

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## سند راهبردی و نقشه راه طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی ترانسفورماتورهای با تلفات پایین

اعضای محترم کمیته راهبری تدوین سند:

مدیر پروژه: مهندس افسون پرهیزگار  
گروه پژوهشی خط و پست

راهبر: معاونت فناوری  
ناشر: پژوهشگاه نیرو

کارفرما: شرکت توانیر  
سفارش دهنده: وزارت نیرو

مهندس آرش خلیل پور

مهندس ایرج فکور

دکتر نوید تقی زادگان

دکتر مهدی داورپناه

دکتر مهدی وکیلان

مهندس محمود احمدی پور

دکتر طاهر نیک نام

مهندس حسین اعتماد رضایی

## مقدمه

کاهش تلفات و افزایش بهره‌وری در بخش‌های تولید، انتقال و توزیع نیرو همواره به عنوان یکی از مهم‌ترین نیازهای صنعت برق در جهت کاهش هزینه تمام شده و افزایش بهره‌وری مطرح بوده است و بهره‌گیری از تجهیزات و فناوری‌های کاهش تلفات در سطح شبکه‌های انتقال و توزیع نیرو همواره از طرف بهره‌برداران شبکه پیگیری شده است. ظرفیت ترانسفورماتورهای قدرت نصب شده در شبکه انتقال و فوق توزیع کشور حدود ۵ برابر ظرفیت عملی واحدهای نیروگاهی است که این عدد نشان دهنده اهمیت ترانسفورماتورهای قدرت در افزایش بهره‌وری شبکه انتقال است. همچنین در بخش توزیع، تعداد ترانسفورماتورهای توزیع در مالکیت شرکت‌های توزیع نیرو از ۵۸۰,۰۰۰ عبور می‌کند. با توجه به این تعداد فراوان و همچنین با احتساب ترانسفورماتورهای برق‌دار شبکه برق داخلی صنایع و مشترکین دیماندی، موضوع کاهش تلفات در ترانسفورماتورها و اثر آن در افزایش بهره‌وری شبکه سراسری برق از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است.

از جمله آثار کاهش تلفات توان در شبکه‌های توزیع از نقطه نظر اقتصادی می‌توان به کاهش هزینه تامین تلفات انرژی، کاهش هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌ای شبکه‌های توزیع، به تعویق انداختن زمان توسعه شبکه انتقال و کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی شبکه‌های انتقال و فوق توزیع قدرت، به تعویق انداختن زمان احداث واحدهای تولید و در نتیجه کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی بخش تولید اشاره نمود. همچنین سایر آثار ناشی از به‌کارگیری ترانسفورماتورهای کم تلفات از نقطه نظر اقتصادی، کاهش حجم آلاینده‌های نیروگاهی از طریق افزایش بهره‌وری خواهد بود. از این رو توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها، اقدامی استراتژیک در راستای تحقق اهداف برنامه پنجم توسعه مبنی بر افزایش بهره‌وری در صنعت برق خواهد بود.

چشم‌انداز سند راهبردی و نقشه راه طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی  
ترانسفورماتورهای با تلفات پایین

در راستای سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ و تاکید بر خودکفایی،  
بومی‌سازی و توجه به ملاحظات زیست محیطی؛  
دستیابی به دانش فنی ساخت ترانسفورماتورهای کم  
تلفات با استفاده از فناوری‌های هسته‌آمورف و  
ابرسیانا، الکترونیک قدرت به منظور کاهش تلفات  
توان در ترانسفورماتورها و نیز نو سازی ترانسفورماتورهای  
شبکه بابت کارگیری ترانسفورماتورهای کم تلفات طی افق  
زمانی ۱۰ ساله

## اهداف توسعه فناوری

- اهداف تعیین شده برای تحقق چشم‌انداز این سند به شرح زیر می‌باشد:
- کاهش ۲ میلیون تُن دی اکسید کربن در سال در اثر کاهش میزان سوخت مورد نیاز برای تولید برق
  - کاهش ۰.۵٪ از پیک بار شبکه برق کشور
  - کاهش هزینه‌های عملیاتی مربوط به تولید، انتقال و توزیع در شبکه برق کشور
  - کاهش ۱۰ درصد از تلفات توان سالیانه ترانسفورماتورهای توزیع

