کاربرد سیستم کنترل گستردهٔ دیجیتال در پستهای فوق فشار قوی

مهندس میرهوشنگ خورسند

دانشجوی کارشناسی ارشد
دانشگاه صنعتی امیر کبیر

دکتر کریم فائز

استادیار دانشکده مهندسی برق
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

در این مقاله استفاده از تکنیکهای پردازش گسترده در کنترل و حفاظت پستهای EHV معرفی شده است. بدین ترتیب که ساختار یک سیستم نظارت، کنترل و حفاظت گسترده ترسیم گردیده و چگونگی پیاده سازی آن و رفع مشکلات ومسائل مربوطه بکمک فیبرنوری، باسها و پروتکلهای استاندارد وتدابیر سختافزاری و نرمافزاری لازم به اختصار و یک به یک بیان شدهاند. در ضمن مزایا ومشکلات طرح نیز به اجمال مورد بررسی قرار گرفتهاند.

"Application of Distributed Control System in High Voltage Power Plants"

M. H. Khorsand. M. Sc.
&
K. Faeze, ph. D.

Elect. Eng. Dept. Amirkabir Univ. of Tech

ABSTRACT:

Application of distributed processing to the control and protection of EHV substations will be introduced. Architectural design of an appropriate distributed control and supervision system is approached and optimum procedures of its implementation are discussed taking advantage of standard interfaces, optical fiber, and local area networks. Finally the advantages and disadvantages of the system are described.

۱ ــ مقدمه

پیشرفت، توسعه، تکامل و پیچیدگی روزافزون تأسیسات تولید و انتقال نیروی‌برق، روندی طبیعی و غیر قابل اجتناب‌است؛ درنتیجه لزوم بهبود کیفیت عملکرد عناصر شبکه فشار قوی، افزایش سرعت و دقت تجهیزات‌حفاظتی،و تکامل روشهای نظارت بر شبکه نیز ناگزیر می‌باشد؛ از این رو تلاش برای حل این مشکلات از مدتها قبل آغازشده است. امروزه سیستم‌های دیجیتال در بسیاری از پست‌ها، با نمونه ــ برداری خودکار از وضعیت عناصر شبکه برق،و پردازش اولیه اطلاعات اپراتور را در تصمیم گیری راهنمایی نموده و بر اجرای فرمانها نیزنظارت می‌کنند. بدین ترتیب‌اداره سیستم آسانتر و در عین‌حال مطمئن‌تر است.

اما همان طوری که ذکر گردید، توسعه سریع و بی‌وقفه شبکه‌های برق به پیچیدگی هر چه بیشتر آنها منجر میگردد و این امر به‌نوبهٔ خود تکامل‌بیشتر سیستم‌های کنترل و حفاظت را ایجاب می‌نماید. استفاده از روش کنترل متمرکز در یک شبکه پیچیده نه تنها نیاز به کامپیوترهای با حجم حافظه و قدرت پردازش بسیار زیاد دارد، بلکه به دلیل افزایش تعداد لینکها امکان دخالت نویز و بروز خطا نیزافزایش می‌یابد. همچنین باید در نظر داشت که ساخت کامپیوترهای بزرگ بسیار پرهزینه بوده و اغلب ترجیح داده می‌شود که وظیفه یک کامپیوتر بزرگ بـه چند کامپیوتر کـوچکتر محول گردد. برای آن که علی‌رغم پیچیده‌تر شدن شبکه‌های انتقال نیرو قابلیت اطمینان‌آنها نیز تا حد انتظار مصرف کننده‌های امروزی‌ترقی نماید، بهترین ومقرون بصرفه‌ترین راه، استفاده از پردازش‌گسترده در کنترل پستهای EHV است

استفاده‌از "سیستم‌های‌گسترده" [۱] نامتمرکزدرپردازش داده وبکارگیری "فیبرنوری" [۲] جهت‌انتقال داده‌ها گام مهمی در جهت ارتقای‌کیفیت کنترل و نظارت می‌باشد و این‌امر، بخصوص در پستهای EHV [۳] که سرعت عمل نقش مهمی‌را در حفظه شبکه و عناصر گرانقیمت آن‌بازی می‌کند، حائز اهمیت است.

علاوه بر این، تکنیکهای فوق‌موجب صرفه‌جویی اقتصادی مستقیم (کاهش هزینه سیم کشی و حذف بسیاری از مدارها و تجهیزات‌واسطه) و صرفه‌جویی غیر مستقیم اقتصادی(بالا بردن استاندارد و کیفیت سرویس دهی و کاهش هزینه‌های نگهداری، توسعه یا تکامل سیستم) می‌گردد. در این زمینه تحقیقات مختلفی صورت گرفته که‌چکیده‌ای از آن در اینجا ذکر می‌شود (۱)، (۲)، (۳)، (۴)، (۵)

۲ ــ طبقه‌بندی وظایف در سیستم کنترل و نظارت

در معماری سیستم کنترل، چگونگی تقسیم و توزیع وظایف در واحدهای مختلف سخت‌افزاری‌و نرم‌افزاری مشخص می‌گردد. با‌بررسی این معماری می‌توان سه لایه مختلف را در سیستم کنترل متمایزنمود.

ــ اولین لایه (لایه صفر) وظیفه گردآوری اطلاعات از عناصر فرایند قدرت مثل مدار شکن‌ها، ترانسفورمرها، و غیره را بر عهده دارد. بخشهای الکترونیکی که در تجهیزات فشار قوی جای سازی شده‌اند و همچنین سیستم تنظیم تبادل داده‌ها در این لایه قرار می‌گیرند.

