

## بکارگیری سیستم های کنترل توزیع شده در اتوماسیون پست های فشار قوی برق

سعید روستایی<sup>۱</sup>، رحمت الله هوشمند<sup>۲</sup> و محمد عطایی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، M.saeedshiraz@sel.iaun.ac.ir

<sup>۲</sup>هیئت علمی دانشکده برق، دانشگاه اصفهان، Hooshmand\_r@eng.ui.ac.ir

<sup>۳</sup>هیئت علمی دانشکده برق، دانشگاه اصفهان، Ataei@eng.ui.ac.ir

چکیده - پستهای فشارقوی قسمت مهمی از شبکه برق را تشکیل میدهند و سیستم اتوماسیون آنها با پیشرفت تکنولوژی بخصوص در بحث میکروپروسسور و ارتباطات همانند دیگر سیستم های کنترل و حفاظت نیاز به تغییر و جایگزینی با سیستم های پیشرفته را دارد. سیستم های کنترل مدرن امروزی که بصورت توزیع شده میباشند در پست های فشار قوی نیز بکار گرفته شدند. در این مقاله به بررسی این سیستم ها و مزایای بکارگیری سیستم کنترلی توزیع شده در اتوماسیون پست های برق با استانداردها و پروتکل های ارتباطی جدید پرداخته میشود. کلید واژه- اتوماسیون پست برق، سیستم های کنترل توزیع شده (Distributed Control System)، پروتکل

اساس این سیستم ها سیستم master-slave میباشد که

ازمهمترین محدودیت های سیستم master-slave میتوان به موارد

زیراشاره کرد: [6]

تمرکز تابع های کنترلی و حفاظتی در master

ارتباط انتخابی (poll) بین master و slave ها

نبودن ارتباط مستقیم بین slave ها (تجهیزات حفاظتی و

کنترلی درون سویچ یارد).

### ۱. مقدمه

در سیستم های سنتی اتوماسیون پست های برق اطلاعات

جمع آوری شده از تجهیزات فشار قوی (ولتاژ جریان و...) توسط

کابل های کنترلی به اتاق کنترل برده میشود. در اتاق کنترل پانل

هایی موجود میباشد که دیاگرام پست بروی آن کشیده شده و

مجهز به چراغ های سیگنال و کلید هایی برای قطع و وصل

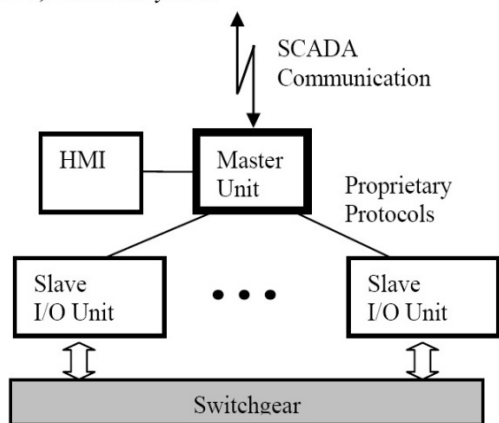
میباشد. در شکل ۱ یک نمونه از این پانلها را مشاهده میکنید.

همچنین اطلاعات و فرامین کنترلی و حفاظتی از اتاق کنترل

توسط کابل های کنترلی به سویچ یارد (جایی که تجهیزات فشار

قوی میباشند) برده میشوند. [4]

(NCC)/SCADA System.



شکل ۲ سیستم master-slave در پست های معمولی



شکل ۱ پانل درون اتاق کنترل

## ۲. مزایای ارتباطات شبکه ای نسبت به سیستم

### کابلی قدیمی در پست های فشار قوی

برخی از مهمترین مزایای ارتباطات شبکه نسبت به سیمی در اتوماسیون پست را میتوان به موارد زیر اشاره کرد:

کاهش هزینه سیم کشی

قابلیت انعطاف بالا بدلیل آنکه مستقل از سیم کشی اضافی برای افزایش توابع اتوماسیون میباشد.

