



طراحی و تحلیل ساختار مراکز کنترل دیسپاچینگ در شبکه های قدرت مورد مطالعه برق منطقه ای خراسان

عظیم اله زارعی / عضو هیات علمی گروه مدیریت بازرگانی، دانشیار دانشگاه سمنان / a_zarei@semnan.ac.ir

حسن صادقیپور / دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری دانشگاه سمنان / h_sadeghpur@yahoo.com



۱- مقدمه

شبکه های برق قدرت از پیچیده ترین سیستم های دنیا هستند نه به خاطر تعداد خیلی زیاد باس بارها بلکه به دلیل استفاده از تجهیزات متنوع در آن. نقش مراکز کنترل در این سیستم پیچیده بسیار مهم و حیاتی می باشد. وظیفه مرکز کنترل نگهداری بالانس زمان-حقیقی^۱ بین عرضه و تقاضا، با حفظ نیازمندی های امنیت، پایداری و اقتصادی است [۱].

سیستم کنترل شبکه قدرت شامل اتاق فرمان (مرکز دیسپاچینگ)، بستر مخابراتی و تجهیزات تله متری^۲ در پست فشار قوی که به سیستم اسکادا^۳ مشهور است. اجرای موفق هر پروژه ای از جمله اجرای سیستم اسکادا نیاز به داشتن استراتژی و آماده سازی زیرساخت های لازم دارد که عملیات اجرایی بدون توجه به این امر در عمل با شکست مواجه شده و به اهداف مورد نظر نخواهد رسید. مراکز کنترل دیسپاچینگ در سیستم های اسکادا از جایگاه ویژه ای برخوردارند، در نتیجه انتخاب ساختار مراکز دیسپاچینگ در کنترل سیستم های قدرت یکی از مسائل اساسی است. برای این ساختارها استراتژی های گوناگونی از جمله سلسله مراتبی، متمرکز و نامتمرکز برای مراکز دیسپاچینگ معرفی شده است.

در ادامه مقاله ابتدا نگاهی به ساختار مراکز دیسپاچینگ و نتیجه

چکیده

کنترل شبکه انتقال قدرت با قابلیت اطمینان بالا و بهره برداری بهینه، نیازمند شناسایی و آماده سازی زیرساخت هایی است که عدم توجه به آن ها دسترسی به این هدف را با مشکل روبرو خواهد ساخت. یکی از مهم ترین این مباحث انتخاب ساختار مراکز دیسپاچینگ جهت بهره برداری از شبکه های قدرت می باشد. این مقاله چگونگی نحوه انتخاب مراکز کنترل، قرارگیری آن ها و استراتژی های موجود در انتخاب مراکز دیسپاچینگ را شرح می دهد، که در آن ابتدا انواع روش های کنترل شبکه مورد تحلیل قرار گرفته و همچنین به صورت متمرکز، نامتمرکز و سلسله مراتبی با یکدیگر مقایسه شده و نقاط ضعف و قوت هر کدام بررسی می گردد. سپس با توجه به شرایط موجود و وضعیت شبکه های انتقال و فوق توزیع، استفاده از روش سلسله مراتبی و استقرار هم زمان اتاق کنترل پست و اتاق فرمان مرکز دیسپاچینگ در یک محل، روش سلسله مراتبی اجرا شده به نام روش سلسله مراتبی ترکیبی نام گذاری می شود.

کلمات کلیدی: ساختار مراکز کنترل، مرکز دیسپاچینگ، بهره برداری از سیستم قدرت

کنترل پیش‌بینی شود که وظیفه کنترل کل شبکه را به عهده دارد و کلیه اطلاعات، توسط پایانه‌های راه دور جمع‌آوری و توسط یک شبکه داده که در کل ایستگاه‌ها وجود دارد به مرکز کنترل ارسال گردد.

۳- زیر ساخت‌های لازم به منظور کنترل شبکه‌های قدرت

اجرای موفق سیستم اسکادای قدرت نیازمند آماده‌سازی زیرساخت‌های آن است. زیرساخت‌های مورد نیاز را می‌توان در سه بخش زیرساخت‌های مخابراتی، سیستمی و امنیتی دسته‌بندی کرد [۹].

جهت مهیا کردن زیرساخت‌های بیان‌شده نیاز به برآوردن موارد زیر می‌باشد:

- تهیه نقشه راه به‌عنوان یکی از ضروریات اجرای پروژه‌ها در ابعاد وسیع و ملی [۱۰].

- انتخاب ساختار مراکز کنترل

- انتخاب استراتژی نحوه برقراری ارتباط بین مراکز دیسپاچینگ در سطوح مختلف

- تهیه دستورالعمل‌های بهره‌برداری برای مواقع کار عادی و اضطراری - حفاظت شبکه از حملات سایبری به سیستم اسکادا که به تبع روی کل شبکه اثرگذار خواهد بود.

- نیروی انسانی لازم جهت کنترل شبکه از مهم‌ترین دغدغه‌های شبکه‌های قدرت می‌باشد.

بهره‌برداری بهینه و بروز عکس‌العمل سریع و دقیق در مواقع بروز خطا و همچنین نگهداری شبکه کار بسیار دشوار و حساس است.

جمع‌آوری حجم بسیار زیاد داده‌ها به‌صورت زمان-واقعی و برخط^۱ و نشان دادن عکس‌العمل به‌موقع توسط اپراتورهای اتاق فرمان بسیار مهم است. به‌ویژه در زمان‌های اضطراری عملکرد صحیح و سریع

نشان دادن به حوادث از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. به دلیل نوع کار و پرتنش بودن کار اپراتورهای مراکز دیسپاچینگ، در دهه، ۱۹۸۰ عوامل انسانی برای غلبه بر شرایط تنش‌زا و پرتنش در نظر گرفته شدند [۱۱]. در حال حاضر تغییر سیاست بهره‌برداری از

پست‌های فوق توزیع، از بهره‌برداری با اپراتور به‌سمت بهره‌برداری از پست‌ها به‌صورت اتوماتیون و بدون اپراتور و کنترل پست‌ها از راه دور می‌باشد. بنابراین حجم کار و حساسیت کار اپراتورهای اتاق فرمان

مراکز دیسپاچینگ بیشتر شده است و در این شرایط نقش مرکز کنترل حساس‌تر شده و بار مسوولیت و حساسیت کار اپراتورهای

مراکز کنترل دیسپاچینگ افزایش یافته است.

۳-۱- زیر ساخت مخابراتی

شبکه مخابراتی شبکه قدرت شبیه شبکه عصبی انسان است. چنانچه شبکه عصبی انسان دچار مشکل شود، فعالیت‌های روزمره انسان نیز دچار مشکل می‌شود، در شبکه‌های قدرت هم اگر نقصی در شبکه

مخابراتی اتفاق افتد، منجر به مشکلات فراوان در سیستم قدرت می‌شود. در نتیجه، توجه ویژه به زیر ساخت مخابراتی ضروری است،

به این معنی که زیرساخت مخابراتی به‌همان اندازه شبکه الکتریکی دارای اهمیت است. این دو زیرساخت (مخابراتی، الکتریکی) چنان

بهم آمیخته شده‌اند که نقص در هر کدام، ممکن است منجر به ایجاد اختلال در دیگری شود. بنابراین در کنترل سیستم‌های قدرت باید به‌همان اندازه که به سیستم‌های الکتریکی توجه می‌شود به

زیرساخت‌های مخابراتی نیز اهمیت داده شود تا کارکرد صحیح این دو در کنار هم بتواند به بهره‌برداری و کنترل مناسب سیستم قدرت

بینجامد.

