

عصر برق ۳

ASR-E-BARO

فصل نامه علمی، آموزشی، پژوهشی

انجمن مهندسين برق الكترونيك ايران، شاخه خراسان

سال سوم • شماره ۳ • زمستان ۱۳۹۴

قيمت ۵۰۰۰ تومان



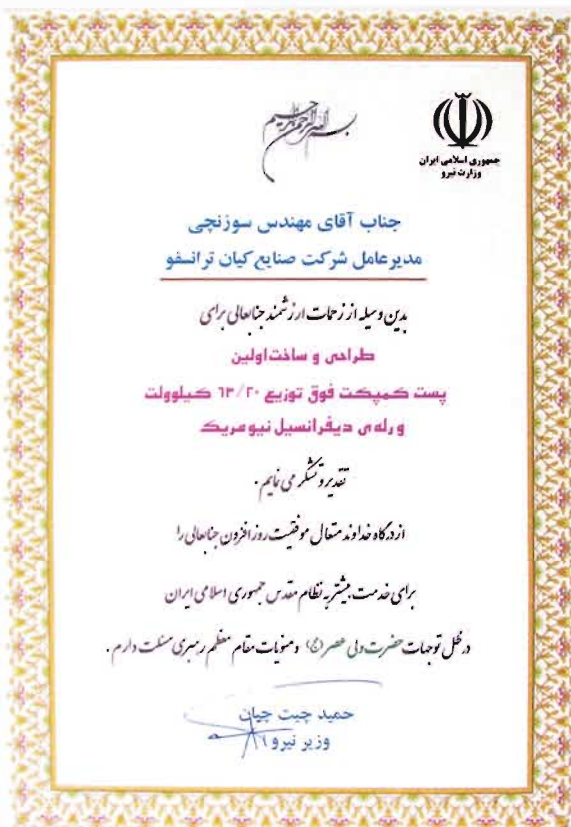
مثلت صنعت، دانشگاه دولت در: بهره‌برداری رسمی از نخستین پست کمپکت فوق توزیع / کاربرد سیستم اطلاعات مکانی (WebGIS) چرا ژنراتورها دچار نقص می‌شوند؟ / نگاهی به پروژه EUEco-GRID / اشاره‌ای بر تاثیر امواج الکترومغناطیس بر موجودات زنده نیازمندی‌های ارتباطی برای اتصال خودروهای برقی به شارژرهای عمومی شبکه توزیع



High Voltage Compact Substation

63/20 KV, 15 MVA

www.kti-co.ir



نخستین پست کمپکت فوق توزیع

۶۳/۲۰ کیلوولت، ۱۵ مگا ولت آمپر

صاحب امتیاز: انجمن مهندسين برق و الكترونيك ايران
مدیر مسوول: دکتر حبیب رجبی مشهدی
سر دبیر: دکتر جواد ساده

شورای سیاست گذاری:

مهندس حسن اوجی، دکتر حبیب رجبی مشهدی،
دکتر مصطفی رجبی مشهدی، دکتر جواد ساده، مهندس
محمد فاضل نسب، مهندس سید محمدرضا فخر نبوی،
مهندس مهدی کارگر رازی، مهندس مجید مهدیزاده،
دکتر محمد مولوی، مهندس غلامرضا یزدانی شواکند

شورای نویسندگان:

دکتر محمدرضا اکبرزاده توتونچی، مهندس محمدعلی چمنیان،
دکتر حبیب رجبی مشهدی، دکتر مصطفی رجبی مشهدی،
دکتر جواد ساده، دکتر امیررضا عطاری، مهندس سید
محمدرضا فخر نبوی، دکتر گئورگ قره پتیان،
دکتر رضا لطفی، دکتر خلیل مافی نژاد،
دکتر محمد منفرد، دکتر محمد مولوی

مدیر اجرایی:

مهندس غلامرضا یزدانی شواکند

روابط عمومی:

فریده سعادت، مهندس سمیرا شمس

مدیر برنامه ریزی:

دکتر مصطفی رجبی مشهدی

صفحه آرایی و امور گرافیک:

امواج برتر (۰۵۱-۳۸۹۴۰۱۲۰)

لیتوگرافی: آفاق شرق (۰۵۱-۳۳۴۳۶۹۰۶)

چاپ: زبرجد (۰۵۱-۳۶۰۸۰۴۲۵)

صحافی: حافظ (۰۵۱-۳۳۹۲۹۱۱۱)

۲	یادداشت مدیر مسوول
۳	مثالث صنعت، دانشگاه، دولت در: بهره برداری رسمی از نخستین پست کمپکت فوق توزیع
۶	کاربرد سیستم اطلاعات مکانی (WebGIS) در سیستم تعمیر و نگهداری پیشگیرانه ...
۱۱	معماری سبز: فرم، فضا و انرژی؛ کاربرد عناصر مولد انرژی (پانل های خورشیدی ...
۱۶	بررسی، تحلیل و بهینه سازی برنامه ریزی تعمیرات پیشگیرانه ...
۱۸	پست کمپکت، راهکاری نوین برای تامین برق و کاهش تلفات انرژی الکتریکی در ...
۲۱	مطالعه تاثیر اجرای برنامه های پاسخگویی بار صنایع در کاهش پیک شبکه
۲۸	نخستین سامانه جایگزینی سیم های شبکه هوایی ۲۰ کیلوولت بدون اعمال خاموشی ...
۳۳	گراف های گذر سیگنال غیرخطی با کاربرد برآورد قابلیت اطمینان مدارهای دیجیتال ...
۳۳	کنترل توربین بادی با ژنراتور القایی تغذیه دوگانه و مبدل ماتریسی غیرمستقیم با ...
۳۴	طراحی و ساخت آنتن های ترکیبی پچ مایکرواستریپ و حفره ای مبتنی بر فناوری ...
۳۴	رویکردی جدید مبتنی بر کنترل لایه های متقاطع در خود درمانی سیستم توزیع ...
۳۵	چرا ژنراتورها دچار نقص می شوند؟
۴۰	رنگین کمان خلیج فارس؛ جزیره هرمز آغازی بر هوشمندسازی شبکه برق ایران
۴۷	نگاهی به پروژه EUEco-GRID؛ آرایه ی یک نمونه عملی از استقرار شبکه هوشمند...
۴۹	بررسی تاثیر هم زمان سیاست های کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و حضور نیروگاه...
۵۵	نیازمندی های ارتباطی برای اتصال خودروهای برقی به شارژرهای عمومی شبکه توزیع...
۵۷	اشاره ای بر تاثیر امواج الکترومغناطیس بر موجودات زنده
۵۹	معرفی انجمن مهندسين برق و الكترونيك ايران-شاخه خراسان

● از مطالب و نوشته های شما استقبال می کنیم:

- «عصر برق» در استفاده، ویرایش و کوتاه کردن مطالب ارسالی آزا بوده و مطالب ارسالی شما نزد ما به یادگار می ماند.
- نظرات و عقاید نویسندگان مطالب لزوما دیدگاه «عصر برق» نیست.
- استفاده از مطالب «عصر برق» با ذکر منبع آزاد است.
- ترتیب آثار چاپ شده بر حسب ملاحظات فنی و رعایت تناسب بوده و به معنای درجه بندی نیست.
- مقاله های ارسالی از طریق پست الکترونیک و حتما به دو صورت PDF و Word باشد.
- ترجمه ها همراه با نسخه اصلی ارسال شود.
- مسوولیت حقوقی آثار ارسالی بر عهده نویسندگان مقاله ها می باشد.



نشانی:

مشهد، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی دفتر
گروه مهندسی برق
تلفن دبیرخانه انجمن: ۰۵۱-۳۶۱۰۳۸۵۶-۷
نمبر: ۰۵۱-۳۶۱۰۳۸۵۸
وب سایت انجمن: www.kiaeee.ir
پست الکترونیک: info@kiaeee.org



یادداشت مدیر مسوول

این توافق بایستی برای تامین انرژی صنعتی که در سال‌های اخیر با توجه به رکود اقتصادی با ظرفیت کم‌تری در مدار تولید بوده و یا صنعتی که امکان ادامه کار را نداشته‌اند و همچنین سرمایه‌گذاری‌های جدید در بخش صنعت، برنامه‌ریزی و اقدام کند. از این‌رو انتظار می‌رود میزان تقاضا در بخش برق در سال‌های اولیه برنامه ششم توسعه با رشد بیشتری نسبت به سال‌های گذشته مواجه گردد. بدیهی است رونق اقتصادی و افزایش تقاضا، نویدی برای رونق اقتصادی صنعت برق و همچنین افزایش کسب و کار در سطح ملی است.

بر این اساس توجه جدی‌تر به توسعه صنعت برق در هر دو بخش تولید و انتقال بایستی در دستور کار قرار گیرد. به‌علاوه همان‌طور که اشاره شد توجه به تشویق و ترغیب مردم جهت سرمایه‌گذاری در حوزه تولید اهمیت مضاعف خواهد داشت. اما به‌هر حال باید به این نکته توجه داشت، این مساله می‌تواند تهدیدی برای اقداماتی باشد که در سال‌های اخیر در راستای بومی‌سازی و ساخت داخل در بخش‌های مختلف صنعت برق (طراحی و ساخت داخل تجهیزات نیروگاهی، شبکه انتقال و ایستگاه‌های برق و توسعه بخش‌های نرم‌افزاری) به‌شمار آید. از این جهت افزایش واردات تجهیزات مورد نیاز صنعت برق بایستی به‌طور دقیق مورد نظارت قرار گیرد. بنابراین، برعهده سیاست‌گذاران حوزه صنعت برق و انرژی است که در بدو امر با طراحی سیاست‌های محدودیت در واردات برخی از تجهیزات، ارایه مشوق برای کسب فناوری‌های نوین و ایجاد کنسرسیوم مشترک با سرمایه‌گذاران خارجی برای ساخت داخل، میزان تقاضای اولیه برق را پاسخ داده و در ادامه آن زمینه‌های توسعه فناوری و بومی‌سازی کامل را فراهم نمایند. در این شماره از نشریه سعی شده است با ارایه مقالات و موضوعات مطرح شده با تاکید بر به‌کارگیری فناوری‌های جدید و بومی کشورمان، ظرفیت‌های مهندسی برق برای پاسخگویی به نیازهای کشور را بازگو و ترویج نماید. امید است در شماره‌های آتی بتوانیم با طرح موضوعات و مقالات کاربردی در همه گرایش‌های مهندسی برق و کامپیوتر، خودباوری و خوداتکایی در حوزه مهندسی برق را ترویج و به رونق اقتصادی دانش محور کمک نماییم.

حبیب رجبی مشهدی
مدیر مسوول

تحولات چند دهه‌ای اخیر در صنعت برق جهان چهره این صنعت را به‌طور ساختاری دگرگون کرده است. راهاندازی بازارهای برق و رقابتی کردن فضای خرید و فروش برق، خصوصی‌سازی، توجه به توسعه منابع انرژی تجدیدپذیر و بیش از همه انرژی خورشیدی و بادی از جمله مهم‌ترین این تغییرات می‌باشند. کشورهای صنعتی که به‌طور عمده دارای ساختار مالکیتی خصوصی بوده‌اند بیشتر بر رقابتی کردن بازار برق و بالابردن کارایی بازار تاکید داشته‌اند. در کشورهای در حال توسعه و از جمله کشورمان مساله مهم‌تر تشویق بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در صنعت برق و به عبارتی مردمی کردن اقتصاد صنعت برق می‌باشد.

علاوه بر این طراحی سیاست‌های پایدار و حمایت منطقی از تولید انرژی خورشیدی و بادی به‌عنوان یک راهکار موثر در اغلب کشورها مورد توجه جدی قرار داشته است. در کشور آلمان از سال ۲۰۰۰ میلادی به بعد با طراحی سیاستی هوشمندانه بالغ بر ۴۰ هزار مگاوات نیروگاه خورشیدی به‌دست بخش خصوصی وارد شبکه شده است. مقایسه وضعیت کشور ما با آلمان به لحاظ تابش انرژی خورشیدی از یک سو و همچنین نیاز به ترغیب مردم جهت سرمایه‌گذاری با توجه به مشکلات نقدینگی دولت از سوی دیگر به روشنی ضرورت طراحی یک بسته حمایتی جامع در توسعه انرژی‌های نو را آشکار می‌سازد. خوشبختانه به‌تازگی حمایت‌های ویژه‌ای از طرف سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا) در این راستا طراحی شده است. بدیهی است ثبات سیاست‌های حمایتی و متقاعدسازی افکار عمومی در پایداری این سیاست‌ها که مبین پایین بودن ریسک سرمایه‌گذاری می‌باشد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از این رو پرداختن به تحقیقات جامع و ازدیدگاه کلان در این زمینه و همچنین اطلاع‌رسانی دقیق و تخصصی از طریق برگزاری همایش‌های مختلف می‌تواند کمک شایانی به توسعه صنعت برق از طریق تولید انرژی‌های پاک بنماید. مطلب دیگری که در این روزها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است مساله توافق هسته‌ای می‌باشد.

خوشبختانه با الطاف خداوند متعال و تلاش کلیه مسوولین ذی‌ربط اجرای توافق هسته‌ای (برجام) آغاز شد و بسترهای لازم برای شکوفایی اقتصادی کشور از طریق سرمایه‌گذاری‌های خارجی و توسعه روابط با سایر کشورها فراهم شده است. صنعت برق نیز به‌عنوان زیرساخت مهم اقتصاد کشور متاثر از



مثلت صنعت، دانشگاه دولت در:

بهره‌برداری رسمی از نخستین پست کمپکت فوق توزیع



دهم فروردین ماه ۱۳۹۴ بهره‌برداری رسمی از نخستین پست کمپکت فوق توزیع با حضور مهندس چیت‌چیان وزیر نیروی دولت یازدهم، رشیدیان استاندار خراسان رضوی و جمعی از مدیران ارشد صنعت برق در مشهد آغاز شد. این پست نخستین نمونه یک پست فوق توزیع کمپکت در دنیا است که به همت متخصصان، کارشناسان و صنعتگران خراسان رضوی در صنایع کیان‌ترانسفو و همکاری علمی دانشگاه صنعتی شریف و با حمایت شرکت برق منطقه‌ای خراسان طراحی و به بهره‌برداری رسیده است. گویی پس از سال‌ها صحبت در مورد ارتباط صنعت و دانشگاه اینک این ارتباط شکل جدی‌تری به‌خود گرفته است به‌گونه‌ای که توانسته نمونه‌ای از ابتکار و خلاقیت و نوآوری را برای نخستین‌بار در دنیا به ثمر بنشاند و مثلت صنعت، دانشگاه و دولت را در انجام یکی از مهم‌ترین پروژه‌های صنعت برق در یک همکاری ویژه در کنار هم قرار دهد. این پست که به‌گفته کارشناسان و متخصصان خواهد توانست به انقلابی در صنعت برق تبدیل شود، با موفقیت در شبکه برق، زیر بار نامی قرار گرفته است.

مهندس چیت‌چیان در سخنرانی مراسم آغاز بهره‌برداری رسمی از این پست کمپکت با ابراز خوشحالی از حضور در این مراسم گفت: «حدود دو سال و نیم پیش در سمیناری که توسط اتاق بازرگانی در یزد برگزار شد در مورد همکاری‌های صنعت و دانشگاه، ایده‌ای که در دنیا با عنوان ایده مارپیچ سه‌گانه وجود دارد را مطرح کردم. ایده اصلی این مارپیچ سه‌گانه این است که توسعه حاصل همکاری‌های نزدیک سه رکن اصلی دولت، دانشگاه و صنعت است و عملکرد آن مانند پمپ‌های حلزونی است که در انتقال بعضی از مایعات کاربرد دارد و ضمن گردش حول محور خودش مایعات را به جلو می‌برد. بر این اساس اگر سه محور دولت، صنعت و دانشگاه با هم کار کنند، حاصل آن پیش بردن امر توسعه در جامعه است و یکی از نمونه‌های بارز این همکاری را امروز در این کار بسیار مبارک می‌بینیم که یک صنعت‌گر دانشمند و به‌روز و مبتکر ایده‌ای را مطرح نموده است و این ایده به‌وسیله دانشگاه مورد پشتیبانی قرار گرفته است و دولت در قالب شرکت برق منطقه‌ای خراسان و صندوق نوآوری و شکوفایی از آن حمایت کرده‌اند و حاصل آن یک کار ارزشمند برای صنعت شده است.» وزیر نیرو در ادامه سخنانش یکی از واقعیت‌های کشور را توسعه بسیار گسترده شهرها دانست و افزود: «ما در بسیاری از شهرها با این پدیده مواجه هستیم که ساختمان‌های قدیمی تخریب می‌شوند و به‌جای آن‌ها ساختمان‌هایی با ۵ یا ۱۰ برابر تعداد واحدهای قدیمی ساخته می‌شود و باعث افزایش مصرف آب، برق و دیگر مصارف ضروری می‌شود. وقتی مصرف برق افزایش می‌یابد، پست‌هایی که در گذشته تامین‌کننده برق آن منطقه بوده‌اند دیگر پاسخ‌گو نیستند و ظرفیت‌شان برای توسعه جدید تداوم ندارد. اگر بخواهیم پست ۶۳ کیلوولت احداث کنیم ناچاریم حدود ۵ هزار متر زمین را به این موضوع اختصاص دهیم و برای تامین ۵ هزار متر زمین در نقاط پرتراکم شهر باید تعداد زیادی خانه یا تاسیسات دیگر خریداری شود اما با کاری که امروز انجام دادند ۵ هزار متر به ۴۰ متر محدود شده و این خیلی ارزشمند است. هزینه‌ها را کاهش می‌دهد، بهره‌وری را افزایش می‌دهد و مردم منتفع می‌شوند. این کار بسیار ارزشمندی است ضمن این‌که استانداردهای لازم رعایت شده است و با رعایت ایمنی به‌صورت کمپکت و فشرده درآمده است و هیچ‌گونه خطری برای افراد ندارد در صورتی



مهندس چیت‌چیان :

ما کارهایی که در زمینه پژوهش و ابداعات در فناوری‌های جدید انجام می‌شود را به‌شدت حمایت می‌کنیم.



که در تاسیسات گذشته باید حریم ایمنی برای تاسیسات در نظر گرفته می‌شد». مهندس چیت‌چیان سپس با تاکید بر ارزشمند و مبتکرانه بودن این طرح که با تجهیزات داخلی ساخته شده است از همه دست‌اندرکاران این طرح؛ شرکت کیان ترانسفو، دانشگاه صنعتی شریف، صندوق نوآوری و شکوفایی، شرکت برق منطقه‌ای خراسان و شرکت توانیر صمیمانه تشکر نمود و با قدردانی از حضور استاندار خراسان رضوی در مراسم بهره‌برداری رسمی از این پست گفت: «وقتی صنعت‌گر احساس کند مدیریت ارشد سیاسی استان به این مساله توجه دارد و از آن پشتیبانی می‌کند، انگیزه مضاعف پیدا می‌کند و بسیار اثربخش است».

وزیر نیروی دولت یازدهم در ادامه به ظرفیت‌های بالای استان خراسان رضوی و مشهد به‌عنوان شهری که مورد توجه مردم کشور و جهانیان قرار دارد اشاره کرد و از تلاش همکارانش در شرکت‌های آب و برق اشاره نمود و گفت: «در چند جهت شرکت‌های وزارت نیرو در مشهد کارهای بسیار ارزشمندی را انجام داده‌اند. جناب آقای مهندس سعیدی مدیر عامل شرکت توزیع نیروی برق مشهد امروز مؤده دادند که سیم مسی در کل شهر مشهد جمع‌آوری شده و کابل خودنگهدار جایگزین آن شده است. من از قبل می‌دانستم که این شرکت بسیار پیشرو است و در عملیات خط گرم که باعث می‌شود بدون قطع برق تعمیر و نگهداری بر روی شبکه برقرار انجام شود بسیار پیشرو است و اگر بخواهیم موفقیت‌های این شرکت و شرکت برق منطقه‌ای خراسان را نام ببریم فهرستی طولانی خواهد شد و ما خوشحال هستیم که این اقدامات ابتکاری برای دیگر شرکت‌ها سرمشق خواهد شد».

مهندس چیت‌چیان هم‌چنین در مورد صنعت آب و فاضلاب استان گفت: «یک مرکز کنترل شبکه آب شهری در مشهد راه‌اندازی شده تا بتواند تمام نشتی‌ها از شبکه را کنترل و اندازه‌گیری نماید و نشتی‌ها را به کم‌ترین مقدار خود برساند و این هم یکی از کارهای بسیار ارزشمندی است که در این جا در حال انجام است». وزیر نیرو انجام این موفقیت‌ها را ارزشمند دانست و اشاره نمود که این موفقیت‌ها نباید موجب شود از خودمان راضی شویم که این مقدمه سقوط است.

مهندس چیت‌چیان در بخش پایانی سخنانش در مورد پست کمپکت فوق توزیع ۶۳ کیلوولت گفت: «انصافاً امروز کاری را که من اینجا دیدم یکی از مصادیق آن چیزی است که رهبر معظم انقلاب از ما خواستند؛ اقتصاد مقاومتی، پایین آوردن هزینه‌ها، بالا بردن بهره‌وری، خلاقیت، نوآوری. اگر ما این کار را بخواهیم به‌خوبی در دنیا معرفی کنیم، زمینه صادراتی بسیار خوبی هم خواهد داشت».

وزیر نیروی دولت یازدهم در حاشیه مراسم بهره‌برداری رسمی از نخستین پست کمپکت فوق توزیع در مشهد در گفت‌وگو با خبرنگاران برنامه‌های وزارت نیرو در ارتباط با حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان گفت: «ما کارهایی که در زمینه پژوهش و ابداعات در فناوری‌های جدید انجام می‌شود را به‌شدت حمایت می‌کنیم. مهم‌ترین حمایتی که ما می‌توانیم از این خلاقیت‌ها به‌عمل بیاوریم، این است که بازار ایجاد کنیم. اگر بازار کارهایی که به‌وسیله شرکت‌ها با این قدرت و خلاقیت انجام می‌شود ایجاد گردد و برای شرکت‌ها سودآور باشد، این بهترین حمایت از آن‌ها است. البته به‌جز بازار اگر امکانات آزمایشگاهی لازم باشد و اگر لازم باشد در جایی مورد آزمایش قرار گیرند (در شبکه) در همه این مراحل ما کمک خواهیم کرد. امیدواریم با ذوق و ابتکار و خلاقیتی که در پژوهشگران و صنعتگران ایرانی وجود دارد و با حمایت‌هایی که دولت از آن‌ها انجام می‌دهد ایران به یکی از قطب‌های پیشرفته صنعت برق دنیا تبدیل شود. به شکر خدا این ظرفیت و پتانسیل در کشور ما وجود دارد».

دکتر سلطانی رئیس هیات مدیره صندوق نوآوری و شکوفایی در مراسم بهره‌برداری رسمی از نخستین پست کمپکت فوق توزیع در مشهد گفت: «اگر بخواهیم به سمت اقتصاد فارغ از نفت و توسعه متکی بر دانش‌بنیان حرکت کنیم لازم است فناوری‌های بالا را به کشور بیاوریم و این جز با حضور بخش خصوصی و حمایت دولت امکان‌پذیر نیست». وی سپس با عنوان این مطلب که ۸۰ درصد اقتصاد ما دولتی است و اگر دولت به‌عنوان تضمین خرید و ایجاد بازار مطمئن وارد نشود بخش خصوصی نمی‌تواند به رشد و شکوفایی برسد گفت: «صندوق نوآوری و شکوفایی با هدف کمک به شرکت‌های خصوصی دانش‌بنیان تشکیل شده است و برای این که شرکتی بتواند از حمایت‌های این صندوق برخوردار شود باید دانش‌بنیان شده باشد و روی تحقیق و توسعه هزینه کرده باشد و طرحی که به صندوق ارایه می‌کند باید اقتصادی باشد».

دکتر سلطانی در ادامه با بیان این که ما به‌عنوان یک نهاد اقتصادی در حوزه دانش‌بنیان عمل می‌کنیم گفت: «باید نگاه اقتصادی داشته باشیم تا به‌جای توسعه بادکنکی و غیر واقعی، توسعه واقعی اتفاق بیفتد».

رئیس هیات مدیره صندوق نوآوری و شکوفایی تعداد شرکت‌های دانش‌بنیان شده مورد تایید معاونت علمی فناوری را ۱۴۰۲ شرکت اعلام نمود و گفت از بین ۷۰۲ طرح ارایه شده به صندوق ۴۲۱ طرح قطعی شده و بقیه از نظر بازار، مالی و اقتصاد و مدیریتی مورد بررسی قرار خواهند گرفت. وی گفت در سال ۱۳۹۳، ۳۲۳ طرح مصوب شده و مورد حمایت قرار گرفته‌اند.

دکتر سلطانی اظهار امیدواری کرد تا با حمایت مجلس و دولت سرمایه اولیه ۳۰۰۰ میلیارد تومانی صندوق تامین شود و نیم درصد از بودجه حقوقی کشور که هر ساله باید به این صندوق تعلق بگیرد هم اتفاق بیافتد و بخش خصوصی بعد از سال‌ها حرکت رو به جلو داشته باشد. وی در ادامه افزود: «ما باید مواظب باشیم این صندوق جای خودش باشد و جایگزین کسری نقدینگی مالیه بخش‌های دولتی نشود. چون ما یک بخش دولتی

وزیر نیرو:

امیدواریم با ذوق و ابتکار و خلاقیتی که در پژوهشگران و صنعتگران ایرانی وجود دارد و با حمایت‌هایی که دولت از آن‌ها انجام می‌دهد ایران به یکی از قطب‌های پیشرفته صنعت برق دنیا تبدیل شود. به شکر خدا این ظرفیت و پتانسیل در کشور ما وجود دارد.



دکتر سلطانی رئیس هیات مدیره صندوق نوآوری و شکوفایی:

صندوق نوآوری و شکوفایی با هدف کمک به شرکت‌های خصوصی دانش‌بنیان تشکیل شده است.

کوچک را هم نمی‌توانیم پشتیبانی کنیم. ما در این فضا باید به شرکت‌های دانش‌بنیان کمک کنیم نه این که جایگزین بازار آن‌ها بشویم».

رئیس هیأت مدیره صندوق نوآوری و شکوفایی در ادامه در مورد نحوه حمایت‌های صندوق گفت: «صندوق از طرح‌های تحقیقاتی و نمونه‌های آزمایشگاهی حمایت نمی‌کند و از جایی وارد می‌شود که طرح به‌نوع صنعتی رسیده باشد. چون صندوق خودش یک نهاد مالیه است و اگر بخواهد تداوم درستی داشته باشد و تجربیات تلخ گذشته را تکرار نکند باید نگاه اقتصادی داشته باشد. شرکت خصوصی باید عهده‌دار موضوع باشد و دانشگاه کمک مشورتی بدهد». دکتر سلطانی سپس اضافه نمود وقتی یک استاد دانشگاه از طرح حمایت می‌کند اطمینان صندوق نسبت به طرح افزایش می‌یابد و بهتر و سهل‌تر می‌تواند کمک کند. اما این سوء تفاهم وجود دارد که شرکت دانش‌بنیان شرکتی است که چند استاد دانشگاه در آن حضور داشته باشند. دکتر سلطانی در مورد نحوه حمایت صندوق نوآوری و شکوفایی از پست کمپکت فوق توزیع گفت: «این طرح پس از آن که شرکت برق منطقه‌ای خراسان تضمین خرید آن را انجام داد و اطمینان پیدا کردیم از آن استفاده خواهد شد، بعد از بررسی‌های فنی طرح را مورد حمایت قرار دادیم و یک سوم مبلغ مصوب برای شروع و راه‌اندازی و دو سوم آن منوط به تأییدیه‌هایی است که از نظر فنی باید شرکت برق منطقه‌ای بدهد و این زمانی است که پست زیر بار نتیجه واقعی‌اش را آشکار کند که البته این اتفاق افتاده است».

مهندس متولی‌زاده مدیرعامل شرکت برق منطقه‌ای خراسان در مراسم بهره‌برداری از نخستین پست کمپکت فوق توزیع، با طرح این موضوع که این پست با همکاری شرکت دانش‌بنیان کیان ترانسفو به مرحله بهره‌برداری رسیده است، رونمایی از رله دیفرانسیل ساخت داخل را که با همکاری صنعت و دانشگاه صنعتی شریف انجام شده است مورد اشاره قرار داد و در ادامه به اقدامات انجام شده در بخش کاهش تلفات پرداخت و گفت: «یکی از اقدامات بسیار مهم تحقق سرمایه‌گذاری برای کاهش تلفات بوده است که خوشبختانه امروز به‌طور رسمی اعلام می‌شود که توانستیم به هدف تعیین شده دست پیدا کنیم». مدیرعامل شرکت برق منطقه‌ای خراسان در ادامه گفت: «سه موردی که عنوان شد حکایت از اجرای دقیق اقتصاد مقاومتی در صنعت برق و تحقق شعار "ما می‌توانیم" دارد که با اتکا به نیروهای متعهد و دلسوز و علاقمند به خدمت و نظام تحقق پیدا کرده است و امیدواریم با حمایت و پشتیبانی وزارت نیرو شاهد رشد و توسعه بیش از پیش این اقدامات باشیم».

دکتر وکیلان رئیس دانشکده برق دانشگاه صنعتی شریف در مراسم بهره‌برداری رسمی از نخستین پست کمپکت فوق توزیع و رونمایی از نخستین رله دیفرانسیل نیومریک به همکاری این دانشکده با شرکت برق منطقه‌ای خراسان، شرکت کیان ترانسفو و شرکت همیان فن اشاره کرد و از حمایت شرکت توانیر در این زمینه تشکر نمود و نتیجه این همکاری‌ها را خوب توصیف کرد.

دکتر وکیلان ابراز امیدواری کرد از این نوع همکاری‌ها که برای صنعت برق کشور بسیار مفید است می‌تواند در آینده هم وجود داشته باشد و منجر به صادرات این محصولات هم بشود.

دکتر وکیلان در ادامه به نقش نظارتی دانشکده برق دانشگاه صنعتی شریف در انجام طرح پست کمپکت از طرف شرکت برق منطقه‌ای خراسان اشاره نمود و گفت با بررسی‌هایی که انجام شده این کار در دنیا تاکنون نمونه‌ای نداشته است و این نشان‌دهنده ابتکاری است که در صنعت وجود دارد و قابل تقدیر و تشویق است. رئیس دانشکده برق دانشگاه صنعتی شریف آمادگی این دانشگاه را جهت همکاری بیشتر با توانیر و وزارت نیرو در زمینه‌های مختلف به‌ویژه خطوط انتقال فشرده است.

دکتر مصطفی رجبی مشهدی در مراسم بهره‌برداری رسمی از پست کمپکت فوق توزیع ۶۳ کیلوولت ناظر به ویژگی‌های فنی و اقتصادی این پست را در گفت‌وگو با خبرنگاران تشریح کرد. وی ضمن اشاره به ساخت این پست به‌صورت ۱۰۰ درصد ایرانی و بومی ساخت این پست را باعث افتخار صنعت برق خراسان دانست و گفت: «با توجه به این که ترانسفورماتور و سایر اجزای پست در داخل یک مجموعه به‌نام پست کمپکت قرار گرفته است اعتقاد ما بر این است که با اجرای این طرح هم هزینه‌های سرمایه‌گذاری کاهش پیدا خواهد کرد و هم به میزان بسیار زیادی کاهش تلفات اتفاق خواهد افتاد و وقتی از این پست ارزان بتوانیم در جاهای مختلف نصب کنیم، استفاده از ولتاژ بالا منجر به کاهش تلفات خواهد شد و این یک انقلاب در سرمایه‌گذاری در صنعت برق به‌حساب می‌آید چرا که سرمایه‌گذاری در زمینه پست را به نصف کاهش داده است». معاون راهبری شرکت مدیریت شبکه برق کشور یکی دیگر از ویژگی‌های پست کمپکت ۶۳ کیلوولت را ابعاد آن در زمینه به مساحت اندک و غیر قابل مقایسه با پست‌های معمول دانست و افزود: «از موارد مهم دیگر، سوچ‌خانه ۲۰ کیلوولت مائولار آن است که در نزدیکی بار قرار می‌گیرد و به نحو مطلوبی باعث کاهش تلفات می‌شود و در کلان‌شهرها که با رشد مصرف شدید روبه‌رو هستند بسیار کاربردی است و در برج‌ها و مراکز تجاری بزرگ بسیار مورد نیاز است».

دکتر رجبی با بیان این که این کار برای نخستین بار در دنیا در این سطح از ولتاژ انجام شده است ابراز امیدواری کرد پروژه تحقیقاتی که با همکاری دانشگاه صنعتی شریف در زمینه ولتاژ ۱۳۲ کیلوولت شروع شده است به ثمر برسد تا بهره‌وری بیش از گذشته اتفاق بیافتد.



مهندس متولی‌زاده مدیرعامل شرکت برق منطقه‌ای خراسان:

اجرای دقیق اقتصاد مقاومتی در صنعت برق و تحقق شعار ما می‌توانیم



دکتر وکیلان رئیس دانشکده برق دانشگاه صنعتی:

دانشگاه صنعتی شریف آماده همکاری بیشتر با توانیر و وزارت نیرو در زمینه‌های مختلف به‌ویژه خطوط انتقال فشرده است.



دکتر مصطفی رجبی مشهدی:

پست کمپکت ۶۳ کیلوولت انقلابی در زمینه سرمایه‌گذاری در صنعت برق است.



کاربرد سیستم اطلاعات مکانی (WebGIS) در سیستم تعمیر و نگهداری پیشگیرانه تجهیزات شبکه توزیع برق (PM)

۱. مقدمه

از زمانی که صنعت و ماشین پا به عرصه زندگی بشر گذاشته، همواره چگونگی استفاده و بهره‌وری حداکثر از آن ذهن انسان را به خود مشغول کرده است، به‌طوری که سعی داشته همواره از فرسایش و خرابی آن‌ها تا حد امکان جلوگیری و به عمر مفیدشان بیفزاید. در طول سال‌های قبل در برخی سازمان‌ها و شرکت‌ها نگاه مدیریت بر فعالیت‌های تولید و توسعه متمرکز بوده و فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات (نت) به چشم یک سربار و یا فعالیت‌هایی که باعث افزایش هزینه می‌شوند و در عمل کم بازده هستند نگریسته می‌شد، اما در طی سال‌های اخیر نیازمندی‌های کسب‌وکار و افزایش روزافزون انتظارات مشتریان باعث شده تا مدیران توجه بیش‌تری به نگهداری و تعمیرات پیدا کنند. مهم‌ترین و اساسی‌ترین دلیل داشتن یک سیستم نگهداری و تعمیرات استفاده از حداکثر کارایی سیستم است و این امر موجب افزایش بازدهی و بهره‌وری در کل سیستم می‌شود.

۲- انواع سیستم‌های نت

- نت برنامه‌ریزی نشده (unplanned maintenance)
 - نت برنامه‌ریزی شده (planned maintenance)
 - نگهداری و تعمیرات پیشگویانه یا پیش‌بینانه (predictive.m)
 - نگهداری و تعمیرات هوشمندانه، نت بهره‌ور یا موثر (productive.m)
- ۱-۲- نت برنامه‌ریزی نشده (unplanned maintenance)
- این نت به فرآیندی گفته می‌شود که استراتژی (Fix it after it Breaks) به معنی (تعمیر اضطراری) وقتی خراب شد تعمیر کن. یعنی باید صبر کنیم تا در شبکه توزیع برق معایبی پدیدار شود و سپس رفع عیب نماییم.

مجتبی فتحي

جواد صفري توج

محسن جليلوند

احمد رضا احمدي

شرکت توزیع برق شهرستان مشهد

واحد بهره‌برداری در شرکت‌های توزیع برق یکی از پر کاربردترین واحدها می‌باشد؛ زیرا حفاظت، تعمیر و نگهداری شبکه‌های برق یکی از ارکان اصلی توزیع برق می‌باشد. از این‌رو لزوم طبقه‌بندی و اولویت‌بندی مسوولیت‌های این واحد با توجه به پیشرفت و توسعه روزافزون شبکه‌های برق امری ضروری است. امروزه به‌علت گسترش شبکه‌های توزیع برق حجم کاری این واحد به‌قدری زیاد است که اگر دسته‌بندی انجام نگیرد، واحد دچار بحران خواهد شد. هم‌چنین یکی دیگر از ملزومات شبکه‌های برق اقدامات پیشگیرانه و بازدهی‌های طبقه‌بندی شده از شبکه‌ها می‌باشد. در این مقاله تلاش شده است تا به شرح مختصری از سیستم نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (نت) و هم‌چنین ارتباط تنگاتنگ آن با سیستم اطلاعات مکانی (Web GIS) که در شرکت توزیع برق شهرستان مشهد انجام شده است و هم‌چنین اهمیت بالای آن در سیستم نت شرکت پرداخته شود.

واژه‌های کلیدی: توزیع برق، سامانه اطلاعات مکانی (GIS)؛
سیستم نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (نت) PM



شکل ۲: جایگاه بهبود نظام نگهداری و تعمیرات در چشم‌انداز ۱۴۰۵

۳- برنامه‌های تدوین شده جهت بهبود نظام نگهداری و تعمیرات

- پیاده‌سازی سیستم نرم‌افزاری نگهداری و تعمیرات به همراه کلیه فرایندهای مربوط
- اجرای برنامه زمان‌بندی تدوین شده نگهداری و تعمیرات
- توسعه و پیاده‌سازی کامل سیستم نت (توسعه نرم‌افزار با استفاده از پاکت پی‌سی و ...)
- تکمیل زیرساخت GIS در تمام امور جهت پیاده‌سازی سیستم نت
- بهبود نظام بهره‌برداری (شامل ساختار و تشکیلات، آموزش، تجهیزات، فرایندها و دستورالعمل‌ها) در حوزه نت
- استقرار سیستم نظارت بر بهره‌برداری

۴- فرآیند نگهداری و تعمیرات (نت)

نگهداری و تعمیرات: مجموعه‌ای از فعالیت‌های عملیاتی، فنی و مدیریتی به منظور حفظ و بهبود تجهیزات و دستگاه‌ها، پایداری شبکه‌ها، کاهش هزینه‌ها و افزایش راندمان و تسهیل و روان نمودن فرایندهای بهره‌برداری می‌باشد. پیاده‌سازی این فرآیند عبور از عملکرد سنتی اقدام اصلاحی (cm) به سمت مدیریت نگهداری و تعمیرات برنامه‌ریزی شده با روش‌های نوین و در راستای دستیابی به اهداف مدیریت دارایی Asset Management است.

۵- رئوس فعالیت‌های انجام شده جهت پیاده‌سازی PM

- وضعیت موجود ساختار بهره‌برداری از لحاظ ترکیب گروه‌های عملیاتی، منابع انسانی، دستور کارهای ارجاعی و غیره بررسی و جمع‌بندی شده است.
- فرآیندهای نت با در نظر گرفتن قابلیت نرم‌افزاری بازنگری و اصلاحات لازم صورت پذیرفته و همچنین جهت پایش فعالیت‌ها شاخص‌های لازم تهیه گردیده است.

- دوره آموزشی مورد نیاز نت برگزار گردیده است.
- سیستم مکانیزه نت تدوین و پیاده‌سازی گردیده است.
- مطالعات و بررسی‌های لازم درخصوص تخصصی نمودن نت فشار ضعیف یا ایجاد خدمات فنی فشار ضعیف انجام شده است.

۶- الزامات مورد نیاز جهت پیاده‌سازی موفق سیستم PM

- دیدگاه‌های مثبت و واقع‌بینانه مدیران و همکاران حوزه بهره‌برداری به PM
- پذیرفتن این امر که PM برای توسعه‌یافتن در سازمان و تغییر فرهنگ نگهداری و تعمیرات جاری به زمان مناسبی نیاز دارد.
- انتخاب مأمور بازدید از بین افراد با تجربه
- آماده بودن بستر مناسب GIS
- تهیه سیستم نرم‌افزاری سازگار با فرایندهای بهره‌برداری و با قابلیت لینک GIS.

۲-۲- نت برنامه‌ریزی شده (planned maintenance)

این فرآیند شامل دو نوع می‌باشد:

الف. اقدام اصلاحی CM (corrective. m)

بر مبنای گزارشات بهره‌برداری یا بازرسی، اقدام اصلاحی لازم صورت می‌پذیرفت.

ب. نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه PM (preventive. m)

این استراتژی می‌گوید (Fix it before it breaks) به این معنی هست که قبل از این که عیبی در شبکه پدیدار شود، عیب را برطرف کنیم (قبل از اینکه عیب پدیدار شود جلوی عیب را بگیریم) در این روش فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات طبق برنامه‌ریزی در فواصل زمانی (interval time) یا کارکردی (condition) از پیش تعیین شده انجام می‌شود.

۲-۳- نگهداری و تعمیرات پیشگویانه یا پیش‌بینانه (predictive.m)

اگر خراب نشده تعمیرش نکن. به مجموعه فعالیت‌هایی اطلاق می‌گردد که جهت تعیین شرایط فنی کارکرد اجزاء سیستم (اندازه‌گیری میزان فرسایش اجزاء، ترمونگاری، تست) در حین بهره‌برداری انجام گردیده و براساس نتایج حاصله از آن، زمان و نوع فعالیت نت مورد نیاز تعیین می‌گردد.

نت پیشگویانه براساس شرایط کارکرد اجزاء سیستم برنامه‌ریزی و اجرا گردیده و به‌همین دلیل عبارت Condition Based Maintenance نیز به این دسته از فعالیت‌ها اطلاق می‌گردد.

۲-۴- نگهداری و تعمیرات هوشمندانه، نت بهره‌ور یا موثر (predictive.m)

نت موثر به مجموعه فعالیت‌هایی اطلاق می‌گردد که با هدف بهبود وضعیت کارکرد اجزای شبکه، کاهش میزان نیاز آن‌ها به اجرای نت و حذف کامل علل وقوع خرابی‌ها انجام می‌گیرد. این استراتژی می‌گوید: (Don't just fix it, improve it) به این معنی که پیشگیری کن از نیاز به تعمیر، یعنی کاری کنیم اصلاً عیبی رخ ندهد مثلاً به جای مقرر چینی از نوع سیلیکونی استفاده گردد. در روش دوم تعمیرات پیشگیرانه بود و اینجا پیشگیری از تعمیر دنبال می‌کند. با نگاهی به نقشه استراتژی شرکت جهت تدوین و پیاده‌سازی سیستم مکانیزه نگهداری و تعمیرات شبکه (CMS-GIS) در شرکت توزیع برق شهرستان مشهد می‌بینیم که (بهبود نظام نگهداری و تعمیرات) یکی از رکن‌های اساسی چشم‌انداز ۱۴۰۵ شرکت توزیع برق شهرستان مشهد می‌باشد که در شکل ۱ و ۲ نمایان می‌باشد.



