



پژوهشگاه نیرو

برونداد تخصصی

گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست

سال ششم، شماره ۲۰، زمستان ۱۴۰۰



# به نام خدا

اعضای هیئت تحریریه:

سارا خیامیم، سید سعید طاهری، فرشید منصوربخت، آرمان صفایی، علی کدیور، امیرحسین محمدزاده نیاکی، و هادی نوروزی

اهداف و رویکرد:

«بروندادهای تخصصی گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست» با هدف ایجاد بستر مناسب برای تبادل اطلاعات مربوط به تجهیزات خط و پست به صورت داخل پژوهشگاهی منتشر می شود. این مجموعه از هرگونه پیشنهاد یا انتقاد برای هرچه بهتر شدن مطالب استقبال می کند و استفاده از مطالب آن با ذکر منبع بلامانع است. مسئولیت مطالب، مقالات و پژوهش های درج شده بر عهده نویسندگان است.

## گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست

صاحب امتیاز: پژوهشگاه نیرو

مدیرمسئول: آرمان صفایی

سر دبیر: سارا خیامیم

مدیر اجرایی: سارا خیامیم

گرافیکست و صفحه آر: نگار نیاکان

ویراستار: نگار نیاکان

طرح روی جلد: تارا خیامیم، سارا خیامیم

همکاران این شماره: تارا خیامیم، سارا خیامیم،

سید سعید طاهری، آرمان صفایی، فرشید

منصوربخت، علی کدیور، امیرحسین محمدزاده

نیاکی، هادی نوروزی، نگار نیاکان

همکاران معاونت پژوهشی: مسعود حسینی

مرزونی، نوشین فرودی

ناشر: پژوهشگاه نیرو

نشانی الکترونیکی: [skhavyamim@nri.ac.ir](mailto:skhavyamim@nri.ac.ir)

نشانی: تهران، شهرک غرب، انتهای پونک باختری،

پژوهشگاه نیرو، گروه تجهیزات خط و پست

تلفن: ۰۲۱-۸۸۵۹۰۱۷۳

۲	سخن سردبیر
۳	اعضای گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست
۴	پروژه‌ها
۱۸	آزمایشگاه رله و حفاظت
۲۰	انتشارات
۲۱	مرور گزیده انتشارات
۳۸	معرفی کتاب
۴۰	مرور اتفاقات سال ۱۴۰۰

## سخن سردبیر

سال ۱۴۰۰ را در حالی به پایان می‌رسانیم که نسیم بهاری نوید شروع سالی نو با گذر از بحران سخت شیوع بیماری کرونا را می‌دهد. بیماری که در سه سال گذشته بر زندگی شخصی و کاری افراد تاثیری به سزا گذاشت. گروه پژوهشی خط و پست همانند پژوهشگاه نیرو و در مقیاس بزرگتر صنعت برق کشور دستخوش تاثیرات این همه‌گیری ناگوار در سال‌های گذشته بوده است. آمدن نوروز را به فال نیک می‌گیریم و امیدواریم در اولین سال قرن جدید سالی سرشار از سلامتی و موفقیت داشته باشیم.

در این شماره با مرور پروژه‌های انجام شده توسط همکاران گروه در سالی که گذشت، نگاهی به فعالیت‌های سال گذشته آزمایشگاه مرجع رله و حفاظت می‌اندازیم. پس از آن با ارایه انتشارات سال ۱۴۰۰ همکاران گروه، خلاصه دو مقاله منتشره توسط همکاران ارایه می‌شود. در فصل معرفی کتاب، دو کتاب فارسی و انگلیسی برای مطالعه علاقمندان صنعت برق و کسب و کار پیشنهاد شده است. در نهایت در فصل جدید "مرور اتفاقات" که از این شماره به برونداد پژوهشی گروه خط و پست اضافه گردیده است، اتفاقات مهم سال ۱۴۰۰ را مرور می‌کنیم. چه اتفاقی خجسته‌تر از ورود همکار جدید جناب آقای دکتر سید سعید طاهری به گروه.

نگاه کلی به اهم فعالیت‌های علمی - پژوهشی و دستاوردهای گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست قابل ارایه در سرفصل‌های ذیل است:

- مشارکت در برنامه هدایتی - حمایتی تحقیقات اساتید دانشگاه و موسسات (طرح بهتام) در راستای مأموریت مدیریت تحقیقات در صنعت برق و انرژی
  - انجام پروژه‌های تقاضامحور، آزمون ایده و سیاست پژوهی
  - پشتیبانی فنی در قالب ارایه تعریف پروژه‌های اولیه و تفصیلی
  - همکاری اعضای گروه در پروژه‌های سایر گروه‌های پژوهشی و طرح‌های توسعه فناوری
  - ارتقای آموزش تخصصی اعضای گروه در قالب شرکت در دوره‌های آموزشی
  - خدمات دهی آزمایشگاه مرجع رله و حفاظت با درآمد کسب شده بیش از میزان پیش‌بینی
- در بیستمین شماره برونداد گروه پژوهشی خط و پست سعی نمودیم تصویری هرچند کلی ولی شفاف از فعالیت‌های این گروه در سال ۱۴۰۰ در برابر چشم خوانندگان ترسیم نماییم. امید که مقبول افتد.

سارا خیامیم

عضو هیات علمی گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست



## اعضای گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست



## همکاران تمام وقت

عضو هیات علمی گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست	سارا خیامیم
معاون مدیر گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست	آرمان صفایی
عضو هیات علمی گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست	سید سعید طاهری
سرپرست معاونت توسعه مدیریت و منابع و معاون رئیس پژوهشگاه انتقال نیرو	صفر فرضعلی زاده
مدیر فناوری	حمیده قدیری
عضو هیات علمی گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست	علی کدیور
عضو هیات علمی و رییس پژوهشگاه توزیع برق	مجتبی گیلوانژاد
عضو هیات علمی گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست	امیر حسین محمدزاده نیاکی
مسئول آزمایشگاه مرجع رله و حفاظت	فرشید منصوربخت
پژوهشگر گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست	هادی نوروزی

## همکاران پاره وقت

کارشناس پروژه	مهدی گلچوب فیروزجانی	کارشناس پروژه	آروین پور ابراهیم شیشوانی
کارشناس پروژه	محمدجواد نصیری	کارشناس پروژه	منیره تقوائی
کارشناس پروژه	بیتاسادات نوع پرور	مدیر پروژه	تارا خیامیم
مسئول دفتر	نگار نیاکان	کارشناس کنترل پروژه	سید سیاوش عباسی
		کارشناس پروژه	علی عزیزی

## پروژه‌ها

تدوین ضوابط فنی راه‌اندازی و تعمیر و نگهداری پیشگیرانه (PM)<sup>۱</sup> تجهیزات پست‌های عایق‌گازی (GIS)<sup>۲</sup>



واحد مجری	گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست	کارفرما	پژوهشگاه نیرو
مدیر پروژه	آرمان صفایی	مجری	مجتبی گیلوانژاد
نوع پروژه	سیاست پژوهی	معاونت	پژوهشی
تاریخ شروع	۹۸/۱۰/۰۱	تاریخ پایان	۱۴۰۰/۰۹/۰۶

همکاران: آرمان صفایی<sup>۳</sup>، محمدجواد نصیری، منیره تقوایی

کلمات کلیدی: پست‌های با عایق‌گازی - راه‌اندازی - سرویس و نگهداری - آزمون - بازرسی - محفظه - گاز SF<sub>6</sub>

فنی نیاز به حوزه‌های مختلفی از دانش فنی، تخصص و فناوری دارد، ضروریست تا با بهره‌گیری از نظر متخصصین فعال در این حوزه و همچنین انجام مطالعات آکادمیک و تحقیق در زمینه عمر مفید این تجهیزات در دنیا و ایران، روش‌های نوین تعمیر و نگهداری پیشگیرانه این تجهیزات تدوین گردد. بنابراین در این پروژه، با انجام مطالعات و بررسی‌های لازم و استفاده از نظر خبرگان به تدوین ضوابط فنی راه‌اندازی و تعمیر و نگهداری پیشگیرانه تجهیزات پست‌های عایق‌گازی پرداخته شده است. برای این منظور ابتدا، فهرست آزمون‌های لازم به تفکیک بخش‌های راه‌اندازی و تعمیر و نگهداری بر اساس مراجع معتبر و توصیه‌های ارائه شده در



### اهداف انجام پروژه:

هدف از انجام این پروژه، شناسایی مشکلات و معضلات رایج در پست‌های عایق‌گازی، تعیین المان‌های آسیب‌پذیر، تعیین ملزومات و نیازمندی‌های فنی و سخت‌افزاری جهت پیش‌بینی و تشخیص آسیب و ارائه راهکارهای جلوگیری یا کاهش آسیب می‌باشد. با توجه به اینکه تدوین این ضوابط

<sup>۱</sup> Preventive maintenance (PM)

<sup>۲</sup> Gas Insulated Substation (GIS)

<sup>۳</sup> [asafaei@mri.ac.ir](mailto:asafaei@mri.ac.ir)

- ۴- تدوین پیش نویس اولیه ضوابط فنی راه‌اندازی و تعمیر و نگهداری تجهیزات پست های عایق گازی و تشکیل پنل خبرگان
- ۵- نهایی سازی ضوابط فنی راه‌اندازی و تعمیر و نگهداری تجهیزات پست های عایق گازی

#### اهم نتایج به دست آمده از انجام پروژه تاکنون:

- گزارش فنی با عنوان "انجام مطالعات اولیه و بررسی مراجع و مستندات مرتبط با پروژه و مستندسازی رویه‌های موجود در راه‌اندازی و تعمیر و نگهداری تجهیزات پست‌های عایق گازی".
- گزارش فنی با عنوان "تدوین فهرست آزمون‌های راه‌اندازی و تعمیر و نگهداری تجهیزات پست‌های عایق گازی".
- گزارش فنی با عنوان "تدوین و مدون‌سازی روش‌های انجام آزمون‌های راه‌اندازی و تعمیر و نگهداری پست‌های عایق گازی".
- تدوین پیش‌نویس دستورالعمل راه‌اندازی و سرویس و نگهداری تجهیزات پست‌های عایق گازی.
- مقاله با عنوان "افزایش بهره‌وری پست‌های با عایق گازی (GIS) با استفاده از اقدامات تعمیر و نگهداری پیشگیرانه" چاپ شده در پانزدهمین کنفرانس ملی کیفیت و بهره‌وری

آن‌ها تدوین گردیده است. در تدوین فهرست آزمون‌ها به شرایط موجود در کشور و قابلیت اجرائی آزمون‌ها توجه شده است. در ادامه روش اجرایی انجام آزمون‌های منتخب با استناد به استانداردهای ملی و بین‌المللی و مراجع معتبر ارائه شده است. بکارگیری روش‌های ارائه شده در ضوابط فنی توسط واحدهای مجری آزمون‌ها، علاوه بر اطمینان از صحت نتایج اخذ شده و جلوگیری از آسیب به تجهیزات پست‌های عایق گازی ناشی از بکارگیری روش ناصحیح آزمون، امکان مقایسه نتایج بدست آمده از مجریان مختلف را ممکن می‌سازد. همچنین روش تجزیه و تحلیل نتایج اخذ شده از آزمون‌ها در ضوابط فنی تهیه شده در این پروژه ارائه گردیده است. لذا، انتظار می‌رود اختلاف نظر در تفسیر نتایج، تصمیم‌گیری‌های اشتباه در مورد وضعیت تجهیزات پست‌های عایق گازی و هزینه‌های مربوط به آن کاهش یابد. در تدوین این بخش، علاوه بر استانداردهای ملی و بین‌المللی، از مراجع معتبر و دستورالعمل سایر کشورها در این زمینه استفاده شده است.

#### مراحل و روش انجام پروژه:

- ۱- انجام مطالعات اولیه و بررسی مراجع و مستندات مرتبط با پروژه و مستندسازی رویه‌های موجود در راه‌اندازی و تعمیر و نگهداری تجهیزات پست‌های عایق گازی
- ۲- تدوین فهرست آزمون‌های راه‌اندازی و تعمیر و نگهداری تجهیزات پست‌های عایق گازی
- ۳- تدوین و مدون‌سازی روش‌های انجام آزمون‌های راه‌اندازی و تعمیر و نگهداری تجهیزات پست‌های عایق گازی

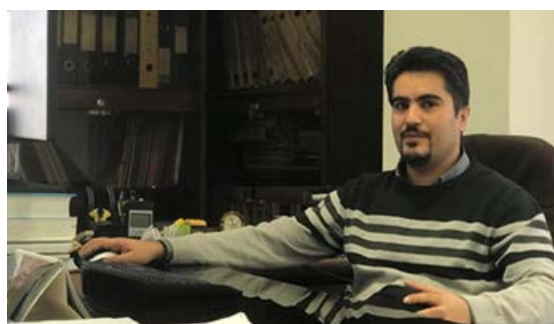
## شناسایی امکانات آزمایشگاه‌های حوزه انتقال کشور به منظور نیاز سنجی و اولویت بندی راه‌اندازی و توسعه آزمایشگاه‌های مورد نیاز و تدوین برنامه و اقدامات لازم جهت توسعه شبکه آزمایشگاهی

واحد مجری	طرح جامع نیازسنجی، اولویت‌بندی، طراحی، تجهیز، راه‌اندازی و توسعه آزمایشگاه‌های صنعت برق و انرژی در حوزه تخصصی انتقال نیروی برق	کارفرما	پژوهشگاه نیرو
مدیر پروژه	آرمان صفایی	مجری	صفر فرضعلی زاده
نوع پروژه	کاربردی و توسعه‌ای	معاونت	آبانیرو
تاریخ شروع	۱۳۹۹/۰۷/۰۱	تاریخ پایان	۱۴۰۰/۱۲/۰۱

همکاران: آرمان صفایی<sup>۴</sup>، علی عزیزی، داریوش نوری

**کلمات کلیدی:** نیازسنجی آزمایشگاه‌های مورد نیاز، حوزه

انتقال نیرو، شبکه آزمایشگاهی صنعت برق



### ضرورت انجام پروژه:

صنعت برق و انرژی کشور هر ساله جهت تامین نیاز مصرف کنندگان در حال توسعه می‌باشد. کیفیت بهره‌برداری از صنعت برق رابطه مستقیمی با کیفیت تجهیزات بکار رفته در آن دارد، بطوریکه در صورت استفاده از تجهیزات با کیفیت و دارای استا ندارد های فنی مناسب، حجم سرمایه‌گذاری جهت توسعه صنعت برق کاهش یافته و همچنین کیفیت و قابلیت اطمینان این صنعت نیز افزایش می‌یابد. صنعت برق را می‌توان به سه حوزه تولید برق، انتقال نیرو و توزیع نیرو تقسیم بندی نمود. در نتیجه برای

توسعه شبکه انتقال نیرو نیاز به استفاده از تجهیزات با کیفیت و با استا ندارد های فنی بالا هستیم که این امر نقش آزمایشگاه‌های مرجع منطبق با استانداردهای معتبر را برای کنترل کیفیت تجهیزات حوزه انتقال نیرو را آشکار مینماید. برای اطمینان از کیفیت تجهیزات مورد استفاده در صنعت برق لازم است که این تجهیزات قبل از نصب و راه اندازی در شبکه، مورد آزمایش قرار گرفته و کیفیت آنها محرز گردد. سپس در صورت موفقیت در این آزمون‌ها مجوز نصب و راه اندازی آنها در شبکه صادر گردد. عدم وجود و یا تکمیل نبودن آزمایشگاه‌های مورد نیاز حوزه انتقال در کشور سبب شده است که برخی از این آزمون‌ها اصلا بر روی تجهیزات انجام نشده و یا در آزمایشگاه‌های کشورهای

<sup>۴</sup> [asafaei@nri.ac.ir](mailto:asafaei@nri.ac.ir)





دیگر انجام پذیرد. از طرفی با توجه به محدود بودن منابع مالی، لازم است امکانات آزمایشگاه‌های داخل کشور شناسایی شده تا از صرف منابع برای خرید تجهیزات آزمایشگاهی که نمونه آنها در آزمایشگاه‌های داخل کشور وجود دارد، پرهیز شده و منابع مالی موجود بصورت بهینه مصرف گردند. همچنین به دلیل ورود تکنولوژی‌های جدید و همچنین شرایط آب و هوایی نوظهور کشور، لازم است آینده پژوهی لازم به منظور تعیین آزمایشگاه‌های جدید مورد نیاز حوزه انتقال انجام گیرد.

از طرفی در کشور ما با وجود سرمایه‌گذاری زیاد در خرید تجهیزات پیشرفته و ایجاد آزمایشگاه‌های مختلف، همواره به دلیل ناکارآمدی سیستم خدمات‌دهی این آزمایشگاه‌ها، مشتریان با مشکل دسترسی به سرویس آزمایشگاهی مناسب مواجه بوده‌اند و تقاضا برای خرید تجهیزات جدید همیشه وجود داشته است. یکی از راهکارهای اجرایی مدیریت این موضوع، ایجاد شبکه‌ای جامع از توانمندی‌های آزمایشگاهی کشور در حوزه انتقال است. به همین منظور، تدوین و بروزرسانی برنامه و اقدامات مورد نیاز جهت توسعه شبکه آزمایشگاهی و نظام همکاری آزمایشگاه‌های حوزه انتقال امری ضروری است.