تحقیقات در چند کشور پرداخته می‌شود، سپس به بررسی زیرساخت‌های لازم جهت کنترل شبکه پرداخته و انواع ساختار مراکز دیسپاچینگ از دیدگاه‌های مختلف مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرد و در انتها با مقایسه فنی، اقتصادی و در نظر گرفتن مسائل مطرح در کنترل بهینه شبکه قدرت، ساختار بهینه برای مراکز دیسپاچینگ پیشنهاد می‌شود.

۲- مراکز دیسپاچینگ در کشورهای دیگر

در این بخش ساختار مراکز کنترل و دیسپاچینگ در چند کشور دیگر بررسی می‌شود.

آنکالیکی در تحقیقی بیان می‌کند که بهره‌برداری موثر و کارآمد از شبکه‌های قدرت، نیازمند مراکز دیسپاچینگ مختلفی است که

به‌صورت سلسله مراتبی کار کنند. وی چهار سطح از مراکز کنترل را پیشنهاد می‌کند: ۱- مرکز کنترل محلی ۲- مرکز دیسپاچینگ منطقه‌ای ۳- مرکز دیسپاچینگ ایالتی ۴- مرکز کنترل ناحیه‌ای [۱۲].

ساختار مراکز دیسپاچینگ در رومانی به‌صورت سلسله مراتبی است. در راس هرم یک مرکز دیسپاچینگ ملی (National dispatching center)، پنج مرکز دیسپاچینگ ناحیه‌ای در سطح دوم (Regional

dispatching center)، و چندین مرکز دیسپاچینگ توزیع و مرکز دیسپاچینگ نیروگاه‌ها نیز در سطوح سوم و چهارم قرار می‌گیرند [۱۳].

جیانگینگ‌هو نیز روش ساختار سلسله مراتب دیسپاچینگ در سه سطح را برای کنترل و نظارت سیستم‌های قدرت پیشنهاد داده

است [۱۴].

به‌منظور برق‌رسانی مطمئن، اقتصادی و ایمن به مردم کشور هندوستان، شبکه برق این کشور به ۵ ناحیه تقسیم شده است.

شمالی، جنوبی، شرقی، غربی و شمال شرقی، که هر ناحیه دارای چندین نیروگاه بزرگ و کوچک است. به این ترتیب پنج مرکز

دیسپاچینگ ناحیه‌ای نیز برای این نواحی در نظر گرفته شده است (مراکز RLDC). این مراکز خود نیز دارای مراکز کوچک‌تری می‌باشند

که به مراکز دیسپاچینگ ایالتی (مراکز SLDC) موصوفاند و آن‌ها نیز هرکدام چند مرکز دیسپاچینگ توزیع (مراکز DCC) را تحت

کنترل دارند. این شبکه سلسله مراتبی با یک مرکز دیسپاچینگ ملی که در راس هرم قرار دارد، با یکدیگر در ارتباط هستند [۱۵].

ترکیب بندی مراکز دیسپاچینگ ونزوئلا به‌صورت پنج سطح است که سطح صفر، مرکز دیسپاچینگ اپراتورهای مستقل هستند، سطح یک

مرکز دیسپاچینگ ملی، سطح دو مراکز دیسپاچینگ ناحیه، سطح سه مراکز دیسپاچینگ توزیع و سطح چهار نیز در سطح پست‌ها در

نظر گرفته شده است که شامل پایانه‌های راه دور بوده و به‌صورت سلسله مراتبی هستند [۱۶].

شبکه پر قدرت چین، با ظرفیت یک هزار و ۳۲۰ گیگاوات و با ساختاری مرکب از یک مرکز NCC، هفت مرکز RCC و ۲۲ مرکز

PCC در ردیف نخست رتبه‌بندی جهانی به لحاظ حجم شبکه قرار دارد و به تایید مسوولان آن شبکه، در پنجاه سال اخیر دچار فروپاشی

نشده است. مهم‌ترین وظایف مرکز پشتیبان NCC عبارت است از پایین آوردن هزینه تولید در کل شبکه، حفظ امنیت و پایداری کل

شبکه برق و هماهنگی بین مراکز دیسپاچینگ‌های مناطق که به‌طور معمول دیسپاچینگ مناطق، مسوول پایداری و امنیت شبکه تحت

پوشش خود هستند [۱۷].

در مرجع [۱۸] نیز پس از بررسی‌های انجام شده توصیه شده است که متناسب با تعریف وظایف، نحوه آرایش شبکه قدرت و ... یک مرکز

بدین منظور نیازمند محیطی امن و سریع برای ارسال فرامین و انتقال اطلاعات وضعیت شبکه، پایش، کنترل و راهبری آن جهت تامین امنیت و مدیریت تمامی شبکه قدرت می‌باشد. عدم توانایی شبکه مخابرات عمومی در برآوردن این نیازها، سبب گردید مدیریت شرکت توانیر، اقدام به تاسیس یک شبکه مخابراتی اختصاصی با ویژگی‌های زیر نماید: استقلال، سویچینگ سریع حفاظت، سرعت، امنیت، قابلیت اطمینان، داشتن مسیره‌های پشتیبان [۱۲].

در صنعت برق روش‌های مخابراتی گوناگونی مورد استفاده قرار می‌گیرند که این روش‌ها عبارتند از ارتباطات:

مخابرات بی‌سیم (بی‌سیم VHF، رادیو مودم طیف گسترده، مایکروویو)، ارتباطات ماهواره‌ای، استفاده از شبکه‌های عمومی مخابرات، خطوط انتقال^۱ (PLC) و مخابرات فیبر نوری [۱۳].

هر یک از فناوری‌های ارتباطی، دارای مزایا و معایب خاص خود می‌باشد که بسته به موقعیت پست و محدودیت‌های موجود انتخاب می‌شوند.

پروتکل‌های مخابراتی از دیگر مواردی است که باید مورد توجه قرار گیرد. به مجموعه‌ای از قوانین 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 پروتکل گفته می‌شود. برای ارتباط پست‌ها با مرکز دیسپاچینگ استفاده از پروتکل‌های زیر متداول است.

IEC 61870-5-101: جهت ارتباط و کنترل از راه دور پایانه‌های دور دست و مرکز کنترل اسکادا به کار می‌رود.

IEC 61870-5-104: نسخه شبکه شده IEC 101 می‌باشد.

DNP3: این پروتکل مجموعه‌ای از پروتکل‌های ارتباطی است که بین اجزای بکار رفته در سیستم اتوماسیون بکار رفته است. استفاده اصلی این پروتکل در صنایع کاربردی همچون شرکت‌های آب و توزیع برق می‌باشد [۱۴].

۲-۲- زیرساخت سیستمی

سیستم مرکز شامل دو بخش نرم‌افزار و سخت‌افزار است.