شکل ۱: چشم‌انداز ۱۴۰۵ شرکت توزیع برق شهرستان مشهد



شکل ۵: نمونه تقسیم یک حوزه شهرستان مشهد و هر منطقه نیز نهایتاً به ۹ قسمت تقسیم می‌شود. (شکل ۵)



شکل ۷: قسمت‌بندی کلی شهرستان مشهد اساس و پایه تقسیم‌بندی اطلاعاتی نیز همین منطقه و قسمت می‌باشد.

۹- تشریح سیستم مکانیزه نت CMS-GIS

فلوچارت برنامه cms-gis که برای سیستم PM شرکت توزیع برق شهرستان مشهد می‌باشد براساس شکل ۷ بوده، که مراحل آن در ادامه توضیح داده می‌شود:



شکل ۷: فلوچارت برنامه بازدید در سیستم PM(cms-gis)

در مراحل نخست و دوم بازدیدها براساس منطقه‌بندی و قسمت‌بندی پیاده‌سازی شده در سامانه اطلاعات مکانی (GIS) شرکت توزیع برق شهرستان مشهد زمان‌بندی می‌شود. (شکل ۸)

● برنامه‌ریزی و تهیه و پیاده‌سازی برنامه‌های زمان‌بندی بازدید از شبکه و تاسیسات.

● برنامه‌ریزی و اجرای برنامه‌های تعمیر شبکه که از برنامه‌های بازدید شده باشد.

● امکان تهیه گزارش‌های فنی و مالی از سیستم

● امکان تهیه گزارش‌های مدیریتی مناسب

۷- شرح مختصری از GIS

سیستم GIS شرکت توزیع برق مشهد یک سیستم جامع اطلاعات و آمار مکانی بوده که علاوه بر اطلاعات مربوط به مشترکین و شبکه برق توزیع مشهد، اطلاعات سایر ارگان‌های خدماتی و وابسته (نقشه‌ها و عکس‌های هوایی و پانارومای شهرداری-محل کافوی مشترکین تلفن ثابت شرکت مخابرات-اطلاعات مسیر شبکه و بار فیدرهای برق منطقه-نقشه‌های شرکت گاز و ...) بر پایه اجرای مفهوم SDI در اختیار طیف وسیعی از کاربران (نیروهای شرکت-دفاتر پست-شهرداری گاز-شرکت‌های وابسته به شرکت مانند منیران و ...) قرار می‌دهد، و همچنین امکانات بسیار دیگری از قبیل انواع تحلیل‌ها و گزارشات را بر مبنای یک بستر یکپارچه اطلاعاتی فراهم نموده است. در شرکت توزیع برق مشهد بسترهای ارایه اطلاعات و گزارشات شامل GIS-Web-Desktop-ARCGIS _ برنامه‌های embed (غیر مجاز، فروش، ۱۲۱، pm، سیم سرقتی، خسارات و ...)

۸- معرفی تقسیمات مدیریتی و پایه تحلیل داده سیستم اطلاعات مکانی GIS شرکت توزیع برق شهرستان مشهد

شرکت توزیع برق مشهد به کمک کارشناسان واحد GIS اقدام به پایه‌گذاری و اشتراک‌گذاری یک مدل کدگذاری بستر زمین مبتنی بر استانداردهای موجود جهانی از جمله نمونه‌های پیاده‌سازی شده در کشورهای آمریکا و قطر، در بین کلیه قسمت‌های داخلی شرکت و شرکت‌های خدماتی نموده است. در این سیستم کل شهرستان به ۱۰ (اعداد ۹ تا) حوزه تقسیم‌بندی شده است. (شکل ۳)



شکل ۳: حوزه‌بندی شهرستان مشهد

هرحوزه خود به ۹۹ منطقه تقسیم می‌شود که شماره منطقه در کل شهرستان یونیک می‌باشد. (شکل ۴)



تصویر شماره ۴- منطقه‌بندی شهرستان مشهد

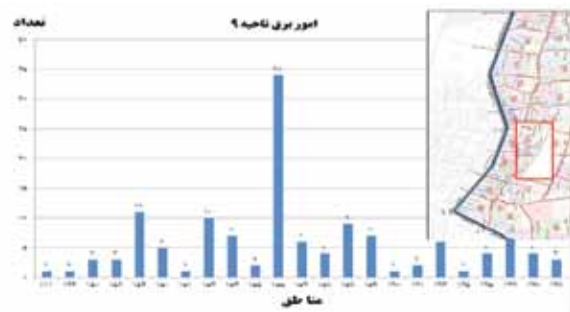
می‌افتد که جهت انجام عملیات تعمیرات نیاز به حفاری منطقه‌ای می‌گردد. حال چنانچه موقعیت سایر عوارض معلوم نباشد چه بسا اتفاق می‌افتد که به‌هنگام حفاری جهت انجام عملیات تعمیرات، عوارضی دیگر مانند کابل برق، کابل فیبر نوری و ... آسیب می‌بینند که خود منجر به تحمیل هزینه و طولانی‌تر شدن عملیات تعمیرات می‌گردد و باعث می‌شود که تعمیر یک عارضه منجر به صدمه دیدن عارضه‌های دیگر شود.

د. رفع خرابی یک عارضه با استفاده از شناخت موقعیت عوارض دیگر در پارهای موارد لازم است جهت رفع خرابی یک عارضه تیم تعمیرات به‌طور غیرمستقیم وارد عمل گردد. بدین‌صورت که به جای مراجعه مستقیم به عارضه معیوب لازم است به عوارض مرتبط مراجعه شده و پس از انجام عملیات اولیه نسبت به رفع عیب عارضه مذکور اقدام گردد. به‌عنوان مثال چنانچه در شبکه توزیع برق، انشعاب یا انشعابات دچار حادثه شود، ابتدا لازم است تیم تعمیرات به کات‌اوت‌ها و آچارهایی که توسط آن‌ها جریان برق در انشعاب معیوب قطع می‌شود، مراجعه نماید و سپس نسبت به رفع عیب انشعاب حادثه دیده اقدام گردد.

ه. دسته‌بندی نواقص و اشکالات تعیین شده
به‌عنوان مثال رسیدگی به رفع ایراد روشنایی از قبیل نبود نور کافی براساس تراکم مشترکین محدوده مورد نظر
و. تعیین مسیر جهت بازبینی یا رفع خرابی به‌ویژه در مورد شبکه‌های زمینی

با توجه به قدیمی بودن شبکه‌های توزیع برق در برخی مکان‌ها و همچنین تخریب سازه‌های قدیمی و فرسوده، و نیز تعریض معابر فرعی و اصلی به مرور زمان، و عدم وجود نقشه‌های مشخص و قابل استناد به‌ویژه در مورد شبکه‌های توزیع برق زمینی؛ داشتن مختصات مکانی و اطلاعات توصیفی این عوارض می‌تواند راه‌گشای اصلی گروه‌های اجرایی در موقع بروز خرابی در شبکه‌های توزیع باشد.

ز. قابلیت انجام تحلیل‌های هم‌پوشانی لایه‌ها
امکان انجام تحلیل‌هایی که از طریق هم‌پوشانی و برهم‌نهی لایه‌های اطلاعاتی مختلف در این سیستم حاصل می‌شوند، وجود دارد. از قبیل تحلیل کاهش میزان سیم سرقتی براساس لایه کد آدرس [۱] در محدوده مورد نظر که لازمه آن هم‌پوشانی لایه‌های شبکه سیمی، کد آدرس و مطابقت آن با آمار سیم سرقتی و برنامه‌ریزی جهت اولویت‌بندی مناطق جهت کاهش این معضل می‌باشد. برای مثال در امور برق ناحیه ۹ مطابق با شکل ۱۰، منطقه با کد آدرس ۱۵۵ دارای بیش‌ترین آمار سیم سرقتی را دارا می‌باشد.



شکل ۱۰: منطقه ۱۵۵ امور برق ناحیه ۹

ح. کمک به برآورد انجام عملیات و تخصیص نیرو جهت اعزام به محل با توجه به برآورد کردن حجم و پراکندگی عملیات و همچنین در نظر گرفتن زمان عملیات می‌توان تعداد پرسنل لازم را به محل اعزام نمود.



شکل ۸: محیط نرم‌افزار سیستم PM

۹-۱- ارتباط بین سیستم اطلاعات مکانی (GIS) و سیستم نت PM (cms-gis)

استفاده از سیستم GIS به‌صورت On-line امروزه گسترش چشم‌گیری یافته است. Web GIS بستر مناسبی جهت ارائه خدمات On-line در این زمینه می‌باشد. امروزه نرم‌افزارهای گوناگونی در زمینه سیستم‌های مدیریت اطلاعات مکانی طراحی شده است. شرکت ESRI یکی از قدرتمندترین شرکت‌های نرم‌افزاری در زمینه سیستم‌های مدیریت اطلاعات مکانی می‌باشد و بسته نرم‌افزاری ArcGIS کاربردی‌ترین محصول این شرکت است. شرکت‌های فعال در زمینه GIS در کشور ایران و به‌خصوص در شرکت‌های توزیع معمولاً با تغییرات در ساختار ظاهری و به اصطلاح بومی‌سازی این نرم‌افزار، از آن به‌عنوان نرم‌افزار GIS استفاده می‌کنند. به‌همین دلیل ارتباط بین سیستم اطلاعات مکانی (GIS) و سیستم نت PM (cms-gis) نیز براساس web می‌باشد، که قابلیت‌های زیر را دارا است:

الف. نمایش موقعیت مکانی عوارض
جهت نمایان شدن موقعیت مکانی عوارض یک آیکن به‌نام (نقشه) در سیستم قرار گرفته که با کلیک بر آن محل بازدید به همراه عوارض مورد نظر نمایان می‌شود (شکل ۹).



شکل ۹: محیط نرم‌افزار GIS استفاده شده در سیستم PM

ب. عدم نیاز به طبقه‌بندی عوارض
در سیستم‌های مکانیزه قبلی معمولاً حجم قابل توجهی از نرم‌افزارها و یا اطلاعات نگهداری شده‌ی مربوط به pm به آدرس‌دهی عوارض، شناسنامه‌ها و ... اختصاص می‌یافت. در صورتی که در سیستم pm لینک شده به GIS و دسترسی به موقعیت مکانی از روی نقشه این مسایل منتفی می‌باشد.

ج. تعیین موقعیت عوارض نسبت به یکدیگر
در بسیاری از مواقع به‌خصوص در شبکه‌های تاسیسات فنی اتفاق



شکل ۱۰: نمایش منطقه ۶۳۲ به همراه قسمت‌های آن در کروکی تهیه شده

۱۰- خروجی‌های سیستم نت (gis- cms) جهت استفاده در سیستم اطلاعات مکانی GIS

- سهولت و تسریع در به‌روز رسانی اطلاعات شبکه چون اطلاعات نواقص و اشکالات به‌صورت طبقه‌بندی شده در دسترس قرار می‌گیرند، امکان به‌روز رسانی با سرعت و دقت بالاتری صورت می‌پذیرد.
- کاهش بازدیدهای دوره‌ای و هزینه‌های مربوط به برداشت اطلاعات جهت به‌روز رسانی شبکه
- برای این منظور کلیه ماموران بازدید سیستم نت PM کلیه تغییرات در شبکه توزیع را یادداشت و به کارشناسان GIS امورها اطلاع‌رسانی می‌شود.
- بهبود و افزایش صحت گزارش‌گیری از شبکه و تجزیه و تحلیل‌های مربوط به شبکه
- با توجه به امر تسریع در به‌روز رسانی و دریافت اطلاعات از درگاه‌های اصلی و اجرایی خود این موضوع نمودش را بیش‌تر در مورد مباحث گزارش‌گیری و تجزیه و تحلیل شبکه‌ها نشان می‌دهد و نهایتاً درصد صحت و درستی این مباحث بیش‌تر می‌شود.
- اصلاح نام خیابان شهری و روستایی
- با توجه به اینکه نام‌گذاری و اصلاح خیابان‌ها به‌عهده شهرداری می‌باشد، جهت به‌روز نمودن نام خیابان‌ها نیز از ماموران بازدید سیستم نت استفاده می‌شود.

۱۱- نتیجه‌گیری

در شرایط کنونی و با توجه به هدف‌گذاری‌های کوتاه مدت و بلند مدت هر سازمان، و برنامه‌ریزی جهت رسیدن به این اهداف، استفاده از سیستم‌های نرم‌افزاری امری اجتناب‌ناپذیر است، از طرفی ارتقای صحیح این سیستم چه از جهت ساختار و چه روش کاری می‌تواند بهره‌وری را در مسیر پیشرفت به‌سرعت ارتقا دهد. در این راستا تعیین موقعیت مکانی، تحلیل‌های مبتنی بر مکان و ارتباط کارآمد جهت به‌روز رسانی داده‌ها و اطلاعات براساس زیر ساختی ساده، مقرون به‌صرفه و در عین حال فنی و کارشناسی شده می‌تواند کارآمد بوده و این موضوع را تحقق بخشد.

منابع

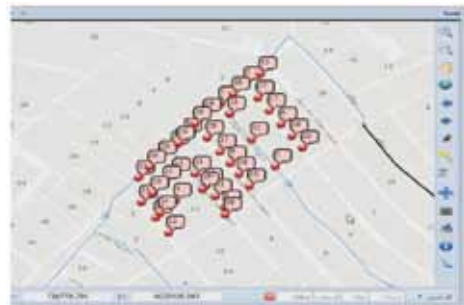
- [۱] م. روح‌بخش، م. صدیقی و ج. مسکنی، "شناسایی استاندارد به‌عنوان زیر ساخت کلیدی در ساختار GIS شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد"، هشتمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت ایران، تهران، ۱۳۸۹.
- [۲] ج. مسکنی، ک. ذاکر، م. صدیقی، م. روح‌بخش، ج. صفری، "طراحی نرم‌افزار Office GIS، ابزاری کاربردی در زمینه مدیریت اطلاعات مکانی در شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد"، شانزدهمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق، بندرعباس، ایران، ۱۳۹۰.
- [3] R. L. Church, "Geographical information systems and location science", Computers & Operations Research 29 (2002) 541-562.
- [4] X. Lu, "GIS Develop Web Based Intelligent Transportation with Application Systems Web Service Technology", 2006 6th International Conference on ITS Telecommunications Proceedings.

ط. تسریع در روند انجام فعالیت‌های تعمیر و نگهداری در شکل ۸ ابزارهایی [۲] مانند بزرگ‌نمایی جهت بزرگ نمودن (Zoom in) در محیط نقشه، کوچک‌نمایی جهت کوچک نمودن (Zoom out) در محیط نقشه، جابه‌جایی، نمای کامل نقشه، حالت قبل و بعد جهت راحتی کاربران قرار گرفته است. از دیگر ابزارهای این جعبه ابزار، ابزار دسترسی به تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. این تصاویر با تلاش تیم نقشه دفتر GIS گردآوری و به‌صورت یک سرویس نقشه پایه در اختیار کاربران قرار گرفته است. همان‌طور که در شکل ۱۱ آورده شده است، این تصاویر بر پایه تصاویر موجود در نرم‌افزار Google earth آماده‌سازی شده است.



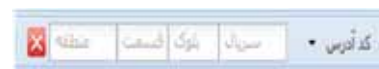
شکل ۱۱: تصاویر ماهواره‌ای موجود در سیستم نت

هم‌چنین ابزارهایی کاربردی مانند چاپ نقشه، خروجی عکس، مدیریت لایه‌ها، نمایش اطلاعات توصیفی، جست‌وجوی فیدرهای شبکه فشار متوسط می‌باشد. علاوه بر این ابزارها جهت چاپ محل بازدید، خود سیستم به‌طور خودکار عوارضی مثل پایه‌ها را مطابق با شکل ۱۲ شماره‌گذاری می‌نماید تا ماموران بازدید راحت‌تر بتوانند گزارش معایب پایه‌ها را اطلاع‌رسانی نمایند.



شکل ۱۲: شماره گذاری عوارض

هم‌چنین ابزارهای مختلف جهت جست‌وجو براساس معیارهای مختلف مثل کد آدرس [۱] (سیستم شناسایی استاندارد کد آدرس) سیستمی جهت کدگذاری عوارض بوده که به‌عنوان زیرساختی کلیدی در ساختار GIS در شرکت توزیع برق مشهد مطرح شده است. (شکل ۱۳)



شکل ۱۳: ابزار جست‌وجوی کد آدرس

با توجه به تهیه لایه‌های مربوطه این سیستم در شرکت توزیع برق شهرستان مشهد با تهیه تصاویر از این نرم‌افزار می‌توان جهت کدگذاری معکوس استفاده نمود. در شکل ۱۰ یکی از مناطق به همراه قسمت‌های آن که به کمک سیستم کدگذاری شده است، نشان داده شده است، آدرس معابر، رمز رایانه، شماره پرونده و شماره تنه کنتور در این سیستم مورد استفاده قرار گرفته است.



معماری سبز: فرم، فضا و انرژی

کاربرد عناصر مولد انرژی (پانل‌های خورشیدی و توربین باد) در شکل‌گیری معماری سبز

۱. مقدمه

تلفیق معماری با طبیعت و گیاهان یک ایده جدید نیست؛ طراحی فضاهای سبز از زمان توجه انسان‌ها به معماری شروع شد. ساخت محل زندگی شامل استفاده از مناطقی با طراحی باغ به‌عنوان یک روش هنری از دیرباز مورد توجه انسان‌ها بوده است. به‌عنوان مثال ساخت دیوارهای شیب دار در حدود ۲۱۰۰ سال قبل از میلاد که با درختان و بوته‌های گل پوشیده شده بودند، باغ‌های معلق بابل که شامل ستون‌های باغ مانند و کلبه‌های پوشیده شده از درخت بودند و ... همه و همه نشان از توجه عمیق انسان دیروز به معماری سبز دارد. (شفیعی، ۱۳۸۸).

فرآیند سبز در معماری فرآیندی کهن می‌باشد، برای مثال از هنگامی که انسان‌های غارنشین برای نخستین بار پی به این مساله بردند که انتخاب گاری رو به جنوب از لحاظ دمای محیط بسیار مناسب‌تر از گاری می‌باشد که دهانه آن به سمت شمال است. موضوع جدید، درک این مهم است که معماری سبز برای محیط‌های مصنوع و انسان آفرینش بهترین فرآیند برای طراحی ساختمان‌هاست؛ به‌گونه‌ای که تمام منابع وارده به ساختمان، مصالح آن، سوخت یا اشیا مورد استفاده ساکنان، نیازمند پدید آوردن یک معماری پایدار هستند. بسیاری از ساختمان‌های موجود حداقل یکی از ویژگی‌های متعدد و قابل تشخیص معماری سبز را درون خویش دارند، با این حال، تنها تعداد اندکی از این بناها کل این فرآیند کامل را دارا می‌باشند. (چنانی، ۱۳۹۰).

۲- تعریف معماری سبز

اداره محیط‌زیست آمریکا، ساختمان سبز را این‌گونه تعریف می‌کند: «فرآیندی در جهت افزایش کیفیت ساختمان که در آن، ساختمان‌ها و مکان قرارگیری آن‌ها از آب، انرژی و مصالح استفاده

حامد کامل‌نیا/ استادیار دانشکده معماری و شهرسازی و هنر اسلامی دانشگاه فردوسی مشهد- ایران/ kamelnia@um.ac.ir

بررسی و ارزیابی معماری سبز در محیط‌زیست، طیفی گسترده از مفهوم عملکردی معماری را در بر گرفته است، بر این اساس بازبینی و پرداختن به اصول معماری سبز، از اساسی‌ترین رویکردهای پژوهشی و علمی در زمینه معماری می‌باشد. امروزه توجه به اصول و مبانی معماری سبز در جنبه‌های مختلف محیط‌زیست از اهمیت شایسته‌ای برخوردار است. در واقع، ضرورت پرداختن به مفهوم سبز در معماری از آن جهت دارای اهمیت است که این مفهوم در حوزه معماری و محیط‌زیست به‌صورت اصول و مبانی مشخص، در ایران تکوین نشده است. در حال حاضر معماری سبز نزدیک‌ترین تداخل حوزه عملکردی را با اصول مربوط به پایداری، در حوزه زیست‌محیطی و معماری را به خود اختصاص داده است. امروزه استفاده از عناصر مولد انرژی مانند توربین‌های باد و پانل‌های خورشیدی نه تنها به‌عنوان نیاز در صرفه‌جویی انرژی‌های فسیلی، بلکه به‌عنوان عناصر زیبایی‌شناختی در فرم بیرونی معماری نیز به‌کار گرفته می‌شود. یک ساختمان سبز، علاوه بر بهره‌وری انرژی به چگونگی شکل‌گیری فرم و فضای معماری با عناصر مولد انرژی نیز توجه دارد.

- ساختمان‌ها به گونه‌ای باید جایگزین شوند که از گیاهان موجود بهره‌برداری حداکثر صورت گیرد.
- استقرار ساختمان‌ها روی سایت شامل دسترسی‌ها و مسیرهای تدارک دیده شده سودمند.
- جهت‌یابی ساختمان‌ها با توجه به خورشید و محیط اطراف.
- چیدمان همگام با طبیعت اتاق‌های داخلی و درها و پنجره‌ها، ابعاد و وجوه ساختمان‌ها و اجزا تشکیل دهنده محیطی.
- رنگ، نما، تزیینات ساختمان هماهنگ با محیط.
- ساختن خانه‌ها و اماکن تجاری با انرژی موثر بیشتر، افزایش آسایش، قابلیت زندگی و بهره‌وری، بهبود دوام، کیفیت و قابلیت نگهداری.
- ثبات وضعیت محیط داخلی.
- انتخاب زمینه مصالح ساختمانی سبز جهت ایفای نقش افراد برای کمک به حفاظت محیط‌زیست.
- استفاده از پانل‌های خورشیدی همراه با تانک ذخیره‌سازی انرژی.
- استفاده از پنجره در سراسر ساختمان.
- پیدا کردن راه‌هایی برای استفاده از عناصر بومی هر منطقه برای در تعادل نگهداشتن ساختمان با محیط‌زیست و ساختن یک ساختمان هم‌ساز با اقلیم و ...

۳- معماری سبز و صرفه‌جویی در مصرف انرژی

اساس هر معماری سبز استفاده کارآمد از انرژی‌ها مانند انرژی باد، انرژی خورشید، زمین گرمایی و... است. این مهم به گونه‌ای است که برخی از نمونه‌های معماری سبز در سال‌های اخیر موفق شده‌اند تا نزدیک به ۱۰۰٪ انرژی‌های مورد نیاز خود را از این روش‌ها تولید کنند. ساختمان‌های انرژی صفر (Zero Energy) امروزه جایگاه خاص خود را در میان منتقدان معماری پیدا کرده‌اند و معماری سبز از حالت‌های نامناسب و تصنعی تلفیق عناصر الحاقی مانند پانل‌های خورشیدی به نما یا روی سقف، و یا قراردادن توربین باد روی ساختمان سعی دارد در ساختار کالبدی خود این عناصر را جای دهد.



طراحی مونیخ- تلفیق ویژگی‌های معماری سبز با عناصر مولد انرژی

۳-۱- پانل‌های خورشیدی در معماری: بهره‌وری انرژی و

زیبایی‌شناسی در فرم

نمونه‌های متعددی از تلفیق پانل‌های خورشیدی در معماری

نموده و تاثیرات منفی ساختمان را روی سلامت انسان و محیط، از طریق مکان‌یابی بهتر، طراحی، ساخت، اجرا و نگهداری چرخه زندگی کامل یک ساختمان کاهش دهد». بنابراین ساختمان سبز، نه تنها به محیط‌زیست آسیب نمی‌رساند، بلکه به گونه‌ای مثبتی در اکوسیستم مشارکت می‌نماید و حتی ممکن است به درمان اثرات ناشی از منظره‌ای آسیب‌رسان کمک نماید (دباغیان، ۱۳۸۸). تعریف ساختمان سبز عبارتست از:

«ساختمان سبز منجر به افزایش کارآمدی ساختمان‌ها با استفاده از انرژی محیط‌شان، آب، هوا و مصالح و کاهش تاثیر ساختمان‌ها بر سلامتی انسان و محیط با ایجاد موقعیت بهتر در طراحی، ساخت، عملکرد، حفاظت و نگهداری در چرخه کامل ساختمان می‌شود». (نساج، ۱۳۸۷).



طراحی نمای یک دبیرستان با استفاده از ۶۵۰ پانل خورشیدی که در مجموع ۷۵٪ نیاز انرژی بنا را تامین می‌کند.

جعفری و مهدی‌نژاد (۱۳۸۸)، معتقدند طراحی سبز باید از ۳ اصل تبعیت کند: صرفه‌جویی در منابع، طراحی برای بازگشت به چرخه زندگی و طراحی برای انسان. موسوی‌نژاد (۱۳۸۹)، معماری سبز را دارای مزایایی می‌داند مانند: برآوردن احتیاجات ساکنان، تامین سلامتی، رضایت و خشنودی، بهره‌وری و نشاط ساکنان، بهره‌گیری سنجیده از راهکارهای تایید شده معماری پایدار، ساخت‌وساز با مواد غیر مسموم‌کننده، استفاده موثر از مصالح به‌دست آمده از مواد طبیعی پایدار، اتکا و وابستگی به خورشید برای نور روز و کمک به تقویت روحیه و بازدهی افراد با وجود گیاهان.



طراحی پاریس خورشیدی در بارسلونای اسپانیا تلفیق انرژی و فرم معماری

شفیعی (۱۳۸۸) راهکارهای اجرایی برای معماری سبز را شامل مواردی می‌داند:

- مرمت ساختمان‌های قدیمی، زیرا مرمت ساختمان‌های موجود زیست شناسانه‌ترین ساخت‌وساز است.



نمونه‌هایی از تلفیق فرم معماری سبز با توربین‌های بادی

۴- کاربرد معماری سبز در طراحی ساختمان‌های بلند مرتبه

خطری که از جانب آسمان‌خراش‌ها محیط‌زیست را تهدید می‌کند، به مراتب خطرناک‌تر از آلودگی هواست. آن‌ها برای جلوگیری از این معضل معماری سبز را پیشنهاد می‌کنند. کمبود جا و انفجار رشد جمعیت از مشکلاتی است که به‌عنوان تهدیدی جدی برای محیط‌زیست محسوب می‌شود. آسمان‌خراش و سایر ابرسازه‌هایی که به‌منظور ایجاد توازن بین رشد جمعیت و فضای مورد نیاز ساخته می‌شوند، در مراحل ساخت و پس از آن در زندگی روزمره، مقدار قابل توجهی انرژی مصرف کرده و باعث آلودگی محیط‌زیست و سرریز فاضلاب‌ها شده و در مجموع ساکنان خود را از نور و هوای طبیعی محروم می‌کنند. با این وجود بسیاری از معماران، مهندسان و طراحان معتقدند ساختمان شهرهای بزرگ و متراکم در شرایطی که درست طراحی و ساخته شوند، می‌توانند معرف پیشرفت "پایدار" و "سبز" در معماری بوده و با این اعتقاد می‌توان عوامل نامطلوب موثر بر محیط را با حفظ سلامت و رفاه ساکنان، خودبه‌خود به حداقل رساند. طراحان و صاحب نظران برای دستیابی به نسل جدید آسمان‌خراش‌ها که بتوانند در هر دو جنبه، تامین راحتی ساکنان و مطابقت با محیط‌زیست، مناسب باشد، به تکنولوژی پیشرفته‌ای مانند سلول‌های قدرتمند خورشیدی و توربین‌های بادی پیشرفته روی آوردند (جعفری، مهدی‌نژاد، ۸۸۳۱).

کنیانگاز مشهورترین معماران و نظریه‌پردازانی است که سعی در به‌کارگیری اصول معماری پایدار و معماری سبز در ساختمان‌های بلند مرتبه نموده است، هر چند تعداد اندکی از طرح‌های وی اجرا شده است اما اندیشه‌ها و آرا او افق‌های جدیدی را برای طراحان ساختمان‌های بلند گشوده است: (گلابچی، ۱۳۹۲، ۴۲۴)

- جهت‌گیری ساختمان: توجه به شرایط سایت و شرایط اقلیمی.
- ارتباط با خیابان: ارتباط با محیط بخشی از اصول معماری سبز را تشکیل می‌دهد و از آنجا که بیش‌ترین میزان ارتباط با فضای خارج در سطح هم‌کف ساختمان رخ می‌دهد، این تراز و نحوه ارتباط ساختمان با سایت بسیار مهم تلقی می‌شود.
- فضاهای عبوری: (فضاهای بینابین)، این فضاها نباید کاملاً بسته باشند اما باید امکان کنترل شرایط محیطی آن‌ها وجود داشته باشد.

- سامان‌دهی پلان: به عقیده یانگ، پلان نباید نه تنها از ویژگی‌های اقتصادی و یا فنی متأثر باشد، بلکه باید در طراحی پلان به نحوه استفاده مردم از آن فضاها توجه شود و پلان با توجه به نحوه



میدان شهر مصدر با الهام از گل‌های آفتاب‌گردان و استفاده از پانل‌های خورشیدی

وجود دارد. از مطرح‌ترین این نمونه‌ها شهر مصدر است. آنچه نظر تیم بازدیدکننده از شهر مصدر را بیش از پیش به خود جلب کرد، استفاده از انرژی خورشیدی با انواع تکنولوژی‌های موجود بود. از پانل‌های خورشیدی نصب شده روی بام فضاها گرفته تا نمای دو پوسته با مصالح فتوولتاییک.

بخش اعظم انرژی الکتریکی در شهر مصدر طبق طرح موجود از مزارع فتوولتاییک و بخش دیگر از پانل‌های فتوولتاییک نصب شده بر بام ساختمان‌ها و نیز نماها تامین می‌گردد. استفاده از پانل‌های خورشیدی در سقف‌ها باعث شده که از تابش مستقیم خورشید به سطح بام جلوگیری شود و همچنین به ایجاد سایه‌ی مضاعف در خیابان‌ها و مناطق عمومی کمک می‌کند. سرمایه‌ی خورشیدی، منبع مهمی برای تامین سرمایه‌ی شهر مصدر محسوب می‌شود. طبق بررسی‌ها از انرژی تولید شده به‌وسیله کلکتورهای حرارتی خورشیدی برای تولید آب سرد یا رطوبت‌زدایی هوا نیز استفاده می‌گردد. این تکنولوژی مصرف انرژی الکتریکی را برای یک سیستم تهویه مطبوع کاهش می‌دهد. طبق مطالعات حدود ۳۰ درصد انرژی مورد نیاز این مجموعه دانشگاهی از طریق صفحات خورشیدی تعبیه شده روی سقف‌ها تولید می‌شود که در مجموع، ۷۵ درصد آب گرم مصرفی را نیز تامین خواهد کرد. در طراحی میدان شهر مصدر در ابوظبی، از گل‌های آفتاب‌گردان الهام گرفته شده است. در این شهر جدید یک مزرعه خورشیدی ۱۰ مگاواتی طراحی شده که با بیش از ۸۰۰۰۰ پانل خورشیدی سالانه ۱۷۵۰۰ مگاوات-ساعت انرژی تولید می‌کند (کامل‌نیا، ۱۳۹۳).

۳-۲- توربین‌های بادی و ساختمان‌های بلندمرتبه سبز

استفاده از توربین‌های باد به‌ویژه در ساختمان‌های بلند با تلفیق فرم‌های معماری بدیع رو به پیشرفت است. در طراحی ساختمان‌های بلند به‌دلیل برخورداری از ارتفاع زیاد و امکان قرارگیری برج باد در بالای بنا امکان استفاده بهینه از انرژی باد برای تولید برق وجود دارد.

در سال‌های اخیر نمونه‌های زیادی از برج‌های اداری-مسکونی ساخته و با طراحی شده‌اند که از توربین‌های باد برای تامین برق مصرفی خود بهره گرفته‌اند. مرکز تجاری بحرین از ۳ توربین باد برای تامین برق خود استفاده کرده و برج التقا تمامی انرژی الکتریکی خود را به واسطه انرژی خورشید و باد تامین می‌کند.

جریان زندگی در فضا طراحی شود.

- جانمایی هسته‌های خدماتی: از آنجا که جانمایی هسته خدماتی بر قیمت تاسیسات و یا شکل سازه و در نحوه شکل‌گیری معماری ساختمان، دیدها و سیرکولاسیون ساختمان موثر است از این رو پیشنهاد کن یانگ، بر این است که این هسته‌ها در دو پوسته جانبی (شرق و غرب) که شرایط اقلیمی مناسبی ندارند جانمایی شود.

- دیوارها به عنوان غشاهای فعال محیطی: یانگ به پوسته ساختمان به عنوان غشاهایی که امکان تغییر و تطابق ساختمان را با فضا و شرایط خارج فراهم می‌کنند می‌نگرد و عقیده دارد این جداره‌ها از مهم‌ترین اجزای ساختمان در تعیین نحوه ارتباط ساختمان با

خارج هستند.

- بازشوها: مسیرهای ارتباطی متغیر داخل و خارج باید قابلیت تطبیق ساختمان با شرایط محیطی را افزایش دهند و آن را کنترل کنند.

- طراحی سایبان‌های مناسب: کمک به تنظیم نور و به تبع آن گرمای حاصل از تابش خورشید.

- تراس‌ها یا فضاهای نیمه‌باز: این فضاها را می‌توان امکانی برای محافظت ساختمان از تابش، بارش و ... و در عین حال کمکی به جریان تهویه و همین‌طور ایجاد فضاهای قابل زیست دانست.

- عایق‌بندی و ذخیره انرژی: کاهش مصرف سوخت و کم شدن آلودگی محیط‌زیست. که از اهداف معماری سبز است.

برخی از مطرح‌ترین ساختمان‌های سبز بلند مرتبه دنیا که از انرژی‌های نو در معماری خود استفاده کرده‌اند

نام ساختمان	طراح	مکان	ارتفاع	طبقه	سال	ویژگی‌ها
برج هرست (Hearst Tower)	نورمن فاستر	نیویورک	۱۸۲	۴۴	۲۰۰۶	سبزترین آسمان‌خراش در شهر نیویورک و به شکل مثلث بوده و بلند مرتبه‌ای با رویکرد سبز از لحاظ استانداردهای محیط‌زیست.
مرکز تجارت جهانی بحرین - BWTC world trade center (Bahrain)	Atkins	منامه - بحرین	۲۴۰	۵۰	۲۰۰۶	ساختمان یادبانی شکل، نظم تکنولوژی‌های سبز و هوشمند را نشان می‌دهد، این برج‌ها از ۳ توربین بادی بزرگ نیرو می‌گیرند، در حالی که شش‌های موجود در سقف، ساختمان را خنک می‌سازد.
برج انرژی دبی یا برج النقا (Energy Tower, Dubai- Al-Taqa)	Eckhard Gerber	دبی - امارات متحد عربی	۳۲۲	۶۸	۲۰۱۲	با استفاده از ترکیب تهویه مطبوع حرارتی، بادی و انرژی خورشید، این برج قادر به تامین صددرصد نیاز الکتریسیته‌ی خود است.
برج مروارید رودخانه	(som) Skidmore, owings& merril	گوآنجدو - چین	۳۱۰	۷۱	۲۰۰۶- ۲۰۱۱	این ساختمان جدیدترین ساختمان در دنیا است که دریافت کننده‌های اطراف آن از انرژی و سیستم آب خورشیدی استفاده می‌کنند تا برای این ساختمان آب‌گرم مصرفی را فراهم کنند. نماد پویایی آینده چین.

طراحان این برج، بدنه آن را از پلاتین ساخته‌اند. این برج از آب باران و پنجره‌های وسیع خود برای سرمایش و نور استفاده می‌کند. همچنین از تابش آفتاب بر بدنه این ساختمان برای تولید انرژی بهره‌گیری می‌شود.	۲۰۰۹	۵۵	۲۸۸,۰۳۶	منهتن- نیویورک	گروه معماران کوک فاکس CookFox Architects		برج پانک آمریکا
این ساختمان فرم خود را با الهام از سایت موجود و زمینه‌ای دارای مسیرهای مستقیم محدوده و خطوط کمینه‌گرا به‌دست آورده است. اهداف طراحی ساختمان: استفاده از توربین‌های بادی و استفاده از پانل خورشیدی.	به حالت تعلیق در سال ۲۰۰۹	۶۶	۴۰۰	دبی- امارات متحده عربی	Atkins		برج خانه آفتاب دبی
طرح برج از سایت و منطقه ساخت خود الهام می‌گیرد. این ساختمان با پوشش کاشی‌های شیشه‌ای و توربین‌های مارپیچی شکلش دارای بیان معماری است که آن را تبدیل به نشانه‌ای جدیدی برای شهر لندن می‌کند. یکی از اهداف کلیدی طراحی، فراتر رفتن از اهداف شهرداری برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بود.		۱۴		دالستون لندن	واگ تیستلتون		برج واگ تیستلتون
نخستین آسمان‌خراش مسکونی در شهر شیکاگو با رعایت استانداردهای زیست‌محیطی است. ساکنان این برج اگرچه برای خرید هر واحد از آن باید پول زیادی بپردازند، اما در عوض قبض‌های آب و برق و انرژی آن‌ها رقم پایینی دارد.	۲۰۰۰	-۶۷ ۷۰	۲۵۷	شیکاگو	شرکت معماری شیکاگو Lucien Lagrange		برج پارک شیکاگو
این برج از نظر جذب نیرو و انرژی خورشیدی از هر برج دیگری برتر است. در ساختمان این برج ۷ هزار تابلوی جذب انرژی خورشیدی و ۲۴ توربین بادی در سقف تعبیه شده است. این برج می‌تواند ۱۰ درصد انرژی مصرفی‌اش را خودش تامین کند.				منچستر- انگلیس			برج منچستر انگلیس

۵- نتیجه گیری

امروزه استفاده از انرژی‌های نو نه فقط به مثابه یک نیاز تکنیکی بلکه به مفهوم تغییر شاخصه‌های زیبایی شناختی در معماری و شهرسازی مورد نظر است. عناصر مولد انرژی مانند پانل‌های خورشیدی و یا توربین‌های بادی به‌عنوان عناصر کارکردی-فرمی و نمادین ساختمان‌های سبز تبدیل شده‌اند. این موضوع هر چند در

کشور ما به دلایل مختلف هنوز در جامعه معماری مورد اقبال نیست اما رفته‌رفته جایگاه خود را در مدارس، معماری و در دنیای حرفه‌ای باز می‌نماید. در سال‌های اخیر علی‌رغم تحلیل‌های اقتصادی که در خصوص استفاده از پانل‌های خورشیدی و توربین‌های بادی در تولید انرژی برق مصرفی برای ساختمان‌ها صورت می‌گیرد، اما استفاده از آن‌ها را به‌عنوان یک ضرورت و نیاز آینده می‌توان قلمداد کرد.

ادامه در صفحه ۱۷ <<



بررسی، تحلیل و بهینه‌سازی برنامه‌ریزی تعمیرات پیشگیرانه (PM)

در شبکه انتقال برق منطقه‌ای خراسان

از هزینه‌های سنگین مربوط به خاموشی‌ها، برنامه‌ریزی منسجمی برای تعمیرات پیشگیرانه در شبکه داشته باشند. هم‌چنین در فضای رقابتی جدید شرکت‌های برق منطقه‌ای ترجیح می‌دهند به جای هزینه‌های بالای جایگزینی تجهیزات شبکه، با انجام تعمیرات مناسب، بهره‌برداری از تجهیزات فرسوده را تا حد ممکن ادامه دهند. از طرفی دیگر هزینه‌های تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه تقریباً ۴۰ درصد هزینه‌های بهره‌برداری شبکه انتقال را تشکیل می‌دهند. با وجود اهمیت بالای تاثیر تعمیرات پیشگیرانه در حفظ قابلیت اطمینان شبکه قدرت در سطح مطلوب، شرکت‌های برق منطقه‌ای با منابع مالی و انسانی محدودی در این زمینه مواجه هستند. بنابراین فاصله زمانی تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه تجهیزات برای افزایش طول عمر آن‌ها و رسیدن به قابلیت اطمینان مطلوب در شبکه با توجه به محدودیت‌های مالی و انسانی موجود، باید به صورت بهینه تعیین شود.

تعمیرات پیشگیرانه برای رفع خرابی‌های کوچک قبل از تبدیل شدن به خرابی‌های بزرگ انجام می‌شود و مانع ایجاد خرابی و خروج تجهیزات از شبکه می‌شود. در حال حاضر حداقل سه روش برای انجام تعمیرات پیشگیرانه وجود دارد که عبارتند از: تعمیرات در بازه‌های زمانی ثابت، تعمیرات براساس شرایط فیزیکی تجهیزات و تعمیرات با توجه به قابلیت اطمینان سیستم.

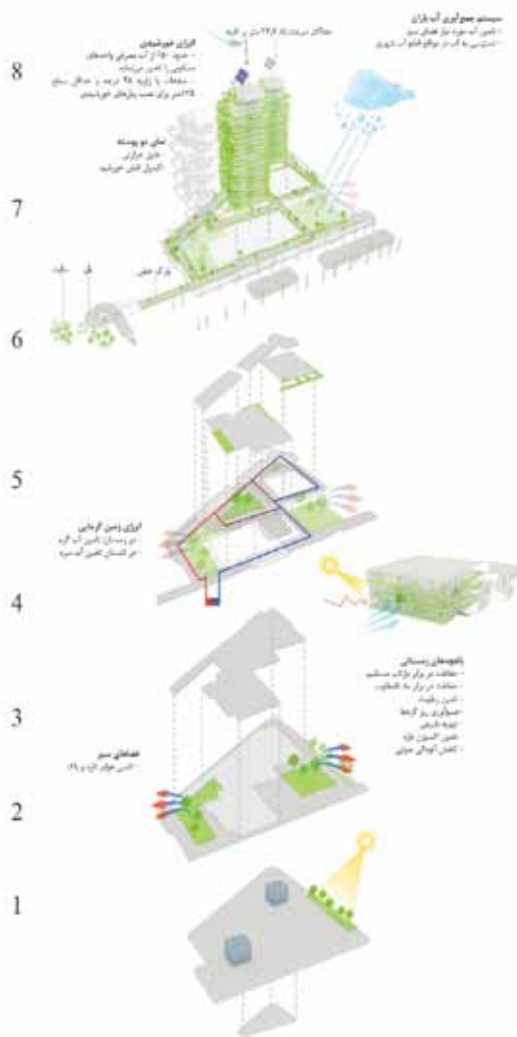
برای تعیین فاصله زمانی بهینه تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه تجهیزات پست‌های فشارقوی و خطوط انتقال، باید دو شاخص شرایط فیزیکی و اهمیت تجهیزات در شبکه تعیین گردد. برای تعیین شرایط فیزیکی تجهیزات، باید داده‌های مربوط به حوادث اتفاق افتاده روی تجهیزات و رفع نقص‌های انجام شده جمع‌آوری

یاسر دامچی/ دانشجوی دکتری برق/دانشگاه فردوسی مشهد/دانشکده مهندسی
مرتضی عباس قربانی/استادیار/دانشگاه شمال/دانشکده مهندسی/آمل
حبیب رجبی مشهدی/استاد/دانشگاه فردوسی مشهد/دانشکده مهندسی
جواد ساده/استاد/دانشگاه فردوسی مشهد/دانشکده مهندسی
سید مجتبی روحانی/استادیار/دانشگاه آزاد اسلامی گناباد/دانشکده مهندسی

تداوم در تامین انرژی الکتریکی یکی از عوامل موثر در عملکرد مطلوب صنایع و رفاه اجتماعی هر کشوری محسوب می‌شود. صنعت برق به‌عنوان تامین‌کننده بخش عمده‌ای از انرژی الکتریکی نقش تعیین‌کننده‌ای در رشد صنایع هر کشوری دارد. از سوی دیگر افزایش تقاضای انرژی الکتریکی و لزوم تامین آن به نحو مناسب سبب گسترش و پیچیدگی سیستم قدرت شده است. بنابراین با توسعه سیستم قدرت، برای حفظ رضایت مصرف‌کنندگان باید انرژی الکتریکی به‌صورت مداوم تامین شود که این امر قابلیت اطمینان مطلوبی را برای سیستم قدرت مطالبه می‌کند. یکی از راه‌کارها برای حفظ قابلیت اطمینان در سطح مطلوب انجام تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه است.

