

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## سند راهبردی و نقشه راه طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی ذخیره‌سازهای انرژی در صنعت برق

اعضای محترم کمیته راهبری تدوین سند:

✦ دکتر محمدحسن حسینی

✦ دکتر حسین عزیزی

✦ دکتر مهران جوانبخت

✦ دکتر کورش موسوی تاکامی

✦ مهندس علی‌اکبر ژام

✦ دکتر مهدی صالحی راد

✦ مهندس مصطفی حسینی

✦ مهندس سهراب امینی ولاشانی

✦ مهندس محمدعلی طالبی

✦ دکتر عادل محسنی

✦ دکتر فرشاد کوچک محسنی

مدیر پروژه: مهندس سهیلا دلیریان سرابی

گروه پژوهشی شیمی و فرایند

راهبر: معاونت فناوری

ناشر: پژوهشگاه نیرو

کارفرما: شرکت توانیر

سفارش دهنده: وزارت نیرو

## مقدمه

امروزه در سراسر جهان مباحث مربوط به انرژی با حساسیت بیشتری نسبت به گذشته در تمامی ابعاد اقتصادی، سیاسی و امنیتی پیگیری می‌شود. اهمیت این مباحث روز به روز در حال افزایش بوده و مطالعات مربوط به آن برای تمامی کشورها از ضرورت راهبردی خاص برخوردار است. از جمله مسائل مهم و حائز اهمیت این حوزه می‌توان به تأمین انرژی پایدار، با کیفیت و سازگار با محیط زیست اشاره نمود. با توجه به مزایای زیست محیطی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی استفاده از سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی، به‌کارگیری این آنها می‌تواند به تأمین انرژی پایدار، با کیفیت و سازگار با محیط زیست کمک نماید. از این رو می‌توان گفت که یکی از مسائل مهم در حوزه انرژی، به‌کارگیری سامانه‌های ذخیره‌سازی است و اهمیت این مباحث روز به روز در حال افزایش می‌باشد.

کاربردهای وسیع فناوری‌های ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی و رقابت‌پذیری آنها موجب ضرورت توسعه فناوری آنها در کشور شده است. الکتروسیته کالای عمده قرن بیست و یکم است و به منظور تأمین امنیت شبکه، افزایش تولید انرژی الکتریکی و پاسخگویی به تغییرات مصرف (بار)، هم برای تأمین تغییرات روزانه و هم تغییرات فصلی در سطوح بار و نوسانات لحظه به لحظه نیاز به ذخیره انرژی الکتریکی در کشور وجود دارد. استفاده از سامانه‌های ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی همچون تلمبه برق-آبی، باتری‌ها، چرخ طیار، کمپرسور هوا و ابرخازن‌ها بسیار کارآمدتر و مقرون به‌صرفه می‌باشد. به‌کارگیری ذخیره‌سازهای انرژی الکتریکی امکان تأمین ویژگی‌ها و مزایای اساسی برای شبکه برق کشور خواهد داشت که عبارتند از: پیک‌سای، کنترل فرکانس، حذف نوسانات، تأمین توان پشتیبان و پایداری شبکه. فناوری‌های ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی جدید هم‌چنین سرمایه‌گذاری در تولید، انتقال و یا توزیع را به تعویق می‌اندازند. این سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی هم‌چنین دارای قابلیت گسترش در سطح توزیع یا حتی مصرف می‌باشند.

استفاده از منابع تجدیدپذیر در تولید انرژی دارای محدودیت‌هایی همچون افزایش نوسانات و عدم قطعیت در عرضه انرژی الکتریکی است. به‌کارگیری فناوری‌های ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی مختلف یکی از مناسب‌ترین روش‌های حل این مشکل می‌باشد. با استفاده از ذخیره‌سازهای انرژی الکتریکی امکان استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به صورت پراکنده و یا در مقیاس بزرگ فراهم شده، که این امر به نوبه خود باعث کاهش خروجی گازهای گلخانه‌ای و آلاینده محیط‌زیست شده و بدین ترتیب منجر به کاهش آلودگی هوا، که یکی از معضلات اصلی شهرهای بزرگ است، می‌شود.

