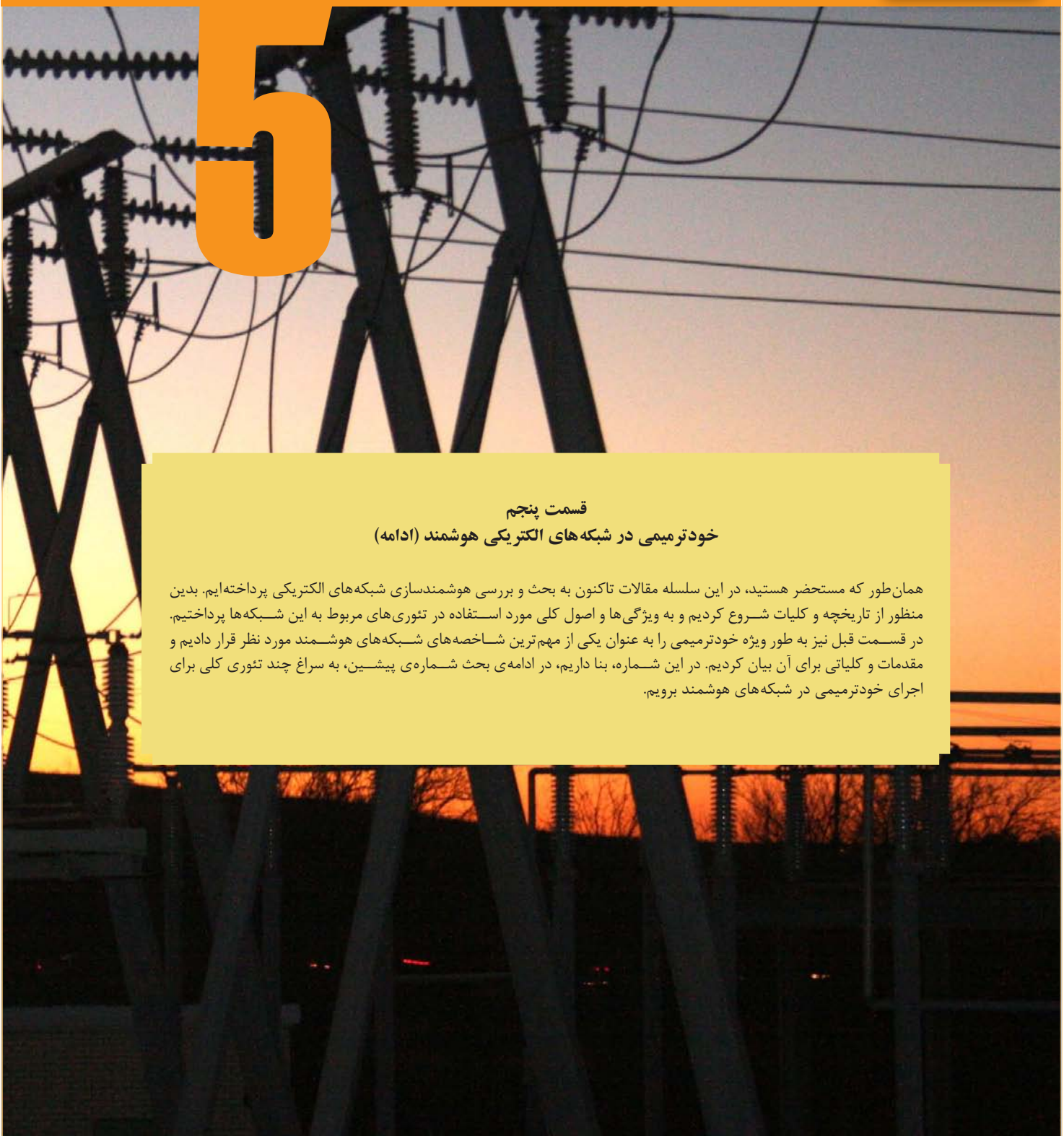
شبکه های الکتریکی هوشمند
Smart Grids

نگارش
دکتر علیرضا فریدونیان
پروفسور حمید لسانی
حامد تدینی
رویا پشنگ پور
علی دشتیانه
نوید سروش فر
محمد مهدوی
حامد میرسعیدی

واژه‌های کلیدی:
شبکه‌ی هوشمند
خودترمیمی
تئوری‌های خود ترمیمی
زیر ساخت‌های شبکه‌ی خود ترمیم
چرخه‌های اجرایی

5



قسمت پنجم
خودترمیمی در شبکه‌های الکتریکی هوشمند (ادامه)

همان‌طور که مستحضر هستید، در این سلسله مقالات تاکنون به بحث و بررسی هوشمندسازی شبکه‌های الکتریکی پرداخته‌ایم. بدین منظور از تاریخچه و کلیات شروع کردیم و به ویژگی‌ها و اصول کلی مورد استفاده در تئوری‌های مربوط به این شبکه‌ها پرداختیم. در قسمت قبل نیز به طور ویژه خودترمیمی را به عنوان یکی از مهم‌ترین شاخصه‌های شبکه‌های هوشمند مورد نظر قرار دادیم و مقدمات و کلیاتی برای آن بیان کردیم. در این شماره، بنا داریم، در ادامه‌ی بحث شماره‌ی پیشین، به سراغ چند تئوری کلی برای اجرای خودترمیمی در شبکه‌های هوشمند برویم.

۱۳. چند تئوری برای پیاده‌سازی خودترمیمی

قدم اول در پیاده‌سازی یک شبکه‌ی هوشمند خودترمیم ساخت یک بخش عملگر برای هر قسمت از یک ایستگاه فرعی است، بدین صورت که هر سوییچ، ترانسفورماتور، باس بار، ... باید دارای یک عملگر پیوند داده شده باشند که قابلیت اتصال به سایر بخش‌ها را دارد. این عملگرها دارای اطلاعاتی دایمی بر روی وسایل می‌باشند. این اطلاعات حاوی وضع وسایل، سنجش تشابهی از حسگرهای تعبیه شده و همچنین در دیدی گسترده‌تر دارای اطلاعاتی از قبیل پیش‌بینی وضع آینده‌ی وسایل می‌باشد. راهکارهای زیادی برای دستیابی به شبکه‌ی خودترمیم وجود دارد. در ادامه، تئوری‌های مختلف مربوط به اجرای خودترمیمی را تا حدی مبسوط بیان می‌کنیم.

۱.۱۳. تئوری وسیله‌ی جدید[1]

یکی از این راهکارها بدین صورت معرفی می‌شود، وقتی وسیله‌ی جدیدی به ایستگاه فرعی متصل می‌شود این وسیله باید دارای ساختاری باشد که اتصال خود را به مرکز اطلاعات گزارش دهد. در این حالت، مرکز پردازش داده‌ها قبل از به‌روزرسانی، متوجه ایجاد تغییرات ناشی از اتصال وسیله‌ی مورد نظر می‌شود. باید توجه داشت که پیاده‌سازی این روش در نگاه اول دارای هزینه‌های سنگین، چه از نظر مالی و چه از نظر زمانی می‌باشد، ولی در شرایط گوناگون از نظر مالی و زمانی و همچنین کیفی، شبکه را به حالت ایده‌ال نزدیک می‌کند. پیاده‌سازی این راهکار در گام‌های نخست نیاز به تعبیه‌ی اجزای خاصی بر روی وسایل و تجهیزات شبکه دارد. در دیدی گسترده‌تر می‌توانیم بدون تعبیه‌ی بخش خاص و با استفاده از مخابره‌ی سیگنال‌های با حوزه‌ی فرکانسی خاص، مرکز پردازش اطلاعات را از اتصال وسیله‌ای جدید باخبر کنیم. باید به این نکته توجه داشت، همان‌طور که باید سازوکار جدید چه از نرم‌افزاری و چه سخت‌افزاری بر روی وسایل تعبیه گردد، به شکل متناظر باید برای مرکز پردازش اطلاعات نیز بخش‌های جدید در نظر گرفت.

۲.۱۳. تئوری بخش‌های مجزا[2]

همان‌طور که بیان شد چند راهکارها برای دستیابی به شبکه هوشمند خودترمیم وجود دارد. یکی دیگر از این راهکارها بخش‌های مجزا نام دارد. همان‌طور که از نام این راهکار استنباط می‌شود، در زمان بروز خطا و یا خرابی در شبکه‌ی برق قدرت بخش‌های مختلف به شکل جزیره‌های جدا از هم در می‌آیند. از ویژگی‌های این روش، کنترل سرعت انتقال خاموشی و خرابی به بخش‌های مرتبط می‌باشد به‌طوری که وقتی بخشی از شبکه دچار خرابی می‌شود، این بخش ارتباط خود را با بخش‌های دیگر به صورتی کنترل می‌کند که مانع بروز خرابی و ایجاد خاموشی در بخش‌های دیگر گردد. در این صورت بخش دارای مشکل در دیدگاهی گسترده‌تر توانایی سامانه‌ای اوضاع خود را خواهد داشت[۱].

