عنوان فراخوان

تدوین دانش فنی و ساخت اینورتر فتوولتائیک هوشمند کلاس ۱۵۰۰ ولت با توان ۱۸۰ کیلووات جهت استفاده در نیروگاه‌های خورشیدی توان بالا

توضیحات فراخوان

در بین تجهیزات نیروگاه‌های فتوولتائیک، که همگی جز سیستم‌های با فناوری‌های بالا محسوب می‌شوند، اینورترهای فتوولتائیک به عنوان قلب تپنده این واحدها محسوب می‌شوند که وظیفه کنترل تزریق توان از پنل‌های خورشیدی به شبکه را بر عهده دارند. اینورترهای هوشمند فتوولتائیک توان بالا که در کلاس ۱۵۰۰ ولت ساخته می‌شوند، با استفاده از ادوات الکترونیک قدرت نسل جدید و همچنین ساختارهای نوآورانه مبدل‌ها و سیستم‌کنترل پیشرفته آن به چگالی توان بالا، کاهش حجم و بهبود کارایی و قابلیت‌های اینورترها دست یافته‌اند. هدف از انجام این پژوهش توسعه و تدوین دانش فنی ساخت اینورترهای فتوولتائیک هوشمند نیروگاهی نسل جدید، می‌باشد. در این طرح دستیابی به فناوری اینورترهای فتوولتائیک کلاس ۱۵۰۰ ولت در هر دو بعد دانشی سخت‌افزاری و نرم‌افزاری حائز اهمیت می‌باشد.

پیشینه مسئله پژوهشی

باتوجه به محدویت‌های فنی و اقتصادی در توسعه نیروگاه‌های فسیلی، گازی و آبی در کشور ایران، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای تأمین مصرف برق گریزناپذیر است. در بین انرژی‌های تجدیدپذیر، استفاده از انرژی فتوولتائیک، پتانسیل بهتری در کشور ایران دارد. در حال‌حاضر و در آینده، استفاده از انرژی خورشیدی در کشور ایران، به‌طور عمده در مقیاس‌های نیروگاهی توان بالا متصور است و لازم است دانش فنی اینورترهای مدرن فتوولتائیک نیروگاهی برای دستیابی به توان‌های بالاتر کسب شود.

ساختار سه فاز معروف و پرکاربردی که از گذشته تا به امروز در اینورترهای فتوولتائیک مورد استفاده قرار می‌گیرد، ساختار دو سطحی سه فاز است. در اینورترهای فتوولتائیک بدون ترانسفورمر کلاس ۱۵۰۰ ولت، نیازمند آن هستیم تا ولتاژ لینک DC را تا مقدار بالایی افزایش دهیم. ساختارهای دو سطحی به دلیل مسائلی همچون بزرگی فیلترهای خروجی، ولتاژ بزرگ روی کلیدهای الکترونیک قدرت (معمولاً IGBT)، تلفات بالا و مسائل دیگر، در چند سال

اخیر برای کاربردهای خورشیدی توان بالا، کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند و طراحان معمولا از ساختارهای چند سطحی بهره می‌گیرند. قابلیت افزایش فرکانس کلیدزنی، جریان نشتی کمتر و بازدهی بالاتر، چند مورد از مزایای این نسل از اینورترها می‌باشد.

همچنین اینورترهای فتوولتاییک نسل‌جدید، امکانات پشتیبانی هوشمند از شبکه برق را دارا هستند و با بهره‌گیری از ابزارهای هوش‌مصنوعی قادر به پایش برخط شرایط پنل‌های خورشیدی بوده و هزینه‌های نگهداری و میزان انرژی از دست‌رفته را به شکل قابل توجهی کاهش می‌دهند. شایان ذکر است امروزه در سیستم‌های فتوولتائیک نیروگاهی پایش وضعیت[1] سیستم تولید انرژی اهمیت بسیار بالایی دارد. هر گونه خطا یا مشکل در پنل‌های خورشیدی و تجهیزات جانبی آن می‌تواند منجر به از دست رفتن انرژی قابل توجه و زیان اقتصادی برای مالک نیروگاه باشد. ازطرفی روش‌های پایش سنتی بسیار زمان‌بر و پرهزینه است. به همین جهت موضوع پراهمیت پایش وضعیت مطرح شده است تا بدین وسیله اطلاعات حیاتی از ماژول‌ها (و دیگر بخش‌ها) در اختیار بهره‌بردار سیستم قرار گیرد و در صورت وجود عوامل نامطلوب، اقدامات لازم صورت گیرد. تاکنون روش‌های مختلفی برای این امر معرفی شده‌اند، به عنوان مثال دوربین‌های حرارتی که در مقیاس‌های کوچک به کار رفته‌اند و یا بازبینی‌های دوره‌ای توسط نیروهای انسانی که مشخصاً برای کاربردهای توان بالا بسیار زمان‌بر و پرهزینه است. از کارآمدترین روش‌هایی که در این حوزه مطرح است، روش‌های مبتنی بر تحلیل مشخصه‌ی جریان–ولتاژ (I-V) آرایه‌های PV که به شکل برخط توسط خود اینورتر انجام می‌شود. در حال حاضر مهمترین سازندگان خارجی که بازار قابل توجهی در اینورترهای فتوولتائیک نیروگاهی به خصوص اینورترهای کلاس ۱۵۰۰ ولت دارند، شامل شرکت‌های زیر هستند:

۱- شرکت SMA از کشور آلمان
۲- شرکت Huawei از کشور چین
۳- شرکت Sungrow از کشور چین
٤- شرکت Power-Electronics از کشور آمریکا– اسپانیا
۵- شرکت Solis از کشور چین

[1] Condition Monitoring

مشروح مسئله پژوهشی

هدف از انجام این پژوهش دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت اینورترهای فتوولتائیک هوشمند کلاس ۱۵۰۰ ولت با توان ۱۸۰ کیلو وات جهت استفاده در نیروگاه‌های خورشیدی توان بالا می‌باشد. ولتاژ ac خروجی این نوع اینورترها با توجه به برخی مسائل فنی می‌تواند بین ۶۰۰ الی ۸۰۰ ولت انتخاب شوند. علی‌رغم اینکه اینورتر فتوولتائیک در توان‌های پایین توسط برخی شرکت‌ها در ایران ساخته و تجاری سازی شده است، ولی دانش فنی ساخت اینورترهای فتوولتائیک توان بالای نیروگاهی نسل جدید با کلاس ولتاژی ۱۵۰۰ ولت در کشور وجود نداشته و به صورت تجاری تولید نشده‌اند. قابل ذکر است اینورترهای تک فاز فتوولتائیک تجاری‌سازی شده در داخل کشور در کلاس ۸۰۰ولت قرار می‌گیرند. همچنین اینورترهای معمول سه‌فاز نیروگاهی قدیمی‌تر روی کلاس ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ ولت ساخته شده‌اند. اینورترهای فتوولتائیک کلاس ۱۰۰۰ ولت معمولاً از ساختارهای دوسطحی ساده با کلیدهای معمولاً IGBT استفاده کرده‌اند. ولتاژ خروجی این اینورترها معمولاً روی ۴۰۰ ولت و حداکثر ۶۰۰ ولت قرار دارد و برای اتصال به شبکه ولتاژ متوسط از ترانسفورماتورهای افزاینده، استفاده می‌کنند. اینورترهای فتوولتائیک هوشمند نسل جدید کلاس ۱۵۰۰ ولت برای کاهش استرس ولتاژ نیمه‌هادی‌ها، ضمن بهره‌گیری از ساختارهای نوآورانه پیچیده‌تر در مبدل‌های الکترونیک قدرت خود، از کلیدهای نیمه‌هادی نسل جدید Sic نیز استفاده می‌کنند. به این ترتیب نسبت به اینورترهای نسل قبل، ضمن افزایش قابل توجه سطح ولتاژ خروجی و بازدهی اینورتر، حجم و وزن اینورتر را در یک توان یکسان به شکل قابل توجهی کاهش می‌دهند.

مهم‌تر از افزایش کلاس ولتاژی و نوآوری‌های سخت‌افزاری صورت گرفته در اینورترهای فتوولتائیک نیروگاهی نسل جدید، هوشمندسازی و اضافه‌شدن بسیاری از قابلیت‌های پیشرفته می‌باشد. اغلب این قابلیت‌ها به صورت نرم‌افزاری پیاده‌سازی می‌شوند. سیستم کنترل و پایش پیشرفته این نسل از اینورترها باعث افزایش بهره‌وری این تجهیزات شده و دستیابی به آنها نیاز به پژوهش گسترده در حوزه‌های مختلف دانش دارد. از جمله این قابلیت‌ها می‌توان به پشتیبانی از ولتاژ و فرکانس شبکه برق، بهبود کیفیت توان شبکه، قابلیت پایش هوشمند برخط پنل‌های خورشیدی، افزایش امنیت اینورترهای خورشیدی و کنترل هوشمند از راه دور اشاره کرد. در حال حاضر یک رقابت بسیار تنگاتنگ بین شرکت‌های تولیدکننده اینورترهای فتوولتائیک دنیا برای دستیابی به قابلیت‌های مؤثرتر و فناوری‌های هوشمند جدیدتر جهت تصاحب بازار بیشتری از این محصولات در صنعت فتوولتائیک وجود دارد.