یکی دیگر از کاربردهای مهم ذخیره‌سازهای انرژی، استفاده در وسایل حمل و نقل پاک (هیبریدی و برقی) است، که با توجه به سهم ۶۰ درصدی حمل و نقل از نفت تولیدی جهان، استفاده از حمل و

نقل پاک به نوبه خود می‌تواند سبب کاهش آلودگی، وابستگی به نفت و واردات سوخت‌های فسیلی و در نتیجه کمک به رشد اقتصادی کشور شود.

از سویی دیگر ذخیره‌سازهای انرژی الکتریکی با ایفای نقش در حلقه‌های پنج‌گانه زنجیره ارزش تولید الکتریسیته منجر به عرضه پایدار و قابل اعتماد انرژی الکتریسیته می‌شوند، که این امر می‌تواند در توسعه اقتصادی کشور به واسطه رشد صنایع وابسته به کیفیت الکتریسیته سهیم باشد. یکی از چالش‌های مهم کشور در زمینه تحقق عدالت اجتماعی، ارائه خدمات و امکانات رفاهی برای مناطق دورافتاده و محروم است، با توجه به مدرن شدن زندگی مردم، تأمین انرژی الکتریکی یکی از نیازها و ضروریات اساسی زندگی به شمار می‌رود. تأمین انرژی الکتریکی برای مناطق دورافتاده بدون استفاده از ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی امکان‌پذیر نیست، از این رو توسعه این سامانه‌ها از مؤلفه‌های تأمین‌کننده رفاه اجتماعی برای شهروندان کشور نیز محسوب می‌گردد.

ذخیره‌سازهای انرژی الکتریکی هم‌چنین از طریق بخش‌های مختلفی مانند بالابردن بهره‌وری شبکه، توسعه شبکه توزیع برق کشور، حمل و نقل پاک و متعاقباً کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی منجر به مزایای اقتصادی بسیاری می‌گردد به طوری که پیش‌بینی می‌شود این ذخیره‌سازها بازاری سالیانه حدود ۲۰۰ الی ۶۰۰ میلیارد دلار را تا افق ۱۴۰۴ به خود اختصاص دهند.

با توجه به موارد ذکر شده مشخص است که توسعه فناوری ذخیره‌سازهای انرژی الکتریکی در صنعت برق کشور منافع اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و زیست محیطی بسیاری به همراه دارد. در این راستا ضرورت اتخاذ رویکردی جامع در توسعه فناوری ذخیره‌سازهای انرژی الکتریکی در صنعت برق وجود دارد.

چشم‌انداز سند راهبردی طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی ذخیره‌سازهای انرژی

با اتکاب خداوند متعال صنعت برق کشور در افق ۱۴۰۴ و در راستای تحقق سند چشم‌انداز بیست‌ساله، با تأکید بر خوداتکایی و بستنی بر نیروی انسانی بومی و ضمن توجه به مقوله حفظ محیط زیست، با دستیابی به دانش فنی طراحی، ساخت و بهره‌برداری از سامانه‌های اولویت‌دار، نیاز کشور در ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی متناسب با کاربردهای شبکه برق (کنترل فرکانس، ارتقا کیفیت توان، پیک‌سایی، پایداری شبکه)، خودروهای برقی و انرژی‌های تجدیدپذیر در صنعت برق تأمین خواهد شد.

## اهداف توسعه فناوری

اهداف تعیین شده برای تحقق چشم‌انداز این سند به شرح زیر می‌باشد:

- به‌کارگیری سامانه‌های ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی در صنعت برق به منظور کمک به افزایش پایداری شبکه و کیفیت عرضه انرژی شبکه الکتریکی
- کمک به رفع مشکلات برق‌رسانی به مناطق محروم خارج از شبکه (از جمله مناطق دور از شبکه و جزایر کم‌جمعیت) با به‌کارگیری سامانه‌های ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی
- کمک به افزایش سهم برق تجدیدپذیر با استفاده از سامانه‌های ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی در نیروگاه‌های تجدیدپذیر
- کمک به توسعه حمل و نقل الکتریکی با بهره‌گیری از سامانه‌های ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی
- کمک به کاهش انتشار آلاینده‌های زیست محیطی با استفاده از سامانه‌های ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی در بخش‌های مختلف صنعت برق

