

تشریح سیستم، کاربردها و تجربیات طراحی و اجرای پنج پست دیجیتال

سعید شعاری نژاد^۱، شاهین شکری^۲، فرشته حسینی^۳، اسماعیل آخوند زاده کرانی^۴

^۱ اترک انرژی، تهران، s.sh.nejad@atrakenergy.com

^۲ مدیر بخش مهندسی، اترک انرژی، تهران

^۳ مدیر بخش نرم افزار، اترک انرژی، تهران

^۴ رئیس تعمیرات و نگهداری واحد انرژی، شرکت سنگ آهن گهر زمین

چکیده

هدف نهایی IEC61850 بر این است که کلیه تجهیزات محوطه پست (اعم از I/O های آنالوگ کلیدها، CT ها، PT ها و غیره) دارای پورت خروجی دیجیتال بشوند تا ارتباط کلیه رله‌ها و اطاق کنترل با تجهیزات محوطه پست از طریق فیبر نوری (LAN-IEC 61850 Process Bus) و دیجیتالی برقرار شود. بدین ترتیب، عملکرد رله‌ها به حداقل (حدود ۷ میلی ثانیه و کمتر) رسیده، ساختمان BCR بطور کامل حذف شده، حجم کابل کشی بین اتاق کنترل و تجهیزات پست به حداقل رسیده، کابل های کنترل بطور کامل حذف شده، سینی کابل‌ها، کانال کابل‌ها، هزینه‌های نیروی انسانی بویژه متخصصین حفاظت و کنترل، زمان نصب و راه اندازی و تست تابلوها و ارتباطات بین رله‌ها و تجهیزات محوطه پست بسیار کاهش یافته، تعداد و حجم تابلوها و در نتیجه فضای اتاق به حداقل رسیده و در نتیجه هزینه‌های مربوط به بخش‌های فوق پست‌ها به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد.

کلمات کلیدی

حفاظت، رله، فیبر نوری، سیستم دیجیتال

استفاده خواهد بود نه بهینه سازی و توسعه پست های موجود، لذا سیستم "MU+LAN SWITCH+RELAYS" کماکان برای همیشه مورد نیاز خواهد بود.

۱- مقدمه

با توجه به این نکته که در حال حاضر تجهیزات محوطه پست (Switchyard) به این نوع پورت یعنی خروجی دیجیتال (ارتباطات LAN) مجهز نشده‌اند (بجز CT و PT های نوری/Optical و یا با خروجی‌های دیجیتال روی آن‌ها که در حال حاضر پر هزینه هستند)، برای اولین بار شرکت جنرال الکتریک (حدود سال ۲۰۰۷)، با هدف استفاده از همین تجهیزات پست موجود در بازار، تصمیم گرفت سیستمی را طراحی و ابداع کند که بصورت اقتصادی به همان هدف نهایی IEC61850 Process Bus رسیده شود و در انتظار به بازار آمدن تجهیزات پست با خروجی دیجیتال نباشد که احتمال دارد سالها طول بکشد. اگرچه، حتی در صورت به بازار عرضه شدن آنها، عمده‌تاً برای پروژه‌های جدید قابل

۲- تشریح کلی سیستم پست دیجیتال

این سیستم که IEC61850 Process Bus نیز نامیده می‌شود از سه قسمت تشکیل شده است. توضیح اینکه سطح ولتاژ پست کوچکترین تأثیری در انتخاب و طراحی این سیستم ندارد چون این سیستم اساساً "مدولار" می‌باشد و لذا فقط تعداد PIU/MU، تعداد و نوع ورودی و خروجی‌های هر کدام از آن‌ها مشخص و انتخاب می‌شود. شکل (۱) نقشه شماتیک DSS پست اختصاصی ۳۳/۲۳۰ کیلوولت گهر زمین، متصل به رینگ شبکه سراسری از طریق پست ۲۳۰/۴۰۰ کیلوولت نیروگاه