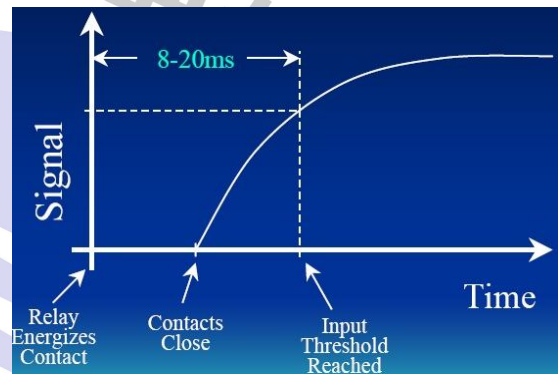
قابلیت اطمینان بالا

عیب یابی سریع

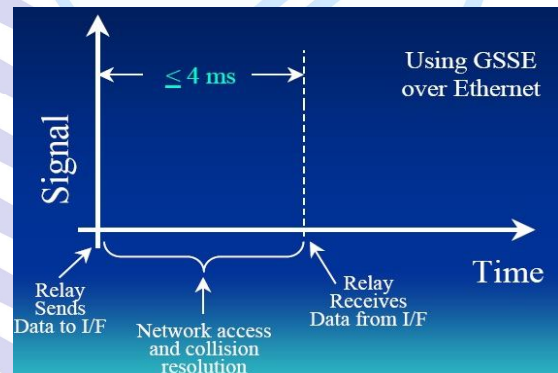
کارایی بیشتر بخاطر انتقال دیتای بیشتر

کارایی بهتر بدلیل پاسخ زمانی بهتر (بخصوص در توابع

اتوماسیونی که نیاز به دقت بالا میباشد) (شکل ۳ و ۴).



شکل ۳: بکارگیری کابل برای انتقال دیتا



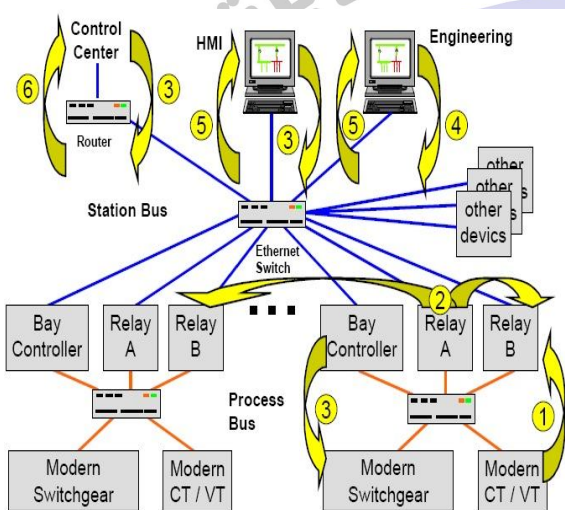
شکل ۴: بکارگیری شبکه برای انتقال

انتقال اطلاعات با مرکز کنترل میباشد.

سطح بی: سطح میانی که تجهیزات کنترلی و حفاظتی قرارمیگیرند که ممکن است بصورت تابع های کنترلی و حفاظتی در ادوات الکترونیکی هوشمند (IEDها) نیز باشند. برای مثال تابع اینرلاکینگ

سطح فرایند: پایینترین سطح اتوماسیون پست که تجهیزات درون سویچگیر (سویچ یارد) میباشد. برای مثال تجهیزات اندازه گیری مثل ترانسفورماتور جریان یا ولتاژ.

باس پروسس یا فرایند، ارتباط بین تجهیزات سطح فرایند و ارتباطشان با یک سطح بالاتر (سطح بی) را تامین میکند. در ادامه به مفهوم پروتکل های ارتباطی و آخرین پروتکل استاندارد بکار گرفته شده در این سطح پرداخته میشود. [2]



شکل ۵: سیستم توزیع شده درون پست های برق

## ۴. مفهوم پروتکل و آخرین پروتکل بکار گرفته شده

### در پستهای DCS

مجموعه ای از روشها و ضوابط ارتباطی است که بین ایستگاههای مختلف یکسان است و توسط آن تجهیزات مختلف متصل به شبکه می توانند با موفقیت با یکدیگر ارتباط برقرار کنند.

بعبارت دیگر پروتکل نوع مدولاسیون، نوع واسطه های الکتریکی، راههای بر طرف کردن مشکلات خطاها و نویزها در شبکه و مواردی از این قبیل را مشخص می کند.