تجهیزات شبکه برق مانند ترانسفورماتور، خطوط انتقال، تجهیزات حفاظتی و کلیدهای قدرت که در طول چند دهه گذشته مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند به‌طور طبیعی با افزایش طول عمر دچار فرسودگی شده‌اند. بنابراین شرکت‌های برق منطقه‌ای در حال حاضر با چالش بزرگی همچون تجهیزات فرسوده مواجه هستند که باعث می‌شود برای حفظ قابلیت اطمینان سیستم در سطح مطلوب و فرار

ساختمان‌های سبز از مقیاس‌های کوچک گرفته تا نمونه‌هایی مانند برج التقا در دبی که قادر به تامین تمامی برق مصرفی خود بوده یا شهرهای جدیدی مانند مصدر که از سیستم حمل و نقل برقی گرفته تا مزرعه خورشیدی ۱۰ مگاواتی، همه سعی دارند تا نیاز به تامین انرژی از منابع طبیعی را با کیفیت‌های معماری جدید تلفیق نمایند.



دیگرام استفاده از انرژی‌ها نو در یک ساختمان بلندمرتبه سبز در مشهد

منابع

- [۱] جعفری، امین، مهدی‌نژاد، محمد رضا، (۱۳۸۸). "معماری سبز، راهی به سوی آینده".
- [۲] چنانی، سمر بزرگ، (۱۳۹۰). «درآمدی بر معماری پایدار با توجه به رویکرد معماری سبز»، نخستین کنفرانس ملی عمران و توسعه، زیباکنار، ایران.
- [۳] دباغیان، فرنوش، (۱۳۸۸). «بام‌های زنده»، نشریه معماری منظر، شماره ۴۹، تهران.
- [۴] شفیعی، علی، (۱۳۸۸). "بررسی اصول و جایگاه معماری سبز در ایران و ارائه راهکارهایی جهت توسعه آن"، دومین همایش ملی اقلیم، ساختمان و بهینه‌سازی مصرف انرژی (با رویکرد توسعه پایدار).
- [۵] کامل‌نیا و دیگران (۱۳۹۳)، معماری سبز در شهرهای جدید، همایش ملی ساختمان سبز.
- [۶] گلابچی، محمود و محمدرضا، (۱۳۹۲). "مبانی طراحی ساختمان‌های بلند"، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.
- [۷] موسوی‌نژاد، مریم سادات، (۱۳۸۹). "بررسی ضرورت ترویج معماری سبز همگام با توسعه پایدار در راستای هم‌زیستی انسان با اکولوژی".
- [۸] نساج، مینا، (۱۳۸۷). «بام سبز» مجله معماری و شهرسازی، شماره ۶، تهران.

[9] Yeang, Ken (2007). "Designing The Eco-skyscrapers: Premises For Tall Building Design", The Structural Design Of Tall and Special Buildings 16: URL: <http://www.interscience.wiley.com>.

شود. بنابراین برای تعیین باز بهینه تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه تجهیزات در شبکه انتقال برق منطقه‌ای خراسان، داده‌های مربوط به اطلاعات فنی و آماری حوادث و رفع نقص‌های انجام شده در ترانسفورماتورهای قدرت، کلیدهای فشار قوی، تجهیزات حفاظتی و خطوط انتقال در طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ جمع‌آوری شده است. برای تعیین شرایط فیزیکی ترانسفورماتورهای قدرت، کلیدهای فشارقوی و رله‌های حفاظتی از ویژگی‌هایی همچون عمر، نوع، سازنده و سابقه عملکرد درست و نادرست تجهیزات در شبکه استفاده شده است. همچنین برای تعیین شرایط فیزیکی خطوط انتقال ویژگی‌های سابقه حوادث رخ داده بر روی خطوط انتقال، موقعیت مکانی و آب و هوایی خطوط، میزان وزش باد و برف در محل خطوط، میزان سرقت در خطوط و باندل بودن آن‌ها در نظر گرفته شده است. شایان ذکر می‌باشد که برای در نظر گرفتن اهمیت هر یک از ویژگی‌ها نسبت به هم وزن‌های مختلفی برای هر یک لحاظ شده و با توجه به وزن‌های تعیین شرایط فیزیکی تجهیزات تعیین شده است. علاوه بر موارد بالا، تجربیات افرادی که با بحث تعمیرات و نگهداری دوره‌ای در شبکه قدرت در ارتباط هستند می‌تواند برای انجام مناسب‌تر تحلیل‌ها موثر باشد که باید به این نیز موضوع توجه داشت. برای تعیین اهمیت تجهیزات شبکه انتقال، از شاخصی که میزان تاثیر خروج تجهیزات را بر روی امنیت شبکه انتقال از دو دیدگاه ولتاژ و توان نشان می‌دهد، می‌توان استفاده نمود.

پس از تعیین شاخص شرایط فیزیکی و اهمیت تجهیزات شبکه، برای تعیین بازه تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه، ابتدا نواحی خطوط انتقال، بی‌های خطوط انتقال و بی‌های ترانسفورماتورهای قدرت با توجه به شاخص‌های شرایط فیزیکی و اهمیت تجهیزات موجود در این نواحی و بی‌ها در ۹ کلاس دسته‌بندی شده‌اند. سپس با توجه به دسته‌بندی‌های انجام شده، نواحی خطوط انتقال، بی‌های خطوط انتقال و بی‌های ترانسفورماتورهای قدرت در سه کلاس خوب، متوسط و بد تقسیم‌بندی می‌گردند. با توجه به تحلیل‌های انجام شده روی شبکه برق منطقه‌ای خراسان، ۲۶/۸۹٪ بی‌های خطوط انتقال، ۲۱/۱۸٪ بی‌های ترانسفورماتورهای قدرت و ۱۷/۰۳٪ نواحی خطوط انتقال در کلاس بد، ۵۴/۸۳٪ بی‌های خطوط انتقال، ۶۱/۵۸٪ بی‌های ترانسفورماتورهای قدرت و ۴۳/۱۲٪ نواحی خطوط انتقال در کلاس متوسط و ۱۸/۲۸٪ بی‌های خطوط انتقال، ۱۷/۲۴٪ بی‌های ترانسفورماتورهای قدرت و ۳۹/۸۶٪ نواحی خطوط انتقال در کلاس خوب قرار گرفته‌اند. در نهایت با توجه تقسیم‌بندی صورت گرفته بازه زمانی مناسب تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه پیشنهاد می‌گردد. الگوی تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه زیر برای بی‌های خطوط انتقال، بی‌های ترانسفورماتورهای قدرت و نواحی خطوط انتقال شبکه برق منطقه‌ای خراسان، پیشنهاد شده است.

انجام فعالیت‌های تعمیر و نگهداری پیشگیرانه برای بی‌های و نواحی قرار گرفته در دسته بد، با فاصله زمانی کنونی.

انجام فعالیت‌های تعمیر و نگهداری پیشگیرانه برای بی‌های و نواحی قرار گرفته در دسته متوسط، با فاصله زمانی ۱/۵ تا ۲ برابر فاصله زمانی کنونی.

انجام فعالیت‌های تعمیر و نگهداری پیشگیرانه برای بی‌های و نواحی قرار گرفته در دسته خوب، با فاصله زمانی ۲ تا ۳ برابر فاصله زمانی کنونی.



پست کمپکت، راهکاری نوین برای تامین برق و کاهش تلفات انرژی الکتریکی در کلان شهرها

این نوع پست‌ها علاوه بر کاهش فضای مورد نیاز به ۱۰ الی ۱۵ درصد پست‌های متداول، که به‌خصوص در مناطق پر تراکم شهری بسیار حایز اهمیت است، با نصب در نزدیک‌ترین نقطه به مصرف‌کننده و در نتیجه با افزایش ولتاژ انتقال از فشار متوسط به فوق‌توزیع، موجب کاهش تلفات تغذیه‌بار خواهد شد. این صرفه‌جویی اقتصادی ناشی از کاهش تلفات موجب می‌شود که هزینه لازم برای خرید و نصب این نوع پست‌ها توسط بهره‌بردار، طی چند سال از محل کاهش تلفات شبکه بازگشت داشته و پس از آن سود حاصل از کاهش تلفات نصیب شرکت‌های بهره‌بردار شبکه خواهد شد.

مساله رشد سریع و پیش‌بینی نشده بار در مناطق شهری نیز از جمله مواردی است که لزوم استفاده از پست‌های فوق‌توزیع با قابلیت‌هایی از جمله اشغال فضای کم و نصب و راه‌اندازی سریع را تشدید می‌کند که در این حالت پست‌های کمپکت فوق‌توزیع به دلیل دارا بودن مزایای مورد اشاره، بهترین گزینه می‌باشند.

۲- مزایای به‌کارگیری پست‌های فوق‌توزیع کمپکت ۲-۱- رشد سریع تامین بار مشترکین در کلان شهرها

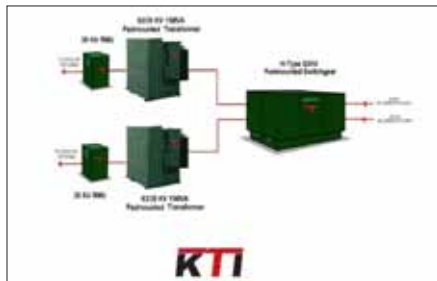
مساله تخمین بار و بررسی رفتار بار یک ناحیه، نقش اساسی در سیاست‌گذاری برای توسعه شبکه دارد. در کشور ما، روند افزایش بار به دلیل توسعه‌های شهری بیش از حد انتظار بوده و شبکه فشار متوسط موجود، ظرفیت تامین بار برخی مناطق را نخواهد داشت. با توجه به لزوم تامین بار متقاضیان و به‌منظور جلوگیری از پیامدهای منفی اقتصادی، اجتماعی و سیاسی بروز خاموشی در شبکه، ایده استفاده از پست‌های کمپکت فوق‌توزیع، به‌دلیل سرعت و سهولت نصب و راه‌اندازی، نسبت به پست‌های موجود و نیز امکان نصب در مناطق شهری و در نزدیک‌ترین نقطه به مصرف‌کننده و در نتیجه کاهش حریم‌های مورد نیاز (نسبت به پست‌های متداول)، می‌تواند در سریع‌ترین زمان ممکن مساله افزایش ناخواسته بار یک ناحیه را مرتفع سازد. این در حالی است که تامین بار (پیش‌بینی نشده) در شبکه توسط پست‌های متداول، علاوه بر زمان‌بر بودن می‌تواند از لحاظ اقتصادی نیز فاقد توجیه باشد.

محمد باقر سوزنچی/ شرکت منابع کیان ترانسفو خراسان
بابک عابدینی/ شرکت منابع کیان ترانسفو خراسان
حسن دهقان/ شرکت منابع کیان ترانسفو خراسان
مصطفی رجبی مشهدی/ شرکت برق منطقه‌ای خراسان
مهدی علومی بایگی/ شرکت برق منطقه‌ای خراسان
محمد مهدی عربشاهی/ شرکت برق منطقه‌ای خراسان

احداث پست‌های فوق‌توزیع به روش قدیمی، با توجه به نیاز به فضای بسیار زیاد و هزینه بالای زمین در شهرهای بزرگ، به لحاظ اقتصادی با محدودیت‌هایی مواجه است. در این مقاله ایده استفاده از پست کمپکت به‌عنوان راهکاری نوین در جهت احداث پست‌های فوق‌توزیع مطرح شده و جوانب فنی آن آرایه گردیده است. این نوع پست‌ها علاوه بر کاهش فضای مورد نیاز به ۱۰ الی ۱۵ درصد پست‌های متداول، که به‌خصوص در مناطق پر تراکم شهری بسیار حایز اهمیت است، با نصب در نزدیک‌ترین نقطه به مصرف‌کننده و در نتیجه با افزایش ولتاژ انتقال از فشار متوسط به فوق‌توزیع، موجب کاهش تلفات تغذیه‌بار خواهد شد.

۱- مقدمه

با افزایش روز افزون مصرف انرژی الکتریکی و نبود ظرفیت لازم در شبکه‌های فشار متوسط توزیع، نیاز به احداث پست‌های فوق‌توزیع بیش از پیش احساس می‌شود. از سوی دیگر، احداث این پست‌ها به روش قدیمی، با توجه به نیاز به فضای بسیار زیاد و هزینه بالای زمین در شهرهای بزرگ، به لحاظ اقتصادی با محدودیت‌هایی مواجه است. بر این اساس، ایده کاهش حجم و ابعاد پست بدون تحت تاثیر قرار گرفتن مشخصات فنی آن مطرح شده است. با توجه به تجربه مفید طراحی و ساخت پست‌های پدمانت در سطح ولتاژ ۲۰ کیلوولت و مزایای بسیار مفید استفاده از آن‌ها در شبکه و نیز تقاضای روز افزون انرژی برق به‌خصوص در مناطق پر تراکم شهری، ایده طراحی و ساخت پست‌های کمپکت فوق‌توزیع برای حل مشکلات فوق‌مطرح گردید.



شکل (۱): نمای کلی از ماژول‌های پست کمپکت فوق توزیع پیشنهادی با طرح H

۴- مقایسه اقتصادی پست‌های کمپکت و پست‌های AIS و GIS

در این قسمت مقایسه‌ای تقریبی بین هزینه احداث یک پست کمپکت فوق توزیع ۶۳ کیلوولت با پست‌های AIS و GIS انجام شده است. هزینه تجهیزات یک پست کمپکت ۶۳ کیلوولت به صورت تقریبی در جدول (۱) آرایه شده است.

جدول (۱): هزینه تجهیزات پست کمپکت ۶۳/۲۰ کیلوولت

هزینه (میلیارد ریال)	تعداد	نوع تجهیز
۴۱	۱ مجموعه	سوییچ خانه ۶۳ کیلوولت طرح H به همراه کلیه حفاظت‌ها و تابلوهای توزیع AC، DC و SCADA
۴۰	۲ دستگاه	ماژول ترانس به همراه کلیه تجهیزات حفاظتی و کنترلی و نیز تابلوهای AC و DC مربوطه
۴	۲ مجموعه	سوییچ گیر ۲۰ کیلوولت به همراه کلیه تجهیزات مربوطه (هر یک شامل سه فیذر خروجی)
۸۵		هزینه کل

با توجه به جدول فوق و در نظر گرفتن هزینه‌های مربوط به عملیات ساختمانی، هزینه احداث پست کمپکت ۶۳/۲۰ در حدود ۹۰ میلیارد ریال خواهد بود. این هزینه در پست‌های AIS بین ۸۰ تا ۹۰ میلیارد ریال و در پست‌های GIS بین ۱۱۰ تا ۱۳۰ میلیارد ریال تخمین زده می‌شود. ضرورت اصلی استفاده از پست‌های کمپکت در مکان‌هایی است که نیاز به احداث پست در مراکز بار شهرهای بزرگ باشد. از آنجایی که فضای مورد نیاز پست‌های کمپکت ۱۰ الی ۱۵ درصد پست‌های متداول است و با در نظر گرفتن قیمت‌های زمین در شهرهای بزرگ که معمولاً زیاد است، می‌توان تا چندین میلیارد ریال در هزینه خرید زمین صرفه‌جویی نمود.

۵- سایر وجوه تمایز نسبت به طرح پست‌های متداول

با توجه به مطرح شدن ایده این طرح برای نخستین بار، امکان مقایسه جنبه‌های مختلف پروژه پست کمپکت با پست‌های متداول موجود فراهم می‌باشد. بر این اساس، مهم‌ترین جنبه‌های نوآوری این طرح نسبت به نوع سنتی آن عبارتند از:
یکی از مهم‌ترین مباحث تحقیقاتی مطرح در این پروژه، طراحی سوییچ‌خانه ۶۳kV می‌باشد که برای نخستین بار موضوع کمپکت نمودن بریکرها در این سطح ولتاژ، در این ایده مطرح گردیده است. با توجه به آن‌که در طراحی تک خطی (G.S.L.D) پیشنهاد شده، سوییچ‌خانه ۶۳kV دارای طرح H می‌باشد، بررسی امکان قرار گرفتن ۵ عدد بریکر SF6 در داخل یک ماژول و امکان سنجی استفاده

۲-۲- کاهش تلفات انرژی در شبکه توزیع

با توجه به نصب پست‌های کمپکت در نزدیک‌ترین نقطه به مصرف‌کننده و افزایش ولتاژ انتقال از ۲۰ به ۶۳ یا ۱۳۲ کیلوولت، تلفات شبکه کاهش یافته و صرفه‌جویی اقتصادی ناشی از آن، براساس بنده تبصره ۱۱ قانون بودجه سال ۹۳ می‌تواند هزینه سرمایه‌گذاری اولیه برای نصب پست را در طی چند سال جبران نماید. علاوه بر این، سود حاصل از کاهش تلفات، براساس آیین‌نامه اجرایی بند از ماده ۱۳۳ قانون برنامه پنجم توسعه، قابل پرداخت خواهد بود.

۲-۳- حجم و ابعاد کوچک در عین سادگی

با توجه به کمپکت بودن تجهیزات، حداکثر فضای مورد نیاز برای نصب پست در حدود ۱۵٪ پست‌های متداول می‌باشد. علاوه بر آن، با توجه به ترکیب المان‌ها و کاهش فواصل بین تجهیزات، حجم کابل‌کشی و وایرینگ کاهش یافته و مزایای اقتصادی مربوط به خود را به دنبال دارد. ذکر این نکته لازم است که اگرچه استفاده از پست‌های GIS موجب صرفه‌جویی در فضا می‌شود، ولی محدودیت تحریم، مانع از انتقال دانش فنی آن به کشور و بومی‌سازی این تکنولوژی شده است.

۲-۴- عدم تأثیرپذیری از آلودگی‌های محیطی و عوامل جوی بر خلاف پست‌های متداول

با توجه به طراحی ماژولار این نوع از پست‌ها و قرارگیری کلیه تجهیزات در محفظه‌های فلزی، آلودگی‌های محیطی کمترین تأثیر را بر عمل‌کرد پست داشته و از این لحاظ نسبت به پست‌های متداول دارای مزیت مهمی هستند.

۲-۵- سهولت و سرعت نصب و راه‌اندازی بر خلاف پست‌های متداول

با توجه به این‌که در پست‌های کمپکت از تعداد محدودی ماژول استفاده می‌شود، نیاز به عملیات ساختمانی کمتری نسبت به پست‌های معمولی خواهد بود و سرعت نصب و راه‌اندازی افزایش محسوسی خواهد داشت.

۲-۶- ایمنی بالا جهت کاربر و سایر افراد

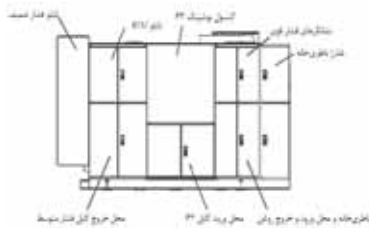
قرارگیری کلیه تجهیزات در محفظه‌های فلزی باعث افزایش ایمنی کار در پست‌های کمپکت خواهد شد.

۲-۷- حفظ مبللمان شهری

۳- معرفی بخش‌های مختلف پست کمپکت فوق توزیع

برای دستیابی به یک پست کمپکت طرح H نیاز به ۵ ماژول در سطوح ولتاژ مختلف به صورتی که در شکل (۱) نشان داده شده است، می‌باشد. این طرح برای پست‌های کمپکت ۶۳/۲۰ شامل یک سوییچ‌خانه ۶۳ کیلوولت، دو عدد ماژول ترانس و نیز دو مجموعه سوییچ‌خانه ۲۰ کیلوولت (RMU) می‌باشد.
ماژول سوییچ‌خانه ۶۳ کیلوولت شامل ۵ عدد بریکر با قابلیت ارت شدن (به منظور حذف سکسیونرهای طرح H متداول) می‌باشد. هر یک از ماژول‌های ترانس شامل یک عدد ترانسفورماتور قدرت با ظرفیت‌های ۱۵ یا ۳۰ مگاوات آمپر به همراه کلیه نشانگرها و حفاظت‌های گارد آن، کلیه CT‌های سمت ۶۳ و ۲۰ کیلوولت، PT سمت ۲۰ کیلوولت و نیز بریکر ۲۰ کیلوولت (Incoming طرح پست‌های متداول) می‌باشد. هر یک از RMU‌های خروجی نیز شامل سه عدد بریکر و یک سکسیونر ۲۰ کیلوولت به عنوان ورودی می‌باشند که از طریق باس کوپلر امکان اتصال به یکدیگر برای انجام مانور را خواهند داشت.

شده و نیز هزینه کابل کشی فیدهای 20 kV تا شبکه کاهش می‌یابد. تعبیه تابلوهای کنترل، حفاظت و نیز تابلوهای توزیع AC، DC بر روی بدنه ماژول ترانس قدرت که ضمن کاهش قابل توجه فواصل کابل کشی و وایرینگ و حذف سینی کابل‌های مربوطه، فضای مورد نیاز برای اتاق کنترل را نسبت به پست‌های متداول به‌طور کامل حذف نموده است. شکل (۳) محل قرارگیری تابلوها و متعلقات ترانس را بر روی بدنه نشان می‌دهد.



شکل (۳): محل قرارگیری تابلوها بر روی ماژول ترانس

طراحی تابلو اسکادا با ابعادی در حدود یک سوم ابعاد تابلو اسکادای پست‌های متداول (بدون تحت الشعاع قرار دادن مسایل فنی) و قرار دادن آن بر روی بدنه ماژول ترانس یکی دیگر از مهم‌ترین مزایای طرح جدید می‌باشد.

قرار گرفتن مجموعه تابلو شارژر 100 آمپر ساعت و باتری خانه 110 ولت بر روی بدنه ماژول ترانس و انجام مطالعات حرارتی مربوط به عدم تأثیرپذیری از دمای بسیار زیاد ماژول در حین برق‌دار بودن

افتتاح نخستین پست کمپکت فوق توزیع در سال ۹۴

نخستین پست کمپکت فوق توزیع به‌صورت تک ترانسه و با ظرفیت 15 مگاوات آمپر و سطح ولتاژ $63/20$ کیلوولت در مورخ $94/01/10$ با حضور وزارت محترم نیرو، استاندار محترم خراسان رضوی، اساتید دانشگاه و فعالان صنعت برق خراسان افتتاح گردید. در این مراسم وزیر محترم نیرو بر نقش مهم احداث پست کمپکت فوق توزیع در کاهش هزینه‌ها و ارتقای سطح بهره‌وری اشاره کرد. وی با اشاره به کاهش چشمگیر فضای مورد نیاز برای احداث پست‌های کمپکت، اجرای این پروژه را گام مهمی در جهت اقتصاد مقاومتی بیان داشت.

نتیجه‌گیری

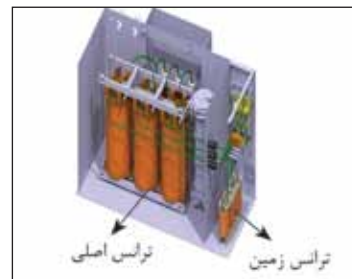
با توجه به موارد گفته شده، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از پست‌های کمپکت فوق توزیع علاوه بر داشتن مزیت‌های فنی، صرفه‌جویی قابل توجهی را در هزینه خرید زمین به‌دنبال خواهد داشت. بنابراین استفاده از این گونه پست‌ها در مناطق پرتراکم شهری می‌تواند راهکار موثری تلقی گردد. از مهم‌ترین مزایای استفاده از پست‌های کمپکت فوق توزیع می‌توان به کاهش ابعاد، افزایش ایمنی، حفظ مبلمان شهری، کاهش تلفات با امکان احداث پست در مرکز بار و افزایش سرعت نصب اشاره نمود.

مراجع

- [۱] محمد حسن قاضی پور، «اصول طراحی ترانسفورماتورهای قدرت»، انتشارات دانشگاه صنعتی بابل
- [۲] راهنمای مشخصات و الزامات فنی پست کمپکت پیش ساخته ماژولار تهیه شده توسط شرکت توزیع تهران بزرگ، تابستان ۸۷
- [۳] رحمت ا... هوشمند، «طراحی پست‌های فشار قوی»، انتشارات دانشگاه اصفهان
- [۴] حسین محسنی، اصول عایق‌ها و فشارقوی، انتشارات دانشگاه تهران
- [5] IEC 60076, «Power Transformers»
- [6] IEC 62271, «AC metal-enclosed Switchgear»
- [7] IEC 600296, «Specification for unused mineral insulation oil for transformers and switchgear»

از روغن به‌عنوان ماده عایقی پرکننده فضای بین بریکرها و سایر تجهیزات موجود در داخل سویچ‌خانه 63 kV و تعیین دقیق فاصله بهینه بین بریکرهای موجود در سویچ‌خانه به‌منظور دستیابی به حداقل ابعاد سویچ‌خانه 63 kV و بررسی میزان کاهش فواصل عایقی در این حالت نسبت به استفاده از عایق هوا، به‌عنوان یک موضوع تحقیقاتی-کاربردی مناسب مورد بررسی قرار گرفته و امکان اجرای آن به‌طور کامل تأیید گردیده است.

نکته قابل ذکر دیگر آنکه، در طرح پست‌های فوق توزیع متداول، ترانس‌های کمکی و زمین جدا از ترانس اصلی بوده و نیاز به فوندانسیون و سازه خاص خود را دارند. یکی از ایده‌های استفاده شده در این طرح، قرار دادن ترانس‌های اصلی، کمکی و زمین و کلیه تجهیزات مربوطه در داخل یک ماژول و پیش‌بینی تمهیدات لازم به منظور مینیمم کردن فاصله آن‌ها از یکدیگر می‌باشد. این امر ضمن حذف فوندانسیون مجزای مورد نیاز (برای ترانس کمکی و زمین)، با کاهش قابل توجه فواصل بین ترانس‌های اصلی و کمکی، موجب حذف کلیه کلمپ‌ها، اتصالات و مقره‌های اتکایی نسبت به پست‌های فوق توزیع متداول شده و نیز طول لوله باس بارهای مورد نیاز را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داده است. شکل (۲) نمایی از داخل ماژول را نشان می‌دهد.



شکل (۲): نمای داخلی ماژول ترانس

یکی دیگر از نوآوری‌های طرح جدید که می‌تواند به‌خصوص بر روی جنبه‌های اقتصادی آن نسبت به پست‌های فوق توزیع متداول تأثیرگذار باشد، حذف سکسیون‌های موجود در ابتدای خطوط 63 kV ورودی به پست (نسبت به طرح پست‌های سنتی) و استفاده از بریکرهای کشویی با قابلیت ارت شدن می‌باشد که علاوه بر فراهم شدن امکان ایزوله شدن بریکرها از شبکه به‌منظور تعمیر و نگهداری، صرفه‌جویی اقتصادی ناشی از حذف سکسیون‌ها را در پی خواهد داشت.

در ماژول طراحی شده برای ترانس (برخلاف ترانس‌های متداول)، کلید MV ترانس به‌صورت کمپکت در داخل خود ماژول تعبیه گشته و از این لحاظ یک عدد فیدر ورودی ترانس (Incoming) که در طرح‌های متداول به‌صورت مجزا در فیدرخانه لحاظ می‌گردد، کاهش یافته است. علاوه بر این، در طرح پست‌های متداول، وقوع خطا در مسیر کابل 20 kV مربوط به فیدر ورودی از ترانس به فیدرخانه (Incoming)، به دلیل قرار داشتن در ناحیه حفاظتی رله دیفرانسیل ترانس، موجب قطع ترانس از شبکه و بی برق شدن آن می‌شود. این در حالی است که ایده تعبیه کلید MV در داخل ماژول ترانس، از بی برق شدن ترانس در هنگام وقوع خطا در فاصله بین بریکر MV و سویچ‌خانه 20 kV ، جلوگیری می‌کند (به‌دلیل خارج شدن خطا از ناحیه حفاظتی رله دیفرانسیل ترانس و قرار گرفتن آن در دید رله اضافه جریان سمت MV با تنظیم مناسب رله مربوطه). با توجه به اینکه طراحی‌های فیدرهای خروجی به‌صورت RMU و کاملاً ماژولار می‌باشد، فیدرخانه مورد استفاده در پست‌های متداول حذف



مطالعه تاثیر اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار صنایع در کاهش پیک شبکه

داشته باشند. طبیعتاً به‌کارگیری واحدهای تولید اضافی وابسته به فصل و ... منجر به هزینه‌های متفاوتی خواهد بود. به‌علاوه سیستم باید برای حداقل نمودن تغییرات بار و حداکثر نمودن ضریب بار تمهیداتی به‌کار گیرد.

در سال‌های اخیر به جهت کمبود نقدینگی در اجرای زیرساخت‌های صنعت برق و رشد حدود ۷ درصدی پیک بار سالیانه و پیش‌بینی ادامه این روند در سال‌های آتی، نگرانی‌های جدی برای صنعت برق به‌وجود آمده است. امروزه در محیط تجدید ساختار یافته تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی، شرکت توانیر به‌عنوان یک بنگاه اقتصادی مستقل، بایستی در میان راهکارهای مختلف مدیریت پیک بار شبکه نظیر افزایش ظرفیت شبکه، راهکاری را انتخاب نماید که با کمترین هزینه، نتیجه مشابه و یا مطلوب‌تر دریافت نماید. در این خصوص با انجام مطالعات گسترده، اجرای طرح تعطیلات و تعمیرات تابستانی و طرح ذخیره عملیاتی صنایع را به‌عنوان راهکارهای اصلی، مهم و مطرح برای کنترل و کاهش پیک بار در دستور کار صنعت برق قرار داده تا با استفاده از این راهکارها و با انجام هزینه‌هایی کمتر، از تحمیل هزینه‌های سنگین سرمایه‌گذاری بابت افزایش ظرفیت تولید و انتقال شبکه قدرت جلوگیری نماید. به‌وضوح روشن است که استفاده بهتر از امکانات نصب شده با بارگذاری بیشتر نسبت به ساختن واحدهای تولید جدید چه از دیدگاه فنی و چه از دیدگاه اقتصادی مقرون به‌صرفه‌تر است. هم‌چنین صرفه‌جویی در انرژی برای کاستن از هزینه‌های سوخت و حداقل نمودن مسایل آلودگی محیط به‌صورت عواملی مضاعف برای بهبود روند مصرف برق و افزایش ضریب بار تبدیل شده‌اند. در این مقاله پس از مقدمه، در بخش دوم طرح‌های تعطیلات و تعمیرات تابستانی و ذخیره عملیاتی به‌طور مختصر معرفی می‌گردد. در بخش سوم نتایج حاصل از اجرای طرح‌های مذکور در مقایسه با افزایش ظرفیت شبکه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و در بخش چهارم

مجید ارس‌نژاد

مصطفی رجبی‌مشهدی

مصطفی لگزبان

شرکت برق منطقه‌ای خراسان

آگاهی از پاسخگویی بار یکی از اصلی‌ترین ابزارهای مدیریت سمت تقاضاست. برنامه‌های پاسخگویی بار صنایع شامل طرح تعطیلات و تعمیرات تابستانی و طرح ذخیره عملیاتی، با استفاده از پتانسیل مشارکت صنایع، به‌عنوان راهکارهایی اجرایی و موثر برای کاهش پیک شبکه در مجموعه صنعت برق کشور مورد استفاده می‌باشد. با اجرای موفق این برنامه‌ها، اپراتور سیستم از مزایای کاهش پیک و صنایع همکار، از منافع اقتصادی بهره‌مند خواهند شد. در این مقاله، اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار صنایع از دیدگاه شرکت توانیر، برای کاهش مصرف در پیک شبکه، با استفاده از اطلاعات سال ۱۳۹۳ در شبکه سراسری و برق خراسان مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: پاسخگویی بار؛ پیک‌سازی؛ طرح تعطیلات و تعمیرات تابستانی؛ طرح ذخیره عملیاتی؛ مدیریت سمت تقاضا.

۱- مقدمه

یکی از اساسی‌ترین مفاهیم و اصول حاکم بر سیستم‌های قدرت تامین نیاز مصرف مشتریان به هر میزان، در هر زمان و با بهترین کیفیت می‌باشد. در عمل هر گروه از مشتریان دارای الگوی متفاوت از نظر مقدار و زمان مصرف می‌باشند. به‌منظور تامین بار پیش‌بینی شده، سیستم‌های قدرت باید دارای یک‌سری از توانایی‌های تولید باشند تا با کاربرد توام و ترکیب متفاوت توجیه اقتصادی لازم را

راهکارهای کاربردی به منظور کارآمدتر شدن طرح‌های پاسخگویی بار صنایع ارایه می‌شود. نتیجه‌گیری در بخش پنجم، پایان بخش این نوشتار می‌باشد.

۲- معرفی برنامه‌های پاسخگویی بار صنایع

طرح تعطیلات و تعمیرات تابستانی و طرح ذخیره عملیاتی صنایع در زمره برنامه‌های پاسخگویی بار قرار می‌گیرد. تأثیرات پاسخگویی بار از دیرباز برای کاهش پیک مصرف، یکی از اصلی‌ترین دغدغه‌های مدیریت شبکه در سراسر جهان است [۱] و تا به امروز نیز محققان و سیاست‌گذاران حوزه انرژی در جهان، توجه ویژه‌ای به راهکارهای کاهش پیک بار دارند [۲] و [۳]. کاهش پیک مصرف سالانه، به معنی کاهش نیاز شبکه به احداث واحدهای نیروگاهی جدید و تقویت شبکه‌های انتقال و توزیع است که خود با توجه به هزینه‌های سنگین احداث واحدهای جدید، به معنی صرفه‌جویی عظیم ارزی می‌باشد. در این بخش طرح تعطیلات و تعمیرات سالانه و طرح ذخیره عملیاتی صنایع به همراه نحوه مشارکت صنایع معرفی می‌گردد.

۱-۲ طرح تعطیلات و تعمیرات سالانه صنایع

صنایع، معمولاً دوره‌ی زمانی کوتاهی از هر سال، حدود ۱۰ روز در سال را به تعطیلات و تعمیرات (Annual Overhaul) خود اختصاص می‌دهند، طبیعتاً در این مدت به دلیل خارج از سرویس بودن اکثر تجهیزات، مصرف انرژی الکتریکی آن‌ها به شدت کاهش پیدا می‌کند. انتخاب این دوره که تعمیرات سالانه در چه ماهی از سال قرار بگیرد می‌تواند متأثر از عوامل مختلفی از جمله شرایط جغرافیایی و فرهنگی باشد و لیکن معیار دقیق و محرز برای آن وجود ندارد. از طرف دیگر شبکه برق سراسری دارای یک دوره پیک بار سالانه است که معمولاً در اواسط تابستان قرار دارد، و پاسخگویی به این پیک بار نیازمند نصب جدید ظرفیت‌های نیروگاهی و شبکه‌ای به انضمام تحمل تلفات دوچندان شبکه در این ایام است که در دیگر اوقات سال بلااستفاده می‌باشد. در این راستا یکی از ابتکارات مدیریت مصرف که در بسیاری از کشورها جهت پیک‌سایی (Shaving Peak) منحنی بار سالانه صورت می‌گیرد، انطباق دوره تعطیلات سالانه صنایع با دوره زمانی پیک سالانه شبکه است.

طرح تعطیلات و تعمیرات تابستانی صنایع با بیش از یک دهه اجرا، یکی از راهکارهای اجرایی و موثر برای کاهش پیک مصرف سالانه شبکه در مجموعه صنعت برق کشور می‌باشد. طرح تعطیلات و تعمیرات تابستانی صنایع برای نخستین بار در نوزدهمین کنفرانس بین‌المللی برق مطرح گردید [۴]. نویسندگان تأثیر و موفقیت این

برنامه را در پیک‌سایی و مدیریت مصرف مطالعه نمودند. نویسندگان [۵] به منظور اجرای کارآمد و موثر طرح برای گذر از پیک با توجه به اطلاعات سال ۱۳۹۱ و دستورالعمل ابلاغی شرکت توانیر، راهکارهای کاربردی را ارایه نمودند. این طرح با هدف کنترل و کاهش پیک سالانه شبکه سراسری، در دستور کار تمامی شرکت‌های وابسته به شرکت توانیر قرار گرفته و صنایع تحت شرایط زیر با شرکت‌های برق منطقه‌ای و توزیع نیروی برق همکاری می‌نمایند:

- انجام تعطیلات و تعمیرات سالانه در محدوده زمانی اجرای طرح، حداقل به مدت ۵ روز مستمر.
- جابجایی بار از ساعت اوج بار به ساعت کم‌باری در محدوده زمانی اجرای طرح، حداقل به مدت ۵ روز مستمر.
- جابجایی تعطیلات هفتگی از روز جمعه به یکی از روزهای هفته، حداقل ۵ روز یکسان هفته (شنبه تا چهارشنبه) در ۵ هفته متوالی.

۲-۱: نحوه محاسبه تخفیفات در طرح تعطیلات و تعمیرات سالانه

تخفیفات صنایع همکار با توجه به دیماندا کاهش یافته و انرژی صرفه‌جویی شده در طرح تعطیلات و تعمیرات سالانه صنایع، براساس روابط زیر محاسبه می‌گردد. طریقه محاسبه مقدار کاهش قدرت به شرح زیر است:

$$K = \text{Day}_e \times (D_p/30) \times (D_d/D_h) \quad (1)$$

که در آن:

K = مقدار کاهش قدرت

Day_e = تعداد روز همکاری

D_p = قدرت مصرفی دوره

D_d = دیماندا کاهش یافته

D_h = متوسط قدرت مصرفی در سه ماه گذشته

هم‌چنین انرژی صرفه‌جویی شده به‌روش زیر محاسبه می‌شود.

$$E_d = (\text{Day}_e \times E_h/30) - (\text{Day}_e \times E_c/\text{Day}_e) \quad (2)$$

که در آن:

E_d = انرژی کاهش یافته

E_h = متوسط مصرف انرژی در دوره سه ماهه قبل

E_c = متوسط مصرف انرژی در طول مدت همکاری

با توجه به روابط (۱) و (۲) میزان کاهش قدرت و انرژی صرفه‌جویی شده توسط صنعت همکار محاسبه می‌شود. مقادیر فوق با در نظر گرفتن زمان اجرای طرح، مشمول ضرایبی خواهد شد که نهایتاً تخفیفات بهای قدرت و انرژی به شرح جدول ۱ تعیین می‌گردد.

جدول ۱: موارد مشمول تخفیفات بهای قدرت و انرژی در زمان اجرای طرح

محدوده زمانی اجرای برنامه همکاری	کاهش قدرت نسبت به متوسط قدرت مصرفی سه ماه قبل	تخفیف بهای انرژی (ریال)	تخفیف بهای قدرت (ریال)
خرداد و شهریور و تیر	۱۰ تا ۴۰ درصد	بهای انرژی ساعت اوج مشترک × مقدار صرفه‌جویی انرژی	$1/3 \times \text{بهای قدرت} \times \text{مقدار کاهش قدرت}$
	۴۱ تا ۷۰ درصد		$1/4 \times \text{بهای قدرت} \times \text{مقدار کاهش قدرت}$
	۷۰ تا ۱۰۰ درصد		$1/5 \times \text{بهای قدرت} \times \text{مقدار کاهش قدرت}$
۱۶ تیر تا آخر مرداد	۱۰ تا ۴۰ درصد		$1/5 \times \text{بهای قدرت} \times \text{مقدار کاهش قدرت}$
	۴۱ تا ۷۰ درصد		$1/8 \times \text{بهای قدرت} \times \text{مقدار کاهش قدرت}$
	۷۰ تا ۱۰۰ درصد		$2 \times \text{بهای قدرت} \times \text{مقدار کاهش قدرت}$

۲-۲. معرفی طرح ذخیره عملیاتی صنایع

آژانس بین‌المللی انرژی با توجه به تغییرات ساختاری به‌وجود آمده در صنعت برق یک طرح استراتژی بلند مدت ارائه داده است و در این طرح ضمن بازنگری روش‌های مدیریت سمت تقاضا در سیستم سنتی روش‌های مدرن پاسخگویی بار را معرفی نموده است که یکی از این روش‌ها طرح ذخیره عملیاتی صنایع می‌باشد.

در زمان پیک شبکه، استفاده از قابلیت همکاری مشترکین خانگی که بیش از ۳۰ درصد میزان مصرف را به خود اختصاص می‌دهند دیگر نمی‌تواند محتمل باشد، اگر بتوان با لحاظ اتخاذ سیاست‌هایی در زمان پیک شبکه (پیک لحظه‌ای) از قابلیت حذف بار مشترکین عمده صنعتی استفاده نمود، می‌توان از ساعت‌های پرهزینه پیک سراسری به سادگی عبور کرد. تعداد محدود و مصرف بالای این گروه از صنایع، امکان کاهش بار در زمان نیاز شبکه توسط آن‌ها تسهیل می‌نماید. به همین منظور طرح ذخیره عملیاتی صنایع در کشورهای جهان توسعه یافته و به عنوان نیروگاه‌های مجازی در زمان نیاز شبکه به مدیریت بار استفاده می‌شود.