سخت‌افزار نیز دو قسمت تجهیزات مرکز و تجهیزات تله‌متری دارد که تجهیزات مرکز شامل سیستم‌های کامپیوتری، تجهیزات مخابراتی، سیستم‌های منابع تغذیه وقفه‌ناپذیر^۱، سیستم‌های هواساز^{۱۱}، پایانه‌های راه دور^{۱۲}، و اینترفیس فشار قوی^{۱۳} است. انتخاب تجهیزات مرکز دیسپاچینگ باید به گونه‌ای باشد که بتواند اطلاعات دقیق، زمان-واقعی و بر خط^{۱۴} و قابل اطمینان را در بدون وقفه در اختیار اپراتور قرار دهد.

برنامه‌های نرم‌افزاری نیز باید بتوانند با سرعت بالا، حجم بسیار زیاد داده‌های ورودی را از درگاه‌های مخابراتی دریافت نموده و با پردازش، این داده‌های خام را به اطلاعات قابل نمایش بر روی نمایشگرها تبدیل نمایند. نرم‌افزارهای PAS^{۱۵} و سامانه مدیریت انرژی^{۱۶} نیز برای کنترل شبکه مهم می‌باشند که باید مورد توجه قرار گیرند. تخمین حالت برخط، پخش بار بهینه، پیش‌بینی بار و پخش بار اقتصادی مثال‌هایی از توابع سامانه مدیریت انرژی هستند.

۳-۲- زیر ساخت امنیتی و حفاظتی

در اصطلاحات مربوط به امنیت اطلاعات سیستم، سیستمی نامن است که در آن احتمال آسیب‌پذیری و تهدید وجود داشته باشد. آسیب‌پذیری یک سیستم اطلاعات ممکن است بر اثر نقص طراحی منطقی (به‌عنوان مثال، یک پروتکل بد طراحی شده باشد)، نقص پیاده‌سازی (به‌عنوان مثال، ناشی از سرریز بافر)، یا یک ضعف اساسی

(به‌عنوان مثال، کلمه عبور و کلیدهای رمزنگاری قابل حدس) باشد [۱۵]. امنیت سیستم قدرت می‌تواند به امنیت بهره‌برداری، استحکام در برابر آسیب‌های فیزیکی و امنیت سایبری دسته‌بندی شود. از نظر بهره‌برداری مسائلی همچون پایداری ولتاژ، قابلیت اطمینان و دیگر جنبه‌های وابسته به بهره‌برداری سیستم قدرت باید در نظر گرفته شوند. آسیب‌های فیزیکی شامل خطرات طبیعی (زلزله، طوفان شدید، رعد و برق و ...) و آسیب‌های عمدی است که در سیستم‌های برق شامل خرابکاری، کارشکنی‌های عمدی، حمله تروریستی و نظامی است [۱۶].

حملات سایبری به سیستم زیرساخت اتوماسیون شده می‌تواند با تضعیف زیرساخت‌های حیاتی کشور در ارائه خدمات ضروری، امنیت ملی را به خطر انداخته و به‌طور کلی باعث وارد شدن زیان بر صاحبان دارایی و آحاد جامعه شود [۱۷].

به‌منظور پیشگیری از خسارت‌های وارده به صنعت برق، در نظر گرفتن پدافند غیرعامل از ضروریات می‌باشد. پدافند غیرعامل^{۱۷} به معنای کاهش آسیب‌پذیری در هنگام بحران، بدون استفاده از اقدامات نظامی و فقط با بهره‌گیری از فعالیت‌های غیرنظامی، فنی و مدیریتی است. اقدامات پدافند غیرعامل شامل پوشش، پراکندگی، تفرقه و جایجایی، فریب، مکان‌یابی، اعلام خبر، قابلیت بقا، استحکامات، استتار، اختفاء، ماکت فریبنده و سازه‌های امن است [۱۸].

بنابراین در بحث طراحی مراکز دیسپاچینگ، دو موضوع حفاظت سایبری و حفاظت فیزیکی و طراحی و اجرای پدافند غیرعامل باید مدنظر قرار گیرد.

۴- ساختار مراکز دیسپاچینگ

به‌منظور بهره‌برداری مناسب از سیستم قدرت لازم است سیستم با صرف هزینه‌ای مناسب که از قابلیت اطمینان بالایی نیز برخوردار باشد مورد بهره‌برداری قرار گیرد. سیستم مطمئن به سیستمی گفته می‌شود که از خطرهایی نظیر وقفه‌های زنجیره‌ای، جدا شدن بخشی از شبکه، خارج شدن ژنراتور از حالت سنکرون، قطع بار، عدم رعایت محدودیت‌های توان انتقالی خطوط، ولتاژ شین‌ها و فرکانس سیستم محفوظ باشد. عملکرد موفق سیستم‌های قدرت نیازمند عطف توجه به ایمنی کارکنان و تجهیزات و ارائه خدمت بدون وقفه با پایین‌ترین قیمت ممکن به مشترکان است.

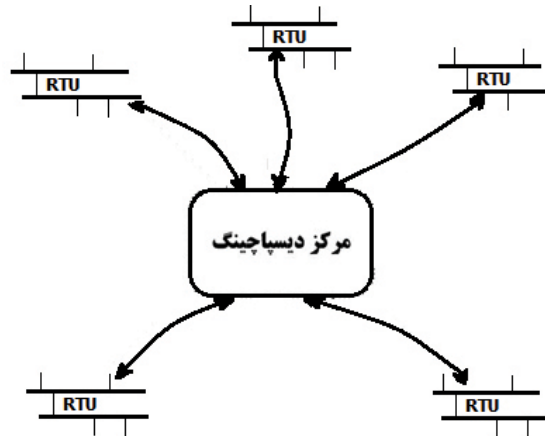
جهت کنترل شبکه‌های قدرت استراتژی‌های مختلفی وجود دارد که کنترل متمرکز، غیرمتمرکز و سلسله‌مراتبی از آن جمله‌اند. در حالت کنترل متمرکز، اطلاعات تمامی ایستگاه‌های شبکه قدرت به یک مرکز کنترل ارسال می‌شود و در مرکز کنترل پس از پردازش داده‌ها تصمیمات مناسب گرفته می‌شود به این منظور نیاز به برقراری ارتباط مخابراتی بین تمام پست‌های منطقه با مرکز کنترل می‌باشد. در روش کنترل نامتمرکز، شبکه قدرت به چندین ناحیه تقسیم می‌شود و هر ناحیه توسط مرکز کنترل همان ناحیه کنترل می‌گردد.

در یک ساختار سلسله‌مراتبی، شبکه هر منطقه به وسیله یک مرکز کنترل منطقه‌ای کنترل می‌شود و هر مرکز منطقه‌ای نیز چندین مرکز کنترل دیگر در زیرمجموعه خود دارد که شبکه ایالتی را کنترل می‌کند و هر کدام از این مراکز نیز خود چندین مرکز کوچک‌تر را زیر نظر دارند که هر کدام سیستم‌های اسکادای خود را دارند، که در ساختار سلسله‌مراتبی بهم متصل هستند.

۴-۱- روش کنترل متمرکز

در این روش یک مرکز کنترل تمام شبکه تحت نظارتش را پایش و

کنترل می‌کند. به این منظور بین تمامی پست‌های منطقه و مرکز دیسپاچینگ ارتباط مخابراتی نقطه به نقطه برقرار می‌شود و دریافت اطلاعات از پست و ارسال فرامین از مرکز صورت می‌پذیرد. شکل (۱) نشان دهنده یک سیستم کنترل متمرکز است.