#### اهداف پروژه:

با توجه به اهمیت این موضوع برای صنعت برق ایران، ضروری است امکانات آزمایشگاه‌های داخل کشور در حوزه انتقال شناسایی شده و سپس نیازسنجی و اولویت‌بندی توسعه و راه‌اندازی آزمایشگاه‌های مورد نیاز در دستور کار قرار گیرد. برای این منظور ابتدا امکانات و توانمندی

آزمایشگاه‌های حوزه انتقال کشور شناسایی شده و بانک اطلاعاتی شامل امکانات و تجهیزات، آزمون‌های قابل انجام و ... تهیه می‌گردد. سپس با توجه به امکانات و محدودیت‌های آزمایشگاه‌های داخل کشور و آینده پژوهی لازم، آزمایشگاه‌های جدید مورد نیاز و تجهیزات مورد نیاز جهت توسعه آزمایشگاه‌های موجود تعیین می‌گردد و این تجهیزات آزمایشگاهی و آزمایشگاه‌های جدید مورد نیاز با توجه به معیارهای فنی و اقتصادی، اولویت‌بندی می‌شوند و بودجه مورد نیاز جهت طراحی، تجهیز، راه‌اندازی و توسعه آزمایشگاه‌ها برآورد می‌گردد. در نهایت با بررسی نمونه‌های شبکه آزمایشگاهی در خارج کشور و انجام مطالعه تطبیقی، برنامه و اقدامات مورد نیاز جهت توسعه شبکه آزمایشگاهی و نظام همکاری آزمایشگاه‌های حوزه انتقال شامل برنامه و ساز و کار شبکه آزمایشگاهی و معیارهای ارزیابی دوره‌ای شبکه آزمایشگاهی، تدوین و بروزرسانی می‌گردد.

لازم به ذکر است محدوده این پروژه در حوزه انتقال، تجهیزات خط، تجهیزات پست و تجهیزات مخابراتی می‌باشد.

### مراحل و روش انجام پروژه:

۱. بررسی امکانات آزمایشگاه‌های حوزه انتقال کشور و تهیه بانک اطلاعاتی
۲. نیازسنجی آزمایشگاه‌های جدید مورد نیاز و تجهیزات مورد نیاز جهت توسعه آزمایشگاه‌های موجود
۳. اولویت بندی توسعه و راه‌اندازی آزمایشگاه‌های مورد نیاز حوزه انتقال
۴. تدوین و بروزرسانی برنامه و اقدامات مورد نیاز جهت توسعه شبکه آزمایشگاهی حوزه انتقال

### اهم نتایج به دست آمده از انجام پروژه:

- گزارش فنی با عنوان " بررسی امکانات آزمایشگاه‌های حوزه انتقال کشور و تهیه بانک اطلاعاتی "
- تهیه بانک اطلاعاتی از امکانات آزمایشگاه‌های داخل کشور در حوزه انتقال نیرو
- گزارش فنی با عنوان " نیازسنجی آزمایشگاه‌های جدید مورد نیاز و تجهیزات مورد نیاز جهت توسعه آزمایشگاه‌های موجود و اولویت بندی ".

## تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه طرح کلان توسعه فناوری نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق

واحد مجری	گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست	کارفرما	پژوهشگاه نیرو
مدیر پروژه	تارا خیامیم	مجری	مجتبی گیلوانزاد
نوع پروژه	امانی	معاونت	پژوهشی
تاریخ شروع	مهر ۱۳۹۹	تاریخ پایان	اسفند ۱۴۰۰



**همکاران:** تارا خیامیم، سارا خیامیم<sup>۵</sup>، سلمان رضازاده، بیتا نوع‌پرور، علی شفیع‌علویجه و رامین حسینعلی‌زاده

**کلمات کلیدی:** فرآیند و استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات - نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع - مدیریت دارایی‌های فیزیکی - مدیریت طول عمر - اتوماسیون، نرم‌افزارها و سامانه‌های نگهداری و تعمیرات

### اهداف انجام پروژه:

بهره‌برداری، ارائه تصویری از آینده این فناوری در افق میان مدت و بلند مدت، تعیین و برنامه‌ریزی برای ایجاد زیر ساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری لازم برای توسعه سیستم جاری به سیستم مدرن و بومی کردن آن، نگهداری و تعمیرات بر اساس قابلیت‌ها و محدودیت‌های کشور و نهایتاً اجرایی کردن از جمله اقداماتی است که باید در قالب یک نقشه‌راه مورد توجه قرار گیرد. اجرای این طرح در ابعاد ملی می‌تواند پاسخگوی بخش مهمی از نیازهای بخش نگهداری و تعمیرات در حوزه توزیع صنعت برق باشد. به همین منظور اجرای پروژه "تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه طرح کلان توسعه فناوری نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع

پس از ساخته شدن زیرساخت‌های اصلی و حیاتی کشورها در صنایع مختلف (از جمله صنعت برق)، مهمترین چالش پیش روی بهره‌برداران و مدیران و صاحبان این صنایع، حفظ و نگهداری آنها در شرایط مطلوب کارکرد و سرویس‌دهی آنها می‌باشد. این مسئله بطور کلی در راستای حفظ و مدیریت دارائی‌ها مطرح می‌شود. در صنعت برق اسناد و نقشه‌راه‌هایی برای قسمت تولید نیروگاهی و انتقال تدوین شده است، اما در حوزه شبکه توزیع، برنامه مدونی برای آینده نگهداری و تعمیرات تجهیزات آن در دست نیست.

در راستای پاسخگویی به نیازهای بخش توزیع صنعت برق، شناسایی دقیق سیستم جامع نگهداری و تعمیرات و

<sup>۵</sup> [skhayyamim@nri.ac.ir](mailto:skhayyamim@nri.ac.ir)

مرحله ششم - تدوین برنامه ارزیابی و به روزرسانی سند: شامل فرآیند ارزیابی سند و تدوین ساختار نظارت و به روزرسانی سند

### اهم نتایج به دست آمده از انجام پروژه تاکنون:

در حال حاضر مراحل اول تا چهارم این پروژه پایان یافته و مراحل پنجم و ششم نیز در حال نهایی سازی می باشد. خروجی های بدست آمده تاکنون شامل مبانی سند، هوشمندی فناوری، درخت فناوری، مطالعات تطبیقی، ارکان جهت ساز، جایگاه و قابلیت های پژوهشگاه در این حوزه و اقدامات سند می باشد. در قسمت مبانی سند، با توجه به قرارگیری مبحث نگهداری و تعمیرات در سطح شبکه های توزیع کشور، سطح تحلیل سند، ملی در نظر گرفته شده است. علاوه بر این، افق زمانی موضوع، با توجه به سند چشم انداز جمهوری اسلامی در افق ۱۴۰۴، سند راهبردی وزارت نیرو و سند نقشه جامع علمی کشور، افق میان-مدت ۱۰ ساله از سال ۱۴۰۱ تا ۱۴۱۰ خورشیدی در نظر گرفته شده است.

در ادامه درخت فناوری به دو بخش فرآیندها و تجهیزات تفکیک شده و مطالعات هوشمندی فناوری روی آن صورت پذیرفته است. فرآیندهای نگهداری و تعمیر شامل ۸ فرآیند بوده که با توجه به تحقیقات صورت گرفته در حال حاضر در کشور غالبا روش های نگهداری و تعمیر اصلاحی، مبتنی بر زمان و پیش گیرانه مورد استفاده قرار می گیرند و با توجه به مطالعات تطبیقی و آینده پژوهی صورت گرفته، باید به سمت روش های نگهداری و تعمیر پیش بینانه و مبتنی بر قابلیت اطمینان سوق پیدا کنند. در قسمت ارکان جهت ساز چشم انداز، اهداف و راهبردهای سند در سطح ملی و پژوهشگاه نیرو براساس نتایج بدست آمده از تحلیل اسناد

نیروی برق" در دستور کار قرار گرفت. در ادامه مروری بر مراحل اجرا و نتایج بدست آمده تقدیم می گردد.

### مراحل و روش انجام پروژه:

کلیه اسناد راهبردی توسعه فناوری براساس متدولوژی ۶ مرحله ای معرفی و تایید شده توسط شورای عطف تدوین می گردند. این مراحل برای سند نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع به شرح زیر می باشند:

مرحله اول - تدوین مبانی سند: شامل تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات، تبیین مشخصه های فناوری و تبیین ضرورت توسعه و دلایل توجیه پذیری

مرحله دوم - هوشمندی فناوری و بازار مرتبط با نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق: شامل شناسایی حوزه های فناورانه، آینده پژوهشی، تحقیقات فعلی و آینده بازار فناوری و شناخت قابلیت های پژوهشگاه نیرو در حوزه نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق

مرحله سوم - تدوین ارکان جهت ساز سند: شامل تدوین چشم انداز، تعیین اهداف و تدوین راهبردهای توسعه فناوری. این مرحله بر پایه نتایج بدست آمده از مطالعات تطبیقی، مبانی سند و مصاحبه با خبرگان این حوزه تدوین می گردد.

مرحله چهارم - تدوین سیاست ها و اقدامات سند: شامل تعیین چهارچوب نظری و فرآیند تدوین سیاست ها و اقدامات توسعه فناوری. این اقدامات در راستای اهداف و چشم انداز سند بوده و برنامه عملیاتی بر اساس این اقدامات تدوین می گردد.

مرحله پنجم - تدوین رهنگاشت (نقشه راه) و برنامه عملیاتی سند: شامل تدوین طرح ها و پروژه های اجرایی، تخصیص منابع، تقسیم کار (نگاشت نهادی مطلوب) و ترسیم رهنگاشت

بالادستی، نظرسنجی متخصصین و مطالعات تطبیقی و هوشمندی فناوری تدوین شده‌اند. لازم به ذکر است که در قسمت مطالعات تطبیقی به جز آنالیز مقالات، فعالیت‌های کشورهای پیشرو (آمریکا، چین، اتحادیه اروپا) و کشورهای همجوار (ترکیه، عراق، آذربایجان، ترکمنستان، کشورهای عرب حوزه خلیج فارس) در حوزه‌های ترانسفورماتور و پست، خطوط زمینی و هوایی، نرم‌افزار و سامانه، زیرساخت و برنامه‌های آینده مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته‌است. در قسمت نظرسنجی از خبرگان نیز، با متخصصین این حوزه در شرکت‌های توزیع، شرکت‌های مشاور، شرکت‌های پیمانکار، شرکت توانیر و اساتید دانشگاه مصاحبه صورت گرفته و همچنین پرسشنامه‌ای جهت اولویت‌بندی روش‌های نگهداری و تعمیرات در دو حوزه تجهیزات زمینی و هوایی برای تمامی شرکت‌ها و متخصصین حوزه ارسال گردید. در مجموع ۱۸۰ چالش از مجموع مصاحبه‌ها و پرسشنامه‌ها اخذ گردیده که با توجه به این چالش‌ها و مسائل، ارکان جهت‌ساز و اقدامات سند تدوین گردیده‌است. با توجه به موارد یاد شده چشم‌انداز ملی سند به صورت ذیل ترسیم شده‌است:

➤ با الهام از سند ملی راهبرد انرژی کشور و در راستای تحقق سیاست‌های اقتصاد مقاومتی و سند چشم‌انداز وزارت نیرو؛ جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۱۰ با تکیه بر توانمندی‌های داخلی و متخصصان کارآمد و خلاق؛ از طریق شناسایی و توسعه استراتژی‌های مناسب تعمیر و نگهداری تجهیزات شبکه توزیع در کشور و اکتساب و توسعه بومی فناوری‌های اولویت‌دار متناسب با آن، قابلیت اطمینان شبکه را افزایش و هزینه‌های این بخش را کاهش داده و در تأمین نیازهای داخلی خود توانا خواهد بود. ◀

- همچنین اهداف کلان ملی سند شامل موارد زیر می‌باشند:
۱. افزایش قابلیت اطمینان شبکه توزیع و تأمین برق پایدار از طریق انتخاب استراتژی مناسب تعمیر و نگهداری و توسعه فناوری‌های مرتبط با آن
  ۲. کاهش حداقل ۱۰ درصد هزینه‌های سالانه تعمیر نگهداری تجهیزات شبکه توزیع از طریق انتخاب استراتژی مناسب تعمیر و نگهداری و توسعه فناوری‌های مرتبط با آن
  ۳. افزایش طول عمر تجهیزات شبکه توزیع از طریق انتخاب استراتژی مناسب تعمیر و نگهداری و توسعه فناوری‌های مرتبط با آن
  ۴. بهبود فضای کسب‌وکار تعمیر نگهداری شبکه توزیع از طریق انتخاب استراتژی مناسب تعمیر و نگهداری و توسعه فناوری‌های مرتبط با آن
  ۵. توانمندسازی متخصصین حوزه تعمیر و نگهداری شبکه توزیع نیروی برق
  ۶. دستیابی به استراتژی‌های پیشگیرانه و پیش‌بینانه جهت تأمین نیازهای موجود تعمیر نگهداری شبکه توزیع
  ۷. دستیابی به استراتژی‌های مبتنی بر قابلیت اطمینان به‌منظور تأمین نیازهای آینده صنعت برق کشور
- در همین راستا با توجه به قابلیت‌های پژوهشگاه و نقش و جایگاه این سازمان در صنعت برق، اهداف پژوهشگاه نیرو در این حوزه نیز شامل موارد زیر می‌باشد:
- (۱) کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق
  - (۲) تأمین نیازهای داخلی کشور در تعمیر و نگهداری تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق

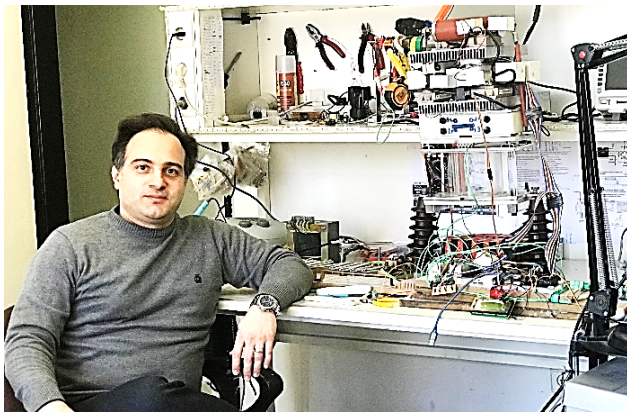


تجهیزات شبکه توزیع استفاده گردیده و ارتباط آنان با اهداف کلان سند نیز مشخص شده است. همچنین سند مدیریت دارایی‌های فیزیکی که توسط شرکت توانیر در سال ۱۳۹۹ ابلاغ شده است نیز به عنوان سند بالادستی مورد بررسی قرار گرفته و مفاد و الزامات آن در این حوزه مدنظر قرار گرفته است. جدول (۱) اقدامات سند توسعه فناوری نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق را ارائه می‌دهد.

۳) توسعه فناوری‌های اولویت‌دار حوزه تعمیر و نگهداری تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق  
 ۴) تربیت نیروی انسانی متخصص در حوزه تعمیر و نگهداری تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق  
 در پایان اقدامات سند در دو سطح ملی و پژوهشگاه نیرو و در سه دسته اصلی سیاستی - حمایتی، فنی - پژوهشی و اقدامات صنعتی - بازار تدوین شد. در تدوین این اقدامات از کلیه چالش‌ها، راهکارها و پیشنهادهای استخراج شده از جلسات مصاحبه با خبرگان حوزه نگهداری و تعمیرات

جدول (۱): اقدامات سند توسعه فناوری نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق

ردیف	سیاست/ اقدام سند نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق
اقدامات حمایتی / سیاستی	
۱	ارزیابی دقیق و مستمر از وضعیت موجود و وضعیت مسیر بهبود فرآیندهای نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع
۲	ایجاد زیرساخت مناسب در سطح منابع انسانی و راهبری شرکت‌های توزیع به منظور بهبود فرآیند نگهداری و تعمیرات تجهیزات
۳	ارتقا فرهنگ سازمانی و دانش فنی در شرکت‌های توزیع به منظور بهبود فرآیند نگهداری و تعمیرات تجهیزات
۴	ارزیابی و سامان‌دهی نرم‌افزارهای مرتبط با فرآیند نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع
۵	پیاده‌سازی سیستم مدیریت انبار و قطعات یدکی
۶	پیاده‌سازی سیستم مدیریت کار
۷	نظارت و ارزیابی مستمر بر فرآیند پیاده‌سازی سند
اقدامات فنی / پژوهشی	
۸	پیاده‌سازی مراقبت‌های پایه نگهداری و تعمیرات تجهیزات در شبکه توزیع برق کشور
۹	توسعه تجهیزات اولویت‌دار حوزه نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع
۱۰	توسعه نرم‌افزارهای حوزه نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع
۱۱	تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع متناسب با اقلیم و استراتژی RCM
۱۲	توسعه پایش آنلاین و هوشمندسازی شبکه توزیع در حوزه نگهداری و تعمیرات
اقدامات صنعتی / بازار	
۱۳	طراحی و پیاده‌سازی مکانیزم تأمین منابع مالی بهبود فرآیندهای نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع
۱۴	حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان حوزه نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع
۱۵	پیاده‌سازی روش نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) در شبکه توزیع برق کشور



ساخت کلید DC کم تلفات فشار متوسط  
۲ مگاواتی با استفاده از تکنولوژی سویچ‌های  
سریع<sup>۱</sup> UFD

واحد مجری	گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست	کارفرما	پژوهشگاه نیرو
مدیر پروژه	علی کدیور	مجری	مجتبی گیلوانژاد
نوع پروژه	آزمون آینده	معاونت	پژوهشی
تاریخ شروع	۱۳۹۸/۱۲/۱۷	تاریخ پایان	۱۴۰۰/۱۲/۱۷

همکاران: علی کدیور<sup>۲</sup>

کلمات کلیدی: سویچ‌های سریع، صفر جریان، قطع جریان مستقیم

اهداف انجام پروژه:

- ۱- طراحی و ساخت کلید DC به کمک تکنولوژی کلیدهای سریع که از درایو تامسون به جای مکانیزم فتری جهت عملکرد کلید استفاده میکنند
- ۲- کاهش تلفات حین وصل کلید

مراحل و روش انجام پروژه:

در این راستا با توجه به توضیحات ارائه شده، مراحل انجام کار به صورت ذیل خواهد بود:

فاز اول: تبیین ساختار کلیدهای فشار متوسط DC

در این بخش، ساختارهای متفاوت کلیدهای MVDC در دنیا مورد بررسی قرار خواهد گرفت و نقاط قوت و ضعف

استفاده از خطوط DC در سطوح ولتاژی متفاوت روز به روز در حال افزایش است. جریان اتصال کوتاه در خطوط DC با خطوط AC از منظر دامنه و وجود صفر جریان متفاوت می‌باشد. به دلیل طراحی و ماهیت با امپدانس کم خطوط DC، پیک جریان اتصال کوتاه بالا و به صورت افزایشی خواهد بود. عدم وجود اندازه صفر در جریان اتصال کوتاه نیز باعث می‌شود امکان قطع آن با کلیدهای متداول AC امکانپذیر نبوده و نیازمند تمهیدات اضافه می‌باشد. این کلیدها برخلاف کلیدهای معمول شامل بخش‌های کموتاسیون، قطع جریان و بخش مهارکننده انرژی (برفگیر) ناشی از قطع خواهند بود. هدف در این پروژه طراحی و ساخت یک نمونه دو مگاواتی از کلیدهای DC مبتنی بر یک طرح پیشنهادی است.