طرح ذخیره عملیاتی با هدف کنترل و کاهش پیک بار از ابتدای تیرماه سال ۱۳۹۳ طی مدت دوماه، با هدف کنترل و کاهش پیک سالانه شبکه سراسری، در دستور کار تمامی زیر مجموعه‌های شرکت توانیر قرار گرفته [۶] و مشترکین با دیماند بالاتر از ۱ مگاوات تحت شرایط زیر با شرکت‌های برق منطقه‌ای و توزیع نیروی برق همکاری می‌نمایند [۷]:

- بازه زمانی اجرای طرح از ساعت ۱۰ تا ۲۲ می‌باشد.
- حداکثر مدت همکاری هر مشترک برای کاهش بار در بازه زمانی طرح ۲۰۰ ساعت است.
- درخواست کاهش بار برای واحدهای صنعتی حداکثر تا ساعت ۱۴ روز قبل انجام می‌گیرد.
- مدت زمان درخواست حداقل برای ۴ ساعت و حداکثر برای ۸ ساعت در هر مورد درخواست کاهش بار است
- حداقل میزان کاهش معادل ۲۵٪ درصد میانگین حداکثر دیماند مصرفی طی روزهای کاری ۱۵ اردیبهشت تا ۱۵ خرداد سال

جدول ۵: موارد مشمول در محاسبه تخفیفات صنایع همکار در زمان اجرای طرح

محدوده زمانی اجرای برنامه همکاری	تیر و مرداد
پاداش آمادگی	با اعلام مشارکت در طرح ذخیره عملیاتی (مبادله توافق‌نامه)
	مشترک از اولویت قطع برنامه‌ای برق خارج می‌شود.
تخفیفات کاهش مصرف	با امضای توافق‌نامه، مشترک مشمول تخفیف خواهد بود، حتی اگر هیچ درخواستی برای کاهش مصرف از سوی دیسپاچینگ درخواست نگردد.
	هزینه انرژی مشترک در ساعت‌های اوج مصرف در دوماه اجرای طرح با نرخ میان‌باری محاسبه خواهد شد.
تخفیفات کاهش مصرف	هزینه انرژی مشترک در تمام ساعت‌های روزی که با درخواست شرکت برق، مشترک بار خود را کاهش داده است، با تعرفه کم‌باری محاسبه خواهد گردید.
	به منظور حفظ سطح تولید، به مشترک همکار اجازه داده می‌شود در روز مشارکت، در ساعت‌های کم‌باری، از دیماند قراردادی خود تجاوز نماید. سقف تجاوز از دیماند قراردادی با توجه به محدودیت‌های شبکه به مشترک همکار اطلاع داده خواهد شد.

اجرای طرح می‌باشد

۲-۱: نحوه محاسبه تخفیفات در طرح ذخیره عملیاتی

تخفیفات صنایع همکار با توجه به اعلام آمادگی و اعلام همکاری در طرح ذخیره عملیاتی، براساس گزینه انتخابی مشترک مطابق جدول ۲ الی ۴،

جدول ۲: نرخ تخفیف انرژی ساعت‌های پیک دوماه اجرای طرح

گزینه مشترک	گزینه ۱	گزینه ۲	گزینه ۳
نرخ تخفیف	۲۵۳	۲۹۰,۵	۳۲۰,۵

جدول ۳: نرخ تخفیف انرژی ساعت‌های پیک روزهای همکاری با طرح

گزینه مشترک	گزینه ۱	گزینه ۲	گزینه ۳
نرخ تخفیف	۵۰۶	۵۸۱	۶۴۱

جدول ۴: نرخ تخفیف انرژی ساعت‌های میان‌باری روزهای همکاری با طرح

گزینه مشترک	گزینه ۱	گزینه ۲	گزینه ۳
نرخ تخفیف	۲۵۳	۲۹۰,۵	۳۲۰,۵

و روابط زیر محاسبه می‌گردد:

$$C_p = E_{rp} \times R_{rp} \quad (3)$$

E_{rp} = مجموع انرژی مصرفی ساعت‌های پیک در روزهای اجرای طرح

R_{rp} = نرخ تخفیف انرژی مصرفی ساعت‌های پیک

C_p = مشوق اعلام آمادگی

$$C_c = E_{cp} \times R_{cp} + E_{cm} \times R_{cm} \quad (4)$$

E_{cp} = مجموع انرژی مصرفی ساعت‌های پیک روزهای همکاری

E_{cm} = مجموع انرژی مصرفی ساعت‌های میان‌باری روزهای همکاری

R_{cp} = نرخ تخفیف انرژی مصرفی ساعت‌های پیک روزهای همکاری

R_{cm} = نرخ تخفیف انرژی مصرفی ساعت‌های میان‌باری روزهای همکاری

C_c = مشوق همکاری

با توجه به روابط (۳) و (۴) میزان آمادگی و انرژی صرفه‌جویی شده توسط صنعت همکار محاسبه می‌شود. مقادیر فوق با در نظر گرفتن زمان اجرای طرح، مشمول مواردی خواهد شد که نهایتاً تخفیفات بهای قدرت و انرژی به شرح جدول ۵ تعیین می‌گردد.

۳- ارزیابی حاصل از اجرای برنامه‌های پاسخگویی با صنایع

در این بخش ابتدا مطالبی جهت آشنایی مختصر با شبکه برق خراسان و کشور آورده شده و سپس تاثیر اجرای طرح تعطیلات و تعمیرات سالانه و ذخیره عملیاتی صنایع بر کاهش پیک بار در شبکه سراسری و شبکه برق خراسان به همراه منافع اقتصادی آن مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است.

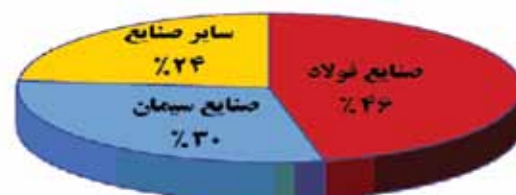
۳-۱ آشنایی با شبکه برق خراسان و کشور

شبکه برق خراسان، یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان و همچنین مصرف‌کنندگان انرژی الکتریکی در شبکه سراسری می‌باشد. در سال ۱۳۹۳ میزان تولید انرژی حوزه برق خراسان معادل ۲۲۷۰۳ گیگاوات ساعت بوده و در این بازه میزان ۱۷۴۲۶ گیگاوات ساعت فروش انرژی به کل مشترکین تحت پوشش استان‌های خراسان رضوی، شمالی و جنوبی صورت پذیرفته است. این در حالی است که سهم انرژی تولید شده و مصرف انرژی، به میزان ۸/۶ درصد از تولید و مصرف کشور را تشکیل می‌دهند [۸] و [۹]. در جدول ۶، درصد مصرف انرژی به تفکیک بخش‌های مختلف، آورده شده است.

جدول ۶: درصد مصرف انرژی به تفکیک بخش‌های مختلف

سهم مصرف	خراسان %	کشور %
بخش خانگی	۲۶	۳۱
بخش عمومی	۶	۹
بخش کشاورزی	۳۲	۱۶
بخش صنعتی	۲۷	۳۵
بخش تجاری	۷	۷
معابر	۲	۲

همان گونه که در جدول بالا مشخص است، بخش صنعتی با بیشترین سهم مصرف از مهم‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی در شبکه برق محسوب می‌شود و پتانسیل بالایی در زمینه مدیریت مصرف دارند. شبکه فوق توزیع برق منطقه خراسان دارای ۲۰ مشترک صنعتی بزرگ می‌باشد که با دیماند قراردادی ۵۵۹ مگاوات شامل؛ صنایع فولادی، صنایع سیمانی و سایر صنایع بخش عمده مصرف صنعتی شبکه خراسان را تشکیل می‌دهند. در صورتی که تغییری در مصرف این تعداد محدود مشترک ایجاد شود، تغییر محسوسی در منحنی بار شبکه خراسان مشاهده می‌گردد. بررسی‌ها نشان می‌دهد صنایع سیمان به دلیل تاثیر مستقیم و قابل ملاحظه انرژی در قیمت تمام شده محصولات، توجه ویژه‌ای به کاهش مصرف انرژی در ساعت‌های اوج بار دارند، اما صنایع فولاد و سایر صنایع تقریباً از الگوی یکنواختی پیروی می‌نمایند. در شکل ۱ میزان مصرف صنایع فولاد و سیمان و سایر صنایع، جهت روشن شدن اهمیت این بخش از مشترکین در زمینه مدیریت مصرف آورده شده است.



شکل ۱: میزان سهم مصرف صنایع فولاد و سیمان و سایر صنایع

همان گونه که در شکل ۱ مشخص است؛ صنایع فولاد و سیمان بیشترین سهم مصرف را به خود اختصاص داده‌اند.

۳-۲ ارزیابی اجرای طرح تعطیلات و تعمیرات سالانه صنایع بر منحنی بار شبکه

بخشنامه مربوط به تخفیف صنایع همکار با طرح تعطیلات و تعمیرات سالانه صنایع، براساس دستورالعمل اجرایی بند (ح) ماده ۱۳۳ و ۱۳۴ قانون برنامه پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران و تفاهم‌نامه‌های فی مابین وزارتخانه‌های نیرو و صنعت و معدن و تجارت به شماره ۶۰/۶۷۲۰۹ مورخ ۸۹/۰۳/۱۶ و همچنین تفاهم‌نامه شماره ۶۰/۹۴۳۸۲ مورخ ۸۹/۰۸/۲۳ پس از بازنگری مجدد توسط مقام عالی وزارت نیرو به شماره ۹۳/۱۵۹۲۱/۳۰/۱۰۰ مورخ ۹۳/۰۳/۰۳ مبنی بر چگونگی محاسبه و اعمال تخفیف در بهای انرژی و بهای دیماند در مورد صنایع همکار در طول بازه همکاری ابلاغ و اجرایی گردیده است.

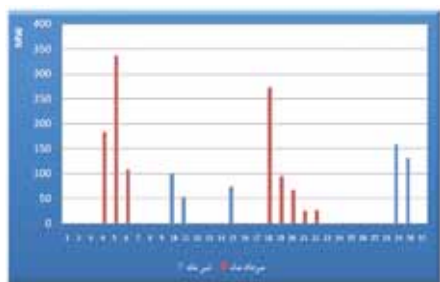
از مجموع ۲۰ مشترک در شبکه برق خراسان با دیماند قراردادی ۵۵۹ مگاوات، تعداد ۱۸ مشترک با مجموع دیماند قراردادی ۵۱۳ مگاوات، مشمول طرح تعطیلات و تعمیرات تابستانی صنایع در سال ۹۳ بوده‌اند که از این تعداد، ۱۰ مشترک با مجموع دیماند قراردادی ۳۲۳/۵ مگاوات در بازه سه ماهه توافق‌نامه فی مابین را امضا نمودند و حاضر به همکاری شدند. دیماند مصرفی در سه ماهه قبل از اجرای طرح توسط این مشترکین براساس نوع همکاری به میزان ۲۴۰ مگاوات بوده است که حدود ۷۴ درصد دیماند قراردادی را شامل می‌شود. کاهش نیاز مصرف در شبکه برق خراسان متأثر از همکاری صنایع در طرح تعطیلات و تعمیرات (۱۵ خرداد لغایت ۱۵ شهریور ۱۳۹۳) مطابق شکل ۲ می‌باشد.



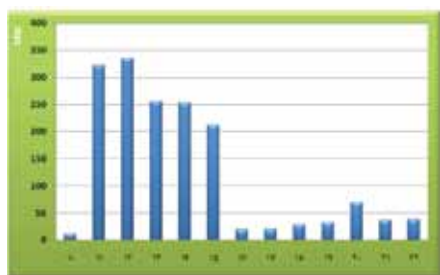
شکل ۲: نمودار کاهش نیاز مصرف در شبکه برق خراسان متأثر از همکاری صنایع در طرح تعطیلات و تعمیرات (۱۵ خرداد لغایت ۱۵ شهریور ۱۳۹۳)

بررسی‌ها نشان می‌دهد کاهش نیاز مصرف برق متأثر از اجرای طرح تعطیلات و تعمیرات سالانه صنایع (میزان تقلیل قدرت هماهنگ شده) توسط صنایع همکار در شبکه برق خراسان، در کل بازه طرح از ۱۵ خرداد تا ۱۵ شهریور ۱۳۹۳ به میزان ۱۵۷/۶ مگاوات بوده است. با اجرای طرح تعطیلات و تعمیرات سالانه در کل کشور، کاهش نیاز مصرف شبکه سراسری برق متأثر از اجرای برنامه مذکور هم‌زمان با روز پیک سالانه شبکه سراسری (شنبه مورخ ۴ مرداد ماه ۱۳۹۳)، معادل ۵۵۴ مگاوات بوده که ۷۸ مگاوات از این میزان توسط صنایع همکار در شبکه برق خراسان اقدام گردیده است [۱۰]. در شبکه برق خراسان نیز میزان کاهش مصرف در روز پیک استان (مورخ ۵ مرداد ماه سال ۱۳۹۳) معادل ۷۸ مگاوات می‌باشد [۱۱]. میزان تخفیفات پرداخت شده به صنایع همکار با برنامه تعطیلات و تعمیرات سالانه بابت بهای دیماند کاهش یافته و انرژی صرفه‌جویی شده در مدت زمان همکاری با برنامه، در شبکه سراسری در مجموع

طی دوره اجرای طرح در شکل ۴ و ساعت‌های همکاری (ساعت ۱۰ الی ۲۲) در شکل ۵ آورده شده است.



شکل ۴: میزان کاهش بار شبکه برق خراسان طی دوره اجرای طرح



شکل ۵: میزان کاهش بار شبکه برق خراسان طی ساعات‌های ۱۰ الی ۲۲

همان‌طور که در شکل ۵ ملاحظه می‌شود بیش‌ترین کاهش بار در ساعات‌های پیک روز (خصوصاً ساعت ۱۲) بوده است. میزان تخفیفات پرداخت شده به صنایع همکار با طرح ذخیره عملیاتی بابت بهای دیماند کاهش یافته و آمادگی صنایع در مدت زمان همکاری با برنامه، در شبکه سراسری در مجموع بالغ بر ۸۸,۴۰۸,۵۲۴ هزار ریال بوده است که از این میزان به صنایع همکار در شبکه برق خراسان معادل ۴,۳۴۶,۸۶۹ هزار ریال پرداخت گردیده است.

۳-۴. ارزیابی اقتصادی اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار

ارزیابی اقتصادی هر طرح از اساسی‌ترین مراحل برای تصمیم‌گیری پیاده‌سازی و یا عدم پیاده‌سازی آن می‌باشد. ابعاد گسترده تبعات اقتصادی طرح‌های مدیریت سمت مصرف و عدم قطعیت‌های موجود در این میان به دلیل دخیل بودن رفتار مصرف‌کنندگان این امر را پیچیده‌تر می‌سازد.

در بخش‌های قبل، پتانسیل بالای صنایع بزرگ در اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار نشان داده شده است. در ادامه، با مقایسه انواع راهکارهای موجود جهت تامین بار پیک، به ارزیابی اقتصادی اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار توسط صنایع بزرگ به منظور تامین بار پیک می‌پردازیم. بدین منظور، راهکارهایی نظیر احداث یک واحد نیروگاهی و بهره‌گیری از برنامه‌های مدیریت سمت مصرف نظیر طرح تعطیلات و تعمیرات سالانه صنایع، طرح ذخیره عملیاتی صنایع جهت تامین بار در ساعات‌های اوج مصرف از منظر اقتصادی با هم مقایسه می‌گردند.

۳-۴-۱. احداث یک واحد نیروگاهی برای تامین بار در ساعات اوج مصرف
با اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار توسط صنایع در سال ۱۳۹۳، به میزان قابل توجهی از پیک شبکه کاسته شده است، برای پوشش و تامین این میزان توان و انرژی، شبکه نیازمند به احداث و راه‌اندازی یک واحد نیروگاهی برای تامین بار در لحظه پیک می‌باشد تا بتواند پاسخگوی حجم نیاز مصرف کاهش یافته در این زمان باشد. بدین منظور محاسبه هزینه طول عمر احداث یک واحد نیروگاهی در رابطه زیر آورده شده است.

بالغ بر ۴۰۴,۰۵۲,۷۲۸ هزار ریال بوده است که از این میزان به صنایع همکار در شبکه برق خراسان معادل ۲۰,۱۹۳,۴۸۸ هزار ریال پرداخت گردیده است.

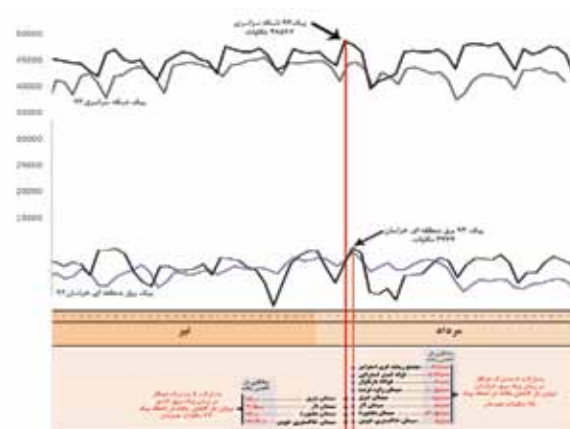
۳-۳. ارزیابی اجرای طرح ذخیره عملیاتی صنایع بر منحنی بار شبکه

بخشنامه مربوط به اجرای طرح ذخیره عملیاتی صنایع توسط مقام عالی وزارت نیرو تحت شماره ۹۳/۴۸۳۹۵/۳۰/۱۰۰ مورخ ۹۳/۱۱/۳۰ به تصویب رسید، و در این خصوص نظام‌نامه مربوطه طی نامه شماره ۱۱/۱۳۰۷ مورخ ۹۳/۰۳/۲۰ ابلاغ و اجرایی شد.

در نخستین سال اجرای طرح ذخیره عملیاتی، پس از تصویب طرح ذخیره عملیاتی صنایع توسط مقام عالی وزارت نیرو، بخشنامه طرح تحت شماره ۹۳/۴۸۳۹۵/۳۰/۱۰۰ مورخ ۹۳/۱۱/۳۰ و نظام‌نامه مربوطه طی نامه شماره ۱۱/۱۳۰۷ مورخ ۹۳/۰۳/۲۰ جهت اجرا ابلاغ شد.

پس از ابلاغ طرح از سوی شرکت توانیر، تعداد ۱۵ مشترک مشمول همکاری شناخته شدند که از این تعداد، ۱۲ مشترک توافق‌نامه فی‌مابین را امضا نمودند و ۸ مشترک با مجموع دیماند قراردادی ۲۱۵ مگاوات در بازه دو ماهه حاضر به همکاری شدند. دیماند مصرفی در دو ماهه قبل از اجرای طرح توسط این مشترکین براساس نوع همکاری به میزان ۱۶۱ مگاوات بوده است که حدود ۷۴ درصد دیماند قراردادی را شامل می‌شود.

بررسی‌ها نشان می‌دهد کاهش نیاز مصرف برق متأثر از اجرای طرح ذخیره عملیاتی در ۱۳ روز همکاری در بازه تیر الی مرداد ماه سال ۱۳۹۳ توسط صنایع همکار در شبکه برق خراسان، به میزان ۹۹/۵ مگاوات بوده است و میزان تخفیفات پرداختی مبلغ ۴,۳۴۶,۸۶۹,۰۰۰ ریال می‌باشد. با اجرای طرح ذخیره عملیاتی صنایع در کل کشور، کاهش نیاز مصرف شبکه سراسری برق متأثر از اجرای برنامه مذکور هم‌زمان با روز پیک سالانه شبکه سراسری (شنبه مورخ ۴ مرداد ماه سال ۱۳۹۳)، معادل ۲۶۷ مگاوات بوده که ۳۳ مگاوات از این میزان توسط صنایع همکار در شبکه برق خراسان اقدام گردیده است [۱۰]. در شبکه برق خراسان نیز میزان کاهش مصرف در روز پیک استان (مورخ ۵ مرداد ماه سال ۱۳۹۳) معادل ۶۴ مگاوات می‌باشد [۱۱]. در شکل ۳ میزان کاهش توان در پیک شبکه سراسری و پیک شبکه خراسان حاصل از اجرای طرح ذخیره عملیاتی صنایع آورده شده است.



شکل ۳: میزان کاهش توان در پیک شبکه سراسری و پیک شبکه خراسان

میزان بار کاهش یافته در شبکه برق خراسان توسط صنایع همکار

$$LTC_{pu} = IC_{pu} + OMC_{pu} + IEC_{pu} + OGC_{pu} + RC_{pu}$$

(۱۱) ۱۴,۸۸۰ هزار ریال =

$$LTC = LTC_{pu} \times (\text{مقدار کاهش پیک (مگاوات)})$$

(۱۲)

$$AC = LTC / LT$$

(۱۳)

۳-۴-۲. بهره‌گیری از اجرای طرح تعطیلات و تعمیرات سالانه صنایع
با توجه به این که همواره پیک شبکه سراسری در ماه‌های تیر و مرداد اتفاق افتاده، اجرای برنامه تعطیلات و تعمیرات در سه ماه از ۱۵ خرداد ماه تا ۱۵ شهریور ماه اجرا گردید. در شکل ۶ مشخص است که دوره همکاری صنایع، کاملاً منطبق بر زمان اوج بار شبکه سراسری برق کشور می‌باشد.



شکل ۶: نمودار مصرف سراسری شبکه برق در ۱۱ ماه سال ۱۳۹۳

با اجرای طرح تعطیلات و تعمیرات تابستانی صنایع در کل کشور، کاهش نیاز مصرف شبکه سراسری برق متاثر از اجرای برنامه بیان شده هم‌زمان با روز پیک سالانه شبکه سراسری (شنبه مورخ ۴ مرداد ماه سال ۱۳۹۳)، معادل ۵۵۴ مگاوات بوده است. در صورت عدم اجرای طرح برای پوشش و تامین این میزان توان و انرژی، شبکه نیاز به احداث و راه‌اندازی یک واحد نیروگاه گازی ۵۵۴ مگاواتی می‌باشد، تا بتواند پاسخگوی حجم نیاز مصرف کاهش یافته در ساعت‌های اوج مصرف باشد. هزینه سالانه احداث نیروگاه فوق به شرح زیر خواهد بود.
 $LTC = 14,880 \times 554,000 = 8,243,520,000$ هزار ریال
 $AC = LTC / 20 = 412,176,000$ هزار ریال

تخفیف پرداخت شده به صنایع همکار با برنامه تعطیلات و تعمیرات سالانه بابت بهای دیماند کاهش یافته و انرژی صرفه‌جویی شده، در مدت زمان همکاری با برنامه، در مجموع بالغ بر ۲۶۷,۷۲۸,۴۰۰ هزار ریال بوده است که با توجه به مجموع انرژی صرفه‌جویی شده، منافع حاصل از اجرای طرح مذکور توسط صنایع همکار برای سال ۱۳۹۳، حدود ۱/۰۲ برابر سرمایه‌گذاری بوده است.

۳-۴-۳. بهره‌گیری از اجرای ذخیره عملیاتی صنایع
کاهش نیاز مصرف شبکه سراسری برق متاثر از اجرای برنامه طرح ذخیره عملیاتی صنایع هم‌زمان با روز پیک سالانه (شنبه مورخ ۴ مرداد ماه سال ۱۳۹۳)، معادل ۲۶۷ مگاوات بوده است. در صورت عدم اجرای طرح برای پوشش و تامین این میزان توان و انرژی، شبکه نیاز به احداث و راه‌اندازی یک واحد نیروگاه گازی ۲۶۷ مگاواتی می‌باشد، تا بتواند پاسخگوی حجم نیاز مصرف کاهش یافته در ساعت‌های اوج مصرف باشد. هزینه سالانه احداث نیروگاه فوق به شرح زیر خواهد بود.
 $LTC = 14,880 \times 267,000 = 3,972,960,000$ هزار ریال
 $AC = LTC / 20 = 198,648,000$ هزار ریال

تخفیف پرداخت شده به صنایع همکار با برنامه طرح ذخیره عملیاتی صنایع بابت بهای دیماند کاهش یافته و آمادگی صنایع در مدت زمان همکاری با برنامه، در مجموع بالغ بر ۸۸,۴۰۸,۵۲۴ هزار ریال بوده

$$LTC' = IC' + OMC' + IEC' + OGC' + RC'$$

(۵) که در آن:

LTC' = هزینه طول عمر

IC' = هزینه نصب و راه‌اندازی

OMC' = هزینه بهره‌برداری و نگهداری

IEC' = هزینه انرژی ورودی

OGC' = هزینه انرژی خروجی

RC' = هزینه برچیدن

هم‌چنین هزینه سالانه احداث نیروگاه از تقسیم LTC به طول عمر نیروگاه محاسبه می‌شود:

$$AC = LTC / LT$$

(۶) که در آن:

AC = هزینه سالانه

LT = طول عمر نیروگاه

مفروضات به کار رفته در این تحلیل اقتصادی به شرح زیر می‌باشند. بدیهی است که این ارقام تغییر پذیر بوده و با تغییر، در روند محاسبه می‌توانند منظور شوند.

- جهت تامین یک کیلووات قدرت، با احتساب مصرف داخلی، ذخیره تولید و تلفات انتقال و توزیع لازم است معادل ۱/۲ کیلووات، سرمایه‌گذاری گردد [۱۰].

- هزینه تامین هر کیلووات انرژی الکتریکی توسط نیروگاه گازی ۴۰۰ یورو در نظر گرفته شده است [۱۲].

- طول عمر مفید نیروگاه گازی، ۲۰ سال و دوره ساخت ۲ سال در نظر گرفته شده است [۱۲].

$$LT = 20 \text{ سال}$$

(۷)

- ارز مبادلاتی هر یورو، معادل ۳۱۰۰۰ ریال برآورد شده است [۱۰]. ملاحظات به کار گرفته شده در این تحلیل اقتصادی به شرح زیر می‌باشند.

- سود یا زیان حاصل از فروش انرژی در ساعت‌های پیک، در صورتی که احداث واحدهای جدید بابت تامین توان مورد نیاز در پیک شبکه در دستور کار قرار گیرد، به واسطه کوتاه بودن زمان مورد نیاز جهت استفاده از این واحدها، صرف نظر شده است.

- از آنجایی که با توجه به افزایش نرخ برق بر اثر تورم، مبلغ مشوق‌های پرداختی به مشترکین، سالانه افزایش می‌یابد، در محاسبات هزینه سرمایه‌گذاری نرخ تنزیل، منظور نگردیده است (تاثیرگذاری نرخ تورم در هر دو بخش تخفیفات و سرمایه‌گذاری).

- هزینه بهره‌برداری و نگهداری، انرژی ورودی و انرژی تولیدی با توجه به ساعت‌های کاری محدود نیروگاه‌های پیک زن، هم‌چنین هزینه برچیدن در این مطالعه صفر در نظر گرفته شده است. در عمل نیز با توجه به این که در ایران، معمولاً هزینه فروش برق نزدیک به مجموع هزینه انرژی ورودی و نگهداری انتخاب می‌گردد.

$$OMC + IEC + OGC = 0$$

(۸)

$$RC = 0$$

(۹)

با توجه به روابط (۵)، (۸) و (۹) و مفروضات و ملاحظات اشاره شده، تامین هر کیلووات توان الکتریکی، به شرح زیر برآورد می‌شود.

$$IC = 1/2 \times 400 \times 31000 = 62,000,000 \text{ هزار ریال}$$

(۱۰)

با توجه به کاهش پیک شبکه سراسری، به واسطه اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار صنایع، فرض می‌کنیم این توان به وسیله احداث نیروگاه تامین شود. لذا بایستی هزینه سالانه (AC) راهکارهای مذکور محاسبه شود.

Life Time Cost	۱	Input Energy Cost	۴
Install Cost	۲	Output Generation Cost	۵
Operation & Maintenance Cost	۳	Removal Cost	۶

است، که منافع حاصله از اجرای طرح مذکور توسط صنایع همکار برای سال ۱۳۹۳، حدود ۲/۲۵ برابر سرمایه‌گذاری بوده است.

۴-۴. مقایسه راهکارها و امکان‌سنجی بهره‌گیری از مشارکت صنایع در برنامه‌های پاسخگویی بار

در این بخش، اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار صنایع برای تامین توان مورد نیاز در ساعت‌های اوج مصرف به‌خصوص در لحظه پیک شبکه سراسری با یکدیگر مقایسه می‌گردند. خلاصه‌ای از این مقایسه در جدول ۷ نشان داده شده است.

همان‌گونه که در جدول نیز مشاهده می‌شود، در شرایط موجود با توجه به این که گزینه اول یعنی احداث نیروگاه جدید نیاز به هزینه سرمایه‌گذاری بالایی دارد، محدودیت‌ها و مشکلاتی برای انتخاب این راهکار وجود دارد. با مقایسه راهکارها مشخص می‌شود که هزینه سرمایه‌گذاری برای تامین بار در ساعت‌های اوج مصرف در تمامی راهکارهای ارایه شده کمتر از احداث نیروگاهی جدید می‌باشد هرچند توجه به این نکته ضروری است که از توسعه تولید و فراهم آوردن زیرساخت لازم برای تولید در شبکه نباید غافل شد.

جدول ۷: مقایسه راهکارهای تامین بار در ساعت‌های اوج مصرف

راهکارهای تامین بار در ساعت‌های اوج مصرف	هزینه سرمایه‌گذاری برای هر مگاوات توان الکتریکی	نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه	نیاز به اعمال خاموشی یا جابجایی بار	نیاز به زمان جهت دستیابی به راهکار
احداث نیروگاه جدید	۷۴۴،۰۰۰ هزار ریال	دارد	ندارد	دارد
طرح تعطیلات و تعمیرات سالانه صنایع	۷۲۹،۳۳۷ هزار ریال	ندارد	دارد	ندارد
طرح ذخیره عملیاتی صنایع	۳۳۱،۱۱۸ هزار ریال	ندارد	دارد	ندارد

۴. راهکارهای کاربردی به منظور کارآمدتر شدن طرح‌های پاسخگویی بار صنایع

تکنیک‌های مختلف پاسخگویی بار، امروزه جزء اولویت‌های تمامی شبکه‌های قدرت می‌باشند [۱۳-۱۵]. برهیچ کس پوشیده نیست که با گسترش روزافزون توجه به مدیریت مصرف انرژی در جهان، طرح‌هایی نظیر طرح تعطیلات و تعمیرات سالانه و ذخیره عملیاتی صنایع، در کشورهای مختلف مورد توجه قرار گرفته و تلاش‌های گسترده‌ای در خصوص کاهش پیک شبکه و افزایش ضریب بار در نقاط مختلف صورت پذیرفته است.

در شرایط کنونی، با توجه به نظر مقام معظم رهبری مبنی بر حرکت به سمت اقتصاد مقاومتی و محدودیت‌های اقتصادی و سیاسی، به نظر اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار صنایع می‌بایست در اولویت نسبت به سرمایه‌گذاری‌های کلان قرار گیرد. در این راستا به منظور اجرای کارآمدتر طرح‌های مذکور راهکارهای زیر پیشنهاد می‌شود:

- تامین خدماتی جهت افزایش سطح آگاهی صنایع بزرگ، از دیدگاه کاهش مصرف انرژی و مسایل زیست‌محیطی
- پیشنهاد تعرفه‌های خرید انرژی جذاب‌تر در ساعت‌های اوج مصرف از مشترکین بزرگ صنعتی
- حل مشکلات و فراهم نمودن زمینه مشارکت موثر صنایع در ساعت‌های اوج مصرف
- پیش‌بینی برنامه محدودیت بار صنایع در طول دوره اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار برای کل کشور و به تفکیک مناطق مختلف
- توجه به دیدگاه فنی در کنار موارد اقتصادی به منظور تصمیم‌سازی‌های مرتبط با برنامه‌های پاسخگویی بار صنایع
- اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار در مناطق مختلف کشور متناسب با

اهمیت رفع مشکل پیک در آن منطقه

۵. نتیجه‌گیری

اهمیت و راهبردی بودن مقوله تامین انرژی به صورت پایدار و مطمئن با توجه به رشد روز افزون نیازها و تهدیدات فراوری تامین انرژی در کنار کاهش ذخایر فسیلی و افزایش تهدیدات زیست‌محیطی و عوامل اقتصادی که تلاش برای بهینه‌سازی هزینه تولید و توسعه را امری اجباری، و به‌کارگیری پتانسیل بالای صنایع بزرگ را در اجرای برنامه‌های سمت تقاضا امری ضروری نموده است.

نتایج نشان می‌دهد کاهش نیاز مصرف شبکه سراسری برق متاثر از اجرای طرح‌های تعطیلات و تعمیرات سالانه و ذخیره عملیاتی صنایع هم‌زمان با روز پیک سالانه شبکه سراسری در سال ۱۳۹۳، معادل ۸۲۱ مگاوات و در شبکه برق خراسان ۱۱۱ مگاوات و منافع حاصل از اجرای طرح‌های مذکور توسط صنایع همکار در کل کشور، حدود ۱/۲۴ برابر نسبت به افزایش ظرفیت تولید، از دیدگاه اقتصادی مقرون به صرفه‌تر بوده است.

منابع

- [1] "European arrangement for peak shaving plant ", Cryogenics, Vol.7, December 1967.
- [2] Lukas Sigrist, Enrique Lobato, and Luis Rouco, " Energy storage systems providing primary reserve and peak shaving in small isolated power systems: An economic assessment, " International Journal of Electrical power & Energy systems , vol. 53 , pp.675-683, December2013.
- [3] Ahmad Y. Hasan, A.A.M. Saayigh, " Electricity Load Peak Shaving Using Photovoltaic Central Plant for Kuwait" Solar World Congress, pp.467-472, 1992.
- [4] علیرضا احمد یزدی، هومن اندامی، عبدالحامید حسن‌زاده، «مطالعه تاثیر و میزان موفقیت برنامه تعطیلات و تعمیرات تابستانی صنایع بزرگ ایران در پیک سابی شبکه و مدیریت مصرف برق»، نوزدهمین کنفرانس بین‌المللی برق ۲۰۰۴PSC، تهران، ایران، ۱۳۸۳.
- [5] انجمنه فخرشاملو، مصطفی لگزبان، مجتبی کاظمی، مصطفی رجبی مشهدی، «ارایه راهکارهای کاربردی به منظور اجرای کارآمد و موثر طرح تعطیلات و تعمیرات تابستانی صنایع برای گذر از پیک سال ۹۳، مطالعه موردی در برق منطقه‌ای خراسان» بیست و هشتمین کنفرانس بین‌المللی برق ۲۰۱۳PSC، تهران، ایران، ۱۳۹۲.
- [6] محمد حسن متولی‌زاده، مصطفی رجبی مشهدی، مصطفی لگزبان، «گذر از پیک سال ۹۳ با اجرای طرح ملی ذخیره عملیاتی، تحولی در مشارکت صنایع در مدیریت بار»، عصر برق، فصلنامه علمی، آموزشی، پژوهشی، انجمن مهندسی برق و الکترونیک ایران، شاخه خراسان، سال نخست، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۳.
- [7] مجید آرس‌نژاد، مصطفی رجبی مشهدی، حمید عبیدی، «مطالعه تاثیر اجرای طرح ذخیره عملیاتی صنایع در کاهش پیک شبکه و ارایه راهکارهای کاربردی به‌منظور اجرای کارآمدتر طرح»، دومین کنفرانس انجمن علمی انرژی ایران، تهران، سال ۱۳۹۴.
- [8] «آمار تفصیلی صنعت برق خراسان»، سال ۱۳۹۳.
- [9] «آمار تفصیلی صنعت برق ایران»، سال ۱۳۹۳.
- [۱۰] دفتر مدیریت مصرف شرکت توانیر، «گزارش عملکرد برنامه پاسخگویی بار صنایع»، بهمن ماه سال ۱۳۹۳.
- [۱۱] «گزارش راهبری و پایش شبکه برق خراسان، امور دیسپاچینگ و مخابرات شمال شرق کشور»، وضعیت پیک سال ۱۳۹۳.
- [۱۲] معاونت برنامه‌ریزی و توسعه شبکه شرکت توانیر، «برنامه توسعه ظرفیت نیروگاه‌های کشور، برنامه پنج ساله ششم (۱۳۹۵ الی ۱۳۹۹)»، تیر ماه، سال ۱۳۹۴.
- [13] M. Paulus, F.Borggreffe, "The potential of demand-side management in energy-intensive industries for electricity markets in Germany", Applied Energy, In Press, Corrected Proof, Available online April 2010.
- [14] Hyung-Geun Kwang, Jin-O Kim, "Optimal combined scheduling of generation and demand response with demand resource constraints," Applied Energy, Vol.96, pp.161-170, August2012.
- [15] H.R. Arasteh, M. Parsa Moghaddam, M.K. Sheikh- El-Eslami, A.Abdollahi, " Intergrating commercial demand resoanse resources with unit colmmitment," International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol.51, pp.153-161, October, 2013.



نخستین

سامانه جایگزینی سیم‌های شبکه هوایی ۲۰ کیلوولت بدون اعمال خاموشی به مشترکین در کشور (سنجاب ۲۰)

واژه‌های کلیدی: سیم‌های روکش‌دار، شبکه هوایی فشار متوسط، سنباب ۲۰، بای‌پاس

۱- مقدمه

شبکه‌های هوایی فشار متوسط بیش از ۹۵ درصد از کل شبکه‌های فشار متوسط کشور را شامل می‌گردند [۱]. با توجه به گستردگی خطوط هوایی، مطالعه بر روی روش‌های نوین احداث، تعمیر و نگهداری این بخش از شبکه‌های توزیع همیشه دارای اهمیت بوده است. شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد در راستای استراتژی ۵-۱۴ برآنست تا میانگین خاموشی مشترکین را تا پایان سال ۱۴۰۵ به حدود ۱۴ دقیقه در سال کاهش دهد. در همین راستا یکی از فعالیت‌های این شرکت ممنوعیت به‌کارگیری سیم‌های بدون روکش در شبکه فشار متوسط از ابتدای سال ۱۳۸۹ بوده است. براساس مطالعات صورت گرفته حدود ۹۰ درصد خاموشی‌ها در شبکه‌های فشار متوسط بر اثر وقوع اتفاقات و حوادث گذرا بوده است که این حوادث در شبکه‌هایی که از هادی‌های روکش‌دار در آن‌ها استفاده شده، به‌صورت چشم‌گیری کاهش یافته است و باعث افزایش پایداری شبکه می‌گردد [۲].

با توجه به اهمیت پایداری شبکه این ضرورت وجود دارد که سیم روکش‌دار جایگزین سیم بدون روکش گردد. بر این اساس جهت رفع این موضوع تلاش می‌گردد که بتوان با ایجاد یک روش ساده، سیستمی طراحی شود که با آموزش‌های کاربردی همکاران اجرایی بتوانند بدون اعمال خاموشی به مشترکین سیم‌های بدون روکش را جمع‌آوری و هم‌زمان سیم روکش‌دار را جایگزین نمایند. در صورت تحقق این امر به‌راحتی می‌توان کلیه سیم‌های بدون روکش شبکه‌ی هوایی فشار متوسط را با هزینه اندکی بالاتر تعویض و سیم روکش‌دار

علی سعیدی

سید ابوالفضل اشرف‌زاده

سیدعلیرضا صبورداودیان

نوید عقلی

سعید علیشاهی

شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد

هم‌اکنون اغلب خطوط فشار متوسط شبکه‌های توزیع در سطح کشور از هادی‌های بدون روکش استفاده می‌کنند. بروز خاموشی‌های نسبتاً گسترده ناشی از خطاهای گذرا و ماندگار بر روی شبکه‌های مذکور مشهود بوده و همه‌ساله از این بابت خسارات جبران‌ناپذیری به صنعت برق و استفاده‌کنندگان برق تحمیل می‌گردد؛ امروزه احداث شبکه‌های جدید با استفاده از هادی‌های روکش‌دار صورت می‌پذیرد. اما جایگزینی شبکه‌های موجود و مورد بهره‌برداری مستلزم اعمال خاموشی‌های گسترده می‌باشد.

در این مقاله، به معرفی سامانه جایگزینی سیم‌های بدون روکش شبکه هوایی ۲۰ کیلوولت با سیم‌های روکش‌دار بدون اعمال خاموشی به مشترکین پرداخته شده است. این سامانه برای نخستین‌بار در کشور توسط محققین واحد تحقیقات و کارشناسان خبره شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد در جهت تداوم خدمت‌رسانی به مشترکین و تحقق اهداف عالیه شرکت در راستای استراتژی ۵-۱۴ شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد طراحی ساخته و مورد بهره‌برداری قرار گرفته است.

را جایگزین آن نمود تا به طور جدی حوادث گذرا در شبکه‌ها را کاهش داده و پایداری شبکه را تا حد امکان تضمین نمود. جایگزینی سیم‌های لخت شبکه‌های هوایی فعلی با سیم‌های روکش‌دار دارای مزایای فنی و زیست محیطی فراوانی می‌باشد در این میان می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

۱- افزایش قابلیت اطمینان شبکه و کاهش خاموشی‌های ناشی از برخورد درختان، جانوران و اشیای خارجی با شبکه
۲- کاهش مشکلات و معضلات مربوط به حریم شبکه
۳- کاهش فضای مورد نیاز جهت احداث شبکه (با توجه نوع سیم روکش‌دار مورد استفاده)

۴- استقامت بیشتر در مقابل شرایط جوی نامناسب

۵- کمک در حفظ زیبایی مبلمان شهری

۶- امکان احداث شبکه در معابر و کوچه‌های با عرض کم به صورت شبکه هوایی به جای شبکه زمینی و در نتیجه کاهش هزینه‌ها (با توجه نوع سیم روکش‌دار مورد استفاده)

۷- امکان ایجاد شبکه بر روی پایه‌های شبکه‌های موجود برق‌دار که باعث صرفه‌جویی در وقت و سرمایه می‌گردد.

مزایای ذکر شده بسته به نوع سیم روکش‌دار و شبکه‌ی جایگزین شده روی می‌دهند برای مثال ممکن است برخی از مزایا در مورد شبکه‌های روکش‌دار با هادی‌های خودنگهدار صدق کرده و در مورد سیم‌های روکش شده معمولی برآورده نشوند.

با بهره‌گیری از روشی مدون جهت جایگزینی شبکه‌های بدون روکش با شبکه‌ی روکش‌دار بدون خاموشی به مشترکین علاوه بر دسترسی و بهره‌گیری از مزایای فوق، از اعمال خاموشی به مصرف کنندگان و مشترکین جلوگیری به عمل خواهد آمد.

در همین راستا پروژه طراحی و ساخت سنجاب ۲۰ یا به طور دقیق‌تر سامانه جایگزینی سیم‌های بدون روکش شبکه هوایی ۲۰ کیلوولت با سیم‌های روکش‌دار بدون اعمال خاموشی به مشترکین در شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد تعریف و انجام پذیرفت؛ در ادامه به معرفی دقیق‌تر این سامانه و جزئیات روش اجرای آن پرداخته شده است.