در گام‌های ابتدایی پیاده‌سازی این راهکار باید بخش‌های مجزا یا همان به اصطلاح جزیره‌های ایزوله را به سامانه‌ای مجهز نمود که قابلیت پردازش اطلاعات و ساماندهی اوضاع را برای بخش‌ها به منظور ایجاد منبع محلی تا زمان بازیابی مجدد محقق گردانند. بدین صورت می‌توان یک شبکه‌ی کنترل محلی به صورت موازی و با محاسبات توزیع شده که به وسیله‌ی امواج ماکروویو یا کابل‌های بصری و یا خطوط قدرت با یکدیگر در ارتباط هستند، متصور بود. این بخش‌ها پیام‌های خود را و البته تنها اطلاعات ضروری را به منظور رسیدن به نقطه‌ی بهینه‌ی شبکه و قابلیت بازیابی پس از خطا با یکدیگر مخابره می‌کنند [۱].

این تئوری را می‌توان با بررسی تفاوت سیستم عامل لینوکس و ویندوز روشن‌تر کرد. همان‌طور که می‌دانیم در سامانه‌ی عامل لینوکس چنانچه چند برنامه در حال اجرا باشند و احیاناً یکی از برنامه‌های در حال اجرا به هر دلیلی دچار مشکل شده و به اصطلاح هنگ کند به دلیل جدا بودن قسمت‌های اختصاص یافته به پردازش هر برنامه‌ی تحت اجرا بقیه‌ی سامانه دچار مشکل نشده و همچنان به کار خود ادامه می‌دهد؛ در حالی که در سیستم عامل ویندوز در صورت مواجهه با مشکل در اجرای هر برنامه، کل سامانه از کارایی قبلی خود باز می‌ماند. همان‌طور که توضیح داده شد پیاده‌سازی خودترمیمی در شبکه‌ی هوشمند نیز قابلیت ادامه‌ی کار را برای دیگر بخش‌های شبکه فراهم می‌کند. از منظر این ویژگی می‌توان شبکه‌ی هوشمند خودترمیم را شبیه سیستم عامل لینوکس دانست. همان‌طور که می‌دانیم علت خاموشی علاوه بر خرابی مکانیکی می‌تواند گران باری خط باشد که بی‌ثباتی را در پی خواهد داشت.

برای یک شبکه‌ی قدرت ac ثبات فرکانسی و فازی و تولید قدرت، همگی باید به طور همزمان قابل دسترسی باشد. به طور مثال یک ژنراتور که بین ۲ تا ۶۰ هرتز کار می‌کند به سرعت گرمایی را که سبب خرابی خود شود تولید می‌کند. بنابراین زمانی که تغییرات فرکانسی زیاد باشد قطع کننده‌های مدار، ژنراتور را به سرعت از مدار خارج می‌کنند [۱].

باید توجه داشت که تغییرات کمتر فرکانسی در حدی که خرابی را ایجاد نکنند نیز باعث ناپایداری می‌گردد به‌طوری که ژنراتور مذکور را از مدار خارج می‌کند، در حالی که با مشکل خاصی مواجه نشده است. با پیاده‌سازی راهکار بخش‌های مجزا، می‌توان از بروز این نوع خاموشی جلوگیری کرد [۱].

۳.۱۳. تئوری سلسله مراتبی در زمینه‌ی شبکه‌های خودترمیم

عامل اصلی برای کنترل شبکه‌ی خودبهبود تولید پیوسته‌ی برق (برقراری دایم) می‌باشد. در صورت برقراری دایم قدرت کنترل امنیت شبکه، چهار نتیجه‌ی زیر به دست می‌آید:

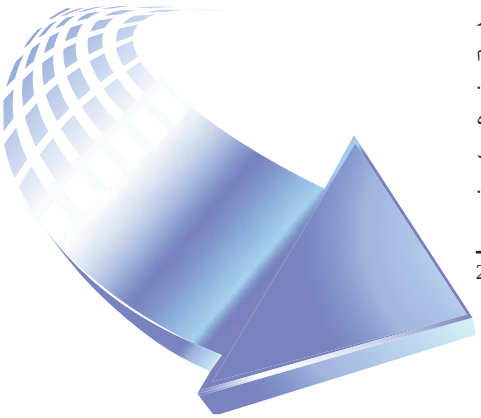
۱- کنترل و جلوگیری: شبکه را از حالت شکننده (ضعیف) به حالت عادی بر می‌گرداند؛

۲- کنترل اضطراری: شبکه را از حالت معیوب به حالت عادی بر می‌گرداند؛

۳- کنترل بازیابی: شبکه را از حالت بعد از رخ دادن خطا به حالت عادی برمی‌گرداند؛

۴- کنترل بهینه‌سازی: شبکه را از حالت عادی به حالت بهینه بر می‌گرداند [۲].

نرم‌افزار خودترمیمی که بر مبنای این تئوری باشد می‌تواند در سامانه‌ی اتوماسیون دیسپاچینگ شبکه به کار گرفته شده تا وضعیت عملکرد را به صورت سلسله مراتبی کنترل کند و عملکرد سامانه‌ی برنامه‌ریزی را قدرتمند سازد. کل این فرآیند یک مجموعه‌ی موزون و هماهنگ با اطلاعات کسب شده‌ی یکپارچه، تاکتیک‌های کنترلی و به‌کارگیری درست تجهیزات، به شبکه این توانایی را می‌دهد که به صورت خودکار از خود دفاع و خود را بازیابی کند؛ بنابراین سامانه‌ی دیسپاچینگ می‌تواند در برابر مشکلات و خطاهای ناگهانی شبکه پاسخگو باشد و قابلیت اطمینان شبکه را بهبود ببخشد [۲].



1.New device

2.Isolated islands

۴.۱۳. راهبرد EPRI/DoD برای تحقق شبکه‌های هوشمند

۱.۴.۱۳. استفاده از روش‌ها، ابزارها و فناوری‌های کارآمد براساس پیشرفت‌های زمینه‌های رایانه‌ای، کنترلی و مخابرات

پیش زمینه؛ قضیه‌ی بال گمشده

روش‌هایی که در ادامه ارایه می‌گردد، ما را به یاد داستان جالبی می‌اندازد. در اواخر دهه‌ی ۱۹۸۰، یک خلبان F-۱۵ طی حادثه‌ای بیش از ۹۰ درصد بال کناری خود را از دست داد و در نتیجه نه تنها تمامی سطوح کنترلی، بلکه تعادل خود را نیز دیگر در اختیار نداشت. این امر ممکن بود به سقوط هواپیما منجر شود. اما او تصمیم گرفت هواپیما را با استفاده از سطوح باقی مانده‌ی کنترل به همراه استفاده‌ی منطقی و عقلانی از آخرین توان باقی مانده‌ی موتور هواپیما به سلامت به زمین بنشاند. نکته‌ی مهم و درسی که می‌توان از این حرکت گرفت، استفاده‌ی منطقی و بهینه از حداکثر امکانات باقی مانده است، برای رسیدن به آن چه که وضعیت تعادل می‌نامیم [۳].

در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۸۵ تا ۱۹۹۸، یک تیم تحقیقاتی از دانشگاه واشنگتن بر روی پروژه‌های بسیاری در زمینه‌ی بهینه‌سازی و کنترل به پژوهش پرداخت. این تیم کمک به‌سزایی به پیشرفت کنترل هوشمند پرواز متناسب با خرابی کرد. ناگفته نماند که این پروژه به دست ناسا رهبری می‌شد. این پروژه برای این منظور طراحی شد که از فناوری شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی پارامترهای پرواز با هدف بهبود بخشیدن به پاسخ سامانه‌ی کنترل، استفاده کند. در واقع هدف نهایی آن این بود که با استفاده از این گونه سامانه‌ها امکان مدیریت مؤثر پرواز را برای خلبان فراهم کند به نحوی که در زمان خرابی‌ها کم‌ترین خطری برای هواپیما و خلبان رخ ندهد. (شکل ۱.۱۳)[۳]

شاید بتوان گفت که در این پروژه که به IFCS معروف شد، مفاهیم اصلی خودترمیمی در شبکه‌های قدرت بیان شده است، چرا که می‌توان به راحتی یک اسکادران از این هواپیماها را به چشم اجزای یک شبکه‌ی انتقال و یا توزیع قدرت نگاه کرد که دارای اجزایی به هم پیوسته هستند. از این منظر باید در این سامانه، پایداری و قابلیت اتکا به بهترین نحو ممکن تأمین گردد، حتی در حالتی که یک یا تعداد بیشتری از اجزا دچارمشکل شده باشند یا حتی از بین رفته باشند [۳] .

