



## معاونت پژوهشی

### فرم خلاصه فارسی طرح / پروژه

کد سند: RO-S-F-27-04

تاریخ صدور: ۱۳۹۹/۴/۲۲

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۱

**عنوان طرح/پروژه:** مطالعه، بررسی و تهیه دستورالعمل‌ها، استانداردها و آزمایشات مورد نیاز تجهیزات الکترونیک قدرت

پژوهشگاه نیرو	<b>کارفرما:</b>	طرح توسعه فناوری تجهیزات الکترونیک قدرت در شبکه توزیع برق کشور	<b>واحد مجری:</b>
احمد اسماعیلی	<b>مجری:</b>	سارا لالی	<b>مدیر طرح/پروژه:</b>
PPEEPN04	<b>کد کیفی پروژه:</b>	146105	<b>کد مالی پروژه:</b>
فناوری	<b>معاونت:</b>	تحقیقاتی	<b>نوع طرح/پروژه:</b>

**همکاران:** ابراهیم بابائی، سارا لالی، حامد نازی، یاسر بابازاده، ویدا رنجبری زاد

### کلمات کلیدی:

الکترونیک قدرت، مبدل استاتیکی، توان راکتیو، جبران‌ساز، اینورتر، ادوات فکتس، استاندارد

### ضرورت انجام پروژه/طرح:

امروزه به دلایل مختلف از جمله آلودگی زیست محیطی ناشی از سوخت‌های فسیلی و افزایش توجه به منابع انرژی تجدیدپذیر مانند سلول‌های خورشیدی، بادی، زیست توده و ...، افزایش استفاده از خودروهای برقی، ضرورت کاهش مصرف انرژی به خصوص در بخش‌های رو شتابی، افزایش کیفیت توان تحویلی به مصرف‌کنندگان، افزایش استفاده از ادوات FACTS، افزایش قابلیت اطمینان و ... توجه به ادوات الکترونیک قدرت در شبکه برق در حال افزایش است. به عنوان مثال نیروگاه‌های مبتنی بر منابع انرژی تجدیدپذیر ولتاژ dc با سطوح پایین تولید می‌کنند، لذا استفاده از مبدل‌های الکترونیک قدرت به منظور افزایش این سطوح و تبدیل آن به ولتاژ قابل تزریق به شبکه ضروری است. از طرفی به منظور افزایش کیفیت توان در شبکه و ایجاد سطح بالای رضایت در مشتریان، ادوات الکترونیک قدرت مختلفی با هدف کاهش اعوجاج‌های هارمونیک، تنظیم ولتاژ دینامیک، کاهش تلفات و ایجاد یک سیستم انتقال AC انعطاف‌پذیر مورد استفاده قرار گرفته است. در همین راستا و با توجه به استفاده از تجهیزات الکترونیک قدرت در صنعت، مصارف تجاری، خانگی و شبکه برق در سطوح مختلف تولید، انتقال و توزیع لزوم وجود استانداردها مشخص و معینی از این تجهیزات بیش از پیش ضروری به نظر می‌رسد. در حالت کلی دستورالعمل‌های مشخص و معین، استانداردهای مختلف و آزمایشات مشخصی جهت بررسی صحت عملکرد ادوات الکترونیک قدرت وجود دارد. این استانداردها از جهت قیود مورد نیاز جهت طراحی و استانداردهای لازم جهت مصونیت از دید شبکه تقسیم‌بندی می‌شوند. به بیان بهتر تجهیزات الکترونیک قدرت در کنار تمامی مزایای موجود مشکلاتی را در شبکه در هنگام استفاده هم‌چون تزریق هارمونیک، ایجاد اعوجاج‌های مخرب، افت ولتاژهای ناخواسته و ... که در کل سیستم قدرت منتشر خواهد شد را ایجاد می‌کنند. یکی از جایگاه‌های مشکل‌ساز در این حوزه در هنگام انتقال و صادرات برق تولیدی به کشورهای دیگر خواهد بود زیرا برق تولید شده باید استانداردها و کیفیت مورد نیاز را به مصرف‌کننده را به خوبی تامین نماید لذا رعایت استانداردهای مرتبط برای این دسته از ادوات در هر دو جهت لازم و ضروری است. از نگاهی دیگر و با توجه به سیاست‌های کلان وزارت نیرو مبنی بر توجه به کالای تولید داخلی، تهیه استانداردها و آزمایشات فنی مورد نیاز مبدل‌ها و ادوات الکترونیک قدرت استفاده شده در شبکه، جهت تولید توسط مهندسان، طراحان و شرکت‌های داخلی نیز لازم و ضروری است. همچنین با توجه به حجم بالای تجهیزات الکترونیک قدرت وارداتی و با توجه به تولید این تجهیزات در خارج از کشور، به منظور اتصال این ادوات به شبکه برق ایران ضروری است تا مشخصات فنی این تجهیزات با نیازهای صنعت برق همخوانی داشته و استانداردهای مشخصی را تامین نماید. لذا بررسی مشخصات فنی، استانداردهای بین‌المللی موجود برای تجهیزات الکترونیک قدرت و دستورالعمل‌های فنی مورد نیاز ضروری و الزامی می‌باشد. این استانداردها هم‌چون نقشه راهی جهت ارتقاء کیفیت تجهیزات الکترونیک قدرت استفاده شده و افزایش کیفیت توان و به دنبال آن افزایش قابلیت اطمینان شبکه را شامل خواهد بود.