ــ دومین لایه (لایه۱) به اعمالی می‌پردازد که در رابطه باهرعنصر مختص آن عنصر بوده و اجرای آنها منوط به دریافت اطلاعات ازسایر عناصر فرایند نمی‌باشد. (مانند حفاظت خط یا شینه). بدین ترتیب انواع رله‌های حفاظتی،سیستم‌های بازیابی اتوماتیک. سیستم‌ها؛ عملیاتی اتوماتیک و دستگاههای ثبات در این لایه می‌گنجند

ــ لایه۲ به‌وظایفی می‌پردازد که باچندین عنصر در پست مرتب بوده و به اطلاعاتی از بخشهای‌گوناگون لایه ۱ نیاز دارند. اعمال مختلفی مانند ثبت پیشامدها، اجرای عملیات محلی بکمک CRT [۴] از داخل اتاق کنترل، برقراری‌ارتباط با سیستم کنترل از راه دور، هماهنگی با اپراتور در اجرای فرمانها در محدوده عمل این لایه قرا دارند.

سازماندهی بخشهای مختلف کنترل پست بر عهده لایه دیگری است که در این مختصر امکان‌پرداختن به آن .وجود ندارد.

۳ ــ طراحی سیستم با مقاطع باز

نمونه‌ای از شمای این نوع معماری در شکل۱ نشان داده شده‌است در این شکل لایه‌های مختلف از یکدیگر متمایز می‌باشند. همان‌طوری که در شکل ملاحظه می‌گردد، لایه۱ که‌شامل عناصر حفاظتی وسیستم‌های اتوماتیک می‌باشد از یک سو از طریق یک شبکه مخابراتی‌باواحدهای نمونه برداری (لایه صفر)درتماس می‌باشد و از سوی دیگر از طریق شبکه مخابراتی دیگری‌با سیستم کنترل مرکزی (لایه۲) ارتباط دارد. بدین ترتیب لایه۱قادر است با پردازش گسترده اطلاعات دریافت‌شده از لایه صفر، حفاظت شبکه را بادقت و سرعت زیاد انجام دهد. علاوه بر این‌با قرار دادن اطلاعات در اختیار لایه۲، لایه مزبور را قادر می‌سازد تا ثبت پیشامدها و انتقال‌اطلاعات به‌اپراتور را به انجام‌رساند و اعمال کنترل متمرکز پست رانیز عملی نماید.

امامساله مهمی که باید درتکوین این‌سیستم مدنظر داشت،ویژگی "باز بودن" [۵] سیستم است. بدین معنی که بخشهای اساسی آن بایددارای ویژگیها، قابلیتها و خصوصیات فیزیکی استاندارد باشند تا امکان استفاده از محصولات سازنده‌های مختلف در سیستم وجود داشته باشد از این رو بجای سیستم بسته و بی‌منفذ سیستم با "مقاطع باز" [۶] مطرح می‌گردد. در معماری سیستم کنترل فوق‌الذکر سه مقطع باز می‌توان تعریف نمود. با استاندارد کردن این مقاطع، امکان کاربرد اجزای متفاوت در سیستم فراهم می‌گردد. این سه مقطع عبارتنداز:

الف ــ سیستم ارتباطی بین لایه‌های ۱ و ۲

ب ــ "مدارهای واسطه" [۷] بین‌تجهیزات نمونه‌برداری در لایه۱ و واحدهای حفاظتی وعملیاتی در همان لایه.

ج ــ سیستم ارتباطی در داخل لایه صفر، و بین سنسورها ورله‌های لایه‌های صفر و یک

اکنون به تامل در این مقاطع و یافتن معیارها و روشهای مناسب هر یک می‌پردازیم:

۱ــ۳ــ سیستم ارتباطی بین لایه‌های ۱ و ۲

۱ــ۱ــ۳ــ بررسی نوع ارتباط و انتخاب سیستم ارتباطی مناسب،

یک‌نکته اساسی که در هر طرحی باید در نظر داشت مساله قابلیت توسعه و تطبیق با سیستم های پیشرفته‌تر است. به بیان دیگرپیشرفتهای تکنیکی آینده نباید سبب بی‌مصرف شدن و بلااستفاده ماندن سیستم امروز گردد. از سوی دیگر عامل مهمی که در ارزیابی هر روش و طرح جدیدی در نظر گرفته می‌شود، امکان تحقق اقتصادی آن است،بدون این که سرمایه‌گذاریهای گذشته به هدر رود.

بنابراین سیستم مخابراتی انتخاب شده باید از پتانسیل خوبی برای تطابق با تکامل آینده برخوردار بوده و در عین حال حتی‌المقدور با استانداردهای موجود مطابق باشد تا امکان پاسخگویی سیستم به نیازهای طرح موجود باشد. با این ملاحظات ساده طبعا" استفاده از شبکه ارتباط محلی" (LAN) [8] پاسخ مناسبی برای مساله می‌باشد.