چالش‌های کلیدی نیاز فناورانه

چالش‌های علمی و گلوگاه‌های فنی دستیابی به فناوری اینورترهای فتوولتائیک هوشمند مقیاس نیروگاهی نسل جدید را می‌توان به طور کلی به ۲ بخش چالش‌های سخت‌افزاری و چالش‌های نرم‌افزاری تقسیم‌بندی نمود. شایان ذکر است که معمولاً در اینگونه تجهیزات با فناوری بالا، ممکن است برخی از موانع و چالش‌های علمی در ابتدای کار چندان روشن نباشد و در طی انجام پژوهش و ساخت تجهیز به آنها پی برده شود، که البته این هم از ریسک‌های دستیابی به فناوری‌های پیشرفته می‌باشد. چالش‌های فنی-علمی سخت‌افزاری این تجهیز را می‌توان به شرح زیر جمع‌بندی کرد:

- با توجه به ولتاژ عملکردی ۱۵۰۰ ولت برای این نوع اینورترها، استرس ولتاژ کلیدهای نیمه هادی بسیار با اهمیت است، لذا استفاده از ساختارهای نوین اینورترهای چند سطحی برای غلبه بر این مسئله یکی از چالش-های علمی می‌باشد.
- استفاده یا عدم استفاده از مبدل‌های dc-dc در طبقه ورودی این سیستم‌ها با در نظر گرفتن الزامات فنی نیروگاه‌ها و قیمت تمام شده اینورتر
- ساختارهای نوین مبدل‌های dc-dc که ممکن است در ورودی این تجهیز استفاده شود. چالش علمی این بخش هم کاهش استرس ولتاژ کلیدهای نیمه هادی و کاهش اندازه سلف و خازن مبدل می‌باشد.
- استفاده از ادوات نیمه هادی نسل جدید جهت افزایش فرکانس کلیدزنی و افزایش چگالی توان مبدل‌های الکترونیک قدرت
- چگالی توان بسیار بالا در نسل جدید اینورترهای فتوولتائیک که منجر به ۲ چالش علمی زیر خواهد شد:
  - طراحی هیت سینک مناسب با توجه به چگالی بالای توان
  - سیستم هوشمند خنک‌سازی و استفاده از فن‌های با دور متغیر
  - طراحی محفظه نگهدارنده دستگاه به گونه‌ای که مسیر گردش هوا به درستی انجام شود
- طراحی و ساخت سلف‌های جریان بالا که فرکانس کاری بالایی نیز دارند
- طراحی و ساخت فیلترهای EMI که در این سطح از جریان و ولتاژ بسیار پیچیده است

- طراحی سیستم‌های پیشرفته حفاظت سخت‌افزاری مانند حفاظت جریان نشتی، حفاظت اضافه جریان، حفاظت اضافه ولتاژ و سایر حفاظت‌های سخت‌افزاری الزام شده توسط استانداردها
- ست‌آپ‌های تست و اندازه‌گیری که طراحی و آماده‌سازی آنها، خود نیازمند مطالعات عمیقی است.

چالش‌های علمی بخش نرم‌افزاری اینورتر هوشمند فتوولتائیک مقیاس نیروگاهی اغلب در ارتباط با مباحث کنترل، پایش و حفاظت می‌باشد. این چالش‌های علمی نسبت به چالش‌های علمی بخش سخت‌افزاری بعضاً بسیار پیچیده‌تر بوده و قابلیت مهندسی معکوس یا الگوبرداری نیز در این بخش وجود ندارد. فائق آمدن بر این گلوگاه‌های علمی پیچیده نیاز به پژوهش عمیق دارد که در ادامه می‌توان آنها را به شرح زیر جمع‌بندی کرد:

- طراحی سیستم مدولاسیون پیشرفته اینورتر با اهداف مختلف نظیر کاهش ولتاژ مود مشترک، کاهش اعوجاج جریان خروجی و ...
- سیستم کنترل مقاوم تزریق توان
- سیستم پیشرفته پشتیبانی از فرکانس شبکه
- سیستم هوشمند و تطبیقی کنترل تزریق توان راکتیو
- متعادل سازی ولتاژ خازن‌های لینک DC
- سیستم گذر از خطای LVRT و HVRT
- سیستم پیشرفته سنکرون‌سازی
- حفاظت‌های پیشرفته نرم‌افزاری نظیر حفاظت Anti-islanding و سایر حفاظت‌هایی که استاندارد آنها را الزام کرده است.
- سیستم هوشمند پایش برخط شرایط پنل‌های ورودی
- انجام تست‌های استاندارد در بخش‌های نرم‌افزاری

گام‌های پژوهشی

گام‌های اجرای پروژه به شرح زیر می‌باشد:

- **فاز ۱:**

- مرحله ۱: بررسی مستندات علمی و نمونه‌های صنعتی اینورترهای فتوولتائیک توان بالا کلاس ۱۵۰۰ ولت
- مرحله ۲: طراحی مفهومی و شبیه‌سازی جامع

- **فاز ۲:**
  - مرحله ۳: طراحی سیستم‌های کنترلی پیشرفته و سامانه‌های هوشمندسازی
  - مرحله ۴: طراحی تفصیلی و انتخاب قطعات
  - مرحله ۵: طراحی بوردهای مدار چاپی
- **فاز ۳:**
  - مرحله ۶: مونتاژ و ساخت قطعات مغناطیسی
  - مرحله ۷: پیاده‌سازی نرم‌افزاری و تست‌های جامع
  - مرحله ۸: تست‌های میدانی و رفع اشکالات احتمالی

خروجی پژوهش

خروجی‌های مورد انتظار از محقق شامل موارد زیر است:

- دانش فنی طراحی مفهومی و تفصیلی اینورترهای هوشمند فتوولتائیک کلاس ۱۵۰۰ ولت توان بالا (شامل کلیه مستندات طراحی مفهومی و طراحی تفصیلی)
- دانش فنی هوشمندسازی اینورتر از نظر کنترل، حفاظت و پایش آنلاین
- کلیه کدهای نرم‌افزاری
- نمونه نیمه صنعتی اینورترهای هوشمند فتوولتائیک کلاس ۱۵۰۰ ولت توان بالا
- آموزش تیم مهندسی شرکت جهت آغاز فاز تولید انبوه
- جدول مشخصات مورد نیاز برای پارامترهای ورودی و خروجی اینورتر فتوولتائیک هوشمند

مشخصات فنی مورد انتظار برای اینورتر فتوولتائیک کلاس ۱۵۰۰ ولت مطابق جدول زیر است. البته برخی از این مشخصات می‌تواند با نظر پژوهشگر محترم دانشگاهی اصلاح شود.

پارامترهای ورودی	مقدار پیشنهادی
حداکثر توان آرایه‌های خورشیدی	270 kWp
حداکثر ولتاژ ورودی	1500 V
حداقل ولتاژ ورودی	500 V
محدوده ولتاژ MPPT	500-1500 V
تعداد ورودی MPPT	1یا6
تعداد ورودی به ازای هر MPPT	2
پارامترهای خروجی	مقدار پیشنهادی
توان AC خروجی	180 kVA @ 30°C
حداکثر جریان خروجی	150 A
ولتاژ AC نامی	3 / PE, 600-800 V
THD	< 3 % (at nominal power)
تزریق جریان dc	< 0.5 % In
ضریب توان	(adjustable +/-0.8)
حداکثر بازدهی	98%
پارامتر محیطی	مقدار پیشنهادی
محدوده دمای عملکرد محیط	-25 to 60°C
محدوده رطوبت نسبی مجاز	0 – 100 %
روش خنک سازی	Air Forced
حداکثر ارتفاع عملکردی	3,000 m

تسهیم مالکیت فکری

- **مالکیت معنوی**: مجری در مالکیت معنوی ناشی از اجرای پژوهش سهیم خواهد بود و انتشار مقاله مشترک توسط مجری و متقاضی در ژورنال‌های داخلی و خارجی، ارائه مقاله در کنفرانس‌ها و سمینارها با موافقت و اشاره به‌نام همه دست‌اندرکاران مجاز خواهد بود.
- **مالکیت منافع مادی**: با توجه به مدل کسب‌وکار و اجرا و اثبات دستاوردهای حاصل از طرح توسط شرکت متقاضی، منافع مالی ناشی از توسعه این فناوری برای شرکت متقاضی خواهد شد اما مطابق تراضی بین شرکت متقاضی و مجری، قابل اشتراک بین آنها خواهد بود.

