



برونداد تخصصی گروه پژوهشی سامانه‌های کنترل هوشمند



شماره ۹

اردیبهشت ۱۴۰۵



مدیر مسئول و سردبیر:

اعظم مظفری

دستیار تدوین:

زهرا محسنی

هیئت تحریریه:

عطیه محمدیان کشاورز، استادیار گروه سامانه‌های کنترل هوشمند
محمد حسن نظری، استادیار گروه سامانه‌های کنترل هوشمند
مهدی طبرزدی، همیار پژوهش گروه سامانه‌های کنترل هوشمند
زهرا شریف پور، پژوهشگر گروه فناوری اطلاعات و ارتباطات
مهرنوش عابدی، پژوهشگر گروه فناوری اطلاعات و ارتباطات
اعظم مظفری، پژوهنده گروه سامانه‌های کنترل هوشمند

پست الکترونیکی:

SmartControl@nri.ac.ir

شماره تلفن: ۴۳۷۶۷۴۳۱

کد پستی: ۱۴۶۸۶۱۷۱۵۱

صاحب امتیاز:

پژوهشگاه نیرو

اهداف و رویکرد خبرنامه:

خبرنامه تخصصی گروه سامانه‌های کنترل هوشمند با هدف فراهم آوردن بستری مناسب برای تبادل اطلاعات و انتشار مطالب مرتبط با حوزه سامانه‌های کنترل در صنعت برق به صورت داخلی منتشر می‌شود. این مجموعه از هرگونه پیشنهاد یا انتقاد برای هرچه بهتر شدن مطالب استقبال می‌کند و استفاده از مطالب آن با ذکر منبع بلامانع است.

فهرست مطالب

۲ سخن آغازین
۳ معرفی پروژه‌های خاتمه یافته
۴ ۱- طراحی سامانه مدیریت منابع انرژی توزیع شده (DERMS در شبکه توزیع نیروی برق)
۱۵ ۲- طراحی آزمایشگاه ارزیابی نرم‌افزار اسکادای تجدیدپذیر و پروتکل‌های ارتباطی مربوطه
۱۹ ۳- توسعه، ارتقا و بهینه‌سازی سامانه تحقیقات صنعت برق با رویکرد معماری سرویس‌گرا
۲۱ ۴- تدوین دستورالعمل مخابرات اتوماسیون توزیع
۲۵ بروندهای تخصصی همکاران گروه
۴۱ برگزاری نشست تخصصی کنترل و پایش منابع تجدیدپذیر در شبکه برق

سرمقاله

سلام و عرض ادب خدمت همه بزرگوارانی که این شماره از خبرنامه یا نشریه تخصصی گروه سامانه‌های کنترل هوشمند را مطالعه می‌نمایند. پس از یک وقفه نسبتاً طولانی از انتشار شماره قبلی نشریه این گروه، این شماره با رویکرد جدید منتشر می‌شود. امید است که مطالب این شماره مورد توجه شما قرار گرفته و اطلاعات ارزشمندی را در اختیار قرار دهد.

در ابتدا لازم به ذکر است که این گروه پژوهشی، در سال ۱۳۷۷ با نام «دیسپاچینگ و تله‌متری» زیرمجموعه پژوهشکده کنترل و مدیریت شبکه در پژوهشگاه نیرو ایجاد شد و در سال ۱۳۹۴ با تغییر ساختار و اهداف پژوهشگاه نیرو، فعالیت‌های خود را با عنوان گروه «سامانه‌های کنترل هوشمند» دنبال نمود. گروه پژوهشی سامانه‌های کنترل هوشمند، یکی از گروه‌های پژوهشی سیستمی پژوهشگاه نیرو است که خدمات مهندسی مورد نیاز صنعت برق را در قالب پروژه‌های آینده‌پژوهی، آینده‌نگاری، سیاست‌پژوهی و نیازهای عاجل صنعت در زمینه سامانه‌های کنترل شبکه انجام می‌دهد. در حال حاضر این گروه دارای ۳ پژوهشگر هیات علمی و ۲ پژوهشگر غیر هیات علمی است و در ساختار پژوهشگاه، ذیل پژوهشکده کنترل و مدیریت شبکه قرار داشته و با توجه به اهمیت سامانه‌های کنترل، در سطوح مختلف صنعت برق، همکاری نزدیکی نیز با پژوهشکده توزیع و انتقال دارد.

در این شماره به بیان برونادهای تخصصی گروه در سال ۱۴۰۴ پرداخته خواهد شد. از آنجا که در سال گذشته انجام چندین پروژه با پشتیبانی و اجرای همکاران در گروه خاتمه یافته است، بخش مهمی از این شماره به توضیحات مرتبط با این پروژه‌ها اختصاص داده شده است که البته نظر به اهمیت و رشد منابع تجدیدپذیر در کشور، تمرکز بیشتر بر پروژه مدیریت منابع تجدیدپذیر DERMS بوده است.

در این شماره علاوه بر ذکر خلاصه‌ای از پروژه‌های خاتمه یافته در سال گذشته، عناوین و چکیده مقالات تدوین شده توسط اعضای گروه و توضیحاتی در مورد نشست تخصصی برگزار شده در سال گذشته نیز ارائه شده است.

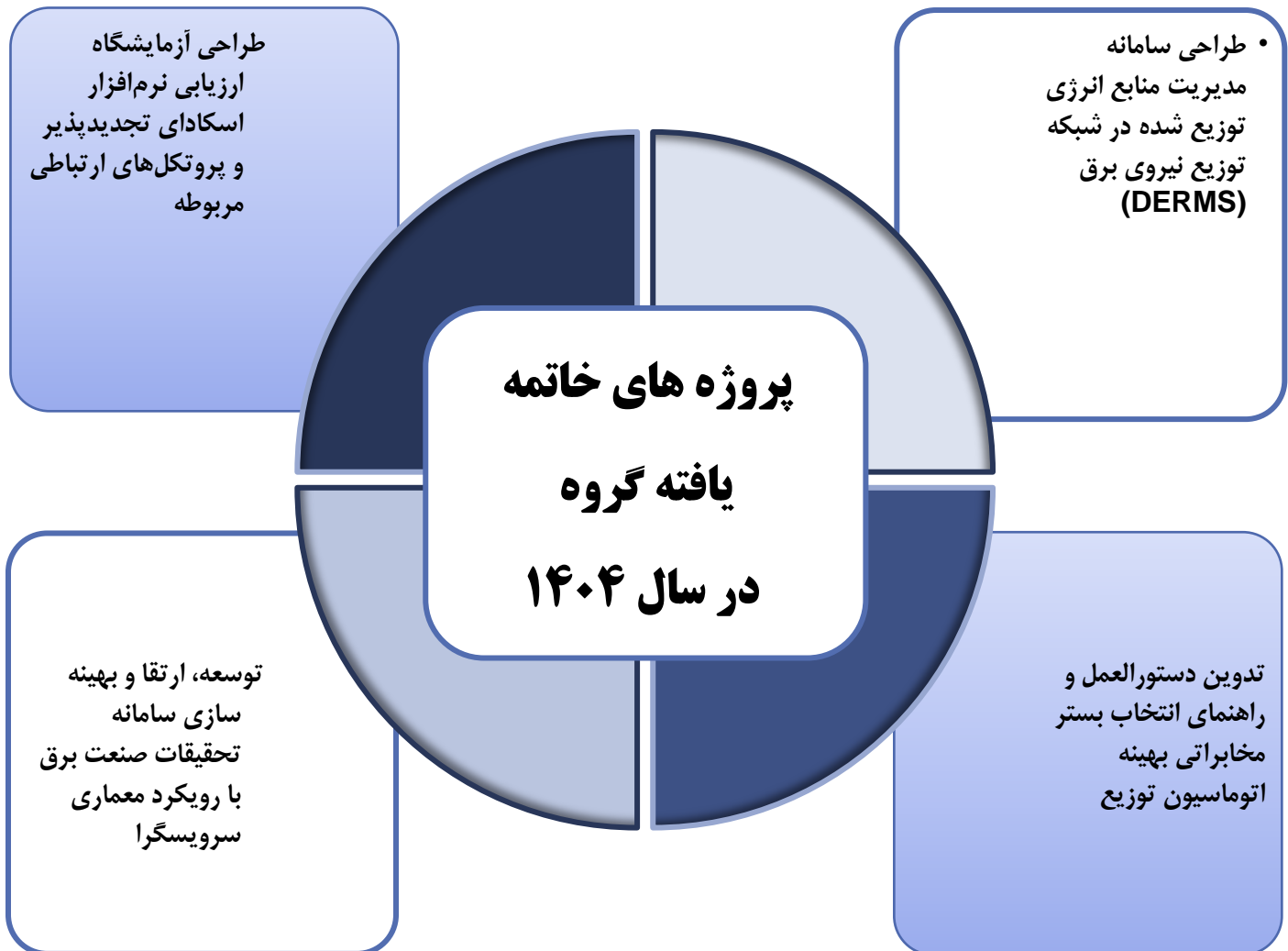
در این مجال، جا دارد از زحمات سرکار خانم مهندس ظفری که قبل از اینجانب وظیفه مدیریت گروه را برعهده داشته‌اند و یکی از نتایج و برونادهای فعلی در زمان مدیریت ایشان پایه‌گذاری شده، تشکر نمایم. همچنین از زحمات جناب آقای مهندس دانایی که پس از ۳۰ سال تلاش بی وقفه، در انتهای سال ۱۴۰۲ به درجه بازنشستگی نائل آمدند، تشکر نموده و برای این همکاران عزیز، سلامتی، نشاط و موفقیت آرزو دارم.

در انتها از کلیه همکاران محترم گروه و سرکار خانم مهندس شریف‌پور به عنوان مدیر پروژه «تدوین دستورالعمل و راهنمای انتخاب بستر مخابراتی بهینه اتوماسیون توزیع» و سرکار خانم مهندس عابدی مدیر پروژه‌های «طراحی آزمایشگاه ارزیابی نرم‌افزار اسکادای تجدیدپذیر و پروتکل‌های ارتباطی مربوطه» و «توسعه، ارتقا و بهینه‌سازی سامانه تحقیقات صنعت برق با رویکرد معماری سرویس‌گرا» صمیمانه تشکر نموده و از جناب آقای حاجی حاتم که به عنوان کارآموز گروه در جمع‌آوری برخی مطالب این خبرنامه تلاش نمودند، قدردانی می‌گردد.

امید است، این شماره به عنوان بخشی از فعالیت همکاران گروه، مورد توجه همکاران پژوهشگاه و دیگر خوانندگان این برونداد قرار گرفته و نظرات ارزشمند شما بزرگواران، ما را در ارتقاء سطح علمی برونادهای گروه یاری نماید.

معرفی پروژه‌های خاتمه یافته

۱. طراحی سامانه مدیریت منابع انرژی توزیع شده در شبکه توزیع نیروی برق (DERMS)
۲. طراحی آزمایشگاه ارزیابی نرم‌افزار اسکادای تجدیدپذیر و پروتکل‌های ارتباطی مربوطه
۳. توسعه، ارتقا و بهینه سازی سامانه تحقیقات صنعت برق با رویکرد معماری سرویسگرا
۴. تدوین دستورالعمل و راهنمای انتخاب بستر مخابراتی بهینه اتوماسیون توزیع



۱- طراحی سامانه مدیریت منابع انرژی توزیع شده (DERMS) در شبکه توزیع نیروی برق

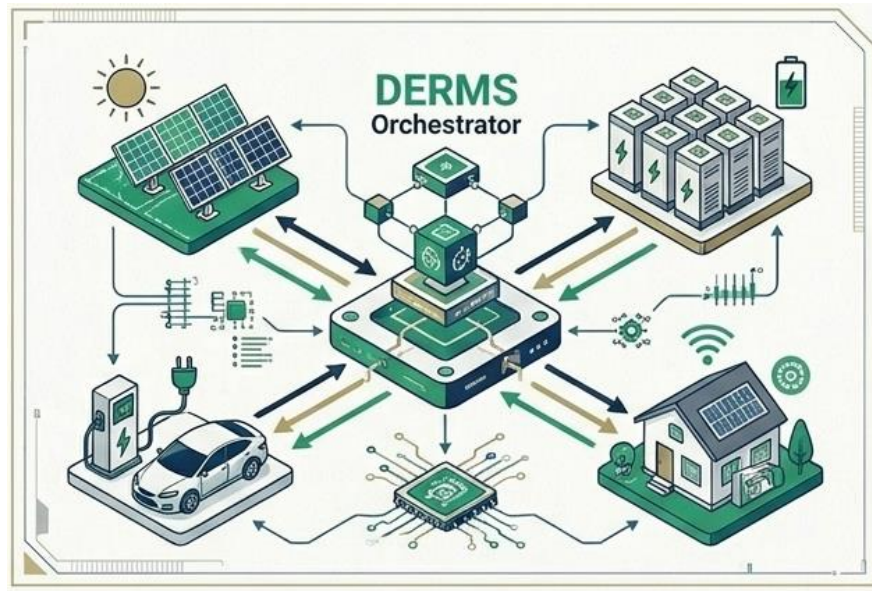
رشد و توسعه منابع تجدیدپذیر با توجه به مشکلات زیست محیطی و گرم شدن زمین و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، تاثیر قابل توجهی در مدیریت و کنترل حوزه‌های مختلف صنعت برق داشته است. اما چه در ساختار سنتی و چه ساختار هوشمند صنعت برق، سامانه‌های کنترل هوشمند و به عبارتی دیسپاچینگ‌ها که وظیفه پایش و کنترل منابع، نیروگاه‌ها و اجزای مهم و حیاتی صنعت برق را به عهده دارند، همواره مورد توجه ویژه بوده و از اهمیت بسیاری برخوردار بوده‌اند. در این راستا فعالیت‌ها و پروژه‌های مرتبط با توسعه منابع تجدیدپذیر در این گروه در سالهای گذشته بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته و چندین پروژه با این هدف در گروه تعریف و انجام شده است که در این شماره به بررسی سامانه مدیریت منابع انرژی توزیع شده (DERMS) پرداخته خواهد شد.



صنعت برق در آستانه یک دگرگونی بنیادین قرار دارد. مدل سنتی که بر پایه نیروگاه‌های بزرگ و متمرکز و جریان یک‌طرفه توان، استوار بود، به سرعت در حال جایگزینی با یک مدل غیرمتمرکز، هوشمند و تعاملی است. محور اصلی این تحول، رشد انفجاری منابع انرژی توزیع شده (Distributed Energy Resources - DERs) است. DERها طیف وسیعی از فناوری‌ها را شامل می‌شوند که در سطح شبکه توزیع و در نزدیکی مصرف‌کنندگان نصب می‌گردند. مهم‌ترین انواع آن‌ها عبارتند از:

- تولید پراکنده (Distributed Generation - DG): شامل منابع تجدیدپذیر مانند پنل‌های خورشیدی پشت‌بام و توربین‌های بادی کوچک.
- ذخیره‌سازی پراکنده (Distributed Storage - DS): شامل سیستم‌های ذخیره‌سازی باتری در مقیاس خانگی یا تجاری.
- پاسخگویی بار (Demand Response - DR): قابلیت مشترکین برای کاهش یا جابجایی مصرف خود در پاسخ به سیگنال‌های شبکه.

- خودروهای الکتریکی (Electric Vehicles - EV): که نه تنها به عنوان بار، بلکه با فناوری (Vehicle-to-Grid - V2G) می‌توانند به عنوان منبع انرژی نیز عمل کنند.