## راهبردهای توسعه فناوری

- ایجاد زیرساخت‌های مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های ابررسانا و تهیه هسته آمورف و نیز ترانسفورماتورهای مبتنی بر ادوات الکترونیک قدرت
- دستیابی به دانش فنی لازم برای توسعه ترانسفورماتورهای توزیع با ظرفیت پایین (زیر ۴۰۰ کیلوولت آمپر) با استفاده از فناوری هسته آمورف و نیز ادوات الکترونیک قدرت و توسعه ترانسفورماتورهای با ظرفیت بالا (بالای ۴۰۰ کیلوولت آمپر) با استفاده از فناوری ابررسانا
- تأکید بر رفع موانع بازار توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات
- زمینه‌سازی برای خلق، انتشار و به کارگیری دانش مربوط به توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها
- تسهیل دسترسی به منابع مالی، انسانی و مواد و قطعات مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های ابررسانا و تهیه هسته آمورف و نیز ترانسفورماتورهای مبتنی بر ادوات الکترونیک قدرت

## اقدامات و سیاست‌های توسعه فناوری

در این مرحله از طرح، اقدامات و سیاست‌های مورد نیاز برای تحقق چشم‌انداز، اهداف و راهبردها مشخص می‌گردد. این اقدامات برای رفع مشکلات موجود در ابعاد توسعه و انتشار دانش، فعالیت‌های کارآفرینی، شکل‌دهی به بازار، تأمین منابع مالی، انسانی و مواد، مشروعیت بخشی و جهت‌دهی به سیستم در حوزه توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات تعیین می‌شود. ورودی لازم برای تعیین این اقدامات، چالش‌ها و مشکلات موجود در هر یک از این ابعاد است که با کمک متخصصان و صاحب نظران در زمینه ترانسفورماتورهای توزیع استخراج می‌شود.

- حمایت از توسعه دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای مبتنی بر هسته آمورف، ابررسانا و الکترونیک قدرت

- ۲) زمینه سازی برای انتشار دانش فنی طراحی و ساخت هسته آمورف، هادی های ابررسانا و مبدلها، کانورترها و متعلقات الکترونیک قدرت
- ۳) کمک به تربیت و جذب نیروی انسانی متخصص در زمینه طراحی و ساخت هسته آمورف، هادی های ابررسانا و مبدلها، کانورترها و متعلقات الکترونیک قدرت
- ۴) ایجاد بستر لازم برای انجام فعالیت های کار آفرینی در زمینه ترانسفورماتورهای کم تلفات
- ۵) تسهیل و تأمین منابع مالی مورد نیاز بازیگران توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات
- ۶) کمک به توسعه بازار ترانسفورماتورهای کم تلفات
- ۷) ایجاد بستر مناسب برای تامین مواد و قطعات مورد نیاز سازندگان داخلی برای طراحی و ساخت هسته آمورف هادی های ابررسانا و مبدلها، کانورترها و متعلقات الکترونیک قدرت
- ۸) بهبود ساختار نهادی توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات
- ۹) طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای مبتنی بر هسته آمورف ابررسانا و الکترونیک قدرت

## پروژه های اجرایی

پروژه های مربوط به حمایت از توسعه دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات با فناوری ابررسانا و الکترونیک قدرت