۲- بررسی شرایط موجود

شبکه‌های فشار متوسط عمومی در ایران، با ولتاژهای ۱۱، ۲۰، ۳۳ کیلوولتی کار می‌کنند که در این میان، ولتاژ ۲۰ کیلوولت رایج‌ترین آن‌ها می‌باشد و امروزه نیز، ایجاد و توسعه شبکه‌های فشار متوسط به‌طور اساسی با ولتاژ ۲۰ کیلو ولت صورت می‌گیرد. در برخی از شهرها مانند شهر جهرم نیز که از قدیم ولتاژ ۱۱ کیلوولتی معمول بوده است، رفته‌رفته جای خود را به ۲۰ کیلوولت داده‌اند. ولتاژ ۳۳ کیلوولت فقط در خوزستان رایج است و در ابتدا به‌عنوان ولتاژ فوق توزیع به کار می‌رفت، و از طریق خطوط ۳۳ کیلوولتی و ایستگاه‌های

تبدیل ۳۳/۱۱ کیلوولتی ولتاژ توزیع ۱۱ کیلوولتی تامین و برق به مراکز مصرف رسانده می‌شد و سپس با تبدیل ۱۱ کیلوولت به ۴۰۰ ولت به مصرف می‌رسید. از طرفی در آینده در شهرهای بزرگ مانند تهران، ولتاژ فوق توزیع ۶۳ کیلوولتی نیز جزء سطوح ولتاژ فشار متوسط در طرف ولتاژ اولیه شبکه‌های توزیع قرار خواهد گرفت. تا پایان سال ۱۳۹۲ مقدار کل شبکه فشار متوسط کشور بیش از ۳۸۸ هزار کیلومتر برآورد گردیده است. در جدول ۱ وضعیت شبکه فشار متوسط مشهد و کشور آورده شده است [۲].

۳- عملیات خط گرم

داشتن شبکه ایده‌آل بدون تلفات و خاموشی غیر ممکن است، پس باید در راستای کاهش آن‌ها گام برداریم. ضمن سعی در کاهش تلفات، کاملاً مشخص است که بایستی انرژی توزیع نشده را کاهش داد. یکی از راه‌های مهم کاهش انرژی توزیع نشده، انجام عملیات اصلاحی بر روی شبکه‌های برقدار توسط اکیپ‌های خط گرم خواهد بود.

با توجه به حساسیت و گستردگی شبکه‌های ۲۰ کیلوولت در حال بهره‌برداری شرکت‌های توزیع و همچنین گسترش روزافزون نیاز به انرژی برق به‌صورت مستمر و دایم که متاثر از پیشرفت سریع تکنولوژی می‌باشد، توجه و تمرکز به قسمت تعمیرات و نگهداری شبکه‌های توزیع در اولویت نخست قرار گرفته است. لذا با توجه به اینکه تعمیرات بر روی خطوط نیاز به اعمال خاموشی دارد، بدون شک بهترین و تنها راه جلوگیری از خاموشی‌های خواسته جهت تعمیرات، انجام عملیات سرویس و تعمیرات به‌صورت خط گرم می‌باشد. در همین راستا باید توجه داشته باشیم که سرمایه‌گذاری در این زمینه یک سرمایه‌گذاری سودآور و برگشت‌پذیر خواهد بود. با توجه به ظرفیت و گستردگی شبکه‌های فشار متوسط در حال بهره‌برداری شرکت توزیع نیروی برق مشهد خوشبختانه در بحث سرویس و نگهداری، بخش عمده‌ای از تجهیزات فشارمتوسط به‌صورت گرم سرویس و نگهداری می‌شوند، اما به‌علت گسترش روز افزون و توسعه شبکه‌ها و همچنین تعریض خیابان‌ها باید شبکه‌ها جابه‌جا و رفع حریم گردند.

یکی از مشکلات عمده اینست که در مواردی به‌علت پیچیدگی شبکه مانند شبکه‌های زیگزاک انجام عملیات بروش خط گرم امکان‌پذیر نیست. در چنین مواردی الزامی است تا شبکه مورد نظر بی برق شده تا امکان عملیات بر روی آن میسر گردد از سوی دیگر توجه به عدم اعمال خاموشی به مشترکین در دستور کار این شرکت قرار دارد.

مورد فوق یکی از مواردی است که حتی با وجود انجام عملیات به‌صورت خط گرم باز هم اجرای آن نیازمند بی‌برق نمودن شبکه است. به‌علاوه همان‌گونه که مطرح گردید هدف این مقاله ارایه

جدول ۱ - طول شبکه‌های فشار متوسط تا پایان سال ۱۳۹۲

شبکه هوایی (کیلومتر)	جمع (کیلومتر)	شبکه زمینی (کیلومتر)	جمع کل (کیلومتر)		
				خودنگهدار	غیر خودنگهدار
۵۸	۴۵۵۷	۴۶۱۵	۵۲۶۴	۵۸	۴۶۱۵
۱۶۱۶	۳۶۹۲۲۸	۱۷۹۷۹	۳۸۸۸۲۳	۱۶۱۶	۳۶۹۲۲۸

۵- سنجاب ۲۰

«سنجاب ۲۰» یک نام اختصاری و بر گرفته شده از عبارت «سامانه جایگزینی سیم‌های ۲۰ کیلوولت بدون روکش هوایی، بدون قطع برق» می‌باشد. این سامانه اجازه می‌دهد که (بدون اعمال خاموشی) سیم‌های بدون روکش شبکه‌های هوایی فشارم توسط را با سیم‌های روکش‌دار تعویض نموده و از شر خطاهای مترتب بر شبکه‌های ۲۰ کیلوولت بدون روکش پیشگیری شود.

۶- تجهیزات تشکیل‌دهنده سامانه سنجاب ۲۰

اجرای عملیات بای‌پاس توسط شرکت‌های توزیع انرژی الکتریکی علاوه بر تخصص و آموزش‌های لازم و تجربه کار با عملیات خط گرم فرمان از نزدیک نیازمند تجهیزات مخصوص عملیات بای‌پاس می‌باشد.

شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد با استفاده از تخصص کارشناسان مجرب و نیز توان بالا و ظرفیت تولید داخلی اقدام به طراحی، بومی‌سازی و ساخت تمامی تجهیزات مورد نیاز عملیات بای‌پاس در داخل کشور نموده و با توجه به هدف اصلی از طراحی و ایجاد این سامانه که «سامانه جایگزینی سیم‌های بدون روکش ۲۰ کیلوولت بدون قطع برق» بوده، نام سنجاب ۲۰ را برای این سامانه انتخاب کرده است. [۳]

۱-۶- خودروی مخصوص تجهیزات عملیات بای‌پاس

این خودرو برای حمل سایر تجهیزات مخصوص عملیات بای‌پاس و قرقه‌های هیدرولیک و کابل‌های ارتباطی مخصوص عملیات بای‌پاس کاربرد دارد و دارای دو قسمت مجزا، یک قسمت برای حمل تجهیزات و قسمت دیگر مکان قرقه‌های هیدرولیک کابل‌های ارتباطی مخصوص عملیات می‌باشد. این خودرو دارای ۴ درب کرکره‌ای در طرفین و یک درب کرکره‌ای در قسمت عقب بوده و سقف آن در قسمت عقب برای جابه‌جایی قرقه متحرک می‌باشد. همچنین رکاب‌های جمع شو در دو طرف و پشت خودرو تعبیه گشته و دارای یک چراغ گردان سرتاسری روی سقف خودرو و یک چراغ گردان به‌همراه پروژکتور و مثلث خطر چشمک‌زن در عقب خودرو می‌باشد.



شکل ۲: تصویر خودروی مخصوص تجهیزات

۲-۶- قرقه‌های هیدرولیک مخصوص کابل‌ها

قرقه‌های هیدرولیک به‌منظور جمع کردن کابل‌های ارتباطی مخصوص عملیات بای‌پاس به دورش استفاده می‌شوند. این مجموعه شامل ۹ عدد قرقه هم محور با قابلیت چرخش قرقه‌ها در دسته‌های ۳ تایی (۳ دسته قرقه با ظرفیت طول‌های متفاوت)

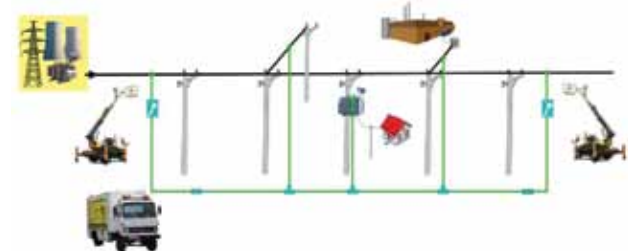
روشی برای جایگزینی سیم‌های بدون روکش شبکه‌های فعلی با شبکه‌های روکش‌دار بدون اعمال خاموشی به مشترکین است. شبکه‌های بدون روکش فعلی امکان کاور شدن نداشته و باید تعویض گردند و نیز با شرایط موجود امکان تعویض سیم‌های بدون روکش به‌صورت خط گرم وجود ندارد بنابراین می‌بایست تدبیری اندیشیده شود تا بدون اعمال خاموشی این سیم‌ها تعویض شوند. یکی از نیازهای اساسی شبکه که باید برطرف شود طراحی و استفاده از سیستمی است که بتوان با به‌کارگیری آن بدون اعمال خاموشی عملیات تعویض سیم‌ها صورت گیرد. مهم‌ترین روشی که برای حل این مساله وجود دارد استفاده از یک سیستم بای‌پاس است.

در این روش دو سمت یک سکشن بای‌پاس شده و مشترکین در این بین از طریق ژنراتور یا پست موبیل تغذیه می‌شوند. [۴] و [۵].

۴- عملیات بای‌پاس

پس از مطالعات کارشناسی و تبادل نظرات گروه‌های تحقیقاتی شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد، تصمیم بر آن شد روشی طراحی و مورد بهره‌برداری قرار گیرد تا به‌وسیله آن به‌طریقی سیم‌های شبکه هوایی بی‌برق شده تا بتوان عملیات جایگزینی را انجام داد و در عین حال انرژی مورد نیاز مشترکین از طریق مسیر موقتی تامین گردد. از آنجا که در اصطلاح علمی به این مسیر موقتی که به‌موازات مسیر و شبکه اصلی احداث می‌گردد مسیر بای‌پاس گفته می‌شود، این روش نیز به نام روش بای‌پاس نام‌گذاری شد. [۳]

در روش بای‌پاس یک سکشن (فاصله بین دو پایه کششی) جهت اجرای عملیات انتخاب می‌شود. کابل‌های بای‌پاس که دارای ویژگی‌های مخصوصی می‌باشند در امتداد سکشن مورد نظر بر روی زمین پهن می‌شوند. این کابل‌ها دارای طول‌های مختلف بوده و براساس طول سکشن مورد نظر به‌وسیله رابط‌های مخصوص به یکدیگر متصل می‌گردند. در صورت نیاز به انشعاب گرفتن از این مسیر از رابط‌های انشعابی مخصوص استفاده می‌شود. در طول مسیر نیز برای تغذیه مشترکین و مصارف مختلف اعم از فشار ضعیف و فشار متوسط از رابط‌های انشعابی استفاده می‌شود. ابتدا و انتهای مسیر بای‌پاس در دو سمت سکشن مورد نظر، به‌وسیله کابل‌های مخصوص به شبکه هوایی بدون روکش متصل می‌شود. [۳] (شکل ۱) در این زمان شبکه هوایی و مسیر بای‌پاس با یکدیگر موازی گشته و هر دو برق‌دار می‌باشند. اکنون با باز شدن جمپرها در دو سمت سکشن، شبکه بدون روکش هوایی بدون برق گشته و تمام بار مشترکین به‌وسیله مسیر بای‌پاس تامین می‌گردد و بدون اعمال خاموشی به مشترکین می‌توان عملیات جایگزینی سیم‌های بدون روکش شبکه را با سیم‌های روکش‌دار انجام داد. در طول انجام عملیات مشترکین از طریق مسیر بای‌پاس تغذیه می‌گردند و حتی برای لحظه‌ای دچار خاموشی نمی‌گردند. [۳]



شکل ۱: نحوه اجرای عملیات بای‌پاس

قابلیت متصل شدن به کلید چمدانی ۲۰ کیلوولت قابل حمل و نیز اتصال به رابط انشعابی (سهراهی) جهت تغذیه ترانسفورماتورهای موجود در مسیر، مشترکین ولتاژ اولیه موجود در مسیر و شبکه‌ی هوایی منشعب شده در بین مسیر مورد نظر را دارا می‌باشند.



شکل ۵: کابل عملیات بای پاس

۵-۶- کابل ارتباط مسیر بای پاس به سیم‌های شبکه
این کابل برای ایجاد ارتباط بین مسیر بای پاس و شبکه هوایی قبل و بعد سکشن مورد نظر استفاده می‌گردد. طول هر قطعه کابل ۱۵ متر بوده و از هر رنگ دو عدد کابل برای ابتدا و انتهای سکشن در خودروی مخصوص حمل تجهیزات موجود است. از این کابل هم‌چنین می‌توان برای تغذیه شبکه‌های منشعب شده در بین مسیر استفاده نمود.

۶-۶- کابل تغذیه ترانسفورماتورهای موجود در بین مسیر
در صورت وجود ترانسفورماتور در بین مسیر سکشن مورد نظر با استفاده از این کابل ترانسفورماتور موجود تغذیه می‌گردد.



شکل ۶: کابل تغذیه ترانسفورمر

۷-۶- کلید چمدانی ۲۰ کیلوولت قابل حمل
برای قطع و وصل ارتباط الکتریکی بین مسیر بای پاس و شبکه هوایی از این کلید استفاده می‌شود. دو عدد از کلیدهای چمدانی ۲۰ کیلوولت قابل حمل در خودرو بای پاس برای قرارگیری در ابتدا و انتهای سکشن مورد نظر، وجود دارد. این کلیدها دارای دسته‌ی جمع‌شو و چرخ برای حمل و نقل آسان بر روی زمین بوده و ابعاد و وزنش برای حمل و نقل به‌وسیله یک نفر مناسب می‌باشد. (شکل ۷)

۸-۶- رابط‌های مستقیم (دو راهی)
برای ایجاد اتصال بین دو قطعه کابل ارتباطی به هم از این رابط استفاده می‌شود. در خودروی حمل تجهیزات دو دسته ۳ تایی از این رابط‌ها وجود دارد و بسته‌بندی و جهت محافظت، هر ۳ عدد رابط مستقیم (دو راهی) در کیف مخصوص به‌همراه وسایل نظیف

و مجهز به موتور هیدرولیکی جهت تسهیل کاربری در عملیات باز و بسته نمودن کابل‌های ارتباطی می‌باشد.



شکل ۳: قرقره هیدرولیک

۳-۶- بالابر بوم عایق
این بالابرها دارای بسکت متحرک و با قابلیت چرخش ۳۶۰ درجه می‌باشند و جهت استقرار در ابتدا و انتهای مسیر بای پاس برای ارتباط مسیر بای پاس به شبکه هوایی به‌وسیله کلمپ‌ها و کابل‌های مخصوص به‌صورت عملیات خط گرم و فرمان از نزدیک استفاده می‌شوند و دارای بسکت با دو محور چرخش بر روی بوم عایق و نیز دارای وینچ هیدرولیک سرعت بالا (ظرفیت بلند کردن بیش از ۵۰۰ کیلوگرم) می‌باشند. (شکل ۴)



شکل ۴: بالابر بوم عایق دارای بسکت متحرک

۴-۶- کابل ارتباطی مخصوص عملیات بای پاس
برای ایجاد ارتباط بین ابتدا و انتهای سکشن مورد نظر و تشکیل مسیر بای پاس از این کابل‌ها استفاده می‌شود. وجود سه رنگ متفاوت قرمز، زرد و آبی از این کابل در خودروی بای پاس برای سه فاز متمایز در طول‌های متفاوت ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ متری از هر رنگ که قابلیت اتصال به یکدیگر به‌وسیله رابط مستقیم (دو راهی) متناسب با شبکه تا طول یک کیلومتر دارند. هم‌چنین این کابل‌ها

و روانگرهای مخصوص نگهداری می‌شوند.

سطحی صاف و صیقلی در طرف دیگر برای سُر خوردن و کشیده شدن راحت کابل‌ها بر روی آن است و رنگ آن (نارنجی) هشدار دهنده برای عابرین، انتخاب شده است. (شکل ۹)



شکل ۹: کابل‌های ارتباطی پهن شده روی کفپوش مخصوص



شکل ۷: کلید چمدانی ۲۰ کیلوولت قابل حمل

۶.۱۲. وینچ قابل حمل

برای تسهیل در عملیات پهن کردن کابل‌های مخصوص عملیات بای‌پاس بر روی زمین از این وینچ استفاده می‌شود. این وینچ قابلیت بسته شدن روی هر نوع پایه‌ی شبکه‌های هوایی را داشته و دارای سیم بکسل با قدرت کشش بالا و قابلیت انعطاف‌پذیری زیاد به طول ۳۰۰ متر می‌باشد.

۷- نتیجه‌گیری

همان‌گونه که مطرح شد تغییر و جایگزینی سیم‌ها در ساختار شبکه‌های موجود با تجهیزات معمول و موجود نیازمند قطع برق و اعمال خاموشی به مشترکین است. در این راستا شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد اقدام به ساخت و تهیه تجهیزات سیستم بای‌پاس، به‌عنوان راه‌حلی برای موارد ذکر شده نمود. با استفاده از این سیستم عملیات جایگزینی سیم‌های بدون روکش شبکه با سیم‌های روکش‌دار بدون نیاز به اعمال خاموشی به‌مشترکین امکان‌پذیر بوده و علاوه بر آن می‌توان از سامانه سنجاب ۲۰ در هر عملیاتی که نیازمند قطع برق شبکه است بدون اعمال خاموشی به‌مشترکین استفاده شود.

بهره‌گیری از سامانه سنجاب ۲۰ دارای مزایای متعددی است که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

اجتناب از اعمال خاموشی به‌مشترکین
ارتقاء پایداری و بهبود قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع
افزایش ایمنی کاربران و سهولت در انجام عملیات
بومی‌سازی تجهیزات و ساخت آن‌ها در داخل کشور مطابق نیازهای داخلی

۸- منابع

- [۱] آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه توزیع نیروی برق در سال ۱۳۹۱، انتشارات شرکت مادر تخصصی توانیر، شهریور ماه ۱۳۹۲
- [۲] بررسی و تجزیه و تحلیل حوادث شبکه‌های ۲۰ کیلوولت، محسن ذبیحی، دهمین کنفرانس شبکه‌ها توزیع برق
- [۳] گزارش پایان پروژه «جایگزینی سیم‌های شبکه هوایی فشار متوسط با سیم‌های روکش‌دار بدون اعمال خاموشی به مشترکین»، شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد، ۱۳۹۲

۹-۶- رابط‌های انشعابی (سه‌راهی)

به‌منظور ایجاد یک سه‌راهی در بین مسیر بای‌پاس برای گرفتن انشعاب ۲۰ کیلوولت جهت تغذیه ترانسفورماتورهای موجود در مسیر، مشترکین ولتاژ اولیه موجود در مسیر و شبکه‌ی هوایی منشعب شده در بین مسیر مورد نظر از رابط‌های انشعابی (سه‌راهی) استفاده می‌شود.



شکل ۸: رابط انشعابی

۱۰-۶- قطعه محافظ کابل‌های ارتباطی

در مواقعی که مسیر بای‌پاس به‌صورت عرضی از خیابان عبور می‌کند، برای حفاظت از کابل‌های ارتباطی در مقابل عبور وسایل نقلیه از این قطعه استفاده می‌شود. این قطعه دارای طراحی و ساخت با شیب مناسب و ساختار مستحکم در مقابل فشار وزن خودروهای عبوری بوده و بر روی هر قطعه جهت عدم سُر خوردن وسیله‌ی عبوری، پوشش لاستیکی مخصوص تعبیه شده است. این قطعات با طول ۵۰ سانتی‌متر جهت حمل و نقل راحت و قابل اتصال به یکدیگر جهت تشکیل طول‌های بلندتر طراحی و ساخته شده‌اند.

۱۱-۶- کفپوش مخصوص

از کفپوش‌های مخصوص جهت پهن کردن در زیر کابل‌های ارتباطی در طول مسیر بای‌پاس استفاده می‌شود. این کفپوش‌ها دارای جنس مقاوم در برابر استفاده مکرر بر روی آسفالت و سطوح خشن بوده و دارای سطحی زبر در طرفی که بر روی زمین قرار می‌گیرد جهت عدم جمع شدن در اثر کشیده شدن کابل‌های بر روی آن و

گراف‌های گذر سیگنال غیرخطی با کاربرد برآورد قابلیت اطمینان مدارهای دیجیتال در برابر خطاهای گذر

وحید حمیتی واقف

استاد راهنما: دکتر علی پیروی

گروه برق/دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

احمد خواجه

استاد راهنما: دکتر رضا قاضی

گروه برق/دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

کنترل توربین بادی با ژنراتور القایی تغذیه دوگانه و مبدل ماتریسی غیرمستقیم با قابلیت LVRT

ژنراتور القایی تغذیه دوگانه (DFIG) به دلیل مزایای متعدد، بیشترین نوع ژنراتور مورد استفاده در توربین‌های بادی است. در این رساله به جای ساختار پشت-به-پشت از مبدل ماتریسی غیرمستقیم جهت کنترل ماشین استفاده شده است. مطابق استانداردهای جدید توربین‌های بادی ملزم به داشتن قابلیت LVRT هستند. بدین منظور، دو مکانیزم کربار با ساختار جدید برای DFIG مبتنی بر مبدل ماتریسی غیرمستقیم پیشنهاد شده است. در روش نخست، که کربار اتصال کوتاه نامیده شده است، گذر از خطا با استفاده از کلیدهای سمت اینورتر و سمت یک‌سوکننده و بی‌نیاز از هرگونه سخت‌افزار اضافی صورت می‌گیرد. سادگی پیاده‌سازی و ارزان بودن از ویژگی‌های این روش می‌باشد. در روش دوم، کربار جدید با استفاده از دیودهای موازی معکوس کلیدهای اینورتر سمت روتور به‌عنوان پل دیودی و تنها افزودن یک کلید و مقاومت در لینک dc مجازی تحقق می‌یابد. مزیت این روش، کاهش جریان‌های خطا به دلیل افزایش مقاومت مدار روتور ژنراتور می‌باشد. همچنین در این حالت جهت بهبود میرایی دینامیک‌های سیستم در شرایط خطا، با استفاده از کنترل تطبیقی اقدام به تنظیم پارامترهای کنترل کننده می‌شود.

برای بهبود پایداری گذرای سیستم و افزایش قابلیت LVRT با استفاده از روش‌های کنترل مدرن، از کنترلر بهینه LQR استفاده شده است. بهینه‌سازی ماتریس‌های وزنی با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک انجام شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهند که عملکرد گذرای سیستم با استفاده از کنترلر LQR بهینه نسبت به استفاده از کنترلر PI بهبود می‌یابد.

در بخش مبدل سیستم، روش جدیدی برای پیاده‌سازی مدولاسیون مبدل ماتریسی غیرمستقیم در این رساله پیشنهاد شده است. روش‌های قبلی مدولاسیون پیچیده بوده و نیاز به ترکیب دو سخت‌افزار دارند، درحالی‌که روش پیشنهادی جدید تنها با استفاده از یک سخت‌افزار قابل پیاده‌سازی است. نمونه آزمایشگاهی مبدل ماتریسی غیرمستقیم تنها با استفاده از یک میکروکنترلر ارزان بر مبنای روش پیشنهادی ساخته شد. درستی روش پیشنهادی با نتایج عملی تایید شد.

پیاده‌سازی عملی سیستم DFIG همراه با مبدل ماتریسی بر روی یک نمونه آزمایشگاهی انجام شد. بعد از پیاده‌سازی الگوریتم سنکرون شدن و با اتصال DFIG به شبکه، توان اکتیو به شبکه تزریق و کارایی الگوریتم ردیابی حداکثر توان (MPPT) به‌طور عملی آزمایش شد. همچنین، عملکرد DFIG هنگام خطا و در حالت استفاده از کربار پیشنهادی آزمایش شد. نتایج عملی، درستی روش پیشنهادی را تایید می‌کند.

کلمات کلیدی:

برآورد قابلیت اطمینان، گراف گذر سیگنال غیرخطی، اشکال‌های گذر، گراف احتمالاتی، قانون میسون، مدارهای دیجیتال.

طراحی و ساخت آنتن‌های ترکیبی پچ مایکرواستریپ و حفره‌ای مبتنی بر فناوری موجبرهای مجتمع شده در زیرلایه

رویکردی جدید مبتنی بر کنترل لایه‌های مقاطع در خوددرمانی سیستم توزیع هوشمند

حمیده دشتی

استاد راهنما : دکتر نشاطی

گروه برق/دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

نادیا زنده دل

استاد راهنما: رجب اصغریان قناد یزدی

گروه برق/دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

در سال‌های اخیر، کاربرد فناوری موجبرهای مجتمع شده در زیرلایه SIW (Substrate Integrated Waveguide) در ساخت ادوات مایکروبو مانند آنتن باعث فشردگی ساختار، کاهش هزینه‌های ساخت، کاهش تلفات و سازگاری با مدارات مسطح شده است. آنتن‌های حفره‌ای همراه با عناصر تشعشعی مانند شکاف و پچ خصوصیات تشعشعی مناسبی شامل بهره زیاد و بازده تشعشعی بالا را ارائه می‌دهند. علاوه بر آن، این نوع آنتن‌ها مزایای حذف تشعشعات معکوس و کاهش انتشار امواج سطحی را فراهم می‌کنند. آنتن‌های شکاف‌دار حفره‌ای SIW به علت ابعاد کوچک و ساختار تشدیدی، دارای بهره و پهنای باند کمی هستند.

در این رساله روش‌های بهبود بهره و افزایش پهنای باند امپدانس آنتن‌های حفره‌ای با عناصر تشعشعی مانند شکاف و پچ ریزنوار مبتنی بر فناوری SIW بررسی و مطالعه شده است. ابتدا مشخصات و مدهای کاری تشدید کننده‌های مستطیلی و دایروی بررسی شده است. سپس آنتن شکاف‌دار با محفظه تشدید دایروی بررسی و آرایه شکافی با دو عنصر شکاف تشعشعی ارائه شده است که بهره آن در مقایسه با بهره آنتن با یک شکاف ۲dB افزایش دارد. با این وجود، ابعاد ساختار افزایش قابل ملاحظه‌ای نداشته است.

دو آنتن پهن باند ترکیبی از آنتن حفره‌ای نیم-مود SIW و پچ ریزنوار با دو قطبش خطی و دایروی طراحی، شبیه‌سازی و ساخته شده‌اند. نتایج اندازه‌گیری پهنای باند امپدانس ۱۰٪ و بهره ۷/۵dBi را برای آنتن با قطبش خطی نشان داده است. برای آنتن با قطبش دایروی پهنای باند ۳dB نسبت محوری $3 \text{ dB} < |AR|$ و بهره ۶/۸ dBi است. همچنین مشخصات تشعشعی انواع آنتن ترکیبی با حفره‌های نیم-مود مختلف با انواع پچ ریزنوار شامل پچ مستطیلی، دایروی و مثلثی شکل مطالعه و بررسی شده است. مدل‌سازی مبتنی بر مدل خط انتقالی آنتن شکاف‌دار حفره‌ای SIW و آنتن ترکیبی پیشنهادی نیز ارائه شده است. با استفاده از این مدل مدار معادل، امپدانس ورودی این نوع آنتن‌ها محاسبه شده است. نتایج به‌دست آمده با شبیه‌سازی و روابط ارائه شده تحلیلی از تطابق خوبی برخوردار می‌باشند. برای افزایش بهره، کاربرد آنتن ترکیبی پیشنهادی در آرایه‌ها نیز بررسی شده است. آنتن آرایه خطی ۱×۴ و آرایه صفحه‌ای ۲×۲ طراحی، شبیه‌سازی و ساخته شده‌اند. آرایه‌های طراحی شده دارای عملکرد تشعشعی مطلوب بوده و بیش‌ترین بهره اندازه‌گیری شده برای آرایه خطی و صفحه‌ای به ترتیب ۱۲/۱۵ و ۱۳ dB می‌باشند.

آنتن‌های ترکیبی ارائه شده در این رساله دارای ساختار ساده تک لایه بوده و با فناوری مدار چاپی قابل ساخت می‌باشند. عمل کرد تشعشعی مناسب، سبکی، حجم کم و کم هزینه بودن، کاربرد آن‌ها را در سیستم‌های عملی مخابراتی تضمین می‌نماید.

یکی از شاخص‌های ویژه‌ی شبکه‌های هوشمند توانایی خوددرمانی در این شبکه‌ها است که با ایجاد و گسترش اتوماسیون توزیع و بهره‌گیری از عملکرد غیر متمرکز تکنولوژی‌های دیجیتال مانند سیستم پایش اطلاعات، کنترل اتوماتیک، مخابرات دو سویی و مدیریت اطلاعات محقق می‌گردد. تشخیص اتوماتیک محل خطا، جداسازی آن محل و بازبایی خوداتکای نواحی خاموش شده‌ی دور از خطا نقش مهمی در قابلیت اطمینان و کیفیت توان در شبکه دارد. با توجه به اهمیت خوددرمانی، در این رساله چهارچوب کنترل غیرمتمرکز، بهینه و مقاوم برای تنظیم عملکرد سویچ‌های هوشمند ارائه خواهد شد. متناسب با هوش توزیع شده در شبکه‌های هوشمند، ساختار کنترل بر مبنای تکنولوژی عامل‌ها در دو لایه‌ی مختلف شامل عامل‌های زون و عامل‌های سویچ بنا شده است به‌طوری‌که هر یک وظایف مختص به خود را بر عهده دارند. عامل زون مسوول پایش و آماده‌سازی اطلاعات و عامل سویچ در دو کلاس مختلف مسوول تعمق، عمل و تصمیم‌گیری است. در این ساختار، معماری داخلی هر یک از عامل‌ها به کمک یک مدل لایه متقاطع شبکه طراحی شده است. بدین منظور علوم‌ی همچون تئوری طراحی شبکه‌ها، تئوری اتوماتای ترکیبی و مدل‌سازی ریاضی به خدمت گرفته شده تا مدل لایه متقاطع شبکه‌ی هوشمند با هدف توصیف عملکرد هر یک از عامل‌ها حاصل شود. سپس با هدف حفظ عدم تمرکز الگوریتم، دسترسی به اطلاعات محلی و توانایی ارتباط با عامل‌های مجاور به‌عنوان سیاست تعاملی هر یک از عامل‌ها در ساختار چندعاملی طراحی شده است. به‌علاوه برای تضمین بهینگی نتایج حاصل از همکاری عامل‌ها، از یک سیاست ترکیبی متشکل از تکنیک سیستم‌های خبره و روش برنامه‌ریزی ریاضی استفاده شده است. در این راستا کاربرد ویژه‌ی از روش برنامه‌ریزی ریاضی به‌عنوان یک تکنیک متمرکز در محیط چندعاملی مورد استفاده قرار گرفته است. علاوه بر این، با توجه به حضور عدم قطعیت در شبکه‌های هوشمند به‌عنوان یک مفهوم ناگزیر، در ساختار چند عاملی عامل سویچ به هنگام تصمیم‌گیری عدم قطعیت موجود در اطلاعات پایش شده را در نظر گرفته تا صحت نتایج حاصل را در برابر هرگونه تغییر ساعتی بار در بازه زمانی اجرای مکانیسم خوددرمانی و همچنین در مدت زمان رفع عیب تضمین کند. در ساختار چندعاملی طراحی شده، عدم قطعیت توسط عامل زون به کمک عدد فازی مثلثی نامتقارن توصیف شده، لذا عامل‌های سویچ کلیه‌ی محاسبات، مقایسه‌ها و تصمیم‌گیری‌ها را با استفاده از حساب فازی، رتبه‌بندی فازی و بهینه‌سازی فازی انجام خواهند داد. در هر مرحله از طراحی چارچوب کنترلی مورد نظر، قابلیت‌های طراحی شده در آن مرحله بر روی سیستم استاندارد نمونه آزمون شده و نتایج به‌دست آمده نشان دهنده توانایی پیاده‌سازی الگوریتم بر روی شبکه‌های هوشمند در حضور عدم قطعیت بوده و همچنین موکد لزوم لحاظ عدم قطعیت به هنگام تصمیم‌گیری و تنظیم عملکرد تجهیزات سویچ شونده‌ی هوشمند می‌باشد.

کلمات کلیدی:

برنامه‌ریزی خطی باینری، طراحی لایه متقاطع، سیستم چند عاملی، شبکه‌ی هوشمند، مکانیسم خوددرمانی.



چرا ژنراتورها دچار نقص می شوند؟

منصور قربانزاده/دقتر فنی نظارت بر تولید، شرکت برق منطقه‌ای خراسان

دانشی را از مکانیزم‌های خرابی ژنراتور ایجاد نمایید.

۱- آسیب در اثر شیء خارجی: مشکل:

یک ژنراتور در یک محیط به دقت کنترل شده کار می‌کند. ورود اشیاء به ماشین می‌تواند فاجعه‌آمیز باشد. چنین اشیایی می‌توانند از منابع خارجی یا خرابی و تخریب اجزا داخلی ناشی شوند. در داخل ماشین، اجسام می‌توانند از روتور چرخان، انرژی به دست آورده و موجب آسیب گسترده‌ای گردند. شکل (۱) آسیب‌دیدگی عایق سیم‌پیچ را که توسط پیچ یک فن که دچار خوردگی شده و به سمت سیم‌پیچی پیشروی کرده است، نشان می‌دهد.



شکل (۱): آسیب‌دیدگی عایق سیم‌پیچ در اثر شیء خارجی

پیشگیری:

به‌طور منظم همه بخش‌های داخلی را که در معرض تخریب هستند یا می‌توانند از جای خود بیرون آیند، مانند پره‌های فن دوار، وزنه‌های تعادلی و واشرهای قفل‌شونده^۲، بازرسی کنید. آسیب‌دیدگی آهن

خروج‌های با برنامه برای توربین گازهای (طراحی شده) براساس بارپیک، تولید هم‌زمان^۱ و سیکل ترکیبی، براساس بازرسی و تعمیر و نگهداری مورد نیاز توربین-ژنراتور به‌صورتی که توسط سازندگان اصلی تجهیزات (OEM)^۲، توصیه می‌شود، برنامه‌ریزی می‌شوند. مالکین ماشین‌هایی که به‌طور منظم در حال کار هستند، اغلب دو خروج سالانه را-بهار و پاییز-هنگامی که تقاضا برای انرژی الکتریکی پایین است، برنامه‌ریزی می‌کنند. سایرین یک خروج اصلی سالانه را انتخاب می‌کنند. برای توربین‌های بار پیک با استفاده محدود-چند صد ساعت بهره‌برداری در سال-زمان میان تعمیرات اساسی ممکن است از دو تا چهار سال به درازا بکشد.

خروج‌ها معمولاً بر روی محرک (توربین) متمرکز می‌شوند؛ ژنراتورها اغلب در حالتی که درست کار می‌کنند، در نظر گرفته می‌شوند تا زمانی که یک مشکل در آن‌ها ایجاد شود. قابل درک است که فعالیت‌های بازرسی و تعمیر و نگهداری با توجه به منابع و بودجه محدودی که مدیران، امروزه مجبورند خود را با آن‌ها هماهنگ کنند، باید در اولویت قرار گرفته و بهینه گردند. اما اطمینان حاصل نمایید که طرح کاری شما برای خروج بعدی، توجهی را که مناسب ژنراتورها می‌باشد، به آن‌ها داشته است. چک نمودن آن‌ها به‌طور کامل و تأیید شرایط کاری ایمن آن‌ها، تلاش زیادی را نمی‌طلبد. تصاویر ارائه شده در این مقاله، به شما کمک می‌کند تا شروع مشکلات را شناسایی نمایید که این امر می‌تواند با ایمنی واحد سازگار بوده و منجر به خروج اضطراری واحد شود؛ شامل آسیب‌دیدگی در اثر جسم خارجی، تخلیه جزیی، اعوجاج سیم‌پیچ روتور، گرم شدن بیش از حد، آلودگی، ترک ناشی از خستگی و خوردگی، لرزش و لقی گوه. این اطلاعات را با کارکنان کلیدی خود در میان بگذارید تا آگاهی و

استاتور در شکل (۴) نشان داده شده است. این پدیده به عدم پوشش نیمه هادی بر روی سطح سیم پیچ در بخش شیار نسبت داده شده است.



شکل (۴): تخلیه جزیی شدید بر روی سطح خارجی سیم پیچی استاتور

پیشگیری:

تجهیزات ویژه‌ای برای تشخیص فعالیت تخلیه جزیی مورد نیاز است. کوپلرهای^۸ شیار استاتور می‌توانند زیر گوه استاتور جا زده شوند تا اندازه و فرکانس تخلیه‌ها را نشان دهند. روند فعالیت تخلیه جزیی در طول زمان با اهمیت است، زیرا ماشین‌های مختلف مقادیر پایه‌ای متفاوتی دارند.

دو برابر شدن سطح تخلیه جزیی در یک دوره شش ماهه، نگران کننده است. ماشین باید باز گردد و به‌طور چشمی بازدید گردد. راه حل‌های مهار ویژه کرونا می‌توانند برای سطوح سیم پیچی به کار گرفته شوند تا برخی از انواع فعالیت‌های تخلیه جزیی را به حداقل برسانند. شکل (۵) قطعه ویژه مهار کرونا در گوشه سیم پیچی استاتور را نشان می‌دهد. انواع دیگری از آرایش‌های محافظتی می‌توانند به همین ترتیب مخصوصاً برای تخلیه فاز به فاز مورد استفاده قرار گیرند.



شکل (۵): مهار کرونا در گوشه سیم پیچی استاتور

۳- اعوجاج سیم پیچی روتور

مشکل:

در روتورهای هوا خنک، گاهی اوقات اعوجاج و جابه جایی شدید سیم پیچی روتور ایجاد می‌شود که نتیجه اش اتصال کوتاه شدن دورها یا اتصال زمین است. اعوجاج ممکن است به دلیل طراحی ضعیف نگهدارنده‌های مسدودکننده دور انتهایی و یا افزایش طول دور بالایی سیم پیچی‌های روتور ایجاد گردد. افزایش طول دور بالایی اغلب توسط سطح لغزشی ناکافی میان دوره‌ای انتهایی و رینگ نگهدارنده^۹ ایجاد می‌گردد. اعوجاج سیم پیچ‌های دور انتهایی در شکل‌های (۶) و (۷) نشان داده شده است.

هسته استاتور در شکل (۲) توسط یک وزنه تعادلی که از روتور آزاد شده، ناشی شده است.



شکل (۲): آسیب دیدگی آهن هسته استاتور

همچنین به خاطر داشته باشید همیشه خطر بالقوه از جانب اقلام و تجهیزاتی که در طی بازرسی، تست و تعمیر و نگهداری، داخل ژنراتور باقی می‌مانند، وجود دارد. هنگام بازرسی برای آسیب، ترکیبی از بازرسی چشمی و بررسی نهایی را از داخل ژنراتور همراه با تست‌های التراسونیک^۴ و ذرات مغناطیسی بر روی اجزا دوار در نظر بگیرید.

۲- تخلیه جزیی

مشکل:

تخلیه جزیی که اغلب کرونا^۵ نامیده می‌شود، یک پدیده کاملاً رایج در ژنراتورهایی است که با هوا خنک می‌شوند. این پدیده در اثر یک شکست عایقی جزیی در عایق سیم پیچی ژنراتور، در فاصله‌های هوایی میان سیم پیچی و هسته استاتور یا در انتهای دورها، جایی که سیم پیچی‌ها در مجاورت نزدیک یکدیگر قرار دارند، ایجاد می‌گردد. چون این پدیده یک شکست کامل سیستم عایقی نیست، سبب اتصال زمین الکتریکی کامل نمی‌گردد. با این وجود، با گذشت زمان، این تخلیه‌ها می‌توانند در عایق اتفاق افتاده که سبب زوال و ضعف عایق می‌گردد تا هنگامی که یک خطای زمین کامل اتفاق افتاده و واحد تریپ کند. شواهد فعالیت تخلیه جزیی^۶ (PD) اغلب توسط چشم قابل مشاهده است و به صورت یک پودر سفید رنگ بر روی سطح سیم پیچی استاتور می‌نشینند (شکل (۳)).



شکل (۳): تخلیه جزیی بر روی سطح سیم پیچی استاتور

آسیب تخلیه جزیی شدید روی سطح خارجی یک سیم پیچی

در موارد دیگر، گرم شدن بیش از حد کوتاه مدت، نتیجه مسدود شدن کانال‌های تهویه در اثر جابه‌جایی اجزا عایقی یا گوه‌های شیار می‌باشد.

پیشگیری:

اطمینان حاصل کنید که گوه‌های روتور با منافذ خنک‌کننده به‌طور محکم و ایمن در محل خود قرار دارند تا از جابه‌جایی آن‌ها و مسدود شدن معابر خنک‌کننده جلوگیری شود. استوانه‌های شیاردار و پرکننده‌ها باید در جای خود قفل شوند تا از حرکت محوری آن‌ها و مسدود شدن سوراخ‌های تهویه جلوگیری شود. همیشه واحد را در محدوده منحنی قابلیت ژنراتور^{۱۲} بهره‌برداری کنید. برای تمام سیم‌پیچی‌های مجدد، عایق و قطعات کلاس F را مشخص نمایید.

۵- آلودگی

مشکل:

آلودگی حاصل از روغن کثیف یا سایر مواد شیمیایی می‌تواند اثر ویران‌کننده‌ای بر روی یک توربین ژنراتور داشته باشد. خلوص گاز جهت بهره‌برداری کارآمد و خنک نمودن ژنراتورهایی که با هیدروژن خنک می‌شوند، حیاتی است. نشتی روغن به ژنراتور، خلوص هیدروژن را کاهش می‌دهد؛ گاهی اوقات به حدی که باعث تریپ ماشین می‌گردد. آلودگی و گرد و غبار، بیش‌تر از یک مشکل برای ماشین‌های هوا-خنک است، خطاهای الکتریکی زمین نسبتاً شایع هستند.

پیشگیری:

اقدامات تعمیر و نگهداری مناسب از آلودگی جلوگیری می‌کند. برای مثال، فراموش نکنید که این موارد را به‌طور منظم چک کنید: خشک‌کن‌های هیدروژن، جایگزین کردن مواد خشک‌کن^{۱۳} وقتی که مورد نیاز است؛ آشکارسازهای نشتی، برای نشانه‌های نشتی روغن یا آب؛ و فیلترهایی برای ماشین‌های هواخنک، تمیز کردن آن‌ها هنگامی که لازم است.

آزمون‌های شاخص قطبی شدن^{۱۴}، یک نشانه خوب برای پاکیزگی سراسر سیم‌پیچی روتور فراهم می‌کنند.