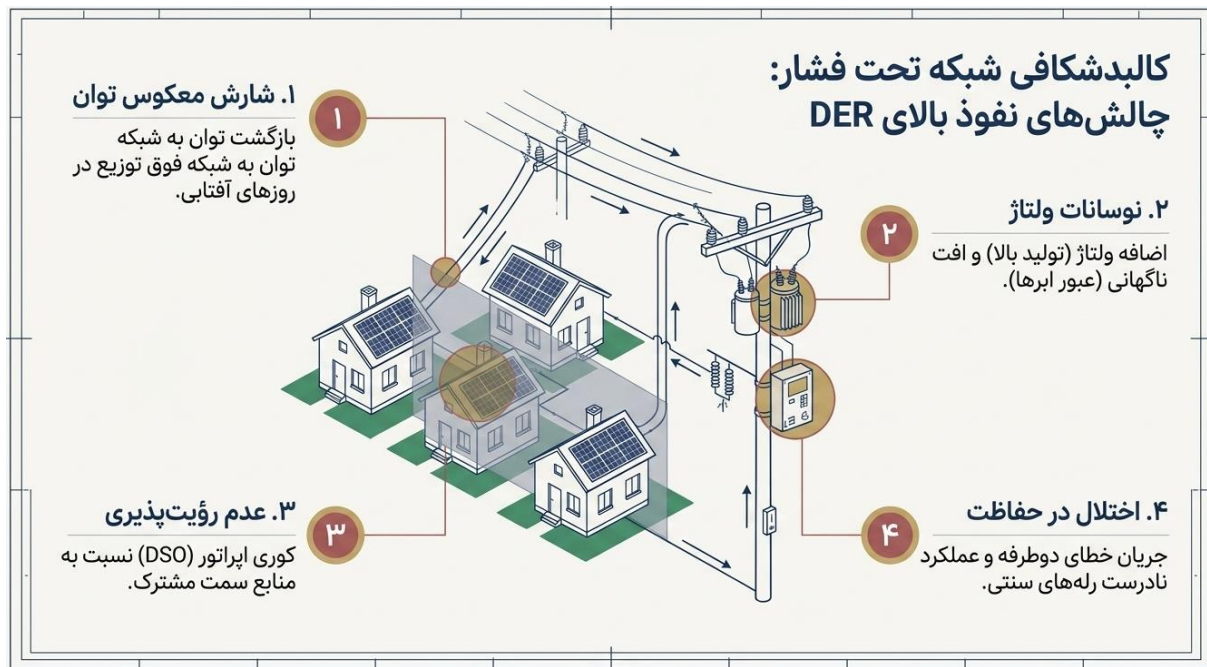
در ایران، این گذار انرژی نه تنها یک روند جهانی، بلکه یک ضرورت راهبردی است. بر اساس اسناد بالادستی، کشور با ناترازی حدود ۱۲ هزار مگاوات در تولید برق مواجه است و همزمان، اهدافی بلندپروازانه برای توسعه ۳۰ هزار مگاوات انرژی تجدیدپذیر در برنامه هفتم توسعه و الزام قانونی صنایع برای تأمین ۲۰ درصد از انرژی خود از این منابع را دنبال می‌کند.

این حجم از DERها، فرصتی بی‌نظیر برای حل مشکل ناترازی و حرکت به سوی انرژی پاک فراهم می‌کند، اما در عین حال، چالش‌های فنی عظیمی را به شبکه سنتی تحمیل می‌نماید.

چالش‌های فنی ناشی از نفوذ بالای DER

- ادغام کنترل نشده DERها در شبکه‌های توزیعی که برای آن طراحی نشده‌اند، می‌تواند پایداری و قابلیت اطمینان کل سیستم را به خطر اندازد. گزارش‌های ارائه شده، مهم‌ترین این چالش‌های فنی را شناسایی و تحلیل کرده‌اند:
- شارش معکوس توان (Reverse Power Flow): شبکه‌های توزیع سنتی برای جریان یک‌طرفه توان از پست به سمت مشترکین طراحی شده‌اند. در روزهای آفتابی، تولید بالای پنل‌های خورشیدی می‌تواند از مصرف محلی فراتر رفته و باعث بازگشت توان به شبکه فوق توزیع شود. این پدیده می‌تواند باعث عملکرد نادرست رله‌های حفاظتی و تجهیزات تنظیم ولتاژ گردد.
 - نوسانات و انحرافات ولتاژ: ماهیت متغیر و متناوب منابع تجدیدپذیر، کنترل ولتاژ در طول فیدرهای توزیع را بسیار دشوار می‌کند. تولید بالای DERها می‌تواند منجر به اضافه ولتاژ (Overvoltage) در نقاط اتصال شود، در حالی که عبور ابرها می‌تواند باعث افت ناگهانی ولتاژ گردد.

- عدم رؤیت پذیری و کنترل (Lack of Visibility and Control): بخش بزرگی از DERها در سمت مشترک (پشت کنتور - BTM) نصب می شوند و اپراتور سیستم توزیع (DSO) اطلاعات بلادرنگ و کنترل مستقیمی بر روی آنها ندارد. این "نادیدنی بودن" منابع، برنامه ریزی و بهره برداری ایمن از شبکه را تقریباً غیرممکن می سازد.
- پیچیدگی حفاظت شبکه: جریان خطای دوطرفه ناشی از DERها، هماهنگی سیستم های حفاظتی سنتی را که برای جریان خطای یک طرفه طراحی شده اند، مختل می کند و می تواند منجر به عملکرد نادرست رله ها و قطع بی دلیل مشترکین شود.
- پدیده منحنی اردک (Duck Curve): این پدیده که ترکیبی از چالش های فوق است، به وضوح در مناطقی با نفوذ بالای انرژی خورشیدی دیده می شود. این منحنی، بار خالص شبکه (مصرف کل منهای تولید تجدیدپذیر) را در طول روز نشان می دهد. در اواسط روز، بار خالص به شدت کاهش یافته (بدنه اردک) و در هنگام غروب با افت سریع تولید خورشیدی و افزایش بار خانگی، با یک شیب بسیار تند افزایش می یابد (گردن اردک). مدیریت این شیب تند، فشار عظیمی بر نیروگاه های سنتی وارد می کند و پایداری فرکانس را به خطر می اندازد.



این چالش ها به وضوح نشان می دهند که رویکردهای سنتی دیگر پاسخگو نیستند و نیاز به یک پلتفرم مدیریت هوشمند و فعال مانند DERMS یک ضرورت فنی انکارناپذیر است.

معرفی سامانه (DERMS)

سامانه مدیریت منابع انرژی توزیع شده (DERMS) یک پلتفرم نرم افزاری است که به شرکت های توزیع امکان می دهد تا DERهای متصل به شبکه خود را به صورت یکپارچه، هوشمند و بهینه مدیریت کنند. این سامانه با ایجاد یک لایه هوشمند بین منابع پراکنده و مرکز کنترل، شکاف مدیریتی موجود در شبکه های سنتی را پر می کند.

۱. مشخصات عملکردی اصلی (بر اساس استاندارد IEEE 2030.11)

یک سامانه DERMS باید چهار قابلیت کلیدی را ارائه دهد:

- **تجمیع (Aggregation):** DERMS باید بتواند هزاران منبع DER کوچک و پراکنده را گروه‌بندی کرده و آن‌ها را به صورت یک واحد تولید مجازی (Virtual Generation Unit - VGU) واحد و قابل مدیریت به سیستم‌های بالادستی معرفی کند.
- **ساده‌سازی (Simplification):** این سامانه باید مشخصات فنی پیچیده هر DER را به توابع و پارامترهای ساده و استاندارد تبدیل کند تا اپراتور شبکه بتواند به راحتی با آن‌ها کار کند.
- **بهینه‌سازی (Optimization):** DERMS با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته، بهره‌برداری از DERها را به گونه‌ای بهینه‌سازی می‌کند که اهداف مختلفی مانند کاهش تلفات، مدیریت محدودیت‌های شبکه و کاهش هزینه‌ها محقق شود.
- **ترجمه (Translation):** این سامانه باید بتواند پروتکل‌های ارتباطی متنوع DERها را مدیریت کرده و اطلاعات را به زبانی مشترک (مانند مدل CIM) برای سایر سیستم‌های سازمانی ترجمه کند.

۲. مزایای پیاده‌سازی DERMS

استقرار یک سامانه DERMS مزایای متعددی برای شرکت‌های توزیع، مشترکین و کل شبکه برق به همراه دارد:

- **افزایش ظرفیت میزبانی DER:** DERMS با مدیریت فعال، ظرفیت شبکه برای پذیرش منابع تجدیدپذیر جدید را به طور چشمگیری (تا بیش از دو برابر) افزایش می‌دهد و نیاز به سرمایه‌گذاری‌های پرهزینه برای تقویت شبکه را به تعویق می‌اندازد.
- **بهبود قابلیت اطمینان و تاب‌آوری:** با مدیریت هوشمند DERها، می‌توان پایداری ولتاژ و فرکانس را بهبود بخشید و در هنگام بروز خاموشی، از این منابع برای تامین برق اضطراری و افزایش تاب‌آوری شبکه استفاده کرد.
- **کاهش هزینه‌های عملیاتی:** با بهینه‌سازی تولید و مصرف و کاهش تلفات شبکه، هزینه‌های بهره‌برداری کاهش می‌یابد.
- **ایجاد فرصت‌های جدید اقتصادی:** DERMS با فراهم کردن امکان مشارکت DERها در بازارهای انرژی و خدمات جانبی، جریان‌های درآمدی جدیدی را برای مشترکین و شرکت‌های توزیع ایجاد می‌کند.

سیر تکاملی و انواع مختلف (DERMS)

فناوری DERMS یک مفهوم یکپارچه نیست، بلکه حاصل تکامل دو مسیر مجزا است که هر یک به نوع متفاوتی از این سامانه منجر شده‌اند. درک این تفاوت‌ها برای انتخاب راهکار مناسب بسیار مهم است.

۱. مسیر اول: تکامل از مدیریت شبکه (رویکرد متمرکز)

این مسیر از دل سیستم‌های کنترل سنتی شرکت‌های برق مانند SCADA و DMS بیرون آمده است. با افزایش نفوذ DERها و بروز مشکلات فنی در شبکه، شرکت‌های توزیع نیاز به ابزارهای پیشرفته‌تری برای مدیریت محدودیت‌های فیزیکی شبکه پیدا کردند. این نیاز منجر به توسعه راهکارهای نرم‌افزاری

متمرکزی شد که با آگاهی کامل از مدل شبکه (Grid-Aware)، به صورت "از بالا به پایین" (Top-down) عمل کرده و هدف اصلی آن حفظ پایداری و قابلیت اطمینان شبکه است. این نوع از DERMS، Utility DERMS نامیده می‌شود و پلتفرم اصلی مورد استفاده اپراتور سیستم توزیع (DSO) است.

۲. مسیر دوم: تکامل از مدیریت مشتری (رویکرد غیرمتمرکز)

این مسیر از برنامه‌های سمت تقاضا مانند پاسخگویی بار (DR) و بهره‌وری انرژی (EE) نشأت گرفته است. هدف اولیه در این مسیر، تجمع تعداد زیادی از منابع کوچک سمت مشتری برای بهینه‌سازی اقتصادی و مشارکت در بازارهای انرژی بود. این راهکارها که به صورت "از پایین به بالا" (Bottom-up) عمل می‌کنند، معمولاً آگاهی دقیقی از محدودیت‌های لحظه‌ای شبکه ندارند. این نوع از DERMS که اغلب توسط نهادهای ثالث اداره می‌شود، Aggregator DERMS یا نیروگاه مجازی (Virtual Power Plant - VPP) نامیده می‌شود.

دسته‌بندی DERMS بر اساس مالکیت و عملکرد

بر اساس این دو مسیر تکاملی، می‌توان DERMS را به دو دسته اصلی تقسیم کرد:

- Utility DERMS (سامانه سازمانی):

- مالکیت: شرکت توزیع برق.

- هدف اصلی: حفظ پایداری و قابلیت اطمینان فیزیکی شبکه.

- عملکرد: مدیریت محدودیت‌های ولتاژ و حرارتی، بهینه‌سازی ولت-وار (VVO) و هماهنگی با سایر سیستم‌های عملیاتی (ADMS، DMS).

- Aggregator DERMS / VPP (تجمع‌کننده):

- مالکیت: می‌تواند شرکت برق یا یک نهاد ثالث باشد.

- هدف اصلی: بهینه‌سازی اقتصادی و کسب درآمد از بازارهای انرژی.

- عملکرد: تجمع DERها برای ارائه خدمات جانبی مانند تنظیم فرکانس، پاسخگویی بار و آربیتراژ انرژی.

این دو سیستم مکمل یکدیگر هستند. Utility DERMS به عنوان ناظر اصلی، با تجمع‌کنندگان همکاری می‌کند تا اطمینان حاصل شود که فعالیت‌های اقتصادی آن‌ها، امنیت و پایداری شبکه توزیع را به خطر نمی‌اندازد.

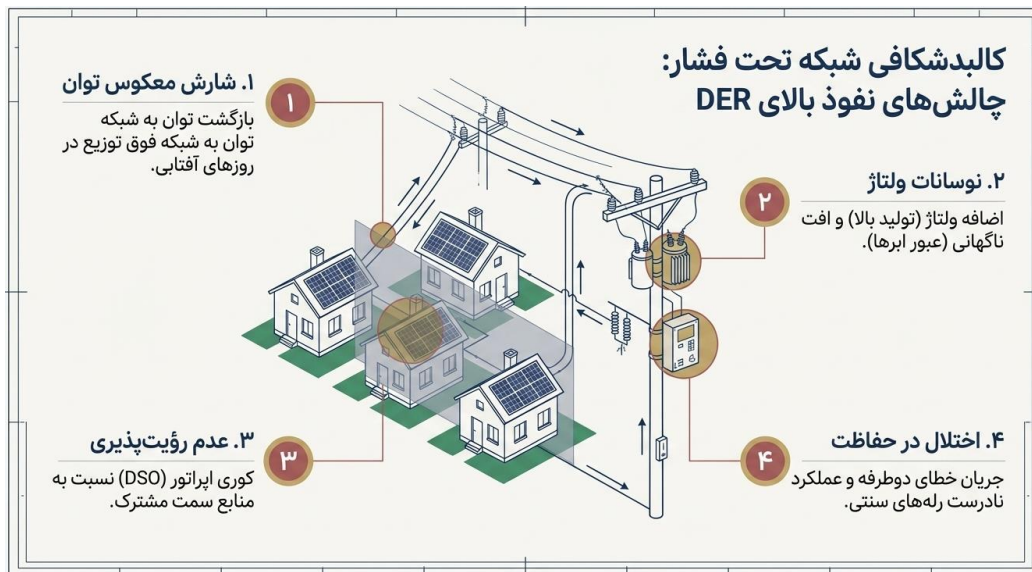
اکوسیستم (DERMS) و تعامل با سایر نهادها

سامانه DERMS در خلأ عمل نمی‌کند، بلکه در مرکز یک اکوسیستم پیچیده از سخت‌افزارها، نرم‌افزارها و نهادهای مختلف قرار دارد. موفقیت آن در گرو تعامل هماهنگ با تمام این اجزاست.

۱. ساختار سلسله مراتبی مدیریت DERها

راهکارهای مدیریت DERها در یک ساختار هرمی و چند سطحی سازماندهی می‌شوند:

- سطح ۱ (بالاترین سطح - مدیریت متمرکز): در این سطح، اپراتور سیستم توزیع (DSO) با استفاده از سیستم‌هایی مانند ADMS و DMS قرار دارد. بلافاصله زیر آن، Utility DERMS به عنوان پلتفرم اصلی برای مدیریت کلان DERها و حفظ پایداری شبکه عمل می‌کند.
- سطح ۲ (سطح میانی - مدیریت غیرمتمرکز): این سطح شامل تجمیع‌کنندگان (Aggregators)، اپراتورهای بازار برق محلی و کنترل‌کننده‌های ریزشبکه (MC) است. این نهادها با Utility DERMS در ارتباط بوده و برنامه‌های خود را برای تأیید و هماهنگی به آن ارسال می‌کنند.
- سطح ۳ (پایین‌ترین سطح - سطح تجهیزات): این سطح شامل خود DERها و تجهیزات کنترلی محلی آن‌ها مانند اینورترهای هوشمند و سیستم‌های مدیریت انرژی ساختمان (BMS) است.