**اهداف پروژه/طرح:** با عنایت به رسالت و ماموریت پژوهشگاه نیرو به عنوان متولی مدیریت، اجرا و پیاده‌سازی اجزاء و پروژه‌های تکمیل کننده سند الکترونیک قدرت به عنوان یکی از مهمترین اسناد وزارت نیرو، اقدام به تعریف پروژه فوق نموده است تا بتواند نقشه‌راه مناسبی جهت استفاده از تجهیزات الکترونیک قدرت در شبکه برق فراهم نماید. در همین راستا تلاش خواهد شد تا ضمن بررسی و مطالعه استانداردهای موجود در جهان برای تجهیزات الکترونیک قدرت مشتمل بر مبدل‌های الکترونیک قدرت، ادوات FACTS، و... مشخصات فنی، دستورالعمل‌ها و آزمایشات لازم جهت بررسی صحت عملکرد این تجهیزات استخراج خواهد شد. با توجه به تنوع بسیار بالای تجهیزات و ادوات الکترونیک قدرت به کار رفته در شبکه برق، تمرکز بر روی تعداد محدودی از این تجهیزات خواهد بود. این تجهیزات مشتمل بر ادوات الکترونیک قدرت به کار رفته در راستای بهبود کیفیت توان، ادوات FACTS و خطوط انتقال HVDC، ادوات الکترونیک قدرت مورد استفاده در تجهیزات نیروگاهی و ادوات الکترونیک قدرت مورد استفاده در منابع تولید پراکنده خواهد بود. شایان ذکر است که در ابتدا نیاز سنجی لازم جهت تعیین اولویت‌های موجود بین این تجهیزات انجام خواهد شد و مطابق نیاز دستورالعمل‌های مرتبط بررسی و تهیه خواهند شد.

## چکیده پروژه/طرح:

با توجه به سیاست‌های کلان وزارت نیرو مبنی بر توجه به کالای تولید داخلی، تهیه استانداردها و آزمایشات فنی مورد نیاز مبدل‌ها و ادوات الکترونیک قدرت استفاده شده در شبکه، جهت تولید توسط مهندسان، طراحان و شرکت‌های داخلی نیز لازم و ضروری است. همچنین با توجه به حجم بالای تجهیزات الکترونیک قدرت وارداتی و با توجه به تولید این تجهیزات در خارج از کشور، به منظور اتصال این ادوات به شبکه برق ایران ضروری است تا مشخصات فنی این تجهیزات با نیازهای صنعت برق همخوانی داشته و استانداردهای مشخصی را تأمین نماید. لذا بررسی مشخصات فنی، استانداردهای بین‌المللی موجود برای تجهیزات الکترونیک قدرت و دستورالعمل‌های فنی مورد نیاز ضروری و الزامی می‌باشد. این استانداردها هم‌چون نقشه راهی جهت ارتقاء کیفیت تجهیزات الکترونیک قدرت استفاده شده و افزایش کیفیت توان و به دنبال آن افزایش قابلیت اطمینان شبکه را شامل خواهد بود.