در واقع باید گفت که کار آن خلبان F-۱۵ و سپس نتایج این پروژه، پیش زمینه‌های مناسب برای کار در عرصه‌ی ایجاد، راه‌اندازی و مدیریت پروژه‌های تحقیقاتی صنعت قدرت فراهم کرد؛ پروژه‌هایی که بیشتر به وسیله‌ی مؤسسه‌ی پژوهش در زمینه‌ی برق قدرت (EPRI) و نیز مجموعه‌ی تعاملی شبکه‌ها در وزارت دفاع (DoD) ایالات متحده (به اختصار CIN/SI) آن را بر عهده گرفتند [۳].

این مؤسسه‌ی اخیر بر روی مدل کردن، شبیه‌سازی و تحلیل کنترل شبکه‌ی قدرت هدف‌گذاری کرد. بخشی از این تحقیقات این نظریه را به اثبات رساند که می‌توان شبکه را در نزدیکی مرز پایداری مدیریت کرد و مورد استفاده قرار داد به شرط آن که آگاهی موقعیتی کافی را در کنار کنترل و ارتباطات مناسب‌تر و بهتر به کار گرفت.

یک اپراتور شبکه در این نوع نگاه بسیار شبیه به یک خلبان است که هواپیما را به پرواز در می‌آورد. هر دوی آن‌ها باید ناظر این باشند که سامانه چگونه از محیط اطراف و سایر عوامل اثر می‌پذیرد و این که احساس مشخصی از این که چگونه آن را در یک حالت پایدار هدایت کنند، بیابند. با این آگاهی که در دهه‌های گذشته ما ظرفیت تولید و انتقال را کاهش داده‌ایم، باید به این نتیجه‌گیری دست پیدا کنیم که در فاصله‌ی نزدیک‌تری نسبت به لبه‌ی پایداری راه می‌رویم و در نتیجه کنترل و هدایت این هواپیما دشوارتر نیز شده است.

بر طبق آن چه در نشریه‌ی Wired در جولای ۲۰۰۱ به چاپ رسیده است، بهترین متخصصان در زمینه‌ی تحقیق و گسترش صنعت برق نقشه‌ی زیر را در سر دارند: [۳]

هر گره در شبکه‌ی قدرت آینده بیدار، مسؤول، هوشمند در زمینه‌ی هزینه‌ها، قابل انطباق و انعطاف‌پذیر، به موقع و به هم پیوسته و دارای ارتباطات تنگاتنگ با دیگر گره‌هاست . باید در کنار این امر گفت که این اهداف و نیز پیشرفت و توسعه‌ی کاربردهایی که EPRI و DoD CIN/SI در نظر گرفته‌اند به وسیله‌ی ارگان‌های کلیدی زیر در حال پیگیری هستند:

برنامه‌ی EPRI Intelligrid

برنامه‌ی مدل کردن و شبیه‌سازی سریع EPRI (FSM)

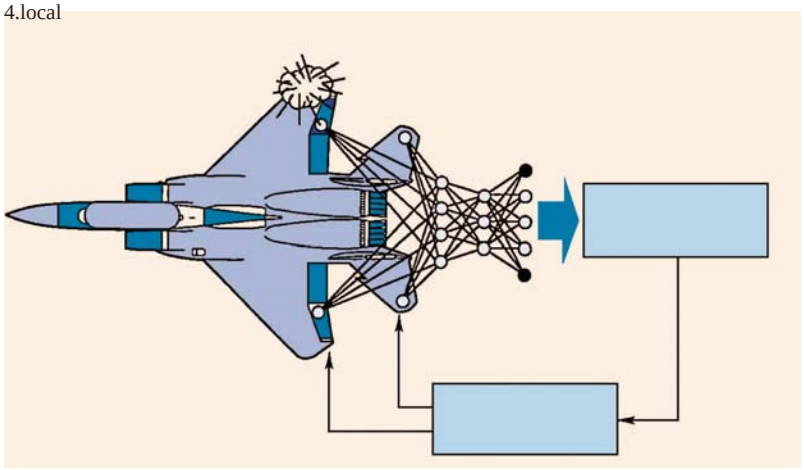
برنامه‌ی مبتنی بر شبکه‌ی دپارتمان انرژی ایالات متحده در ادامه آن چه می‌آید یک روش نمونه برای امکان‌پذیر شدن یک شبکه‌ی قدرت هوشمند، خودترمیم و قابل اتکا است، که بتوان از آن برای نیازهای گوناگونی که هر روز هم اضافه می‌شوند، در طول زمان‌های متمادی استفاده کرد؛ بدون آن که به تغییرات گسترده‌ای در تکنیک‌ها (و نه لزوماً تجهیزات) احتیاج باشد.[۳]

۲.۴.۱۳. چگونه می‌توان یک سامانه‌ی شبکه‌ی انتقال قدرت را هوشمند کرد؟

مطلب را با بیان این واقعیت آغاز می‌کنیم که شبکه‌های امروزی قدرت علاوه بر مشکلات بالا از این امر نیز رنج می‌برند که هوش[۳] به صورت محلی[۴] به شبکه اعمال می‌شود. این هوشمندی از طریق سامانه‌های حفاظت و با کنترل مرکزی به وسیله‌ی کنترل نظارتی و جمع‌آوری اطلاعات انجام می‌پذیرد. علاوه بر این در برخی موارد، این سامانه‌ی کنترل مرکزی بسیار کوچک است و به همین دلیل کنترل اجزا تنها به برخی از دستگاه‌ها و وسایل و سامانه‌های خاص محدود می‌شود.[۳]

برای افزودن هوشمندی به شبکه‌ی انتقال قدرت باید پردازنده‌های مستقلی برای این کار

3.intelligence
4.local



شکل ۱۳ .۱. هدف نهایی طراحی IFCS این است که کنترل‌ها را برای رسیدن به کمترین خرابی و خسارت در زمان اضطراری بهینه کند [۳].

در هر ایستگاه و یا پست برق داشته باشیم. این پردازنده‌ها باید سیستم عاملی محکم و قابل اتکا داشته باشند و هم چنین بتوانند به عنوان عوامل مستقل رفتار کنند که البته با یکدیگر در ارتباط هستند و یک مجموعه‌ی بزرگ‌تر محاسباتی (رایانه‌ای) را تشکیل می‌دهند.[۳]

هر یک از این عامل‌ها[5] باید با حسگرهایی که به جزء مرتبط خود متصل هستند ارتباط داشته باشند؛ در نتیجه‌ی این عمل هر یک از حسگرها به ضوابط پردازشی خود دسترسی دارند و می‌توانند وضعیت خود را از طریق خطوط ارتباطی به عامل‌های همسایه اطلاع دهند. بنابراین به عنوان مثال یک پردازنده که به یک قطع کننده‌ی مدار متصل است، باید بتواند با حسگرهایی که با حسگرهای تعبیه شده در قطع کننده و نیز حسگرهایی که به پهنای باند بالایی نیاز دارند، ارتباط برقرار کند.[۴]

از این جا به بعد قطع کننده‌ی مدار را که با نماد CB که مخفف همان Circuit Breaker است، نشان می‌دهیم، به عنوان مثال اصلی خود در نظر می‌گیریم. فرض می‌کنیم که این CB، پردازنده‌هایی دارد که باید با به آن متصل باشند و توانایی برقراری ارتباط به موقع با آن داشته باشند. هم چنین درگاه‌های ارتباطی برای این کار در نظر می‌گیریم. این عامل پردازشی، اکنون استخوان‌بندی اصلی شبکه‌ی هوشمند را تشکیل می‌دهد. در این زمینه به بررسی اجمالی مسایل امنیتی در ارتباطات نیز خواهیم پرداخت.[۴]

در برابر سامانه‌های حفاظتی کنونی ما سامانه‌ای ارایه می‌دهیم که سریع عمل می‌کند (البته نه همیشه به سرعت سامانه‌های حفاظتی) و همانند سامانه‌های حفاظتی عواملی دارد که به طور مستقل عمل می‌کنند. در نتیجه‌ی این عمل شبکه‌ی هوشمند مسؤول حذف اجزای خطادار نیست، چرا که این وظیفه کماکان به عهده‌ی سامانه‌های حفاظتی می‌باشد. اما در مقابل شبکه‌ی هوشمند برای حفاظت از سامانه‌ها در زمان‌های اضطرار و به صورتی بسیار سریع‌تر و هوشمندتر عمل می‌کند.[۳]

۳.۴.۱۳. مزیت‌های حضور شبکه‌ی هوشمند به طور مستقل در هر یک از اجزای شبکه همانند پست‌ها و نیروگاه‌ها