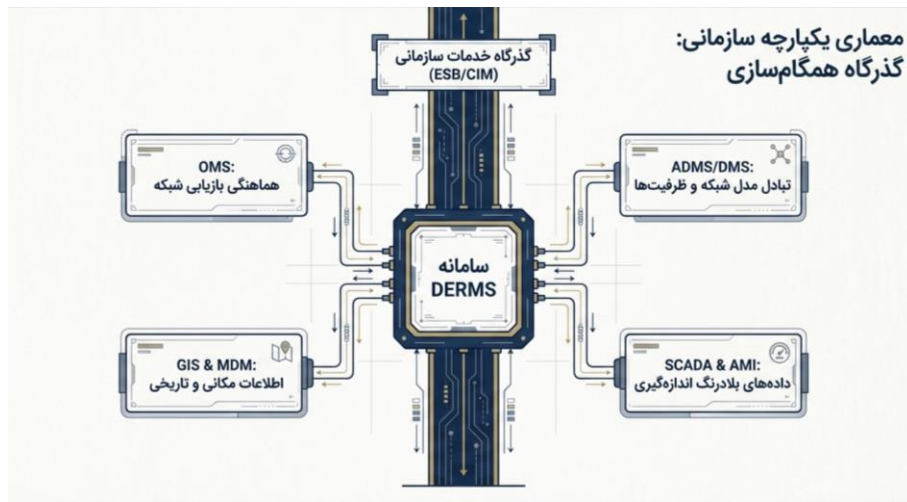


۲. یکپارچه‌سازی با سایر سیستم‌های سازمانی

برای عملکرد مؤثر، DERMS باید به صورت یکپارچه با سایر سیستم‌های اطلاعاتی و عملیاتی شرکت برق در ارتباط باشد. این یکپارچه‌سازی از طریق یک گذرگاه خدمات سازمانی (Enterprise Service Bus - ESB) و با استفاده از مدل اطلاعاتی استاندارد CIM انجام می‌شود. مهم‌ترین این ارتباطات عبارتند

از:

- ADMS/DMS: این حیاتی‌ترین ارتباط است. DERMS مدل و وضعیت شبکه را از ADMS دریافت کرده و در مقابل، قابلیت‌های انعطاف‌پذیری DERها را برای بهینه‌سازی شبکه در اختیار آن قرار می‌دهد.
- SCADA و AMI: برای دریافت داده‌های اندازه‌گیری بلادرنگ از سطح شبکه و مشترکین.
- OMS (سیستم مدیریت خاموشی): برای هماهنگی در زمان بروز خاموشی و استفاده از DERها در فرآیند بازیابی شبکه.
- GIS (سیستم اطلاعات جغرافیایی): برای دریافت اطلاعات مکانی و مشخصات فنی تجهیزات و DERها.
- MDM (سیستم مدیریت داده‌های اندازه‌گیری): برای دریافت داده‌های تاریخی مصرف و تولید.



این معماری یکپارچه، تضمین می‌کند که تصمیم‌گیری‌ها بر اساس یک دید جامع و هماهنگ از کل سیستم انجام شود.

استانداردهای بین‌المللی برای قابلیت همکاری (DERMS)

قابلیت همکاری (Interoperability) میان هزاران دستگاه از صدها سازنده مختلف، بزرگترین چالش فنی در اکوسیستم DERMS است. این چالش تنها از طریق پایبندی به استانداردهای بین‌المللی قابل حل است. گزارش‌ها به تفصیل به بررسی مهم‌ترین این استانداردها پرداخته‌اند.

۱. استانداردهای عملکردی و اتصال

- IEEE 2030.11: این سند به عنوان "راهنمای مشخصات عملکردی DERMS" شناخته می‌شود و چارچوب اصلی برای تعریف قابلیت‌های یک DERMS را فراهم می‌کند. این استاندارد توابع را به سه دسته پایه (مانند ثبت و گروه‌بندی DERها)، اختیاری (مانند پیش‌بینی) و خدمات پشتیبانی شبکه (مانند کنترل فرکانس) تقسیم‌بندی می‌کند.

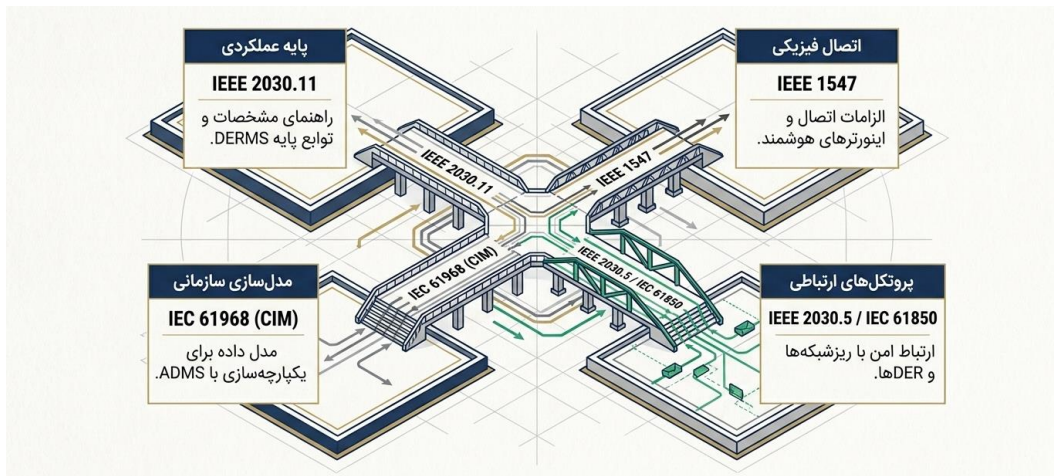
- IEEE 1547: این استاندارد، الزامات فنی و عملکردی برای اتصال DERها به شبکه برق را تدوین می‌کند. این استاندارد تضمین می‌کند که DERها، به ویژه اینورترهای هوشمند، دارای قابلیت‌های لازم برای پشتیبانی از پایداری شبکه (مانند قابلیت Ride-Through در برابر افت ولتاژ) و همچنین رابط‌های ارتباطی استاندارد باشند.

۲. استانداردهای مدل‌سازی داده و یکپارچه‌سازی

- IEC 61968 (بخشی از CIM): این استاندارد، مدل داده و رابط‌های نرم‌افزاری لازم برای تبادل اطلاعات بین DERMS و سایر سیستم‌های مدیریت توزیع (DMS/ADMS) را تعریف می‌کند. بخش پنجم این استاندارد (IEC 61968-5) به طور خاص به فرآیندهای مدیریت گروه‌های DER (مانند ایجاد، حذف، پایش و دیسپچ) اختصاص دارد و موارد کاربرد و پیام‌های لازم برای این تعاملات را مشخص می‌کند. این استاندارد، اساس یکپارچه‌سازی در سطح سازمانی است.

۳. استانداردهای پروتکل‌های ارتباطی

- IEC 61850: اگرچه این استاندارد در اصل برای اتوماسیون پست‌ها طراحی شده، اما مدل‌های اطلاعاتی آن (به ویژه بخش ۷-۴۲۰) که به DERها اختصاص دارد) برای ارتباط با DERهای بزرگ و ریزشبکه‌ها استفاده می‌شود.
- IEEE 2030.5 (SEP 2.0): یک پروتکل مدرن و مبتنی بر اینترنت است که به دلیل پشتیبانی از طیف وسیعی از DERها (از لوازم خانگی هوشمند تا خودروهای الکتریکی) و قابلیت‌های امنیتی قوی، به عنوان یکی از پروتکل‌های پیشرو برای ارتباط DERMS با DERهای سمت مشترک شناخته می‌شود.



پایبندی به این استانداردها، هزینه‌های یکپارچه‌سازی را کاهش داده، از وابستگی به یک فروشنده خاص (Vendor Lock-in) جلوگیری کرده و زمینه را برای ایجاد یک اکوسیستم باز و قابل توسعه فراهم می‌کند.

چشم‌انداز جهانی و درس‌هایی از پروژه‌های پایلوت

برای درک بهتر چالش‌ها و فرصت‌های پیاده‌سازی DERMS، نتایج برخی پروژه‌های پایلوت اجرا شده در کشورهای پیشرو از جمله آمریکا، کانادا و استرالیا، درس‌های ارزشمند و عملی را در زمینه فناوری، اقتصاد و مقررات ارائه می‌دهند.

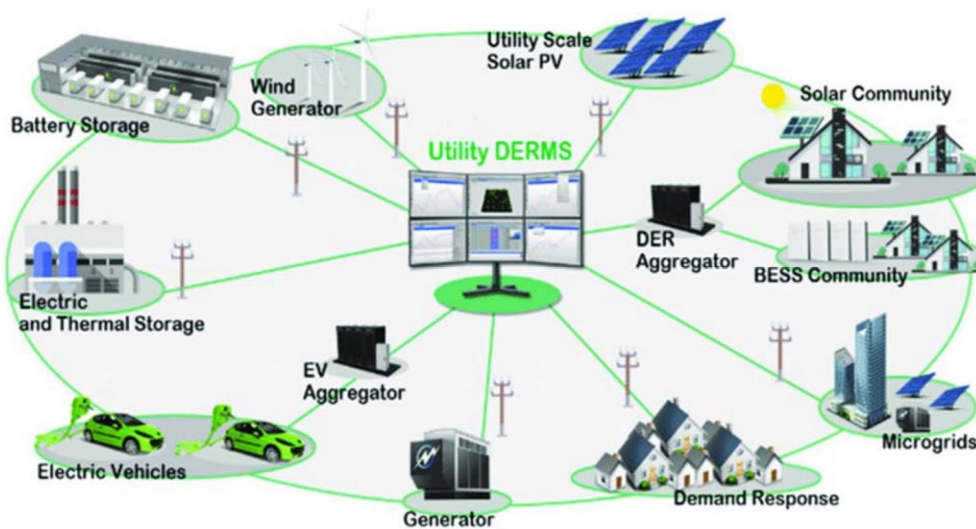
نمونه پروژه‌های کلیدی

- پروژه SHINES در آستین، تگزاس (آمریکا): این پروژه بر امکان‌سنجی فنی و اقتصادی دیسپچ DERها (شامل PV، ذخیره‌ساز و DR) برای ارائه خدمات متنوعی مانند پشتیبانی ولتاژ، کاهش پیک بار و آربیتراژ انرژی متمرکز بود.
- پروژه DER Demonstration شرکت E&PG در کالیفرنیا (آمریکا): هدف این پروژه، ارزیابی قابلیت DERMS برای هماهنگ‌سازی DERها به منظور ارائه خدمات ظرفیت و پشتیبانی ولتاژ به شبکه بود.
- پروژه Onslow شرکت Horizon Power (استرالیا): این پروژه یک نمونه موفق از پیاده‌سازی DERMS در یک ریزشبه با نفوذ بالای انرژی خورشیدی و باتری است. این پروژه عملکرد موفق پروتکل IEEE 2030.5 را برای ارتباط امن با صدها DER نشان داد.
- پروژه‌های کانادا: پروژه‌هایی مانند SPEEDIER در انتاریو بر تجمیع DERهای مختلف (شامل PV، ذخیره‌ساز، شارژر EV و آبگرمکن‌های هوشمند) برای ایجاد یک ریزشبه در سطح فیدر و بهبود تاب‌آوری متمرکز بودند.

چالش‌ها و درس‌های آموخته‌شده مشترک

- تحلیل این پروژه‌های پایلوت، چالش‌ها و نتایج مشترک و تکرارشونده‌ای را نشان می‌دهد:
- چالش‌های ارتباطی و یکپارچه‌سازی: تقریباً تمام پروژه‌ها با مشکلات مربوط به زیرساخت ارتباطی ضعیف، پروتکل‌های ناسازگار و پیچیدگی یکپارچه‌سازی DERMS با سیستم‌های موجود مواجه بوده‌اند. این مورد به عنوان بزرگترین مانع فنی شناسایی شده است.
 - کیفیت و در دسترس بودن داده‌ها: دقت و در دسترس بودن داده‌های بلادرنگ از DERها برای عملکرد صحیح الگوریتم‌های بهینه‌سازی حیاتی است. بسیاری از پروژه‌ها با چالش کیفیت پایین داده‌ها روبرو بوده‌اند.
 - مشارکت و جذب مشتری: تشویق مشترکین برای مشارکت در برنامه‌ها و اجازه دادن به کنترل DERهایشان، یک چالش بزرگ است و نیازمند طراحی مدل‌های کسب‌وکار و مشوق‌های جذاب می‌باشد.
 - امنیت سایبری: با افزایش اتصالات، نگرانی‌ها در مورد امنیت سایبری به یک اولویت اصلی تبدیل شده است.
 - اولویت‌بندی توابع: نتایج نشان می‌دهد که اکثر پروژه‌ها با توابع پایه مانند پایش، نمایش تصویری (Visualization)، شکل‌دهی بار و پشتیبانی ولتاژ آغاز شده‌اند که بیشترین ارزش اولیه را برای اپراتورهای شبکه فراهم می‌کنند.

این تجربیات جهانی می‌توانند به عنوان یک راهنمای ارزشمند برای تدوین استراتژی پیاده‌سازی DERMS در ایران مورد استفاده قرار گیرند.



استراتژی‌های پیاده‌سازی تدریجی (DERMS)

با توجه به پیچیدگی، هزینه و ریسک بالای پیاده‌سازی یک سامانه DERMS جامع، اتخاذ یک رویکرد تدریجی و مرحله‌ای امری منطقی و ضروری است. لذا به عنوان جمع‌بندی، چندین استراتژی مختلف برای این پیاده‌سازی تدریجی ارائه می‌گردد که شرکت‌های توزیع می‌توانند بر اساس شرایط و اولویت‌های خود، یک یا ترکیبی از آن‌ها را انتخاب کنند.

۱. پیاده‌سازی بر اساس تعداد DER (شروع کوچک)

این رویکرد با مدیریت تعداد محدودی از DERها آغاز شده و به تدریج گسترش می‌یابد. این کار به تیم فنی اجازه می‌دهد تا تجربه کسب کرده و سیستم را قبل از توسعه در مقیاس بزرگ، آزمایش کنند. این افزایش تدریجی می‌تواند بر اساس معیارهای مختلفی باشد:

- بر اساس محدودیت‌های مدار: ابتدا DERهایی مدیریت می‌شوند که در فیدهای دارای مشکل ولتاژ یا بار حرارتی قرار دارند.
- بر اساس مقیاس: تنها DERهای بزرگتر از یک آستانه مشخص (مثلاً ۵۰۰ کیلووات) تحت مدیریت قرار می‌گیرند.
- بر اساس ناحیه: پیاده‌سازی به صورت منطقه‌ای آغاز می‌شود، مثلاً ابتدا در یک پست یا شهری که نرخ نفوذ DER بالاتری دارد.

۲. پیاده‌سازی بر اساس ساختار کنترل (از محلی به مرکزی)

این رویکرد با کنترل کننده‌های محلی و خودکار (Autonomous Local Controllers) در سایت DER آغاز می‌شود. این کنترل کننده‌ها بر اساس تنظیمات ثابت عمل می‌کنند (مثلاً محدود کردن صادرات توان). در مراحل بعدی، با ایجاد زیرساخت ارتباطی، این کنترل کننده‌ها به یک سیستم مدیریت مرکزی متصل می‌شوند تا امکان کنترل و به‌روزرسانی از راه دور فراهم گردد. این روش، ریسک‌های امنیت سایبری را در مراحل اولیه کاهش می‌دهد.

۳. پیاده‌سازی بر اساس نوع DER (از ساده به پیچیده)

با توجه به پیچیدگی‌های متفاوت مدیریت انواع DER، می‌توان پیاده‌سازی را با انواع ساده‌تر آغاز کرد. یک مسیر منطقی می‌تواند به این صورت باشد:

۱. شروع با بارهای قابل کنترل و برنامه‌های پاسخگویی بار (DR).
۲. گسترش شارژ هوشمند خودروهای الکتریکی (EV).
۳. افزودن سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی (ESS).
۴. در نهایت، مدیریت منابع تولید پراکنده (DG) مانند خورشیدی که پیچیدگی بیشتری دارند.