۶- ترک‌های ناشی از خستگی

مشکل:

بسیاری از اجزا ژنراتور در معرض تنش‌های ناشی از خستگی که می‌توانند باعث شروع ترک شوند، هستند. جهت توضیح: ترک ناشی از خستگی کوتاه‌مدت^{۱۵} که توسط بهره‌برداری چرخ‌های^{۱۶} ایجاد می‌شوند، می‌توانند در قسمت‌های بالایی دندان‌های فورج کاری شده روتور و مناطق شیاردار، گوه‌های شیار و رینگ‌های نگهدارنده رخ دهند. به‌خاطر داشته باشید که تخریب یک قطعه فورج کاری شده می‌تواند یک ژنراتور را به‌طور کامل تخریب کند و حتی باعث از دست دادن عمر واحد گردد. شکل (۹) ترک‌هایی را در سیم‌پیچی روتور که به تنش‌های خستگی کوتاه‌مدت در مس نسبت داده شده، نشان می‌دهد.



شکل (۹): ترک در سیم‌پیچی (شین) روتور در اثر تنش خستگی کوتاه‌مدت در مس



شکل‌های (۶) و (۷): اعوجاج سیم‌پیچی‌های دور انتهایی روتور

پیشگیری:

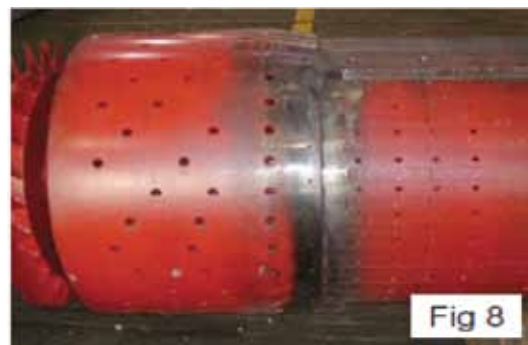
طراحی صحیح سیم‌پیچ‌های روتور و محکم کردن آن‌ها تا از سیم‌پیچی‌ها تحت بارهای محوری نگهداری کنند، ضروری است. بهبود طراحی مسدود کننده‌های^{۱۷} موجود می‌تواند حمایت و نگهداری بهتری از سیم‌پیچ را فراهم کند. در برخی موارد اگر فقط دور بالایی دچار اعوجاج شده است، می‌توان آن را دوباره به موقعیت صحیح خود برگرداند.

روتورها باید برای اتصال کوتاه‌های دور به دور (حلقه)، توسط یک پروب شار^{۱۸} در سرعت بهره‌برداری، تست گردند. عایق زمین رینگ نگهدارنده باید شامل یک سطح تفلونی باشد تا سیم‌پیچ‌ها بتوانند با دما منبسط و منقبض شوند.

۴- گرم شدن بیش از حد

مشکل:

گرم شدن بیش از حد روتور یا استاتور می‌تواند منجر به از دست دادن عمر عایقی، اتصال دورها (حلقه) و خطای زمین نهایی گردد. زمینه گرم شدن بیش از حد (روتور یا استاتور) می‌تواند نتیجه مشکلاتی در طراحی نخستین یا بهره‌برداری غیر طبیعی باشد. مناطق تیره بر روی سطح روتور در شکل (۸) نواحی نمونه‌ای از گرم شدن بیش از حد در اثر بهره‌برداری غیر طبیعی را نشان می‌دهد.



شکل (۸): گرم شدن بیش از حد روتور در اثر بهره‌برداری غیر طبیعی

یک راه حل دیگر، جایگزینی رینگ‌های نگهدارنده 18Mn-5Cr با انواعی که از 18Mn-18Cr ساخته می‌شوند، می‌باشد. این ماده به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر مستعد و در معرض SCC است، با این حال، این ماده گران قیمت است.

۸- لرزش مشکل:

لرزش^{۲۴} دور انتهایی سیم‌پیچی استاتور می‌تواند باعث سایش عایق سیم‌پیچی، تسریع در وقوع خطای زمین، و یا سبب شکستگی رشته سیم‌پیچ گردد که نتیجه آن‌ها گرم شدن بیش از حد است. این پدیده در اثر نیروهای بهره‌برداری با فرکانس دو برابر که در طول زمان، دوره‌ای انتهایی را شل و سست می‌کنند، ایجاد می‌گردد. شکل (۱۲) ایجاد چربی^{۲۵} - اعلام کننده^{۲۶} - میان سیم‌پیچی‌ها را که نشان دهنده لرزش دور انتهایی است، نمایش می‌دهد. حرکت نسبی سیم‌پیچ‌ها باعث سایش عایق‌ها شده، مخلوط ذرات عایقی را به (بخارات و تقطیرات) روغن در حال جابه‌جایی، می‌افزاید و سبب ایجاد چربی می‌گردد. در شکل (۱۳) گرد^{۲۷} ایجاد شده به سبب حرکت (جنبش) نسبی میان دوره‌ای انتهایی سیم‌پیچ استاتور و بست نگهدارنده، به‌صورت یک پودر سفیدرنگ در محل اتصال بست و رینگ ضربه دور انتهایی^{۲۸}، مشخص شده است.



شکل (۱۲): ایجاد چربی در میان سیم‌پیچ‌های دور انتهایی



شکل (۱۳): پودر سفیدرنگ در محل اتصال بست نگهدارنده و رینگ ضربه دور انتهایی سیم‌پیچ استاتور

مشکلات ارتعاش (لرزش) روتور معمولاً فاجعه‌بار نیست اما آن‌ها پاسخی برای بسیاری از خروج‌های اجباری بوده‌اند. در اکثر موارد، آن‌ها در نتیجه اتصال کوتاه‌ها، کانال‌های تهویه مسدود شده، اتصال زمین‌های الکتریکی، عدم تعادل مکانیکی، لغزش گوه، لغزش سیم‌پیچ، نبود وزنه‌های تعادلی، گرم شدن بیش از حد و ساییدگی (در اثر خشک بودن) باتاقان‌ها، ایجاد می‌شوند.

پره‌های فن دوار، بیش‌تر در معرض ترک‌های ناشی از خستگی درازمدت^{۲۹} هستند، همانند آنچه در شکل (۱۰) نشان داده شده است. در اینجا، تخریب در منطقه پایه پره و نه در یک اتصال جوش، ایجاد شده است.



شکل (۱۰): ترک در پره‌های فن دوار در اثر خستگی درازمدت

پیشگیری:

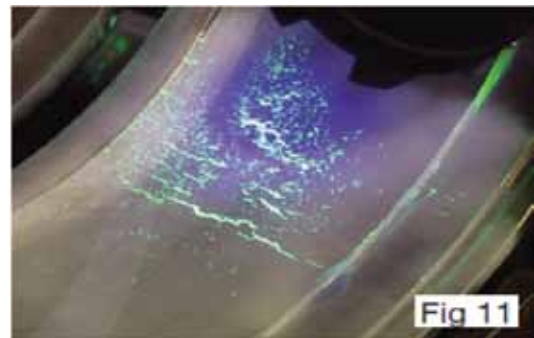
آزمون‌های غیر مخرب (NDE^{۱۸}) منظم، به شما کمک می‌کند تا ترک‌ها را در اوایل شروعشان پیدا کنید قبل از این‌که یک تخریب اتفاق افتد و قطعه می‌تواند تعمیر یا تعویض گردد. شیوه بازرسی، به مواد، دسترسی به قطعات و سایر معیارها بستگی دارد. از میان تست‌های آلتراسونیک، ذرات مغناطیسی فلورسنت مرطوب^{۱۹}، جریان گردابی^{۲۰} و تست مایعات نافذ ساده^{۲۱}، یک مورد را انتخاب نمایید.

۷- ترک ناشی از تنش خوردگی رینگ نگهدارنده مشکل:

ترک ناشی از تنش خوردگی^{۲۲} (SCC) بر روی رینگ‌های نگهدارنده غیرمغناطیسی مخصوصاً آن‌هایی که از فولاد آلیاژی 18Mn-5Cr ساخته می‌شوند، اتفاق می‌افتد. حضور تنش بالا (رینگ‌های نگهدارنده معمولاً پر تنش‌ترین قطعه یک ژنراتور هستند) و رطوبت یا نمک‌ها^{۲۳}، ترک و ایجاد حفره در این مواد را آغاز خواهد کرد. تست‌های آزمایشگاهی نشان داده‌اند هنگامی که شرایط برای ترک خوردگی، ایده‌آل باشد، ترک‌ها می‌توانند با سرعت ۰/۰۰۱ اینچ بر ساعت (Inch/Hour ۰/۰۰۱) رشد کنند.

پیشگیری:

از ترک ناشی از تنش خوردگی، می‌توان با خشک نگه‌داشتن رینگ‌های نگهدارنده جلوگیری نمود. این کار مخصوصاً در ژنراتورهایی که با هوا خنک می‌شوند، می‌تواند دشوار باشد. زیرا بر خلاف ماشین‌هایی که با هیدروژن خنک می‌شوند، این ماشین‌ها توسط شرایط هوای محیط تحت تاثیر قرار می‌گیرند. بازرسی غیرمخرب منظم، مخصوصاً تست آلتراسونیک و مایع نافذ، می‌تواند در اوایل ترک خوردگی، آن را تشخیص دهد، همان‌طور که در شکل (۱۱) نشان داده شده است.



شکل (۱۱): تشخیص ترک در اوایل شروع این پدیده با آزمون غیر مخرب



شکل (۱۵): آسیب دیدگی هسته استاتور

پیشگیری:

اگر چه برخی مهندسين تردید دارند که سفت نمودن مجدد (با تور کمتر) می تواند هسته را محکم و سفت نماید، با این حال بازرسی سفتی پیچ و مهره در فواصل منظم توصیه شده است. تست های ELC^{۳۲} ID^{۳۳} (برای تشخیص نقص هسته الکترومغناطیسی) یا بازرسی های چرخ های از هسته استاتور هم چنین می تواند یکپارچگی پیوسته و مداوم آن را تایید کند. آزمون چاقو^{۳۴} که در شکل ۱۶ نشان داده شده است، یک راه ساده برای چک کردن لقی هسته استاتور می باشد.



شکل (۱۶): آزمون چاقو برای چک کردن لقی هسته استاتور

پی نوشت ها

- [1] Cogeneration
- [2] Original Equipment Manufacturer
- [3] Pantleg (Lock) Washer
- [4] Ultrasonic
- [5] Corona
- [6] Partial Discharge
- [7] Coating
- [8] Coupler
- [9] Retaining Ring
- [10] Blocking
- [11] Flux Probe
- [12] Generator Capability Curve
- [13] Desiccant
- [14] Polarization Index Test
- [15] Low-Cycle Fatigue Cracking
- [16] Cyclic Operation
- [17] High-Cycle Fatigue Cracking
- [18] Nondestructive Examination
- [19] Wet Fluorescent Magnetic Particle
- [20] Eddy Current
- [21] Simple Dye Penetrant Testing
- [22] Stress Corrosion Cracking
- [23] Chlorides
- [24] Vibration
- [25] Greasing
- [26] Tell-tale
- [27] Dusting
- [28] End-turn Surge Ring
- [29] Bump Test: تستی است که پاسخ طبیعی سیم پیچ های انتهایی استاتور را تحت تحرک یک ضربه: مکانیکی، مورد تحلیل قرار می دهد.
- [30] Monitor
- [31] Ripple Springs
- [32] Electromagnetic Core Imperfection Detection
- [33] Knife Test

* این مقاله ترجمه ای است از

William G Moore, PE, "Why Generators Fail?", COMBINED CYCLE JOURNAL, First Quarter 2005, pp. 30-33.

پیشگیری:

یک تست "ضربه"^{۳۹} می تواند تشخیص دهد که اگر سیم پیچی های استاتور نزدیک رزونانس 120 Hz باشند، آن ها در معرض مشکلات مربوط به لرزش هستند. برای روتور، نمایش^{۴۰} مناسب لرزش و عملگرهای هشدار ضروری است. ابزار دقیق صحیح، مشکلات قریب الوقوع را آشکار می سازد و اپراتورهای مطلع و چیره دست، می توانند اقدام مناسب را برای جلوگیری از آسیب به عمل آورند.

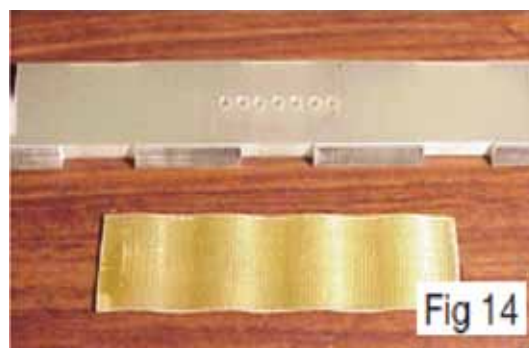
۹- لقی و تخریب گوه استاتور

مشکل:

گوه ها برای محکم نگه داشتن سیم پیچی های استاتور در شیارهای خود و به حداقل رساندن لرزش حالت ماندگار مرتبط با نیروهای تحریک، ضروری هستند. هنگامی که گوه ها شل می شوند، سیم پیچ ها می توانند ارتعاش کنند و باعث ساییدگی دیواره زمین و عایق گردند. چنین سایشی منجر به خطای زمین یا اتصال کوتاه دور به دور (حلقه) می گردد. توجه داشته باشید که هنگامی که یک گوه به طور کامل از جای خود خارج شود، آسیب می تواند هم به سیم پیچ و هم به هسته گسترش یابد.

پیشگیری:

طراحی و نصب صحیح، پتانسیل جابه جایی و لرزش گوه را به حداقل می رساند. فنرهای موجی^{۴۱} بالا، پایین و جانبی، سیم پیچ را تحت فشار نگه می دارند و فشار را تحت تمام شرایط بهره برداری طبیعی حفظ می کنند. بازدیدهای دورهای را در طول فعالیتهای تعمیر و نگهداری منظم، به منظور بررسی سفتی گوه انجام دهید. هم چنین آگاه باشید که با جلوگیری از نفوذ روغن به ماشین، شما می توانید سفتی گوه و عمر عایقی را طولانی تر کنید. یک گوه استاتور معمولی و فنر بالایی در شکل (۱۴) نشان داده شده اند. گوه، سوراخ های معیاری برای اندازه گیری انحراف فنر موجی دارد.

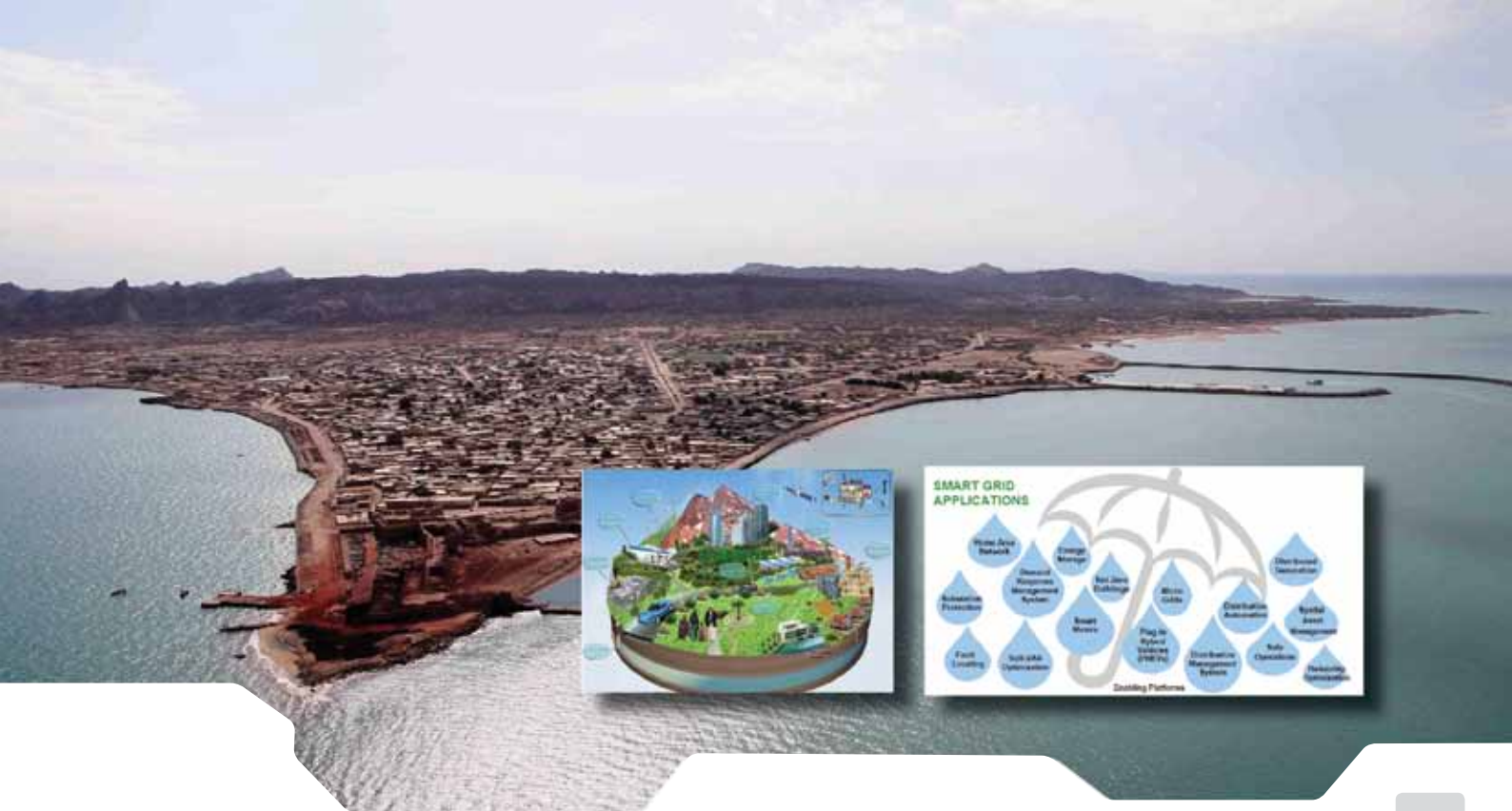


شکل (۱۴): گوه استاتور و فنر بالایی آن

۱۰- آسیب دیدگی هسته استاتور

مشکل:

لقى و شل بودن هسته استاتور در طول زمان، می تواند با توجه به تنش های اولیه از طریق شل شدن پیچ ها، اتفاق افتد. یک هسته شل منجر به آسیب سیم پیچ ها و ورقه ها می گردد. اگر ورقه ها نسبت به یکدیگر لرزش داشته باشند، می توانند باعث سایش عایق سطح شوند. چنین سایشی منجر به اتصال کوتاه ها، نقاط داغ هسته و نهایتاً خرابی (خطای) هسته به هسته یا سیم پیچ به هسته می شود. توجه داشته باشید که در شکل (۱۵) آسیب قوس بر روی سطح ورقه ها، قابل مشاهده نیست تا بعد از اینکه هسته از زیر انبوه سیم پیچی ها، عایق ها و سایر متعلقات بیرون آید.



رنگین کمان خلیج فارس

جزیره هرمز آغازی بر هوشمندسازی شبکه برق ایران

منوچهر بیگلری/استادیار دانشگاه و مشاور مدیر عامل توانیر

۱- مقدمه

در چند دهه گذشته فن‌آوری‌های تولید الکتریسته و توسعه شبکه الکتریکی، ساختارهای بازار و ضوابط و مقررات حاکم و همچنین میزان الکتریسته مورد استفاده به شکل گسترده و قابل ملاحظه‌ای دچار دگرگونی و تغییر و تحول شده است. این دگرگونی تا مقدار زیادی و به شکل مطلوبی مدیریت شده است اما عمر و قدمت زیرساخت‌ها حاکی از آن است که تغییرات می‌تواند روی پایداری، قابلیت اعتماد و امنیت سیستم اثرگذار باشد. از این رو بایستی تغییرات مهم و اساسی در طبیعت و ماهیت تامین و توزیع الکتریسته شکل گرفته و محقق شود.

در شبکه‌های الکتریکی آینده، شبکه‌های توزیع فعال و متحول خواهند شد و این شبکه‌ها بایستی با هدایت قدرت جاری شده از مسیرهای دوگانه تطبیق یافته و سازگار گردند. در شبکه‌های آینده، بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری و بسط و توسعه شبکه، فرآیندی استراتژیک، بهینه و انعطاف‌پذیر خواهد داشت. مصرف‌کننده و مشترک در این شبکه‌ها، تعیین‌کننده و مشخص‌کننده کیفیت الکتریسته می‌باشد و امنیت و قابلیت اعتماد تامین الکتریسته برای عصر و دوران دیجیتال تحقق می‌گیرد. استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید پراکنده کوچک در مقیاس بسیار گسترده با اتصال مستقیم به مشترکین نهایی شکل می‌گیرد.

و اما زیرساخت اصلی در شبکه‌های آینده در شکل‌گیری شبکه هوشمند نهفته است. هوشمندسازی شبکه الکتریکی مفهومی جدید در صنعت برق است که در پی ظهور فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی

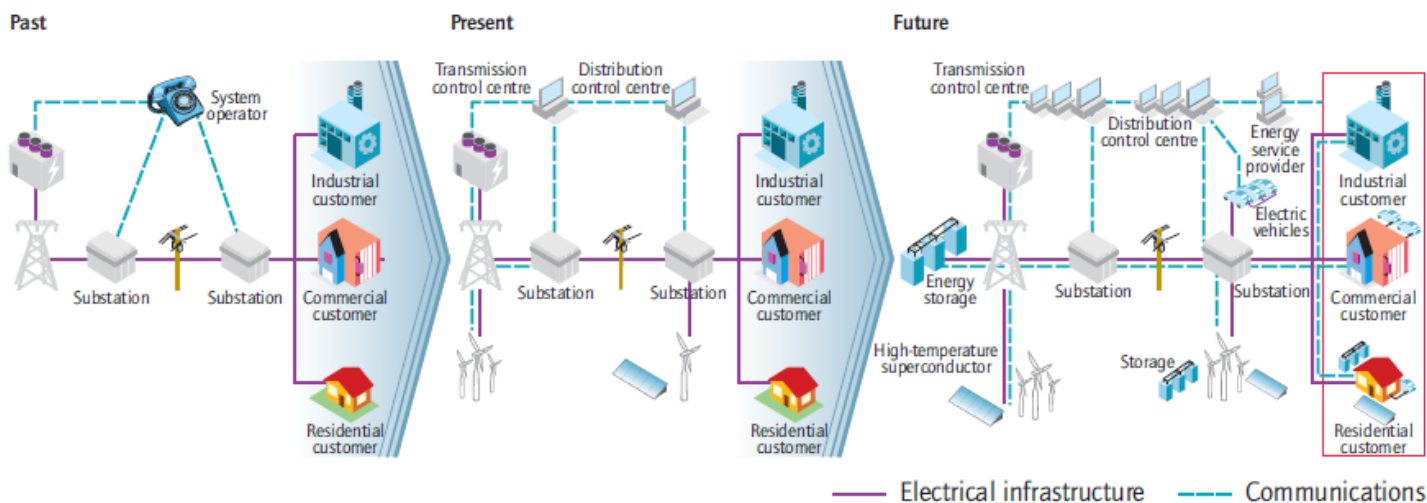
و افزایش تقاضای برق پا به عرصه این صنعت نهاده است. در واقع شبکه هوشمند حاصل پیوندی میان شبکه‌های سنتی و شبکه‌های مخابراتی است که امکان تعامل دو سویه میان مشترک و بهره‌بردار شبکه را فراهم می‌کند و در نتیجه سبب می‌شود از تجهیزات موجود به صورت بهینه استفاده شود.

شبکه‌های هوشمند قابلیت‌ها و نیازهای تمامی مولدهای الکتریسته، بهره‌برداران شبکه، مصرف‌کننده‌ها و مشترکین نهایی و بازار الکتریسته را هماهنگ می‌نمایند تا این که تمامی قسمت‌های سیستم و شبکه الکتریکی با حداقل هزینه‌ها و اثرات زیست‌محیطی و در حالی که دارای ماکزیمم پایداری و قابلیت اطمینان می‌باشند، بهره‌برداری گردند.

در حالی که در بسیاری از نواحی در شبکه‌های الکتریکی دنیا، هوشمندتر نمودن سیستم‌های الکتریکی آغاز شده است، اما باید اشاره نمود که در تمامی این نواحی نیاز به برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری اضافی گسترده برای تحقق این امر می‌باشد.

شبکه‌های هوشمند، استنتاج یافته از تکنولوژی‌های تکامل یافته‌ای هستند که در شکل‌ها و روش‌های مختلف در اطراف و اکناف دنیا استقرار یافته و با توجه به جذابیت‌های تجاری محلی و منطقه‌ای، چارچوب‌های سرمایه‌گذاری و سازگاری و تطبیق با تکنولوژی‌ها و زیرساخت‌های شبکه‌های موجود، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در شکل ۱ مشخصه سیر تکامل شبکه‌های هوشمند نشان داده شده است.

از منظر استدلال و منطق نیاز به تکنولوژی شبکه هوشمند باید



شکل ۱: سیر تکامل شبکه‌های هوشمند و مسیر حرکت سیستم‌های الکتریکی هوشمندتر

الکتریکی، فراهم می‌باشد. تکنولوژی‌های شبکه هوشمند از طریق مدیریت و مونیتورینگ بهتر و مطلوب‌تر امکان ماکزیمم نمودن استفاده از زیرساخت‌های موجود را حاصل می‌نمایند. شبکه‌های هوشمند در تقابل و مغایر با شبکه‌های سنتی، از جریان‌های دو مسیره و دو راهه الکتریسیته و اطلاعات برای خلق یک شبکه نقل و انتقال پیشرفته توزیع شده و اتوماتیک استفاده می‌کنند. با استفاده از تکنولوژی‌های مدرن اطلاعات "IT"، شبکه‌های هوشمند قادرند جریان‌های قدرت را در مسیرها و راه‌های کارا و موثر و با راندمان بیشتر نقل و انتقال دهند و به محدوده وسیعی از شرایط، وضعیت‌ها و اتفاقات پاسخ دهند که در همین راستا ویژگی‌ها و مزایای شبکه هوشمند در نمودار شکل ۲ ارایه شده است.

اشاره نمود که سیستم‌های الکتریکی در دنیا با چالش‌هایی از جمله زیر ساخت و بنیاد قدیمی، رشد پیوسته در تقاضای الکتریسیته، افزایش شمار منابع انرژی تجدیدپذیر گوناگون و بارهای مصرفی جدیدی مانند خودروهای الکتریکی، ضرورت بهبود و اصلاح امنیت تامین منابع و الزام به آلودگی کمتر مواجهه می‌باشند. تکنولوژی‌های شبکه هوشمند نه تنها پاسخ‌گوی این چالش‌ها می‌باشند بلکه تامین انرژی پاک‌تری را توسعه می‌دهند که کارایی و راندمان آن نیز بیشتر می‌باشد. از پتانسیل‌ها و قابلیت‌های مهم و اساسی شبکه‌های هوشمند اینست که با توجه به زیر ساخت آن‌ها، زمینه محافظ و مرتبط نمودن مسایلی مانند مباحث تکنولوژیکی، مالی، اجتماعی و مقررات و سیاست‌گذاری‌ها در چارچوب سیستم



شکل ۲: ویژگی‌ها و مزایای شبکه هوشمند

۲- مفهوم شهر هوشمند

تاکنون تعاریف متعددی از شهر هوشمند ارائه شده است که هر کدام به ابعاد گوناگونی از هوشمندسازی اشاره نموده اند. با این حال همه این تعاریف در یک چیز مشترکند و آن شهری است که موجب افزایش کیفیت زندگی می شود. آن چه شهر هوشمند را متمایز می کند، استفاده گسترده از فناوری اطلاعات و ارتباطات در تمام حوزه های شهری است. با وجود ارائه تعاریف گوناگون برای شهرهای هوشمند، می توان ابعاد شهر هوشمند را در شش محور که در پی می آید، بیان نمود:

۱- محیط زیست هوشمند

- مدیریت منابع پایدار
- مدیریت آلودگی های زیست محیطی
- حفظ و صیانت از محیط زیست
- مدیریت مصرف انرژی و به کارگیری تکنولوژی های نوین
- مدیریت چرخه بازیافت مواد

۲- اقتصاد هوشمند

- توسعه رقابت منطقه ای و جهانی
- دسترسی گسترده به تمامی شهروندان و کسب و کارها و شناسایی فرصت ها
- استفاده از ابزارها و فرآیندهای مدرن در همه انواع همچون بانکداری الکترونیک، خرید الکترونیک، حراج الکترونیک و ...

۳- حمل و نقل هوشمند

- توسعه سیستم های حمل و نقل کارا، نوآورانه و هوشمند
- کاهش گره های ترافیکی به وسیله آسان سازی گراف شهری
- ایجاد نگرش های نوین در شهروندان مانند تسهیم خودرو

۴- شهروندان هوشمند

- توسعه دانش شهروندی و یکسان سازی تجارب آموزشی در مناطق شهری و روستایی
- به کارگیری آموزش های مجازی و از راه دور
- توسعه همکاری از راه دور
- پرورش خلاقیت
- افزایش انعطاف پذیری و مشارکت در فعالیت های اجتماعی

۵- مدیریت هوشمند

- ایجاد پل ارتباطی قوی میان برنامه ریزان، سازمان ها و مجریان
- بهبود در دسترسی عموم مردم به خدمات گوناگون
- توسعه فرآیندهای دموکراتیک

۶- زندگی هوشمند

- دسترسی به خدمات با کیفیت بهداشتی و درمانی الکترونیک
- مدیریت الکترونیکی سوابق درمانی و نظارت از راه دور بر سلامتی شهروندان
- اتوماسیون خانه، هوشمندسازی خانه و ...
- دسترسی به انواع گوناگون خدمات اجتماعی

لازم به ذکر است که ابعاد مطرح شده، ساختاری مجزا از هم ندارند و در بسیاری موارد پیشرفت در یک بعد نیازمند ارتقای ابعاد دیگر است و لذا نباید رویکرد جامع و همه جانبه را در پیشبرد اهداف مطرح شده فراموش کرد.

۳- جزیره هرمز، پایلوت شبکه هوشمند در ایران

جزیره هرمز در دهانه خلیج فارس واقع شده و از لحاظ نظامی، سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی دارای ارزش و فرصت های فراوانی است. هرمز به مساحت ۴۲ کیلومتر و در ۸ کیلومتری بندرعباس قرار دارد. این جزیره از لحاظ زمین شناسی اهمیت زیادی داشته و گنبد نمکی آن شهرت جهانی دارد. وجود کانی ها و سنگ های زیبا، آبرنگ های مرجانی، سواحل صخره ای، غارهای دریایی در کنار پوشش گیاهی بومی و حیاط وحش ساکن در این جزیره و برخی یادمان های تاریخی و فرهنگی پیوند خورده با زندگی بومی، از ویژگی های این جزیره است. معادن بسیاری با ارزش اقتصادی در این جزیره وجود دارد که مهم ترین آن ها معدن خاک سرخ هرمز است. این معدن از معروفیت جهانی برخوردار بوده و عمده مصرف آن برای تولید رنگ های ضد زنگ، لوازم آرایشی، پودرهای میکرونیز صنعتی و تولید نوار کاست می باشد. غارهای زیر دریایی واقع در ساحل صخره ای جنوب جزیره الهام بخش افسانه های کهن و در عین حال بخشی از تاریخ باستانی این جزیره با قدمت سکونت شش هزارساله است.

از منظر تامین انرژی الکتریکی جزیره هرمز، در حال حاضر اینکار توسط شبکه فشار متوسط با استفاده از دو مدار کابل دریایی انجام می شود. فیدرهای هوایی ساحل و دریا از پست ۶۳ کیلوولت فرودگاه بندرعباس به طول ۱۲ کیلومتر تا کنار ساحل دریا آورده شده سپس با عبور از یک اسکله سنگی احداث شده در دریا با نصب سرکابل های ویژه با کابل های دریایی به طول ۸ کیلومتر به عمق دریا کشانده شده و در ساحل جزیره هرمز به کلید خانه مستقر در شمال غربی جزیره وارد می شود. در شکل ۳ موقعیت اتصال برق جزیره به ساحل بندرعباس به وسیله دو مدار کابل دریایی نشان داده شده است.



شکل ۳: موقعیت اتصال برق جزیره با کابل دریایی

در رابطه با انتخاب جزیره هرمز برای هوشمندسازی باید اشاره نمود که در گام نخست، هوشمندسازی نیازمند اجرای پایلوت در یک محدوده ی جغرافیایی کوچک است تا ابعاد موضوع و چالش های احتمالی آن تا حد بسیار مطلوبی شناسایی شده و از تجارب حاصل در این زمینه در اجرای هوشمندسازی در سطح وسیع ملی و کشوری استفاده نمود. در برخی از کشورها مانند کره جنوبی، یک جزیره به عنوان پایلوت هوشمندسازی انتخاب شده است. در رابطه با تعیین جزیره هرمز در کشور برای هوشمندسازی می توان اشاره نمود که از نکات اساسی این انتخاب کوچک بودن شبکه برق جزیره، بار کم مورد نیاز در مقایسه با سایر مناطق کشور، داشتن شبکه ای مجزا و امکان تولید برق از منابع تجدیدپذیر انرژی است.

انتخاب جزیره هرمز مزیت مهم دیگری نیز دارد و آن امکان

با توجه به گستردگی مباحث هوشمندسازی جزیره هرمز، رویکردی که در تدوین نقشه راه آن مد نظر قرار گرفته تقسیم‌بندی در ابعاد

مختلف می‌باشد که حاصل آن در پنج بعد بشرح نمودار شکل ۷ می‌باشد.



شکل ۷

و روشنایی (نصب ترموستات هوشمند و تجهیزات کنترل روشنایی و سیستم مدیریت انرژی برای کنترل بارهای سرمایشی و روشنایی) و تامین بخشی از الکتریسیته مورد نیاز آن‌ها از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر صورت می‌گیرد.

در اجرای هوشمندسازی خانه‌های جزیره هرمز پس از بررسی‌ها و مطالعات انجام شده در بافت مسکونی جزیره هرمز، سه واحد مسکونی به‌عنوان پایلوت انتخاب شد و در گام نخست راه‌کارهای بهینه‌سازی و کاهش مصرف انرژی به‌شرح زیر در این واحدها انجام شد.

- ۱- سیستم سرمایشی: استفاده از کولرهای گازی با راندمان بالا (رتبه A و بالاتر) و عایق‌بندی مناسب محیط
- ۲- سیستم روشنایی: استفاده از فلورسنت LED و لامپ کم‌مصرف و استفاده مناسب از نور طبیعی
- ۳- پنجره‌ها: استفاده از پنجره دو جداره استاندارد با قاب UPVC

در فرآیند تهیه و تدوین نقشه راه مرتبط با مراحل مطرح شده در نمودار شکل ۶، بخش فناوری‌های ارتباطی و اطلاعاتی "ICT" به‌عنوان زیرساخت اصلی در سایر ابعاد تاثیرگذار بوده است.

۳-۱- پیاده‌سازی و اجرای مراحل هوشمندسازی جزیره هرمز

پس از تدوین نقشه راه هوشمندسازی جزیره هرمز، اجرای مراحل مختلف آن در سال ۱۳۹۲ آغاز گردید و با توجه به اهمیت و ضرورت مدیریت مصرف انرژی الکتریکی و افزایش کارایی آن، در گام‌های نخست، مسیر هوشمندسازی در سمت تقاضا با بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی جزیره هرمز مد نظر قرار گرفت. بهبود بهره‌وری انرژی با بهینه‌سازی مصرف آن، مرحله نخست از هوشمندسازی خانه‌های جزیره هرمز می‌باشد که فرآیند کامل آن در نمودار شکل ۸ نشان داده شده است. هوشمندسازی همه ساختمان‌های جزیره با تمرکز بر بار سرمایشی

خانه‌های هوشمند جزیره



شکل ۸: مراحل مختلف هوشمندسازی خانه‌های جزیره هرمز

- پتانسیل مناسب جزیره هرمز جهت استفاده از انرژی خورشیدی و تولید برق خورشیدی
- میزان انرژی الکتریکی سالانه قابل تولید از پانل خورشیدی در زاویه شیب بهینه در جزیره هرمز، معادل ۲۵۵ کیلووات ساعت بر متر مربع
- انرژی قابل تزریق به شبکه از طریق پنل‌ها به‌طور متوسط ۱۵۲۰ kwh در سال
- پتانسیل وزش باد در جزیره هرمز

- ۴- جداره‌ها: استفاده از پوشش رنگ عایقی برای جداره‌های خارجی ساختمان
- ۵- آبگرم: استفاده از آبگرمکن خورشیدی یا پمپ حرارتی
- ۶- تجهیزات انرژی بر: استفاده از تجهیزات و لوازم راندمان بالا
- ۷- دیوارهای داخلی: رنگ‌آمیزی داخل ساختمان با رنگ روشن و ترکیب مواد عایق نانو به‌عنوان عایق‌های بسیار مناسب جلوگیری کننده تبادل حرارتی داخل ساختمان با بیرون آن



شکل ۹: برخی تصاویر اجرای راهکارهای بهینه‌سازی و کاهش مصرف انرژی در واحدهای مسکونی انتخاب شده

- به‌کارگیری توربین‌های بادی کوچک خصوصا محور عمودی که با سرعت باد کمتر کار می‌کنند گزینه‌ای قابل طرح برای استفاده در منازل جزیره هرمز
- پس از اقدامات بهینه‌سازی و کاهش مصرف انرژی در واحدهای مسکونی انتخاب شده، مراحل زیر در زمینه تامین الکتریسته آن‌ها از انرژی‌های تجدیدپذیر و هوشمندسازی مصارف صورت پذیرفت.
- ۱- نصب پانل‌های خورشیدی و اینورتر تک‌فاز و باتری‌خانه مورد نیاز
- ۲- نصب کنترل هوشمند بین برق شهر و اینورتر با امکان کنترل از

در نتیجه اجرای راهکارهای فوق حدود ۴۵٪ در مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی صرفه‌جویی حاصل شد.

برخی تصاویر اجرای راهکارهای مطرح شده در شکل ۹ نشان داده شده است. در اینجا باید اشاره نمود که از اقدامات نخست انجام شده در کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در جزیره هرمز نصب و راه‌اندازی یک ایستگاه بادی‌سنجی در جزیره و بررسی و مطالعه جامع در زمینه پتانسیل سنجی استفاده از خورشید و باد در تامین انرژی الکتریکی هرمز می‌باشد که خلاصه نتایج این موارد در زیر نشان داده شده است.



شکل ۱۰

انجام شد نصب و راه اندازی نیروگاه های خورشیدی متصل به شبکه با ظرفیت تجمعی ۱۰۰ kW می باشد. این مجموعه شامل ۲۰ نیروگاه خورشیدی متصل به شبکه هر یک به ظرفیت ۵ kW می باشد که بر روی سقف مساجد و مدارس جزیره هرمز نصب شده اند. در شکل ۱۳ واحدهای خورشیدی نصب شده بر روی سقف دو مدرسه به عنوان نمونه نشان داده شده است.



شکل ۱۳

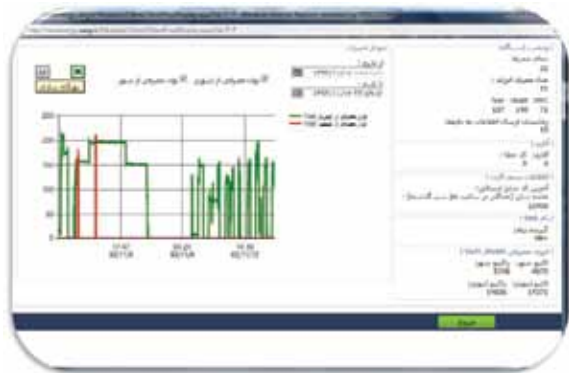
در انتها باید اشاره نمود که بر مبنای فرآیند نقشه راه تدوین شده برای هوشمندسازی جزیره هرمز اقدامات عملیاتی و اجرایی مربوط به اتوماسیون شبکه توزیع هرمز، تامین انرژی الکتریکی اداره برق جزیره هرمز از انرژی خورشیدی با نصب سلول های فتوولتاییک با قدرت مناسب و به صورت مجتمع و همچنین هوشمندسازی کامل ساختمان های این اداره، نصب کنتورهای هوشمند در مدارس و مساجد جزیره هرمز و نصب پایه های سیستم روشنایی هیبرید (خورشیدی و بادی) در بخشی از معابر جزیره هرمز آغاز گردیده است که در برخی موارد نزدیک به اتمام می باشد.