بر طبق آنچه تاکنون گفته شد، اکنون دو نوع سامانه‌ی هوشمند برای حفاظت و استفاده از شبکه‌ی انتقال قدرت داریم: یکی سامانه‌های حفاظتی و دیگری سامانه‌های کاربری ایزوی مستقل SCADA/EMS/. در این مقاله، تمامی سامانه‌ها را دیجیتال در نظر می‌گیریم و البته معمولاً آن‌ها را فارغ از بحث دیجیتال بودن یا نبودن مورد بررسی قرار می‌دهیم.[۴]

5.Agent

فناوری‌های پیشرفته‌ی رایانه‌ای و مخابراتی امروزه به ما اجازه می‌دهند که به فراتر از سامانه‌های حفاظتی بیندیشیم. یعنی علاوه بر حفاظت وظایف دیگری را نیز برای این سامانه‌ها درنظر بگیریم، به طوری که به شبکه به صورت یک سامانه‌ی توزیع شده‌ی بسیار وسیع که تجهیزات هوشمند را در سر جای مناسب آن‌ها قرار می‌دهد، نگاه کنیم. این سامانه‌ی توزیع شده می‌تواند ما را در ساخت یک شبکه‌ی هوشمند حقیقی یاری دهد.[۴]

۴.۴.۱۳. افزودن هوشمندی به یک سامانه‌ی توزیع قدرت

گفتیم که برای ساختن یک شبکه‌ی خوب و مناسب شبکه‌ی هوشمند که از خودترمیمی متناسبی بهره‌مند باشد، باید از پردازنده‌هایی استفاده کنیم که هر کدام از آن‌ها به صورت مستقل عمل می‌کنند و البته با یک‌دیگر نیز در ارتباط هستند. یکی از مزیت‌های این قضیه زمانی آشکار می‌شود که ببینیم هر یک از اجزای عامل پردازش از حسگرهای مختلفی، ورودی دریافت می‌کند و با عامل‌های متفاوتی در ارتباط است. در نتیجه اگر عامل‌های ما مستقل باشند و هریک از آن‌ها درباره‌ی جزء خود یا حالت‌های هر یک از اجزای خود اطلاع کامل داشته باشند، این به عامل‌ها این امکان را می‌دهد که دستورات توابع مختلف و متنوعی را دریافت کنند، دستوراتی که به وسیله‌ی سامانه‌های حفاظتی و یا سامانه‌های کنترل مرکزی اجرا نمی‌شوند.[۴]

۱.۴.۴.۱۳. تبدیل اجزای سامانه‌های قدرت به اجزای به هم پیوسته‌ی Plug and Play

یکی از اشکالات معمول در مدیریت سامانه‌های تجهیزات کنترل مرکزی این است که هر تغییر وسیله‌ای در نیروگاه و یا پست، باید به صورت دستی توصیف و محاسبه شود و سپس در مرکز کنترل لحاظ گردد. اغلب، این کار پس از نصب تجهیزات انجام می‌شود، که این امر سبب می‌شود یک سری اطلاعات نادرست و یا ناقص به دست کاربران برسد.[۳]

اما این روند باید این گونه باشد که در واقع وقتی که یک وسیله‌ی جدید به یک نیروگاه اضافه می‌گردد، این وسیله‌ی جدید به طور خودکار اطلاعات را انتقال می‌دهد؛ اطلاعاتی چون پارامترهای دستگاه و پارامترهای ارتباطات آن با سایر وسایل و تجهیزات. در نتیجه رایانه‌های مرکز کنترل اطلاعات به‌روزرسانی شده را به محض این که آن وسیله اضافه می‌شود، دریافت می‌کنند. در حقیقت نیازی نیست که این رایانه‌ها صبر کنند تا این که پایگاه داده به وسیله‌ی کارکنان مرکز کنترل به‌روز شود. در نتیجه احتمالاً سرعت و دقت کار نیز بالا می‌رود.[۳]

شکل زیر یک باس‌بار ارتباطی را نشان می‌دهد که به وسیله‌ی یک سری سوییچ‌های باز و یک CB به هم وصل شده‌است. در این شکل، پردازنده‌ها به صورت مربع‌های توپر نشان داده شده‌اند. هر پردازنده راه‌های ارتباطی دارد که آن را به پردازنده‌های سایر تجهیزات پست به نحوی مشابه ارتباطات الکتریکی موجود در پست متصل می‌کند.

علاوه بر ایـن زمانی که یک وسـیله‌ی جدید به سـامانه اضافه می‌گردد، یـک پردازنده‌ی داخلی نیز بـا خودش دارد. همان‌طور که در شـکل بالا مـی‌بینیـد، زمانی که یـک وسـیله‌ی جدید به پردازنـده‌ی وسـیله متصل می‌شـود، در واقع به صـورت تمـام‌الکتریکی متصل شـده‌اسـت. در نتیجـه زمانی که پردازنده‌ی جدید آن وسـیله و راه ارتباطی مذکور فعال شدند، دستگاه می‌تواند پارامترها و چگونگی ارتباطاتش را به مرکز کنترل گزارش دهـد و در نتیجه مرکز کنترل به راحتی می‌تواند اطلاعات خود را به‌روز کند.[۳]

۵.۴.۱۳. نظارت تشخیصی تمام تجهیزات انتقال

قراردادن پردازنده‌ی حسگرها در یک مکان محلی (یعنی فرآیندی که در بالا شـرح داده شد) از این مشکل که اطلاعات مورد نظر را از طریق خطوط ارتباطی محدود SCADA بفرستیم، جلوگیری مـی‌کنـد. راه‌هـا و ابزارهای پـردازش این گونه داده‌هـا کـه دارای پردازنده‌ی محلی هسـتند، مـی‌تواند به وسـیله‌ی سـازنده‌ی آن اجزا انجام پذیـرد و در عین حـال، عامل، پـس از آن تنها نیاز به این دارد که آلارم یا هشـدار مناسب را به رایانه‌های مرکز کنترل بفرستد. [۴]

اگـر در این صورت، وضعیـت آن جزء به گونه‌ای باشـد که عامل محلی تشـخیص دهد در معرض خطـر اسـت، آن گاه می‌توانـد عملیات خاموش کردن آن جزء و خروج آن از سـامانه را با روندی مناسـب و بـا ارتباطاتی درسـت با سـامانه‌های حفاظتی متصل به دستگاه آغاز کند. [۴]

۶.۴.۱۳. بررسی سامانه‌ی قدرت الکتریکی به عنوان یک سامانه‌ی انطباقی پیچیده

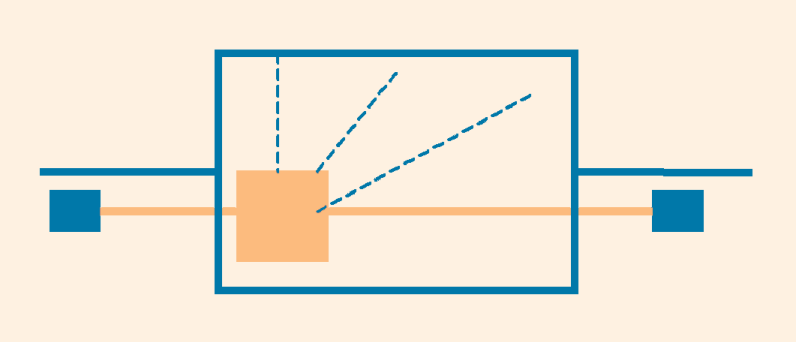
زمانی که در حوالی سـال‌هـای ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸ پـروژه‌ی EPRI/DoD CIN/SI آغـاز شـد، پژوهشی به نام سامانه‌ی وفقی پیچیده[۶] (CAS) بـه راه افتاد تا تعریفی واحـد از رفتار پیچیده‌ی کلی سامانه‌های طبیعی و انسانی ارایه دهد.[۳]

یـک شـبکه‌ی قـدرت کـه از اجزایی درسـت شـده که حتی از لحاظ مکانـی و جغرافیایی نیز از هم فاصله دارند و گسـترده هستند، خود یک CAS می‌باشد که برای مدل کردن، شبیه‌سازی و تجزیـه و تحلیل کنترل انطباقی شـبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد.[۳]