<sup>۲</sup> [akadivar@nri.ac.ir](mailto:akadivar@nri.ac.ir)

<sup>۱</sup> Ultra Fast Disconnecter

### مرور پروژه:

مطالعات متعددی امروزه بر کلیدهای با سطوح ولتاژ بالا و پایین انجام شده است. اما کلیدهای فشارمتوسط به عنوان یکی از المانهای حفاظتی مهم در ریزشبه‌های DC نیاز به تحقیقات بیشتری دارد. شایان ذکر است که در سطوح ولتاژ بالا نیز همچنان این خلاء وجود داشته و هنوز طراحی نهایی بهینه جهت قطع جریان های DC بزرگ ارائه نشده است.

راهکارهای متفاوتی جهت طراحی این دسته از کلیدها وجود دارد. رویکرد سنتی طراحی این کلیدها مبتنی بر کلیدهای نیمه‌هادی می‌باشد. ضعف اساسی این روش تلفات بالای کلیدهای نیمه هادی در حالت وصل و هزینه بسیار بالای پیاده‌سازی این توپولوژی می‌باشد.

یک ساختار دیگر، طراحی مبتنی بر کلیدهای مکانیکی و مدار تزریق جریان است. در این دست کلیدها، هنگام رخداد خطا، مدار تزریق جریان با دریافت فرمان، یک موج جریان با فرکانس مشخص را تولید میکند. این موج با موج جریان اتصال کوتاه ترکیب شده و در نهایت ایجاد یک صفر جریان مجازی برای کلید مکانیکی میکند. ضعف اساسی این توپولوژی در مدت زمان طولانی عملکرد آن می‌باشد.

ساختار دیگر، مبتنی بر استفاده ترکیبی از کلیدهای نیمه هادی و کلید مکانیکی است. در این ساختار، با ترکیبی از یک قطع‌کننده سریع سری شده با کلیدهای نیمه‌هادی، جریان به شاخه دیگر که متشکل از مجموعه زیادی از IGBT ها است هدایت شده و فرایند قطع تکمیل می‌گردد. ضعف این طرح نیز سرعت عملکرد متوسط و هزینه زیاد آن بوده و لذا برای سطوح جریانی بالا مناسب می‌باشد.

هدف در این پروژه، ارائه یک طرح جدید در قالب سه مسیر عبور جریان است که ضمن داشتن زمان عملکرد کمتر از 10 ms

هر یک مشخص شد. همچنین بخش‌های متفاوت کلید مورد بررسی قرار گرفته و چالش‌ها و استرس‌های ولتاژی و جریانی مورد تحمل این کلیدها تعیین شد.

### فاز دوم: طراحی و شبیه‌سازی کلید ۲ مگاواتی DC

در این بخش کلید پیشنهادی در سه بخش طراحی قطع‌کننده سریع جریان، شاخه قطع‌کننده و جذب‌کننده انرژی مورد بحث و بررسی قرار گرفت. طرح مناسب برای هر بخش ارائه شد. شبیه‌سازی لازم برای هر بخش انجام و کارایی بخش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. بخش قطع‌کننده جریان متشکل از طراحی و انتخاب کانتکت‌ها، طراحی مکانیزم فرمان مناسب و محفظه قطع است.

### فاز سوم: ساخت کلید

در این فاز از پروژه بخش‌های متفاوت طراحی شده در فاز دوم تهیه و ساخته شد.

### فاز چهارم: تست کلید ساخته شده

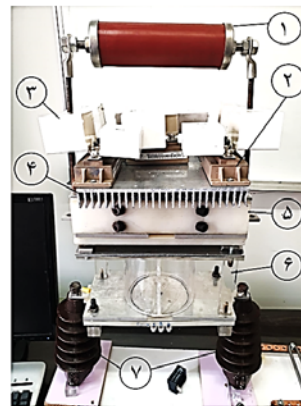
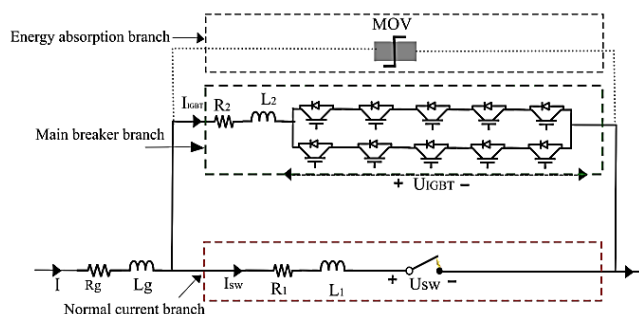
در این بخش کلید طراحی شده در لینک DC یا مدار مناسب بایستی مورد تست قرار گیرد و کارایی خود را در قطع جریان نشان دهد.

### فاز پنجم: ارائه طرح توسعه

به منظور افزایش قابلیت قدرت قطع کلید، در این بخش پیشنهادات لازم جهت ایجاد تغییرات لازم جهت ارتقا این کلید برای قطع توان‌های بالاتر ارائه خواهد شد و همچنین با ارائه شبیه‌سازی‌های لازم این پیشنهادات مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

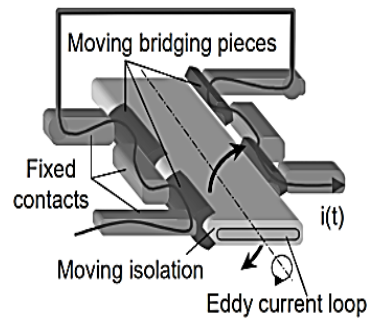
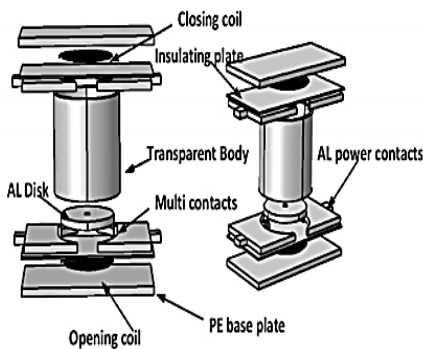
مسیر اول (مسیر پایین شکل ۱): مسیر اصلی جریان می‌باشد. این مسیر شامل یک سویچ سریع جریان (کمو تاتور) است [۱]. در حالت نرمال، جریان از این مسیر عبور می‌کند و تلفات آن بسیار پایین است. نمونه آن در شکل ۲ نشان داده شده است.

تلفات بالای کلیدهای نیمه هادی در حالت وصل و هزینه بسیار بالای پیاده‌سازی را ندارد و لذا برای سطوح جریانی کم حدود  $14kV$  و  $120A$  و زمان عملکرد کمتر از  $10ms$  خواهد بود. شماتیک کلید در شکل ۱ نشان داده شده است که در ادامه به همراه مکانیزم عملکرد و مکانیزم خاموش‌کنندگی توضیح داده خواهد شد.



1. برقیگیر
2. IGBT
3. خازن اسنابر
4. Heat Sink
5. UFD (تانویه)
6. UFD (اصلی)
7. مقره خازنی

شکل ۱: شماتیک کلید به همراه نمونه اولیه ساخته شده

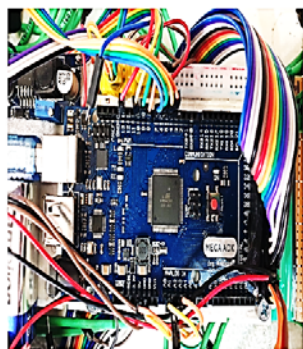


شکل ۲: انتقال دهنده سریع جریان الف) طرح با چرخش محوری [۳، ۲] ب) طرح با حرکت عمودی [۴]

مسیر سوم (مسیر بالا در شکل ۱): بخش دمپینگ انرژی: پس از قطع جریان با توجه به سطح ولتاژ شبکه DC، برقیگیر(ها) به صورت موازی با کلید جهت دمپ انرژی موجود در سیستم و کم کردن جریان عمل خواهند کرد. نمونه اولیه کلید ساخته شده شامل مدارات کنترل و فرمان، خازنهای تحریک مدار کلید سریع،

مسیر دوم (مسیر وسط در شکل ۱): بخش قطع کننده جریان می‌باشد. این بخش از کلیدهای نیمه هادی تشکیل شده است. در حین خطا، پس از کموت شدن جریان از مسیر اصلی به این مسیر، جریان توسط کلیدهای نیمه هادی قطع خواهد شد.

امروزه کلیدهای HVDC با توجه به گستره زیاد استفاده از آنها در ترکیب با منابع انرژیهای نو از موارد مهم مورد تحقیق در دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های متعدد می‌باشند.



کنترل نوالی زمانی عملکرد  
و صدور فرمان به بخش‌های مختلف  
مدار  
میکروکنترلر آردوینو ADK برپایه میکروکنترلر  
ATmega2560

54 ورودی-خروجی دیجیتال  
16 ورودی آنالوگ  
4 پورت سخت‌افزاری  
اسیلاتور کریستال 16MHz

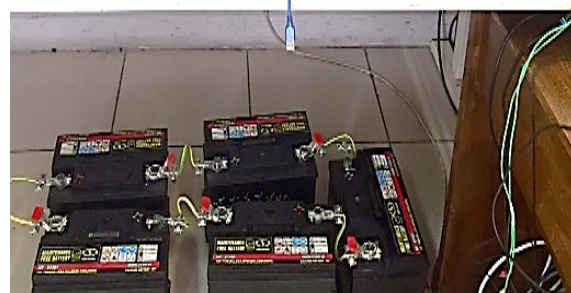
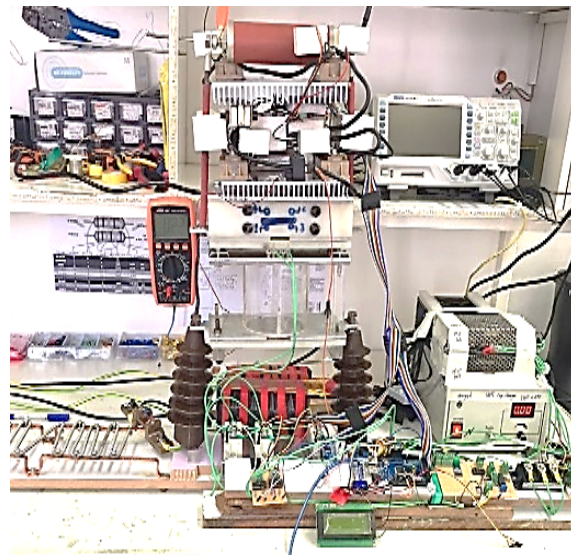
شکل ۴: مشخصات میکروکنترلر استفاده شده برای اندازه‌گیری و حفاظت جریان

همانگونه که ذکر گردید، کلیدهای DC معمولاً در سطوح ولتاژ بسیار بالا یا در ولتاژهای پایین و معمولاً مبتنی بر ادوات نیمه هادی ارائه شده لیکن در ارتباط با کلیدهای فشارمتوسط کار عمیقی ارائه نشده است.

لازم به تاکید است که طرح پیشنهادی در این پروژه منحصر بفرود بوده و عملکرد سریع با قابلیت قطع توان متوسط و در زمان بسیار کم با هزینه نهایی مطلوب را در اختیار کاربر قرار می‌دهد. در ادامه فهرستی از مقالات منتخب مرتبط با این موضوع ارائه شده است.

1. Bucher, M.K. and Franck, C.M., 2015. Fault current interruption in multi-terminal HVDC networks. IEEE Transactions on Power Delivery, 31(1), pp.87-95.
2. Senda, T., Tamagawa, T., Higuchi, K., Horiuchi, T. and Yanabu, S., 1984. Development of HVDC circuit breaker based on hybrid interruption scheme. IEEE transactions on power apparatus and systems, (3), pp.545-552

همچنین منبع تامین جریان با قدرت اتصال کوتاه ۶۰۰ آمپر و ۶۰ ولت برای تست جریانی در شکل ۳ قابل رویت است.



شکل ۳: نمونه اولیه کلید ساخته شده شامل مدارات کنترل و فرمان، خازنهای تحریک کلید سریع و منبع تامین جریان با قدرت اتصال کوتاه ۶۰۰ آمپر و ۶۰ ولت

کلید سیستمهای اندازه‌گیری و حفاظت جریان در کلید مذکور طراحی و پیاده‌سازی شده و تمامی عملکردها از طریق میکروکنترلر تعبیه شده (شکل ۴) کنترل و به صورت برخط بر روی صفحه نمایش کامپیوتر نمایش داده می‌شوند. همچنین امکان مانیتور و ارسال فرمان قطع و وصل از طریق اینترنت از هر نقطه و به وسیله گوشی هوشمند فراهم گردیده است. مشخصات میکروکنترلر استفاده شده در شکل ۴ نشان داده شده است.



- Contacts," in IEEE Transactions on Power Delivery. doi: 10.1109/TPWRD.2019.2919725
6. C. Du and C. Wang, "Review of DC Circuit Breaker Technology for HVDC Application," 2019 22nd International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS), Harbin, China, 2019, pp. 1-6
  3. Belda, N.A. and Smeets, R.P.P., 2016. Test circuits for HVDC circuit breakers. IEEE Transactions on Power Delivery, 32(1), pp.285-293.
  4. Franck, C.M., 2011. HVDC circuit breakers: A review identifying future research needs. IEEE transactions on power delivery, 26(2), pp.998-1007.
  5. D. Jovic, "Fast Commutation of DC Current into a Capacitor Using Moving

## چه خبر از آزمایشگاه؟

## آزمایشگاه رله و حفاظت در سال ۱۴۰۰

فرشید منصوربخت<sup>۱</sup>

## تاریخچه:

آزمایشگاه رله و حفاظت از طریق یک پروژه امانی - پیمانی با توانیر در سال ۸۸ به مدت تقریبی ۲ سال شروع و پس از انجام مطالعات و فعالیت‌های کارشناسی در قالب جایابی و طراحی و پیاده‌سازی تاسیسات و شناسایی و خرید تجهیزات تست رله از مطرح‌ترین برندهای روز دنیا Programma, AVO, Megger جهت انجام آزمون‌های عملکردی رله حفاظتی راه‌اندازی شد.

سپس در خلال ۲ پروژه دیگر در سال‌های ۹۰ و ۹۶ و از طریق حمایت توانیر نسبت به خرید و تکمیل تجهیزات از برندهای OMICRON و R&SCH پرداخته شد. همچنین با



افزایش توانمندی آزمون‌ها و از طریق همکاران فرعی در آزمون‌های سازگاری الکترومغناطیسی و محیطی و مکانیکال، کلیه آزمون‌های نوعی رله‌های حفاظتی Non Conventional در داخلی کشور و از طریق آزمایشگاه مرجع رله و حفاظت بر اساس استاندارد IEC 60255-1 انجام پذیر شد.

## اکنون:

در حال حاضر آزمایشگاه به عنوان تنها آزمایشگاه مرجع رله و حفاظت مورد تایید سازمان توانیر و در قالب آزمایشگاه مرجع مخاطب درخواست‌های مشتریان در خصوص دریافت و اخذ تاییدهای مطابقت با استانداردهای تولید توانیر می‌باشد که شامل نمونه‌برداری توسط آزمایشگاه از خط تولید سازنده و انجام کامل آزمون‌های نوعی بر اساس استانداردهای IEC (مربوطه به تجهیزات) می‌باشد.

همچنین این امر برای ترانس‌های جریان و ولتاژ و نشانگرهای خطا نیز بر اساس استانداردهای IEC61869, IEC62689, IEEE495 مصداق دارد.

همچنین شرکت‌ها صنایع و واحدهای تولیدی می‌توانند نسبت به ارسال درخواست به طور مستقیم و از طریق گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست به آزمایشگاه جهت انجام

<sup>۱</sup> [fmansourbakht@nri.ac.ir](mailto:fmansourbakht@nri.ac.ir)

همچنین دستاوردهای کنتورهای تابلویی و تستر سه فاز رله های حفاظتی نیز از جمله مواردی بوده اند که بخش آزمون های نوعی آن مشخصا توسط آزمایشگاه تکمیل و ارائه شده است.