شکل ۱: سیستم کنترل متمرکز

از نظر سخت‌افزاری و نرم‌افزاری ساده‌تر هستند معادل ۷۰٪ مرکز اصلی است [۱۹]. شکل (۲) نشان‌دهنده سیستم کنترل نامتمرکز می‌باشد.

مزایای این روش عبارتند از:

- سهولت بهتر در مدیریت و کنترل شبکه، به خصوص در شبکه‌های بزرگ
- کاهش تنش اپراتورهای اتاق فرمان به دلیل کمتر شدن محدوده کنترل
- نیاز به تجهیزات سخت‌افزاری قدرتمند به اندازه حالت متمرکز نیست.
- نیاز به نرم‌افزاری قدرتمند مشابه حالت متمرکز نیست.
- شبکه مخابراتی هر مرکز نسبت به حالت متمرکز، پیچیدگی کم‌تری دارد.
- در صورت خرابی مرکز، کل شبکه از کنترل خارج نمی‌شود. در مقابل، معایب این روش عبارتند از:
- نیاز به تبادل اطلاعات با سایر مراکز کنترل به منظور اتخاذ تصمیمات و مدیریت کل شبکه
- امکان هماهنگی مشکل‌تر از دیدگاه بهره‌برداری سیستم
- نیاز به نیروی انسانی بیشتر در مراکز کنترل [۱۹]



شکل ۲: سیستم کنترل نامتمرکز

مزایای روش کنترل متمرکز:

- امکان هماهنگی آسان‌تر از دیدگاه بهره‌برداری
- پایش و کنترل کل شبکه در یک مرکز کنترل
- هماهنگی کامل بین تمام ناحیه تحت پوشش
- مدیریت آسان‌تر ناحیه تحت پوشش
- نیاز به نیروی انسانی کمتر در مرکز کنترل [۱۹]

معایب روش کنترل متمرکز:

- نیاز به وجود شبکه مخابراتی بسیار گسترده با قابلیت برقراری ارتباط نقطه به نقطه بین ایستگاه‌ها و مرکز
- نیاز به وجود سخت‌افزار و نرم‌افزار قدرتمند با سرعت پردازش بالا
- نیاز به داشتن برنامه‌های قوی PAS
- نیاز به تجهیزات قدرتمندتر مرکز
- خارج شدن کل ناحیه تحت پوشش از پایش و کنترل در صورت خراب شدن مرکز
- نیاز به داشتن اپراتورهای قوی‌تر و مجرب‌تر
- نیاز به وجود شبکه‌های مخابراتی پشتیبان قوی‌تر و گسترده‌تر
- تحت استرس قرار گرفتن اپراتورها به‌هنگام بروز بحران در هر نقطه از شبکه
- نیاز به داشتن گروه و نفرات بیشتر به منظور انجام مطالعات شبکه و کار بر روی نرم‌افزارهای PAS
- به‌خطر افتادن کل شبکه در صورت حمله سایبری به مرکز دیسپاچینگ

۴-۲- روش کنترل نامتمرکز

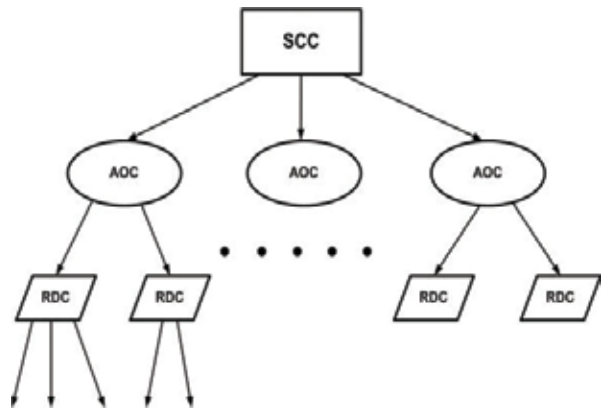
در روش کنترل نامتمرکز تعدادی مرکز به صورت مستقل از یکدیگر شبکه قدرت را کنترل می‌کنند. هر مرکز پست‌های تحت ناحیه خود را پایش و کنترل می‌کند. از لحاظ عملکرد و کارکرد این مراکز شبیه به مراکز متمرکز می‌باشد. در این حالت مرکز کنترل اصلی و مراکز کنترل ناحیه‌ای در طول یکدیگر قرار دارند بنابراین در صورت از کار افتادن یک مرکز ناحیه‌ای، مرکز اصلی قادر به پشتیبانی مرکز ناحیه‌ای نخواهد بود. هزینه احداث هر مرکز ناحیه‌ای به دلیل این که

۴-۳- مراکز کنترل سلسله مراتبی

اگر چه جذابیت کنترل متمرکز به دلیل سادگی در بهره‌برداری بیشتر است اما روش کنترل غیرمتمرکز بیشتر در سیستم‌های با ساختار ویژه عملی‌تر است. سیستم قدرت ساختار نامتمرکز دارد، بنابراین یک ساختار سلسله مراتبی متشکل از چندین زیرسیستم با اولویت‌های تعریف شده از فعالیت‌ها و اختیارات برای دستیابی به اهداف مورد نظر می‌تواند تعریف شود. در چنین سیستمی، زیر سیستم‌های سطوح بالاتر نقش نظارتی سیستم را به‌عهده می‌گیرند و زیر سیستم‌های سطوح پایین‌تر نقش‌های عملی بیشتر و نظارتی کم‌تری دارند و در عین حال زیرسیستم‌های هر سطح ممکن است اهداف متفاوتی داشته باشند. [۲۰]

در ساختار دیسپاچینگ سلسله مراتبی، کل شبکه برق به چندین منطقه تقسیم می‌شود که معمولاً این مناطق از نظر حقوقی از هم

مستقل ولی از نظر الکتریکی با هم یکی هستند. در یک ساختار کنترلی سلسله مراتبی کامل، شبکه هر منطقه به وسیله یک مرکز کنترل منطقه‌ای کنترل می‌شود و هر مرکز کنترل منطقه‌ای چندین مرکز کنترل دیگر در زیرمجموعه خود دارد که معمولاً با توجه به گستردگی جغرافیایی می‌تواند برای هر ایالت، استان یا بخشی از آن‌ها در نظر گرفته شود. کنترل هر ایالت یا استان یا بخشی از آن‌ها به وسیله مرکز دیسپاچینگ بار ایالتی انجام می‌گیرد. سیستم زیرمجموعه مرکز دیسپاچینگ بار ایالتی نیز خود شامل چندین مرکز است که بیشتر به نام مرکز کنترل فرعی ایالتی شناخته می‌شوند. مرکز کنترل ملی فعالیت‌های تمام مراکز کنترل منطقه‌ای را کنترل می‌کند. مرکز کنترل ملی، مراکز کنترل منطقه‌ای، مراکز کنترل ایالتی و مراکز کنترل فرعی ایالتی هر یک سیستم اسکادی خود را دارند، که در ساختار سلسله مراتبی بهم متصل هستند. مرکز کنترل منطقه‌ای در نقطه بالای سلسله مراتب سطح منطقه‌ای قرار داشته و بهره‌برداری روزانه یک منطقه را در همکاری با مرکز کنترل ایالتی انجام می‌دهد [۲۱]. شکل شماره (۳) یک سیستم کنترل سلسله مراتبی را نشان می‌دهد.