در همین راستا و با عنایت به رسالت و ماموریت پژوهشگاه نیرو به عنوان متولی مدیریت، اجرا و پیاده‌سازی اجزاء و پروژه‌های تکمیل کننده سند الکترونیک قدرت به عنوان یکی از مهمترین اسناد وزارت نیرو، اقدام به تعریف پروژه فوق نموده است تا بتواند نقشه‌راه مناسبی جهت استفاده از تجهیزات الکترونیک قدرت در شبکه برق فراهم نماید. در همین راستا تلاش خواهد شد تا ضمن بررسی و مطالعه استانداردهای موجود در جهان برای تجهیزات الکترونیک قدرت مشتمل بر مبدل‌های الکترونیک قدرت، ادوات FACTS، و... مشخصات فنی، دستورالعمل‌ها و آزمایشات لازم جهت بررسی صحت عملکرد این تجهیزات استخراج خواهد شد. با توجه به تنوع بسیار بالای تجهیزات و ادوات الکترونیک قدرت به کار رفته در شبکه برق، تمرکز بر روی تعداد محدودی از این تجهیزات خواهد بود. این تجهیزات مشتمل بر ادوات الکترونیک قدرت به کار رفته در راستای بهبود کیفیت توان، ادوات FACTS و خطوط انتقال HVDC، ادوات الکترونیک قدرت مورد استفاده در تجهیزات نیروگاهی و ادوات الکترونیک قدرت مورد استفاده در منابع تولید پراکنده خواهد بود. شایان ذکر است که در ابتدا نیازسنجی لازم جهت تعیین اولویت‌های موجود بین این تجهیزات انجام خواهد شد و مطابق نیاز دستورالعمل‌های مرتبط بررسی و تهیه خواهند شد.

## مراحل و روش‌های انجام پروژه/طرح:

۱- مطالعه و بررسی استانداردها و دستورالعمل‌های لازم جهت کاربرد تجهیزات الکترونیک قدرت در شبکه برق  
- نیازسنجی تهیه دستورالعمل‌های لازم تجهیزات الکترونیک قدرت  
در این بخش به بررسی و مطالعه تجهیزات الکترونیک قدرت مورد استفاده در صنعت برق و شبکه برق ایران خواهیم پرداخت تا متناسب با ضرورت و نیاز به استفاده از این تجهیزات، اولویت‌های مورد نظر جهت بررسی استانداردها، مشخصات فنی و دستورالعمل‌های مورد نیاز هر تجهیز، مشخص و معین شود. در این مرحله پس از الویت‌بندی انجام شده، تجهیزاتی که ضرورت بررسی بیشتری نسبت به سایرین دارند و از نقطه نظر کاربرد بیشترین کاربرد را در صنعت برق دارند، به تفکیک در بخش‌های بعد مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۲- استخراج استانداردها و دستورالعمل تجهیزات الکترونیک قدرت مرتبط با بهبود کیفیت توان  
در این بخش تجهیزات الکترونیک قدرتی که در شبکه برق در جهت بهبود کیفیت توان وجود دارند مطابق یک دسته‌بندی و یا اولویت مورد بررسی قرار گرفته و مشخصات فنی، دستورالعمل‌ها و آزمایشات مرتبط با صحت عملکرد این تجهیزات به منظور کاربرد و طراحی آنان استخراج خواهند شد. برخی از این تجهیزات عبارتند از: تنظیم کننده ولتاژ دینامیک (DVR)، فیلترهای فعال سری و موازی، ترانسفورماتورهای الکترونیک قدرت و بهبود دهنده‌ی ضریب توان. توجه به این نکته ضروری است که در این قسمت تدوین استاندارد مد نظر نبوده و تنها دستورالعمل‌ها و استانداردهای مرتبط، مطابق با مستندات داخلی و بین‌المللی موجود استخراج خواهند شد تا در صورت نیاز در قالب پروژه دیگری تدوین و بومی‌سازی شوند.