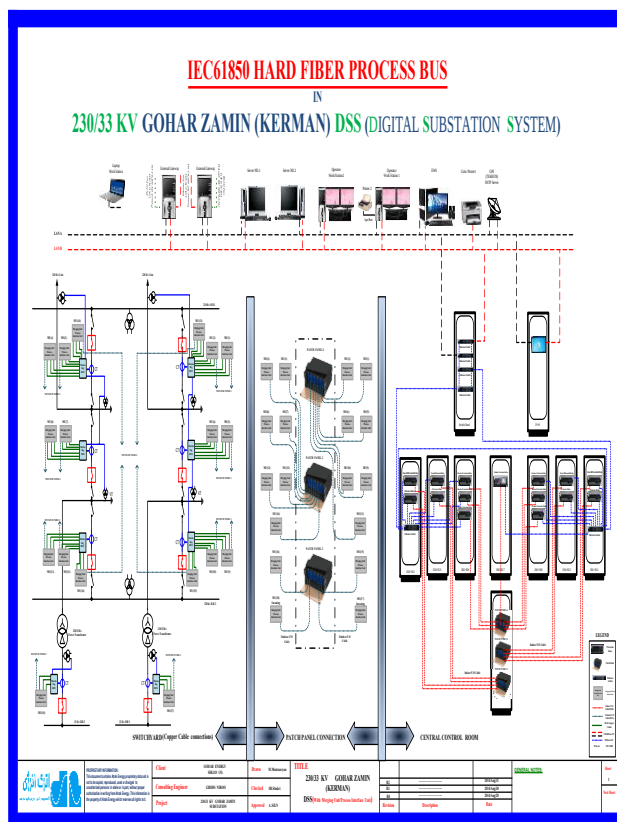
درجه حفاظت محیط IP66 قرار گیرد. لین واحد نقش جمع‌آوری سیگنال‌های آنالوگ تجهیزات و تبدیل آنها به دیجیتال را دارد. عبارت دیگر، کلیه سیگنال‌های آنالوگ و I/O های کنترلی تجهیزات پست، فقط به MU وصل می‌شوند و MU ها در صورت نیاز علاوه بر ورودی‌های CT ها، PT ها می‌توانند تا بیش از ۷۶ ورودی دیجیتال (I/O) و ورودی‌های آنالوگ اضافی داشته باشند. در این قسمت با اشاره به اینکه MU ها علاوه بر پوشش دادن GOOSE و MMS (که در پست های اتوماسیون معمول در دستگاه ها وجود دارد) باید از استاندارد IEC 61850-9-2 هم پشتیبانی کند که این استاندارد مربوط به تبدیل مقادیر آنالوگ با Sampling Rate مشخص به سیگنال دیجیتال است. توضیح اینکه هم MU و هم رله‌های حفاظتی باید از این استاندارد پشتیبانی کنند و به این صورت به راحتی برندهای مختلف قادر هستند با هم هماهنگ شده و در این صورت، یک MU قادر است با رله‌هایی از برندهای مختلف کار کند.

شکل (۲)، MU های مربوط به تعویض کامل سیستم حفاظت بسیار قدیمی روسی یکی از چهار پست موجود ۱۱/۳۳/۱۱۰ کیلوولت شهر باکو در کشور آذربایجان (در منطقه‌های بسیار حساس و مهم شهر باکو) می‌باشد. هر چهار پست بطور همزمان و بصورت EPC توسط تیم اترک انرژی در ماه اوت ۲۰۱۰ آغاز و فوریه ۲۰۱۱ (یعنی حدود شش ماه) راه‌اندازی و تحویل شد و طی بیش از یازده سال گذشته بدون هیچ مشکلی در حال کار بوده است. شکل شماره ۳، یکی از MU های پست ۳۳/۲۳۰ کیلوولت گهر زمین را نشان می‌دهد که علیرغم IP66 بودن MU ها امکان نصب در هوای آزاد (مانند پست‌های باکو که شهری است با باد و باران‌های بسیار شدید، مداوم و زیاد)، با اصرار مهندسین مشاور این پست داخل تابلوی مارشال قرار نصب شد.



شکل (۲): MU های باکو

گهران، شبکه برق منطقه ای کرمان در تاریخ ۱۳۹۹/۱۰/۱۰ را نشان می‌دهد. اترک انرژی (از زمان تاسیس در سال ۱۳۷۲) اهمیت بسیاری به آموزش تیم های کارفرما در رابطه با تکنولوژی‌های جدید داده و می‌دهد، زیرا آموزش نقش اساسی را در اطمینان از عملکرد درست سیستم و بهره‌برداری مناسب و صحیح از آن توسط تیم کاربر و رضایت مشتری دارد.