### خلاصه فعالیت های سال جاری:

در سال ۱۴۰۰ حدود ۱۰۰ مکاتبه با شرکت های خصوصی و برق های منطقه ای و شرکت های توزیع و اداره های استاندارد و شورای ارزیابی و مطابقت با استاندارد های تولید توانیر (شامل اعلام هزینه و ارسال گزارش و تمدید گواهی های مطابقت) وجود داشته است.

در این سال ۵۵ آزمون انجام شده که منجر به صدور گزارش آزمون شده است که از این بین ۳ فقره تاییدیه شورای ارزیابی توانیر در خصوص نشانگرهای خطا و دو عدد تاییدیه در خصوص رله های حفاظتی

دیفرانسیل ترانس و دایرکشنال تولید شرکت های دانش بنیان داخلی و دانشگاه ها بوده است.

آزمون های رله های حفاظتی بالغ بر ۶۰ آزمون می باشد که هزینه آنها حدود ۷۰ میلیون تومان می باشد و تقریبا بنا به مورد ۳ ماه به طول می انجامد. هزینه انجام آنها در خارج از کشور در حدود ۱۰۰ الی ۱۵۰ هزار یورو می باشد (۲,۵ الی ۴ میلیارد تومان).

در سال ۱۴۰۰، درآمد آزمایشگاه در حدود ۴۰۰ میلیون تومان بوده است این در حالیست که سقف بودجه پیش بینی شده برای آزمایشگاه رله و حفاظت در سال ۱۴۰۰ مبلغ ۳۵۰ میلیون تومان بوده است.

آزمون های نوعی تجهیزات فوق یا سایر تجهیزات خاص تولیدی خود اقدام نمایند، توضیح اینکه در این پرو سه تاییدیه محصول صادر نخواهد شد و تنها گزارش آزمون ها ارائه می گردد.

از دیگر فعالیت های انجام شده در سال ۱۴۰۰ عبارتند از:

شرکت در جلسات کمیته های تخصصی تدوین دستورالعمل های الزامات تجهیزات توانیر می باشد که در سال که گذشت سه دستورالعمل تعیین الزامات، معیارهای ارزیابی و آزمون های آشکار سازهای خطای شبکه فشار متوسط هوایی با قابلیت نصب بر روی فاز و بدون قابلیت ارتباط از راه دور و با قابلیت ارتباط از راه دور و قابل نصب بر روی پایه و ارتباط از راه دور نهایی و توسط توانیر ابلاغ شد.



## انتشارات

## مقالات کنفرانس

۱. آرمان صفایی، محمدجواد نصیری، منیره تقوایی، مجتبی گیلوانژاد، علیرضا بیگدلی، "افزایش بهره‌وری پست‌های با عایق گازی (GIS) با استفاده از اقدامات تعمیر و نگهداری پیشگیرانه"، پانزدهمین کنفرانس ملی کیفیت و بهره‌وری، تهران، بهمن ۱۳۹۹.

2. Amir Hossein Mohammadzadeh Niaki, "Asset Management in Smart Grids: A Review," IEEE 11<sup>th</sup> Smart Grid Conference (SGC 2021), December 7<sup>th</sup> – 9<sup>th</sup> 2021

3. Mohammadreza Safari, Sara Khayyamim, Hadi Modaghegh, "Mapping Road to Achieve Smart Grid applying SGED", IEEE 11<sup>th</sup> Smart Grid Conference (SGC 2021), December 7<sup>th</sup> – 9<sup>th</sup> 2021

۴. سیدسعید طاهری، مهدی امامقلی زاده، قهرمان راهبی، رسول اسماعیل زاده، بابک اسدزاده، "طراحی و ساخت یک کنتور مجتمع هوشمند با قابلیت کنترل از راه دور"، ششمین کنفرانس بین‌المللی تحقیقات بین‌رشته‌ای در مهندسی برق، کامپیوتر، مکانیک و مکاترونیک در ایران و جهان اسلام، تهران، اسفند ۱۴۰۰.

## گزارش فنی

۱. تارا خیامیم، مصطفی گودرزی، بیتا نوع‌پرور، محمدرضا جعفری، فرهاد زندرضوی، "بازنگری سند راهبردی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها"، انتشارات پژوهشگاه نیرو، DOI: 10.30503/nripress.2020.013

۲. آرمان صفائی، منیره تقوایی، محمد جواد نصیری، "تدوین پیش‌نویس دستورالعمل راه‌اندازی و سرویس و نگهداری تجهیزات پست‌های عایق‌گازی"، شهریور ۱۴۰۰

۳. آرمان صفائی، داریوش نوری، "نیازسنجی آزمایشگاه‌های جدید مورد نیاز و تجهیزات مورد نیاز جهت توسعه آزمایشگاه‌های موجود و اولویت‌بندی"، مرداد ۱۴۰۰

۴. تارا خیامیم، بیتا نوع‌پرور، سارا خیامیم، رومینا حشمی، "هوشمندی فناوری و بازار مرتبط با نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق"، تیر ماه ۱۴۰۰

۵. تارا خیامیم، بیتا نوع‌پرور، علی شفیع‌علویجه و رامین حسینعلیزاده، "تدوین ارکان جهت ساز سند راهبردی توسعه فناوری نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق"، آذر ماه ۱۴۰۰

۶. تارا خیامیم، بیتا نوع‌پرور، علی شفیع‌علویجه و رامین حسینعلیزاده، "تدوین سیاست‌ها و اقدامات سند راهبردی توسعه فناوری نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق"، دی ماه ۱۴۰۰

## مرور گزیده انتشارات

ترسیم مسیر تحقق شبکه‌های هوشمند با بکارگیری مدل<sup>۱</sup> SGEDمحمد رضا صفری، سارا خیامیم<sup>۲</sup>، هادی مدقق

کلمات کلیدی: نقشه‌راه شبکه هوشمند، شبکه توزیع برق، مدل، ارزیابی

Mapping Road to Achieve Smart Grid  
Applying SGED Model

Mohammadreza Safaei  
Power System Planning and Operation  
Department  
Niroo Research Institute (NRI)  
Tehran, Iran  
[m.safaei@nri.ac.ir](mailto:m.safaei@nri.ac.ir)

Sara Khayyamim  
Transmission Line & Substation  
Equipment Research Department  
Niroo Research Institute (NRI)  
Tehran, Iran  
[skhayyamim@nri.ac.ir](mailto:skhayyamim@nri.ac.ir)

Hadi Modagheghi  
Tehran Intelligence and New  
Technologies Office  
Tehran, Iran  
[Hmodagheghi@nri.ac.ir](mailto:Hmodagheghi@nri.ac.ir)

**Abstract**— Design and implementation a roadmap for electrical distribution network in order to achieve smart grid targets is one of the most critical necessities of nowadays power system industry. Here, a new model titled Smart Grid Evaluation and Development (SGED) is introduced to develop smart grid roadmap for utilities.

In this paper, after explaining the necessity of design and implementation of a local roadmap for bringing smartness to utilities, a summary of the most important international scientific models and techniques in this area is given, then the basis of the SGED model is described. After that, the right domains of the model is explained and the most important objectives in the classification of the relevant subzones is summarized. Here to see the SGED model and the key issues in the implementation process of this model is the other part of this paper.

**Keywords**— Smart Grid, Roadmap, Electrical Distribution Network, Model, Evaluation

such as mismatch of key stakeholders goals, limited financial and non-financial resources, unbalanced different dimensions of intelligence due to lack of correct vision or unclearity of how to reach the targets. These parameters highlight the need to develop a roadmap for adding smartness to the electricity distribution network.

The overall goals of the smart grid can be expressed as ensuring the transparency, sustainability and environment friendly operation of power system with safe and secure in terms of cost and energy savings. Although the main goals of smart grid in most countries are defined the same, it can be argued that the main priorities in the development of smart grid in different countries differ depend on the situation of each country's power authority as climate, social, economic or demographic factors. Therefore, the starting point as well as the final level and dimensions of intelligence in each country or even in each utility company vary. The proof of this theory can be concluded by reviewing the roadmaps of South Korea [3], Turkey [4] [5].

**چکیده**— طراحی و اجرای نقشه‌راه شبکه توزیع برق به منظور دستیابی به اهداف شبکه هوشمند یکی از حیاتی‌ترین ضرورت‌های صنعت برق دنیای امروز است. در این مقاله، مدل جدیدی به نام مدل ارزیابی و توسعه شبکه هوشمند (مدل SGED) به منظور ارائه نقشه‌راه شبکه هوشمند برای شرکت‌های توزیع کشور معرفی شده است.

در همین راستا، پس از تبیین ضرورت طراحی و اجرای نقشه‌راه بومی برای هوشمندسازی شرکت‌های توزیع؛ خلاصه‌ای از مهم‌ترین مدل‌ها و روش‌های علمی بین‌المللی در این زمینه ارائه شده و سپس ساختار کلی مدل SGED شرح داده شده است. سپس هشت حوزه مدل توضیح داده شده و مهم‌ترین اهداف در طبقه‌بندی مایله ستون‌های مربوطه با اجمال ارائه شده است. نحوه استفاده از مدل SGED و مسائل کلیدی در فرآیند پیاده‌سازی این مدل بخش دیگری از این مقاله است.

در ادامه به اختصار به مرور مقاله پرداخته می‌شود.

## ۱- مقدمه

هوشمندسازی سیستم توزیع برق و توسعه‌ی کمی و کیفی میزان هوشمندی آن با چالش‌های مهمی از قبیل همسو نبودن اهداف ذی‌نفعان کلیدی، محدودیت منابع اعم از مالی و غیرمالی، متوازن نبودن ابعاد مختلف هوشمندی ناشی از نداشتن چشم‌انداز صحیح یا معلوم نبودن چگونگی تحقق آن و در نتیجه حاصل نشدن هم‌افزایی‌های مورد انتظار مواجه است که ضرورت تدوین نقشه‌راه هوشمندسازی شبکه توزیع برق را محرز می‌نماید.

<sup>۱</sup> Smart Grid Evaluation & Development model

<sup>۲</sup> [skhayyamim@nri.ac.ir](mailto:skhayyamim@nri.ac.ir)



در ادامه روش‌ها و مدل‌های شاخص که جهت تدوین نقشه‌راه شبکه هوشمند به کار گرفته شده‌اند، مروری اجمالی شده‌اند تا مزایا و معایب آنها بررسی و نهایتاً تفاوت‌های آنها با مدل پیشنهادی در این مقاله ارائه شود. روش‌ها و مدل‌های بررسی شده در مقاله:

- روش تدوین نقشه‌راه شبکه هوشمند آژانس بین‌المللی انرژی (IEA<sup>۱</sup>)
  - روش تدوین نقشه‌راه شبکه هوشمند EPRI<sup>۲</sup>
  - مدل معماری شبکه هوشمند (SGAM<sup>۳</sup>)
  - مدل مفهومی شبکه هوشمند
  - مدل بلوغ شبکه هوشمند (SGMM<sup>۴</sup>)
- ۳- معرفی مدل توسعه و ارزیابی شبکه هوشمند (مدل SGED)

در طراحی و پیاده‌سازی مدل SGED مورد ذیل مورد توجه بوده است:

- توجه به تمامی حوزه‌های حائز اهمیت هوشمندسازی سیستم توزیع برق، اعم از حوزه‌های فنی، مدیریتی، مالی، اجتماعی، زیست‌محیطی
- احصاء ۲۷۰ مایلستون و طبقه‌بندی آنها در هشت حوزه‌ای که ابعاد مختلف سیستم توزیع برق را در شرکت‌های توزیع پوشش می‌دهد. این هشت حوزه عبارتند از:
  - ۱- تأمین انرژی
  - ۲- مصرف برق و خدمات مشترکین
  - ۳- بهره‌برداری شبکه
  - ۴- مدیریت دارایی و نیروی کار

بررسی تجارب متعدد سیر و چگونگی هوشمندسازی شبکه‌های توزیع برق کشورهای توسعه‌یافته در استفاده از مدل‌ها و روش‌های مختلف، نمایان‌گر این است که عواملی از قبیل اقتضانات خاص شبکه، نظام مدیریتی و نگاهت نهادی حاکم بر صنعت توزیع برق کشور، میزان سرمایه‌های قابل تخصیص و دیگر عوامل مؤثر؛ تأثیر بسزایی در انتخاب مدل هوشمندسازی و روش پیاده‌سازی آن دارد.

نداشتن مدل بومی هوشمندسازی شبکه‌های توزیع برق کشور در سال‌های پیش، یکی از عوامل مؤثر بر بهره‌ور نبودن سرمایه‌گذاری‌های انجام‌شده در این حوزه و از محرک‌های اصلی اهتمام به طراحی مدل ارزیابی و توسعه شبکه هوشمند منطبق بر نیازها و ویژگی‌های خاص صنعت توزیع نیروی برق ایران بود.

## ۲- مروری بر مدل‌ها و روش‌های تدوین نقشه‌راه شبکه هوشمند

هدف از تدوین نقشه‌راه شبکه هوشمند، کمک به شرکت‌ها در دستیابی به موثرترین زمان‌بندی و انتخاب هماهنگ‌ترین فناوری شبکه هوشمند است که بیشترین مزایا و کمترین خطرات را به همراه داشته باشد. مشخصات چشم‌انداز شبکه هوشمند و در نتیجه نقشه راه شبکه هوشمند از کشوری به کشور دیگر، استانی به استان دیگر و شرکتی به شرکت دیگر بسته به اهداف متفاوت است. شبکه هوشمند از طریق یک فرایند تکاملی ایجاد می‌شود که تحقق آن می‌تواند سال‌ها یا دهه‌های متمادی طول بکشد.

<sup>۲</sup> Smart Grid Architecture Model (SGAM)

<sup>۴</sup> Smart Grid Maturity Model

<sup>۱</sup> International Energy Agency (IEA)

<sup>۲</sup> Electric Power Research Institute (EPRI)

۵- فناوری اطلاعات و ارتباطات

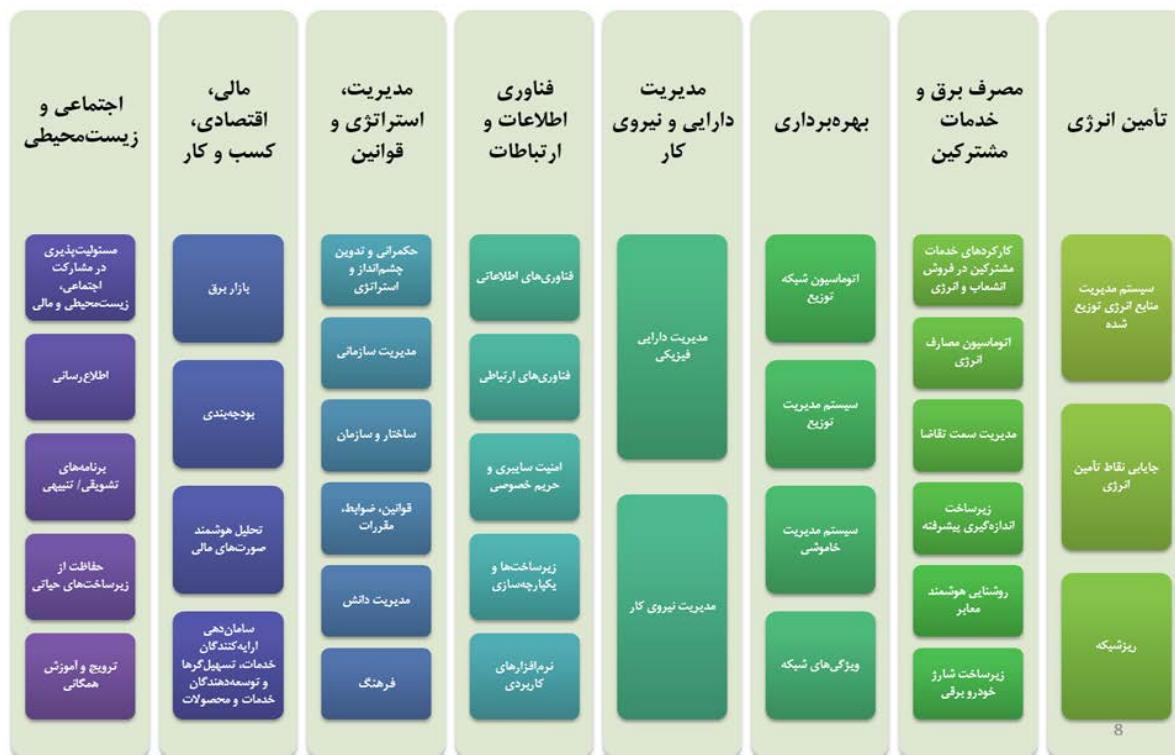
۶- مدیریت، استراتژی و قوانین

۷- مالی، اقتصادی، کسب و کار

۸- اجتماعی و زیست محیطی

هریک از این حوزه‌های هشت‌گانه، مشتمل بر تعدادی حوزه‌ی

فرعی است که در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: معرفی حوزه‌های هشت‌گانه مدل SGED

قابل تحقق واقع می‌شود، برای هر مبحث و موضوعی مایلستون‌های مختلفی در پنج سطح بلوغ طراحی شده است. پنج سطح بلوغ مورد اشاره به شرح جدول ۱ ذیل هستند.