شکل ۳: سیستم کنترل سلسله مراتبی

مهم‌ترین دلایلی که کنترل سیستم‌های قدرت را نامزد استفاده از روش کنترلی سلسله مراتبی می‌کنند عبارتند از:

- پیچیدگی و اندازه سیستم
 - ساختار ذاتی سیستم
 - دید محدود و ناتوانی زیر سیستم‌ها در دستیابی به اهداف گسترده سیستم
 - زیر سیستم‌های خاص طراحی شده برای انجام یک وظیفه ویژه
 - ارتباطات محدود میان زیر سیستم‌ها
 - هزینه، تأخیر و خطا در انتقال اطلاعات [۲۲].
- مزایای روش کنترل سلسله مراتبی**
- عدم نیاز به وجود شبکه مخابراتی به گستردگی حالت متمرکز
 - با توجه به کاهش حجم کار می‌توان برای هر شیفت سه اپراتور و تعداد شیفت‌ها را به ۴ شیفت کاهش داد.
 - کاهش فشار و استرس بهره‌برداران مراکز دیسپاچینگ
 - عدم نیاز به واحدهای بزرگ تعمیر و نگهداری سخت‌افزار، نرم‌افزار و مخابرات
 - با توجه به گسترده شدن و پراکندگی مراکز دیسپاچینگ، امنیت شبکه در مقابل حملات سایبری و فیزیکی افزایش می‌یابد و الزامات پدافند غیرعامل نیز در نظر گرفته شده است.

معایب روش کنترل سلسله مراتبی

- نیاز به ساز و کاری جهت ارتباط بین مراکز زبردست با مرکز بالادست
- نیاز به ساز و کاری جهت ارتباط بین مراکز هم سطح با یکدیگر
- افزایش نیروی انسانی در واحدهای بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری

۵- شبکه برق منطقه ای خراسان

شرکت برق منطقه‌ای خراسان شامل سه استان خراسان رضوی، شمالی و جنوبی است. شبکه انتقال و فوق توزیع خراسان شامل ۱۷ عدد پست ۴۰۰ کیلوولت، ۱۴۷ عدد پست ۱۳۲ کیلوولت و تعداد ۲۰ عدد پست ۶۳ کیلوولت به همراه ۷۲۵ کیلومتر خط ۶۳ کیلوولت، ۸،۶۴۷ کیلومتر خط ۱۳۲ کیلوولت، و ۲،۶۷۳ کیلومتر خط ۴۰۰ کیلوولت می‌باشد. گستردگی سه استان و پراکندگی ایستگاه‌های تحت کنترل و وضعیت جغرافیایی منطقه که شامل مناطق کویری، کوهستانی و در بعضی نقاط جنگلی می‌باشد وضعیت منحصر بفردی را برای شرکت بوجود آورده است. تاکنون شبکه تحت کنترل شرکت به روش متمرکز و از یک مرکز پایش و کنترل می‌شده که تعداد ۵ اپراتور در ۵ شیفت کاری وظیفه پایش و کنترل شبکه را از طریق مرکز کنترل واحد به عهده داشته‌اند [۱۹]. در حال حاضر دو مرکز دیسپاچینگ منطقه‌ای برای استان‌های خراسان جنوبی و شمالی به سیستم کنترل شبکه برق منطقه‌ای خراسان اضافه شده است که هر کدام وظیفه نظارت و کنترل شبکه استانی خود را و تحت ولتاژ ۱۳۲ کیلوولت به عهده دارند و مرکز دیسپاچینگ سبزواری نیز به منظور نظارت و کنترل پست‌های ناحیه سبزواری در غرب استان خراسان، در حال نصب و راه‌اندازی می‌باشد.

۵-۱- روش سلسله مراتبی ترکیبی

در پی بررسی‌های انجام شده طرح مراکز دیسپاچینگ خراسان جهت بهره‌برداری بدون اپراتور از پست‌ها ارائه شده است. طرحی که در شکل (۴) نشان داده شده است، شامل یک مرکز دیسپاچینگ اصلی و یک مرکز دیسپاچینگ پشتیبان در شهر مشهد، احداث دو مرکز در استان‌های خراسان شمالی و جنوبی و سه مرکز در سطح استان خراسان رضوی است.

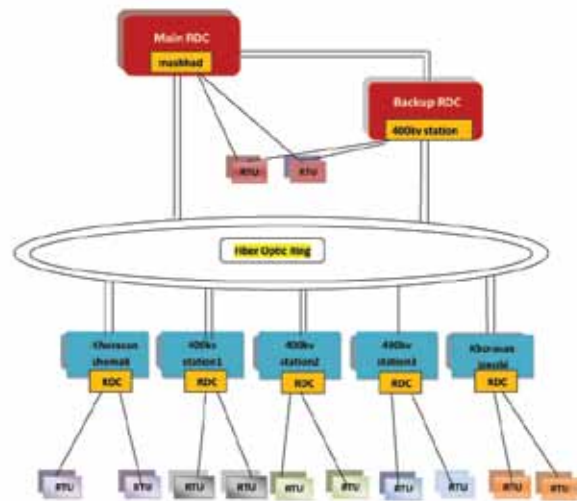
مرکز دیسپاچینگ اصلی با سخت‌افزار و نرم‌افزار و تجهیزات مخابراتی افزونه^{۱۸} در نظر گرفته شده است. با توجه به اینکه مرکز پشتیبان از همان نود مخابراتی مرکز اصلی استفاده می‌کند از نظر تجهیزات مخابراتی ساده‌تر است. سه مرکز دیسپاچینگ دیگر در پست‌های انتقال با سخت‌افزاری ساده و بدون افزونگی طراحی شده‌اند. این مراکز به نحوی انتخاب شده‌اند که حداکثر تعداد ۲۰ عدد پست تحت پوشش هر مرکز قرار گیرد. اطلاعات پست‌های هر مرکز پس از ارسال از طریق بستر مخابراتی PLC و یا فیبر نوری، به وسیله یک سرور لینک که نقش جمع‌کننده داده را دارد، دریافت و جهت پردازش به سرور اصلی منتقل می‌شود و اپراتورهای هر مرکز با استفاده از این اطلاعات به پایش و کنترل پست‌های زیرمجموعه مرکز می‌پردازند. از طرفی کلیه داده‌های سرور لینک به منظور نظارت توسط مرکز دیسپاچینگ اصلی روی شبکه رینگ فیبرنوری قرار می‌گیرند. در این حالت کلیه کارهای نرم‌افزاری مربوط به توسعه و نگهداری مراکز دیسپاچینگ در مرکز کنترل اصلی انجام می‌شود و وظیفه مراکز دیگر فقط پایش و کنترل پست‌ها است.

مراکز دیسپاچینگ خراسان شمالی و جنوبی در سخت‌افزار و نرم‌افزار به صورت افزونه طراحی شده است. این مراکز از طریق پروتکل

استاندارد Tase2، با مرکز دیسپاچینگ انتقال اصلی و پشتیبان، ارتباط دارند. کلیه اطلاعات موجود در این دو مرکز جهت نظارت به مرکز دیسپاچینگ انتقال اصلی و پشتیبان واقع در خراسان رضوی ارسال می‌شود. مزیت این روش این است که هرگاه تصمیم به استقلال شرکت‌های برق منطقه‌ای گرفته شود جداسازی مراکز دیسپاچینگ استان‌های خراسان شمالی و جنوبی به راحتی امکان‌پذیر خواهد بود. لازم به ذکر است که مرکز پشتیبان نیز به‌منظور صرفه‌جویی در هزینه‌های ساختمانی در یکی از پست‌های فشار قوی مستقر خواهد شد.