۴. پیاده‌سازی بر اساس پیچیدگی قابلیت‌ها (مدل CRAWL-WALK-RUN-FLY)

این رویکرد محبوب، پیاده‌سازی را به چهار مرحله تکاملی تقسیم می‌کند:

- خزیدن (Crawl): شروع با قابلیت‌های پایه مانند پایش و آگاهی موقعیتی از DERها.
 - راه رفتن (Walk): استفاده از DERها برای کاهش پیک بار و ارائه خدمات ساده به شبکه از طریق مشوق‌ها.
 - دویدن (Run): فراخوانی فعال DERها برای ارائه خدمات شبکه (مانند پشتیبانی ولتاژ) به صورت برنامه‌ریزی‌شده.
 - پرواز (Fly): بهینه‌سازی و هماهنگی همزمان چندین سرویس مختلف از DERها برای کسب حداکثر ارزش فنی و اقتصادی (Value Stacking).
- انتخاب بهترین رویکرد یا ترکیبی از آن‌ها، بستگی به اهداف استراتژیک، وضعیت فنی شبکه و محدودیت‌های بودجه‌ای هر شرکت توزیع دارد و امید است با بهره‌گیری از دانش کسب شده، تجارب کشورهای پیشرو و برنامه‌ریزی مناسب در این حوزه، بتوان بهترین نتایج را از توسعه منابع تجدیدپذیر در کشور عملیاتی نمود.

۲- طراحی آزمایشگاه ارزیابی نرم‌افزار اسکادای تجدیدپذیر و پروتکل‌های ارتباطی مربوطه

نرم‌افزار یک عنصر کلیدی در بسیاری از تجهیزات مورد استفاده کنونی است. نرم‌افزار رفتار بسیاری از شبکه‌ها نظیر شبکه‌های مالی، مخابراتی، وب، شبکه‌های هوشمند برق و دیگر زیرساخت‌های زندگی مدرن را تعریف می‌کند. با وجود فاکتورهای زیاد و متفاوت در بررسی قابلیت اطمینان در مهندسی نرم‌افزار، از جمله طراحی دقیق و مدیریت فرآیند؛ آزمون نرم‌افزار، اصلی‌ترین روش در صنعت برای ارزیابی نرم‌افزار به شمار می‌رود. آزمون دقیق در طول توسعه، تعمیر و نگهداری برای شناسایی نقص‌ها، به منظور کاهش نقص در محیط عملیاتی و افزایش کیفیت سیستم عملیاتی ضروری است. به عبارت بهتر، آزمون کمک می‌کند تا کیفیت نرم‌افزار با توجه به تعداد نقص‌های موجود، آزمون‌های انجام شده و میزان پوشش سیستم توسط آزمون‌ها مورد سنجش قرار گیرد. این عمل می‌تواند برای هر دو ویژگی عملکردی نرم‌افزار و الزامات و ویژگی‌های غیرعملکردی انجام شود.

نرم‌افزارهای متعددی در حوزه‌های مختلف صنعت برق مورد استفاده قرار می‌گیرند و با توجه به اهمیت و حساسیت زیرساخت برق و نقش پررنگ نرم‌افزارهای صنعتی در کنترل و پایش شبکه قدرت، وجود اشکال در این نرم‌افزارها می‌تواند منجر به خطرات جبران ناپذیری گردد؛ لذا راه‌اندازی آزمایشگاهی برای انجام آزمون‌های نرم‌افزارهای صنعت برق ضرورت دارد.

نرم‌افزار اسکادا نیز از این قاعده مستثنی نبوده و حصول اطمینان از صحت عملکرد و راستی‌آزمایی قابلیت‌های پیاده‌سازی شده در نرم‌افزار اسکادا، نیازمند وجود آزمایشگاهی برای انجام آزمون‌های عملکردی (Functional) و غیرعملکردی (Non-Functional) بر اساس استانداردهای موجود جهانی و ملی یا سایر منابع معتبر می‌باشد.

اهداف پروژه

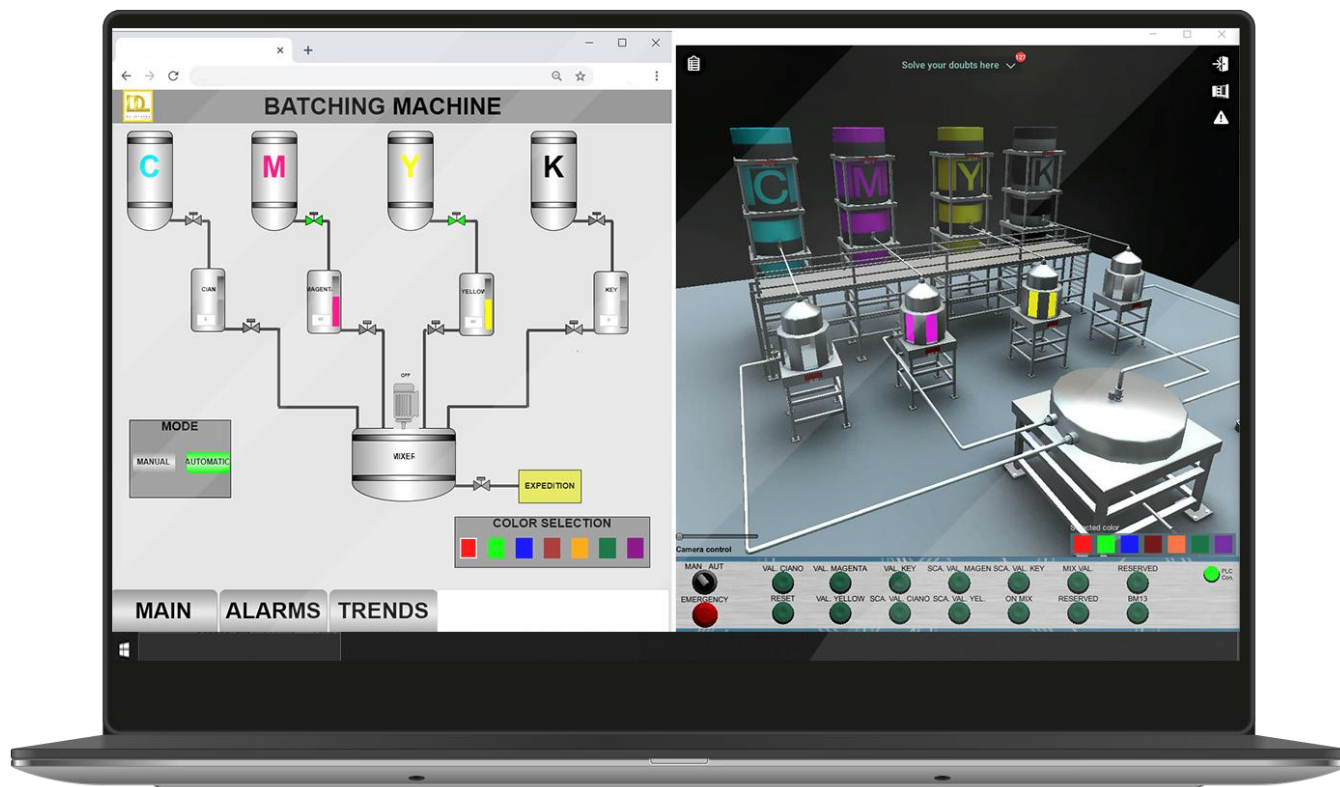
هدف اصلی از تعریف این پروژه طراحی آزمایشگاه نرم‌افزار اسکادای کنترل و پایش منابع تجدیدپذیر است که به عنوان یکی از نیازهای اصلی شرکت‌های توزیع در بخش پایش و کنترل پست‌ها، کلیدها و منابع تجدیدپذیر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

افزایش روزافزون مناطق مسکونی و صنعتی و افزایش تقاضا از یک سو و افزوده شدن منابع تولید پراکنده و مبدل‌های انرژی‌های تجدیدپذیر به شبکه‌های توزیع برق، تنوع اجزاء و پیچیدگی این شبکه‌ها را به شدت افزایش داده و گسترش آنها را اجتناب‌ناپذیر نموده است. در کنار این حقایق، نظارت و کنترل بر شبکه‌های توزیع، منابع تجدیدپذیر و خدمت‌رسانی به مصرف‌کننده‌ها بدون استفاده از سیستم‌های پیشرفته اسکادای توزیع ناممکن است. در واقع به‌کارگیری اسکادا در مراکز توزیع، از مقرون به صرفه‌ترین روشها برای افزایش قابلیت اطمینان، بهینه‌سازی بهره‌برداری، کنترل هوشمند و حفاظت از شبکه قدرت می‌باشد که می‌تواند مناطق جغرافیایی وسیعی را پوشش دهد.

مراحل و روش‌های انجام پروژه

در پروژه حاضر، به منظور بررسی و طراحی آزمایشگاه ارزیابی نرم‌افزار اسکادای تجدیدپذیر و پروتکل‌های ارتباطی مربوطه، فعالیت‌های انجام گرفته به شرح ذیل بوده است:

- بررسی تاریخچه اسکادا، نسل‌های مختلف اسکادا، بیان ضرورت راه‌اندازی آزمایشگاه، بررسی آزمایشگاه‌های مشابه داخلی و خارجی
- ارزیابی اقتصادی و مطالعه بازار برای ارائه خدمات آزمایشگاهی به همراه پیش‌بینی مدت زمان بازگشت سرمایه
- شناسایی و بررسی استانداردهای لازم اسکادا به منظور شناسایی آزمون‌های مورد نیاز
- بررسی مشخصات فنی تجهیزات و قیمت آنها
- طراحی آزمایشگاه، شامل تعیین فضای مورد نیاز تجهیز آزمایشگاه به همراه نقشه جانمایی و همچنین بیان الزامات تاسیساتی و اداری
- بررسی اهمیت و ضرورت راه‌اندازی آزمایشگاه اسکادای تجدیدپذیر



چکیده پروژه

در پروژه "طراحی آزمایشگاه ارزیابی نرم‌افزار اسکادای تجدیدپذیر و پروتکل‌های ارتباطی مربوطه" پس از بررسی‌های انجام گرفته، مشخص شد که در حال حاضر آزمایشگاهی به منظور بررسی مشخصات عملکردی نرم‌افزار و سامانه اسکادا در کشور وجود ندارد، اما در مباحث امنیتی آزمایشگاه‌های متعددی به منظور بررسی امنیت سایبری و فیزیکی تجهیزات و ایستگاه‌های راه دور RTU/PLC ها تا ارزیابی نرم‌افزارهای تخصصی در حال بهره‌برداری هستند. لذا

در خصوص راه‌اندازی آزمایشگاه اسکادای تجدیدپذیر در پژوهشگاه نیرو، تمرکز بر انجام آزمون‌های عملکردی پیشنهاد شده و می‌توان در خصوص آزمون‌های غیرعملکردی نرم افزار از جمله بحث امنیت از پتانسیل دیگر آزمایشگاه‌های موجود در کشور بهره برد.

با توجه به میزان سرمایه‌ای که برای راه‌اندازی آزمایشگاه مورد نیاز می‌باشد و محاسبه زمان بازگشت سرمایه، با توجه به تعرفه پیشنهادی، درآمد بدست آمده در حدود ۶ سال می‌تواند هزینه خرید تجهیزات و کل پروژه راه‌اندازی آزمایشگاه را به پژوهشگاه برگرداند. طبق محاسبات انجام گرفته در این فصل، تعرفه پیشنهادی برای انجام هر آزمون برای شرکت‌های توزیع رقم بسیار بزرگ و گرانی است. علاوه بر این تعداد افراد متخصص در زمینه اسکادا و آشنا با ابزارهای تست بسیار محدود و گران قیمت می‌باشند. لذا راه‌اندازی چنین آزمایشگاهی نیاز به مساعدت و پشتیبانی شرکت‌های مادر تخصصی از جمله توانیر دارد. از جمله راه‌کارهای پیشنهادی جهت مقرون به صرفه نمودن این آزمایشگاه، می‌توان به بررسی و ارزیابی اسکاداهای صنایع دیگر مانند گاز و نفت اشاره نمود.

با توجه به ضرورت ایجاد زیرساخت نرم‌افزاری و سخت‌افزاری جهت پیاده‌سازی شبکه هوشمند، پیاده‌سازی بسترهای کنترل‌پذیری، رویت‌پذیری همراه با ثبت وقایع شبکه توزیع نیروی برق و همچنین بمنظور ایجاد وحدت رویه در تعیین ویژگی‌های کیفی در تامین سیستم نرم افزار اسکادا، در سال ۱۴۰۰، «دستورالعمل تعیین الزامات، معیارهای ارزیابی فنی و آزمون‌های سیستم نرم‌افزار اسکادای توزیع»، توسط شرکت توانیر ابلاغ گردید. در این دستورالعمل، استانداردهای لازم و مورد استناد جهت تعیین آزمون‌های سیستم اسکادا، ذکر شده است. بر این اساس، استانداردهای مورد استناد در این فصل شرح داده شد و انواع آزمون‌های نرم افزار اسکادا عنوان گردید. لازم به ذکر است که جزئیات این آزمون‌ها در «دستورالعمل تعیین الزامات، معیارهای ارزیابی فنی و آزمون‌های سیستم نرم افزار اسکادای توزیع» شرح داده شده‌اند.



در بخشی از این پروژه، پس از بررسی و تعیین تجهیزات مورد نیاز، مشخصات فنی آنها بیان گردیده و لیست تجهیزات آزمون با ذکر قیمت تقریبی ارائه شده است. برای مشخص کردن ابزارها و نرم‌افزارهای تست پروتکل‌های IEC 60870-5-101 و IEC 60870-5-104 شرکت‌های معتبری که ابزارهای تست، شبیه‌سازی و تحلیل این پروتکل‌ها را فراهم می‌کنند، شناسایی و معرفی شدند.

شرکت DNV_GL به عنوان معتبرترین شرکت تولیدکننده ابزارهای تست پروتکل IEC 60870-5-101 و IEC 60870-5-104 در اروپا کلیه ابزارهای مورد نیاز برای آزمایشگاه تست پروتکل های صنعت برق را تولید می نماید. این ابزارها در آزمایشگاه KEMA که معتبرترین آزمایشگاه صنعت برق در اروپا است، استفاده می شود. قابلیت ها و مشخصات فنی این ابزارها به صورت کامل توسط شرکت DNV_GL تشریح شده است و در دسترس قرار دارد. از این رو خرید این ابزارها از شرکت DNV_GL اکیدا توصیه می شود. همچنین، مطالعه و بررسی استانداردهای آزمایشگاهی و تأییدیه های لازم برای راه اندازی آزمایشگاه و فعالیت پرسنل شاغل در آن ارائه شده است. همچنین تخمینی از فضای مورد نیاز استخراج گردیده و نقشه جانمایی (Lay out) تجهیزات در آزمایشگاه طراحی شده است. در این طرح، الزامات تاسیساتی و اداری برای راه اندازی آزمایشگاه در کنار موارد ایمنی و بهداشت شغلی مورد نیاز در محیط آزمایشگاه تعیین شده است.

در خصوص انرژی های تجدیدپذیر، مشخص شد که آزمایشگاه های اسکادا برای انرژی های تجدیدپذیر نقش بسیار مهمی در تحقیق، توسعه و بهینه سازی سیستم های نظارتی و کنترلی دارند. با استفاده از این آزمایشگاه ها، می توان به بهبود عملکرد شبکه های هوشمند، منابع انرژی تجدیدپذیر، مدیریت انرژی در شرایط مختلف کمک کرد. در این آزمایشگاه ها، سیستم های اسکادا برای مدیریت منابع پراکنده و بزرگ انرژی در محیط های واقعی و شبیه سازی شده مورد آزمون قرار می گیرند تا بهترین راه حلها برای بهینه سازی تولید انرژی به دست آید. اگرچه هنوز آزمایشگاه اسکادای تایید شده جهت انجام آزمون های این نرم افزار در سطح وزارت نیرو راه اندازی نشده است، با توسعه منابع تولید پراکنده لازم است که آزمایشگاهی که طراحی می گردد، قابلیت پوشش نرم افزارهای اسکادای تجدیدپذیر را نیز دارا باشد. همانطور که در این گزارش نیز اشاره شد، تجهیزات مختلفی جهت آزمون قابلیت های نیروگاه های تجدیدپذیر بادی و خورشیدی وجود دارند که همگی در انجام آزمون های تجهیزات تولید مورد استفاده قرار می گیرند و آنچه در بخش اسکادا لازم به بررسی است، پروتکل های خاص ارتباطی با تجهیزات تولید انرژی باد و خورشید است که در گزارش اولیه به تفصیل به آن پرداخته شد.