- ۱) تدوین برنامه جامع حمایت از فعالیت های تحقیق و توسعه در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای ابررسانا و الکترونیک قدرت
- ۲) شناسایی بازیگران فعال در زمینه توسعه دانش در حوزه طراحی و ساخت هادی های ابررسانا و نیز ادوات الکترونیک قدرت
- ۳) تهیه پایگاه داده بازیگران فعال در زمینه توسعه دانش در حوزه طراحی و ساخت هادی های ابررسانا و نیز ادوات الکترونیک قدرت
- ۴) بروزرسانی محتوای آموزشی در حوزه رشته های تخصصی مورد نیاز برای ساخت ترانسفورماتور کم تلفات با هادی های ابررسانا و ادوات الکترونیک قدرت از جمله در رشته های مواد، متالورژی و برق قدرت گرایش ماشین های الکتریکی و نیز برق قدرت گرایش الکترونیک قدرت
- ۵) تدوین دستورالعمل همکاری میان بازیگران داخلی توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات اعم از: دانشگاه ها، مراکز تحقیقاتی، شرکت های سازنده ترانسفورماتورها
- ۶) شناسایی شرکت ها و مراکز تحقیقاتی معتبر خارجی در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با هادی های ابررسانا و ترانسفورماتورهای الکترونیک قدرت

- ۷) برقراری ارتباط میان شرکت‌ها و مراکز علمی و تحقیقاتی بین‌المللی با شرکت‌ها و مراکز علمی و تحقیقاتی داخلی در حوزه ترانسفورماتورهای کم تلفات
- ۸) حمایت از پایان‌نامه‌های ارشد و دکتری در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا و نیز ادوات الکترونیک قدرت

پروژه‌های مربوط به زمینه‌سازی برای انتشار دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات

۱) برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی و نمایشگاه‌های تخصصی با حضور کشورهای پیشرو در زمینه ترانسفورماتورهای کم تلفات جهت تبادل دانش و آگاهی از جدیدترین دستاوردها در دنیا

۲) تهیه و انتشار نشریات تخصصی مربوط به ترانسفورماتورهای کم تلفات

پروژه‌های مربوط به کمک به تربیت و جذب نیروی انسانی متخصص در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات

- ۱) تدوین آیین‌نامه همکاری میان دانشگاه‌ها و صنعت برای تامین نیروی انسانی متخصص در حوزه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا، هسته آمورف و نیز ادوات الکترونیک قدرت
- ۲) اعزام متخصصان داخلی به کنفرانس‌های بین‌المللی معتبر و شرکت‌های خارجی پیشرو جهت کسب دانش روز دنیا در حوزه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا، هسته آمورف و ادوات الکترونیک قدرت
- ۳) زمینه‌سازی حضور متخصصین خارجی در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا، هسته آمورف و ترانسفورماتور الکترونیک قدرت در مراکز تحقیقاتی و صنعتی کشور
- ۴) برگزاری دوره‌های آموزشی در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا و الکترونیک قدرت
- پروژه‌های مربوط به ایجاد بستر لازم برای انجام فعالیت‌های کارآفرینی در زمینه ترانسفورماتورهای کم تلفات

#### کم تلفات

- ۱) آگاه‌سازی کارآفرینان از مزایا و منافع توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات
- ۲) تدوین دستورالعمل جهت حمایت از تجاری‌سازی دانش فنی به دست آمده از تحقیقات در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا، هسته آمورف و ترانسفورماتور الکترونیک قدرت
- ۳) شناسایی موانع ورود تولیدکنندگان جدید به بازار ترانسفورماتورهای کم تلفات
- پروژه‌های مربوط به تسهیل و تامین منابع مالی موردنیاز بازیگران توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات
- ۱) شناسایی و پایش مشکلات بازیگران توسعه صنعت ترانسفورماتورهای کم تلفات در تامین منابع مالی مورد نیاز

- ۲) تدوین دستورالعمل‌های لازم برای تامین منابع مالی مورد نیاز به منظور توسعه فناوری ساخت هادی‌های ابررسانا، هسته آمورف و فناوری الکترونیک قدرت
- ۳) اعطای وام‌های بانکی بلند مدت و کم بهره مراکز علمی و تحقیقاتی و شرکت‌های سازنده ترانسفورماتورها به منظور انجام فعالیتهای تحقیقاتی و ساخت آزمایشگاه‌های تست تجهیزات و کارگاه‌های ساخت
- ۴) تخصیص بخشی از منابع حاصل از هدفمندی یارانه‌ها در بخش برق به بومی‌سازی دانش فنی طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا و هسته آمورف نیز دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات مبتنی بر الکترونیک قدرت