نصب تجهیزات و راه‌اندازی مراکز دیسپاچینگ در پست‌های فشار قوی (ترجیحاً پست‌های ۴۰۰ کیلوولت)، استفاده از فضا، تجهیزات و امکانات موجود در این پست‌ها را ممکن می‌سازد. همچنین کنترل این مراکز توسط اپراتورهای اتاق فرمان پست، در حقیقت گونه‌ای از روش سلسله مراتبی بوده که در سیستم دیسپاچینگ برق منطقه‌ای خراسان، روش سلسله مراتبی ترکیبی نام‌گذاری می‌شود. با استفاده از این روش، با صرفه‌جویی در هزینه‌های نصب و راه‌اندازی می‌توان به مزایای روش متمرکز و نامتمرکز دست یافت و همچنین معایب این روش نسبت به دو روش دیگر بسیار کمتر خواهد بود.

Khorasan Dispatching Centers Configuration



شکل ۴: روش سلسله مراتب ترکیبی

مزایای روش کنترل سلسله مراتبی ترکیبی

- استفاده از اپراتور پست‌ها به‌منظور بهره‌بردار دیسپاچینگ
- عدم نیاز به وجود شبکه مخابراتی به گستردگی حالت متمرکز
- صرفه‌جویی در هزینه‌های ساختمانی احداث مراکز جدید
- صرفه‌جویی در هزینه‌های ساخت اتاق‌های مخابراتی به‌دلیل استفاده از زیرساخت مخابراتی پست‌های فشار قوی
- صرفه‌جویی در هزینه‌های منابع تغذیه و هواسازها
- با توجه به کاهش حجم کار، می‌توان برای هر شیفت سه اپراتور و تعداد شیفت‌ها را به ۴ شیفت کاهش داد.
- کاهش فشار و استرس بهره‌برداران مراکز دیسپاچینگ
- عدم نیاز به واحدهای بزرگ تعمیر و نگهداری سخت‌افزار، نرم‌افزار و مخابرات
- با توجه به گسترده شدن و پراکندگی مراکز دیسپاچینگ امنیت

شبکه در مقابل حملات سایبری و فیزیکی افزایش می‌یابد و الزامات پدافند غیر عامل نیز در نظر گرفته شده است.

معایب روش کنترل سلسله مراتبی ترکیبی

- به دلیل تداخل کار اپراتوری پست با دیسپاچرهای اتاق فرمان دیسپاچینگ، اپراتورها نیاز به آموزش و کار فرهنگی دارند.
- در هنگام بروز حوادث غیر مترقبه، هم مرکز دیسپاچینگ و هم پست‌های فشار قوی در معرض خطر قرار می‌گیرند.

۶- بررسی اقتصادی

در این بخش وضعیت اقتصادی استراتژی‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت به مقایسه روش‌های بیان‌شده با یکدیگر پرداخته خواهد شد.

هزینه‌های مورد نیاز احداث یک مرکز دیسپاچینگ متمرکز با ۱۵۰ پست در جدول شماره یک قابل مشاهده است. به دلیل اینکه شبکه تحت پوشش با ۱۵۰ پست، شبکه به نسبت بزرگی است از این‌رو تجهیزات سخت‌افزاری آن باید به حد کافی قدرتمند باشند. همچنین کلیه تجهیزات سخت‌افزاری، مخابراتی، منابع تغذیه و هواسازها به‌صورت دوگانه باید نصب و راه‌اندازی شده و به‌صورت پشتیبان ۱+۱ کار کنند. همچنین با توجه به اینکه این مرکز کلیه نفقات گروه‌های برنامه‌ریزی و نظارت را به‌طور کامل دارد و تعداد تجهیزات نیز زیاد است، به‌خودی خود ساختمان مرکز دیسپاچینگ متمرکز نیازمند صرف هزینه بیشتر است. به این دلیل هزینه‌های احداث یک مرکز دیسپاچینگ متمرکز قابل ملاحظه خواهد بود. در راستای امنیت کنترل شبکه، معمولاً یک مرکز کنترل پشتیبان نیز در نظر گرفته می‌شود از نظر تجهیزات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری شبیه به مرکز اصلی است و وظیفه آن کنترل شبکه در هنگام بروز خطا و مشکل در مرکز کنترل اصلی می‌باشد.

در صورتی که هزینه پرسنلی هر اپراتور مرکز، در روش کنترل متمرکز به‌طور متوسط ماهانه ۶۰ میلیون ریال باشد، هزینه سالیانه پرسنل اپراتوری ۲۱ میلیارد ریال خواهد شد.

$$\text{ریال} \quad ۲۱,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ = ۱۴ \times ۲۵ \times ۶۰,۰۰۰,۰۰۰$$

جدول ۱: هزینه احداث یک مرکز دیسپاچینگ متمرکز

ردیف	شرح	مبلغ (میلیون ریال)
۱	ساختمان مرکز دیسپاچینگ	۱۰,۰۰۰
۲	تجهیزات سخت‌افزاری	۱۵,۰۰۰
۳	نرم افزار	۶۰,۰۰۰
۴	تجهیزات مخابراتی	۶۰۰۰
۵	منابع تغذیه و ایرکاندیشن	۱۵۰۰
۶	جمع	۹۲,۵۰۰

به دلیل این که در روش کنترل غیرمتمرکز، هر مرکز نیاز به تجهیزات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری ضعیف‌تری دارد و همچنین هزینه‌های مخابراتی آن نسبت به حالت متمرکز کمتر می‌شود، بنابراین در این حالت هزینه نصب و راه‌اندازی هر مرکز معادل ۰/۷ مرکز در حالت متمرکز است. پس هزینه یک سیستم با هفت مرکز کنترل فرعی ۴/۹ حالت متمرکز خواهد شد. در این حالت نیز به دلیل این که مساحت تحت کنترل هر مرکز نسبت به حالت متمرکز کاهش می‌یابد

در این روش با توجه به این که نگهداری پست وظیفه نگهداری مرکز دیسپاچینگ را نیز به عهده خواهد داشت از این بابت نیز هزینه‌ای به سیستم تحمیل نمی‌گردد.