وجود پروتکل سبب می شود که تولید کنندگان تجهیزات شبکه، ملزم به رعایت روشهای ثابتی در ساخت محصولات خود شوند؛ بدین ترتیب محصولات تولید کنندگان مختلف که برای کار

## ۳. سیستم توزیع شده درون پست های برق

در سیستم اتوماسیون توزیعی درون پست، تجهیزات در سه سطح مختلف قرار دارند که این سه باهم ارتباط دارند و اطلاعات میتوانند بین این سطوح منتقل شود، این سه سطح و ارتباطات بینشان که در شکل ۵ نمایش داده شده است عبارتند از:

سطح ایستگاه: بالاترین سطح در اتوماسیون پست میباشد که شامل کامپیوترهای مهندسی و اپراتوری و تجهیزاتی که برای

میکنند در کنار تجهیزات سالم قدیمی، میباشد. برای حل این مسئله شرکت جنرال الکتریک (GE) بکارگیری تجهیزاتی بنام هاردفایبر (Hardfiber) که در شکل ۷ مشخص می باشد، را پیشنهاد میکند. [4]

ورودیهای هاردفایبر سیگنال های الکتریکی میباشد که از تجهیزات قدیمی گرفته میشود، مثلا سیگنالهای ترانس جریان و ولتاژ و خروجی هاردفایبر سیگنال نوری طبق استاندارد IEC 61850 می باشد. بنابراین با کمک هاردفایبر تجهیزات قدیمی میتوانند در کنار تجهیزات جدید جایگزین شده و امکان DCS کردن پست فراهم میشود. [4]



شکل ۷ هارد فایبر

#### ۵. اتصال باس های ارتباطی درون پست های برق

در حالت کلی دو نوع باس درون پست میباشد یکی باس های برق که دارای ولتاژ فشار قوی میباشد و موضوع بحث ما نمیشاند.

و دیگری باس های ارتباطی که دارای تجهیزات الکترونیکی برای برقراری ارتباط منطقی با باس ها دیگر و سطوح مختلف درون پست میباشد که اتصال آنها به یکدیگر به روشهای مختلفی امکان پذیر است. بنابراین توپولوژی های مختلفی در پست وجود دارد.

پست ها را براساس معیارها و ملاک های مختلف به دو دسته اهمیت کم و اهمیت زیاد طبقه بندی میکنند و با توجه به نوع پست ساختار های متفاوتی را پیشنهاد میکنند. [3]

دو نوع توپولوژی که درون پست های برق بکار گرفته میشود عبارتند از: [5] توپولوژی ستاره (شکل ۸) و توپولوژی رینگ (شکل ۹).

سوچ مرکزی درون توپولوژی ستاره از حساسترین نقاط میباشد. که باید به آن دقت شود. از توپولوژی ستاره برای مانیتورینگ و عملکرد درون سوچ یارد استفاده میشود.

با یک پروتکل بخصوص ساخته می شود می توانند بدون مشکل در کنار یکدیگر قرار گیرند و کار کنند.

پروتکل های مختلفی برای سیستم اتوماسیون در پست بوجود آمدند و اساس مهمترین این پروتکلها، پروتکل Ethernet میباشد.

برخی آزمایشی این پروتکل عبارت است از: [6] بخشی از پروتکل اینترنت میباشد و برای ارتباط به خارج پست مناسب میباشد.

استاندارد برای شبکه کردن office ها میباشد در لایه فیزیکی آن از استانداردهای مختلفی میتوان استفاده کرد.

امکان بکارگیری سیستم Redundancy وجود دارد. اکثر شبکه های صنعتی در صنایع مختلف تمایل به استفاده این استاندارد را دارند.

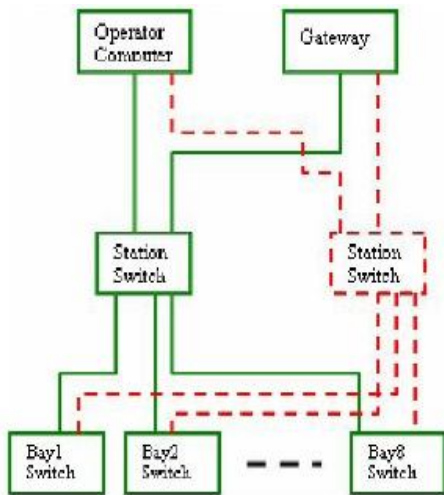
جدیدترین و آخرین پروتکل جهت اتوماسیون پست IEC 61850 میباشد که توسط کمیته استاندارد IEC جهت ارتباط بین سطوح مختلف پست، تدوین شده و اولین مستندات این استاندارد در سال ۲۰۰۴ منتشر گردیده است، همانطور که در شکل ۴ مشخص است این پروتکل از ترکیب دو پروتکل UCA 2.0 و IEC 60870-5-1033 بمنظور قابلیت مشارکت بهتر و کارایی بیشتر بوجود آمد. [7]