شکل (۱): شماتیک DSS پست اختصاصی ۳۳/۲۳۰ کیلوولت گهر زمین

۲-۱- مشخصات واحدها

واحدهی که MU (Merging Unit) و PMU (Process Interface Unit) نامگذاری شده و باید درجه حرارت محیط (بین -40°C تا 75°C و 0°C +۸۵) را تحمل کند که بتواند در محوطه آزاد پست بدون نیاز به فن، وسیله سرمایش و یا گرمایش در کلیه شرایط آب و هوایی ایران نصب و بدون هیچ مشکلی کار کند. این واحدها دارای ورودی و خروجی‌های دیجیتال (I/O) یا ورودی‌های CT و PT در درون خود بوده و زیر یا نزدیک به تجهیزات محوطه پست (مثلاً زیر CT ها، PT ها و غیره مطابق تصویر شکل (۲)) یا روی پایه‌های فلزی همان تجهیزات و در فضای آزاد نصب می‌شود (در صورتیکه دارای حداقل درجه حفاظت محیط IP66 باشد). در غیر این صورت می‌تواند داخل جعبه (enclosure small) با

ارتباطات بین آلارم‌های داخل مرکز کنترل و Alarm

Annunciator در داخل پانل مرکز کنترل.

۳. کلیه رله‌های کمکی.

۴. کلیه TCSها (Trip Coil Supervision)

۳- مزایای سیستم DSS

توضیح اینکه آمارهای زیر و نیز فصل ۴ (مزایای اقتصادی) برپایه تجربیات عملی اترک انرژی در طراحی و اجرای DSS چهار پست در باکو و EP در پست گهر زمین با نیروی انسانی ایرانی بدست آمده است.

۱. به حداقل رساندن زمان نصب بخش LV و کابل‌های ارتباطی) حدود یک هفته برای یک BAY پست ۴۰۰ KV در مقایسه با چندین ماه برای سیستم‌های با/ بدون اتوماسیون پست با اندازه مشابه).

۲. به حداقل رساندن زمان تست و راه اندازی LV و ارتباطات آن با تجهیزات محوطه پست (حدود سه تا چهار روز برای یک BAY پست ۴۰۰ KV در مقایسه با حدود دو تا سه ماه برای پستهای با سیستم اتوماسیون و مرسوم conventional — حتی بدون اتوماسیون).

۳. حذف کلیه کابل‌های کنترل چندین رشته‌ای جهت ارتباط بین رله‌ها و تجهیزات پست باستثنای کابل‌های تغذیه DC مکانیزم‌های کلیدها، AC/DC Panels، MUs، دستگاه‌های اندازه‌گیری و Tap changer/AVR Panel

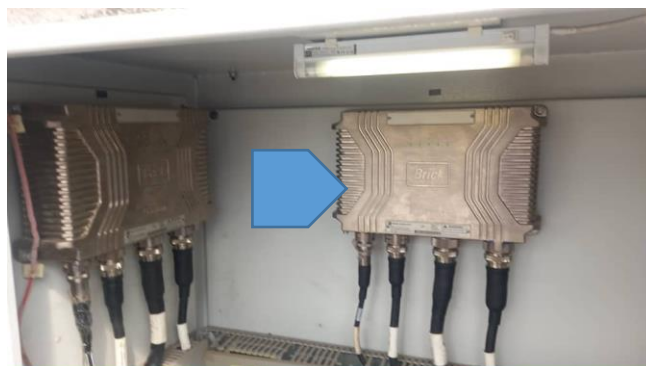
۴. به حداقل رساندن نیروی انسانی متخصص جهت نصب، راه اندازی و تست کل بخش LV و ارتباطات با تجهیزات پست و نتیجه به حداقل رساندن هزینه‌های این بخش.

۵. به حداقل رساندن نیاز به وسایل یدکی بخش LV (یک یا دو نمونه MU، یک کارت تغذیه، یک کارت CPU&LAN از هر نوع رله)

۶. تعویض سریع MUها (حدود ۴۵ دقیقه) در صورت از کار افتادن آن‌ها یا نصب دو عدد MU بصورت Redundant.

۷. Self-Checking مداوم رله‌ها و MUها و در نتیجه به حداقل رساندن زمان آگاهی از کار افتادن آنها در حداقل تست های دوره ای و یا نیاز به عملکرد آن‌ها.