دسته‌بندی مایلستون‌های هر یک از هشت حوزه‌ی مدل SGED در پنج سطح. با توجه به اینکه میزان هوشمندی شبکه توزیع برق در حوزه‌های مختلف مطلق نیست و در طیفی از حداقل قابل قبول و حداکثر

جدول ۱: معرفی سطوح بلوغ هوشمندی در مدل SGED

ردیف	نام سطح	ویژگی
۱	مقدماتی	سازمان نخستین گام‌ها را در مسیر اجرای مدل بر می‌دارد.
۲	توانمندسازی	سازمان در حال پیاده‌سازی فعالیت‌های مربوط به هر حوزه است تا مدرن‌سازی شبکه تحقق یابد.
۳	یکپارچه‌سازی	استقرار شبکه هوشمند در یک حوزه مشخص در حال یکپارچه‌سازی در سطح سازمان است.
۴	بهبودسازی	اجرای شبکه هوشمند در یک حوزه مشخص در حال بهبود عملکرد سازمان است.
۵	پیشگامی	سازمان در حال مطالعه و پیشبرد فعالیت‌های جدید در یک حوزه مشخص است.

تحقق مایلستون مربوطه را نشان دهد.

#### ۴- نحوه بکارگیری مدل SGED

روند اجرای مدل SGED جهت دستیابی به نقشه راه هوشمندسازی شبکه شامل پنج مرحله است که در شکل ۲ به آنها اشاره شده است و بدین ترتیب دسته بندی شده اند:

۱. آماده سازی
۲. کارگاه ارزیابی
۳. تجزیه و تحلیل
۴. کارگاه ترسیم نقشه راه
۵. جمع بندی

از آنجا که گام نخست در تدوین نقشه راه هوشمندسازی شبکه‌ی توزیع برق، ارزیابی وضع موجود است؛ در مدل SGED با توجه به داده‌ها و اطلاعات لازم از قبیل داده‌های کمی مشترکین، داده‌های کمی و ویژگی‌های کیفی شبکه توزیع برق و همچنین اطلاعات مفهومی درخصوص حوزه‌های هشت‌گانه‌ی این مدل؛ شرکت توزیع برق موردنظر ارزیابی شده و وضع موجود آن شرکت از دیدگاه هوشمندسازی انجام خواهد شد. گزینه‌های پاسخ هریک از سؤالات مدل SGED به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که سیر تکاملی اقدامات لازم برای



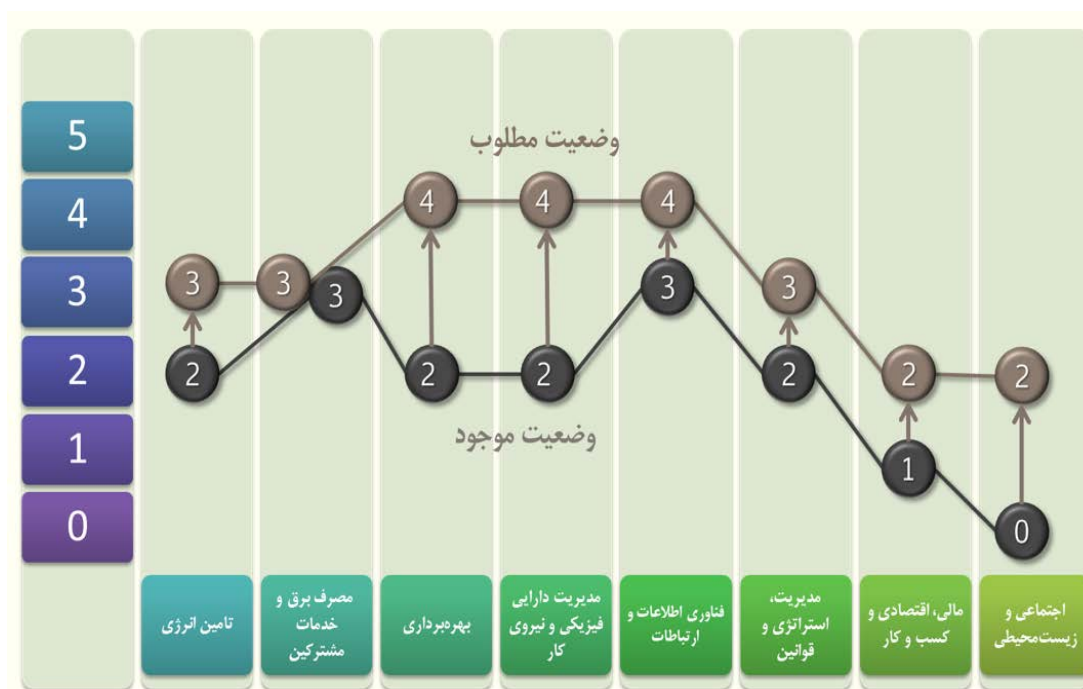
شکل ۲: روند بکارگیری مدل SGED

مربوط به حوزه در آن سطح حوزه، درجه بندی را تعیین می‌کنند. رتبه‌های بالاتر در یک حوزه منعکس کننده میزان فزاینده‌ای از اجرای شبکه هوشمند در شرکت توزیع با توجه به موضوع آن حوزه است. نتیجه ارزیابی SGED یک نمایه بلوغ است که شامل رتبه بندی برای هر یک از هشت حوزه SGED است. تجزیه و تحلیل پاسخ های جمع آوری شده از پرسشنامه‌ها و تعیین سطح بلوغ هر حوزه و نتیجتاً ترسیم وضعیت کنونی سازمان در قالب یک نمودار، در مرحله "تجزیه و تحلیل" انجام می‌شود. پس از این مرحله کارگاه "ترسیم نقشه راه" برگزار می‌شود.

در مرحله "آماده سازی"، شناخت کامل از مدل و نحوه بکارگیری آن و تنظیم خواسته‌های مورد انتظار شرکت توزیع مربوطه از آن انجام می‌شود.

پس از انجام مرحله آماده سازی، ارزیابی شرایط موجود شرکت توزیع با استفاده از پرسشنامه SGED (حاوی ۲۷۰ سوال که در هشت حوزه تعریف شده) انجام می‌شود. با برگزاری "کارگاه ارزیابی" شرح دقیق تری از وضعیت فعلی شبکه هوشمند شرکت توزیع حاصل می‌شود.

شرکت در هر حوزه از مدل براساس پاسخ خود به سؤالات پرسشنامه رتبه بندی می‌شود. معیارهای امتیازدهی بر اساس ترکیبی از پاسخ به تمام سؤالات



شکل ۳: خروجی کارگاه ترسیم نقشه‌راه

#### ۵- نتیجه‌گیری

مدل SGED با الهام‌گرفتن از تجارب موفق هوشمندسازی در کشورهای توسعه‌یافته و پیشرو و همچنین بهره‌گیری از نقاط قوت مدل‌های EPRI, IEA, SGAM, NIST<sup>۱</sup>, SGMM و همچنین با استفاده از نتایج اقدامات کشورهایی از قبیل ترکیه، هندوستان، ایالات متحده آمریکا، اندونزی، چین و دیگر کشورهای بررسی شده؛ و همچنین اخذ نظرات خبرگان، متخصصین و مسئولین صنعت توزیع برق کشور طراحی شده است. برخی از ویژگی‌های حائز اهمیت این مدل نسبت به دیگر مدل‌های تدوین نقشه‌ی راه هوشمندسازی شبکه توزیع برق، عبارت است از:

- تعمیم مفاهیم هوشمندسازی شبکه از محدوده‌ی

در طول "کارگاه ترسیم نقشه‌راه" نتایج ارزیابی وضعیت کنونی به شرکت توزیع ارایه می‌شود و بر مبنای این یافته‌ها، اهداف تجاری و یک چارچوب زمانی توافق شده، ذینفعان شبکه هوشمند شرکت شروع به هدف‌گذاری و ترسیم نقشه‌راه برای شرکت در افق زمانی از پیش تعیین شده می‌کنند. شکل ۳ خروجی کارگاه ترسیم نقشه‌راه است که نمایش‌گذار از شرایط کنونی و حرکت به سمت سطوح مطلوب طی سال‌های برنامه است.

در نهایت در مرحله "جمع‌بندی" بر اساس یافته‌های کارگاه‌های ارزیابی و هدف‌گذاری و تجزیه و تحلیل‌های صورت پذیرفته، نقشه‌راه هوشمندسازی شبکه تدوین می‌شود.

<sup>۱</sup> The National Institute of Standards and Technology

- [7] I. S. G. Forum, "Development of Roadmap for Implementation of Smart Grid- Concepts, Practices and Technologies in SAARC Countries," India Smart Grid Forum, New Delhi, 2018.
- [8] R. C. E. P. R. L. M. R. A. Aldana, "Impelmetation of Smart Grids in Colombian Electrical Sector," in ISGT-LA Conference, 2011.
- [9] EPRI, "California Utility Vision and Roadmap for the Smart Grid of 2020," California Energy Commission, 2011.
- [10] S. Pillins, "West Virginia Smart Grid Implemetation Plan- Roadmap Framework," National Energy Technology Laboratory, Washington DC, 2010.
- [11] P. Taylor, "Smart Grids: From Concept to Reality," Newcastle Research & Innovation Institute, Singapore, 2017.
- [12] D. Heuberger, "Roadmap for Smart Grids: Four Steps to an Intelligent Electrical Distribution Grid," in International ETG Congress, Bohn, 2015.
- [13] M. A. G. A. H. Z. K. M. A. Majid Biabani, "Smart Grid in Iran: Driving Factors, Evolution, Challenges and Possible Solutions," IEEE, 2011.
- [14] IEA, "Energy Technology Roadmaps: a guide to developement and implementation," Internation Energy Agency (IEA), 2014.
- [15] IEA, "Smart Grids in Distribution Networks: Roadmap Development and Implementation," Internation Energy Agency (IEA), 2015.
- [16] EPRI, "Smart Grid Roadmap Guidebook," EPRI, 2012.
- [17] EPRI, "ItelliGrid Smart Grid Roadmap Methodology and Lessons Learned," EPRI, 2012.
- [18] C.-C.-E. S. G. C. Group, "Smart Grid Referecnce Architecture," CEN-CENELEC-ETSI, 2012.
- [19] H. H. a. L. Vanfretti, "A SGAM-based architecture for synchrophasor applications facilitating TSO/DSO interactions," in EEE Power & Energy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT ), 2017.
- [20] NIST, "Smart Grid Conceptual Model," NIST, 2018.
- [21] T. S. Team, "SGMM Model Definition," Carnegie Mellon University, September 2011.
- [22] T. S. Team, "SGMM Compass Assessment Survey," Carnegie Mellon University, September 2018.
- [23] T. S. Team, "SGMM Navigation Process," Carnegie Mellon University, September 2018.

موضوعات فنی- مهندسی به دیگر موضوعات حائز اهمیت و مرتبط از قبیل خدمات مشترکین، بهره‌برداری، مدیریت دارایی و نیروی کار، مدیریت، استراتژی و قوانین و همچنین حوزه‌های مالی، اقتصادی، کسب و کار

- بومی‌سازی طبقه‌بندی موضوعات و ترسیم درخت دانش شبکه هوشمند باتوجه به ادبیات فنی رایج صنعت توزیع برق کشور و ساختار سازمانی شرکت‌های توزیع نیروی برق ایران
- جامعیت مایلستون‌های کلیدی در هوشمندسازی سیستم توزیع برق ایران
- رتبه‌بندی مایلستون‌ها با توجه به سیر تکامل و بلوغ از سطح مقدماتی تا پیشگامی
- گزینه‌های پاسخ هریک از سؤالات ارزیابی میزان هوشمندی شرکت‌های توزیع برق به‌گونه‌ای تدوین شده است که سیر تکامل و بلوغ برای تحقق آن مایلستون را مشخص نموده است.

## ۶- مراجع

مراجعی که در مقاله به آنها اشاره شده است در ادامه فهرست گردیده‌اند:

- [1] S. S. G. S. G. (SG3), "IEC Smart Grid Standardization Roadmap," IEC, 2010.
- [2] H. Farhangi, "A Road Map to Integration," IEEE Power & Energy Magazine, pp. 52-66, 2014.
- [3] J. K. a. H.-I. Park, "A National Vision," IEEE Power & Energy Magazine, p. 40, 2011.
- [4] "Turkey Smart Grid 2023 Vision and Strategy Roadmap Summary Report," www.smartgridturkey.org.
- [5] O. E. G. B. M. C. S. Kahraman Yumak, "Turkey's Smart Grid Roadmap Project for Electrical Distrbution Systems in Vision 2035," IEEE, 2018.
- [6] S. D. Reji Kumar Pillai, "Recommendations for Updating India Smart Grid Roadmap: 2016," India Smart Grid Forum, 2016.





## مروری بر مدیریت دارایی در

### شبکه‌های هوشمند

امیرحسین محمدرزاده نیاکی<sup>۱</sup>

کلمات کلیدی: مدیریت دارایی، شبکه هوشمند، تعمیر و نگهداری، مدیریت ریسک

شبکه منجر به افزایش احتمال حوادث شبکه و قطعی‌های گسترده خواهد شد که این حوادث ممکن است به خسارات و تلفات بعضاً گسترده مالی و جانی بیانجامد. این خصوصیت موجب شده است که نقش عملکرد مناسب تجهیزات در این صنعت اهمیت دوچندانی پیدا کند و مدیریت این تجهیزات از دید دارایی‌های صنعت برق نیازمند طرح ریزی و مطالعات فنی می‌باشد.

توسعه شبکه‌های هوشمند، ظهور تجهیزات هوشمند نوین و مقررات‌زدایی از صنعت برق از اواخر دهه ۱۹۹۰ باعث شکل‌گیری "مدیریت دارایی"<sup>۲</sup> شد. مدیریت دارایی همچنین به عنوان فرآیند به حداکثر رساندن بازده سرمایه‌گذاری تجهیزات در کل چرخه عمر آن، با به حداکثر رساندن عملکرد و به حداقل رساندن هزینه‌های سرمایه‌ای (CapEx)<sup>۳</sup> و

## Asset Management in Smart Grids: A Review

Amir Hossein Mohammadzadeh Niaei  
Transmission Line and Substation Equipment Research Department  
Niroo Research Institute (NRI)  
Tehran, Iran  
ahmohamadzadeh@nri.ac.ir

**Abstract**—Asset management (AM) is the process of maximizing the equipment returns on investment during its life span and includes the activities to balance the cost, benefit and risk. The advent of smart grid (SG), on the one hand, makes the AM system more complex (due to addition of new devices and technologies to the grid, further need to more reliable network, etc.), and on the other hand, improves the AM performance (by making more data available from the grid). Therefore, understanding the AM system in SGs is essential. In this paper, a comprehensive review of AM in SGs is performed. Different concepts and classifications of AM is presented. SG AM is studied from diverse aspects, its components are identified, and novel and future technologies in this field are described.

**Keywords**—Asset management, smart grid, maintenance, risk assessment, review paper

and the exorbitant costs of purchasing new equipment created the need for proper planning for the procurement and for decommissioning of worn-out equipment.

AM is very important in network planning and operation. Restructuring of the electric industry and competition in the electricity market have led companies to move towards more efficient utilization of their equipment, while considering the technical, economic and social aspects. Improving power system reliability has led power companies to optimally manage the installed equipment and optimize equipment costs over their life cycle. In terms of reliability, power system activities are divided into three major categories:

1. Grid development (long-term)
2. AM (mid-term)

### ۱- مقدمه

ویژگی تکنولوژی محور بودن صنعت برق موجب شده است که دارایی‌های فیزیکی در آن از جایگاه ویژه‌ای برخوردار باشند؛ چرا که نحوه عملکرد تجهیزات و ادوات برق نقش اساسی در تامین برق مطمئن و با کیفیت ایفاء می‌نمایند. شبکه برق مجموعه وسیعی از تجهیزات فنی بوده که کارکرد مناسب همه این تجهیزات منجر به تامین انرژی برق و تثبیت پایداری شبکه می‌شود و چون عملکرد تجهیزات مختلف شبکه بر یکدیگر اثرات متقابل دارند لذا کارکرد نامناسب تجهیزات

<sup>۱</sup> [ahmohamadzadeh@nri.ac.ir](mailto:ahmohamadzadeh@nri.ac.ir)

<sup>۲</sup> Asset Management: AM

<sup>۳</sup> Capital Expenditures

مدیریت بهینه تجهیزات منصوبه و بهینه نمودن هزینه تجهیزات در طول چرخه عمر آنها سوق داده است.

پژوهشگران قابلیت اطمینان، فعالیت‌های سیستم قدرت را به سه دسته اصلی تقسیم می‌کنند [۱]:

۱- توسعه شبکه (بلند مدت)

۲- مدیریت دارایی (میان مدت)

۳- بهره‌برداری (برنامه‌ریزی عملیاتی) سیستم (کوتاه مدت)

همانطور که ملاحظه می‌شود اقدامات مدیریت دارایی مابین توسعه بلند مدت و بهره‌برداری کوتاه مدت قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر بر اساس طبقه‌بندی انجام شده، در افق‌های زمانی برنامه‌ریزی و بهره‌برداری از سیستم انتقال و توزیع، مدیریت دارایی به عنوان برنامه‌ریزی میان مدت شناخته می‌شود.

## ۲- تعاریف، مفاهیم، دسته‌بندی و ساختارهای مرتبط با

### مدیریت دارایی

تعاریف‌های مختلفی برای مدیریت دارایی ارائه شده است. بطور کلی مدیریت دارایی در صنعت برق مجموعه‌ای از فرآیندهای کسب و کار است که به توسعه، بهره‌برداری و نگهداری دارایی‌های یک سازمان برای دستیابی به نیازمندی‌های مطلوب مشترکین و ذی‌نفعان کسب و کار می‌انجامد. این نیازهای مطلوب معمولاً شامل نتایج هزینه‌ای، عملکردی، ایمنی و محیط زیستی و نیز عرضه مطمئن برق می‌شوند. شرکت‌های انتقال و توزیع برق دریافته‌اند که سودآوری، ثبات و عملکرد شرکت به شدت به مدیریت دارایی استراتژیک متکی است. اینکه دارایی‌هایی که برای شرکت

هزینه‌های عملیاتی (OpEx)<sup>۱</sup> تعریف می‌شود. CapEx به زیرساخت‌های ثابت یا سرمایه‌گذاری جدید مرتبط است و با گذشت زمان کاهش می‌یابد؛ در حالیکه OpEx به زیرساخت مرتبط نمی‌باشد، بلکه هزینه عملیاتی نگهداشت سیستم را نشان می‌دهد و شامل هزینه‌های فنی و بازرگانی، مدیریت و غیره است [۱].