هزینه سالانه تعمیر و نگهداری مرکز کنترل متمرکز سی میلیارد ریال است. به هنگام استفاده از مراکز دیسپاچینگ در حالت ترکیبی به دلیل استقلال نرم افزار و سخت‌افزار مراکز دیسپاچینگ شمال و جنوب، مقداری به هزینه تعمیر و نگهداری سالانه تحمیل می‌کند. اما به دلیل انتخاب مراکز شمال و جنوب به‌عنوان مراکز تعمیر و نگهداری، مسافت طی شده توسط این گروه‌ها تا رسیدن به ایستگاه و به دنبال آن هزینه تعمیر و نگهداری کاهش می‌یابد (در حالت متمرکز، گروه‌های تعمیر و نگهداری در مشهد مستقر هستند و برای رسیدن به پست‌های نواحی شمال و جنوب باید مسافت طولانی پیموده شود) و در بدترین حالت هزینه تعمیر و نگهداری حالت ترکیبی دو برابر حالت متمرکز خواهد شد. در جدول (۴) مقایسه‌ای بین انواع استراتژی‌های مراکز دیسپاچینگ آمده است. طبیعتاً در حالتی که از پست‌های فشار قوی به‌عنوان مراکز دیسپاچینگ استفاده شود علاوه بر صرفه‌جویی در هزینه‌های احداث ساختمان و تجهیزات مخابراتی، در هزینه‌های پرسنلی نیز صرفه‌جویی شده و همچنین نگهداران پست‌های فشار قوی، به‌عنوان نگهداران مراکز دیسپاچینگ نیز انجام وظیفه نموده و از این بابت نیز هزینه اضافی به سیستم اعمال نمی‌شود.

به‌منظور محاسبه هزینه‌های پرسنلی در این حالت از تعداد دیسپاچرها یک نفر کاسته می‌شود بنابراین هزینه‌های پرسنلی به شرح خواهد بود:

$$\text{ریال } 42,000,000,000 = 14 \times (50,000,000 \times 4 \times 2 \times 6 + 50,000,000 \times 4 \times 3)$$

در جدول (۴) به مقایسه انواع ساختارهای مراکز دیسپاچینگ می‌پردازیم. البته لازم به توضیح است که به‌دلیل این که بررسی هزینه‌های مخابراتی برای ساختارهای مختلف متفاوت است و بررسی و مقایسه انواع روش‌های مخابراتی نیاز به بررسی جداگانه‌ای دارد که از حوصله این بحث خارج است، از این‌رو از مقایسه هزینه‌های برقراری ارتباط مخابراتی در این جدول خودداری شده است.

جدول ۴: مقایسه ساختارهای مختلف

روش	هزینه احداث مراکز	هزینه پرسنلی	هزینه تعمیر و نگهداری	قابلیت اطمینان	لینک ارتباط بین مراکز
متمرکز	۹۲,۵۰۰	۲۱,۰۰۰	۳۰,۰۰۰	پایین	-
متمرکز با پشتیبان	۱۸۵,۰۰۰	۴۲,۰۰۰	۴۰,۰۰۰	بالا	دارد
غیرمتمرکز (۷ مرکز)	۴۵۳,۲۵۰	۵۸,۸۰۰	۴۸,۰۰۰	متوسط	دارد
سلسله مراتبی	۹۲,۹۵۰	۵۸,۸۰۰	۴۲,۰۰۰	بالا	دارد
سلسله مراتبی ترکیبی	۸۰,۳۵۰	۴۲,۰۰۰	۴۲,۰۰۰	بالا	دارد

و همچنین تعداد پست‌ها و نقاط تحت کنترل نیز کمتر شده‌اند از این‌رو هزینه‌های تعمیر و نگهداری نیز بالطبع نسبت به حالت متمرکز کاهش خواهد داشت که این هزینه نیز برای هر مرکز معادل ۰/۷ هزینه حالت متمرکز در نظر گرفته می‌شود. در روش غیرمتمرکز به دلیل این که حجم کار نسبت به حالت متمرکز کاهش یافته است، بنابراین برای هر شیفت سه نفر و چهار شیفت کاری در نظر گرفته می‌شود. اگر هزینه پرسنلی را به‌طور متوسط به ازای هر دیسپاچر ۵۰ میلیون ریال در نظر گرفته شود به ازای ۱۴ ماه در سال به‌صورت زیر محاسبه می‌گردند.

$$\text{ریال } 58,800,000,000 = 14 \times 7 \times 12 \times 50,000,000$$

هزینه‌های یک مرکز دیسپاچینگ در محل پست فشار قوی با توجه به ساده‌تر بودن سخت‌افزار و نرم‌افزار و همچنین ساختمان در جدول (۲) برآورد شده است.

چنانچه از پست‌های فشار قوی به‌منظور مراکز دیسپاچینگ نیز استفاده شود در این حالت هزینه‌های احداث مراکز دیسپاچینگ مطابق جدول (۳) برآورد می‌شود.

جدول ۲: هزینه احداث یک مرکز کنترل غیر متمرکز

ردیف	شرح	مبلغ (میلیون ریال)
۱	سخت افزار و نرم افزار	۲,۰۰۰
۲	مخابرات	۱,۰۰۰
۳	ساختمان	۱,۵۰۰
۴	منابع تغذیه و سایر موارد	۲۰۰
	جمع	۴,۷۰۰

جدول ۳: هزینه‌های احداث مراکز دیسپاچینگ در پست

ردیف	شرح	مبلغ (میلیون یال)
۱	سخت افزار و نرم افزار	۲,۰۰۰
۲	مخابرات	۵۰۰
۳	منابع تغذیه و سایر موارد	۱۰۰
	جمع	۲,۶۰۰

به‌دلیل این که هزینه‌های نصب و راه‌اندازی اینترنتی و پایانه‌های راه دور ایستگاه‌ها در هر دو حالت برابر است، از این‌رو در این مقایسه در نظر گرفته نشده‌اند. از طرفی هزینه‌های مخابراتی نیز به دلیل اینکه در استراتژی متمرکز باید به‌صورت نقطه به نقطه باشند به مراتب بیشتر از حالت غیرمتمرکز است که به دلیل پیچیدگی بحث، از پرداختن به ریز جزئیات آن که از حوصله این مقاله خارج است خودداری می‌گردد.

هرگاه یک مرکز پشتیبان نیز برای حالت کنترل متمرکز در نظر گرفته شود، هزینه احداث مراکز کنترل به این روش حدود ۲ برابر هزینه احداث مراکز کنترل متمرکز خواهد شد. همچنین هزینه تعمیر و نگهداری سالیانه دو برابر روش متمرکز می‌شود.

در صورتی که از پست‌های فشار قوی به‌عنوان مراکز دیسپاچینگ انتقال و پشتیبان استفاده شوند به‌دلیل این که اپراتورهای پست به‌عنوان دیسپاچرهای مرکز دیسپاچینگ نیز انجام وظیفه می‌کنند هزینه پرسنلی اضافی به سیستم تحمیل نمی‌شود. علاوه بر آن