## راهبردهای توسعه فناوری

در نهایت پس از بررسی روش اکتساب فناوری سامانه‌های ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی و ۲ راهبرد متناسب با روش اکتساب مشخص شده شناسایی شد. این راهبردها عبارت‌اند از:

(۱) دستیابی به دانش فنی فناوری‌های تولید و به‌کارگیری سامانه‌های

- باتری سرب-اسید پیشرفته
- باتری لیتیومی
- تلمبه برق-آبی
- باتری جریان‌ی

(۲) دستیابی به دانش فنی فناوری‌های تولید و به‌کارگیری خازن و ابرخازن و چرخ‌طیار از طریق همکاری‌های خارجی.



## اقدامات و سیاست‌های توسعه فناوری

۱. اقدامات و سیاست‌های لازم برای رفع چالش‌های کلی توسعه سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی در صنعت برق بر اساس کارکردهای مختلف:

الف) اقدامات مربوط به کارآفرینی

- تدوین بسته جامع شناسایی، تشکیل و توانمندسازی تشکلهای و نهادهای غیردولتی علمی و صنفی در حوزه سامانه‌های ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی
- تدوین و تصویب آیین‌نامه اجرایی شناسایی و حمایت از کارآفرینان حوزه ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی
- تدوین بسته‌های جامع راهکارهای حمایت از جذب سرمایه‌گذاری در این حوزه
- رایزنی با بانک‌ها و صندوق‌های مالی برای تأمین اعتبارات مورد نیاز

ب) اقدامات مربوط به توسعه دانش:

- تشکیل کارگروه پژوهش و تحقیقات در حوزه سامانه‌های با اولویت در ذیل مرکز راهبردی توسعه فناوری ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی در صنعت برق
- تدوین نقشه دانشی هر یک از ذخیره‌سازهای با اولویت در صنعت برق (شناخت پتانسیل‌های دانشی موجود در طراحی و ساخت سامانه‌ها)
- تهیه و چاپ خبرنامه فناوری ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی در صنعت برق (به منظور اطلاع‌رسانی در رابطه با فعالیت‌ها و دستاوردهای دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی مختلف در حوزه سامانه‌های ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی با اولویت)
- تدوین، تصویب و ابلاغ آیین‌نامه حمایت از پروژه‌های پژوهشی-تحقیقاتی دانشگاه‌ها، پژوهشکده‌ها و مراکز صنعتی در حوزه
- طراحی بسته حمایت سیاسی از حضور صنعت‌گران با همراهی مسئولین کشوری در سفرها و تعاملات بین‌المللی
- شناسایی اولویت‌های صنعت برق کشور در حوزه کاربرد ذخیره‌سازها و تدوین دستورالعمل حمایت از طرح‌های کاربردی هم‌راستای این اولویت‌ها
- تشکیل تیم ارزیابی و اعتبارسنجی فعالیت‌های پژوهشی با حضور نمایندگان دانشگاه و صنعت برق و تخصیص آن‌ها به منظور راهبری تحقیقات این حوزه

- ایجاد یک بانک اطلاعاتی جامع و به‌روز آمایش ملی زیرساخت‌ها و تجهیزات آزمایشگاهی مرتبط با فناوری سامانه‌های ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی برای استفاده پژوهشگران این حوزه
- ایجاد مرکز آزمایشگاه در زمینه ذخیره‌سازهای انرژی الکتریکی در صنعت برق
- راه‌اندازی سامانه ثبت دانش ذخیره‌سازهای انرژی الکتریکی در صنعت برق

ج) اقدامات مربوط به انتشار دانش:

- برگزاری کنفرانس و همایش تخصصی در زمینه ذخیره‌سازهای انرژی الکتریکی و کاربرد آن‌ها در صنعت برق در کنار کنفرانس‌های و همایش‌های مختلف صنعت برق
- برگزاری دوره‌های آموزشی تخصصی در رابطه با ضرورت به‌کارگیری ذخیره‌سازهای انرژی الکتریکی در بخش‌های مختلف صنعت برق
- طراحی و فعال‌سازی فروم‌های تخصصی در بستر شبکه‌های اجتماعی در حوزه فناوری‌های با اولویت
- برگزاری نمایشگاه تخصصی ذخیره‌سازهای انرژی الکتریکی در بخشی از نمایشگاه ملی صنعت برق
- تهیه و انتشار نشریه علمی - تخصصی در حوزه سامانه‌های ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی

د) اقدامات مربوط به جهت‌دهی به سیستم:

- تأسیس مرکز توسعه فناوری سامانه‌های ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی در صنعت برق
- تشکیل بانک اطلاعاتی شرکت‌ها و افراد پیش‌رو و صاحب دانش فنی در دنیا و معرفی و ایجاد دسترسی برای فعالان این حوزه در داخل کشور
- شناسایی فرصت‌های موجود در قوانین فعلی (قانون حداکثر استفاده از توان داخلی و سایر قوانین مرتبط) و تبدیل این فرصت‌ها به راهکارهای عملیاتی فرصت‌سازی در بخش استفاده از ذخیره‌سازها در صنعت برق
- تشکیل کارگروه‌های تخصصی تدوین استانداردهای ملی در حوزه استانداردهای فنی مرتبط با سامانه‌های ذخیره‌ساز با همکاری سازمان ملی استاندارد در ذیل مرکز ذخیره‌سازهای انرژی الکتریکی

ه) اقدامات مربوط به تأمین منابع مالی و انسانی:

- تدوین بسته‌های جامع راهکارهای حمایت از جذب سرمایه‌گذاری در این حوزه
- رایزنی با بانک‌ها و صندوق‌های مالی برای تأمین اعتبارات مورد نیاز برای حمایت از فعالان این حوزه
- تدوین بسته جامع شناسایی، تشکیل و توانمندسازی تشکل‌ها و نهادهای غیردولتی علمی و صنفی در حوزه سامانه‌های ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی
- برنامه‌ریزی و افزایش تعاملات با سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (IMIDRO) جهت طراحی مکانیزم‌های حمایت از تولید مواد معدنی مورد نیاز در ساخت ذخیره‌سازهای با اولویت (از طریق کم کردن تعرفه گمرکی در راستای تسهیل واردات، امکان‌پذیر کردن سفارش خرید و یا حمایت از ساخت معادن)
- پیگیری اجرای طرح‌های تحقیقاتی رفع خلأهای دانشی در هر یک از سامانه‌ها متناسب با خلأهای دانشی شناسایی شده در نقشه‌های دانشی سامانه‌ها

و) اقدامات مربوط به شکل‌گیری بازار:

- انجام مطالعات فنی-اقتصادی و آینده‌پژوهی دقیق در رابطه با نیاز به کارگیری سامانه‌های ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی در صنعت برق
- تهیه و به‌روزرسانی بانک اطلاعاتی دانشگاه‌ها، شرکت‌ها و افراد پیش‌رو و فعال و زمینه فعالیت آن‌ها این حوزه در داخل کشور
- هماهنگی با گمرک به منظور بازنگری در کدهای گمرکی مرتبط با تجهیزات و سامانه‌های ذخیره‌سازی پرکاربرد
- تعامل با گمرک به منظور بازنگری در تعرفه‌های گمرکی مرتبط با سامانه‌های ذخیره‌ساز با اولویت جهت حمایت هرچه بیشتر از تولید داخل
- تدوین بسته مکانیزم‌های تنظیم‌گری دولت در حمایت از توسعه بازار سامانه‌های ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی

ذ) اقدامات مربوط به مشروعیت‌بخشی

- برگزاری دوره و کارگاه‌های آموزشی در رابطه با ضرورت و لزوم ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی در صنعت برق



- تهیه و توزیع خلاصه مطالعات انجام شده در رابطه با مقادیر مورد نیاز پیش‌بینی شده به ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی در صنعت برق
- انجام مطالعات فنی-اقتصادی و آینده‌پژوهی دقیق در رابطه با نیاز بکارگیری سامانه‌های ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی در صنعت برق
- تهیه و چاپ خبرنامه فناوری‌های ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی (به منظور اطلاع‌رسانی در رابطه با فعالیت‌ها و دستاوردهای دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقات مختلف در حوزه سامانه‌های ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی با اولویت)
- طراحی و اجرای برنامه‌های آگاه‌بخشی در رابطه با ضرورت توسعه سامانه‌های ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی در بین تصمیم‌سازان بخش‌های مختلف صنعت برق