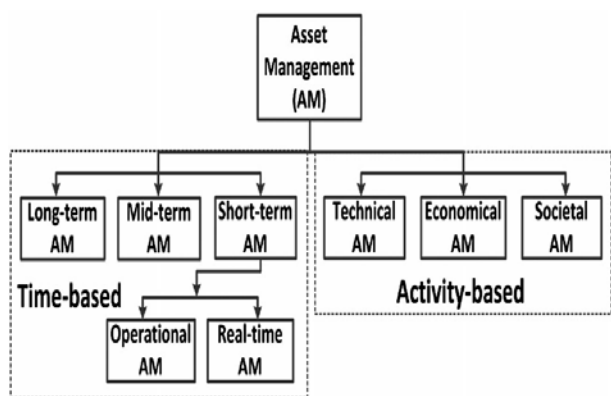
در گذشته مدیریت دارایی در شرکت‌های برق تنها به تعمیرات تجهیزات محدود می‌گردید و شرکت‌ها در صورت خرابی، تعمیرات لازم را بر روی تجهیزات انجام می‌دادند و نهایتاً تنها در مورد تجهیزات بسیار حیاتی و ضروری فعالیت‌های نگهداری را نیز مد نظر قرار می‌دادند. بتدریج مقوله نگهداری تجهیزات در بین شرکت‌های برق جایگاه مطلوبی یافت و این شرکت‌ها جهت کاهش هزینه‌های تعمیرات و پایداری بیشتر شبکه، رویه‌های نگهداری تجهیزات را نیز مورد توجه قرار دادند. اما پیشرفت روزافزون تکنولوژی ساخت و تولید تجهیزات برق، افزایش تقاضای انرژی برق و نیاز به توسعه شبکه برق، لزوم بکارگیری تجهیزات جدید با ظرفیت‌های بیشتر و عملکرد بهتر را ایجاب نمود و بتدریج گستردگی و تنوع تجهیزات و هزینه‌های گزاف خرید تجهیزات جدید، نیاز به برنامه‌ریزی مناسب برای خرید و از رده خارج نمودن تجهیزات فرسوده را بوجود آورد.

مدیریت دارایی در برنامه‌ریزی و بهره‌برداری سیستم توزیع از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. تجدید ساختار صنعت برق و رقابت در بازار برق موجب شده شرکت‌ها به سمت استفاده بهینه‌تر از تجهیزات خود حرکت کنند؛ در حالی که جنبه‌های فنی، اقتصادی و اجتماعی را در نظر می‌گیرند. بهبود قابلیت اطمینان سیستم قدرت، شرکت‌های برق را به سمت

<sup>۱</sup> Operational Expenditures

خاص تر، سیستم‌های انتقال و توزیع، کابل‌ها، دارایی‌های پست و منابع انرژی تجدیدپذیر انجام شده است [۱].

یک دسته‌بندی مدیریت دارایی بر مبنای حوزه زمان و حوزه فعالیت در شکل ۱ نشان داده شده است. مدیریت دارایی حوزه زمان به سه دسته بلند مدت، میان مدت و کوتاه مدت، و مدیریت دارایی حوزه فعالیت نیز به سه دسته فنی، اقتصادی و اجتماعی تقسیم می‌شود [۱].



شکل ۱: دسته‌بندی مدیریت دارایی

از جنبه دیگر، مدیریت دارایی به دو حوزه فیزیکی و غیرفیزیکی تقسیم‌بندی می‌شود [۱]:

حوزه غیرفیزیکی: از مسائل فنی مانند برنامه‌ریزی شبکه تا مسائل اقتصادی تر مانند برنامه‌ریزی سرمایه‌گذاری و بودجه‌بندی را پوشش می‌دهد و شامل استراتژی‌های تعمیر و نگهداری، شبیه‌سازی دارایی، تحلیل خطا و مدیریت دارایی آماری و ... می‌باشد.

حوزه فیزیکی: همه اجزای فیزیکی مشتمل بر سیستم توزیع و انتقال و دارایی‌های آنها مانند ترانسفورماتورها، خطوط هوایی، کابل‌های زیرزمینی، تجهیزات حفاظتی و سازه‌های نگهدارنده را پوشش می‌دهد. به طور کلی

حیاتی هستند، چگونه خریداری شده و در طول عمر خود، تعمیر و نگهداری می‌شوند، منجر به صرفه جویی در هزینه، رعایت مقررات و توسعه شرکت‌ها می‌گردد [۲].

گروه ویژه مشترک سیگره<sup>۱</sup> مدیریت دارایی را به این صورت تعریف می‌کند: "مدیریت دارایی سیستم توزیع و انتقال در بازار برق مشتمل بر تصمیم‌گیری‌های کلیدی جهت به حداکثر رساندن منافع بلند مدت است، در حالیکه با ریسک قابل قبول و قابل کنترل، سطح بالایی از خدمات را به مشتریان ارائه می‌دهد" [۱].

مطابق استاندارد ایزو، مدیریت دارایی مشتمل بر تعادل هزینه‌ها، فرصت‌ها و تهدیدات در برابر عملکرد مطلوب دارایی‌ها به منظور دست یافتن به اهداف سازمانی می‌باشد [۳].

نگهداری از تجهیزات فیزیکی و سیاست‌ها قسمت اساسی مدیریت دارایی را تشکیل می‌دهد. بررسی مراجع مرتبط نشان می‌دهد که مطالعات دقیقی در مورد تعمیر و نگهداری اجزای مختلف سیستم قدرت شامل ترانسفورماتورها، خطوط هوایی و کابل‌ها، تجهیزات حفاظتی و تجهیزات مزرعه بادی انجام شده است. استراتژی‌های نگهداری مانند تعمیر و نگهداری اصلاحی (CM)<sup>۲</sup>، تعمیر و نگهداری پیشگیرانه (PM)<sup>۳</sup> و تعمیر و نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM)<sup>۴</sup> به طور جامع مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. هدف از مدیریت دارایی تبدیل دارایی‌ها به یک جریان درآمد است و از این رو ارزیابی ریسک در مدیریت دارایی یک بخش جدایی‌ناپذیر است. از آنجا که دارایی‌ها شامل سرمایه‌گذاری مالی هستند، مطالعات زیادی در مورد ارزیابی ریسک مدیریت دارایی و به طور

<sup>۲</sup> Preventive Maintenance

<sup>۴</sup> Reliability-Centered Maintenance

<sup>۱</sup> CIGRE Joint Task Force JTF23.18

<sup>۲</sup> Corrective Maintenance

گوناگون دارایی‌ها چالش برانگیز است و باید به سمت یکپارچه‌سازی این سیستم‌ها حرکت کرد. افزایش نیازمندی‌های قابلیت اطمینان توان تحویلی به مشترکین به همراه تجهیزات جدید در شبکه‌های هوشمند از قبیل کنتورهای هوشمند، خودروهای الکتریکی، سلول‌های خورشیدی و توربین‌های بادی، شبکه توزیع کنونی را به مراتب پیچیده‌تر نموده است که این امر منجر به فرایند مدیریت دارایی پیچیده‌تری خواهد شد. ولی این پیچیدگی به وسیله دسترسی به داده‌های بسیار بیشتر از دارایی‌ها و حوادث کاهش می‌یابد. این داده‌ها توسط فناوری‌های سنسورها، زیرساخت‌های مخابراتی و سیستم‌های مدیریت اطلاعات<sup>۱</sup>، که از عناصر اصلی توسعه شبکه‌های هوشمند هستند، در دسترس می‌باشند [۴-۶].

### ۳-۲- اجزای مدیریت دارایی شبکه هوشمند

در گذشته، بیشتر اطلاعات پایش وضعیت در سیستم‌های مجزا پیاده‌سازی می‌شد که به عنوان مثال، وضعیت ترانسفورماتور یا کلید قدرت را پایش می‌کردند. یکی از اهداف شبکه هوشمند، در دسترس قرار دادن بیشتر اطلاعات برای محدوده وسیع‌تری از کاربردها، از جمله مدیریت دارایی می‌باشد.

محدودیت در پهنای باند سیستم مخابراتی بین تجهیزات و شرکت برق و کمبود استانداردهای مربوطه برای به اشتراک گذاشتن و مدیریت داده‌ها منجر به محدودیت در استفاده کامل از این داده‌ها برای مدیریت دارایی می‌گردد. داده‌های سیستم از طریق شبکه مخابراتی گسترده در دسترس است. یکپارچه‌سازی داده‌ها بر اساس استاندارد IEC CIM<sup>۲</sup> می‌باشد تا اینکه داده‌ها برای کاربردهای مختلف به اشتراک

ترانسفورماتور برق به عنوان یکی از مهم‌ترین و گران‌ترین اجزای شبکه در نظر گرفته می‌شود. به همین جهت، تحقیقات زیادی در خصوص ارزیابی وضعیت، سلامتی و پیری ترانسفورماتورها انجام شده است. با افزایش نفوذ منابع انرژی تجدیدپذیر در شبکه، نیروگاه‌های بادی و خورشیدی نیز بخشی از مدیریت دارایی می‌باشند.

در این شرایط، چیزی که حوزه‌های فیزیکی و غیر فیزیکی مدیریت دارایی را به هم پیوند می‌دهد، مدیریت داده است. با ظهور ابزارهای محاسباتی و کنتورهای هوشمند، حجم عظیمی از داده‌ها توسط شرکت‌های برق جمع‌آوری می‌شود که برای بهبود عملکرد دارایی‌ها و یا سیاست‌های نگهداری استفاده می‌شوند. در دهه گذشته، کاربرد فناوری اطلاعات (IT) در مدیریت داده به عنوان بخشی از مدیریت دارایی به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است.

### ۳- مدیریت دارایی در شبکه هوشمند

#### ۳-۱- ظهور شبکه هوشمند و تأثیر بر مدیریت دارایی

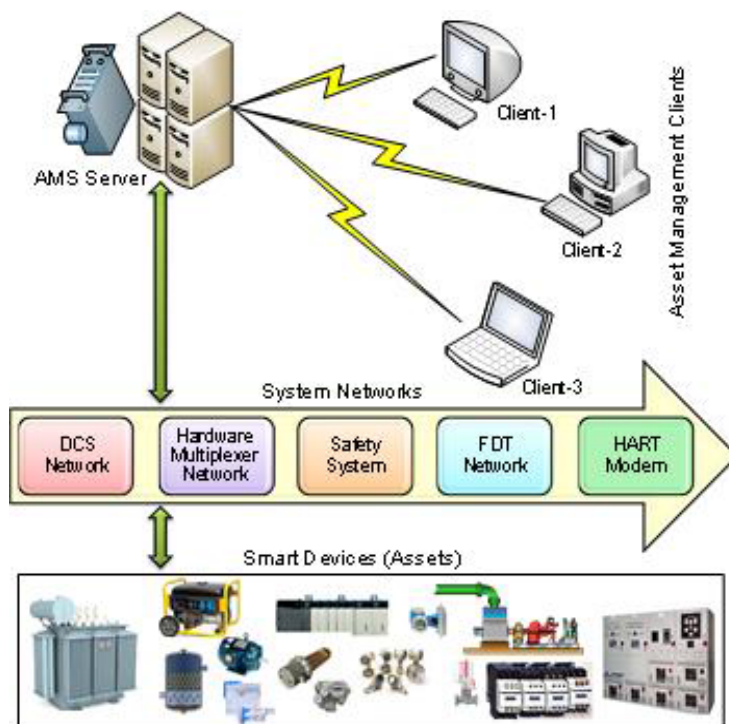
تغییر الگوهای مصرف (خودروهای الکتریکی و انواع و سایل و دستگاه‌های جدید)، وجود سنسورها و تجهیزات تله‌متری نوین (کنتورهای هوشمند، تجهیزات خانه هوشمند و...)، شناخت دقیق‌تر توپولوژی شبکه توزیع، وجود منابع تولید پراکنده و تجهیزات کلیدزنی هوشمند از جمله مهم‌ترین عواملی هستند که شرکت‌ها را به سمت مدیریت کارآمدتر شبکه توزیع برای داشتن شبکه هوشمند سوق می‌دهند. در نتیجه دارایی‌های جدیدی در شبکه توزیع هوشمند وجود دارند که قبلاً وجود نداشته‌اند. در این شرایط، استفاده از سیستم‌های فناورانه مختلف با تعداد زیاد تعاملات و انواع

<sup>۲</sup> Common Information Model

<sup>۱</sup> Information Management System

یک طرح نمونه از سیستم مدیریت دارایی در شبکه توزیع هوشمند در شکل ۲ نشان داده شده است [۷]. همانطور که ملاحظه می شود این سیستم متشکل از دارایی ها و تجهیزات هوشمند برای جمع آوری اطلاعات، سیستم های مخابراتی و ارتباطی برای انتقال اطلاعات و سرورها و سیستم کنترل مرکزی است. همچنین بحث امنیت سایبری در سیستم های مخابراتی شبکه های هوشمند برای ارسال داده های جمع آوری شده از تجهیزات به سیستم مدیریت دارایی از اهمیت ویژه ای برخوردار است که باید مورد توجه قرار گیرد.

گذاشته شوند. تحلیل ها نیز این اطلاعات را پردازش و ارزیابی می کنند تا عملکرد و نگهداری دارایی های شبکه را بهینه کنند [۶]. البته استانداردهای یکپارچه سازی مرسوم برای تبادل اطلاعات دارایی مانند IEC 61968 و MultiSpeak نیز مورد استفاده قرار می گیرد. اخیراً توسعه معماری های یکپارچه سازی استاندارد مانند Microsoft SERA<sup>۱</sup> به ابزارهای یکپارچه سازی سیستم های دارایی اضافه شده است [۵]. استفاده از واسطها و پروتکل های مخابراتی استاندارد بین المللی، امکان سازگاری، توسعه پذیری و قابلیت همکاری<sup>۲</sup> بیشتر بین سیستم های مختلف را فراهم می کند.

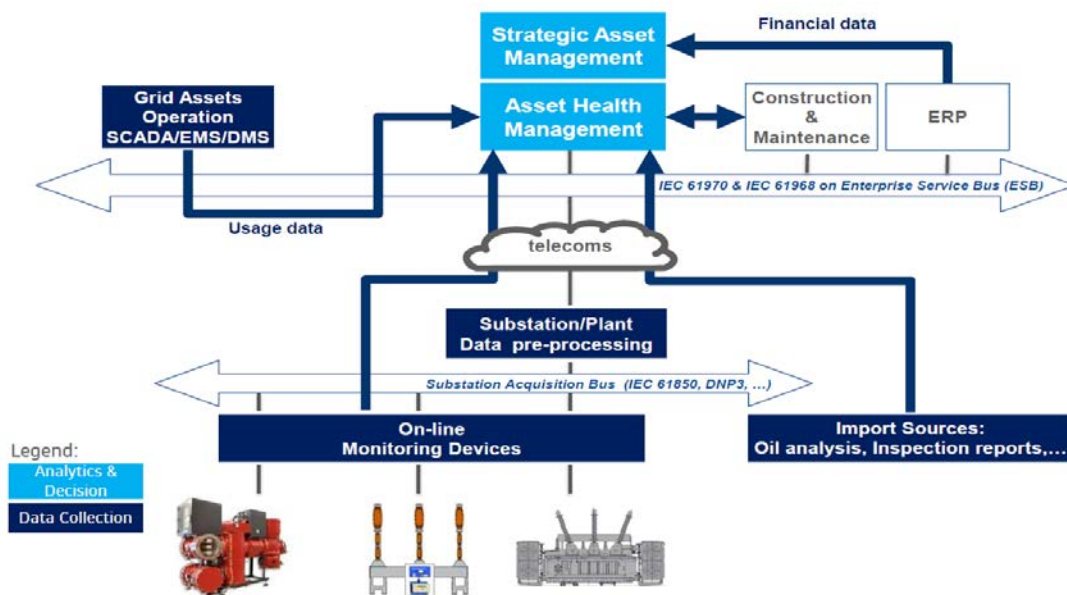


شکل ۲: معماری سیستم مدیریت دارایی برای شبکه توزیع هوشمند

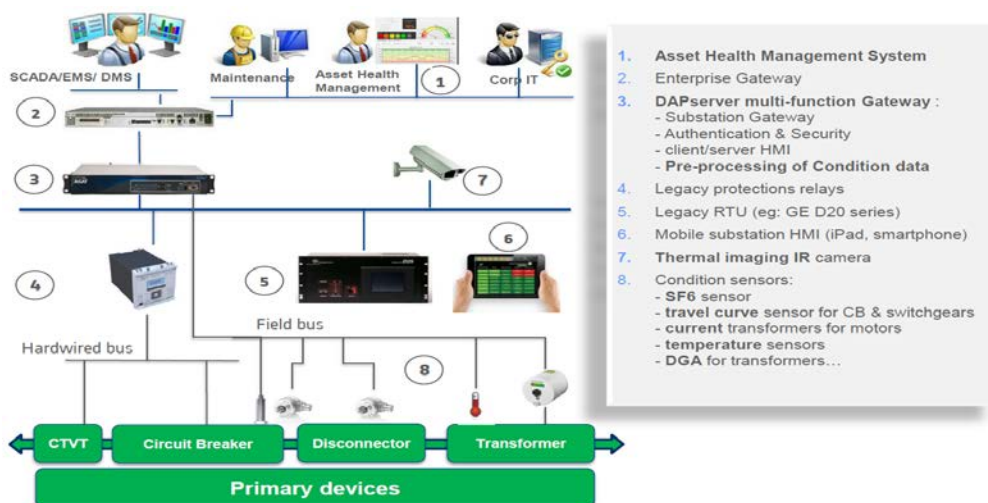
<sup>۲</sup> Interoperability

<sup>۱</sup> Smart Energy Reference Architecture





شکل ۳: سیستم مدیریت دارایی شرکت آستوم



شکل ۴: سیستم مخابراتی مدیریت دارایی شرکت آستوم

شرکت های برق ابزارهای نرم افزاری متعددی برای مدیریت دارایی هایشان در اختیار دارند؛ از جمله سیستم مدیریت دارایی/ کار که به عنوان مدیریت دارایی بنگاه (EAM) نیز شناخته می شود، سیستم GIS، سیستم برنامه ریزی، سیستم اسکادا و سیستم مدیریت توزیع (DMS)¹. مدیریت این سیستم های مختلف که اغلب به صورت مجزا از هم و توسط بخش های مختلف سازمان

شکل ۳ سیستم مدیریت دارایی ارائه شده توسط شرکت آستوم، از جمع آوری داده ها تا فناوری اطلاعات (IT)، را نمایش می دهد [۸]. همچنین سیستم مخابراتی و ارتباطی بین سنسورها و سیستم مدیریت دارایی ارائه شده توسط شرکت آستوم در شکل ۴ نشان داده شده است [۸].