۸. عدم نیاز به تعداد Core بیش از دو یا سه عدد در CTها با کمترین Burden (در حد چند متر سیم مستقل حد فاصل بین خروجی CTها تا MUها مستقل از نوع و سایز پست‌ها) یعنی یک عدد برای حفاظت و یک عدد برای اندازه گیری و یک



شکل (۳): MUهای گهر زمین

۲-۲- Manageable LAN Switches

این سوئیچ‌ها در داخل تابلوی اتاق کنترل قرار می‌گیرند و کلیه MUهای نصب شده در محوطه پست از طریق کابل‌های فیبر نوری وارد این سوئیچ ها می‌شوند (جهت ایجاد ارتباط تحت LAN و GOOSE Messaging بین MUها و رله‌ها با یکدیگر، اینترلاک‌های بین رله‌ها و غیره) و ارتباط کلیه رله‌ها و MUها از طریق کابل شبکه با فیبرنوری صورت می‌پذیرد. عبارت دیگر، ارتباط رله‌ها با MUهای داخل محوطه پست از طریق این سوئیچ‌ها برقرار می‌گردد. در ضمن، به دلیل اینکه تمام اطلاعات در این سیستم روی بستر شبکه قرار دارد نیاز به سطح بالایی از Availability روی اطلاعات داریم که یکی از راه‌های بالاتر بردن این مورد، از تجهیزات شبکه با قابلیت PRP یا HSR باید استفاده شود که به این ترتیب باعث صفر شدن Recovery Time اطلاعات می‌شود.

۲-۳- رله‌ها

رله‌های دیجیتال از نظر منبع تغذیه و CPU همانند رله‌های دیجیتال استفاده شده در پست‌های اتوماسیون (SAS/DCS) می‌باشند با این تفاوت که در کارت‌های CPU این رله‌ها حداقل چهار ورودی فیبر نوری تعبیه می‌شود (جهت ارتباطات تحت LAN و GOOSE Messaging بین رله‌ها که البته بایستی از استاندارد های Sampled Values و PRP/HSR پشتیبانی کنند) ولی بخش‌های زیر از رله‌ها حذف می‌شود:

۱. کارت‌های DSP (که وظیفه آن‌ها تبدیل سیگنال‌های آنالوگ CT و PT ها به دیجیتال است ولی بدلیل انجام این مورد در MUها، نیازی به این کارت‌ها در داخل رله‌ها نیست).
۲. کلیه کارت‌های I/O که وظیفه آن‌ها کنترل تجهیزات پست و نیز انتقال وضعیت آن‌ها به اتاق کنترل می‌باشد (ولی بدلیل انجام این مورد در MUها، نیازی باین کارت‌ها در داخل رله‌ها نیست مگر به درخواست کارفرما بصورت اختیاری) به استثنای

بهترین راه، شیوه درک صحیح، واقعی و منطقی آن‌ها و استفاده درست و بهینه از آن هست و نه نفی آن و یا بازگشت به تکنولوژی‌های قدیمی برای گریز از تکنولوژی‌های جدید است. بنابراین، استفاده از سیستم DSS از نظر اقتصادی و فنی (همانطور که اشاره شد) هم برای پست‌های جدید مقرون به صرفه هست و هم با آخرین تکنولوژی روز دنیا همخوانی دارد. برای پست‌های مرسوم موجود که عمدتاً اتوماسیون نیستند، علاوه بر بهینه سازی بخش حفاظت و کنترل پست‌ها (با هزینه بسیار کمتر در مقایسه با سیستم‌های مرسوم اتوماسیون از هر نظر)، عدم نیاز به تعویض CT و PTها، کاهش بسیار زمان نصب و راه‌اندازی، کاهش گرفتاری‌ها و مشکلات بسیار عمده بدلیل نیاز به قطع برق طولانی مدت آن‌ها در مراحل بهینه سازی و هماهنگی با دیسپاچینگ ملی و منطقه‌ای (بویژه پست‌های انتقال) و تقریباً غیر ممکن بودن قطع برق آن‌ها در اکثر ماه‌ها و روزهای سال از شبکه کشور، عدم وجود نقشه‌های As Built در اکثر پست‌های قدیمی، عدم اطمینان به کلیل‌های موجود و پرهزینه بودن تعویض آنها و غیره، بهینه‌ترین سیستم برای پست‌های موجود در حال بهره برداری می‌باشد. از نظر امنیت شبکه، مشابه سایر سیستم اتوماسیون هست. زیرا، همه سیستم‌هایی که از طریق سرور ها (نقطه حملات سایبری) به شبکه های داخلی و رله های پست‌ها وصل می شوند از این نظر یعنی امنیت شبکه یکسان هستند. نکته دیگر اینکه، تجهیزات و مسایل کلیه شبکه های برق و پست‌های دنیا (چه غربی و چه شرقی چه آسیایی) کم و بیش یکسان است، لذا اگر آنها برای حل مشکلات خود و نه سایر کشورها، این سیستم ها و تجهیزات را طراحی، ساخته و در شبکه برق کشورشان استفاده کرده و می کنند (علیرغم مشکلات بسیار کمتری از ما)، ما هم دیر یا زود مجبور خواهیم شد از آنها استفاده کنیم (مانند رله های دیجیتال). ضمناً، استقلال و خودکفایی مطلق در تجهیزات مورد نیاز شبکه برق ما و سایر کشورهای دنیا غیر ممکن هست و همواره خواهد بود (مثلاً در حال حاضر بدلیل خطر حمله چین به تایوان و جنگ روسیه و اوکراین، کلیه کشورهای دنیا بدلیل خطر حمله چین به تایوان و جنگ روسیه و اوکراین، با مشکل بسیار عظیمی در تامین تراشه های بویژه نوع صنعتی مورد استفاده در تجهیزات دیجیتال تولیدی خودشان مواجه شده اند بطوریکه زمان تحویل رله های دیجیتال توسط کلیه سازندگان خارجی از چند هفته به چند ماه (مثلاً از ۴ هفته به ۴ تا ۸ ماه) افزایش یافته است.