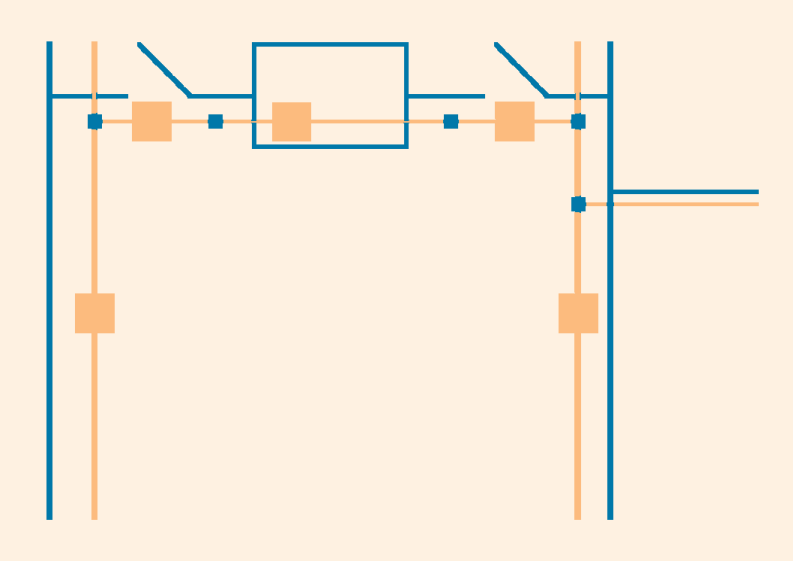
مفهومی که پشـت تمامی این قضایا وجود دارد و پایه‌ی شـبکه هوشمند را می سازد این است که به هر یک از اجزای این شـبکه به طور مسـتقل نگاه شـود، عوامل مسـتقلی که کـه با یک دیگر همکاری می‌کنند تا به بهینه‌ترین وضعیت ممکن شـبکه برسند. این طراحی شـامل مدل کردن و شـبیه‌سـازی تمامی اجزای شـبکه می‌باشد که در آن عوامـل مجـازی به جای فروشـندگان و خریداران انـرژی خالص فعالیت مـی‌کنند و در واقع این انرژی صرف پایه‌ی طراحی می‌شود.[۳]

۵.۱۳. راهبرد ABB برای تحقق شبکه‌های خودترمیم

همان‌طور که در بخش‌های گذشته دیدیم، در راه تحقق یک شبکه‌ی خودترمیم به یک زیرساخت مناسـب IT (فنـاوری اطلاعـات و ارتباطـات) بـرای یافتن و آدرس دهـی خلاءهای موجود در هماهنگی‌هـای زمانی و مکانی موجود در کنترل و نظارت شـبکه‌ی قدرت نیـاز داریم. تلاش‌های کنونی برای به هدف رسـیدن، نیازمند پیشرفت سلسـله مراتبی قابل ملاحظه در موارد گوناگونی از جملـه ثبـات شـبکه در زمینه‌هـای مختلف می‌باشد.[۵]



شکل ۲.۱۳. CB به همراه پردازنده‌ی داخلی و لینک‌های ارتباطی [۳]



شکل ۳.۱۳. پردازنده‌هایی که با یک ارتباط فیبری به هم و به سایر اجزا متصل شده‌اند[۳]

هماهنگی زمانی خود نیازمند توسـعه و پیشرفت در تطابق دادن کنترل‌های سریع محلی سریع‌تر با کنترل‌های جهانی کندتر می‌باشند. [۵]

در همین زمینه‌هـا ABB ویژگی‌های کاربردی و معمـاری زیرسـاخت‌هـای فنـاوری اطلاعات و ارتباطـات را کـه بـرای پشـتیبانی شـبکه‌ی خودترمیم نیاز اسـت، توسـعه داده اسـت. این کار شـامل ارزیابی‌ها و تخمین‌هایی در خصوص راه‌هـای عملـی رسـیدن بـه بهـره‌وری فنی و اقتصادی اسـت.[۵] سـایر مطالبی که در زیر در مـورد آنها بحث خواهیم کرد شـامل یک معرفی خلاصه و کوتاه از نتایج این کار است.[۵]

6.Complex Adaptive System

۱.۵.۱۳. زیرساخت‌های یک شبکه‌ی خودترمیم از دید ABB

برای دست‌یابی به یک شبکه‌ی خودترمیم نیاز است که به یک مجموعه عوامل عملیاتی (در شرایط طبیعی و غیر طبیعی) توجه شود. این مجموعه عوامل در ارتباطی تنگاتنگ با پیشبرد کارایی، کافی بودن منابع، تأمین نیازهای ضروری بازار، میزان تجهیزات موجود و مورد نیاز، محدودیت‌های عملیاتی سامانه، پایداری و نیز توجه به نوسانات پایدار سامانه می‌باشند. در کنار این عوامل باید به محافظت اولیه و ثانویه‌ی شبکه (پشتیبانی شبکه) و تأمین امنیت تجهیزات و اجزای آن توجه کافی مبذول کنیم.[۵]

آن‌چه از توانمندی‌های تحلیلی on-line کنونی انتظار می‌رود این است که بتوانند همچنان نقش مربوط به خود را در زیرساخت‌های پیش نهاد شده بازی کنند تا نگرانی جدیدی در مورد مسایل عملی شبکه رخ ندهد. به علاوه توانایی‌های off-line کنونی (به عنوان مثال پیش‌بینی، تحلیل پویا و تحلیل ظرفیت انتقال) دیگر off-line نخواهند بود و تبدیل به اطلاعاتی on-line خواهند شد.[۵]

جزییات اجرای این عملیات، بسته به عوامل مختلف متفاوت خواهد بود. همان‌طور که وابستگی‌های متقابل در هر یک از زمینه‌های کاربردی کسب اطلاعات و تعمیر و نگهداری، نظارت، بهبود کارایی و عملیات کنترل متفاوت است. این مناطق عملیاتی، باید خدماتی بدون توقف در زمینه‌های زیر ارایه کنند:

- فراهم کردن آگاهی بر اساس موقعیت در تمام شبکه‌ی قدرت
- پیش‌بینی اشکالات و خطاها و جلوگیری از وقوع آن‌ها
- تقویت نقشه‌های عملیاتی و تأمین امنیت و تضمین رسیدن به حاشیه‌ها و مرزهای مورد نظر
- پشتیبانی از بازگشت سامانه به وضعیت ابتدایی

این قابلیت‌ها نیازمند استفاده از ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری می‌باشند که خود این ابزارها در تعامل گستردهای با نیازمندی‌ها و ضرورت‌های محاسباتی و ارتباطاتی شدیدی می‌باشند. زیرساخت پیش‌بینی شده برای این منظور، نیازمند سامانه‌ی توزیع شده‌ای است که در آن موقعیت سخت‌افزارها، نرم‌افزارها و داده‌ها، برای مصرف کنندگان و گردانندگان شبکه شفاف و روشن باشد. این امر به عوامل هوشمند خودمختار توزیع شده در سطح سامانه این اجازه را می‌دهد که توابع و کارکردهای مورد نیاز را تشخیص دهند و هم چنین فرآیندهای محلی، جهانی یا تعاملی را از طریق دسترسی به موقع و آسان به سامانه‌ی اطلاعاتی مورد بررسی و تحلیل قرار دهند.[۵]

۲.۵.۱۳. معماری مورد نیاز برای تحقق این راهبرد

زیرساخت IT (فناوری اطلاعات)، باید پیمان‌های، منعطف و مقیاس‌پذیر باشد تا بتوان به نیازهای جهانی پاسخ داد و نیز بتوان عملیات اجرای تعاملی را در مقیاس قارهای انجام داد.

سامانه‌های محاسباتی و اطلاعاتی (مخابراتی) در چنین زیرساختی از تعداد بسیار زیادی رایانه و نیز فرآیندهای تعبیه شده در درون سامانه‌های پراکنده در سرتاسر سامانه پشتیبانی می‌کنند. این سامانه‌ها باید از طریق شبکه‌ها، رابط‌ها و خطوط ارتباطی که از خدمات بر پایه‌ی شبکه‌ی جهانی وب و نیز نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای بر پایه‌ی پیام‌رسانی استفاده می‌کنند، با یک دیگر متصل باشند. شبکه باید وقف تبادل منطق‌های و جهانی اطلاعاتی و نیز فرآیندهای تصمیم‌گیری شود که از منابع اطلاعاتی پراکنده استفاده می‌کنند. این منابع اطلاعاتی در تمام شبکه و درون خطوط رابط تعبیه شده‌اند. در چنین حالتی، سامانه از اجزای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مرتبط با فناوری اطلاعات تشکیل می‌شود.[۵]

چنین زیرساختی از کاربردهای نرم‌افزاری پیچیده‌ای پشتیبانی می‌کند. این کاربردها شامل عوامل هوشمند خودمختاری هستند که در تمام شبکه و با یک معماری سلسله مراتبی مجازی قرار گرفته‌اند. این عوامل خود را با شرایط و محیط تطبیق می‌دهند و برای این که سامانه به اهداف خود برسد، به هر دو شیوه‌ی رقابتی و تعاملی کار می‌کنند. این عوامل می‌توانند سریع‌تر از انسان به مشکلات و