لازم به ذکر است که در صورت راه اندازی آزمایشگاه و پایلوتی به منظور انجام تحقیقات و شبیه سازی، تهیه این تجهیزات به منظور شبیه سازی شرایط واقعی مورد نیاز می باشد.

اهم نتایج به دست آمده از انجام پروژه

- گزارش فنی "طراحی آزمایشگاه ارزیابی نرم افزار اسکادای تجدیدپذیر و پروتکل های ارتباطی مربوطه"

۳- توسعه، ارتقا و بهینه سازی سامانه تحقیقات صنعت برق با رویکرد معماری سرویسگرا

سامانه تحقیقات برق (ساتب) یکی از سامانه های اصلی شرکت توانیر برای مدیریت پروژه های تحقیقات و پژوهشهای مورد نیاز این شرکت در حوزه های مختلف است. این سامانه دارای مولفه های ذیل بوده است :

- پیشنهاد اولویت تحقیقاتی
- بررسی و تصویب اولویت
- تعریف داوری و تصویب پروژه
- ثبت قرارداد
- ثبت گزارشات مرحله ای و نهایی پروژه ها و خاتمه قرارداد
- عملکرد و بودجه ریزی
- ثبت گزارش و داوری

بدلیل قابلیت‌های محدود امکان افزودن فرآیندهای جدید و یا بهبود فرآیندهای موجود در این سامانه وجود نداشت و با توجه به ابلاغ و باز مهندسی فرآیندها و اضافه شدن فرآیندهای تجاری سازی ، مدیریت دانش ، سیاست گذاری تشکیل کنسرسیوم ، کشف ثقل و ... ضروری بوده است سامانه‌ای با فناوری‌های جدید توسعه یابد .

بعلاوه، چندین سال است که بانکهای اطلاعاتی مختلف در سامانه تحقیقات برق تشکیل و اطلاعات ذی قیمتی جمع آوری شده است. بدیهی است با توسعه سامانه جدید باید امکان انتقال اطلاعات گذشته به ساختار جدید (بانکهای اطلاعاتی جدید) و تکمیل اطلاعات بانکهای اطلاعاتی وجود داشته باشد و این امر بدون کمترین خطایی انجام شود.

اهداف پروژه

موضوع این طرح، طراحی و پیاده سازی نرم افزار جدید سامانه تحقیقات برق با استفاده از فناوریهای نوین جهت رفع چالشهای سامانه موجود و رفع نیازمندیهای شرکت توانیر و شرکتهای زیرمجموعه آن در حوزه تحقیقات صنعت برق است. لذا محدوده این طرح شامل شرکت توانیر، پژوهشگاه نیرو، شرکت های زیر مجموعه و دانشگاهها و مؤسسات تحقیقاتی است.

محدوده این پروژه از مرحله شناسایی نیاز به پروژه های تحقیقاتی تا مرحله اجرا و تجاری سازی نتایج پروژه تحقیقاتی را شامل می شود. بطور کلی حدود و ثغور کار شامل مؤلفه های زیر است:

- تعریف پروژه و عقد قرارداد
- اجرا و کنترل پروژه
- تشکیل کنسرسیوم
- پایش عملکرد تحقیقاتی
- بودجه ریزی تحقیقات
- تجاری سازی نتایج پروژه های تحقیقاتی

- مدیریت دانش تحقیقاتی و فعالیتهای تحقیقاتی
- سیاست گذاری تحقیقات

چکیده پروژه

در پروژه " توسعه، ارتقا و بهینه‌سازی سامانه تحقیقات صنعت برق با رویکرد معماری سرویس‌گرا " پس از بررسی‌های انجام گرفته بر روی سامانه موجود، طراحی و پیاده‌سازی نرم‌افزار جدید سامانه تحقیقات برق با استفاده از فناوری‌های نوین جهت رفع چالش‌های سامانه موجود و رفع نیازمندی‌های شرکت توانیر و شرکت‌های زیرمجموعه آن در حوزه تحقیقات صنعت برق انجام گرفته است. لذا محدوده این طرح شامل شرکت توانیر، پژوهشگاه نیرو، شرکت‌های زیر مجموعه و دانشگاه‌ها و مؤسسات تحقیقاتی بوده است.

مراحل این پروژه با استفاده از متدولوژی و فناوری‌های بروز و استاندارد در طراحی و ساخت، توسط شرکت نیک آفرینگان رایانه بصورت محرمانه (به درخواست کارفرما) انجام گرفته است.

خروجی این پروژه شامل گزارشات مرحله‌ای - سامانه قابل نصب - اپلیکیشن موبایلی (Android/IOS) با پشتیبانی شرکت نیک اندیشان به ثبت رسیده است.

۴- تدوین دستورالعمل مخابرات اتوماسیون توزیع

صنعت برق یکی از زیرساخت‌های بنیادین و حیاتی عصر حاضر به‌شمار می‌رود که فعالیت حوزه‌های مختلف اقتصادی، خدماتی و اجتماعی بدون آن غیرقابل‌تصور و حتی ناممکن است. هدف نهایی این صنعت را می‌توان بهبود روزافزون بهره‌وری و قابلیت‌اطمینان به صورت مقرون‌به‌صرفه و ایمن خلاصه کرد. دستیابی به این مهم، در گرو نوآوری‌های مداوم و استفاده از فناوری‌های پیشرفته در بخش‌های مختلف این صنعت می‌باشد که در سال‌های متمادی در قالب مفاهیم تجدید ساختار، شبکه هوشمند و اتوماسیون نمود پیدا کرده است. در این میان، وجود یک زیرساخت قابل‌اعتماد و ایمن مخابراتی دوسویه از جمله الزامات اساسی برای دستیابی به این اهداف استراتژیک است. تنوع فناوری‌های مخابراتی و پیچیدگی‌های مرتبط با این حوزه همچون تعدد استانداردها، تجهیزات و شاخص‌های کلیدی ارزیابی عملکرد، تصمیم‌گیری برای انتخاب گزینه مطلوب برای زیرسیستم‌های مختلف صنعت برق از جمله اتوماسیون توزیع را به یک چالش اساسی تبدیل کرده است. به منظور غلبه بر این چالش و در یک فرایند استاندارد و علمی برای انتخاب زیرساخت مطلوب مخابراتی برای زیرسیستم اتوماسیون توزیع تدوین یک دستورالعمل در دستور کار طرح «اکتساب دانش فنی طراحی و توسعه سیستم اتوماسیون توزیع» در قالب یک پروژه در گروه سامانه‌های کنترل هوشمند قرار گرفت.

در ادامه به صورت خلاصه به تشریح و تبیین فعالیتهای صورت‌پذیرفته در زمان اجرای این پروژه، اهم نتایج و دستاوردهای آن پرداخته می‌شود. لازم به ذکر است که این دستورالعمل به منظور کاربرد در شرکت‌های توزیع در سال ۱۴۰۴ ابلاغ گردید.

فاز اول

در فازبندی این پروژه، فاز اول به مطالعه، معرفی و دسته‌بندی وضعیت موجود و چشم‌انداز زیرساخت‌های مخابراتی کاندید در صنعت برق و شبکه هوشمند در سطح جهان اختصاص داشت. در این راستا، فعالیت‌های این فاز به دو بخش کلی قابل تقسیم‌بندی است که بخش اول، به مفاهیم تجدید ساختار و هوشمندسازی اختصاص دارد و بخش دوم به موضوع فناوری‌های مخابراتی و اهمیت و پیشینه آن‌ها در صنعت برق پرداخته است.

به اختصار، در بخش اول، ابتدا به تحلیل وضعیت کنونی شبکه‌های برق و ضرورت تحول آن‌ها به سمت ساختارهای هوشمند پرداخته شد. مبانی نظری شبکه‌های هوشمند شامل تعاریف، ویژگی‌های کلیدی و معماری فنی مورد بررسی قرار گرفت و زیرسیستم‌های اصلی آن با تأکید بر مؤلفه‌های مرتبط با اهداف این پروژه، تشریح شدند. در ادامه، با نگاهی جهانی به موضوع، مهم‌ترین محرک‌های توسعه شبکه‌های هوشمند از جمله نیاز به افزایش قابلیت اطمینان، بهره‌وری انرژی و ادغام منابع پراکنده مورد بحث واقع شد. در مقابل، چالش‌های پیش‌روی این تحول همچون مسائل فنی، مالی و مقرراتی نیز به صورت جامع بررسی گردید. تجربیات کشورهای پیشرو در این عرصه در حوزه‌های مختلف شامل سیاست‌گذاری‌های کلان و پروژه‌های پایلوت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و به صورت خاص، وضعیت فعلی شبکه هوشمند و چشم‌اندازهای آتی آن در اروپا با تمرکز بر کشورهای عضو اتحادیه اروپا و بریتانیا بررسی گردید. در بخش دوم، مبانی نظری سیستم‌های مخابرات دیجیتال به تفصیل مورد تحلیل قرار گرفت که شامل تشریح کامل بلوک دیاگرام‌های فرستنده و گیرنده، عملکرد هر یک از مؤلفه‌های سازنده این سیستم‌ها و پارامترهای کلیدی تأثیرگذار بر کیفیت عملکرد آن‌ها بود. در ادامه، با در نظر گرفتن الزامات خاص صنعت برق، سه رویکرد طبقه‌بندی فناوری‌های مخابراتی، مبتنی بر معیارهای مالکیت، گستره پوشش و محیط تبادل داده ارائه و معرفی گردید. مجموعه‌ای جامع از فناوری‌های ارتباطی کاندید برای کاربرد در شبکه‌های هوشمند برق در قالب سه دسته اصلی فناوری‌های سیمی، بی‌سیم و تلفیقی مورد مطالعه عمیق قرار

گرفت. هر یک از این فناوری‌ها بر اساس معیارهایی چون گستره پوشش، پهنای باند قابل‌ارائه، نرخ انتقال داده و ویژگی‌های فنی دیگر، دسته‌بندی و ارزیابی شدند. برای هر فناوری، تحلیلی چندبعدی شامل وضعیت فعلی استانداردهای بین‌المللی، سیر تکاملی نسخه‌های مختلف، نمونه‌های عملی پیاده‌سازی شده در پروژه‌های شبکه هوشمند، مزایای فنی و اقتصادی، محدودیت‌های اجرایی و چشم‌اندازهای آینده توسعه ارائه گردید. در پایان، چارچوبی نظام‌مند برای مقایسه کمی و کیفی این فناوری‌ها طراحی شد که نتایج این مطالعه تطبیقی مبنای علمی معتبری برای تصمیم‌گیری نهایی در انتخاب فناوری‌های ارتباطی مطلوب و حذف گزینه‌های نامناسب با توجه به نیازها و محدودیت‌های پروژه در فازهای بعدی فراهم آورد.



شرکت مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران (توانیر)

دستورالعمل تعیین الزامات و معیارهای انتخاب بستر مخابراتی بهینه اتوماسیون توزیع

مقام تصویب کننده: مدیر عامل شرکت توانیر

دریافت کنندگان سند:

- معاونت هماهنگی توزیع شرکت توانیر
- شرکت‌های توزیع نیروی برق

تهیه کننده:	تأیید کننده:	تصویب کننده:
دکتر هوشمندسازی و فناوری‌های نوین	معاونت هماهنگی توزیع	مدیرعامل شرکت توانیر

فاز دوم

فعالیت‌های این فاز حول دو حوزه کلی بررسی وضعیت اتوماسیون توزیع در سطح کشورهای پیشرو جهانی و کشور ایران متمرکز شد و از این رهگذر با ارائه یک مقایسه تحلیلی بین آنها، رهیافت‌ها و الزامات لازم برای حرکت شبکه توزیع کشور به سمت وضعیت مطلوب تبیین گردید. البته لازم به توضیح است مدل استخراج اطلاعات برای کشورهای پیشرو برپایه مطالعه اسناد بین‌المللی در دسترس در حوزه اتوماسیون توزیع استوار بود، ولی این اطلاعات برای کشور ایران برپایه بازدید میدانی از سه شرکت توزیع استخراج گردید.

به اختصار، در حوزه اول، جنبه‌های مختلف مفهوم اتوماسیون از دیدگاه کشورهای پیشرو و اسناد بین‌المللی همچون تعاریف، تقسیم‌بندی‌ها، مزایا و چالش‌ها، کارکردها و سنج‌ها توصیف و تبیین گردید. تجربیات پیاده‌سازی اتوماسیون در کشورهای پیشرو به همراه زیرساخت‌های مخابراتی مربوطه زیربخش دیگر این حوزه بود.

در حوزه دوم، وضعیت موجود اتوماسیون در سطح کشور ایران بر مبنای ارزیابی و تحلیل اطلاعات استخراجی از شرکت‌های توزیع منتخب تبیین و توصیف گردید. این اطلاعات از طریق تکمیل پرسش‌نامه توسط شرکت‌ها، نتایج بازدید میدانی و مصاحبه با خبرگان صنعتی، استخراج و برای ارزیابی وضعیت موجود و برنامه آتی شبکه توزیع کشور مورداستفاده قرار گرفت. به صورت کلی، نتایج این ارزیابی مؤید این مطلب بود که گرچه ضرورت اتوماسیون توزیع در سطح شرکت‌های مختلف موردپذیرش است، اما شرکت‌های مختلف بسته به مختصات، مشخصات و شرایط خود از سطوح مختلف بلوغ اتوماسیون برخوردار هستند و همچنان فاصله زیادی با وضعیت مطلوب و اجرای تمامی اجزاء و پروتکل‌های اتوماسیون در کشور وجود دارد.

فاز سوم

فاز سوم که مهم‌ترین فاز این پروژه از دیدگاه خروجی‌های موردانتظار برای آن محسوب می‌شود، به شناسایی ارتباطات موردنیاز شبکه توزیع در قلمرو پروژه، معرفی فناوری‌های مخابراتی اقناع‌کننده این نیازمندی و ارائه الگوریتمی برای انتخاب فناوری بهینه از بین آن‌ها اختصاص داشت. در جمع‌بندی، حسب شرح خدمات این فاز، شناسایی نیازمندی‌های ارتباطی زیرسیستم‌های اتوماسیون توزیع، فراسامانه اندازه‌گیری پیشرفته و منابع تولید پراکنده، ملاحظات و شرایط شرکت‌های توزیع برای انتخاب بستر مخابراتی مناسب در این زیرسیستم‌ها، استخراج لیست فناوری‌های مخابراتی کاندیدا برای ارضاء این نیازمندی، استخراج و دسته‌بندی لیست شاخص‌های کلیدی برای ارزیابی و مقایسه عملکرد این فناوری‌ها با یکدیگر از جمله مهم‌ترین اقدامات و زیرفعالیت‌های این فاز بود.

فاز چهارم

در مجموع، نتایج فعالیت‌های سه فاز قبل، سنگ بنا و دانش لازم برای تهیه و تدوین اسناد خروجی مدنظر فاز چهارم را فراهم کرد. این اسناد شامل "دستورالعمل تعیین الزامات و معیارهای انتخاب بستر مخابراتی بهینه اتوماسیون توزیع" و "راهنمای کاربردی فناوری‌های مخابراتی صنعت برق: قابل استفاده برای دستورالعمل انتخاب بستر مخابراتی بهینه اتوماسیون توزیع" می‌باشند. برای تهیه دستورالعمل، پس از برگزاری جلسات متعدد با کارفرما و ناظر پروژه، پیش‌نویس اولیه مطابق با الگوهای مدنظر، تهیه و تنظیم گردید که نسبتاً مفصل و حاوی مطالب کاربردی زیادی بود، اما پس از برگزاری جلسات متعدد کمیته تخصصی و جلسات متعدد فنی تیم پروژه، نسخه جدید دستورالعمل در قالب یک گزارش فشرده و هدفمند ارائه گردید که مورداستقبال و تأیید اعضای کمیته راهبری قرار گرفته و به‌عنوان نسخه نهایی دستورالعمل در اختیار کارفرما قرار گرفت.