¹ Distribution Management System

پیاده‌سازی می‌شوند یکی از چالش‌های شرکت برق است [۴-۵].

به طور کلی، تجهیزات زیر می‌توانند برای جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز جهت مدیریت دارایی شبکه هوشمند مورد استفاده قرار گیرند:

#### ۱- انواع سنسورها

سنسورهای متنوعی برای پایش وضعیت تجهیزات شبکه وجود دارد؛ از قبیل سنسور آکوستیک، دوربین مادون قرمز، دوربین کرونا و ... در گذشته اندازه‌گیری‌های پارامترهای مختلف با استفاده از سنسورهای سیمی و وسایل جمع‌آوری سیمی به علت خطرات الکتریکی ناشی از حضور ولتاژ فشار متوسط در اطراف سنسورهای نصب‌شده، واقعاً مشکل‌زا بودند. از مهمترین فناوری‌های مرتبط با اندازه‌گیری پارامترهای تجهیزات، از جمله ترانسفورماتورهای توزیع، استفاده از انواع سنسورهای خود تغذیه می‌باشد. این سنسورهای بی‌سیم<sup>۱</sup> می‌توانند به صورت مستقیم در اکتیو پارت ترانسفورماتور و یا بخش‌های رابط (نظیر اتصالات فشار ضعیف و فشار متوسط) قرار بگیرند. این سنسورها از طریق عبور جریان ترانسفورماتور خود تغذیه هستند. با استفاده از سنسورهای بی‌سیم و خود تغذیه شونده، ریسک الکتریکی مجموعه در سمت فشار متوسط (تفاوت ولتاژ، فاصله خزشی، فواصل عایقی به دلیل عبور سیم) و هزینه‌های نصب کاهش پیدا کرده و یک رویکرد با نصب راحت ایجاد می‌شود. همچنین سیستم جمع‌آوری داده می‌تواند به هر شبکه‌ای متصل شود و می‌توان اطلاعات الکتریکی تجهیز را به صورت زمان حقیقی و از یک مکان دنبال نمود [۹].

#### ۲- کنتورهای هوشمند

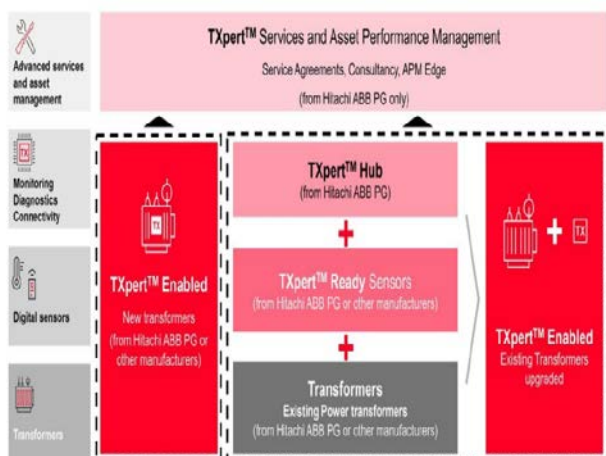
کنتور هوشمند جلوه آشکاری از زیرساخت جدید ICT است که جهت بهبود کارایی انرژی، توسعه داده شده و نقش بسزایی در ایجاد بستر لازم برای پیاده‌سازی شبکه هوشمند دارد. با استفاده از داده‌های زیاد و به‌روزی که از طریق کنتورهای هوشمند در دسترس است (از قبیل جریان، ولتاژ، توان و ...)، می‌توان اطلاعات قابل توجهی از وضعیت شبکه و تجهیزات آن به‌دست آورد و اقدامات مؤثری در جهت مدیریت دارایی‌های شبکه انجام داد. به عنوان مثال، وضعیت بارگیری ترانسفورماتورها و خطوط و در نتیجه تنش وارده به تجهیزات، تعیین محدوده و محل خطا، وضعیت کیفیت توان و ... به کمک داده‌های کنتورهای هوشمند قابل استخراج، تحلیل و استفاده در سیستم مدیریت دارایی می‌باشد.

#### ۳- تجهیزات الکترونیکی هوشمند (IED)<sup>۲</sup>

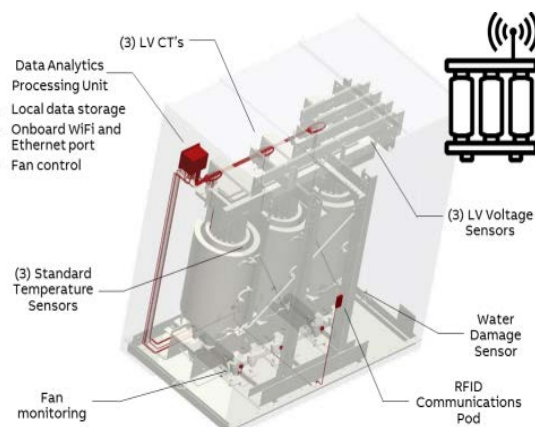
یکی از سنسورهای رایج در هر شبکه‌ای، IED ها و رله‌های حفاظتی دیجیتال هستند. این رله‌ها حجم زیادی از اطلاعات که فراتر از نیاز سیستم حفاظت است در اختیار دارند؛ از جمله ثبت خطاها، ثبت توالی حوادث، محاسبه I2t، اندازه‌گیری فازور سنکرون، وضعیت و زمان‌بندی کنتاکت کلید و ... این داده‌ها می‌توانند برای مدیریت دارایی تجهیزات مورد استفاده قرار گیرند. به عنوان مثالی ساده، با جمع مقادیر I2t هر کلید در طول زمان می‌توان الگوریتمی برای تعمیر و نگهداری کلید تعیین نمود. همچنین با پایش مقادیر زمان‌بندی کنتاکت کلید و سرعت باز و بسته شدن کنتاکت‌ها، می‌توان کلیدهایی را که

<sup>۲</sup> Intelligent Electronic Devices

<sup>۱</sup> Wireless



شکل ۵: اینفوگرافی سیستم TXpert™ شرکت ABB



شکل ۶: پیاده سازی رویکرد TXpert™ بر روی ترانسفورماتور توزیع خشک



شکل ۷: شمایی از CoreTec™ 4 در سیستم TXpert™



شکل ۸: ربات TXplore™ در سیستم TXpert™

عملکرد کندی دارند در برنامه تعمیر و نگهداری قرار داد [۶].

بدیهی است هر یک از تجهیزات قدرت موجود در شبکه هوشمند از قبیل ترانسفورماتور، خط هوایی، کابل زیرزمینی، پست و ... سیستم‌های متنوعی برای پایش و نظارت دارند. بسیاری از شرکت‌های پیشرو در این زمینه، فناوری‌های جدیدی ارائه نموده‌اند. علیرغم هوشمند و نوین بودن این سیستم‌ها و فناوری‌ها، با توجه به اینکه مختص شبکه‌های هوشمند نیستند و می‌توانند در شبکه‌های توزیع مرسوم نیز مورد استفاده قرار بگیرند، بنابراین به جزئیات آنها پرداخته نمی‌شود. یکی از این نمونه‌ها ترانسفورماتور توزیع دیجیتال TXpert™ شرکت ABB به همراه سیستم پایش وضعیت و تشخیص عیب (TXpert™ Hub و CoreTec™)، سنسورهای متنوع (سنسور هیدروژن و رطوبت، پایش بوشینگ، سنسور دمای روغن، سنسور دمای سیم‌پیچ و ...)، نرم‌افزار مدیریت عملکرد دارای (APM Edge)، ربات بازرسی (TXplore™) که می‌تواند از داخل ترانسفورماتور بخش‌های مختلف آن عکس و فیلم تهیه نموده و برای پایش وضعیت و تشخیص خطا مورد استفاده قرار گیرد) و ... می‌باشد که به منظور بهبود مدیریت دارای ترانسفورماتور ارائه شده است. شرکت ABB سیستم Wi-Fi را در ترانسفورماتور توزیع دیجیتال گنجانده است تا مشتریان قادر به بازیابی داده‌ها و خروجی‌های تحلیلی باشند. سخت‌افزارهای TXpert™ از خود ترانسفورماتور تغذیه شده و بنابراین هیچ اقدام اضافی در مورد نصب و انرژی سانی مورد نیاز نیست. بخش‌هایی از این سیستم در شکل‌های ۵ تا ۸ نشان داده شده است [۱۰].

۳-۳-۱ استفاده از فناوری‌های نوین در مدیریت دارایی

شبکه هوشمند

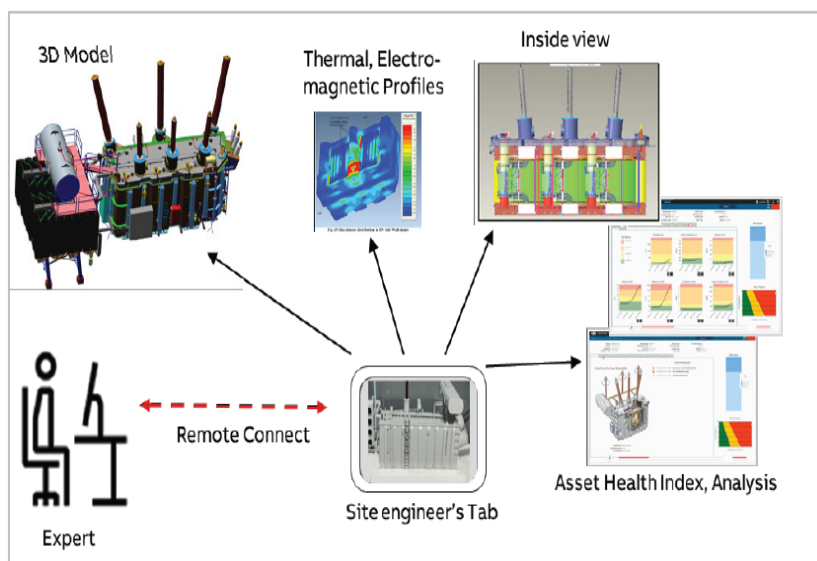
۳-۳-۱- واقعیت افزوده (AR)<sup>۱</sup> و واقعیت مجازی

(VR)<sup>۲</sup>

فناوری‌های AR و VR از جمله فناوری‌های جدیدی هستند که می‌توانند در آینده شبکه‌های هوشمند مورد استفاده قرار گیرند. با استفاده از فناوری VR یک شخص می‌تواند در حالیکه در دفتر کار خود نشسته است، بازدید از تأسیسات برقی (پست، تجهیزات و ...) داشته باشد و نحوه طراحی، کار و بهبود و تقویت عملکرد آن را درک کند.

فناوری AR نیز به مهندسان و خصوصاً تکنیسین‌های تعمیر و نگهداری کمک می‌کند همه اطلاعات درباره یک

دارایی شامل طراحی، ساخت، تست و سابقه عملکرد و تعمیر و نگهداری را به دست آورند. در واقع، AR دنیای فیزیکی را به اطلاعات دیجیتال پیوند می‌دهد. به عنوان مثال، یک تکنیسین با نگاهی به یک ترانسفورماتور بحرانی می‌تواند مشخصات فنی، دفترچه راهنما، مدل سه بعدی، پروفیل‌های دمای طراحی و الکترومغناطیسی، اسکن حرارتی، وضعیت/شاخص سلامت دارایی در لحظه و سابقه تعمیر و نگهداری آن را با چند کلیک بر روی تبلت خود مشاهده نماید، علت ریشه‌ای خرابی و اندازه‌گیری‌ها را به منظور بهبود عملکرد تحلیل کند و از راه دور با کارشناس متخصص ارتباط برقرار کند. همه این اقدامات منجر به بهبود مدیریت دارایی مربوطه خواهد شد. شمایی از کاربرد فناوری AR در مدیریت دارایی در شکل ۹ نشان داده شده است [۱۱-۱۲].



شکل ۹: شمایی از کاربرد فناوری AR در مدیریت دارایی

۳-۳-۲ پهپاد<sup>۳</sup> و هواپیمای بدون سرنشین<sup>۴</sup>

این تجهیزات در واقع ماشین‌های جمع‌آوری اطلاعات هستند و برای بازرسی دارایی‌ها (تجهیزات،

<sup>۳</sup> Unmanned Aerial Vehicle: UAV

<sup>۴</sup> Drone

<sup>۱</sup> Augmented Reality

<sup>۲</sup> Virtual Reality

همچنین در خطوط و دکل های برق نیز به دلیل خطر افتادن پرسنل و خطرات برق گرفتگی و همچنین مشکل دسترسی در مناطق صعب العبور، استفاده از این تجهیزات بسیار مفید خواهد بود [۱۵].

#### ۴- نتیجه گیری

بر اساس آنچه بیان شد با استفاده از سنسورهای نوین، کتورهای هوشمند، رله های حفاظتی نومیکنال، سیستم های مخابراتی پیشرفته، ابزارهای بازرسی و تجهیزات پایش وضعیت موبایل، فناوری های AR و VR، پهپادها و هواپیماهای بدون سرنشین، در کنار سیستم های GIS، SCADA، DMS و همچنین استفاده از ابزارهای تحلیل داده از قبیل سیستم های مبتنی بر رایانش ابری<sup>۱</sup>، هوش مصنوعی<sup>۲</sup>، یادگیری ماشین<sup>۳</sup> و ...، خصوصاً در شبکه هوشمند که حجم بسیار زیادی از داده ها در دسترس است، می توان به یک سیستم مدیریت دارایی هوشمند دست یافت.

#### ۵- مراجع

[1] S. R. Khuntia, J. L. Rueda, S. Bouwman, and M. A. M. M. van der Meijden, "A Literature Survey on Asset Management in Electrical Power [Transmission and Distribution] System," International Transactions on Electrical Energy Systems. 2016.

[2] O. Groen, "Strategic Asset Management for Utilities - Optimising the Business of Electricity Transmission and Distribution," CIRED, 17<sup>th</sup> International Conference on Electricity Distribution, Barcelona, 12-15 May 2003.

استراکچرها و ... ) می توانند مورد استفاده قرار گیرند؛ خصوصاً در جاهایی که دسترسی محدود است یا حضور انسان، خطرناک، دشوار یا غیر ممکن است. طبیعتاً استفاده از این تجهیزات منجر به صرفه جویی قابل توجهی در زمان و هزینه های بازرسی خواهد شد. ادغام پهپاد و هواپیمای بدون سرنشین با سیستم مدیریت دارایی، درک واقعی و به موقعی از شرایط دارایی مورد نظر را در پی خواهد داشت [۱۳].

از منظر شبکه هوشمند، پهپادها و هواپیماهای بدون سرنشین در مزارع خورشیدی، مزارع بادی، خطوط و دکل های برق، برج های مخابراتی، ساختمان ها و تأسیسات و ... قابل استفاده می باشند. یکی از منابع اطلاعاتی مهم برای مدیریت دارایی نیروگاه های فتوولتائیک و مزارع خورشیدی، بازرسی به وسیله پهپاد است که عموماً دو نوع تصویر فراهم می آورند: تصاویر قابل رؤیت در کانال های قرمز-سبز-آبی (RGB)، و تصاویر مادون قرمز. البته اطلاعات در یافتی از این پهپادها باید به خوبی ساختاردهی و شاخص گذاری شوند تا داده های مناسب از آنها استخراج گردد [۱۴].

این تجهیزات علاوه بر گرفتن تصاویر قابل رؤیت استاندارد، قادرند برای مشخص کردن اینکه کدام پنل خورشیدی دچار خطا یا گرم شدن بیش از حد شده است، تصاویر حرارتی نیز تهیه کنند. در توربین های بادی که هم ارتفاع برج و هم طول پره ها بسیار زیاد و دسترسی به آن مشکل، خطرناک و هزینه بر است، و

<sup>۲</sup> Machine Learning

<sup>۱</sup> Cloud computing

<sup>۲</sup> Artificial Intelligence



Intelligence, Augmented Reality and Virtual Reality,” IEEE Petroleum and Chemical Industry Technical Conference (PCIC), 2018.