شبکه ارتباط محلی یک سیستم مخابراتی کامپیوتری‌است که در آن هر گره می‌تواند بدون نیاز به دخالت کامپیوتر مرکزی باهر نقطه دیگر شبکه ارتباط برقرار نماید. هر شبکه ارتباط محلی می‌تواند بر حسب‌نیاز به صورت ستاره‌ای یاحلقوی یا بر اساس نوعی باس طراحی شود وابعاد آن را می‌توان از چند صدمتر تا چند کیلومتر در نظر گرفت. با کمک شبکه‌های ارتباط محلی دستیابی به سرعتهای زیاد با نرخ خطای کم (10^{-11}ـ10^{-8}ـ10^{-5}) ، امکان پذیر می‌شود. علت‌اصلی پیدایش‌و توسعه LAN را باید گرایش‌فزاینده به سیستم‌های گسترده دانست. اما مفهوم LAN به‌همراه‌خود، ویژگی "یکپارچگی و تمرکز" [9] رانیزالقاء می‌نماید. زیرا باتشکیل این شبکه، سیستم مخابراتی در همه واحدها یکپارچه می‌شود و دیگر هیچ‌واحدی دارای سیستم ارتباطی مستقل و مجزانخواهد بود. این امر می‌تواند برعملکرد سیستم تاثیر منفی بگذارد. زیرا در شرایط سخت فرایند فشارقوی که ممکن است برخی واحدها از جمله‌واحد مرکزی دچار اشکال شوند، شبکه نخواهد توانست به کارخود در شرایط جدید ادامه دهد. در حالی که سیستم مخابراتی باید قادر باشد که‌در شرایط سخت فرایند فشار قوی تداوم عملکرد بخشهای مختلف‌عملیاتی و سیستم‌های اتوماتیک را تضمین نماید. برای تحقق این منظور باید نکات زیر رعایت گردند:

ـ اولا" در لایه۲ که عملیات محلی، کنترل‌از راه‌دور، و "نگهداری به طور متمرکز انجام می‌شوند، باید واحدهابه صورت‌دو قلو در نظر گرفته شوند تا در صورت بروز اشکال در یک واحد، بلافاصله واحد رزرو به‌جای آن قرار گیرد. (قابل ذکر است که در نظر گرفتن عناصر ذخیره در هر نقطه سیستم (لایه‌های دیگر) طبعا" قابلیت اطمینان‌سیستم را بالا می‌برد. و این امر هم اکنون در سیستم‌های موجود نیز رعایت می‌شود و در نقاط حساس از عناصردوقلو استفاده می‌شود. منظور از عبارت‌فوق تنها تاکید بر لزوم دوقلو بودن‌واحدها در لایه۲ می‌باشد در لایه‌های دیگر نیز ممکن است به حسب ضرورت برخی عناصر دارای ذخیره باشند).

ـ ثانیا" در لایه۲لازم است یا امکان محاوره بین حوزه‌های‌مختلف لایه بدون‌وابستگی به"واحد مرکزی" [10] وجود داشته باشد ویا اصولا" واحد مرکزی در طرح منظور نگردد. با استفاده از شبکه ارتباط محلی می‌توان در هر حوزه سیستم‌های"اتوماتیک‌جامع" [11] نصب نمود. این سیستم‌ها قادر خواهند بود در شرایط اختلال در یک حوزه، کارخود را در سطح پائین‌تری ادامه دهند.

با رعایت نکات‌فوق، شبکه ارتباطی محلی می‌تواند قابلیت‌اطمینان سیستم را تا حد زیادی بالا ببرد. اما انتخاب صحیح شبکه مخابراتی و پروتکل ارتباطی مناسب برای آن عنصر مهمی درطراحی سیستم بشمار می‌آید. که برکارآیی طرح در شرایط مختلف اثر می‌گذارد. از طرفی انتخاب صحیح مستلزم شناخت‌نیازهای طرح است. بنابراین نیازهای مخابراتی لایه‌های‌اول و دوم را در اینجا به اختصار بیان می‌کنیم.

به کلی دیالوگ های لایه‌های ۱ و ۲ را می‌توان به دو دسته‌تقسیم نمود:

دسته اول شامل پیامهایی است که واحدهای مرکزی باتجهیزات حوزه‌ها مبادله می‌نمایند از طریق این پیام‌ها کلیه‌نمونه‌های اطلاعاتی (علامت، آلارم، کمیت‌های اندازه‌گیری شده، ثبت وتعیین موقعیت خطا) از تجهیزات مستقر در حوزه‌ها گردآوری شده‌و دستورالعمل‌های عملیاتی برای اجرا به حوزه‌ها صادر می‌گردند.

دسته دوم شامل دیالوگ مستقیم بین حوزه‌ها است. این گروه پیامها به اعمال سیستم‌های اتوماتیک مربوط می‌شوند. زمان پاسخ سیستم‌های اتوماتیک حفاظتی بین ۱۰ تا ۳۰۰ میلی‌ثانیه است و زمان پاسخ سیستم‌های اتوماتیک عملیاتی در حدود ۱ ثانیه می‌باشد.

بنابراین برای آن که شبکه‌ای بتواند نیازهای مخابراتی‌لایه‌های ۱ و ۲ را تواما" برآورده سازد باید بتواند هم پیام‌های عملیاتی (حجم زیادی از اطلاعات با زمان مخابره نسبتا" طولانی) و هم پیام‌های حفاظتی مربوط به سیستم‌های اتوماتیک (پیامهای کوتاه با زمان مخابره کوتاه و قابلیت اطمینان بسیار زیاد) رامنتقل نماید.