۳- استخراج استانداردها و دستورالعمل تجهیزات الکترونیک قدرت مرتبط با ادوات FACTS و خطوط انتقال HVDC

- استخراج استانداردها و دستورالعمل تجهیزات الکترونیک قدرت مرتبط با ادوات FACTS

با افزایش تقاضای انرژی الکتریکی، نیاز به سیستم الکتریکی با قابلیت اطمینان و کیفیت توان بالاتر و سیستم قابل کنترل افزایش یافته است. در این فصل کلیه تجهیزات و ادوات الکترونیک قدرت که در ایجاد یک سیستم متناوب انعطاف‌پذیر به کار می‌روند و در جهت بهبود کیفیت توان و قابلیت اطمینان نقش مهمی دارند مطابق یک دسته‌بندی و یا اولویت مورد بررسی قرار گرفته، مشخصات فنی، دستورالعمل‌ها و آزمایشات مرتبط با صحت عملکرد این تجهیزات به منظور کاربرد و طراحی آنان استخراج خواهند شد. جبران‌سازها، راکتورهای سری، خازن سری، امپدانس سری، انواع کنترل‌کننده‌ها، ترانسفورماتور جابجاگر فاز و ... از جمله ادوات FACTS مورد بررسی در این بخش خواهند بود. توجه به این نکته ضروری است که در این قسمت تدوین استاندارد مد نظر نبوده و تنها دستورالعمل‌ها و استانداردهای مرتبط، مطابق با مستندات داخلی و بین‌المللی موجود استخراج خواهند شد تا در صورت نیاز در قالب پروژه دیگری تدوین و بومی‌سازی شوند.

۴- استخراج استانداردها و دستورالعمل تجهیزات الکترونیک قدرت مرتبط با خطوط انتقال HVDC  
در این قسمت استاندارد، مشخصات فنی، دستورالعمل‌ها و آزمایشات مرتبط با صحت عملکرد تجهیزات الکترونیک قدرت مرتبط با خطوط انتقال HVDC بررسی و استخراج خواهند شد. توجه به این نکته ضروری است که در این قسمت تدوین استاندارد مد نظر نبوده و تنها دستورالعمل‌ها و استانداردهای مرتبط، مطابق با مستندات داخلی و بین‌المللی موجود استخراج خواهند شد تا در صورت نیاز در قالب پروژه دیگری تدوین و بومی‌سازی شوند.

۴- استخراج استانداردها و دستورالعمل تجهیزات الکترونیک قدرت مورد استفاده در منابع تولید پراکنده  
در این قسمت استاندارد، مشخصات فنی، دستورالعمل‌ها و آزمایشات مرتبط با صحت عملکرد اینورترها و سایر مبدل‌های الکترونیک قدرت به کار رفته در منابع تولید پراکنده شامل نیروگاه خورشیدی، نیروگاه بادی، آبی و پیل سوختی بررسی و استخراج خواهند شد. توجه به این نکته ضروری است که در این قسمت تدوین استاندارد مد نظر نبوده و تنها دستورالعمل‌ها و استانداردهای مرتبط، مطابق با مستندات داخلی و بین‌المللی موجود استخراج خواهند شد تا در صورت نیاز در قالب پروژه دیگری تدوین و بومی‌سازی شوند.

۵- استخراج استانداردها و دستورالعمل تجهیزات الکترونیک قدرت مورد استفاده در تجهیزات نیروگاهی  
در این بخش مشخصات فنی، دستورالعمل‌ها و آزمایشات مرتبط با صحت عملکرد تجهیزات الکترونیک قدرت مورد استفاده در سیستم‌های تحریک نیروگاهی، مشتمل بر نیروگاه‌های حرارتی، مبدل‌های فرکانسی استاتیکی، محرکه‌های الکتریکی موتورهای DC و AC و ... از نقطه نظر طراحی و کاربرد مورد بررسی و مطالعه قرار خواهد گرفت. توجه به این نکته ضروری است که در این قسمت تدوین استاندارد مد نظر نبوده و تنها دستورالعمل‌ها و استانداردهای مرتبط، مطابق با مستندات داخلی و بین‌المللی موجود استخراج خواهند شد تا در صورت نیاز در قالب پروژه دیگری تدوین و بومی‌سازی شوند.