خطاهای موجود در شبکه پاسخ دهند و از این طریق کارایی سامانه را بهبود ببخشند.[۳] در نتیجه سامانه از هوشمندی بالاتری در تمامی مراتب و سطوح بهره‌مند می‌شود. این امر به ویژه در سطوح پایین‌تر هوشمندی رخ می‌دهد. این سطوح پایین‌تر شامل ثبات اجزای مختلف سامانه نیز می‌شود که این هدف برای رسیدن به پاسخ‌گویی مناسب و به‌موقع به نیازهای کنترلی می‌باشد.[۵]

عوامل هوشمند در یک سامانه‌ی سه بعدی توزیع شده‌اند تا تمام گستردگی زمانی و مکانی شبکه را تحت پوشش خود قرار دهند و سامانه‌ی سلسله مراتبی شبکه را تحت کنترل خود درآورند. یکی دیگر از اهدافی که از این توزیع عوامل دنبال می‌شود، پوشش‌دهی کامل محدوده‌های کاربردی در شبکه است. در چنین معماری از شبکه، مصرف کنندگان و اجزای شبکه از دسترسی‌های متفاوتی به اطلاعات پویا و ثابت شبکه بهره‌مند هستند که در پایگاه‌های حقیقی و مجازی اطلاعاتی پراکنده شده‌اند.[۵]

تشخیص درجه و میزان خودمختاری اعطا شده به عامل‌ها در هر یک از مراتب شبکه، و نیز پروتکل‌های به کارگرفته شده برای حل مناقشات ایجاد شده میان مراتب و سطوح مختلف، یکی از چالش‌های بزرگ در امر طراحی شبکه می‌باشد. به طور کلی نرم‌افزارهای مورد استفاده در سطوح بالاتر شبکه باید مسؤولیت پردازش اطلاعات را با حجم بالاتری و برای سطح وسیع‌تری از شبکه‌ی قدرت به‌کار گیرند.

نرم افزارهای موجود در مرتبه‌ی پایین‌تر شبکه می‌توانند بازخورد به موقع و پاسخ سریع را به اطلاعات خطاهای محلی نشان دهند. در چنین موقعیتی تصمیم‌گیری‌های آن‌ها بر اساس دستورات رسیده از مراتب بالاتر شبکه خواهد بود.[۶]

برخی از سامانه‌های حفاظتی ویژه‌ی کنونی[۷] (SPS) و نیز طرح‌های درمان‌گرانه‌ی اجرایی[۸] (RAS) به عنوان طرح‌های پیشرو در زمینه‌ی عامل‌های هوشمند تلقی می‌گردند که انتظار می‌رود کارایی و تأثیر آنها در سامانه به‌وسیله‌ی تنظیم مرتب و منظم سامانه‌ها از بالا به پایین در کنار آنالیز و تحلیل محلی بهتر افزایش یابد.[۶]

۳.۵.۱۳. هماهنگ‌سازی فعالیت‌ها از طریق چرخه‌های اجرایی

در زمینه‌ی عامل‌های هوشمند، هم چنین یک بعد زمانی نیز وجود دارد که در آن فعالیت‌های عامل‌های مختلف قابل توزیع شدن هستند. این توزیع و تقسیم وظایف می‌تواند براساس مقیاس زمانی حوادث و اتفاقات فیزیکی مرتبط رخ داده در شبکه‌ی قدرت انجام شود.

7.Special Protection Systems
8.Remedial Action Schemes

به وسیله‌ی سامانه‌ای به نام چرخه‌های اجرایی[۹]

می‌توان به این موفقیت در زمینه‌ی هماهنگ‌سازی زمانی دست یافت.[۶]

برای آن که موضوع مورد بحث روشن‌تر شود، ابتدا به تعریف چرخه‌ی اجرایی می‌پردازیم. چرخه‌ی اجرایی به مجموعه‌ای از عوامل و فعالیت‌های مرتبط اطلاق می‌شود که با یک شیوه‌ی هماهنگ شده‌ی زمانی موقتی اجرا می‌گردند. چرخه‌های اجرایی و دوره‌های زمانی مربوط به آن‌ها، براساس نیازهای اجرایی و قضاوت‌ها و محاسبات مهندسی تعریف می‌گردند. هر چرخه را می‌توان برای یکی از زمان‌های پاسخ‌گویی به نیازهای کنترلی اختصاص داد. همچنین می‌توان از آن‌ها برای انجام مسؤولیت‌های محاسباتی نیز استفاده کرد.[۶]

دوره‌های زمانی خاص و نیز فعالیت‌های چرخه‌های اجرایی می‌توانند بسته به نگرانی‌ها و مسایل اجرایی مربوطه تنظیم شوند و برای افزایش یا کاهش آن‌ها تصمیم‌گیری شود. این چرخه‌ها شامل محدوده‌های زمانی هستند که از ۱۰ میلی‌ثانیه تا یک ساعت را تحت پوشش خود قرار می‌دهند. میزان دقیق این بازه‌های زمانی در هنگام اجرا ممکن است متفاوت باشند. یکی از انواع سامانه‌های این بازه‌های زمانی در جدول زیر نمایش داده شده است:

در این جا ذکر این نکته ضروری به نظر می‌رسد که بسته به چگونگی کسب اطلاعات و مدت زمانی که برای این کار نیاز است، چرخه را به دو دسته‌ی سریع و کند تقسیم‌بندی می‌کنند. در آینده‌ای نزدیک، فناوری مخابرات براساس دو ثانیه تفاوت در زمان اجرا و انجام چرخه‌ها، دو دسته‌ی مشخص شده در شکل زیر را به سامانه تحمیل خواهد کرد:

چرخه‌های کندتر محاسبات مورد نیاز را که برای کنترل‌های هماهنگ کننده در سطح سامانه مورد نیاز هستند، انجام می‌دهند. از دیگر وظایف این چرخه‌ها یکی این است که کارایی و عملکرد سامانه را بهبود ببخشند و بهینه‌سازی کنند و دیگر این که راهبردهای شبکه را برای رسیدن به اهداف از پیش تعیین شده استفاده کنند.

در مقابل چرخه‌های سریع‌تر قرار دارند که وظیفه‌ی اصلی‌شان یافتن، تعیین مکان و آدرس دادن نیازهای تحلیلی محلی (چه در مجاورت آن‌ها باشد و چه در یک ایستگاه فرعی دیگر رخ داده باشد) برای پاسخ‌دهی سریع به حوادث و رویدادها از طریق استفاده از راهبردهای کنترلی می‌باشد که توسط چرخه‌های کندتر اجرا می‌گردند.[۵]

هوشمندی‌های سطح بالاتر در چرخه‌های کندتر برجسته‌تر می‌گردند، یعنی زمانی که برای اجرای عملیات مرتبط با چرخه‌های سریع‌تر به سراغ زیرچرخه‌های کندتر آن‌ها می‌آییم. چرخه‌های اجرایی از طریق تبادل تریگرها[۱۰] یعنی زمان‌های شروع تبادل اطلاعات، پارامترهای کنترل مشخص کننده‌های اشکالات و نیز هشدارهای احتمال ایجاد خطاها و اشکالات در شبکه با هم ارتباط برقرار می‌کنند.

هر یک از چرخه‌های اجرایی شامل تعدادی از عامل‌های اجرایی (تابعی) می‌باشد. هر عامل اجرایی نیز از تعدادی بلوک‌های ساختاری plug-and-play به نام «اجزا» تشکیل می‌شود. این اجزا را در سایر بخش‌ها نیز می‌توان به کار برد.[۵]

۴.۵.۱۳. تخمین موقعیت؛ پیش‌نیازی برای دست‌یابی به توانمندی‌های خودترمیمی

در مراکز فعلی کنترل، بیشتر توابع و عملکردهای تحلیلی، محدود به چرخه‌های کندتر می‌باشند. به عنوان مثال تخمین‌گر حالت[۱۱] که به اختصار SE نامیده می‌شود، یکی از کارکردهای کلیدی می‌باشد که تصویری اجمالی و پالایش شده از شرایط حالت ماندگار[۱۲] به ما می‌دهد. تخمین‌گر حالت با استفاده از حداقل‌سازی تأثیرات خطاها در داده‌های فراهم شده و آماده عمل می‌کند. نتایجی که یک تخمین‌گر به دست ما می‌دهد نه تنها به وسیله‌ی کاربر مورد استفاده قرار می‌گیرند، بلکه توابع تحلیلی بسیاری نیز در چرخه‌های کندتر از آنها استفاده می‌کنند.[۵]