یک راه حل مناسب که قادر است انتظارات‌فوق را برآورده‌سازد روشی است که درآن یک"قاب" [12] اطلاعاتی مرتبا" از واحدی به واحد دیگر منتقل می‌گردد. این قاب که در کمتر از ۱۰ میلی‌ثانیه یک دور کامل را طی می‌کند مرکب از دو بخش با طول معین وثابت است (شکل۲)

بخش نخست، مربوط به سیستم‌های اتوماتیک است. هر یک از سیستم‌های اتوماتیک با دریافت قاب، اطلاعات مورد نیاز خود رابرداشت نموده و داده‌های خویش را نیز در محل مخصوص و از پیش تعیین‌شده در قاب قرار می‌دهد تا سایر واحدها از آن اطلاع یابند و عکس‌العمل مناسب نشان دهند.

دومین بخش قاب که به عملیات و نگهداری مربوط‌است، می‌تواند حاوی پیامهای مختلفی باشد که مخابره آنها ممکن‌است یک یا چندسیکل طول بکشد. کمیتهای اندازه‌گیری شده و پیامهای مربوط به ثبات ها از طریق همین بخش قاب منتقل می‌شوند.

این روش که هم از عهده مشکلات پیامهای عملیاتی برمی‌آید وهم قادر است سرعت مورد نیاز سیستم‌های اتوماتیک را تامین کند توسط باس سریال Token Bus (استاندارد IEEE 802.4) و یا باس سریال Token Ring (استاندارد IEEE 802.4) تحقق می‌یابد. این باس‌ها می‌توانند اطلاعات را با سرعت ۴ Mbit/s از طریق یک جفت سیم تابیده انتقال دهند. در پروتکل‌های 802.4 و 802.5 محدودیتی برای طول " بسته ۱۳" وجود ندارد و ممکن است قطارهای‌طولانی داده بدون فاصله از یکدیگر مخابره شوند. "کدمنچستر" [14] که در هر دو باس‌مذکور مورد استفاده قرار می‌گیرد امکان تداوم عمل سیستم راحتی در شرایطی که چندین حوزه از کار افتاده باشند فراهم می‌نماید.

بررسی‌های مختلف نشان می‌دهند که پروتکل‌های دیگر مانند Ethernet(استاندارد IEEE 802.3) ویا Bitbus نیز می‌توانند نیازهای مخابراتی لایه‌های ۱ و ۲ را برآورده سازند اما در شرایطسخت به خوبی پروتکل‌های Token Bus یا Token Ring عمل نمی‌کنند. مثلا" Bitbus که اخیرا" کاربرد زیادی در سیستم‌های کنترل گسترده‌یافته می‌تواند تا ۲۵۰ عدد عنصر "هوشمند" [15] را از طریق یک جفت سیم تابیده به یکدیگر مرتبط نماید. طول سیم حداکثر ۱۳/۲ km و سرعت مخابره با دخالت ۱۰ تکرار کننده حداکثر برابر ۶۲/۵ kbps می‌باشد

برای فواصل کمتر (تا ۹۰۰ متر) می‌توان سرعت انتقال داده را تا ۳۷۵ kbps (۱۶) افزایش داد. مدارهای واسطه این باس عموما" براساس استاندارد IEEE RS-485 بنا شده‌اند وپروتکل آن برداشتی ازSDLC است ۰۶ . در این پروتکل باید یکی از گره‌ها به عنوان واحد مرکزی عمل نماید واین‌امر به دلایلی که‌قبلا" توضیح داده شدند می‌تواند درشرایط سخت شدیدا" بر کارایی سیستم اثر بگذارد. پروتکل شبکه Ethernet نیز که اساسا" برای کار در محیط‌های دفتری و غیر صنعتی طراحی شده است دارای همین نقیصه است.

۲-۱-۳- کاربرد فیبر نوری

در پست‌های بزرگ EHV ، تجهیزات حوزه‌ها (لایه۱) عموما" درساختمانهای کوچکی درنزدیکی عناصر شبکه ولتاژ زیاد قرار می‌گیرند تا طول سیم کشی تقلیل یابد. کاربرد LAN در چنین شرایطی به‌مفهوم عبور جریان سریع داده‌هادر محیطی سرشار از میدان قوی مغناطیسی است. با درک این‌واقعیت لزوم استفاده از فیبر نوری برای انتقال اطلاعات روشن می‌گردد. روش کار ساده‌است: تمام تجهیزات حوزه‌ها توسط فیبر نوری به یک باس نوری که از نزدیک آنها عبور می‌کند ارتباط می‌یابند. این باس نیز به‌نوبه خود توسط دو رابط نوری به دو واحد عملیات‌متمرکز در لایه ۲ (یک‌واحد ذخیره) متصل می‌گردد. درصورتی که تلفات باس نوری برای ۲۲ گره کمتر از ۱۷ dB باشد نرخ خطا در حد قابل قبول ۸-۱۰ خواهد بود و می‌توان دیودهای لیزری را بااطمینان به کار برد. دستیابی به این دقت با استفاده از فیبر نوری امری دور از ذهن نیست. در واقع تکنولوژی فیبر نوری از بدو پیدایش با سرعت چشمگیری در حال پیشرفت بوده است. اولین سرویس مخابراتی مبتنی بر فیبر نوری که در سال ۱۹۸۴ در آمریکا آغاز به کار نمود دارای سرعتی معادل ۹۰Mbps بود و می‌توانست تا ۱۳۴۴ کانال دیجیتال را توسط یک‌زوج فیبر نوری منتقل نماید. در سال ۱۹۸۷ سیستم‌هایی با سرعت ۱/۷ Gbps ۱۷ نصب گردیده و شروع به کار نمود و امروزه استفاده از تکنیک مالتیپلکس نوری، دستیابی به سرعتی معادل ۱۶ Gbps را با نرخ خطای کمتر از ۹-۱۰ (معادل ۳/۵ dB در ۸ کیلومتر) امکان پذیر نموده است. (۷)