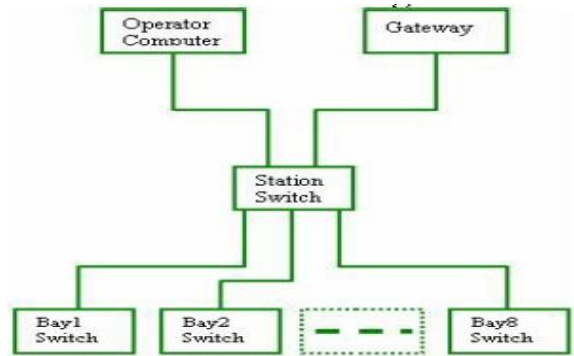
شکل ۶ پروتکل جهانی برای ارتباطات درون پست

#### ۱- DCS کردن پست های قدیمی و پست های تازه تاسیس با پروتکل IEC 61850

در پست های تازه تاسیس، از تجهیزات جدید استفاده میشود که این تجهیزات پروتکل IEC 61850 را پشتیبانی میکنند و در نتیجه پست قابلیت DCS کردن را دارا میباشد؛ اما مسئله اصلی DCS کردن پست های قدیمی و پست هایی که برخی از تجهیزات مستهلک شده با تجهیزات جدید تعویض و بکارگیری تجهیزات جدید که از پروتکل IEC 61850 پشتیبانی

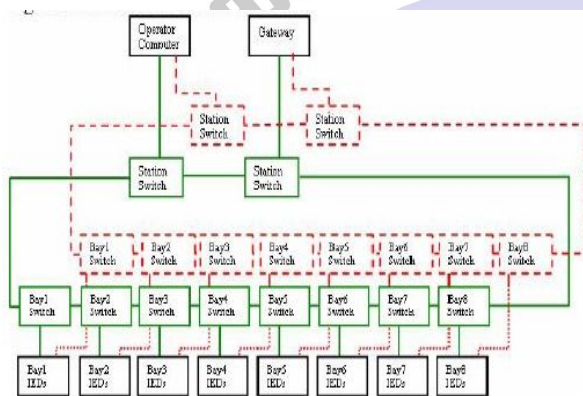


شکل ۱۰ Redundancy در توپولوژی ستاره

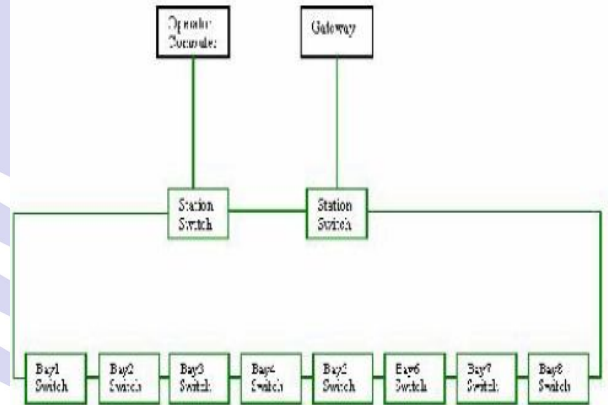


شکل ۸ توپولوژی ستاره

توپولوژی رینگ که دارای redundancy داخلی می باشد و فاقد نقطه حساس می باشد، بنابراین نسبت به توپولوژی ستاره از قابلیت اطمینان بالاتری برخوردار می باشد [5]



شکل ۱۱ Redundancy در توپولوژی رینگ



شکل ۹ توپولوژی رینگ

## ۲- ارزیابی اقتصادی پست های معمولی و پست های DCS

با استناد به محاسبات انجام شده در مرجع [1] قیمت تجهیزات در دو پست مورد بحث، مشاهده میشود که هزینه سرمایه گذاری اولیه در پست ها با سیستم توزیع شده، 3138572040 ریال از نوع معمولی بیشتر است. ولی با توجه به اینکه مساحت زمین پست های DCS به یک سوم کاهش میابد (۱۵ میلیون تومان). بنابراین تفاوت قیمت در زمان احداث ۲۹۸۸۵۷۲۰۴۰ ریال میباشد [1]

با توجه به کم بودن هزینه تعمیر و نگهداری و هزینه پرسنلی پست های DCS نسبت به پست معمولی برگشت سرمایه اولیه انجام می شود و پس از آن پست های DCS از لحاظ اقتصادی با صرفه تر میباشند..