[13] K. Price, “Drones for asset management,” FMJ, the official magazine of the International Facility Management Association (IFMA), 2017, Available online at: <https://www.fmlink.com/articles/drones-asset-management/>

[14] A. Niccolai, F. Grimaccia and S. Leva, “Advanced Asset Management Tools in Photovoltaic Plant Monitoring: UAV-Based Digital Mapping,” Energies, 2019.

[15] “Drones for Asset Inspection: 9 Use Cases,” Available online at: <https://comparesoft.com/asset-management-software/blog/drones-asset-inspection-9-use-cases/>

[3] D. Nieto, J. C. Amatti, and E. Mombello, “Review of Asset management in Distribution Systems of Electric Energy,” 24<sup>th</sup> International Conference on Electricity Distribution (CIRED), 12-15 June 2017.

[4] C. M. Jung, P. Ray, and S. R. Salkuti, “Asset management and maintenance: a smart grid perspective,” International Journal of Electrical and Computer Engineering, vol. 9, no. 5, October 2019.

[5] “Preparing for the Future: How Asset Management Will Evolve in the Age of the Smart Grid,” Schneider Electric White Paper, June 2012.

[6] P. Myrda and M. McGranaghan, “Grid Enabled Asset Management,” CIRED Workshop, 7-8 June 2010.

[7] Y. V. Pavan Kumar, “Overview On Role Of Asset Management Systems For Smart Microgrids,” International Journal of Scientific & Technology Research, vol. 8, no. 11, November 2019.

[8] P. G. Suarez, “Asset Management of Electrical System,” Alstom, 2015.

[۹] "گزارش تخصصی حوزه پژوهش-فناوری با موضوع مدیریت عمر و فناوری‌های نوین ترانسفورماتورهای توزیع"، پژوهشگاه نیرو، پژوهشکده توزیع، آبان ۱۳۹۹.

[10] TXpert™ Ecosystem, Hitachi ABB Power Grids, Available online at: <https://www.hitachiabb-powergrids.com/cn/en/offering/product-and-system/transformers/the-txpert-ecosystem/>

[11] “Power Digital Experience Center – Enabling a stronger, smarter, greener grid,” ABB, 2020.

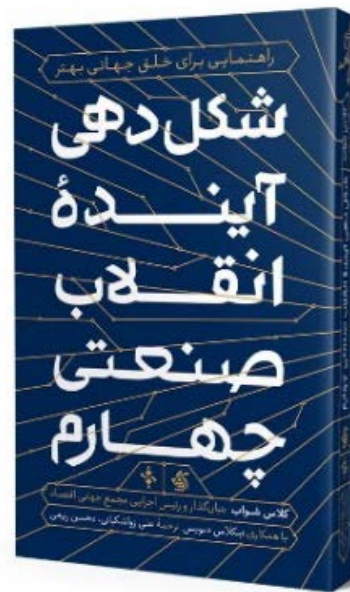
[12] L. Renforth, R. Giussani, and M. T. Mendiola, “A Smart Condition Monitoring System for HV Networks with Artificial

## تازه‌های نشر - معرفی کتاب

انقلاب به طور کلی بازار کار آینده را تغییر خواهد داد و باعث تغییر شکل بسیاری از مشاغل خواهد شد. فناوری‌های صنعتی نه تنها مدل‌های کسب‌وکار، بلکه حاکمیت، اقتصاد، کل جامعه و زندگی ما را از پایه، تغییر خواهند داد.

"کلاوس شواب" در کتاب انقلاب صنعتی چهارم، ابتدا سه انقلاب صنعتی قبلی و نتایجش را به شکل مختصر توضیح می‌دهد. سپس چهارمین انقلاب صنعتی، فرصت‌ها و چالش‌هایش را تعریف می‌کند. نهایتاً ۱۲ گروه فناوری‌های جدیدی که همراه انقلاب صنعتی چهارم وارد زندگی ما خواهند شد را معرفی کرده است. در بخش آخر هم توضیح می‌دهد که ما چطور می‌توانیم هدایت این انقلاب را به دست بگیریم و اثراتش بر زندگی خود را کنترل کنیم.

پروفسور کلاوس شواب بنیانگذار و رئیس انجمن جهانی اقتصاد جمع جهانی اقتصاد است. این مجمع، محلی است که مهم‌ترین و بزرگ‌ترین رهبران اقتصادی و سرمایه‌داران دنیا دور هم جمع می‌شوند و درباره‌ی مسائل مهم اقتصادی و جهانی تصمیم‌گیری می‌کنند.



عنوان کتاب: "شکل‌دهی آینده انقلاب صنعتی چهارم"

عنوان انگلیسی کتاب:

"Shaping the Future of the Fourth Industrial Revolution"

نویسنده: کلاوس شواب

مترجم: علی زواشکیانی، محسن ربیعی

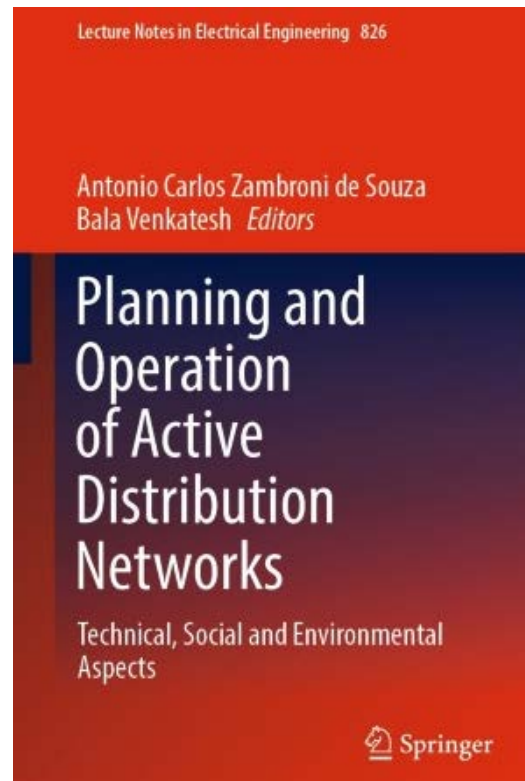
انقلاب صنعتی چهارم و اثراتش یکی از مسائل روز دنیاست که کیفیت زندگی و جایگاه ما در آینده را تعیین می‌کند. بعد از این انقلاب دیگر همه چیز برای همیشه تغییر خواهد کرد و نظم جدیدی بر دنیا حاکم خواهد شد. کسانی که می‌خواهند در این دنیای جدید، پیشگام باشند مدت‌هاست که شروع به مطالعه، درباره‌ی فناوری‌های این انقلاب و اثراتش کرده‌اند و در حال آماده‌سازی زیرساخت‌های فنی و تغییرات ساختارهای آموزشی خود هستند. تغییرات تکنولوژی ناشی از چهارمین انقلاب صنعتی، تمام جنبه‌های زندگی فردی، حرفه‌ای و زیست‌محیطی ما را دگرگون خواهند کرد. این

## تازه‌های نشر - معرفی کتاب

حالی که مهندسان برق ممکن است برخی از مطالبی که می‌تواند برای فعالیت حرفه‌ای آنها ضروری باشد را از این کتاب بیاموزند.

فهرست مطالب کتاب به شرح ذیل است:

- مقدمه-پیشرفت‌ها و چالش‌ها در شبکه‌های توزیع فعال
- بازارهای خرده‌فروشی برق برای شبکه‌های توزیع فعال
- جنبه‌های عملی شبکه‌های توزیع فعال
- تجزیه و تحلیل قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع فعال
- نقش وسایل نقلیه الکتریکی در شبکه‌های هوشمند
- سیستم‌های ذخیره انرژی باتری برای کاربردها در شبکه‌های توزیع
- بهینه‌سازی شبکه‌های هوشمند: تقاضاها و روش‌ها
- پخش بار در ریزشبکه‌ها
- عملکرد و کنترل ریزشبکه: از حالت متصل به شبکه به حالت جزیره‌ای
- ظرفیت میزبانی و استراتژی‌های زمین در ریزشبکه‌ها
- اندازه‌گیری هوشمند در شبکه‌های توزیع: تکامل و کاربردها
- ارتباطات در شبکه‌های توزیع فعال
- نقش مکمل منابع تجدیدپذیر
- تخمین حالت و شبکه‌های توزیع فعال
- ریزشبکه‌های DC برای ارائه خدمات جانبی
- پایداری و سیستم‌های انرژی قابل
- نقش شبکه‌های هوشمند در مساله انتشار کربن کم
- نگاه جامع به شبکه‌های هوشمند
- روندهای آتی و آنچه باید انتظار داشت



عنوان کتاب: "طراحی و بهره‌برداری شبکه‌های توزیع فعال"

عنوان انگلیسی کتاب:

"Planning and Operation of Active Distribution Networks"

سال انتشار: ۲۰۲۲

این کتاب دیدگاه گسترده و مفصلی در مورد چگونگی تکامل شبکه‌های توزیع سنتی در سیستم‌های هوشمند/فعال ارائه می‌دهد. خواننده می‌تواند از دیدگاه تعدادی از محققانی که مستقیماً در این زمینه فعال هستند، بهره‌گیرد. برای این منظور، بحث‌های تئوری با ارائه ابزارهای نظری و محاسباتی آرایه می‌شود. یک دانشجوی کارشناسی ارشد رشته برق ممکن است در این کتاب با برخی از مفاهیم که در طول فرآیند فارغ‌التحصیلی خود در دسترس نیستند آشنا شود، در

مرور اتفاقات ۱۴۰۰

فروردین:

۳۰

وبینار تارا خیامیم با عنوان " تعیین الزامات، تجهیزات و حفاظت مورد نیاز برای ایستگاه‌های شارژ خودروی برقی و نحوه تغییر در پارامترهای طراحی شبکه توزیع کلان‌شهرها با حضور ایستگاه‌ها"



اردیبهشت:

۲۰

برگزاری کمیسیون فنی مرحله دوم پروژه "تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه طرح کلان توسعه فناوری نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق" توسط خانم مهندس تارا خیامیم

خرداد:

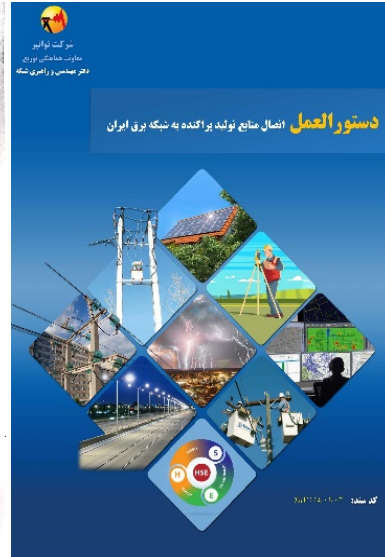
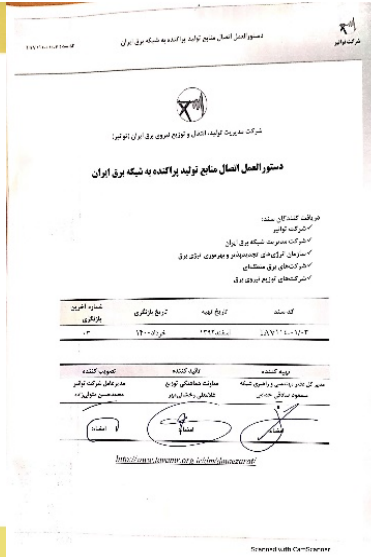
۲۳

شروع همکاری آقای دکتر سید سعید طاهری به عنوان عضو هیئت علمی گروه



تیر

۷ ابلاغ "دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه برق ایران" و پنج پیوست آن توسط مدیر عامل محترم شرکت توانیر حاصل از پروژه‌های به مدیریت آقای دکتر امیرحسین محمدزاده نیاکی



مرداد:

شهریور:

۱۰ ابلاغ قرارداد برنامه جامع پژوهشی پنج ساله طرح بهتام آقای دکتر بیژن علیزاده ملفه با عنوان "پیاده‌سازی سخت‌افزاری-نرم‌افزاری دستگاه Merging Unit"



۱۳ وینار امیرحسین محمدزاده نیاکی با عنوان "تعیین شرایط فنی اتصال به شبکه انواع منابع تولید پراکنده"

مهر:

۱۹ و ۲۰ شرکت همکاران گروه در همایش "کد شبکه و اهمیت آن"



آبان:

۱۲ برگزاری کمیسیون فنی مربوط به مراحل دوم و سوم پروژه "شناسایی امکانات آزمایشگاه-های حوزه انتقال کشور به منظور نیاز سنجی و اولویت بندی راه اندازی و توسعه آزمایشگاه-های مورد نیاز و تدوین برنامه و اقدامات لازم جهت توسعه شبکه آزمایشگاهی" توسط آقای دکتر آرمان صفایی

آذر:

۷ خاتمه پروژه "تدوین ضوابط فنی راه اندازی و تعمیر و نگهداری پیشگیرانه (PM) تجهیزات پست های عایق گازی (GIS)" به مدیریت آقای دکتر آرمان صفایی



۱۸-۱۶ شرکت آقای دکتر امیرحسین محمدزاده نیکی در یازدهمین کنفرانس شبکه های هوشمند انرژی و ارایه مقاله پذیرفته شده (آنلاین)



۱۸-۱۶ شرکت خانم دکتر سارا خیامیم در یازدهمین کنفرانس شبکه های هوشمند انرژی و ارایه مقاله پذیرفته شده (آنلاین)



۱۸-۱۶ ارایه کارگاه تخصصی توسط خانم دکتر سارا خیامیم در یازدهمین کنفرانس شبکه های هوشمند انرژی و ارایه مقاله پذیرفته شده (آنلاین)

۲۹ برگزاری کمیسیون فنی مرحله سوم پروژه "تدوین سند راهبردی و نقشه راه طرح کلان توسعه فناوری نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق" توسط خانم مهندس تارا خیامیم

دی:

۱ شرکت گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست در جشنواره پژوهش و فناوری وزارت نیرو و ارائه دستاوردهای گروه  
۲۰ برگزاری جلسه AAR پروژه با عنوان "تدوین ضوابط فنی راه اندازی و تعمیر و نگهداری پیشگیرانه (PM) تجهیزات پست های عایق گازی (GIS)" به مدیریت آقای دکترآرمان صفایی

بهمن:

۹ برگزاری کمیسیون فنی مرحله چهارم پروژه "تدوین سند راهبردی و نقشه راه طرح کلان توسعه فناوری نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق" توسط خانم مهندس تارا خیامیم

۱۲ ارائه نتایج بدست آمده از پروژه "تدوین سند راهبردی و نقشه راه طرح کلان توسعه فناوری نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق" در کمیته ملی راهبری مدیریت دارایی های فیزیکی توسط خانم مهندس تارا خیامیم

خیامیم

### اعضای شرکت کننده :

**اعضای کمیته مداف:** آقایان دکتر صادقی - دکتر فرمد - مهندس سعیدی - دکتر حشمتی - مهندس نایب - مهندس اسدی - خانم سلامت نیا - خانم مهندس کلانتر هرمزی

**مدعوین:** نمایندگان محترم پژوهشگاه نیرو ( آقای دکتر کیلوانزاد - خانم مهندس خیامی )

### موارد قابل طرح : جلسه شماره ۲۰

موضوع شماره ۱	ارائه کننده	مدت زمان ارائه
ارائه سند راهبردی نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع ( چشم انداز ، اهداف و اقدامات سند )	نماینده پژوهشگاه نیرو	۸:۳۰ تا ۹
موضوع شماره ۲		
بحث و تبادل نظر در خصوص بهره مندی از ظرفیت پژوهشگاه نیرو بمنظور پیگیری موضوعات مرتبط با استقرار نظام مدیریت دارایی های فیزیکی	اعضای کمیته	۹ تا ۸:۳۰

تهیه کننده : سلامت نیا ( دبیر کمیته )  
تاریخ تنظیم : ۱۴۰۰/۱۱/۰۹



۱۸ ابلاغ "دستورالعمل‌های تعیین الزامات، معیارهای ارزیابی فنی و آزمونهای مقره‌های کامپوزیتی فشار متوسط" حاصل از پروژه‌های به مدیریت آقای مهندس هادی نوروزی



اسفند:

۲ ارائه پروژه "انجام مطالعات برای ارائه یک ابزار بومی یکپارچه برای برنامه‌ریزی انرژی" در جلسه شورای پژوهش و فناوری پژوهشکده انتقال توسط آقای دکتر سیدسعید طاهری و تصویب آن.



۱۷ ماموریت یزد و دریافت مقره های نمونه جهت آزمون در پروژه "بررسی میزان آسیب دیدگی مقره های سیلیکونی نصب شده در استان یزد در اثر تابش اشعه UV و تخمین عمر باقیمانده" توسط آقای مهندس هادی نوروزی

۱۸ رایه پروژه "مطالعه و بررسی تابع حفاظت دیفرانسیل خط انتقال و تهیه مشخصات فنی اجرایی آن" در شورای پژوهش و فناوری پژوهشکده انتقال توسط آقای دکتر امیرحسین محمدزاده نیاکی و تصویب آن

- ۲۱ شرکت در "ششمین کنفرانس بین المللی تحقیقات بین رشته ای در مهندسی برق، کامپیوتر، مکانیک و مکاترونیک در ایران و جهان اسلام" و ارائه مقاله توسط آقای دکتر سید سعید طاهری در رابطه با طراحی و ساخت یک کنتور مجتمع هوشمند با قابلیت کنترل از راه دور
- ۲۵ برگزاری کمیسیون فنی مراحل پنجم و ششم پروژه "تدوین سند راهبردی و نقشه راه طرح کلان توسعه فناوری نگهداری و تعمیرات تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق" توسط خانم مهندس تارا خیامیم
-