اخیرا" ANSI ۱۸ به بررسی و مطالعه درزمینه استاندارد شبکه‌ای مبتنی بر فیبر نوری پرداخته است (استاندارد X3T 9.5) ویژگیهای عمده‌این شبکه که غالبا" به نام "FDDI" ۱۹ مشهور است در اینجا به اختصار بیان می‌شوند. (۸)

- سرعت انتقال داده: ۱۰۰ Mbps
- حداکثر تعداد گرهها در سیستم: ۵۰۰ عدد
- حلقه‌دوبل فیبر نوری به طول حداکثر ۱۰۰km
- حداکثر فاصله گرهها: ۲ km

حداقل طول پکت در FDDI، ۹ بایت‌وحداکثرآن ۴۵۰ بایت‌است وفاصله ۲۰ بین پکتها نیز ۸ بایت است: در نتیجه‌شبکه FDDI هم برای کنترل "زنده" فرایند مناسب است و هم ،مکان انتقال حجم زیادی از داده ها را فراهم می‌نماید. این شبکه به سبب قابلیتهای بارز خود می‌تواند به عنوان محور و ستون فقرات سیستم محلی عمل نموده وبا رابط هایی به شبکه‌های LAN با کارآیی کمتر مانند Ethernet (IEEE 802 3) , Token Bus, MPA (IEEE 802. 4) متصل گردد.

اگر چه هنوز مطالعه ANSI بر روی x3T9.5 ادامه دارد. بسیا از تولید کننده‌ها هم‌اکنون FDDI را به بازار عرضه نموده‌اند.

۲-۳- مدارهای واسطه در لایه ۱

برای آن که ساختار و سازماندهی داخل لایه۱ مشخص شود لا است ابتدا "وظایف" هر واحد این لایه روشن گردد:

۱-۲-۳- وظایف هر واحد کنترل و حفاظت در پست *EHV*

به طور کلی وظایف هر واحد کنترل و حفاظت در یک پست‌انتق را میتوان به سه بخش تقسیم نمود:

الف ـ مکانیزمهای کمک ـ عملیاتی و اتوماتیک: از جمله مهمتر وظایف این گروه عبارتنداز:

۱ـ پیش پردازش داده‌ها جهت عملیات متمرکز محلی مانندمحا انواع کمیتها (مثل‌توان اکتیو، توان‌راکتیو، ولتاژ،و جریان)، تعی اختلاف فاز واختلاف فرکانس، ثبت پیشامدها، ثبت و تعیین موقع اتصال کوتاه در شبکه.

۲ـ اجرای فرماندهی متمرکز محلی‌با هماهنگی واحد مرکزی (دو مرحله "انتخاب" و "اجرا")

ب ـ سیستم‌های تنظیم اتوماتیک‌و حفاظت شبکه در شرایط غ طبیعی:

این سیستم‌ها به اموری چون حفاظت در مقابل اضافه بار و عد تعادل‌بار، بازیابی اتوماتیک، و تنظیم ولتاژ ترانسفرمرها می‌پردازند

ج ـ حفاظت در مقابل اتصال کوتاه شامل حفاظت خط، حفاظ شین، حفاظت ترانسفرمر، و نظارت بر عمل مدار شکن.

در این تقسیم بندی هر گروه بیش از گروه ماقبل خود به قدر محاسباتی سیستم متکی است و در عین حال باید با قابلیت اطمین بیشتری عمل کند.

۲-۲-۳- سازماندهی واحد کنترل و حفاظت

در صورتی که از ساختار یکپارچه‌ای استفاده شود، تمامی عملیا یک حوزه یعنی پردازش، کنترل، و حفاظت به طور مجتمع انج می‌پذیرد. اما ملاحظات تکنیکی ثابت می‌کنند که یکپارچه سازی کا چندان واقع بینانه نیست. زیرا مصرف کننده مایل‌است که بتوا تجهیزاتی را که در اختیار دارد مورد استفاده قرار دهد. این‌تجهیزا ممکن است آنالوگ یا دیجیتال باشند ویا از منابع مختلف خریدار شده باشند. مثلا" اغلب پستها امروزه با دستگاههای حفاظتی‌آنالو مدرن مجهز شده‌اند و بدون شک صرفنظر نمودن از آنها منطقی‌و مقرو به صرفه نیست بنابراین یک سیستم یکپارچه و بدون" مقطع باز" لایه۱ مناسب این طرح نیست علاوه بر این مجتمع شدن همه بخشها کنترلی‌و حفاظت باعث تنزل قابلیت اطمینان میگردد زیرا تاثیرمتقاب اجزای سیستم بر روی یکدیگر می‌تواند موجب بروز عیوبی گردد که حالت غیر مجتمع مشاهده نمی‌شوند. ۲۱