با توجه به تمرکز دستورالعمل به حوزه فناوری‌های مخابراتی زیرسیستم اتوماسیون توزیع و عدم وجود دانش کافی از مهندسی مخابرات در سطح ارگان‌های ذینفع، مقرر گردید راهنمای کاربردی دستورالعمل با هدف فراهم‌آوردن این دانش و استفاده مؤثرتر از آن تهیه و تدوین گردد. دو بخش کلی برای این راهنما منظور گردید که بخش اول آن متمرکز به مفاهیم بنیادین و کلیدی مهندسی مخابرات و شبکه‌های ارتباطی است و بخش دوم به مبحث اتوماسیون توزیع و بررسی تحلیلی وضعیت آن در کشور ایران در مقایسه با کشورهای پیشرو و ارائه توصیه‌های مربوطه برای دستیابی به چشم‌انداز مطلوب اختصاص دارد.

با ابلاغ این دستورالعمل امید است، ضمن ایجاد دانش موردنیاز جهت توسعه زیرساخت مخابراتی به عنوان یک الزام در شرکت‌های توزیع برق سراسر کشور، راهکار انتخاب بستر و فناوری‌های مخابراتی بهینه زیرسیستم اتوماسیون توزیع در این شرکت‌ها مورد استفاده قرار گرفته و بخشی از مشکلات این حوزه مرتفع گردد.

برونداهای تخصصی همکاران گروه

چکیده تعدادی از عناوین مقالات همکاران گروه در ادامه ارائه گردیده است.

Fast disturbance observer-based adaptive integral terminal sliding mode control for a vehicle steer-by-wire system

Moosa Ayati, Mohammad Bagher Sajjadi, Maede Esmaeilzadeh, Karen Abrinia, Atieh Keshavarz-Mohammadian

Asian Journal of Control

This study proposes a new adaptive integral terminal sliding mode control (AITSMC) with input saturation for a vehicle steer-by-wire (SbW) system. A fast disturbance observer compensates for uncertainties, external disturbances, and input saturation nonlinearities. An adaptation mechanism is applied to improve the performance of the controller which makes the designed control scheme more applicable to control an SbW system. Based on the Lyapunov stability theorem, the finite-time convergence of the disturbance observer and the output tracking error is proved in the presence of disturbance and nonsymmetric actuator saturation. At last, using the co-simulation platform of CarSim® and MATLAB/Simulink, two numerical simulations are carried out under challenging maneuvers and road conditions to examine the controller's performance. The results confirm its sufficiency regarding accuracy and robustness for the SbW system.

Voltage Flexibility Evaluation in Islanded Microgrid with Distributed Control

Hamid Reza Pilehvar Javid, Seyed Akbar Safaei, Mohammad Hassan Nazari, Hamid Reza Baghaee, Gevork B Gharehpetian

2025 15th Smart Grid Conference (SGC)

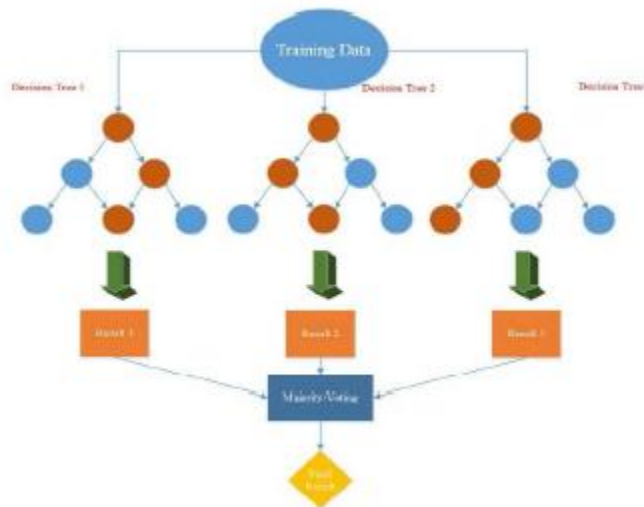
This paper proposes a novel two-layer framework for evaluating voltage flexibility in islanded microgrids (MGs). The proposed framework introduces comprehensive static and dynamic indices to assess system performance under different conditions. The static indices measure steady-state voltage deviations during normal operation. The dynamic indices capture both instantaneous voltage sag magnitude and recovery speed during load transitions. These time-dependent metrics provide crucial insights into transient system behavior and resilience. The proposed framework is validated through simulations on a standard IEEE 33-bus test system in Simulink\MATLAB. An optimal distributed control strategy maintains system stability and enables proper power sharing. Simulation results demonstrate that our indices effectively quantify voltage regulation.

Fault Detection and Recovery Time Analysis Using Machine Learning in Microgrids and Active Distribution Networks

Amir Mohammad Azimi, Mohammad Hassan Nazari, Seyed Hossein Hosseinian, Behrooz Vahidi

2025 15th Smart Grid Conference (SGC)

this paper presents a novel machine learning–based framework for simultaneous fault detection, fault time estimation, and recovery time prediction in microgrids and active distribution networks. Leveraging the time–frequency localization properties of the Wavelet Transform, the proposed method extracts discriminative features from voltage and current signals to train supervised learning models capable of identifying network topology changes—specifically, the presence or absence of faults—and accurately estimating the precise instants of fault inception and subsequent system recovery. By relying solely on electrical signal measurements at strategic points in the network, the approach eliminates the dependency on extensive sensor infrastructure for topology monitoring, thereby significantly reducing capital and maintenance costs associated with conventional protection schemes.



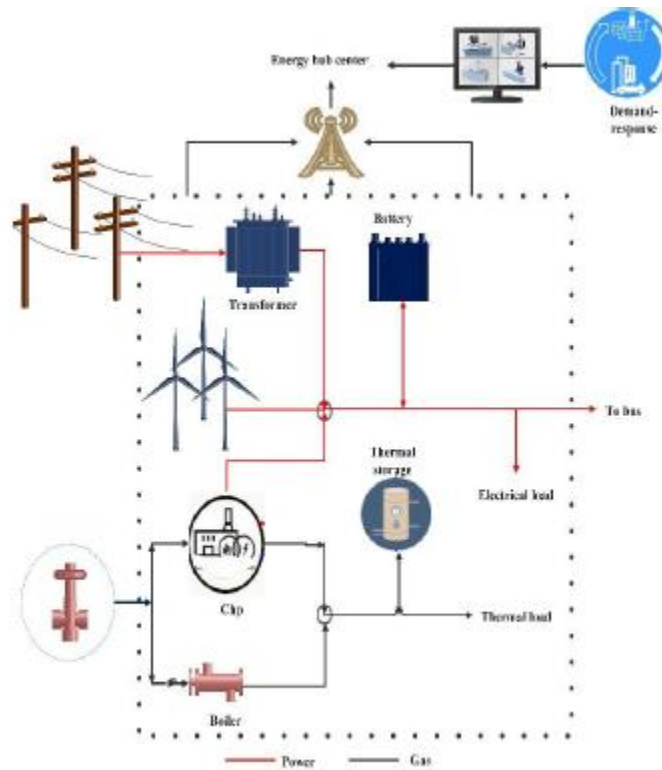
A representation of Random Forest algorithm's

Coordinated Demand Response of Electrical and Thermal Loads for Stability Enhancement in Smart Energy Hubs

Daryoush Tavangar Rizi, Mohammad Hassan Nazari, Seyed Hossein Hosseinian

2025 29th International Electrical Power Distribution Conference (EPDC)

This study presents a simultaneous demand response (DR) strategy for managing electrical and thermal loads in a smart energy hub to enhance stability in distribution networks. The proposed approach optimizes energy consumption by dynamically adjusting loads based on real-time grid conditions while ensuring comfort and operational efficiency. A predictive control framework is implemented to balance supply and demand, integrating renewable energy sources and storage systems to improve resilience. Simulation results demonstrate that the coordinated DR strategy effectively reduces peak demand and enhances grid reliability. Moreover, the approach enables a more efficient allocation of energy resources, reducing dependency on centralized power generation. As a result of this optimized DR, total energy costs have been reduced by approximately 4.67% compared to the baseline scenario.



Smart energy hub

Optimal Planning of Energy Hubs for Electrical Distribution Networks with Renewable Integration and Storage Systems: Analysis of Battery Degradation Costs and System Uncertainties

Hossein Kiani, Mohammad Hassan Nazari, Seyed Hossein Hosseinian

2025 29th International Electrical Power Distribution Conference (EPDC)

Multi-carrier energy systems (MCES) integrate various energy carriers, such as electricity and natural gas, to provide a flexible and efficient framework for sustainable energy supply. In this regard, the energy hub (EH) has emerged as an innovative solution for optimizing resource management and enhancing energy efficiency. This paper presents a management framework for the efficient scheduling of an EH, which comprises three main components: (1) distributed generation (DG) units, including combined heat and power (CHP) systems, wind turbines (WTs), and photovoltaic-thermal (PVT) systems ; (2) electrical energy storage (EES); and (3) heating and Cooling systems, including heat pumps (HPs) and absorption chillers (A.CHIL) . The suggested model is structured as a mixed-integer nonlinear programming (MINLP) problem and is solved utilizing GAMS software.

Optimizing Flexibility and Economic Benefits in Distribution Networks through Prosumers on the basis of Peer-to-Peer Energy Trading

Hossein Kiani, Mohammad Hassan Nazari, Seyed Hossein Hosseinian

2025 29th International Electrical Power Distribution Conference (EPDC)

Flexibility in power systems (FPS) can be defined as the ability of a system to achieve a balance between generation and demand in response to fluctuations in demand and uncertainty in generation, in an economically and cost-effective manner across various time frames. With the advancement of new technologies at the residential level, such as battery energy storage systems (BESS), electric vehicles, photovoltaic panels (PV), and small-scale wind turbines (WT), the concept of prosumers has emerged. These individuals or households act as both energy producers and consumers, thus enabling new forms of flexibility and creating innovative economic opportunities. Within this framework, peer-to-peer (P2P) energy trading among prosumers can increase electricity sales revenue and reduce consumption costs.

Optimal Stochastic Scheduling of Virtual Power Plant with Distributed Energy Resources and Demand Side Management for Supplying Electrical and Thermal Loads in Distribution Network

Hossein Kiani, Mohammad Hassan Nazari, Seyed Hossein Hosseinian

2025 29th International Electrical Power Distribution Conference (EPDC)

Given the climate change crisis, power grids are transitioning towards greater sustainability through distributed energy resources (DERs), energy storage systems, and smart loads. Virtual Power Plants (VPPs) emerge as a novel solution, enabling the flexible management of DERs, maintaining grid balance by controlling both generation and consumption. This study presents a stochastic scheduling model for a VPP, comprising conventional generators (CG), photovoltaic panels (PV), wind turbines (WT), CHP systems, battery energy storage systems (BESS), and boilers. The model incorporates uncertainties related to electrical and thermal loads, wind speed, solar irradiation, and market prices. Random scenarios are generated using a Monte Carlo method and reduced with a K-means clustering algorithm. Additionally, Demand Side Management (DSM) programs are employed to optimize VPP performance.

Improving Resilience of Energy Nexus Across Demand Sectors: Strengthening Cybersecurity in Water Cycle and Energy Networks through Data Reconstruction Using a Novel Hybrid

Daryoush Tavangar Rizi, Mohammad Hassan Nazari, Seyed Hossein Hosseinian

Results in Engineering

Smart farms, serving as models of smart energy hubs (SEHs), are evolving to integrate energy sources such as wind turbines (WTs) and gas network for electrical and thermal demands, alongside water desalination systems to ensure a sustainable freshwater supply. These systems play a crucial role in the anthropogenic water cycle, addressing treatment processes for water management while enhancing resource recovery. However, as critical nodes in the demand chain, they face increasing risks from sophisticated cyber threats that can compromise resource efficiency, stability, and environmental sustainability. This study explores the resilience of SEHs that incorporate electrical storage (ES), thermal storage (TS), and water storage (WS) facilities, highlighting their representation as energy hubs (EHs) for optimized resource management. A novel undetectable false data injection (FDI) attack is simulated.

Strengthening energy hub resilience: KNN-based cyber protection with demand-side data modification for hydrogen, electrical, and thermal storage

Daryoush Tavangar Rizi, Mohammad Hassan Nazari, Seyed Hossein Hosseinian, Gevork B Gharehpetian
Journal of Energy Storage

As smart energy hubs (SEHs) increasingly integrate electrical storage (ES), thermal storage (TS), and hydrogen storage (HS) components, their vulnerability to sophisticated cyber-attacks poses a significant threat to operational stability. This study aims to investigate the resilience of SEHs against false data injection (FDI) attacks targeting electric and hydrogen demand measurements. Specifically, this research develops an FDI attack model designed to evade conventional detection techniques based on threshold analysis, demonstrating that attacks with deviations up to 17 % for electrical loads and 25 % for hydrogen loads can bypass standard alarms and disrupt system performance. To mitigate such threats, a robust K-nearest neighbors (KNN)-based data modification approach is employed, actively restoring the integrity of compromised load data through machine learning (ML).



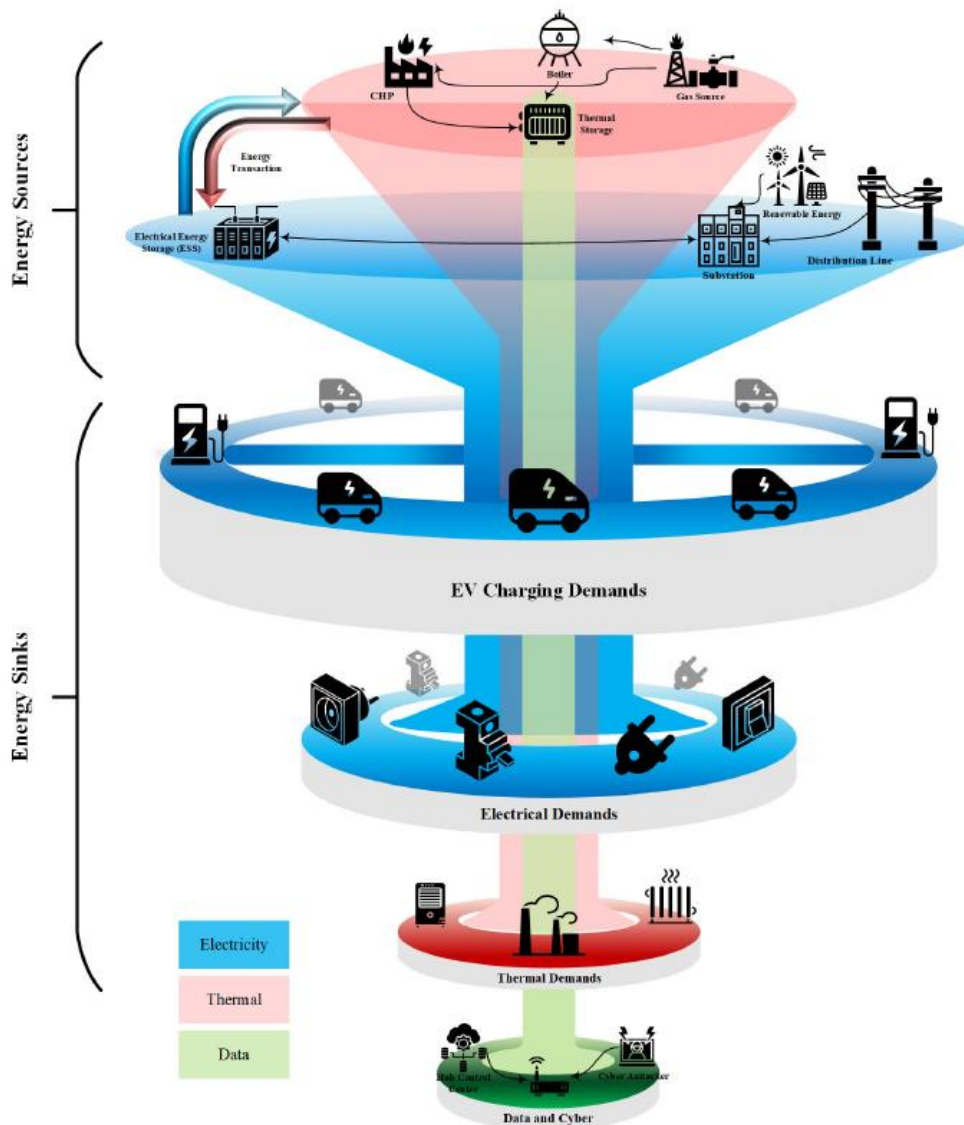
Flowchart of problem solving method

Sustainable and Resilient Smart Energy Hub Design with V2H Interfaces: Protecting EV and Thermal Load Systems under Disruption via Deep Q-Learning

Daryoush Tavangar Rizi, Mohammad Hassan Nazari, Seyed Hossein Hosseinian

IEEE Access

As smart energy hubs (SEHs) evolve with the integration of electric vehicles (EVs) and their dynamic charging and discharging processes, they become increasingly susceptible to advanced cyberattacks, especially those targeting electrical and thermal demands. These attacks pose significant risks to integrated systems, including charging stations, vehicle-to-home (V2H) interfaces, and energy storage systems (ESS) comprising batteries for EVs and thermal storage (TS). The analysis focuses on how SEHs respond when subjected to stealthy data manipulation threats that evade detection, which exploit weaknesses in electrical and thermal loads to bypass conventional detection mechanisms and disrupt operational stability. To mitigate these threats, a robust machine learning (ML) framework based on reinforcement learning (RL) with deep Q-learning (DQN) is proposed.