این عملکردهای و توابع تحلیلی به پاسخ‌هایی حتی در سطح شبکه‌های بزرگ‌تر نیازمند می‌باشند. نیاز آن‌ها نیز تنها از طریق پاسخ‌گویی سریع و با کمترین انحراف زمانی ممکن تأمین می‌گردد تا بتوانند پاسخ‌گوی اتفاقات اضطراری در عملکردهای بازار در کنار رسیدن به اهداف و نیازمندی‌های سنتی قابلیت اطمینان باشند. در چرخه‌های سریع‌تر نیز به همین ترتیب، نیازهای مشابهی برای رسیدن به توانمندی‌های از پیش ترسیم شده‌ی مورد نیاز خودترمیمی مطرح می‌شوند[۵] برای پاسخ‌گویی به این نیازهای ضروری و غیرقابل پیش‌بینی، تخمین‌گرها باید به عنوان یک راه حل تعاملی و تعاونی توسط عامل‌های توزیع شده مورد استفاده قرار گیرند. در چنین حالتی هر عامل می‌تواند سایر عوامل را از حالت قسمت تحت نظر خود در شبکه‌ی قدرت، آگاه کند. این آگاه‌سازی می‌تواند در هر زمانی که مورد نیاز است و با هر دقتی از میلی‌ثانیه صورت پذیرد.[۵]

یک عامل تخمین‌گر در یک ایستگاه فرعی اطلاعات را از همان ایستگاه فرعی و سایر

9.Execution cycles

10.Trigger
11.State estimator
12.Steady State

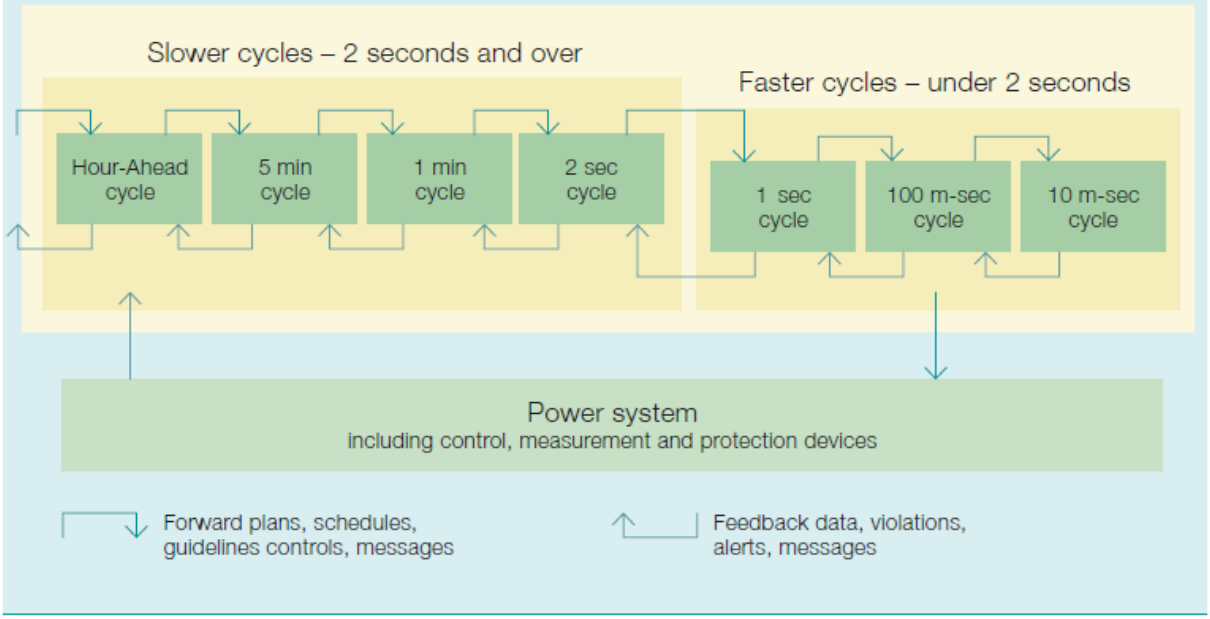
جدول ۱.۱۳. چرخه‌های اجرایی هماهنگ‌سازی زمانی[۵]

Factbox Execution cycles for temporal coordination

Cycle	Purpose
1-hour-ahead	■ Assure adequacy of resources ■ Identify system bottlenecks
5-minute	■ Assure reliability, efficiency ■ Update control parameters and limits ■ Look-ahead (about 10 to 20 minutes) ■ Alert system operator and/or hour-ahead cycle
1-minute	■ Maintain efficiency and reliability, as per the 5-minute cycle. ■ Adapt the more recent models
2-second	■ Collect/validate data for use by control area or interconnection including data acquired in the 10-millisecond cycle (PMUs). ■ Perform closed loop controls (Area Generation Control, etc.) ■ Adapt control parameters and limits for faster cycles
1-second	■ Control extended transients (secondary voltage control, etc.). ■ Adapt control parameters and limits for faster cycles
100-millisecond	■ Control imminent system instabilities including execution of intelligent Special Protection Schemes (iSPS) based on adaptive models or criteria identified by slower cycles.
10-millisecond	■ Perform faster intelligent protection actions (load shedding, generation rejection, system separation)

شکل ۴.۱۳. چگونگی چیدمان و تعاملات چرخه‌های اجرایی[۵]

2 Organization and interactions of execution cycles



ایستگاه‌ها و با استفاده از تبادلات و رابطه‌های الکتریکی تأمین می‌کند. این‌گونه روابط عامل تخمین‌گر توسط عاملی که در یک مرتبه‌ی بالاتر قرار دارد تنظیم می‌گردد.[۵]

این عامل (منظور عامل تخمین‌گر است) اگر در محدوده‌ی کنترلی قرار بگیرد، اطلاعات را برای یک زمان از پیش تعیین شده و تجویز شده از تمامی عامل‌های ایستگاه‌های فرعی در محدوده‌ی خاص مربوط به خود تأمین می‌کند و راه حلی را برای رفع مشکل آن محدوده پیدا می‌کند. این امر نیازمند آن است که با موضوعات جغرافیایی و زمانی خاصی دست و پنجه نرم کنیم و از لحاظ زمانی و مکانی هماهنگی لازم را بین مرزهای بخش‌های مختلف ایجاد نماییم.[۵] به طریق مشابه عامل‌های تخمین‌گر در مراتب و سطوح بالاتر باید راه حل‌های محتلفی را که هر یک از مناطق کنترلی پیشنهاد کرده‌اند، با هم هماهنگ سازند.[۵]

چنین طریقه‌ی اجرایی که تخمین‌گرها را به عنوان راه حل‌هایی در نظر می‌گیرد که در کنار هم و با همکاری با یکدیگر به پاسخ می رسند، انحرافات زمانی را در حد چند میلی‌ثانیه کاهش می‌دهد؛ این کاهش زمان فارغ از این قضیه انجام می‌شود که اندازه‌ی سامانه چه میزان می‌باشد. (با این فرض که PMUها برای تمام اندازه‌گیری‌ها انجام شوند). عملکرد زیر عامل تخمین‌گر دوم برای پشتیبانی از کنترل کننده‌های محلی سریع ضروری می‌باشد. در این‌جا مقصود از کنترل محلی به عنوان مثال کنترل کننده‌هایی است که در یک ایستگاه فرعی قرار دارند. اعتبار بخشی عامل‌های تخمین‌گر محلی کیفیت راه حل‌های این عوامل را در سطوح بالاتر بهبود می‌بخشد.[۵]

تجسم و شکل‌دهی مؤثر اطلاعات به کاربر این اجازه را می‌دهد که حالت سامانه را در یک لحظه‌ی کوتاه دریابد و با یک رفتار زمان‌بندی شده و به موقع پاسخ‌گویی به اشکالات و خطاهای موجود در سامانه را برعهده گیرد. این آگاهی موقعیتی، بخشی از فرآیند تحلیل و کنترل اجزای شبکه است.