۶- تهیه و استخراج استاندارد سایر تجهیزات الکترونیک قدرت  
در این بخش خروجی‌های حاصل از مرحله اول با آنچه در مراحل ۲ و ۳ استخراج شده است مقایسه شده و سایر تجهیزاتی که استانداردها و مشخصات فنی آنان استخراج نشده است متناسب با تعداد تجهیزات در نظر گرفته شده از ابتدای پروژه به ترتیب اولویت تنظیم می‌شوند.  
- دسته‌بندی تجهیزات الکترونیک قدرت دارای اولویت، استخراج استانداردها، دستورالعمل‌ها و مشخصات فنی این تجهیزات جهت طراحی و کاربرد در شبکه در این قسمت مطابق آنچه در بخش نیازسنجی انجام شده است لیست تجهیزات الکترونیک قدرت مورد نیاز که در بخش‌های قبل بررسی نشده است استخراج شده و مطابق نیاز صنعت برق اولویت‌بندی خواهد شد. در ادامه مشخصات فنی، دستورالعمل‌ها و آزمایشات مرتبط با صحت عملکرد این تجهیزات جهت طراحی و کاربرد در شبکه برق براساس استانداردهای بین‌المللی استخراج و تهیه خواهند شد. توجه به این نکته ضروری است که در این قسمت تدوین استاندارد مد نظر نبوده و تنها دستورالعمل‌ها و استانداردهای مرتبط، مطابق با مستندات داخلی و بین‌المللی موجود استخراج خواهند شد تا در صورت نیاز در قالب پروژه دیگری تدوین و بومی‌سازی شوند.

۷- تهیه کتابچه راهنما استانداردها، دستورالعمل‌ها و مشخصات فنی تجهیزات الکترونیک به منظور طراحی تجهیزات و کاربرد آنان در صنعت برق کشور

در این بخش و مطابق با اطلاعات بدست آمده یک کتابچه راهنما برای کلیه تجهیزاتی که در این پروژه بررسی شده است تهیه خواهد شد تا تولیدکنندگان داخلی، طراحان، واردکنندگان تجهیزات و استفاده‌کنندگان از آن امکان دسترسی به یک مرجع مشخص و مدون که کلیه نکات، مشخصات فنی و آزمایشات تخصصی مرتبط با تجهیزات الکترونیک قدرت و پارامترهای ضروری مرتبط با این تجهیزات را در نظر گرفته باشد در اختیار داشته باشند. شایان ذکر است مشخصات فنی و کلیه مستندات مربوط به نصب، نظارت، راه‌اندازی، بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری و تست براساس ۳ استاندارد بین‌المللی اصلی شامل IEC، IEEE، ANSI بررسی شده است و در صورت عدم وجود استاندارد برای تجهیز خاصی محتوای مربوط به آن ارائه نخواهد شد. هم‌چنین به منظور ارتقاء کیفیت کتابچه تهیه شده و افزایش کاربرد آن برای ذینفعان تجهیزات مرتبط با هر بخش شامل تولید، توزیع و انتقال در صورت امکان تفکیک خواهد شد تا بهره‌بردار به راحتی بتواند مطابق نیاز از آن استفاده نماید. با توجه به خروجی نهایی حاصل از این پروژه، وجود استانداردهای مرتبط با هر تجهیز در داخل کشور بررسی و ضرورت بومی‌سازی آن تحلیل و بررسی خواهد شد. مطابق بررسی و تحلیل انجام شده، توصیه‌های لازم به منظور بومی‌سازی در قالب پروژه دیگری پیشنهاد خواهد شد.

**اهم نتایج به دست آمده از انجام پروژه/ طرح (خروجی‌های فنی، ثبت اختراع، مقالات، کتب، گزارش‌های فنی و ...):**

۱- استانداردها و دستورالعمل‌های لازم جهت کاربرد تجهیزات الکترونیک قدرت در شبکه برق

۲- استانداردها و دستورالعمل تجهیزات الکترونیک قدرت مرتبط با بهبود کیفیت توان

- ۳- استانداردها و دستورالعمل تجهیزات الکترونیک قدرت مرتبط با ادوات FACTS و خطوط انتقال HVDC
- ۴- استانداردها و دستورالعمل تجهیزات الکترونیک قدرت مورد استفاده در منابع تولید پراکنده
- ۵- استانداردها و دستورالعمل تجهیزات الکترونیک قدرت مورد استفاده در تجهیزات نیروگاهی
- ۶- استاندارد سایر تجهیزات الکترونیک قدرت
- ۷- کتابچه راهنما استانداردها، دستورالعملها و مشخصات فنی تجهیزات الکترونیک به منظور طراحی تجهیزات و کاربرد آنان در صنعت برق کشور