راه دور و اینترنت با قابلیت ارایه انواع گزارش
۳- نصب سیستم هوشمند مصرف و تبدیل منزل به خانه هوشمند مصرف با قابلیت برنامه ریزی و کنترل از راه دور و اینترنت

۴- نصب سیستم کنتورهای هوشمند AMI
برخی تصاویر اجرای راهکارهای مطرح شده برای تامین الکتریسته واحدهای مسکونی انتخاب شده از انرژی های تجدیدپذیر و هوشمندسازی مصارف آن ها در شکل ۱۰ نشان داده شده است.
با نصب تجهیزات کنترل هوشمند بین برق شهر و پانل های خورشیدی نصب شده در واحدهای مسکونی انتخاب شده جزیره هرمز، امکان کنترل از راه دور و اینترنت با توانمندی های مختلف از جمله ارتباط با مرکز کنترل از طریق GSM(GPRS/SMS)، قطع و وصل فیدر به صورت محلی و اتوماتیک یا از طریق مرکز کنترل یا به وسیله اینترنت، تعیین محل و علت قطع، جمع آوری اطلاعات مشترک و... حاصل گردیده است. این سامانه کنترل و پایش از راه دور انرژی های نو در اماکن مسکونی برای نخستین بار در ایران مورد کاربرد و استفاده قرار می گیرد.
نمایی از صفحه فرمان و کنترل از راه دور انرژی پانل های خورشیدی نصب شده در خانه های مسکونی انتخاب شده در جزیره هرمز و نمونه گزارشات و نمودارهای مختلف در سایت سامانه کنترل و پایش از راه دور در شکل های ۱۱ و ۱۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۱



شکل ۱۲

براساس مطالعات صورت گرفته حتی فناوری گران سلول های خورشیدی نیز، در مقایسه با انتقال برق به جزیره هرمز (از طریق احداث نیروگاه و سیستم انتقال و توزیع) اقتصادی است و با کاهش مصرف سوخت در مدت کمتر از ۳ سال، اختلاف سرمایه گذاری آن با انتقال برق باز می گردد. در همین ارتباط، گام اجرایی دیگری که در رابطه با گسترش استفاده از انرژی های تجدیدپذیر در جزیره هرمز



نگاهی به پروژه EUEco-Grid

ارایه‌ی یک نمونه عملی از استقرار شبکه هوشمند به منظور توسعه آن برای کل اتحادیه اروپا

به نقل از سایت www.EU-ecogrid.net - اکتبر ۲۰۱۴

ترجمه از: مرتضی خاتمی

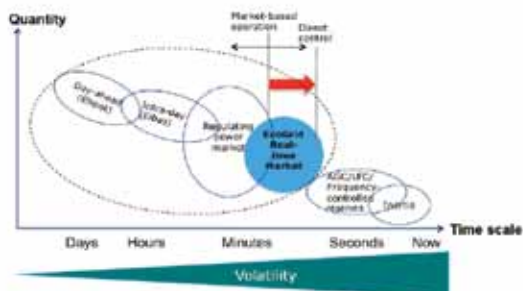
۱. معرفی

به دنبال افزایش فشارهای مجامع جهانی و دولت‌های ملی کلیه کشورهای اتحادیه اروپا در خصوص حرکت به سمت تولید انرژی با تولید حداقل کربن و جایگزینی منابع تولید انرژی با سوخت‌های فسیلی با منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، اتحادیه اروپا تعریف و برنامه‌ریزی دقیق برای هوشمندسازی کامل شبکه‌های الکتریکی کشورهای عضو این اتحادیه را به عنوان اهداف بلند مدت خود در دستور کار قرار داد. این کمیسیون در قالب طرح EEGI^۱ به دنبال اجرای این خواسته در سراسر اروپا بوده و به منظور آغاز عملی آن در انتهای سال ۲۰۱۱ تصمیم به اجرای این پروژه در قالب پروژه‌ای بزرگ تحت عنوان Eco-Grid EU در یکی از جزایر کشور دانمارک به نام بورن هلم^۲ به عنوان نمونه‌ای عملی و آزمایشی می‌گیرد. این جزیره با پیک بار ۵۵ مگاوات و جمعیت ۲۸۰۰۰ نفری دارای بالاترین درصد نفوذ منابع تولیدی تجدیدپذیر شامل ۳۰ مگاوات باد، ۱۶ مگاوات سیستم CHP^۳ ۱ مگاوات سیستم های PV و نصب تعداد بالایی از کنتورهای هوشمند و خودروهای برقی^۴ می‌باشد. شهردار این جزیره به همراه صنایع محلی و سایر ارگان‌های دولتی

استراتژی را تحت عنوان "جزیره سبز روشن"^۵ با هدف تمرکز بر حفظ محیط زیست و تامین کامل انرژی مورد نیاز جزیره با منابع تجدیدپذیر طراحی و در قالب این پروژه به مرحله اجرا گذاشتند. با تصویب بودجه ۲۱ میلیون یورویی این پروژه بزرگ آزمایشی در بخش مالی کمیسیون اتحادیه اروپا، عملاً این رویای بزرگ اروپایی‌ها در مسیر برآورده شدن قرار گرفت. فاز نخست این پروژه شامل طراحی و اجرای آزمایشی آن در جزیره بورن هلم با مشارکت سه شرکت و یک دانشگاه از کشور دانمارک^۶، یک شرکت نروژی^۷ (به عنوان هماهنگ کننده کل پروژه)، دو شرکت از هلند^۸، یک شرکت از بلژیک^۹، یک شرکت از اسپانیا^{۱۰}، یک شرکت از اتریش^{۱۱}، یک شرکت از پرتغال^{۱۲}، یک دانشگاه از کشور استونی^{۱۳} به همراه دو شرکت زمینش و آی‌بی‌ام در می سال ۲۰۱۳ به طور کامل به اتمام رسید. امروزه در اکثر کشورهای اروپایی، انرژی باد بخش زیادی از انرژی الکتریکی مورد نیاز را تامین می‌کند. به عنوان مثال در کشور دانمارک در بعضی از ساعت‌های روز میزان تولید انرژی الکتریکی از منابع بادی حتی از میزان مصرف در آن ساعت‌های نیز پیشی می‌گیرد (شکل ۱). در آینده نزدیک ساعت‌های پوشش مصرف توسط منابع تولیدی انرژی باد بیش تر خواهد شد و با توجه به طبیعت غیر قابل پیش‌بینی این منابع انرژی، چگونگی متعادل سازی میزان تولید با مصرف در شبکه‌ای با حضور این منابع از اهمیت بسیار بالایی برخوردار بوده و تبدیل به بزرگ‌ترین چالش برای بهره برداران شبکه‌های انتقال

خواهد گردید.

توان تولیدی به بازار و عمل کردن دقیق به آن و ایجاد تعهدات مالی، برداشته است. در شکل ۲ چگونگی تطبیق بازار ایجاد شده در پروژه Eco-Grid EU با ساختار بازار فعلی آورده شده است.



شکل ۲ - مفهوم بازار در پروژه Eco-Grid EU در محیط بازار برق فعلی

نکته محوری مفهوم بازار بلادرنگ در این پروژه عبارتست از معرفی بازاری که در آن امکان استفاده بهینه از منابع تولید پراکنده کوچک، سیستم‌های ذخیره انرژی و اعمال دیماند منعطف از طرف مشترکین در قالب پاسخ‌گویی بار در دسترس قرار گیرد.

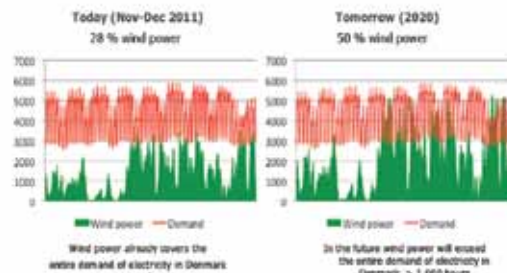
شبکه‌های هوشمند ابزاری کلیدی برای عملی کردن اهداف زیست‌محیطی اتحادیه اروپا می‌باشند. اجرای پروژه‌هایی کلان در این راستا به‌عنوان محرکی نخستین در رسیدن به آن اهداف بلند از توصیه‌های موکد این اتحادیه می‌باشد. پروژه Eco-Grid EU بهترین فرصتی است که می‌توان توسط آن نشان داد که چگونه در یک سیستم موجود انرژی (در جزیره بورن هلم در کشور دانمارک) که منابع تولیدی تجدیدپذیر با طبیعتی غیر قابل پیش‌بینی، از اصلی‌ترین منابع انرژی آن هستند، می‌توان به بررسی چالش‌هایی که اروپا در آینده با آن مواجه خواهد شد، پرداخت.

تعداد زیادی از پروژه‌های شبکه‌های هوشمند که تا حال حاضر انجام شده یا در حال انجام است، با هدف ارزیابی امکانات فنی صورت می‌گیرند، اما در این پروژه بر بهره‌برداری از شبکه‌ای که براساس بازار شکل گرفته است تاکید شده است به‌گونه‌ای که هر دو بخش تولید کننده و مصرف‌کننده باید به قیمت‌های ارسالی از سیستم پاسخ مناسب دهند. این پروژه نمایی از اجرای بازار بلادرنگ می‌باشد. در این بازار هدف تغییر در قوانین بازار موجود نیست بلکه بازار فعلی برق به‌صورتی دیگر برای استفاده بهینه از مصرف فعال شده است. موفقیت عملکرد این بازار وابسته به ظرفیت تعامل با بازار موجود اتحادیه اروپا یا مجموعه منطقه نوردیک می‌باشد. لذا به‌منظور توسعه این پروژه در کل کشورهای عضو اتحادیه اروپا گروهی متشکل از ۲۲ کارشناس متخصص از کل کشورهای این اتحادیه برای بررسی روند توسعه پروژه و ارایه گزارش به کمیسیون اتحادیه اروپا تشکیل شده است.

بی‌نوشت‌ها

- [1] European Electricity Grid Initiative
- [2] Bornholm
- [3] Electric Vehicles
- [4] Bright Green Island
- [5] Energinet.dk (TSO), Østkraft, Landis+Gyr, DTU
- [6] SINTEF
- [7] ECN, TNO
- [8] ELIA
- [9] Tecnalia
- [10] AIT
- [11] EDPD
- [12] Tallinn University Technology
- [13] Stakeholder
- [14] Distributed Energy Resources (DER)

The Wind Power Challenge The Danish case



شکل ۱ - انرژی باد در کشور دانمارک

ورود مشترک (یا به‌عبارتی دیگر تقاضا) به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین بازیگران^{۱۲} این عرصه از طریق فراهم کردن قدرت انتخاب برای آن توسط سیستم‌های پاسخگویی بار (با نصب و توسعه کنتورهای هوشمند) و تشکیل بازاری متناسب برای آن در کنار بازار عمده فروشی، وظیفه متعادل‌سازی تولید و مصرف را تا حد زیادی مرتفع می‌کند و تاثیر مستقیم بر بهره‌برداری بهینه از سیستم‌های انتقال و توزیع دارد.

۲. مفهوم پروژه و اهداف آن

هدف اصلی این پروژه ارایه و نمایی عملی در مقیاسی وسیع (در بازه یک جزیره) از مفهوم بازار بلادرنگ در یک سیستم توزیع است که با درصد نفوذ بالایی از منابع تولیدی تجدیدپذیر و امکان مشارکت مصرف‌کننده در تعیین میزان بهینه مصرف از طریق امکانات پاسخ‌گویی بار (نصب کنتورهای هوشمند)، به‌صورت هوشمند بهره‌برداری می‌شود. این مفهوم براساس منابع تولید پراکنده^{۱۳} در اندازه‌های کوچک و متوسط و قابلیت پاسخ‌گویی بار به سیگنال‌های قیمتی ارسالی از بازار عمل می‌کند. این پروژه باید قابلیت اعمال در بازارهای برق موجود را داشته و برای سایر بازارهای برق کشورهای اروپایی متناسب با قوانین آن‌ها قابلیت تطبیق را داشته باشد.

۳. هدف کلی پروژه Eco-Grid EU

ظهور و گسترش منابع تولید پراکنده به‌همراه ایجاد بسترهای لازمه در راستای توانمندسازی مصرف‌کنندگان برای ایفای نقشی تصمیم‌گیر در بازارهای برق در قالب یکی از بازیگران بازار، صنعت برق را با چالش‌های جدیدی روبه‌رو کرده است. بهره‌برداری از چنین سیستم قدرتی نیاز به ابزاری کارا و بازار محور دارد که در آن سادگی، شفافیت و برقراری مشوق‌های مالی برای ورود موثر مصرف‌کننده در تنظیم بهینه معادلات شبکه، از مهم‌ترین ویژگی‌های آن می‌باشد. تعریف و اجرای آزمایشی پروژه Eco-Grid EU در جزیره بورن هلم، با این هدف که این پروژه به‌عنوان یک الگو قابلیت گسترش به کل اتحادیه اروپا را داشته باشد؛ صورت گرفته است. مفهوم بازار بلادرنگ در این پروژه نیز تاثیرگذاری مناسب و بهینه منابع تولید پراکنده کوچک به همراه پاسخگویی بار مشترکین در بازارهای موجود می‌باشد. این مفهوم جدید از بازار (بازار بلادرنگ) در حضور منابع تولید پراکنده کوچک و امکانات پاسخگویی بار (کنتورهای هوشمند)، کلیه موانع موجود در بازارهای فعلی را از قبیل، نیاز به پایش لحظه‌ای، لزوم انجام موارد مدیریتی از قبیل ارایه برنامه زمان‌بندی شده برای میزان



بررسی تاثیر هم‌زمان سیاست‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و حضور نیروگاه بادی بر سودآوری واحدهای تولیدی و کاهش تولید کربن

واژه‌های کلیدی: بازار برق، خرید و فروش سهمیه انتشار آلودگی، قراردادهای دو جانبه، عدم قطعیت در تولید توان، نیروگاه بادی

مهدی ابراهیمی/دانشگاه صنعتی سجاد، Mahdi.ebrahimi1368@yahoo.com
سمیه حسن‌پور/دانشگاه صنعتی سجاد، S_hasanpour@sadjad.ac.ir

۱- مقدمه

مساله تغییرات آب و هوایی از جمله گرم شدن کره زمین امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته است. آلودگی هوا عامل اصلی این افزایش دما است. گازهای گلخانه‌ای سهم به‌سزایی در آلودگی هوا و محیط‌زیست دارند لذا بسیار مهم است که برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای سیاست‌ها و روش‌های مختلفی به‌کار گرفته شود. در میان تمامی طرح‌های به‌کار گرفته شده، کنوانسیون سازمان ملل در رابطه با تغییرات آب و هوا، باهدف برقراری ثبات در تولید گازهای گلخانه‌ای در یک سطح پایدار در سال ۱۹۹۷ پیمانی تحت عنوان پیمان کیوتو را منعقد نمود که در آن کشورهای صنعتی متعهد شدند که ظرف ده سال آینده میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را ۵٪ کاهش دهند و به کشورهای در حال توسعه کمک‌های مالی برای افزایش ضریب نفوذ استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر انرژی خورشیدی و بادی، اعطا نمایند. امروزه با توسعه این پروتکل سیاست‌های مختلفی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای طراحی و در بسیاری از کشورهای جهان مورد استفاده قرار گرفته است.

از جمله این سیاست‌ها می‌توان به:

۱. سازوکار توسعه پاک^۱
 ۲. پیاده‌سازی مشترک^۲
 ۳. تجارت سهمیه انتشار آلودگی^۳
- اشاره نمود [۱].

در [۲] تاثیر بالقوه سیاست مبادله سهمیه انتشار کربن در بازار برق بیان شده است. تخصیص سهمیه براساس سابقه آلودگی سبب افزایش قیمت بازار برق و قیمت کربن نسبت به تخصیص سهمیه بر

چکیده

صنعت برق یکی از مهم‌ترین منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. دو راهکار بسیار مهم برای کاهش گازهای گلخانه‌ای، سیاست‌های اعمالی دولتها و استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد. در این مقاله تاثیر سیاست‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از جمله: (۱) سهمیه انتشار ثابت: (۲) خرید و فروش سهمیه انتشار: (۳) تعهدات قراردادهای دو جانبه، بر سودآوری واحدهای تولیدی مورد بررسی قرار گرفته است. آنچه که این مقاله را از مقالات پیشین در این زمینه متمایز می‌کند حضور نیروگاه بادی به‌همراه چالش عدم قطعیت تولید توان در هر یک از سیاست‌های مذکور می‌باشد. حضور نیروگاه بادی در این سیاست‌ها توسط چندین سناریوی مختلف برای بیان عدم قطعیت تولید توان در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که برای تولید سناریوهای مختلف برای تولید توان از انرژی باد، از تابع احتمال و بیال که مطابقت بسیار مناسب‌تری نسبت به سایر توابع احتمال با داده‌های آماری سرعت باد دارد استفاده شده است. برای مدل‌سازی بازار از مدل کورنات و برای تحلیل رفتار واحدهای تولیدی از روش بازی راهبردی استفاده شده است. صحت و عملکرد روش پیشنهادی در نهایت با استفاده از شبکه ۳۰ باسه IEEE نمایش داده شده است.

اساس سابقه تولید می‌شود. بنابراین تخصیص سهمیه انتشار آلودگی در کاهش میزان انتشار بسیار مهم است. این تخصیص سهمیه به اهداف کاهش آلودگی و هزینه مکانیزم‌های مختلف تولیدی وابسته است [۳].

برای جلوگیری از افزایش آلودگی ناشی از تولید توان در صنعت برق سیاست‌های گوناگونی توسط دولت‌ها اتخاذ می‌شود. از جمله این سیاست‌ها محدود کردن تولید آلودگی برای یک مدت زمان مشخص برای تمامی واحدها می‌باشد. همچنین به تمامی واحدها و تولیدکنندگان آلودگی متناسب با تولیدشان سهمیه رایگان انتشار آلودگی تخصیص داده می‌شود. این سیاست منجر به کنترل و جلوگیری از افزایش آلودگی ناشی از صنایع از جمله صنعت برق می‌شود [۴].

سهمیه آلودگی می‌تواند منجر به تغییر تصمیم‌گیری‌های تولیدکنندگان برق شود و به‌عنوان یک نتیجه فهرست تولیدی و خروجی آن‌ها را تغییر دهد. از این رو برای سهمیه انتشار محدود باید برنامه در مدار قرار گرفتن واحدها برای یک بازه زمانی متوسط اجرا شود. سهمیه روزانه و یا هفتگی هر واحد را می‌توان به‌وسیله سهمیه سالانه مشخص کرد [۵]. سهمیه نخست انتشار آلودگی (خرید یا فروش) به همراه تغییرات قیمت بازار برق روی عملکرد بازار تأثیر می‌گذارد. از این رو ترکیب بازار لحظه‌ای و قراردادهای دو جانبه در حضور سهمیه انتشار آلودگی مورد بررسی قرار گرفته است. تولیدکنندگان توان ملزم به پایبندی به قراردادهای دوجانبه بدون نقض انتشار آلودگی بیش‌تر هستند. این امر تأثیر قابل توجهی روی تصمیمات تولیدکنندگان و فهرست برنامه تولید آن‌ها دارد [۶]. در [۷] از یک نمونه محدود بازی دو سطحی برای نمایش رفتار شرکت‌های تولیدی استفاده شده است. در این مرجع بازی بین شرکت‌کنندگان پی‌درپی و به شکل بازی دو سطحی می‌باشد.

شرکت‌های تولیدی توان در سطح بالایی بازی، در بازار انتشار سهمیه آلودگی شرکت می‌کنند و پس از به دست آوردن راهبردهای مناسب خود در این سطح وارد بازار برق می‌شوند و با توجه به راهبرد قبلی خود در بازار سهمیه آلودگی، راهبرد جدیدی را اتخاذ می‌کنند. مساله پخش بار اقتصادی تحت ۳ سیاست کاهش آلودگی محیط‌زیست (مالیات بر کربن، خرید و فروش سهمیه، سهمیه انتشار آلودگی) مورد بررسی قرار گرفته است. این حل رفتار و پاسخ ژنراتورها را به پیچیدگی‌های موجود در اجرای این سیاست‌ها فراهم می‌کند [۸ و ۹]. نیروگاه‌های حرارتی با سوخت‌های فسیلی دارای سطح تولید آلودگی‌های متفاوتی هستند که سیاست مربوط به آلودگی خود را براساس تجارت سهمیه یا قیمت کربن در نظر می‌گیرند. تأثیر محدودیت‌های انتشار آلودگی و سیاست خرید و فروش سهمیه انتشار در مرجع [۱۰] مورد بررسی قرار گرفته است. علاوه بر سیاست‌های کنترل و کاهش آلودگی، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نیز نقش مهمی در بازار برق و عملکرد تولیدکنندگان دارد. در بین تمامی انرژی‌های تجدیدپذیر نیروگاه بادی تأثیرپذیری بیش‌تری دارد.

انرژی باد در حال حاضر ارزان‌ترین و پاک‌ترین نوع منبع انرژی در بین منابع تجدیدپذیر است که می‌تواند حجم زیادی از انتشار آلودگی را جابه‌جا کند. مکانیزم حمایت از انرژی‌های تجدیدپذیر باید قادر به پشتیبانی از سرمایه‌گذاری در این بخش باشد. این موضوع با دادن تعرفه‌های تشویقی، گواهی‌های سبز قابل معامله و تخفیف‌های مالیاتی به تولیدکنندگان انرژی‌های تجدیدپذیر انجام شده است. تولیدکنندگان توان‌های پاک می‌توانند برق تولیدی خود

را به شبکه بفروشند و از شبکه تعدادی گواهی سبز قابل معامله دریافت کنند. این گواهی‌ها نوعی دارایی مالی هستند که امکان معامله آن‌ها نیز وجود دارد. بنابراین قیمت برای تولیدکنندگان برق برابر با جمع قیمت فروش و گواهی سبز خواهد بود. قیمت کربن می‌تواند جایگزین خوبی برای حمایت از واحدهای بادی باشد. تولیدکنندگان حرارتی برق به قیمت برق واکنش مثبت و به قیمت کربن واکنش منفی نشان می‌دهند. درحالی‌که تولیدکنندگان توان از منابع پاک، واکنش مثبتی به قیمت آلودگی دارند. بنابراین سهم تولیدکنندگان انرژی پاک را می‌توان با صدور گواهی سبز و یا حق انتشار آلودگی افزایش داد [۱۱].

در هند به منظور توسعه سرمایه‌گذاری در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر و افزایش این نوع از انرژی‌ها در تولید، سیاست‌های تعهد خرید انرژی تجدیدپذیر و اعطای تعرفه به‌کار گرفته شده است. با توجه به اهداف این طرح درصد خاصی از انرژی‌های تجدیدپذیر هر یک از ایالت‌ها استفاده می‌شود. گواهی انرژی‌های تجدیدپذیر برای تولیدکنندگان توان پاک صادر می‌شود و ایالت‌هایی که دارای بخش تولیدی انرژی تجدیدپذیر کافی نیستند می‌توانند توان را از تولیدکنندگانی که گواهی انرژی‌های تجدیدپذیر را دارند، خریداری کنند [۱۲ و ۱۳].

با توجه به تحقیقات و پژوهش‌های انجام شده در سال‌های اخیر در رابطه با سیاست‌های کاهش انتشار آلودگی واحدهای تولیدی و حضور انرژی‌های تجدیدپذیر، حضور نیروگاه بادی در این سیاست‌ها مورد مطالعه بوده است اما عدم قطعیت تولید توان از این انرژی از چالش‌های اساسی و قابل توجهی است که کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. لذا آنچه که در این مقاله مورد بررسی قرار می‌گیرد حضور نیروگاه بادی و عدم قطعیت تولید توان با استفاده از تابع احتمال ویبال که مطابقت بسیار خوبی با داده‌های آماری سرعت دارد، می‌باشد. همچنین در این مقاله تأثیر سیاست‌های مختلف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در صنعت برق و حضور انرژی‌های تجدیدپذیر بر سودآوری واحدهای تولیدی توان و قیمت بازار برق که کمتر مورد بررسی و تحلیل در زمینه سیاست‌های کاهش انتشار آلودگی قرار گرفته است، با مدل‌سازی کورنات و بازی راهبردی بین شرکت‌کنندگان مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲- فرمول‌بندی مساله

در این مقاله سه سناریوی مختلف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در صنعت برق از جمله: (۱) سهمیه انتشار ثابت^۴؛ (۲) خرید و فروش سهمیه انتشار^۵؛ (۳) تعهدات قراردادهای دوجانبه^۶، در نظر گرفته شده است. بازار برق با مدل کورنات پیاده‌سازی شده است. تمامی واحدها برای رسیدن به سود بیشینه خود به‌صورت هم‌زمان در هر یک از سیاست‌ها شرکت می‌کنند و پس از رسیدن به نقطه تعادل، براساس مدل کورنات میزان تولید هر واحد مشخص می‌گردد که میزان تولید تمامی واحدها، قیمت تعادلی بازار برق را معین می‌کند. سهمیه انتشار آلودگی در این مقاله براساس سابقه تولیدی هر واحد تخصیص می‌یابد. حضور نیروگاه بادی به‌صورت یک توان تولیدی با چند سناریوی تولیدی متفاوت به جای یکی از واحدهای حرارتی در هر یک از سیاست‌ها مدل شده است و تأثیر این جایگزینی بر سودآوری سایر واحدها و میزان انتشار آلودگی و قیمت توان در بازار برق دیده شده است. فرمول‌بندی بازار تحت این سه سیاست در زیر آورده شده است:

۱-۲- سهمیه انتشار ثابت

در این سیاست دو رویکرد مختلف در نظر گرفته شده است. ابتدا سهمیه ثابت و محدودی برای انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تمامی واحدها در نظر گرفته شده است و در مرحله بعدی به تمامی واحدها مقدار نامحدود سهمیه انتشار آلودگی داده شده است. برای هر یک از دو رویکرد حضور نیروگاه بادی با سناریوهای حاصله از عدم قطعیت در تولید توان در نظر گرفته شده است. در این سیاست تابع سود هر واحد عبارت است از:

$$\text{Max } \pi_i = 720 \sum_i (PQ_i - C_i(Q_i)) \quad (1)$$

مقید به:

$$P = a - b \left(\sum_i Q_i \right) \quad (2)$$

$$C_i(Q_i) = \alpha_i Q_i + \frac{\beta_i Q_i^2}{2} \quad (3)$$

$$Em_i = \left(\sum_i 24 \eta_i Q_i \right) - \frac{Em \max_i}{30} \quad (4)$$

$$Q_i^{\min} \leq Q_i \leq Q_i^{\max} \quad (5)$$

$$EmC_i \leq (Em \max_i / 30) \quad (6)$$

در این مدل سود شرکت i در یک ماه بر حسب دلار، P قیمت توان در بازار برق بر حسب دلار بر مگاوات ساعت، Q_i تولید شرکت i بر حسب مگاوات، C_i هزینه تولید شرکت i بر حسب دلار بر ساعت است. قید (۲) میزان قیمت برق را با توجه به تولید تمامی واحدها تعیین می‌کند و ضرایب تابع قیمت انرژی در بازار برق به ترتیب ۰/۰۵ و ۴۵٪ در نظر گرفته شده‌اند. (۴) میزان کمبود سهمیه انتشار آلودگی یا مازاد این سهمیه را که در بازار آلودگی معامله می‌شود، نمایش می‌دهد. $Em \max_i$ سهمیه نخست تخصیص یافته به واحد i را بر حسب تن در یک ماه نشان می‌دهد. قید (۶) محدودیت تولید انتشار آلودگی را برای هر واحد براساس سهمیه ماهانه‌اش نمایش می‌دهد.

۲-۲- خرید و فروش سهمیه انتشار

تحت این سیاست ابتدا براساس سابقه تولید هر یک از واحدهای تولیدی، سهمیه نخست انتشار آلودگی به آن‌ها تخصیص می‌یابد. واحدهای تولیدی در این سیاست می‌توانند برای رسیدن به بیشینه سود خود تصمیم بگیرند که براساس قیمت بازار برق و قیمت‌های پیشنهادی در بازار آلودگی تولید خود را افزایش دهند و سهمیه اضافی خریداری کنند یا تولید خود را کم کرده و مازاد سهمیه انتشار آلودگی خود را در بازار آلودگی به فروش برسانند. در پایان بازه مطالعاتی باید میزان سهمیه فروخته شده و خریداری شده برابر با کل سهمیه تخصیص یافته اولیه باشد. در این سیاست تابع سود هر واحد عبارت است از:

$$\text{Max } \pi_i = 720 \sum_i (PQ_i - C_i(Q_i)) - 30ES_i \times CPS_i - 30EB_i \times CPB_i \quad (7)$$

مقید به قیدهای ۵، ۴، ۳، ۲ و

$$EmC_i - EB_i + ES_i \leq (Em \max_i / 30) \quad (8)$$

که ES_i قیمت پیشنهادی واحد i در بازار کربن برای فروش سهمیه بر حسب دلار بر تن، EB_i قیمت پیشنهادی واحد i در بازار کربن برای خرید سهمیه بر حسب دلار بر تن، CPS_i میزان سهمیه قابل

فروش واحد i در یک روز در بازار کربن بر حسب تن و CPB_i میزان سهمیه قابل خرید واحد i در یک روز در بازار کربن بر حسب تن است.

۳-۲- تعهدات قراردادهای دوجانبه

توان تولیدشده توسط هر واحد می‌تواند به عوامل زیادی از جمله قیمت برق، سهمیه انتشار آلودگی و غیره وابسته باشد. در بازار برق واحدهای تولیدی می‌توانند قرارداد دو جانبه نیز برای فروش توان خود منعقد کنند. این قراردادها می‌تواند شامل تمامی توان تولید شده یک واحد و یا بخشی از توان تولید شده آن باشد. در این بخش حضور تعهدات قرارداد دو جانبه به همراه سیاست خرید و فروش سهمیه انتشار که در بخش قبل بیان شده است با یکدیگر ترکیب می‌شوند. یکی از واحدها تمامی توان تولیدی خود را در قرارداد دو جانبه برای بازه یک ماهه به فروش می‌رساند. قیمت برق برای فروش در قرارداد دو جانبه همان قیمت در بازار برق در نظر گرفته شده است.

۴-۲- مدل سازی نیروگاه بادی

تابع سود نیروگاه بادی عبارت است از:

$$\pi_w = 720 \sum_{k \in K} \rho_k (PQ_w - UbC_k) \quad (9)$$

که K سناریوهای ممکن، ρ_k احتمال رخداد سناریو k ام و UbC_k هزینه عدم تعادل در سناریو k ام است. هزینه عدم تعادل نیروگاه بادی در سناریوی k ام، با فرض ثابت نبودن قیمت هزینه عدم تعادل مثبت و منفی برای هر مگاوات عدم تعادل به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$P_{wk} > P_{ws} \quad UbC_k = \begin{cases} UbC_{up}(P_{wk} - P_{ws}) \\ P_{wk} \leq P_{ws} \quad UbC_k = \begin{cases} UbC_{down}(P_{ws} - P_{wk}) \end{cases} \end{cases} \quad (10)$$

که UbC_{up} هزینه عدم تعادل مثبت بر حسب دلار بر مگاوات، UbC_{down} هزینه عدم تعادل منفی بر حسب دلار بر مگاوات، P_{ws} توان برنده شده واحد بادی در بازار انرژی و P_{wk} توان خروجی واحد بادی در سناریو k ام است. توان در این مقاله همان توانی در نظر گرفته شده است که واحد حرارتی در بازار برق به تعادل رسیده است.

برای آنکه استاندارد مشخصی از تولید بادی وجود داشته باشد، می‌بایست تابع مشخصی از وزش باد تعیین شود. فرض واقع‌گرایانه بر آنست که تابع توزیع سرعت وزش باد دارای توزیع احتمالی ویبال است. با در نظر گرفتن این تابع احتمال وزش باد می‌توان به مقدار تولید توان بادی براساس سرعت باد دست یافت. تابع ویبال در حالت کلی به صورت زیر است [۱۴]:

$$f(x; \lambda, k) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda} \right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x}{\lambda} \right)^k} \quad x \geq 0 \quad (11)$$

در این تابع x متغیر تصادفی است. k متغیر شکل و λ متغیر مقیاس است. توجه شود که در بعضی مقالات از α و β برای نشان دادن متغیرهای λ و k استفاده شده است.

جدول ۱ مقادیر توان خروجی نیروگاه بادی به ازای سناریوهای مختلف و احتمالات این سناریوها را نمایش می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود از چهار سناریوی مطرح شده دو سناریو برای توان‌های تولیدی پایین و دو سناریو برای توان‌های تولیدی بالا می‌باشد.

جدول ۱: چهار سناریوی مختلف تولید توان بادی

سناریوی ۴	سناریوی ۳	سناریوی ۲	سناریوی ۱	
۳۵	۲۵	۱۵	۵	توان خروجی (MW)
۰/۰۳۳۸	۰/۰۳۹۳	۰/۰۴۳۴	۰/۰۴۳۲	احتمال تولید توان

شبیه‌سازی مدل

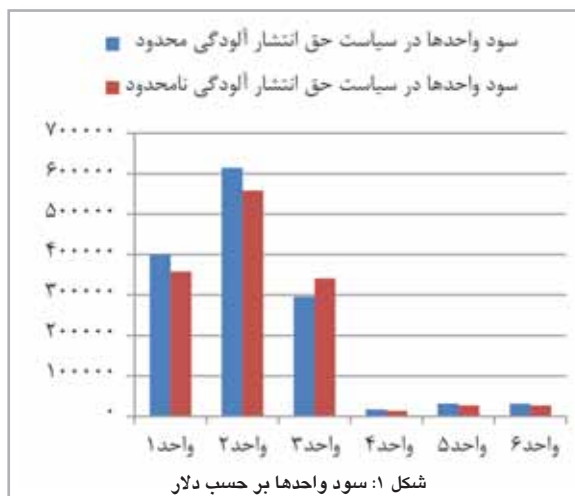
برای بیان تحلیل و صحت مدل ارایه شده برای سیاست‌های مختلف انتشار آلودگی از شبکه آزمون ۳۰ باسه IEEE استفاده شده است. برای جلوگیری از پیچیدگی مساله قیود مربوط به انتقال در نظر گرفته نشده است. نقطه تعادل بازار برق در هر یک از سیاست‌ها از بازی راهبردی واحدها برای بیشینه کردن سودشان که به صورت هم‌زمان اجرا می‌شود، به دست آمده است. برای حل مساله بهینه‌سازی واحدها در بازار برق و بازار کربن و در نظر گرفتن قیود و عدم قطعیت‌های توان تولیدی از انرژی باد از نرم‌افزار Matlab استفاده شده است. جدول ۲ مشخصات واحدهای تولیدی را نمایش می‌دهد.

جدول ۲: مشخصات واحدهای تولیدی

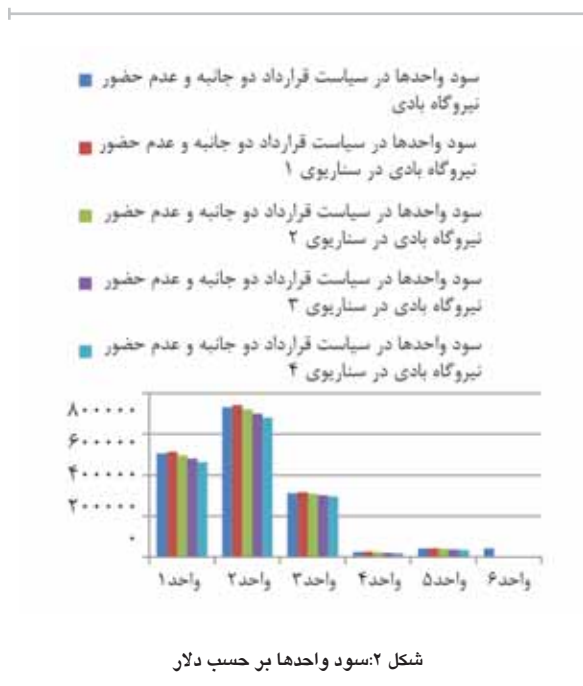
واحد ۱	واحد ۲	واحد ۳	واحد ۴	واحد ۵	واحد ۶
$\alpha_i (\$/MWh)$	۲۰	۱۷/۵	۱۰	۳۲/۵	۳۰
$\beta_i (\$/MW^2h)$	۰/۲	۰/۱۷۵	۰/۶۲	۰/۰۸۳۴	۰/۲۵
$\eta_i (ton/MWh)$	۰/۴	۰/۴	۰/۹	۰/۸	۰/۷۲
$Q^{max} (MW)$	۸۰	۸۰	۵۰	۵۵	۴۰
$Q^{min} (MW)$	۰	۰	۰	۰	۰

سیاست اول: سهمیه انتشار ثابت

تحت این سیاست دو رویکرد متفاوت برای تمامی واحدها در نظر گرفته شده است. ابتدا میزان انتشار آلودگی تمامی واحدها محدود شده است به این معنی که هیچ واحدی نمی‌تواند بیش‌تر از سهمیه انتشار کربن تخصیص داده شده تولید آلودگی داشته باشد. در رویکرد دوم به واحدها سهمیه انتشار آلودگی کافی تخصیص داده شده است. میزان سود تمامی واحدها در این ۲ رویکرد بدون حضور انرژی تجدیدپذیر در شکل ۱ نمایش داده شده است.



در رویکرد نخست که انتشار آلودگی محدود است واحدهای تمیز تر (۲ و ۱) تولید توان بیش‌تری دارند و واحدهایی با ضریب آلودگی بالا توان کمتری را تولید می‌کنند. هنگامی که به تمامی واحدها سهمیه انتشار آلودگی کافی داده می‌شود واحدهایی با ضریب آلودگی بالا تولید توان خود را افزایش می‌دهند و واحدهای تمیزتر تمایلی به افزایش توان تولیدی خود ندارند. سوددهی واحدها در رویکرد نخست به دلیل قیمت بالا تر توان در بازار برق نسبت به رویکرد دوم بیش‌تر است. شکل ۲ سود واحدهای تولیدی را در سیاست نخست یعنی محدودیت تولید کربن زمانی که واحد بادی به جای واحد ۶ جایگزین می‌شود نمایش می‌دهد.



با مقایسه شکل‌های ۱ و ۲ با یکدیگر مشاهده می‌شود که حضور نیروگاه بادی در سناریوی ۱ (توان پایین) سبب افزایش سوددهی تمامی واحدها شده است و در سناریوهای ۲ و ۳ منجر به کاهش سوددهی واحدها گردیده است. دلیل این امر تولید توان بیش‌تر واحدها در سناریوی ۱ و تولید توان کمتر واحدها در سناریوهای ۲ و ۳ است. همچنین با تغییر سناریوها از ۱ تا ۴ قیمت بازار انرژی نیز به تدریج کاهش می‌یابد و تمایل واحدها به تولید توان کمتر می‌شود.

شکل ۳ سود واحدهای تولیدی را در سیاست سهمیه انتشار کربن کافی و حضور نیروگاه بادی نمایش می‌دهد. مشاهده می‌شود که حضور نیروگاه بادی به عنوان منبع تولید انرژی تجدیدپذیر در این رویکرد نیز بر سوددهی واحدها تاثیر قابل توجهی داشته است. با حضور نیروگاه بادی برای سناریوی ۱ افزایش سود برای تمامی واحدها دیده می‌شود. با تغییر سناریو از سناریوی ۱ تا ۴ رفته رفته سود هر واحد کاهش می‌یابد. کاهش قیمت بازار انرژی دلیل این کاهش سود برای واحدهای تولیدی است. همچنین واحدهای تمیز با حضور نیروگاه بادی توان تولیدی خود را افزایش می‌دهند و واحدهای با ضریب آلودگی بالا میزان تولید خود را کاهش می‌دهند.

آلودگی تولیدی برای یک ماه تمامی واحدها ۸۶۰۰۰ تن کربن در نظر گرفته شده است. شکل ۴ سود هر واحد را در این سیاست برای حضور و عدم حضور نیروگاه بادی در بازار برق نمایش می‌دهد. سود تمامی واحدها در سناریوی ۱ تولید توان نسبت به عدم حضور نیروگاه بادی افزایش یافته است. در سناریوی ۲ تغییر محسوسی در سود واحدها مشاهده نمی‌شود اما در سناریوهای ۳ و ۴ سوددهی واحدها کاهش یافته است. در سناریوی ۱ واحدهای تمیزتر تمایل بیشتری به تولید توان از خود نشان می‌دهند. کاهش سوددهی در سناریوهای ۳ و ۴ را می‌توان کاهش قیمت بازار برق به دلیل حضور نیروگاه بادی و تمایل کمتر واحدها به تولید توان دانست. سوددهی واحد بادی در این شکل گنجانده نشده است.



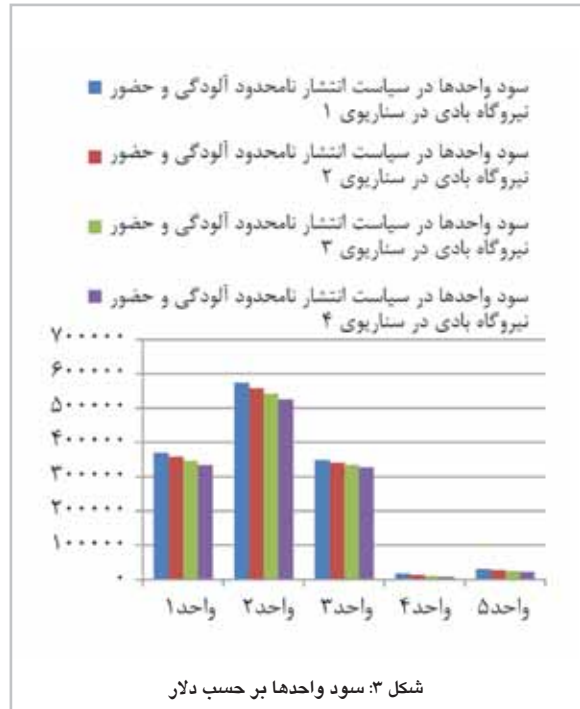
مجموع میزان آلودگی تولیدشده تمام واحد در این سیاست در زمان حضور و عدم حضور نیروگاه بادی در بازار برق در جدول ۴ نمایش داده شده است. مجموع میزان آلودگی تولیدی در یک روز برای سیاست خرید و فروش سهمیه در غیاب نیروگاه بادی در بازار برق ۲۱۶۰ تن کربن می‌باشد در حالی که حضور نیروگاه بادی میزان آلودگی ناشی از تولید کربن را در سناریوی ۴ تا ۱۸۹۴ تن در یک روز کاهش می‌دهد. این میزان نزدیک به ۱۲٪ درصد کاهش آلودگی در هر روز است.

جدول ۴: مجموع آلودگی تولیدی واحدها در یک روز

سیاست خرید و فروش سهمیه	عدم حضور نیروگاه بادی (تن)	حضور نیروگاه بادی (تن)	حضور نیروگاه بادی (تن)	حضور نیروگاه بادی (تن)	حضور نیروگاه بادی (تن)
	۲۱۶۰	۲۰۱۰	۱۹۶۹	۱۹۳۳	۱۸۹۴

سیاست سوم: تعهدات قراردادهای دوجانبه

در این سیاست فرض شده است که واحد نخست دارای قرارداد دوجانبه یک ماهه می‌باشد. قیمت برق برای این قرارداد همان قیمت توان در بازار لحظه‌ای در نظر گرفته شده است. این قرارداد دوجانبه به همراه بازار کربن برای خرید و فروش سهمیه انتشار آلودگی در



مجموع میزان آلودگی تولید شده تمام واحد در این دو سیاست در زمان حضور و عدم حضور نیروگاه بادی در بازار برق در جدول ۳ نمایش داده شده است. مجموع میزان آلودگی تولیدی در یک روز برای رویکرد نخست نسبت به رویکرد دوم در غیاب نیروگاه بادی کمتر است. تاثیر حضور نیروگاه بادی با توجه به سناریوهای مختلف آن به این صورت است که از سناریوی ۱ تا ۴ در هر رویکرد میزان انتشار کربن در یک روز کاهش قابل توجهی پیدا کرده است تا جایی که در سناریوی ۴ کاهش نزدیک به ۱۰٪ (۲۶۶ تن کربن) میزان آلودگی در هر روز مشاهده می‌شود.