۲. فهرست اقدامات فنی توسعه فناوری سامانه‌های ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی در صنعت برق عبارت‌اند از:

- تسلط به دانش فنی طراحی، ساخت و به‌کارگیری ذخیره‌ساز تلمبه برق آبی
- تسلط به دانش فنی طراحی، ساخت و به‌کارگیری ذخیره‌ساز باتری لیتیومی
- تسلط به دانش فنی طراحی، ساخت و به‌کارگیری ذخیره‌ساز باتری سرب اسید پیشرفته
- تسلط به دانش فنی طراحی، ساخت و به‌کارگیری ذخیره‌ساز باتری جریان‌ی
- تسلط به دانش فنی طراحی، ساخت و به‌کارگیری ذخیره‌ساز ابرخازن از طریق روش مناسب همکاری‌های خارجی
- تسلط به دانش فنی طراحی، ساخت و به‌کارگیری چرخ طیار از طریق روش مناسب همکاری‌های خارجی

## پروژه‌های اجرایی

- اقدام (۱) تسلط به دانش فنی طراحی، ساخت و به‌کارگیری ذخیره‌ساز تلمبه برق آبی
- الف) دستیابی به دانش فنی بومی طراحی و ساخت اجزای ذخیره‌ساز تلمبه برق آبی
- مطالعه و دستیابی به دانش فنی طراحی مکانسیم‌های فرآیند ساخت ذخیره‌ساز تلمبه برق-آبی
- طراحی و ساخت پمپ-توربین در مقیاس آزمایشگاهی
- طراحی و ساخت پمپ-توربین در مقیاس نیمه صنعتی و صنعتی

- طراحی و ساخت موتور-ژنراتورهای دور متغیر در مقیاس آزمایشگاهی
- طراحی و ساخت موتور-ژنراتور دور متغیر در مقیاس، نیمه صنعتی و صنعتی
- طراحی و ساخت مبدل‌های الکترونیک - قدرت در مقیاس آزمایشگاهی
- طراحی و ساخت مبدل‌های الکترونیک- قدرت در مقیاس نیمه صنعتی و صنعتی
- طراحی و ساخت سیستم‌های اتصال کوتاه هیدرولیکی به منظور تامین ذخیره‌گردان و ارائه خدمات جانبی

ب) دستیابی به توسعه کاربردی ذخیره‌ساز تلمبه برق آبی

- طراحی و امکان‌سنجی به کارگیری نیروگاه‌های تلمبه ذخیره‌ای به همراه منابع تجدیدپذیر انرژی (بادی و خورشیدی) با هدف اقتصادی کاهش هزینه تمام شده انرژی الکتریکی
- ارزش‌گذاری و امکان‌سنجی خدمات جانبی نیروگاه‌های تلمبه ذخیره‌ای در حضور منابع تجدیدپذیر از منظر اقتصاد ملی، امنیت انرژی و پایداری شبکه
- ارزیابی روش‌های جدید ذخیره‌سازی نیروگاه‌های تلمبه ذخیره‌ای با استفاده از منابع آب دریا (و آب‌های بدون کیفیت) و ساخت نمونه‌های کم توان