علاوه بر حالت کنونی، طرح تمایلات و تجسم اهداف، تغییرات پیش‌بینی شده و نیز سناریوها و طرح‌هایی در خصوص فعالیت‌های از پیش تعیین شده نیز باید مورد توجه قرار گیرند و طرح‌هایی برای اجرای آن‌ها در شبکه ارایه گردند. شاید برای آن که ابعاد مختلف چنین سامانه‌ای برای بی‌شمار استفاده کننده‌ی آن با نیازهای مختلفشان روشن‌تر شود، نیاز باشد که از مناظر مختلفی به آن پرداخته شود و از دیدگاه‌های گوناگونی به آن نگاه شود. در این صورت است که جزییات این طرح برای بسیاری مشخص خواهد شد و تفاوت‌های آن با سایر طرح‌های اجرایی برای خودترمیمی مشخص می‌گردد.[۵]

۵.۵.۱۳. جمع بندی این راهبرد

برای آن که به روش و راهبردی که با مهندسی و طراحی بهتری با اشکالات و خطاها برخورد می‌کند و آن را راحت‌تر و با کارایی بیشتری حل می‌کند برسیم، باید بدانیم که قالب کاری پیش‌بینی شده نیازمند به‌کارگیری عوامل هوشمند خودمحتار در تمام سامانه‌ی شبکه‌ی قدرت است که خود آن نیز باید به صورت سراسری به وسیله‌ی شبکه‌ی مخابراتی تحت پوشش قرار گرفته باشد و میان تمام بخش‌های آن ارتباط اطلاعاتی مفید و مؤثر برقرار باشد. در غیر این صورت در واقع پیش نیاز و زیر ساخت مورد نیاز شبکه‌ی قدرت را تأمین نکرده‌ایم. [۵] این امر (یعنی فراهم‌سازی زمینه‌های مورد نیاز بالا) می‌تواند سامانه را قادر سازد که با شرایط عملکردی مورد نیاز برای تحلیل و نگهداری و تأمین قابلیت اتکای خود در زمان‌های مورد نیاز و در آیندهای نزدیک تطابق یابد. تعاملات مختلف میان اجزای هوشمند زیرساخت می‌تواند توسط مجموعه‌ای از چرخه‌های اجرایی که برای از بین بردن اشکالات ناشی از حوادث فیزیکی و نیز رفع نگرانی‌های موجود در سامانه‌ی قدرت ایجاد شده‌اند، راهبری و هماهنگ شود.[۵]

سایر توانمندی‌ها و قابلیت‌های مستحکم و محکم سامانه‌ی شبکه‌های قدرت، که در طول انجام کنترل‌های محلی و جهانی شناخته می‌شوند و مورد استفاده قرار می‌گیرند، مقاومت مورد نیاز را برای خدمت‌رسانی بدون وقفه در زمینه‌های مختلف در شبکه‌ی قدرت فراهم می‌کنند و زمینه‌ی بهتر و مناسب‌تری را از اتوماسیون به دست می‌دهند. سری دوم دستورات کنترلی محلی که تحت شرایط اضطراری ایجاد می‌گردند، سریع‌تر و مستحکم‌تر از شرایطی هستند که تنها از عامل‌ها استفاده شود و یا فقط از سطوح بالاتر کنترل بهره ببریم.[۵]

این زیرساخت جدید می‌تواند با استفاده از فناوری‌های موجود محقق شود و در این زمینه از لحاظ علمی و فناورانه مشکلی وجود ندارد. تمام فناوری‌های مهمی که برای تحقق این امر مورد نیاز هستند، یا در حال حاضر مورد استفاده هستند و یا تئوری آن‌ها به اثبات رسیده و تکمیل شده است. بیشتر فناوری‌های تحلیلی مورد نیاز هم اکنون نیز در بسیاری از فرآیندهای off-line و on-line طراحی مورد استفاده قرار می‌گیرند، به عنوان مثال سامانه‌های حفاظتی، کنترل‌های ژنراتورها و محدودیت‌های سیستم‌های عامل، از طریق بهبود در سرعت، درجه و سطح اتوماسیون و سطح توزیع و هماهنگی میان بخش‌های مختلف کسب می شود.[۵]

سامانه‌ی پیشنهاد شده می‌تواند با یک روش تکاملی مورد استفاده قرار گیرد؛ روشی که با تحقق قابلیت‌های خودترمیمی به عنوان مهم‌ترین رکن تحقق شبکه‌ی هوشمند در شبکه‌ی قدرت آغاز می‌گردد. سپس می‌توان این قابلیت‌ها را در قسمت‌های دیگری از سامانه‌ی انتقال و یا توزیع مورد استفاده قرار داد. بد نیست اشاره کنیم که شبکه‌ی انتقال از لحاظ دستیابی به اهداف اقتصادی و تجاری بسیار مهم است. توسعه‌ی عملکرد و تابع «تخمین حالت» که در سطور بالا در مورد آن بحث شد، می‌تواند به عنوان بنیانی برای تحقق تمام نیازهای ساختاری مورد نیاز در شبکه‌ی قدرت مورد بهره‌برداری و استفاده قرار گیرد.[۵]

راهبردی که ABB در این زمینه در پیش گرفته است تمامی جنبه‌های مختلف کاربردی، معماری و اقتصادی قضیه را در نظر گرفته است. حتی در تحقیقات مورد نظر زمینه‌هایی برای هماهنگی، انطباق و انعطاف‌پذیری کاربردهای مختلف فناوری‌های بالا در زیرساخت پیشنهاد شده پیش بینی شده است. همچنین روشی برای تخمین و محاسبه‌ی میزان بازگشت سرمایه در چنین زیرساختی سنجیده شده است، که در این روش هزینه‌های مربوط به سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای مورد نیاز نیز مورد محاسبه قرار گرفته است.

از جمله مزیت‌های این روند و استفاده از این فناوری و راهبرد، بازگشت سرمایه‌های اقتصادی از طریق تراکم کمتر سرمایه و نیز استفاده از محدودیت‌های عملکردی و کم کردن قطعی‌ها برای کاهش مصرف انرژی می‌باشد. تلاش‌های ABB برای افزایش محصولات و فناوری‌ها در جهت افزایش قابلیت اطمینان شبکه‌های قدرت به سوی تحقق یک شبکه‌ی قدرت تماماً خودترمیم همچنان ادامه خواهد یافت.[۵]

نتیجه گیری قسمت پنجم:

در ایـن قسـمت، خودترمیمی را بـه عنوان یک ویژگـی اختیاری، ولی بسـیار مهم شـبکه‌های الکتریکی هوشـمند، مورد بررسـی قـرار دادیم، کـه بـا وجـود آن کـه بـدون آن هم مـی‌توان شـبکه‌ی هوشـمند را محقـق کـرد، امـا تصور شـبکه‌ی هوشـمند با ویژگی‌های واقعی کارآمد، غیرممکـن بـه نظر می‌رسـد. بـرای تحقق این ویژگـی، تاکنون تئوری‌های زیادی مطرح شـده اسـت، که چند نمونه از آن‌ها را در این شـماره مورد بررسـی قرار دادیم. توجه بفرمایید که طرح این تئوری‌ها فقـط در حد مباحث نظری بوده و توضیح شـیوه‌های اجرای هر یک از آن‌ها ممکن است چندین کتاب به طول بینجامد.

در شماره‌ی بعد، که آخرین شماره از این سلسله مقـالات خواهـد بود، بـه بحث در بـاب یکی از روش‌های اجرای خودترمیمی در شبکه‌ی توزیع می‌پردازیـم و بحث را با یکـی از مباحث مطرح روزگار خـود در زمینـه‌ی مدیریت شـبکه‌های الکتریکی، یعنی مدیریت بار با رویکرد استفاده از شبکه‌های الکتریکی هوشمند به پایان خواهیم برد.

منابـــع و مراجـــع:

[1] Masoud Amin, “Challenges in Reliability, Security, Efficiency, and Resilience of Energy Infrastructure: Toward Smart Self-healing Electric Power Grid”

[2] Gaoxiang, Aixin, “The Application of Self-healing Tchnology in Smart Grid”

[۳] محمد جعفری، «شـبکه‌های هوشـمند»، گزارش کارآموزی، اسـتاد راهنمـا جناب آقای دکتر فریدونیان، اسـتاد کارآموزی جناب آقای دکتر لسـانی، آزمایشـگاه پژوهشی سـامانه و ماشین‌های الکتریکی، دانشـکده‌ی مهندسی برق و کامپیوتر، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تابستان ۱۳۹۰

[4]The smart grid _ prepared for the U.S. Department of Energy by Litos Strategic Communication under contract No. DE-AC26-04NT41817, Subtask 560.01.04

[5] Khosrow Moslehi, Ranjit Kumar, “Vision for a Self-healing Power Grid” ABB Review 4, 2006.

[6]“Smart Grid Optimization - Generation Optimization”, Available at: http://etap.com/smart-grid/smart-grid-generation-optimization.html

نگارندگان:

۱. دکتر فریدونیان
پژوهشگر پسادکتری، آزمایشگاه سیستم و ماشین، دانشکده‌ی برق و کامپیوتر
دانشگاه تهران، استادیار دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۲.پروفسور لسانی
استاد دانشکده‌ی برق و کامپیوتر دانشگاه تهران
۳.تدینی
دانشجوی کارشناسی مهندسی برق دانشگاه تهران
۴.پشنگ پور
دانشجوی کارشناسی مهندسی برق دانشگاه صنعت آب و برق(شهید عباسپور)
۵.دشتیانه
دانشجوی کارشناسی مهندسی برق دانشگاه صنعت آب و برق(شهید عباسپور)
۶.سروش فر
دانشجوی کارشناسی مهندسی برق دانشگاه صنعت آب و برق(شهید عباسپور)
۷.مهدوی
دانشجوی کارشناسی مهندسی برق دانشگاه صنعت آب و برق(شهید عباسپور)
۸.میرسعیدی
دانشجوی کارشناسی مهندسی برق دانشگاه صنعت آب و برق(شهید عباسپور)