مراجع

- [1] J. Liu, P. Li, J. Zhong and L. Liang, "Operation Indices for smart power dispatch center design", <http://www.scrip.org/Journal/eng>, 2013.
- [2] S. G. Ankaliki, "Energy Control Center Functions For Power System", International Journal of Mathematical Sciences, Technology and Humanities 21 (2011) 205 – 212
- [3] www.cigre.org
- [4] J. Hu, J. Cao, T. Yong, "Multi-level dispatch control architecture for power system with demand-side resource", IET Journals, 2015.
- [5] P. A. Kulkarni and R. M. Holmukhe, "Infrastructure analysis of load dispatching center", International journal of computer applications, vol.1, no.10, (2010)
- [6] R. Pirela, "Modernization of the National Wide Dispatch Centers of CADAPE – VENEZOELA", www.rcgsas.com
- [7] رجبی مشهدی، مصطفی، «نوسازی و ارتقاء مراکز دیسپاچینگ کشور»، سایت خبری تحلیلی صنعت برق
- [8] صدیقی، امین، کوهبر فرد حقیقی، خدیجه، «امکان سنجی در احداث مراکز دیسپاچینگ»، نخستین کنگره اتوماسیون صنعت برق، مشهد، ۱۳۹۱
- [9] صادق پور، حسن، «اتوماسیون شبکه‌های انتقال و چالش‌های پیش رو»، بیست و هشتمین کنفرانس بین‌المللی برق، ایران، تهران، ۱۳۹۲
- [10] پورمستدام؛ کاوه، سید فرشی؛ شیدا، نقشه راه شبکه هوشمند کشورهای جهان و چالش‌های برنامه ریزی پیاده سازی آن در ایران»، بیست و هفتمین کنفرانس بین‌المللی برق، ایران، تهران، ۱۳۹۱
- [11] C. J. Frank, R. A. Bednarlik, K. N. Zadeh, H. D. McNair and C. J. Goddard, "Dispatch control center human factors", Revisited IEEE Transaction on power Aparatus and systems, vol.104, no.6, 1985
- [12] شرکت مدیریت شبکه برق ایران، شبکه مخابرات صنعت برق
- [13] صادقیپور؛ حسن، سلطانی؛ مرتضی، «مقایسه سیستم های مخابراتی در صنعت برق ایران»، بیست و هفتمین کنفرانس بین المللی برق، ایران، تهران، ۱۳۹۱
- [14] رجبی مشهدی؛ مصطفی، حسین زاده؛ محمد حسین، محمدی سوران؛ داوود، اسماعیلی؛ هانیه، کبیری؛ زهرا، «سیستم اتوماسیون پستهای فشار قوی (پروتکلها و کاربردهای آن)»، مشهد، چاپ اول، ۱۳۹۱
- [15] نوبخت، پدیده، امینیان، امیر مسعود و متولی زاده، محمدحسن، «امنیت سایبری شبکه های فوق توزیع و انتقال»، گل آفتاب، مشهد، ۱۳۹۵
- [16] صادقیپور، حسن، کبیری، زهرا، نوبخت، قاسم، «اجرای پدافند غیر عامل راهی به سوی افزایش ایمنی فیبرهای نوری صنعت برق»، دومین کنگره بین المللی اتوماسیون صنعت برق، اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۹۲
- [17] حسن پور؛ جواد، تدین؛ شبنم، ربانی؛ رامین، «معرفی اصول امنیت سایبری در شبکه‌های اسکادا و ارائه الگوی بهبود آن»، بیست و هفتمین کنفرانس بین المللی برق، تهران، ۱۳۹۱
- [18] صادقیپور، حسن، کبیری، زهرا، نوبخت، قاسم، «پدافند غیر عامل در اجرا و بهره برداری از پست های انتقال نیرو»، ششمین کنفرانس بین المللی مدیریت جامع بحران، مشهد، ۱۳۹۳
- [19] ذاکر عنبرانی؛ ایرج، جاویدی؛ محمد حسین، «ارائه الگوی مناسب ساختارهای مراکز دیسپاچینگ با توجه به مسائل فنی منابع مالی و انسانی»، نخستین کنگره اتوماسیون صنعت برق، مشهد، ۱۳۹۱
- [20] گزارش بررسی و مطالعه ساختار مراکز دیسپاچینگ مدرن، پژوهشگاه نیرو
- [21] H. Haifeng, G. Zonghe, "Study on coordinating modeling technology with hierarchal and space-time model construct method of interconnected power system for china's strong smart grid", State Grid Electric Power Research Institute, Internal report, 2009.
- [22] A. Ismail, Future Trends in power system control, Electrical engineering department, UAE University

همان‌طور که از جدول (۴) پیداست روش سلسله مراتبی ترکیبی پیشنهادی در شرکت برق منطقه‌ای خراسان به دلیل افزایش قابلیت اطمینان و همچنین محدودیت در کنترل پست‌های بدون اپراتور از یک مرکز، روشی بهینه نسبت به سایر روش‌ها می‌باشد. از نظر ایمنی و امنیت شبکه در قبال حملات فیزیکی، در اختیار گرفتن کل شبکه حتی در صورت ورود افراد به یک مرکز ممکن نیست و از نظر حملات سایبری نیز با توجه به اینکه مراکز دیسپاچینگ به‌طور گسترده در سطح شبکه پخش شده‌اند و در ضمن پشتیبان یکدیگر نیز هستند، دیگر برای کل شبکه خطر آفرین نبوده و بهتر می‌توان با حملات سایبری مقابله کرد.

۷- نتیجه گیری

انتخاب استراتژی اجرای مراکز دیسپاچینگ در شبکه‌های قدرت از مباحث مهمی است که باید در نظر گرفته شود. نتیجه بررسی‌ها نشان می‌دهد که حالت بهینه برای ایجاد مراکز دیسپاچینگ در حالت بهره‌برداری تحت اتوماسیون شبکه، اجرای مراکز دیسپاچینگ ساده در محل پست‌های فشار قوی (ترجیحاً ۴۰۰ کیلوولت) است. در حقیقت پست‌های فشار قوی علاوه بر پایش و کنترل شبکه به‌عنوان جمع‌کننده اطلاعات پست‌های تحت کنترل خود خواهند بود و از این مسیر اطلاعات مورد نیاز مرکز دیسپاچینگ اصلی و پشتیبان تهیه و ارسال می‌شود. در این طرح تمامی اطلاعات پست‌های فوق توزیع و انتقال به پست‌های ۴۰۰ کیلوولت ارسال شده و سپس اطلاعات پست‌های ۴۰۰ کیلوولت بر روی شبکه LAN اختصاصی قرار گرفته و بقیه مراکز دیسپاچینگ به این اطلاعات دسترسی خواهند داشت. یکی از مزایای این طرح عدم وابستگی پست‌ها به یک مرکز دیسپاچینگ انتقال خواهد بود. به این معنی که هرگاه یک مرکز دیسپاچینگ انتقال دچار مشکل شود به‌راحتی اطلاعات پست‌های مربوط به این مرکز توسط مراکز دیگر قابل مشاهده خواهد بود و هر پست فوق توزیع و یا انتقال را می‌توان از محل هر مرکز دیسپاچینگ انتقال، مرکز دیسپاچینگ اصلی یا مرکز پشتیبان نظارت و کنترل کرد. بدین ترتیب بدون صرف هزینه‌های گزاف دستیابی به یک شبکه پشتیبان گسترده نیز عملی خواهد شد که به‌علت گستردگی در مقابل حمله‌های سایبری و فیزیکی از امنیت بیشتری برخوردار بوده و با این کار با استفاده از روش‌های پراکندگی، استتار و اختفا، پدافند غیرعامل نیز در استراتژی اجرای مراکز دیسپاچینگ دخیل شده است.

پی‌نوشت‌ها

- 1 Real-time
- 2 telemetering
- 3 SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition
- 4 Real-time and Online
- 5 Power Line Carrere
- 6 Uninterruptible Power Supply
- 7 Air conditioner
- 8 RTU: Remote Terminal Unit
- 9 Power Line Carrere
- 10 Uninterruptible Power Supply
- 11 Air conditioner
- 12 RTU: Remote Terminal Unit
- 13 High Voltage Interface
- 14 On-line
- 15 Power Application System