اقدام ۲) تسلط به دانش فنی طراحی، ساخت و به‌کارگیری ذخیره‌ساز باتری لیتیومی

الف) دستیابی به دانش فنی بومی طراحی و ساخت اجزای ذخیره‌ساز باتری‌های لیتیومی

- ساخت، تعیین مشخصات و بررسی عملکرد انواع مواد کاتدی باتری‌های یون لیتیومی قابل شارژ LFP-NCM-LCO-LTO
- ساخت، تعیین مشخصات و بررسی عملکرد مواد کاتدی لیتیوم نیکل اکساید مورد استفاده در باتری یون لیتیومی در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه صنعتی
- تعیین مشخصات و بررسی عملکرد انواع مواد آندی باتری‌های قابل شارژ کربن، تیتانیوم و گرافیت
- سنتز مواد آندی و ساخت نمونه‌های آزمایشگاهی سلول‌های لیتیومی قابل شارژ بر اساس مواد آندی تهیه شده
- بررسی و تعیین مشخصات سیراتورهای مورد استفاده در باتری‌های لیتیومی قابل شارژ
- بررسی و تعیین مشخصات الکتrolیت‌های مورد استفاده در باتری‌های لیتیومی قابل شارژ
- بررسی و تعیین مشخصات سایر اجزای باتری‌های لیتیومی قابل شارژ

- اکتساب و تدوین دانش فنی طراحی و ساخت باتری‌های لیتیومی قابل شارژ مورد استفاده در ذخیره‌سازها
  - بررسی فنی، اقتصادی و محیط زیستی روش‌های مختلف بازیافت باتری‌های لیتیوم-یون و تعیین روش‌های بهینه بازیافت
  - دستیابی به دانش فنی بومی بازیافت باتری‌های یون لیتیومی
  - دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت ماژول باتری‌های لیتیومی
  - دستیابی به دانش فنی ساخت پک باتری لیتیومی
  - دستیابی به دانش فنی ساخت سلول‌های استوانه‌ای، منشوری و کتابی در مقیاس آزمایشگاهی و پایش آزمایشگاهی طولانی مدت سلول‌های ساخته شده از نظر حفظ عملکرد و ساختار ایمنی در تعداد سیکل‌های بالای شارژ و دشارژ
  - ساخت سلول لیتیوم-یون در مقیاس نیمه صنعتی
  - ساخت سلول لیتیوم-یون در مقیاس صنعتی
  - ساخت کاتد کربنی متخلل مورد استفاده در باتری‌های لیتیوم- هوا در مقیاس آزمایشگاهی
  - ساخت کاتد کربنی متخلل مورد استفاده در باتری‌های لیتیوم- هوا در مقیاس نیمه صنعتی
  - ساخت الکترولیت‌های مورد استفاده در باتری‌های لیتیوم- هوا
  - ساخت شبکه الکتروود با هدایت و توان بالا
  - کسب دانش فنی و تولید سلول‌های لیتیوم هوا
  - مطالعه و ساخت BMS آزمایشگاهی مورد استفاده در باتری‌های یون لیتیوم با قابلیت کنترل، مانیتورینگ و محافظت جهت کاربردهای متنوع (با توان و ظرفیت انرژی متفاوت)
  - طراحی و ساخت انواع BMS, PCM مورد نیاز در پک‌های باتری‌های لیتیومی در ذخیره‌سازهای ۱ مگاوات ساعت (ماژول‌ها و MASTER)
  - طراحی و ساخت انواع سیستم‌های خنک‌کاری و مدیریت حرارتی پک‌های باتری‌های لیتیومی در ذخیره‌سازها
  - ساخت، تعیین مشخصات و بررسی عملکرد انواع مواد کاتدی باتری‌های یون لیتیومی قابل شارژ LFP-NCM-LCO-LTO
- (ب) دستیابی به توسعه کاربردی ذخیره‌ساز تلمبه باتری لیتیومی

