارد پستهای ۶۳/۲۰ کیلوولت، مشخصات فنی" مشانیر ۱۳۷۲.
- [12] "Substation Automation Handbook", ABB, ISBN: 3857589515.
- [۱۳] اسناد و مدارک پروژه‌های انجام شده توسط شرکت مهندسين مشاور نیرو.





[omoorepeyman.ir](http://omoorepeyman.ir)

## خواننده گرامی

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی- فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی <http://tec.mporg.ir> قابل دستیابی می‌باشد.

## دفتر نظام فنی اجرایی





[omoorepeyman.ir](http://omoorepeyman.ir)

**Islamic Republic of Iran**  
**Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision**

# **General Technical Specification and Execution Procedures for Transmission and Subtransmission Networks Control and Automation Systems of High Voltage Substations**

**NO: 503- 2**

**Office of Deputy for Strategic Supervision**  
**Bureau of Technical Execution System**  
<http://tec.mporg.ir>

**Energy Ministry - Tavanir Co.**  
**Power Industry Technical Criteria**  
**Project**  
[www.tavanir.ir](http://www.tavanir.ir)



[omoorepeyman.ir](http://omoorepeyman.ir)



[omoorepeyman.ir](http://omoorepeyman.ir)

این نشریه

با عنوان "مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال - سیستم های کنترل و اتوماسیون در پست های فشار قوی" جلد دوم از مجموعه دو جلدی است. در این مجلد مباحث مربوط به سیستم های سنتی و توزیع شده (DCS) در پست های فشار قوی شامل کلیات و تعاریف، معیارهای طراحی و مهندسی، و آزمون های بهره برداری این گونه سیستم ها ارائه شده است.





[omoorepeyman.ir](http://omoorepeyman.ir)