جدول ۳: مجموع آلودگی تولیدی واحدها در یک روز

عدم حضور نیروگاه بادی (تن)	حضور نیروگاه بادی (تن)			
	سناریوی ۱	سناریوی ۲	سناریوی ۳	سناریوی ۴
سهمیه محدود	۲۴۲۲	۲۲۴۲	۲۲۱۳	۲۱۸۵
سهمیه نامحدود	۲۵۷۸	۲۶۵۳	۲۵۷۵	۲۴۹۸

سیاست دوم: خرید و فروش سهمیه انتشار کربن

در سیاست خرید و فروش سهمیه، تخصیص سهمیه انتشار کربن براساس سابقه تولید صورت گرفته است و تمامی واحدها می‌توانند بخشی یا تمام این سهمیه را در بازار کربن به فروش برسانند. فرض شده است که قیمت‌های خرید و فروش سهمیه انتشار کربن از بازار کربن به‌دست آمده است و در این مقاله به‌عنوان ورودی در نظر گرفته شده است. در این سیاست قیمت توان در بازار برق از مدل کورنات و بازی بین واحدهای تولیدی به‌دست می‌آید. هر واحد با توجه به قیمت بازار برق، قیمت خرید سهمیه انتشار، قیمت فروش سهمیه انتشار و سهمیه تخصیص‌یافته به آن بهترین راهبرد تولید توان را برای بیشینه کردن سود خود اتخاذ می‌کند. کل میزان

در صنعت برق که امروزه از سوی اتحادیه اروپا مورد استفاده قرار می‌گیرد با روش پیشنهادی حضور نیروگاه بادی به همراه عدم قطعیت تولید آن که توسط تابع احتمال ویبال مدل شد، بر سودآوری واحدهای تولیدی و میزان تولید آلودگی واحدها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که بیش‌ترین سوددهی واحدها مربوط به سیاست خرید و فروش سهمیه انتشار آلودگی با حضور نیروگاه بادی در روش پیشنهادی می‌باشد هرچند میزان سناریوهای مختلف تولید توان بر سوددهی واحدها اثرگذار است. هم‌چنین شبیه‌سازی‌ها در این مقاله نشان می‌دهند که کمترین میزان تولید آلودگی توسط واحدها در هر روز در سیاست خرید و فروش سهمیه صورت می‌گیرد و این سیاست سبب کاهش ۱۲٪ در تولید کربن در هر روز می‌شود. حضور قرارداد دوجانبه نیز در بازار برق در کاهش تولید انتشار آلودگی بسیار موثر است. تاثیر این سیاست کاهش ۱۰/۷٪ در میزان تولید کربن در هر روز است. سیاست سهمیه انتشار ثابت نیز با دو رویکرد سهمیه محدود و نامحدود برای هر واحد تولیدی سبب کاهش تولید کربن در رویکرد سهمیه محدود ۱۱٪ و در رویکرد سهمیه نامحدود ۱۴/۳٪ در هر روز می‌شود.

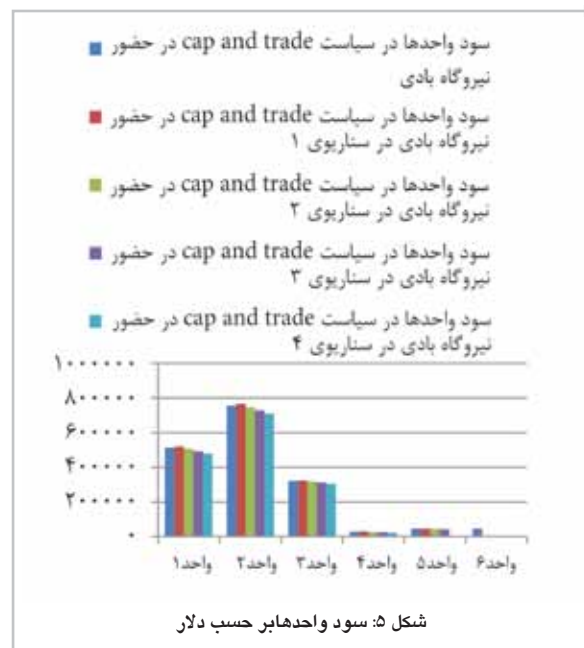
پی‌نوشت‌ها

1. Clean Development Mechanism (CDM)
2. Joint Implementation (JI)
3. emission trading
4. fixed emission quota
5. cap and trade

منابع:

- [6] bilateral contract commitments
- [7] Y. Pal Verma, A. Kumar, "Potential Impacts of Emission Concerned Policies on Power System Operation With Renewable Energy Sources," International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 44, Issue 1, pp. 520-529. 2013.
- [8] Cong R, Wei Y, "Potential Impacts of CET Carbon Emission Trading on China's Power Sector: A Perspective from Different Allowance Allocation Options," Environmental and Ecological Economics Energy, Vol. 9, No. 1, pp. 31-35. 2010.
- [9] Kuri B, Li F, "Allocation Of Emission Allowances To Effectively Reduce Emissions In Electricity Generation," IEEE Power & Energy Society General Meeting. 2009.
- [10] T. Tietenberg, "The Tradable-Permits Approach To Protecting The Commons: Lessons For Climate Change," Oxford Review Of Economic Policy, Vol. 19, No. 3. 2003.
- [11] Pulgar-Painemal HA, "Short-Term Generation Scheduling Under A So2 Emissions Allowances Market," Electric Power Systems Research, Vol. 74, Issue 2, pp. 257-265. 2005.
- [12] Kockar I, "Unit Commitment for Combined Pool/Bilateral Markets With Emissions Trading," IEEE Power and Energy Society General Meeting. 2008.
- [13] V. Nanduri, "Application of Reinforcement Learning-Based Algorithms In Co2 Allowance And Electricity Markets," IEEE Symposium on Adaptive Dynamic Programming And Reinforcement Learning, pp. 164-169. 2011.
- [14] Basu M, "Dynamic economic emission dispatch using no dominated sorting genetic algorithm-II," International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 30, Issue 2, pp. 140-149. 2008.
- [15] Xie L, Illic MD, "Emission-concerned economic dispatch: possible formulations and implementations," IEEE Power and Energy Society General Meeting. 2010.
- [16] Kockar I, Conejo AJ, McDonald JR, "Influence Of The Emissions Trading Scheme On Generation Scheduling," International Journal of Electrical Power & Energy Systems Vol. 31, Issue 9, pp. 465-473. 2009.
- [17] Blanco MI, Rodrigues G, "Can The Future Eu Ets Support Wind Energy Investments?," Energy Policy, Vol. 36, Issue 4, pp. 1509-1520. 2008.
- [18] Report on development of conceptual framework for renewable energy. <www.mnre.gov.in/pdf/MNRE_REC_Report.pdf>.
- [19] Goyal M, Jha R, "Introduction Of Renewable Energy Certificate In The Indian Scenario," Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 13, Issues 6-7, pp. 1395-1405. 2009.
- [20] R. Heydari, S. Hasanpour, "Wind Power Trading In Power Energy Market", IEEE 14th International conference on Environment and Electrical Engineering, pp. 210-215. 2014.

نظر گرفته شده است. شکل ۵ سود واحدها را در این سیاست زمانی که نیروگاه بادی در بازار برق حضور ندارد نمایش می‌دهد. با مقایسه این شکل با بخش نخست شکل ۴ این نتیجه حاصل می‌شود که میزان سود تمامی واحدها زمانی که واحد نخست قرارداد دوجانبه دارد نسبت به سیاست خرید و فروش سهمیه بدون قرارداد دوجانبه کاهش یافته است. علت کاهش قیمت در بازار برق بوده است. در این سیاست واحد دوم تولید خود را کاهش داده است. در نمودارهای ۲ تا ۵ شکل ۵، سود واحدها زمانی که نیروگاه بادی در بازار برق جایگزین واحد ۶ شده است، نمایش داده شده است. مشاهده می‌شود برای سناریوی ۱ میزان سود تمامی واحدها افزایش یافته است. دلیل این امر افزایش قیمت توان در سناریوی ۱ می‌باشد. از سناریوی ۲ تا ۴ رفته‌رفته قیمت توان با افزایش تولید توان واحد بادی، کاهش می‌یابد و سبب کاهش سود سایر واحدهای تولیدی می‌شود.



شکل ۵: سود واحدها بر حسب دلار

مجموع میزان آلودگی تولید شده تمام واحد در این سیاست در زمان حضور و عدم حضور نیروگاه بادی در بازار برق در جدول ۵ نمایش داده شده است. مجموع میزان آلودگی تولیدی در یک روز برای سیاست خرید و فروش سهمیه به همراه قرارداد دوجانبه در غیاب نیروگاه بادی در بازار برق ۲۲۳۴ تن کربن هست. درحالی‌که حضور نیروگاه بادی میزان آلودگی ناشی از تولید کربن را در سناریوی ۴ تا ۱۹۹۴ تن در یک روز کاهش می‌دهد. این میزان نزدیک به ۱۰٪ درصد کاهش آلودگی در هر روز است.

جدول ۵: مجموع آلودگی تولیدی واحدها در یک روز

قرارداد دوجانبه	عدم حضور نیروگاه بادی (تن)	حضور نیروگاه بادی سناریوی ۱ (تن)	حضور نیروگاه بادی سناریوی ۲ (تن)	حضور نیروگاه بادی سناریوی ۳ (تن)	حضور نیروگاه بادی سناریوی ۴ (تن)
	۲۲۳۴	۲۰۸۰	۲۰۵۱	۲۰۳۳	۱۹۹۴

نتیجه‌گیری

در این مقاله تاثیر سه سیاست اصلی در زمینه کاهش انتشار آلودگی

اتصال خودروهای برقی به شارژرهای عمومی شبکه توزیع

(معرفی استاندارد IEC 61850-7-420)



زهرآ کبیری مقدم/ شرکت برق منطقه‌ای خراسان، دفتر برنامه‌ریزی ارتباطات و اتوماسیون شبکه

باشد، آنگاه فرآیند شارژ به صورت قطره‌ای و با نرخ درصدی از شارژ کامل، آغاز می‌شود، که این امر از آسیب دیدن باتری در اثر جریان شارژ بالا جلوگیری می‌کند. نرخ و زمان پایان شارژ توسط کاربر قابل برنامه‌ریزی هستند.

در ادامه یک مدل اطلاعاتی برای EVها پیشنهاد می‌شود. فرضیه پیشنهادی مبتنی بر اینترفیس ارتباطی خودرو به شبکه در استاندارد IEC 15118 مطرح شده است.

مدل DER برای خودروهای برقی

نخستین گام در فرایند مدل‌سازی، آنالیز اطلاعات-که باید نظارت شوند-مطابق با استانداردهای موجود برای EVهای متصل است. در گام دوم و براساس نخستین قدم، باید پارامترهای ورودی و خروجی لازم به منظور اهداف کنترلی و نظارتی شناسایی و مطابق آن مدل‌سازی شوند. روش مدل‌سازی از رهنمودهای استاندارد IEC 61850-7-420 بهره می‌گیرد. شکل زیر طرحی کلی را فراهم می‌کند که واحدها در فرآیند نظارت اطلاعات درگیر هستند، چه اطلاعاتی، از کدام واحد و چگونه این اطلاعات نهایتاً به مدل پیشنهادی DER برای EVها نگاشت می‌شود.

المان‌های به شکل "◇" از سه نوع اطلاعات مختلف مشتق می‌شوند: Config پیکره‌بندی، Setting تنظیمات و Measurment اندازه‌گیری‌ها. Config (آبی) اطلاعات ماندگار و مداوم یک واحد که اغلب وابسته به نصب سخت‌افزار هستند و در طی زمان تغییر نمی‌کنند. Settings (سبز) اطلاعات دینامیک و پویای واحد که ممکن است در طول زمان تغییر کنند و Measurments (قرمز) در واحد مربوطه بازبانی شده و اطلاعات دینامیک را ارائه می‌دهد. این اطلاعات در مدل داده مشترک (ستون نارنجی) ارائه می‌شوند و به سه LN که جدیداً تعریف شدند، نگاشت می‌شود:

۱. DESE: این LN یک EVSE^v (ایستگاه شارژ EV) معرفی می‌کند که چندین رسانه را در خود جای می‌دهد و دربردارنده اطلاعات مرتبط با نظارت و کنترل EVSE می‌باشد.

۲. DEOL: این LN یک رسانه EVSE منحصر بفرد را معرفی می‌کند و شامل اطلاعات مرتبط با مانیتورینگ و کنترل رسانه است.

۳. DEEV: این LN یک EV متصل را ارائه می‌دهد و دربردارنده اطلاعات EV متصل به EVSE است. اگر وضعیت اتصال/شارژ connection/plug نشان دهد که هیچ EV متصل نیست، داده در DEEV نامعتبر لحاظ می‌شود.

۴. DSCH: برنامه و روش شارژ را تعیین می‌کند. مطابق شکل قبل دو برنامه شارژ (یکی مبتنی بر EVSE یعنی توان موجود برای شارژ و دیگری براساس EV یعنی شارژ برنامه‌ریزی شده برای EV) پوشش می‌دهد.

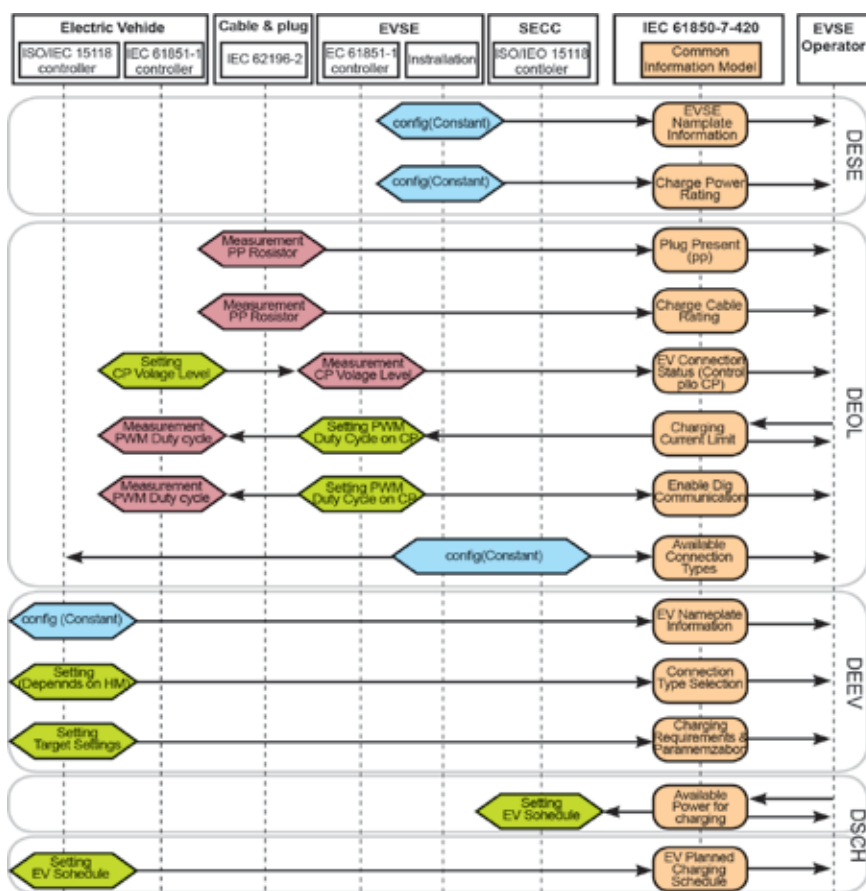
اپراتور زیرساخت شارژ با هدف راه‌اندازی زیرساخت خود مطابق با نیازمندی‌هایش، از LNهای شناخته شده اتوماسیون پست و DERها از

مهم‌ترین معیار موفقیت خودروهای برقی یا EV^۱ها، قابلیت شارژ شدن آن‌ها به‌هنگام نیاز استفاده کننده است، که این موضوع می‌تواند با بار شبکه‌های توزیع موجود به‌خصوص در ساعت‌های پیک تعارض داشته باشد. از طرفی، بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که بخش حمل و نقل امروزی یکی از فاکتورهای اصلی در انتشار گاز CO₂ است که EVها راه‌حلی برای رفع این مشکل هستند. موضوعاتی مانند نیاز به راه‌اندازی لینک استاندارد بین EVها و مکان‌های شارژ^۲ و نیز تهیه مدل اطلاعاتی هماهنگ بین نقاط شارژ و اپراتورهای شبکه، مسایل جدیدی مرتبط با یکپارچگی به وجود خواهد آورد. به منظور تبادل اطلاعات با منابع DER^۳-شامل واحدهای سیکل ترکیبی CHP^۴، سلول‌های فتوولتائیک، EVها و ...- از مدل‌های اطلاعاتی IEC 61850 استفاده می‌شود.

IEC 61850-7-420 جهت نظارت و کنترل منابع DER تدوین شده است. این استاندارد مدل‌های اشیاء خاص این سیستم‌ها را معرفی و ملزومات ارتباطی جهت نظارت و کنترل وضعیت سیستم را مشخص می‌کند. مدل ارائه شده توسط این بخش، برای انواع زیرساخت‌های شارژ در سراسر خودروهای برقی مدرن توسعه داده شده است. IEC 61850-7-420 معمولاً LN^۵های اتوماسیون پست IEC 61850 را همراه با LNهای خاص DERها گسترش می‌دهد. البته این بخش تا حد امکان LNهای موجود در IEC 61850-7-4 را به خدمت می‌گیرد و تنها در صورت نیاز LNهای خاصی را تعریف می‌کند.

استاندارد مذکور LNهایی ویژه EV نیز تعیین می‌کند. از جمله LNهای ضروری برای کنترل و مانیتورینگ از راه دور این نوع سیستم‌های دارای باتری ZBAT (نرخ شارژ، ولتاژ نامی باتری، تعداد سلول‌ها، ماکزیمم جریان شارژ باتری و...) و ZBTC (شارژر باتری) است. هنگام اتصال به شبکه اطلاعاتی مانند مقدار شارژ خودرو و دیگر پارامترها اخذ می‌شوند و میزان شارژ لازم تا رسیدن به ایستگاه شارژ بعدی محاسبه می‌شود. این اطلاعات حاصل از خودرو و ایستگاه برای کنترل و مدیریت این فرایند به‌ویژه در ساعت‌های اوج مصرف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یک خودروی برقی معمولاً دارای یک باتری قابل شارژ دربردارنده ده تا صد سلول متصل به صورت سری است. مقدار آستانه تنظیم ولتاژ خروجی برای هر سلول به الزامات باتری، و ماکزیمم نرخ شارژ نیز به نوع سلول وابسته است. فانکشن‌های کنترل فرآیند شارژ بین IED ایستگاه شارژ و IED باتری قرار دارند. IEDها با استفاده از پروتکل IEC 61850 در ارتباط هستند. ابتدا IED باتری، ولتاژ ترمینال هر سلول را تعیین می‌کند. این اطلاعات برای IED ایستگاه شارژ نیز در دسترس خواهد بود. اگر ولتاژ ترمینال یک یا تعداد بیش‌تری سلول باتری کمتر از آستانه تعیین شده آن



استاندارد بین‌المللی و پروتکل ارتباطی مناسب برای نظارت و کنترل این سیستم‌ها به‌خصوص هنگام اتصال به شبکه برق است. مهم‌ترین چالش در خصوص خودروهای برقی امکان شارژ آن‌ها در زمان نیاز و مدیریت عرضه و تقاضای برق از سوی این وسایل است که البته این موضوع به‌خصوص در ساعت‌های اوج مصرف بار مشکل‌زا است. به‌کارگیری استانداردهایی ویژه نظارت و کنترل این سیستم‌ها راهکاری برای رفع این مساله است. برجسته‌ترین استاندارد امروزی برای EVها IEC 61850-7-420 است که از سری IEC 61850 بسط داده شده است.

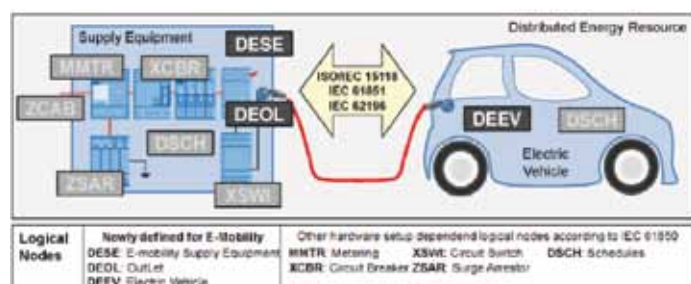
پی‌نوشت‌ها:

1. Electric Vehicle
2. Charging Spot
3. Distributed Energy Resources
4. Combined Heat and Power
5. Logical Nodes
6. (Charging Spot LN) Supply Equipment LN
7. EV Supply Equipment
8. OutLet LN
9. Electric Vehicle LN
10. DER Schedules

منابع:

- [1] IEC 61850-7-420, Ed.1, Basic Communication structure-Distributed energy resources logical nodes, www.iec.ch
- [2] IEC 61850-7-420 Communications standard for Distributed Energy Resources (DER), IEEE, 2008.
- [3] Facilitating a generic communication interface to distributed energy resources, Mapping IEC 61850 to RESTful services, IEEE, 2010.
- [4] Distributed Energy Resource Management for Electric Vehicle using IEC 61850 and ISO/IEC 15118, IEEE, 2012.
- [5] Integration of Electric Vehicles with Microgrid, 2011.
- [6] Communication Architecture of the IEC 61850-based Micro Grid system, JEET, 2011.

سری‌های IEC 61850-7-2، 7-4 و 7-420 یا ... بهره گرفته است.



نمونه‌ای از گره‌های منطقی برای زیرساخت شارژ

خلاصه

نیاز رو به رشد به منابع انرژی تجدیدپذیر جهت کاهش گاز CO₂ و دیگر گازهای گلخانه‌ای و همچنین نیاز به منابع تولید یا مبدل‌های جدید برای جایگزینی با سوخت‌های کربنی و نفت، ظهور سیستم‌های DER را به‌دنبال داشته است. این سیستم‌ها با یک روند صعودی در سراسر جهان در حال اتصال به سیستم قدرت هستند. علی‌رغم مزیت‌های این منابع و به‌ویژه خودروهای برقی، توجه به این نکته ضروری است که سیستم‌های توزیع به‌طور قابل توجهی تحت تاثیر اتصال این سیستم‌ها قرار می‌گیرند. فیدرهای توزیع که نقش محوری و اساسی جهت تحویل برق به بارها را داشته و بدین منظور طراحی شده‌اند، برنامه‌ای برای مدیریت و راهبری منابع تولیدی که به‌طور تصادفی در طول مسیر به‌صورت پراکنده قرار گرفته‌اند، ندارند. بنابراین باید علاوه بر سیستم‌های DER، سیستم‌های توزیع نیز با اطلاعات حاصل از DERها مدیریت شوند. مساله اصلی انتخاب



اشاره‌ای بر تاثیر امواج الکترومغناطیس بر موجودات زنده

خلیل مافی‌نژاد/دانشگاه صنعتی سجاد

الف- اثر حرارتی

بدن انسان به خوبی امواج الکترومغناطیس را جذب می‌کند و نخستین واکنش آن افزایش دمای بافت مربوطه است. بافت‌های پرآب‌تر انرژی بیشتری را جذب می‌کنند. افزایش دمای بدن خصوصا در مناطقی که بافت‌ها پر آب هستند، امکان ایجاد تنش را بالا برده و اثرات جدی بر بدن وارد می‌کند خصوصا اگر دمای به 43°C برسد آسیب‌برگشت‌ناپذیر خواهد بود.

ب- نفوذ امواج در بافت‌های انسانی

امواج الکترومغناطیس وارد بدن انسان شده، بسته به نوع بافت بخشی جذب، بخشی انعکاس و یا از بافت عبور می‌کنند و عمق بیشتری را در بدن طی می‌کنند تا کاملا انرژی آن‌ها جذب گردد. عمق نفوذ به عوامل مختلفی از جمله نوع بافت، شدت موج و خصوصا فرکانس موج وابسته است. عبور امواج از قسمت‌های سخت راحت‌تر از قسمت‌های نرم و آبدار است. نفوذ امواج از پوست سر و جذب آن‌ها در مغز بیش‌تر امکان‌پذیر می‌باشد.

ج- تشدید(رزونانس)

هر انسانی بسته به وزن و قد و درصد آب بدن یک فرکانس تشدید دارد که این فرکانس خوشبختانه در حدودی قرار دارد که سیستم‌های زیادی در آن‌ها کار نمی‌کنند. فرکانس تشدید انسان حدود ۷۰ تا ۸۰ مگاهرتس است.

د- شدت جریان

در بعضی از اندام‌ها که سطح مقطع کوچکتری دارند مثلا پاها، گگالی جریان زیاد می‌شود و میزان جذب انرژی (AR) - Absorption Rate را بالا می‌برد و امکان نارسایی آن اندام فراهم می‌شود. کلیه موارد فوق نسبت به زمان حالت تجمیعی دارند و با افزایش

نفوذ و گسترش سیستم‌های بی‌سیم از جمله گوشی‌های همراه، امواج تلویزیونی، امواج ماهواره‌ای و ... تحقیقات وسیعی را در مورد آثار زیان‌بخش و یا مفید این امواج موجب شده است. گسترش روزافزون ارتباطات و اشباع شدن باندهای فرکانس پایین، استفاده از فرکانس‌های بالا را اجتناب‌ناپذیر ساخته است. با افزایش فرکانس، طول موج کاهش می‌یابد و امکان جذب و نفوذ آن در اجسام و خصوصا موجودات زنده بیش‌تر می‌شود. جذب امواج الکترومغناطیس و رای استاندارد می‌تواند ضایعات جبران‌ناپذیری را به موجودات زنده وارد کند که در ادامه به چند نمونه از تحقیقات انجام شده در این زمینه اشاره می‌شود.

در اروپای شرقی قبل از تعیین استاندارد به‌علت عدم شناخت عواقب تشعشعات الکترومغناطیس بر روی موجودات زنده، گزارشاتی از اختلال سیستم عصبی مرکزی که عامل سردرد، گیجی، کاهش حافظه و قدرت تمرکز، اختلال خواب، ضعف، کاهش قوای جنسی، درد قفسه‌سینه، تومور پستان، اضطراب و افسردگی می‌باشد، ارایه شده است. ارتباط این موارد با امواج الکترومغناطیس هنوز از موضوعات حساس و مهم تحقیقاتی به‌شمار می‌رود. در یک تحقیق بیش از ۵۰ مورد آب مروراید در میان افراد جوان به‌علت در معرض بودن امواج الکترومغناطیس ثبت شده است.

دانشمندان دانشگاه کلمبیا (CU) به این نتیجه رسیده‌اند که امواج الکترومغناطیس روی ژن‌های موجودات زنده تاثیر گذاشته و علایمی شبیه سرطان ایجاد می‌کنند.

دانشمندان دانشگاه واشنگتن در سیاتل دریافته‌اند که امواج الکترومغناطیس عملکرد مغز را تغییر می‌دهد، این مورد توسط بورد محافظت رادیولوژی ملی انگلیس نیز تایید شده است.

اکثر گزارش‌ها نشان می‌دهند که قرارگیری در معرض میدان‌های الکترومغناطیس می‌تواند ناهنجاری‌های تکوینی را در جنین القاء کند. بخش مختصری از اثرات شناخته شده این امواج به شرح زیر است؛

زمان تشعشع هر کدام از آثار مذکور تشدید می‌یابد. برای حفاظت از افراد و موجودات زنده در برابر امواج الکترومغناطیس چه کارهایی انجام شده است؟

با تحقیقات وسیعی که انجام شده است سازمان‌های مخابراتی جهانی استانداردهایی را تدوین کرده‌اند، گرچه این استانداردها یکسان نیستند ولی رعایت آن‌ها نارسایی‌ها را کاهش می‌دهند. استاندارد IEEE و FCC برای مکان‌های عمومی مقدار SAR (Absorption Rate Safty) را حداکثر 0.08 W/Kg در فرکانس 10 GHz به بالا برای مدت ۶ دقیقه مشخص کرده‌اند و برای فرکانس‌های گوشی‌های همراه حدود 1 GHz مقدار SAR برابر 0.4 W/Kg می‌باشد. ملاحظه می‌شود که با افزایش فرکانس مقدار SAR به شدت کاهش می‌یابد. به عبارتی جذب انرژی فرکانس بالاتر نارسایی‌ها را بیش‌تر می‌کند. محدودیت‌هایی که استانداردهای جهانی برای فرستنده‌های گوشی‌های همراه، سلول یا ایستگاه‌های فرستنده گیرنده پایه (BTS) در نظر گرفته‌اند باعث شده است که توان ارسالی هر گوشی تلفن از حد تعیین شده تجاوز نکند، در غیر این صورت اجازه ورود به بازار را ندارند. همچنین فرستنده‌های سلولی بایستی توان محدودی داشته و در ارتفاع مشخص نصب شوند به گونه‌ای که مقدار جذب انرژی روی افرادی که در نزدیک‌ترین موقعیت نسبت به فرستنده قرار می‌گیرند از حد مجاز تعیین شده بیش‌تر نباشند. معذالک همین مقادیر تعیین شده هم بی‌ضرر نیستند و بعضی از کشورها از جمله سوئد مقدار SAR را حدوداً ۲۰ برابر کمتر در نظر گرفته است. می‌توان اینگونه بیان کرد که هرچه شدت امواج الکترومغناطیس کمتر باشد ضرر آن برای موجودات زنده کمتر است. تحقیقات وسیعی بر روی موجودات زنده از قبیل موش‌ها، زنبور عسل و ... انجام و نتایج فوق تایید شده است.

عوامل موثر در جذب انرژی الکترومغناطیس در بدن:

عوامل عیدیه‌ای وجود دارد که در جذب امواج تاثیر پذیرند که فقط به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود؛ خواص الکتریکی بافت‌ها، پولاریزاسیون امواج، درصد مایعات بافت، اندازه سطح بافت، فرکانس موج، چگالی توان، فاصله از فرستنده و از همه مهم‌تر مدت زمان تشعشع.

پولاریزاسیون موج در حالت عمودی نسبت به افقی در طول روز که افراد ایستاده هستند ضریب جذبی حدوداً ۲۰ برابر برای انتشار یک توان یکسان در دو حالت دارد.

یکی از مواردی که در حال حاضر بایستی مورد تامل قرار گیرد و بارها توسط مدیران ارشد دولت مطرح گردیده است، پارازیت‌هایی است که برای خنثی‌سازی امواج ماهواره‌ای ارسال می‌گردد. اینجانب اطلاعات دقیق از توان فرستنده‌های پارازیت ندارم ولی می‌توان تا حدودی آن‌ها را محاسبه کرد و حداقل راهکارهایی برای آسیب کمتر بر افراد جستجو و پیشنهاد کرد. با یک محاسبه تقریبی می‌توان توان آن‌ها را محاسبه کرد و مقدار AR را برای فواصل مختلف به‌دست آورد. یقیناً هر چه فاصله از فرستنده نزدیک‌تر باشد مقدار AR بیش‌تر خواهد شد. معمولاً برد این فرستنده‌ها تا ۵ کیلومتر (اگر بیش‌تر نباشد) حدس زده می‌شود.

حال در نظر داشته باشید که این فرستنده‌ها در مسیر مستقیم آنتن‌های ماهواره‌های منازل نیستند زیرا آنتن‌ها در جهت ماهواره تنظیم شده‌اند و با بهره‌ای حدود 40 dB یعنی معادل $10,000$ سیگنال ماهواره را دریافت می‌کنند. برای اینکه سیگنال در صفحه تلویزیون آشکار نشود، بایستی توان سیگنال پارازیت حداقل برابر

سیگنال دریافتی از ماهواره باشد. معمولاً آنتن ماهواره در جهت دریافت سیگنال از فرستنده پارازیت بهره‌ای ندارد و بهره آن را حدود ۱ می‌توان فرض کرد. لذا توان سیگنال ماهواره در فاصله ۵ کیلومتری حدوداً بایستی $10,000$ برابر توان دریافتی از ماهواره باشد. حال تصور کنید فردی که از فاصله ۱۰ متری فرستنده، پارازیت می‌گذرد با چه شدت میدانی مواجه است.

عمدتاً فرستنده پارازیت ایزوتروپیک و یا با انتشار یکنواخت در همه جهت می‌باشد. از طرفی شدت میدان با مجذور فاصله کاهش می‌یابد، بنابراین با توجه به نسبت فاصله ۵ کیلومتر و ۱۰ متر شدت توان موج پارازیت در فاصله ۱۰ متری $250,000$ مرتبه بیش‌تر از شدت توان در فاصله ۵ کیلومتری می‌باشد. با یک محاسبه ساده شدت موج پارازیت در فاصله ۱۰ متری حدود $250,000 \times 10,000$ (۲/۵ میلیارد) برابر شدت امواج ماهواره بر روی زمین است.

علاوه بر این چنانچه ملاحظات لازم در طراحی فرستنده‌های پارازیت انجام نشود، رفتارهای غیر خطی فرستنده و اثرات اینتر مدولاسیون می‌تواند فرکانس‌های زیان‌آور دیگری را هم ایجاد کند. برای ایمنی بیش‌تر موارد ذیل پیشنهاد می‌شود.

- با توجه به اینکه امکان دریافت کلیه اخبار از طریق سایر ارتباطات رسانهای وجود دارد و حتی از طریق بعضی از کانال‌ها به‌صورت مستقیم از ماهواره‌ها گرفته می‌شود، پارازیت‌ها تاثیری برای ایزوله کردن ندارند. اغلب اخبار از طریق صدا و سیما جمهوری هم منتشر می‌شود لذا حذف فرستنده‌های پارازیت ایده‌آل‌ترین روش برای از بین رفتن امواج الکترومغناطیس ناشی از این فرستنده‌ها می‌باشد و در این صورت یکی از آلودگی‌های محیطی کاهش می‌یابد.

- توان فرستنده‌ها حتی‌الامکان کم شود و در یک Back-off حداقل 5 dB کار کنند تا رفتار غیرخطی فرستنده‌ها فرکانس‌های مزاحم دیگری که کار مفیدی هم انجام نمی‌دهند ایجاد نکنند. امواج حاصل از رفتار غیرخطی فرستنده می‌تواند در طیف وسیعی از فرکانس ایجاد شود و نه تنها برای موجودات زنده زیان‌آور است بلکه ممکن است در سایر سیستم‌های الکترونیکی، مخابراتی و حتی نظامی اختلال ایجاد کند.

- مهم‌ترین عامل در جذب انرژی مدت زمان است. می‌توان مدت زمان را محدود کرد تا انرژی جذب شده در افراد کاهش یابد.

- محل نصب فرستنده در ارتفاع بالا و دور از مناطق مسکونی باشد و تا فاصله زیاد از فرستنده امکان عبور افراد وجود نداشته باشد.

- ضریب جذب پولاریزاسیون افقی ۲۰ برابر کمتر از عمودی است در نتیجه سعی کنند امواج پارازیت با پولاریزاسیون افقی پخش شود.

- از یک فرستنده موج با پرش فرکانسی (Frequency Hopping) به کانال‌های فقط مورد نظر استفاده شود و تعداد فرستنده‌ها کم شوند.

- با تقویت کارهای فرهنگی سعی شود آموزش لازم برای عدم استفاده از کانال‌های ماهواره‌ای داده شود.

- برنامه‌های صدا و سیما را غنی‌تر کنند تا افراد به استفاده از کانال‌های ایرانی ترغیب شوند.

- در انتها حذف فرستنده‌های پارازیت نه تنها آلودگی‌های احتمالی امواج الکترومغناطیس را کاهش می‌دهد بلکه از نظر روانی هم اثرات بسیار مثبتی را در جامعه به دنبال خواهد داشت.



Khorasan Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers

انجمن مهندسين برق و الكترونیک ایران - شاخه خراسان

انجمن مهندسين برق و الكترونیک ایران - شاخه خراسان که یکی از بزرگترین شاخه‌های انجمن ایران است، در حال حاضر بیش از ۱۳۰۰ عضو حقیقی و حقوقی شامل مهندسين رشته‌های برق و الكترونیک، کامپیوتر و مهندسی پزشکی، اساتید و دانشجویان، موسسات علمی، شرکت‌های صنعتی، خدمات مهندسی و پیمانکاری مرتبط و سازمان‌های دولتی می‌باشد و از سال ۷۶ تاکنون و در غالب دوره‌های دوساله هیات‌مدیره و زیر نظر انجمن ایران ارایه خدمت نموده است و اخیرا انتخابات دهمین دوره آن هم‌زمان با سراسر کشور در آبان‌ماه ۹۴ در دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد برگزار گردید که طی آن اعضای هیئت مدیره برای دوره جدید به شرح زیر انتخاب شدند.

با عنایت به اهمیت و نقش ممتاز انجمن‌های علمی در توسعه و بسط علوم تخصصی و تولیدات کشور و جایگاه و موقعیت آنها در هم‌گرایی و هم‌افزایی علمی، در سال ۱۳۷۰ انجمن مهندسين برق و الكترونیک ایران در تهران آغاز بکار کرد. هدف از تشکیل این انجمن گرد هم آوردن مهندسين برق و الكترونیک کشور به منظور رشد، ارتقاء و شکوفایی صنایع، فن‌آوری، آموزش و پژوهش در زمینه‌های تخصصی اعضاء بود که به‌سرعت نمایندگی‌هایی در سایر استان‌ها تحت عنوان شاخه انجمن شروع به فعالیت نمودند. این انجمن در ارزیابی‌های کمیسیون انجمن‌های علمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری نیز، بارها رتبه A را کسب نموده است.

نام و نام خانوادگی	محل خدمت/سمت	مسئولیت در شاخه
دکتر مصطفی رجبی مشهدی	معاون راهبری شبکه برق کشور	رئیس هیئت مدیره
مهندس محمد سالاری	رئیس هیئت مدیره و مدیرعامل شرکت مخابرات خراسان رضوی	نائب رئیس هیئت مدیره
مهندس مسعود صالحی پویا	رئیس گروه تخصصی برق سازمان نظام مهندسی	کرانه دار و عضو هیئت مدیره
دکتر مهدی علموی بایگی	مدیر دفتر تحقیقات شرکت برق منطقه‌ای خراسان	دبیر و عضو هیئت مدیره
دکتر مهرداد شکوه صارمی	استادیار گروه برق دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد	عضو هیئت مدیره
دکتر ایمان احدی اخلاقی	عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی سجاد	عضو هیئت مدیره
دکتر محسن قاینی	عضو هیئت علمی و رئیس دانشکده برق و مهندسی پزشکی دانشگاه صنعتی سجاد	عضو هیئت مدیره
مهندس محمد آهوی آتشین	معاون منابع انسانی شرکت برق منطقه ای خراسان	عضو هیئت مدیره
مهندس علیرضا جلالی طلب	مدیرعامل شرکت صنایع سنتش انرژی بهینه‌سازان طوس	عضو هیئت مدیره
مهندس مجید مهدیزاده	مدیرگروه IT مرکز علمی کاربردی شرکت مخابرات خراسان رضوی	عضو هیئت مدیره
دکتر امیر مسعود امینیان مدرس	عضو هیئت علمی و مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه صنعتی سجاد	عضو هیئت مدیره
مهندس حسن اروچی	معاون توسعه و مهندسی شرکت مخابرات خراسان رضوی	بازرس
مهندس محمود جلالیان زعفرانی	عضو هیئت مدیره شرکت آذرخش انتقال نیرو	عضو علی‌البدل
مهندس غلامرضا دیده ور	مشاور مدیر عامل برق منطقه‌ای استان در مدیریت استراتژیک	عضو علی‌البدل

برنامه‌ریزی استان ارسال و پیگیری می‌گردد.

آدرس دبیرخانه انجمن:

مشهد، بلوار وکیل آباد، نبش بلوار امامت، مجموعه فرهنگی ورزشی شرکت

برق منطقه‌ای خراسان

تلفن‌های تماس: ۰۵۱-۳۶۱۰۳۸۵۶-۷

دورنگار: ۰۵۱-۳۶۱۰۳۸۵۸

وب سایت انجمن: www.kiaeee.ir

پست الکترونیکی: info@kiaeee.org

انجمن مهندسين برق و الكترونیک شاخه خراسان در قالب کمیته‌های تخصصی آموزش، پژوهش و فناوری، ارتباطات و رسانه، جذب منابع و نشریه ضمن بهره‌گیری از حضور صاحب‌نظران و علاقمندان به هر موضوع، با برگزاری بازدیدهای علمی و کارگاه‌ها و دوره‌های آموزشی و همایش‌های تخصصی و یا چاپ نشریه، در بروزرسانی اطلاعات فنی اعضای خود تلاش می‌نماید. از جمله اقدامات اخیر این انجمن که در اجرای قانون حذف تصدی‌گری دولت و تعامل و مشارکت بیشتر تشکلهای صنفی در فرایند تشخیص صلاحیت انجام شده، تنظیم تفاهم‌نامه همکاری در هریک از رشته‌های برق، الكترونیک، مخابرات، فناوری اطلاعات و دیگر رشته‌های مرتبط با سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان بوده است که پس از تشکیل و تکمیل پرونده متقاضیان دریافت، تمدید و یا ارتقاء رتبه، پرونده فیزیکی این شرکت‌ها توسط انجمن به سازمان مدیریت و



درخواست اشتراک نشریه عصر برق

(لطفاً کپی این فرم را به‌طور خوانا و دقیق تکمیل فرمایید)

شماره اشتراک:

شماره اشتراک قبل:

(مشخصات متقاضی)

نام شرکت/موسسه:

نام خانوادگی:

نام:

شغل: میزان تحصیلات: رشته تحصیلی:

شغل: استان: شهر: بلوار: خیابان:

کوچه: پلاک: طبقه: واحد: کد پستی:

صندوق پستی: پست الکترونیک: تلفن:

نمابر: پیش شماره: تلفن همراه:

تعداد نسخه در هر نوبت: ☐ ارسال از شماره: ☐ شماره‌های قبلی مورد درخواست: ☐سرویس پست: عادی ☐ سفرتی ☐ ارسال به: نشانی پستس ☐ صندوق پستی ☐

مبلغ واریزی: شماره رسید بانکی: بانک/شعبه:

برای برقراری اشتراک نشریه عصر برق، هزینه اشتراک مورد نظر را از جدول مقابل انتخاب نموده و به حساب ۴۰۶۵۳۷۹۲۷ نزد بانک تجارت شعبه برق (قابل پرداخت در همه شعب بانک تجارت) به نام نشریه عصر برق واریز و رسید مربوطه را به همراه برگ تکمیل شده درخواست اشتراک به نشانی: مشهد. پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده فنی گروه برق، اتاق ۸۴۳ ارسال فرمایید.

همچنین برای جلوگیری از عملیات پستی و سهولت کار می‌توانید فرم تکمیل شده را به وسیله نمابر به شماره ۰۵۱-۳۶۱۰۳۸۵۶ ارسال فرمایید.

پست سفارشی

پست عادی

۳۰۰۰۰۰۰ ریال

۲۵۰۰۰۰۰ ریال

یکساله

اشتراک

تذکر: اشتراک بیش از یک سال پذیرفته نمی‌شود.

دانشجویان محترم، اساتید گرامی و فرهنگیان عزیز در صورت تمایل می‌توانند مبلغ فوق را پس از کسر ۱۰٪ واریز فرمایند. برای دریافت شماره های قبلی نشریه به ازای هر شماره مبلغ ۵۰،۰۰۰ ریال به حساب واریز گردد.

K1



- Compact design to save space
- High reliability & safety
- Long life & minimal maintenance cost
- Fast delivery & easy installation



3D Oil Transformer

- High Transient Capacity
- 120%^{percent} OverLoad Operation in 12 hr
- Optimum Space
- Cost Saving



Gas Insulated Switchgear

- Free Maintenance
- Not Flammable
- Development Ability
- Outdoor Installation
- IP 65



3D Dry Type Transformer

- Free Maintenance
- Free Partial Discharge
- On Site Repair
- 120%^{percent} Overload Operation In 12 hr