- به کارگیری باتری‌های یون لیتیومی جهت ذخیره سازی مقیاس بالا - ماژول های ۱ مگاوات ساعت
- به کارگیری باتری‌های یون لیتیومی در شبکه- ماژول های ۱ مگاوات ساعت
- به کارگیری باتری‌های یون لیتیومی در سیستم‌های انرژی‌های تجدیدپذیر و خارج از شبکه (۱۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۵۰۰ کیلووات ساعت)
- اقدام ۳) تسلط به دانش فنی طراحی، ساخت و به کارگیری ذخیره‌ساز باتری سرب اسید پیشرفته
- الف) دستیابی به دانش فنی بومی طراحی و ساخت اجزای ذخیره‌ساز باتری‌های سرب اسید پیشرفته
- تعیین مشخصات و بررسی عملکرد انواع مواد پیشرفته مورد استفاده در الکتروود مثبت باتری‌های سرب اسید
- بررسی و تعیین مشخصات سپراتورهای مورد استفاده در باتری‌های سرب اسید پیشرفته
- ساخت جداکننده AGM جهت استفاده در باتری سرب- اسید پیشرفته و بررسی عملکرد آن‌ها در مقیاس آزمایشگاهی
- ساخت جداکننده‌های AGM برای کاربرد در باتری سرب اسید پیشرفته چگالی بالا در مقیاس نیمه صنعتی
- بررسی آزمایشگاهی عملکرد جداکننده AGM و Gel در کاهش خشکی باتری‌های سرب اسید پیشرفته
- تعیین مشخصات و بررسی عملکرد انواع مواد پیشرفته مورد استفاده در الکتروود منفی باتری‌های سرب اسید
- بررسی آزمایشگاهی باز ترکیب کاتالیستی هیدروژن و اکسیژن در باتری‌های سرب اسید پیشرفته
- بررسی سیستم‌های تخلیه گاز برای کاهش تبخیر آب در باتری‌های سرب اسید پیشرفته در مقیاس آزمایشگاهی
- بررسی و تعیین مشخصات الکتروولیت‌های مورد استفاده در باتری‌های سرب اسید
- بررسی و تعیین مشخصات سایر اجزای باتری‌های سرب اسید
- اکتساب و تدوین دانش فنی طراحی و ساخت باتری‌های سرب اسید مورد استفاده در ذخیره‌سازها

- بررسی فنی، اقتصادی و محیط زیستی روش های مختلف بازیافت باتری های لیتیوم یون و تعیین روش های بهینه بازیافت
- دستیابی به دانش فنی بومی بازیافت باتری های سرب اسید
- ساخت آلیاژهای سرب جهت استفاده در الکترودهای باتری سرب- اسید پیشرفته در مقیاس آزمایشگاهی
- ساخت و بررسی عملکرد آلیاژهای سرب برای کاربرد در الکترودهای باتری سرب اسید پیشرفته توان و چگالی انرژی بالا در مقیاس نیمه صنعتی
- بازیافت باتری های سرب اسید پیشرفته در مقیاس صنعتی با کمترین آلودگی
- بازیافت فلزات سنگین باتری های سرب اسید پیشرفته در مقیاس نیمه صنعتی با کمترین آلاینده و حداکثر بازیافت
- ساخت پروتوتایپ باتری سرب- اسیدی پیشرفته در ذخیره سازی انرژی های تجدیدپذیر و خارج از شبکه
- دستیابی به دانش فنی بومی ساخت الکترودهای کربنی انرژی بالا قادر به کمک در افزایش دانسیته انرژی باتری های سرب-کربن
- دستیابی به دانش فنی بومی ساخت باتری های سرب - کربن در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه صنعتی و بهینه سازی فرآیند
- مطالعه و ساخت مانیتورینگ آزمایشگاهی مورد استفاده در باتری های سرب اسید پیشرفته با قابلیت کنترل، مانیتورینگ و محافظت جهت کاربردهای متنوع (با توان و ظرفیت انرژی متفاوت)
- تعیین مشخصات و بررسی عملکرد انواع مواد پیشرفته مورد استفاده در الکترودهای مثبت باتری های سرب اسید
- بررسی و تعیین مشخصات سپراتورهای مورد استفاده در باتری های سرب اسید پیشرفته (ب) دستیابی به توسعه کاربرد ذخیره ساز تلمبه باتری های سرب اسید پیشرفته
- به کارگیری باتری های سرب- اسیدی جهت استفاده در تنظیم فرکانس و بهبود کیفیت شبکه در مقیاس پایلوت
- به کارگیری باتری های سرب-اسید پیشرفته در شبکه مازول های ۱ مگا وات ساعت