#### پروژه‌های مربوط به کمک به توسعه بازار ترانسفورماتورهای کم تلفات

- ۱) تدوین دستورالعمل‌های الزام آور در مورد استفاده از ترانسفورماتورهای کم تلفات در شبکه برق
- ۲) بازنگری آیین‌نامه‌های معاملاتی خرید و فروش ترانسفورماتورهای کم تلفات
- ۳) ایجاد سازوکار انگیزشی - حمایتی برای تولیدکنندگان ترانسفورماتورهای کم تلفات از طریق کاهش تعرفه و بخشودگی مالیاتی
- ۴) اعطای مشوق‌های مالی نظیر پرداخت تسهیلات بلندمدت کم بهره، پرداخت سود تسهیلات و کاهش مالیات جهت ترغیب مصرف‌کنندگان ترانسفورماتورها به تعویض یا خرید ترانسفورماتورهای کم تلفات

#### پروژه‌های مربوط به ایجاد بستر مناسب برای تامین مواد و قطعات مورد نیاز سازندگان داخلی برای طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات

- ۱) شناسایی تامین‌کنندگان داخلی و خارجی مواد مورد نیاز برای طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا، هسته آمورف و نیز طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای الکترونیک قدرت
- ۲) ایجاد ارتباط با تامین‌کنندگان خارجی برای تامین مواد مورد نیاز
- ۳) کاهش تعرفه واردات مواد مورد نیاز سازندگان داخلی برای طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا، هسته آمورف و نیز طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای الکترونیک قدرت

#### پروژه‌های مربوط به بهبود ساختار نهادی توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات

- ۱) تشکیل ستاد راهبری نقشه راه توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات جهت هماهنگی و نظارت بر اجرای کار
- ۲) شناسایی تشکل‌ها و انجمن‌های موجود در صنعت برق
- ۳) تشویق تشکل‌ها و انجمن‌های موجود در صنعت برق به فعالیت در زمینه ترانسفورماتورهای کم تلفات

### رهنگاشت (نقشه راه) توسعه فناوری ترانسفورماتورهای کم تلفات

در این مرحله با مشخص کردن پروژه های اجرایی لازم برای تحقق اقدامات و سیاست های تعیین شده و زمان بندی انجام هر یک از این پروژه ها و متولیان و مجریان انجام آنها، رهنگاشت توسعه فناوری های ترانسفورماتورهای کم تلفات در افق زمانی ۱۰ ساله ترسیم شده است.

ابتدای ۱۳۹۶ تا انتهای ۱۳۹۶	ابتدای ۱۳۹۷ تا انتهای ۱۳۹۸	ابتدای ۱۳۹۹ تا انتهای ۱۴۰۱	ابتدای ۱۴۰۲ تا انتهای ۱۴۰۴
<p>بهبود ساختار نهادی توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات</p>			
<p>حمایت از توسعه دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای ابررسانا، هسته آمورف و ترانسفورماتور الکترونیک قدرت</p>			
<p>زمینه سازی برای انتشار دانش فنی ساخت ابررسانا، هسته آمورف و ترانسفورماتور الکترونیک قدرت</p>			
<p>کمک به تربیت و جذب نیروی انسانی متخصص در زمینه ساخت و طراحی ترانسفورماتورهای ابررسانا، هسته آمورف و ترانسفورماتور الکترونیک قدرت</p>			
<p>تسهیل و تامین منابع مالی مورد نیاز بازیگران توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات</p>			
<p>ایجاد بستر مناسب برای انجام فعالیتهای کارآفرینی در زمینه ترانسفورماتورهای کم تلفات</p>			
<p>ایجاد بستر مناسب برای تامین مواد و قطعات مورد نیاز سازندگان داخلی برای طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات</p>			
<p>کمک به توسعه بازار ترانسفورماتورهای کم تلفات</p>			
<p>طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات</p>			