با توجه به محاسبه (با تفاوت نرخ بهره و تورم ۵ درصد) هزینه سرمایه گذاری اولیه در ایران پس از ۱۱ سال جبران میشود. که

پست های DCS دارای انعطاف پذیری بالاتر و امکانات بیشتر نسبت به پست های معمولی می باشند ، برای مثال پست های DCS قابلیت Redundancy در شبکه ارتباطی دارد که باعث بهبود عملکرد سیستم قدرت میشود.

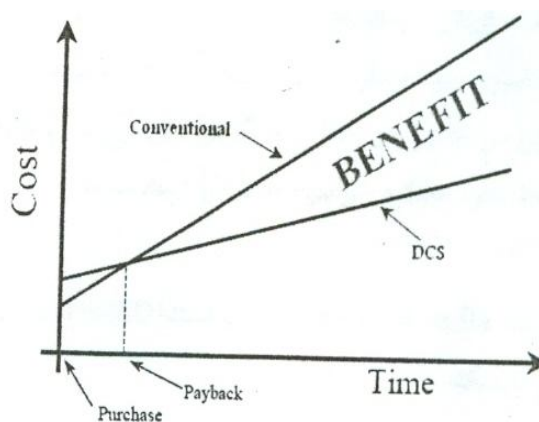
سیستم ارتباطی Redundancy نقش مهمی در بهبود قابلیت اطمینان و قابلیت دستیابی و همچنین مقاوم بودن سیستم دارد. بنابراین از سیستم Redundancy در توپولوژی های مختلف استفاده می شود. که در شکل های ۱۰ و ۱۱ سیستم Redundancy را در توپولوژی ستاره و رینگ مشاهده می کنید . [5]

## مراجع

- [1] S.Roostae, "substation automation system", 6th International Conference on Technical and Physical Problems of Power Engineering, ICTPE 2010
- [2] M. Vadiati, M. Asadi, B. Shahbazi, S. Farzalizadeh, M. Shariati, M. Rassaie, " A New Approach for Determination of the Communication Buses Architecture Based on IEC 6180 in Substation Automation System ", Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, 2008.
- [3] Available information on www.gemultilin.com, Oct 2010
- [4] Ali, M. S. Thomas, "Substation Communication Networks Architecture" Power System Technology and IEEE Power India Conference, 2008. POWERCON 2008.
- [5] Robert. Kirkman "Development in Substation Automation Systems "Intelligent Systems Applications to Power Systems, 2007. ISAP 2007.
- [6] Jianqing.Zhang and Carl A. Gunter, "IEC 61850 -Communication Networks and Systems in Substations, an Overview of Computer Science" thesis in 2009

[7] امین نصیری، سیدمصطفی فرشباشی، جواد ساده، محمودقلی زاده، «بررسی نحوه عملکرد پست های فشارقوی DCS و ارزیابی اقتصادی استفاده از این نوع پست ها در شبکه برق ایران»، فصل نامه فن آوری صنعت آب و برق، ۱۳۸۷.

باتوجه به عمر بالاتر از ۵۰ سال پست سیستم توزیعی درون پست های DCS اقتصادی نیز میباشد. [1]



شکل ۱۲ نمودار هزینه بر حسب زمان

## ۳- نتیجه گیری

اتوماسیون پست های معمولی بر اساس master-slave و ارتباط بین تجهیزات فشار قوی و اتاق کنترل با استفاده از کابل میباشد که در این مقاله برخی از محدودیت های و معایب آن ذکر شد، در حالیکه پست های DCS دارای سیستم کنترل توزیع شده و امکان ارتباط مستقیم بین ادوات الکترونیکی هوشمند متصل به تجهیزات قدرت، با استفاده از فیبرنوری وجود دارد، که باعث بهبود عملکرد پست می شود.

آخرین پروتکل جهت برقراری ارتباط درون سطح پست بمنظور DCS کردن پست، IEC 61850 می باشد که تمامی تجهیزات جدید تولید شده، این پروتکل را پشتیبانی میکند و تجهیزات قدیمی موجود در پست با هارد فایبر به این شبکه متصل میشوند.

توپولوژیهای ستاره، رینگ و Redundant آنها بسته به نوع پست در ساختارهای مختلف پست های DCS بکار گرفته میشوند، که برای پست ها با اهمیت بیشتر از توپولوژی رینگ و Redundant برای بهبود قابلیت اطمینان سیستم استفاده میشود.

بنابراین با برتری های ذکر شده برای پست های DCS و با توجه به اینکه تجهیزات جدید برای طراحی DCS تولید میشوند و همچنین رقابت در بازار جهانی نیاز به آشنایی و بکارگیری پست های DCS بیشتر میشود.