The SEH under study

Energy Management in Smart Cities: Leveraging Social Personality Traits

Mohammad Bagher Moradi, Mohammad Hassan Nazari, Mohammad Sadegh Ghazizadeh

IET Smart Cities

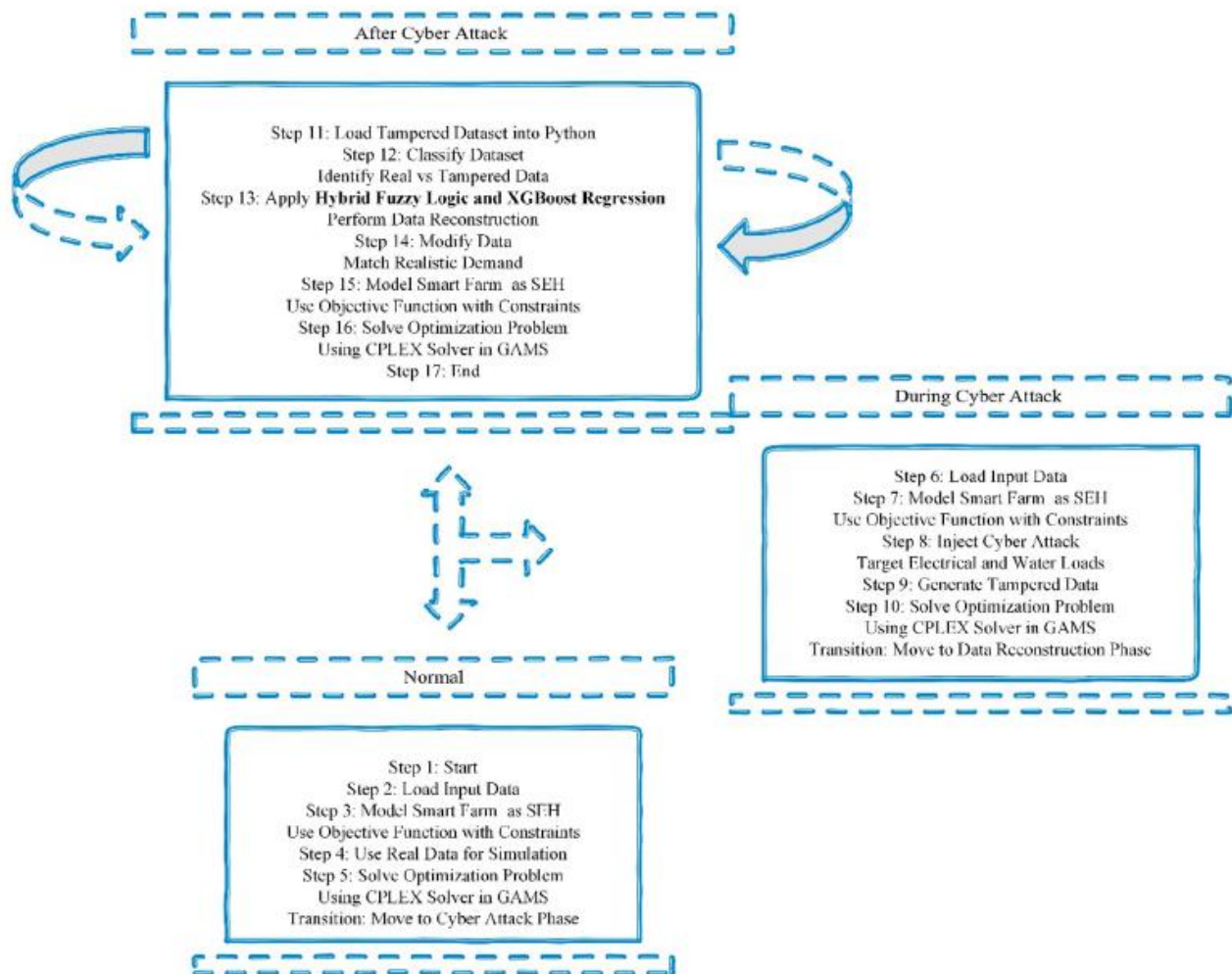
Microgrids represent a viable approach for supplying energy at an optimised cost. In residential microgrids, neighbours with different personality traits can collaborate in diverse manners. Further, diverse decision-making among neighbours with varying personality traits can influence their collaborative efforts. This paper investigates how neighbours with diverse personality traits collaborate in residential microgrids as a part of a smart city, facilitating energy sharing and cost optimisation in energy supply. The proposed approach in this paper incorporates social behaviour uncertainties into the model and organises cooperation within a game-theoretic framework. This framework seeks to optimise and equitably distribute energy among neighbours while minimising costs, incentivising cooperation and penalising noncooperation based on individual behavioural traits.

Securing smart farms: Data-driven integration of renewable energy and desalination for sustainable agriculture

Daryoush Tavangar Rizi, Mohammad Hassan Nazari, Seyed Hossein Hosseinian

Desalination

Ensuring sustainable freshwater and energy supply in smart farms requires the secure and efficient integration of renewable energy sources (RESs) with reverse osmosis desalination (ROD) units. However, these interconnected systems are increasingly vulnerable to cyber-attacks such as false data injection (FDI), which can compromise operational reliability and resource efficiency. This study proposes a novel hybrid data-driven control strategy that combines Fuzzy Logic and Extreme Gradient Boosting (XGBoost) to detect and correct tampered water and electricity demand data in renewable-powered desalination networks. Unlike existing methods, this integrated approach not only restores data integrity but also dynamically stabilizes supply-demand operations during and after cyber incidents. Simulation results show that the method reduces the mean absolute percentage error (MAPE) to 5.03 % for electricity .



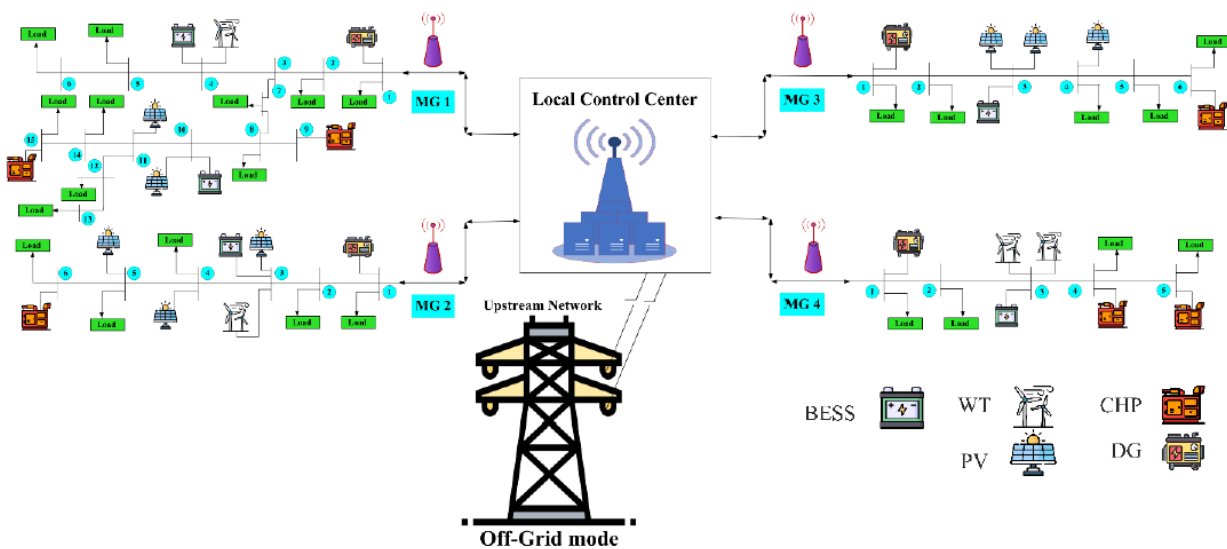
Flowchart of problem solving method

Optimizing Multi-Microgrid Operations: A Compromise Approach Incorporating Loss Considerations and Renewable Energy Uncertainty

Hossein Kiani, Mohammad Hassan Nazari, Seyed Hossein Hosseinian

AUT Journal of Modeling and Simulation

The significant integration of variable renewable energy sources, along with the uncertainties in their generation, presents a substantial challenge for the distribution system operator. Microgrids, recognized as intelligent grid systems, offer a promising solution for the efficient integration of local renewable energy resources. However, the intermittent nature of renewable energy introduces operational complexities and additional costs associated with maintaining stable performance within the microgrid's energy management system. The presence of multiple microgrids facilitates the creation of a flexible and diversified energy market structure. This paper investigates the impact of losses on microgrid expenses through the analysis of various scenarios. A compromise model objective is proposed, focusing on the minimization of microgrid costs. To address the uncertainties associated with variable renewable energy sources and their impact on system costs, distributed energy resource schedules, and the overall energy market, we propose a new data-driven probabilistic efficient point method. This method calculates the optimal generation from sustainable energy at various risk levels, which can then be integrated into a suggested transactive day-ahead market model. Simulation results confirm that the proposed compromise strategy is feasible, with system cost nearly matching the minimum achievable

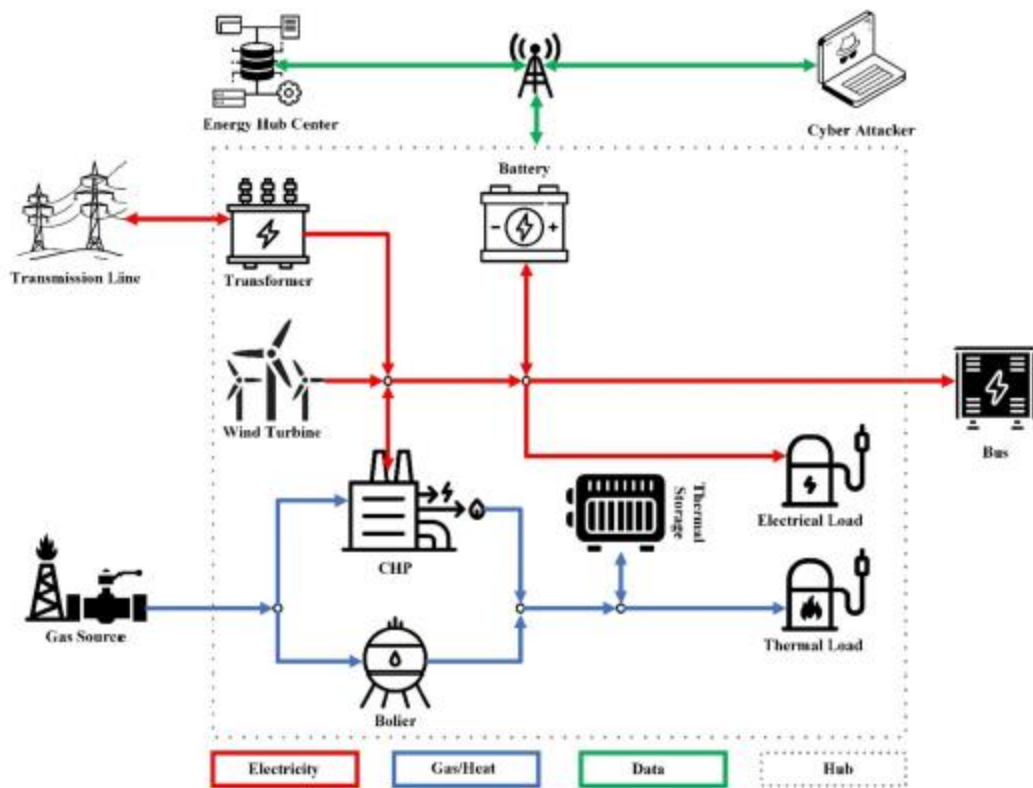


Schematic of proposed model

Enhancing cyber security in energy hubs with electrical and thermal storage: Leveraging machine learning for demand-supply structure perspective in threat detection

Daryoush Tavangar Rizi, Mohammad Hassan Nazari, Seyed Hossein Hosseinian, GB Gharehpetian
Journal of Energy Storage

Smart energy hub (EH) networks are being developed as a promising solution for the next generation of electricity and gas distribution. However, the telecommunication technologies used in smart grids are vulnerable to malicious attack posing a constant threat to demand-supply structure. Cyber threats on these infrastructures have had a significant impact on various systems, including electrical and thermal storage (TS) units. Given the critical importance of cybersecurity in these networks, machine learning (ML) is expected to play a significant role in enhancing security. These algorithms are capable of identifying anomalies and deviations from normal behavior, which are often signs of malicious activities. The primary aim of this study is to use intelligent learning algorithms to detection malicious attacks on the demand side.



Energy Hub Under Study

Optimal Hybrid Renewable Energy System Design: A Techno-Economic Analysis Across Diverse Sites

Hossein Kiani, Hossein Gharibvand, Mohammad Hassan Nazari, Gevork B Gharehpetian, Seyed Hossein Hosseinian

AUT Journal of Electrical Engineering

Enhancing the efficiency and environmental compatibility of hybrid systems through renewable energy sources is a highly motivating concept. Two tourist destinations, one Sarab Gian region in Nahavand city of Iran and the other in Zurich city in Switzerland, were analyzed. Using HOMER Pro software, photovoltaic panels (PVs), wind turbines (WTs), battery energy storage systems (BESS), and diesel generators (DGs) were evaluated. Sensitivity factors such as varying fossil fuel costs, fuel supply limitations, inflation rates, discount rates, carbon dioxide penalties, and capacity shortages were taken into account. The findings indicate that as fuel prices and emission penalties rise, renewable resources become more cost-effective. Comparing the lowest net present cost (NPC) in Switzerland to Iran, which is also influenced by fuel prices, 180% increase was observed. Furthermore, due to the impact of fuel prices and the optimal capacity of PVs, we observed a 5.3% increase in total operational costs in scenario Sarab Gian (CA) compared to Zurich (CB). Additionally, Switzerland benefits from lower inflation and discount rates, leading to a 19.3% reduction in NPC and a 41% decrease in the cost of energy (COE) compared to Iran. This study emphasizes the economic feasibility of renewable energy in hybrid systems, particularly in regions with high fossil fuel costs and strict emission regulations.

Impact of Natural Measurement Noise and Cyber Threats on Renewable Energy Metering in Smart Energy Systems: A Case Study of Wind Turbines

Daryoush Tavangar Rizi, Mohammad Hassan Nazari, Seyed Hossein Hosseinian, Gevork B Gharehpetian, Maryam Fani

2025 12th Iranian Conference on Renewable Energies and Distributed Generation (ICREDG)

This study explores the impact of natural measurement noise and cyber threats on renewable energy metering in smart energy systems, with a focus on wind turbines. The research examines the simultaneous distribution of diverse loads supported by energy storage devices, which enhances energy resource management and system efficiency. Additionally, the influence of cyber-attacks on wind turbine power measurement devices and the effects of natural noise and measurement failures on system operating costs and performance are analyzed. The findings highlight that cyberattacks induce a mean data deviation of 17.18%, significantly disrupting system reliability, while natural noise results in a deviation of 7.4%, indicating its notable yet lesser impact. These results emphasize the importance of advanced monitoring and mitigation strategies to safeguard renewable energy systems from disruptions.