کاهش قابلیت اطمینان را می‌توان با پیش بینی عناصر ذخیره جبران نمود. البته این امر مستلزم صرف هزینه اضافی‌است که به سادگی بامصالح اقتصادی طرح سازگار نمی‌باشد. اما اگر توجه کنیم که اغلب خطاهای سیستم از نوع اتصال کوتاه می‌باشند و اتصال کوتاه جدی‌ترین مسئله فرایند فشار قوی است، می‌توان به راه حل مناسبی دست‌یافت. یعنی قابلیت اطمینان سیستم‌های حفاظت در مقابل اتصال کوتاه را تقویت نمود و تنزل نسبی قابلیت اطمینان سایر بخشها (مانند تجهیزات کمک عملیاتی و دستگاههای تنظیم) را پذیرفت. بنابراین می‌توان وظایف لایه را به دو گروه مجزا تقسیم نمود. گروه‌اول شامل وظایف حفاظت در مقابل اتصال کوتاه، تعیین موقعیت، و ثبت آن می‌باشد که توسط تجهیزات معمول و متداول آنالوگ یادیجیتال انجام می‌شوند این گروه با جدا شدن از بخشهای دیگر سیستم از عیوب حالت مشترک ایزوله گردیده و قابلیت اطمینان آن بالا می‌رود سایر وظایف لایه ۱ در گروه دوم قرار میگیرند و بطور مجتمع و یکپارچه انجام می‌شوند(شکل ۳). این وظایف در ارتباط با مکانیزم های کمک عملیاتی، و برقراری ارتباط با سایر بخشهای سیستم می‌باشند :

الف ــ ارتباط با لایه صفر برای جمع آوری کمیتهای اندازه‌گیری شده (ولتاژ، جریان ، ...)و اطلاعات مربوط به عناصر کنترل (مدار شکن، ایزولاتور، ...) و ابلاغ فرمانهای سیستم کنترل مرکزی به عناصر کنترل.

ب ــ ارتباط با تجهیزات حفاظت در مقابل اتصال کوتاه بمنظور جمع آوری اطلاعات و تبادل داده‌های کنترل. این ارتباط که لزوما" باید یک مقطع باز شد، با اتصال مستقیم و از طریق باس‌های استاندارد سنکرون یاآسنکرون (HDLC, RS232, IEEE488) ویا سیم کشی آنالوگ (برای تجهیزات آنالوگ) برقرار می‌گردد.

ج ــ کوپلاژ فیزیکی با شبکه ارتباطی محلی، کد کردن پیام‌ها وکشف رمز دستور العملهای دریافت شده از سیستم مرکزی (لایه۲)،

د ــ ارتباط با اپراتور برای عملیات غیر متمرکز محلی، تعیین پارامترهای تجهیزات، و طرح برنامه‌های جدید عملیاتی[۲۲]

هـ ــ حفظ و ثبت پیشامدها با قید تاریخ و زمان وقوع،

و ــ دریافت، کشف رمز، و اجرای مطمئن فرمانهای عملیاتی،

ز ــ بازیابی اتوماتیک، تنظیم ولتاژ اتوترانسفرمرها، حفاظت ترانسفرمرها در مقابل اضافه بار، و حفاظت محلی در قبال خرابی مدار شکن‌ها،

ح ــ نمونه گیری دائم و مکرر از تجهیزات و تست سلامت آنها از طریق پردازش و مقایسه

۳ــ۲ــ۳ــ ساختار بخش مجتمع سیستم کنترل و حفاظت

نرم افزار و سخت افزار سیستم مجتمع کنترل و حفاظت هر واحد باید نه تنها توانایی اداره عناصر کنترلی و حفاظتی مختلف‌موجود و متداول را داشته باشند، بلکه باید بتوانند با اصلاحات وتکامل‌آنها نیز تطابق یابند. ساختار چندپروسوری با یک باس استاندارد (مانند Multibus یا VME bus) می‌تواند با قابلیت اطمینان کافی‌ازعهده این مهم برآید. در چنین ساختاری، واحد مجتمع از چندنوع بورد استاندارد تشکیل می‌گردد.

ــ بورد پروسسور و حافظه

ــ بورد ورودی / خروجی

ــ بورد واسطه مخابراتی

با این ساختار، به راحتی وبا تعویض یا حذف یک یا چند کارت، سیستم با موقعیت جدید منطبق می‌گردد. همچنین قابلیت اطمینان سیستم با پیش‌بینی کارت‌های ذخیره بالا می‌رود. علاوه بر این‌تقسیم بندی نرم افزار امکان پذیر و اصلاح آن ساده می‌شود و امکان‌تکامل کل سیستم نیز بدون نیاز به تغییر اساسی طرح به وجود می‌آید.

۳ــ۳ ارتباط بین لایه صفر و لایه یک

۱ــ۳ــ۳ آشنایی با نوع داده‌های متبادله

همان طوری که ذکرشد، محاوره لایه ۱ با عناصرفرایندفشارقوی از طریق لایه صفر صورت می‌گیرد. این محاوره در ارتباط با دو نوع داده است :

ــ نوع اول داده‌ها مربوط به کمیتهای فشارقوی (جریان‌ها وولتاژهای سه فاز، جریان توالی صفر....) است. در این ساختار اگر این داده‌ها آنالوگ باشند ابتدا به دیجیتال تبدیل می‌شوند، بدین‌ترتیب توان مورد نیاز سنسورها از ماهیت داده و فاصله فی‌مابین، مستقل می‌گردد. علاوه بر این بهای مبدل‌ها کاهش می‌یابد زیرا مسائل عایق سازی الکتریکی بسیار ساده می‌شوند. در عین حال‌می‌توان قابلیت اطمینان مبدل‌ها را نیز بالا برد.