نحوه پذیرش

پذیرش طرح‌ها رقابتی است و از بین پروپوزال‌های دریافتی، موردی که شرایط زیر را داشته باشد، در اولویت خواهد بود:

۱. ترکیب متخصصین تیم پیشنهادی مرتبط باشد.

۲. افراد پیشنهادشده، دارای سابقه پژوهشی و فنی در آن موضوع باشند.

۳. زمان‌بندی، هزینه و شرح خدمات، متناسب و مرتبط با پژوهش موردتقاضا باشد. (در این بخش، مجری می‌تواند برآورد اولیه خود را اعلام کند اما بدیهی است جزئیات اجرایی در ابتدای امر مشخص نیست و مجری و کارفرما با علم به این موضوع وارد این توافق خواهند شد)

٤. پروپوزال، طبق فرمت پیشنهادی بنیاد، تهیه و از طریق سامانه کایپر ارسال شده باشد.

٥. فونت حروف و اعداد فارسی B Nazanin و اندازه قلم ۱۳ و فونت حروف و اعداد انگلیسی، Times New Roman و اندازه قلم ۱۱ باشد.

هزینه‌های قابل قبول

- ✓ حق‌التحقیق نیروی انسانی؛

- ✓ هزینه‌های نرم‌افزاری؛
- ✓ تست‌ها و آنالیزها؛
- ✓ خدمات؛
- ✓ قطعات.

حوزه های اولویت دار

مهندسی برق/الکترونیک/الکترونیک قدرت/کنترل، مهندسی کامپیوتر

واجدین شرایط

پژوهشگر اصلی تیم لازم است عضو هیئت‌علمی فعال یکی از دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی کشور باشد. پس از دریافت پروپوزال از طریق سامانه، ارزیابی انجام گرفته و در صورت کسب امتیاز بالا، تیم برگزیده جهت مذاکره با بنیاد و شرکت متقاضی دعوت خواهد شد.

فایل پیوست

فرم درخواست پیشنهاده (پروپوزال)

متن فراخوان

تاریخ فراخوان

کلیه افراد واجد شرایط تا ۲۵ فروردین فرصت دارند که پروپوزال خود را از طریق سامانه کاپیر برای بنیاد ملی علم ایران ارسال نمایند.

توجه: تاریخ این فراخوان تمدید نخواهد شد و فقط پروپوزال‌های ارسالی در بازه زمانی اعلام شده در فراخوان، به مرحله داوری خواهند رفت.

مبلغ حمایت

پژوهش پیشنهاد شده تا سقف ۸۰ درصد، حداکثر ۲/۵ میلیارد تومان، توسط بنیاد ملی علم ایران حمایت خواهد شد.

بدیهی است که مابقی هزینه‌ها باید توسط شرکت متقاضی ارائه دهنده پژوهش تأمین شود.

شیوه ثبت نام و ارسال درخواست

متقاضیان گرامی جهت ثبت‌نام می‌توانند به سامانه کایپر به نشانی rtms.insf.org مراجعه و از طریق بخش متقاضیان/ پژوهشگران اقدام نمایند. درصورتی‌که در این سامانه پروفایل مشخصات فردی ندارید ابتدا ثبت‌نام نموده و سپس به‌وسیله نام کاربری (Email) و رمز عبور اعطا شده وارد سامانه شوید. پس از ورود در بخش ارسال طرح جدید می‌توانید از کارتابل پژوهش عمیق شرکت‌های دانش‌بنیان اقدام به ارسال طرح نمایید.

مسئول پاسخگو

پژوهشگران محترم پس از مطالعه توضیحات فراخوان و آیین نامه‌های مربوطه در پورتال بنیاد علم، در صورت داشتن هر گونه ابهام یا سؤال در خصوص فرایند ارسال طرح، شرایط و محتوای علمی فراخوان می‌توانند از پروفایل خود در سامانه کایپر با کارگروه دانش‌بنیان از طریق تیکت، یا با ایمیل jandili.a@insf.org سؤالات خود را مطرح نمایند و یا با شماره تلفن ۰۲۱۸۲۱۶۱۱۵۰(آقای جندیلی) تماس حاصل فرمایند.