Sustainable Smart Energy Hub Design With V2H Interfaces: Protecting EV and Thermal Load Systems Under Disruption via Deep Q-Learning

Daryoush Tavangar Rizi, Mohammad Hassan Nazari, Seyed Hossein Hosseinian

As smart energy hubs (SEHs) evolve with the integration of electric vehicles (EVs) and their dynamic charging and discharging processes, they become increasingly susceptible to advanced cyberattacks, especially those targeting electrical and thermal demands. These attacks pose significant risks to integrated systems, including charging stations, vehicle-to-home (V2H) interfaces, and energy storage systems (ESS) comprising batteries for EVs and thermal storage (TS). The analysis focuses on how SEHs respond when subjected to stealthy data manipulation threats that evade detection, which exploit weaknesses in electrical and thermal loads to bypass conventional detection mechanisms and disrupt operational stability. To mitigate these threats, a robust machine learning (ML) framework based on reinforcement learning (RL) with deep Q-learning (DQN) is proposed. This approach reconstructs compromised load data, restoring system integrity and enhancing resilience. Test scenarios demonstrate that tampered inputs may cause electrical consumption to vary by nearly 17% and thermal usage by approximately 25%, severely impacting SEH stability. Following the deployment of the defense mechanism, the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) is significantly reduced to 11.96% for electrical demand and 2.33% for thermal demand. The proposed RL-based strategy effectively enhances energy storage systems' resilience against cyber threats, addressing key vulnerabilities and ensuring stable operations in smart grid ecosystems.

Electrical energy storage systems integrated with distribution network expansion planning

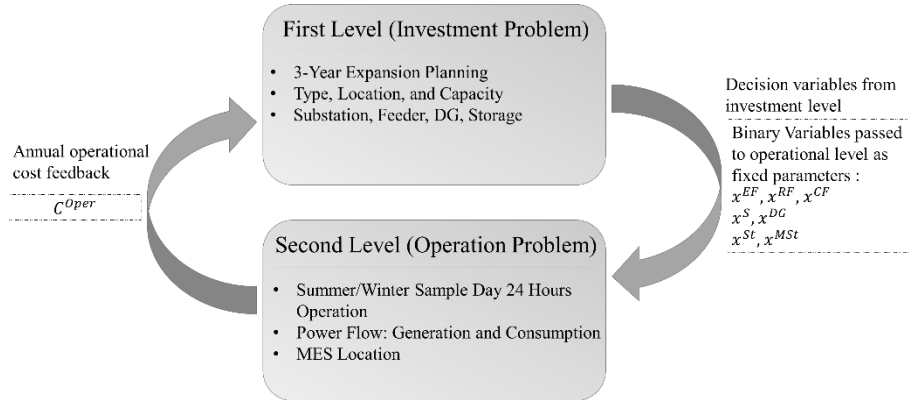
Mahdi Tabarzadi, Pouria Maghouli

Abstract

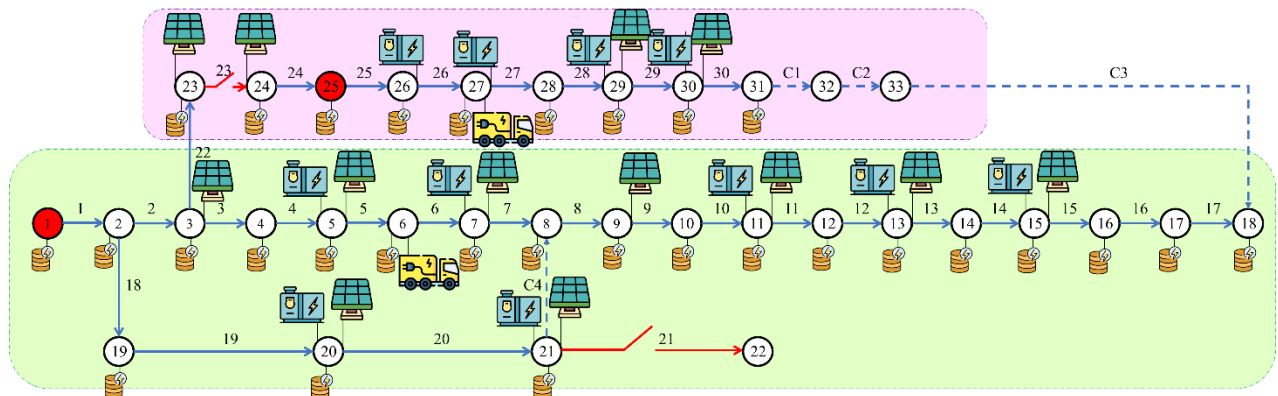
Distribution network expansion planning (DNEP) is a crucial component of modern power system development, particularly in the context of increasing demand and high penetration of distributed energy resources (DERs). This paper proposes a long-term, bi-level optimization framework for the expansion planning of electrical distribution networks. The upper-level problem addresses investment decisions, including the optimal placement and sizing of substations, feeders, gas-fired distributed generation units, photovoltaic (PV) systems, and both stationary and mobile energy storage systems (MESs). The lower level simulates the 24-hour operation of the network for representative summer and winter days, incorporating power flow, energy storage dynamics, and the relocation of MESs. These two levels are interconnected through operational feedback and planning constraints, ensuring realistic and cost-effective decisions.

The proposed model is formulated as a mixed-integer nonlinear programming (MINLP) problem and is linearized for computational efficiency. Simulation studies are conducted on the modified IEEE 33-bus distribution test system, demonstrating the effectiveness of the model under three different planning scenarios. Results highlight the benefits of integrating DERs and storage systems to reduce operational costs, enhancing system flexibility, and deferring large-scale infrastructure investments.

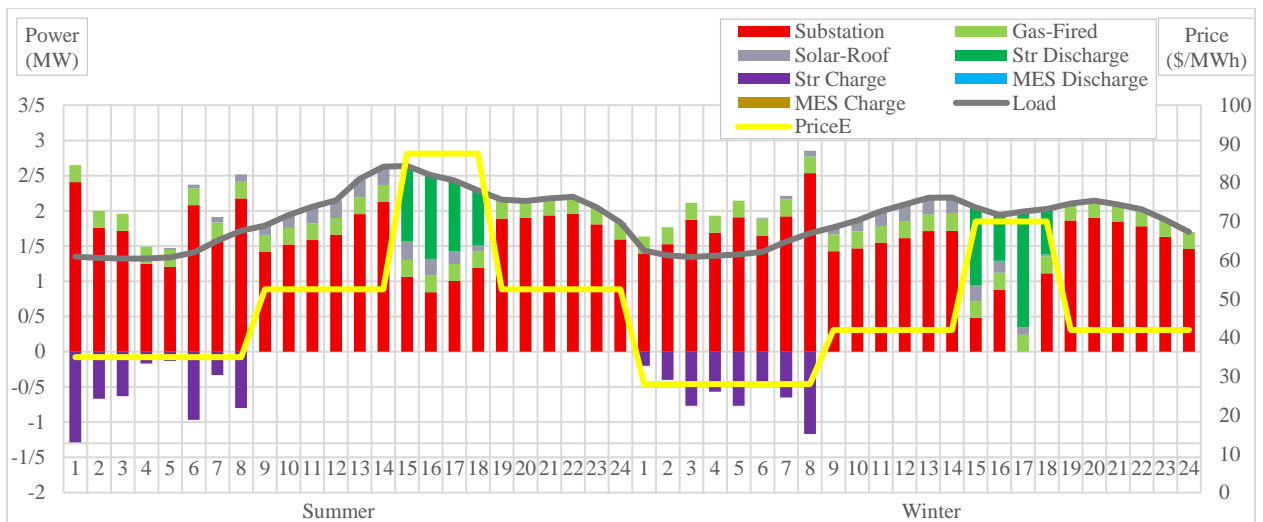
Keywords: Distribution system expansion planning, Distributed generation, Mobile electricity storage



Interaction between investment and operational levels in the bi-level framework



A Sample Network expansion planning results



A Sample of Hourly profiles of substation power, gas-fired DG generation, rooftop PV output, stationary and mobile storage charging/discharging, load demand, and electricity price

شاخص و فرایند پیشنهادی انتخاب فناوری‌های مخابراتی بهینه در اتوماسیون توزیع

محسن شیخ حسینی، هژیر قاسم‌نژاد، زهرا شریف‌پور، اعظم مظفری، ماندانا مهرپرور، محمد حسین شریعتخواه
بیست و نهمین کنفرانس بین‌المللی شبکه‌های توزیع نیروی برق

چکیده

صنعت برق یکی از زیرساخت‌های بنیادین و حیاتی عصر حاضر به شمار می‌رود و از چندین سال پیش، تحول به سمت شبکه هوشمند را درپیش گرفته است. شبکه هوشمند قدرت، دارای زیرسیستم‌های متعدد در حوزه‌های مختلف می‌باشد که زیرسیستم اتوماسیون توزیع نیز یکی از مهم‌ترین زیرسیستم‌ها در حوزه توزیع شبکه قدرت محسوب می‌گردد. پیاده‌سازی و توسعه زیرسیستم‌های متنوع مطرح در شبکه هوشمند از جمله زیرسیستم اتوماسیون توزیع، در گرو دسترسی به یک زیرساخت جامع و قابل‌اعتماد ارتباطی و اطلاعاتی دوطرفه است. بنابراین زیرساخت مخابراتی جزء لاینفک و بنیادین شبکه‌های انرژی الکتریکی امروزی محسوب می‌شود و بالاترین اولویت‌ها را در سیاست‌گذاری توسعه‌ای این شبکه‌ها دارا می‌باشد. از طرف دیگر، بنا به دلایلی همچون تنوع فناوری‌ها، استانداردها، تجهیزات، و شاخص‌های کلیدی عملکرد، فرایند انتخاب فناوری مخابراتی مطلوب و بهینه برای هر کارکرد خاص صنعت، نسبتاً پیچیده و چالش‌زا است. در این مقاله به بررسی فناوری‌های مخابراتی با هدف به‌کارگیری در مخابرات اتوماسیون توزیع پرداخته شد. به منظور هماهنگی در شرکت‌های توزیع کشور، ضروریست که این مهم در فرایند استاندارد و علمی صورت پذیرد و در این خصوص دستورالعمل‌هایی به منظور تسهیل و یکپارچه‌سازی این مهم تهیه و تدوین گردد. ایجاد وحدت‌رویه، یکپارچه‌سازی، شفافیت، تقویت توانایی‌های سازمانی در فرایند انتخاب بستر مخابراتی و بهبود کیفیت تصمیم‌سازی‌های مترتب بر آن از جمله اهداف این دستورالعمل به شمار می‌رود که امید است در راستای رفع چالش‌های مخابرات اتوماسیون توزیع شرکت‌های توزیع کشور موثر و راهگشا باشد.

برگزاری نشست تخصصی کنترل و پایش منابع تجدیدپذیر در شبکه برق

نشست تخصصی "کنترل و پایش منابع تجدیدپذیر در شبکه برق با هدف بررسی الزامات فنی، اطلاعاتی و ارتباطی موردنیاز برای توسعه و بهره‌برداری بهینه از منابع انرژی تجدیدپذیر، به همت معاونت پژوهشی پژوهشگاه نیرو و با برنامه‌ریزی مشترک گروه پژوهشی سامانه‌های کنترل هوشمند و گروه فناوری اطلاعات و ارتباطات، در محل پژوهشگاه نیرو برگزار شد.

به گزارش پایگاه خبری پژوهشگاه نیرو، این نشست با توجه به رشد شتابان توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور و ضرورت ایجاد زیرساخت‌های فنی و اطلاعاتی متناسب، با هدف تبیین وضعیت موجود، بررسی چالش‌ها و الزامات فنی و ارائه آخرین دستاوردهای پژوهشگاه در حوزه کنترل و پایش منابع تجدیدپذیر برنامه‌ریزی و اجرا شد.

در آغاز این نشست، خانم مهندس مظفری، مدیر گروه پژوهشی سامانه‌های کنترل هوشمند، با اشاره به تحول بنیادین صنعت برق و نقش روزافزون انرژی‌های پاک، اظهار کرد: ماهیت متغیر و غیرقابل پیش‌بینی منابع تجدیدپذیر، چالش‌هایی در پایداری و کیفیت شبکه ایجاد می‌کند و همین موضوع، ضرورت توسعه سامانه‌های دقیق کنترل و پایش را دوچندان می‌سازد.

در ادامه بخش نخست، آقای مهندس نوروزنژاد، مجری مرکز پایش منابع تجدیدپذیر و تولید پراکنده از شرکت مدیریت شبکه برق ایران، به تشریح نکات کلیدی و تجربیات اجرایی این حوزه پرداخت.



بخش دوم نشست با سخنرانی آقای دکتر نظری، عضو هیئت علمی گروه پژوهشی سامانه‌های کنترل هوشمند پژوهشگاه نیرو ادامه یافت. ایشان نیازهای اطلاعاتی و کنترلی شبکه برق در شرایط افزایش سهم منابع تجدیدپذیر را تشریح کرده و بر اهمیت توسعه ابزارهای نوین پایش و تحلیل داده تأکید داشت.

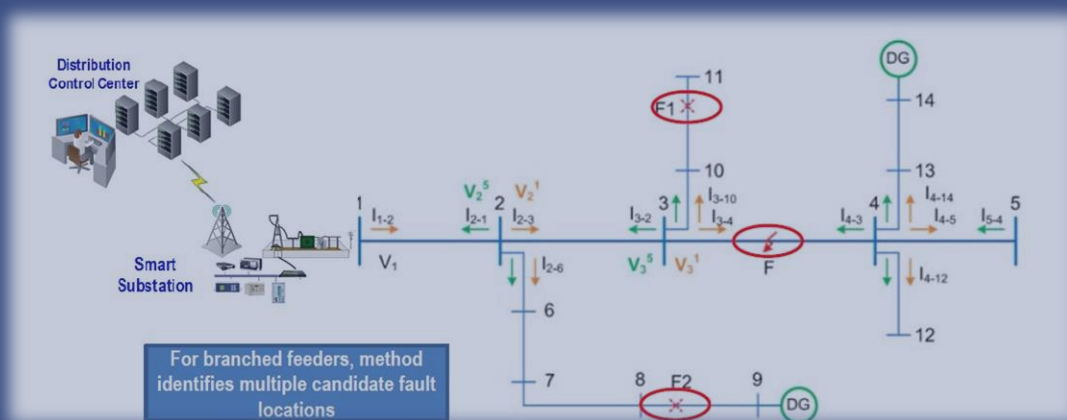
سپس خانم مهندس شریف‌پور، مدیر گروه پژوهشی فناوری اطلاعات و ارتباطات پژوهشگاه نیرو، نقش زیرساخت‌های اطلاعاتی و ارتباطی را به‌عنوان پیش‌نیاز اصلی توسعه شبکه هوشمند و مدیریت منابع تولید پراکنده مورد توجه قرار داد.

در بخش سوم، "صبریه چوبکار" عضو هیئت علمی گروه پژوهشی فناوری اطلاعات و ارتباطات پژوهشگاه نیرو، به ارائه الزامات و ساختارهای ارتباطی موردنیاز برای کنترل و پایش منابع تجدیدپذیر پرداخت.

این نشست با حضور آقای دکتر فلاحی، رئیس پژوهشکده کنترل و مدیریت شبکه و آقای مهندس توکلی، معاون پژوهشکده و جمعی از مدیران و متخصصان شرکت مدیریت شبکه برق ایران، ساتبا و پژوهشگاه نیرو همراه بود و طی آن، مباحث فنی و اجرایی مرتبط با توسعه زیرساخت‌های پایش و کنترل منابع تجدیدپذیر مورد بحث و تبادل نظر قرار گرفت.



برونداد تخصصی بهار ۱۴۰۵



نشانی: تهران، شهرک غرب، انتهای بلوار شهید دامن،
پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی سامانه‌های کنترل هوشمند

شماره تماس دفتر گروه:

۰۲۱-۴۳۷۶۷۴۳۱

پست الکترونیکی:

SmartControl@nri.ac.ir