ــ نوع دوم شامل داده‌های ورودی / خروجی دیجیتال است .این داده‌ها به" وضعیت" [۲۳] کلیدها و عناصر کنترل مربوط می‌باشند .فرمانهای کنترلی نیز از این نوع می‌باشند :

قابل ذکر است که جریان داده‌های گروه اول (مخابره کمیتهای اندازه‌گیری شده بسوی تجهیزات حفاظتی و سیستم‌های عملیاتی، از لایه یک) یکطرفه است در حالی که گروه دوم (جمع‌آوری اطلاعات مربوط به‌وضعیت‌ها، و صدور فرمان) از دو طرف جریان دارند.

۲ــ۳ــ۳ : سیستم ارتباطی مناسب

در این معماری، محاوره بین لایه صفر و لایه ۱ از طریق"شبکه مخابره کمیتهای اندازه‌گیری شده" صورت میگیرد (شکل۱) درچنین ساختاری، هر سلول فشار قوی شامل یک واحد اخذ اطلاعات است که بامدارهای واسطه، مناسب به شبکه مخابراتی مزبور ارتباط دارد. ایستگاه جمع آوری اطلاعات به طور مرتب و در لحظات معینی‌اطلاعات هر سلول را از واحد مربوطه دریافت می‌نماید.

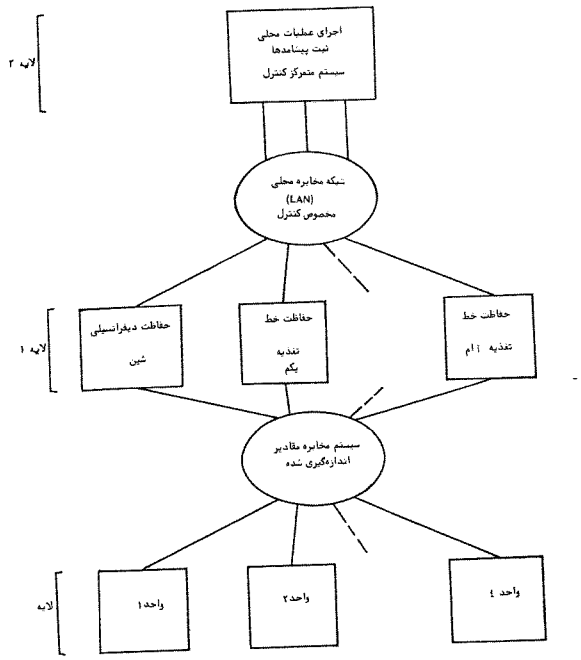
در این میان مدارهای واسطه،کدهای شناسایی ۲۴ وکدهای ایمنی مثل CRC [۲۵] را اضافه می‌کنند. شناسایی و "تصدیق"[۲۶]پیامهای دریافتی از لایه ۱ نیز توسط همین مدارهای واسطه انجام می‌گیرد.

یکی از مزایای استفاده از شبکه مخابره مقادیر اندازه‌گیری شده امکان توزیع داده‌هااست. توزیع داده‌ها دارای دو پیامد مطلوب‌است اول آن که تمام داده‌های حوزه‌ها در هر نقطه از سیستم مخابراتی‌قابل دسترس می‌باشند و بدین‌ترتیب‌انجام اعمالی مانند اندازه‌گیری‌اختلاف فاز، یا محافظت دیفرانسیلی شینه‌ها (که با استفاده ازداده‌های دویا چند حوزه انجام می‌پذیرند) آسان می‌گردد. دیگراین که با امکان توزیع داده‌ها، درجه قابلیت دسترسی سیستم بهبود می‌یابد زیرا

عناصری که به صورت رزرو در لایه۱ موجودند می‌توانند به سهولت وارد سرویس شوند .

مزیت دیگر شبکه مخابره مقادیر اندازه‌گیری شده ،قابلیت‌اطمینان آن است . باید توجه داشت که تبادل داده‌ها بین لایه‌های صفر و یک باید با قابلیت اطمینان خیلی زیاد تحقق یابد . زیرا یک‌اشتباه ممکن است به نتایج اسف باری منجر شود . شبکه مخابره مذکور امکان دارد به علت ساختار مجتمع و یکپارچه‌اش به عیوب حالت مشترک دچارشود که این عیوب در مورد سیستم متداول امروزی (سیم‌کشی آنالوگ)پیش نمی‌آیند . اما از سوی دیگر شبکه مخابره مقادیر، دائما" تحت کنترل و نمونه برداری است و در صورت بروز اشکال ، لایه۱ می‌تواند تدابیر لازمه را ملحوظ نماید . تا آنجا که به شبکه مربوط می‌شود دو مورد اساسی باید پیش بینی شود . اول این که در صورت خرابی یک فرستنده دائما" یک سطح لاحیک از آن منتشر خواهد شد که برداده‌های سایر فرستنده‌ها اثر نامطلوب می‌گذارد . دوم مساله امکان قطع فیزیکی خط ارتباطی است . برای مقابله با مورد اول سیستم های موثری برای کد کردن داده‌های باینری وجود دارند مانند (کد منچستر) که شبکه را قادر می‌سازند خرابی همزمان چند فرستنده را تحمل نماید . این کدها بر اساس موقعیت سیگنال ،و نه سطح باینری‌آن ، عمل می‌کنند . با استفاده از این نوع کد بندی فقدان ارسال پیام از یک فرستنده نیز به سرعت آشکار می‌شود . برای مقابله بامورد دوم نیز می‌توان‌راه‌حل‌هایی یافت ، مثلا" ایجاد دو مسیر ارتباطی مختلف بین هر دو نقطه به طوری که در صورت قطع یک مسیر برقراری رابطه از مسیر دیگر صورت گیرد .