عدد فقط جهت جهت باس بار در صورت داشتن حفاظت باس و در نتیجه کاهش هزینه CTها.

۹. به حداقل رسیدن تعداد تابلوهای کنترل و حفاظت و تجمیع تمامی تابلوهای پست در محل مرکز کنترل و در نتیجه کاهش زیربنای لازم برای مرکز کنترل.

۱۰. عدم نیاز به Mimic Panel در این سیستم (مگر به درخواست کارفرما بصورت Option).

۱۱. امکان توسعه فیدرها در این سیستم نسبت به پست های معمولی بسیار ساده تر است

۱۲. کاهش بسیار قابل توجه هزینه های ساخت تابلوها بدلیل حذف کامل سیم های مسی.

۴- ابعاد اقتصادی

با توجه به موارد فوق، نتایج اقتصادی اجرای این سیستم (کاهش بسیار قابل توجه هزینه کل بخش LV) به شرح ذیل خلاصه می شود:

۱. ۴۰ تا ۷۰٪ کابل کشی محوطه، کانال کشی، سینی کابل (بستگی به اندازه و وسعت پست دارد).

۲. حدود ۷۰٪ در تعداد و حجم داخلی تابلوها.

۳. حدود ۵۰ تا ۷۰٪ نیروی انسانی متخصص در مقایسه با موارد مشابه در پست‌های با یا بدون سیستم اتوماسیون.

در نتیجه حدود ۱۵ تا ۳۰٪ (بستگی به سطح ولتاژ دارد، یعنی در سطح ۴۰۰ کیلوولت بیشترین کاهش در هزینه خواهد بود) بخش LV و کابل‌های پست در مقایسه با سیستم‌های اتوماسیون موجود کاهش خواهد یافت. ضمناً وقتی به هزینه ها در مقایسه این سیستم با سایر سیستم ها اشاره می شود کلیه هزینه ها اعم خدمات مهندسی، همه سخت افزار ها (از جمله MUها)، نرم افزار، نصب، راه اندازی و غیره را شامل می شود.

۵- نتیجه گیری

تکنولوژی‌های جدید موفق نمی‌شوند مگر بتوانند بسیاری از مشکلات موجود را (همراه با کاهش قابل توجه مجموعه هزینه ها و نه صرفاً بخش خرید تجهیزات) بصورت بهینه از هر نظر، مشکلات قابل پیش بینی آینده را حل کنند، به آسانی قابلیت ارتقا داشته باشند، هزینه ها در بخش‌های گوناگون را به میزان قابل توجهی کاهش دهند (به معنی واقعی اقتصادی باشند)، کار با آن‌ها (user friendly) را بسیار ساده‌تر کنند، سرعت عمل در همه زمینه‌ها و بخش‌ها بویژه نگهداری (maintenance) و آموزش کاربرها بسیار زیادتر کنند. ضمناً امکان مقاومت در مقابل آن نیست و نخواهد بود و دیر یا زود مجبور به استفاده از آن‌ها خواهیم بود. بنابراین،