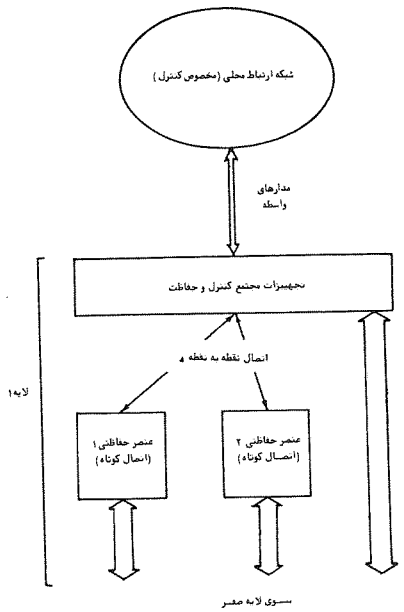
با در نظر گرفتن احتمالات فرکانس خرابی‌ها ، و میزان قدرت خود عیب یابی سیستم می‌توان مقدار ظرفیت رزرو تجهیزات اضافی لازم برای حفظ قابلیت اطمینان مطلوب سیستم را برآورد نمود .



شکل ۱ــ لایه‌های مختلف وظایف سیستم حفاظت و کنترل پست انتقال نیرو

عملیات	سیستمهای اتوماتیک

شکل ۲ــ قاب مرکب



شکل۳ سازماندهی واحد کنترل و حفاظت

نتیجه‌گیری :

استفاده از تکنیکهای پردازش گسترده به موازات بهره‌گیری از قابلیتهای فیبرنوری می‌تواند نیازهای آینده را در کنترل و حفاظت پست‌های EHV برآورده سازد . برای بهره‌گیری بهتر از تسهیلات‌مزبور باید مقدمتا" به بررسی و مشخص نمودن دقیق مساله پرداخت . وظایف مختلف سیستم کنترل رامی‌توان در سه لایه (صفر، یک و دو) تقسیم بندی نمود . معماری سیستم به چگونگی ارتباط در هر لایه و بین هر دو لایه بستگی دارد .انتخاب این رابطه‌ها باید باتوجه به لزوم "باز" بودن سیستم انجام شود تا امکان استفاده ازتجهیزات دیجیتال یا آنالوگ که توسط سازنده‌های مختلف‌عرضه می‌شوند وجود داشته‌باشد . این امر با استاندارد نمودن مقاطع ارتباطی امکانپذیر می‌گردد . برای انتخاب استانداردهای مناسب در هر مقطع باید ابتدا به شناخت صحیح نیازهای مخابراتی لایه‌ها و ویژگیهای داده‌های مورد تبادل پرداخت . بر این اساس سه" مقطع باز" در سیستم در نظر گرفته می‌شوند . در مقطع اول برقراری ارتباط بین لایه‌های یک و دو با به کار گیری یک شبکه ارتباط محلی و جایگزین نمودن سیستم مجتمع

دیجیتال به جای تجهیزات ثبت ، کنترل و می‌میک صورت می‌گیرد . در مقطع دوم، تجهیزات دیجیتال در لایه یک از طریق مدارهای واسطه استاندارد با هم مرتبط می‌شوند . سرانجام در مقطع سوم، یک شبکه مخابره کمیتهای اندازه‌گیری شده سیستم یکپارچه حفاظت و کنترل‌پست EHVرا کامل می‌کند .

پاورقی

1- distributed control
2- optical fiber
3- EHV: extra high voltage
4- CRT: Cathod Ray Tube
5- open system
6- open nodes
7- Interface
8- LAN: local Area Network
9- Integration
10- master station
11- global
12- frame
13- packet
14- Manchester code
15- Intelligent
16- Kbps: kilo bits per second
17- Gbps: Giga bits per second
18- ANSI: American National Standard Institute
19- FDDI: Fiber Distributed Data Interface
20- real time
21- Common mode failure
22- MMI: man - machine interface
23- Status
24- Identification Codes
25- CRC: cyclic redundancy code
26 · acknowledge

منابع

1- J. P. Barret: "Digital processing of Control and protection functions in EHV substations" ; CIGRE Report 34–07 1982
2- S.L. Nilsson: " EPRI research and development of new substation 185, London, June 1980, pp80 - 92
3- Dr H. Ungrad: " Integrated Protection and Control in High Voltage Stations" ; 3rd IEE conference on development in power system protection. April 1985
4- J.M. Tesseron, p. Bornard, G. Cotto: "Use of digital technics for protection and control functions in french EHV substations" IEE Conference Publication 249, London, April 1985, pp116–120
5- p. Bornard, A. Merlin, J. Arbes, G. ebersohl: "Architecture of the digital control and protection system for EHV substation."; International Conference on Large High Voltage Electric Systems 1986 session, paris
6- Frank J - Bartos, "Bitbus finds a niche in communication for control" Control Engineering, May 1988, pp 90 - 93
7- R.C Alferness: " Multigigabit fibre optics"; Communications International, Vol. 5. No. 4, Apr. 1988, pp 42- 51
8- Shane D. Rigby; " FDDI Speeds Networks"; Communications International, Vol. 15. No. 4. Apr. 1988, pp 67– 69