- به‌کارگیری باتری‌های سرب-اسید پیشرفته در سیستم‌های انرژی‌های تجدیدپذیر و خارج از شبکه (۱۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۵۰۰ کیلو وات ساعت)
  - اقدام ۴) تسلط به دانش فنی طراحی، ساخت و به‌کارگیری ذخیره‌ساز باتری جریانی الف) دستیابی به دانش فنی بومی طراحی و ساخت اجزای ذخیره‌ساز باتری‌های جریانی دسته ۱. تسلط بر دانش فنی طراحی و ساخت استک‌های باتری جریانی با ظرفیت ۵ کیلووات
  - طراحی و ساخت الکترودهای دوقطبی هادی پایه کربنی مورد استفاده در باتری جریانی در مقیاس آزمایشگاهی (۱۰۰ وات)
  - طراحی و ساخت الکترودهای دوقطبی هادی پایه کربنی مورد استفاده در باتری جریانی در مقیاس نیمه‌صنعتی و صنعتی (۵ کیلووات)
  - طراحی و ساخت اجزای توزیع‌کننده جریان در داخل استک در باتری‌های جریانی در مقیاس آزمایشگاهی (۱۰۰ وات)
  - طراحی و ساخت اجزای توزیع‌کننده جریان در داخل استک در باتری‌های جریانی در مقیاس نیمه‌صنعتی و صنعتی (۵ کیلووات)
  - ساخت و مونتاژ استک باتری جریانی وانادیومی با بهینه‌توان خروجی در مقیاس آزمایشگاهی
  - ساخت و مونتاژ استک باتری جریانی وانادیومی با بهینه‌توان خروجی در مقیاس نیمه‌صنعتی و صنعتی
- دسته ۲. تسلط بر دانش فنی طراحی و ساخت و تولید الکترولیت تا ظرفیت ۵۰۰ کیلووات
- طراحی و ساخت و تهیه الکترولیت‌های مورد استفاده در باتری‌های جریانی در مقیاس آزمایشگاهی (۱۰۰ وات)
  - طراحی و ساخت و تهیه الکترولیت‌های مورد استفاده در باتری‌های جریانی در مقیاس نیمه‌صنعتی و صنعتی (۵ کیلووات)
- دسته ۳. تسلط بر دانش فنی طراحی و ساخت سیستم کنترل و مانیتورینگ باتری‌های جریانی مورد استفاده در کاربردهای بهینه‌گزینش شده
- مطالعه و ساخت BMS آزمایشگاهی مورد استفاده در باتری‌های جریانی با قابلیت کنترل، مانیتورینگ و محافظت جهت کاربردهای متنوع (با توان و ظرفیت انرژی متفاوت)
  - طراحی فرآیندهای بهینه‌جریانی و شبیه‌سازی دینامیکی آن‌ها در استک باتری جریانی با توان‌های مختلف

- مطالعه و ساخت BMS آزمایشگاهی مورد استفاده در باتری‌های جریانی با قابلیت کنترل، مانیتورینگ و محافظت جهت کاربردهای متنوع (با توان و ظرفیت انرژی متفاوت)  
(ب) دستیابی به توسعه کاربرد ذخیره‌ساز تلمبه باتری جریانی
  - مطالعه و پتانسیل‌سنجی و طراحی مدل به‌کارگیری باتری‌های جریانی در مقیاس بالا و تعیین شرایط نگهداری، سیستم کنترلی و انتگراسیون با شبکه
  - به‌کارگیری باتری‌های جریانی به منظور ذخیره‌سازی انرژی با امکان تبادل انرژی با شبکه در مقیاس پایلوت
  - به‌کارگیری باتری‌های جریانی به منظور ذخیره‌سازی انرژی با امکان تبادل انرژی با شبکه در مقیاس صنعتی با ملاحظات فنی و ایمنی
  - مطالعه و طراحی مدل به‌کارگیری باتری‌های جریانی در مقیاس بالا، شرایط نگهداری، سیستم کنترلی و انتگراسیون تجدید پذیر خارج از شبکه
  - به‌کارگیری باتری‌های جریانی به منظور ذخیره‌سازی انرژی با امکان تبادل انرژی تجدیدپذیر خارج از شبکه در مقیاس پایلوت
  - به‌کارگیری باتری‌های جریانی به منظور ذخیره‌سازی انرژی با امکان تبادل انرژی تجدیدپذیر خارج از شبکه در مقیاس صنعتی با ملاحظات فنی و ایمنی
- اقدام ۵) تسلط به دانش فنی طراحی، ساخت و به‌کارگیری ذخیره‌ساز ابرخازن از طریق روش مناسب همکاری‌های خارجی

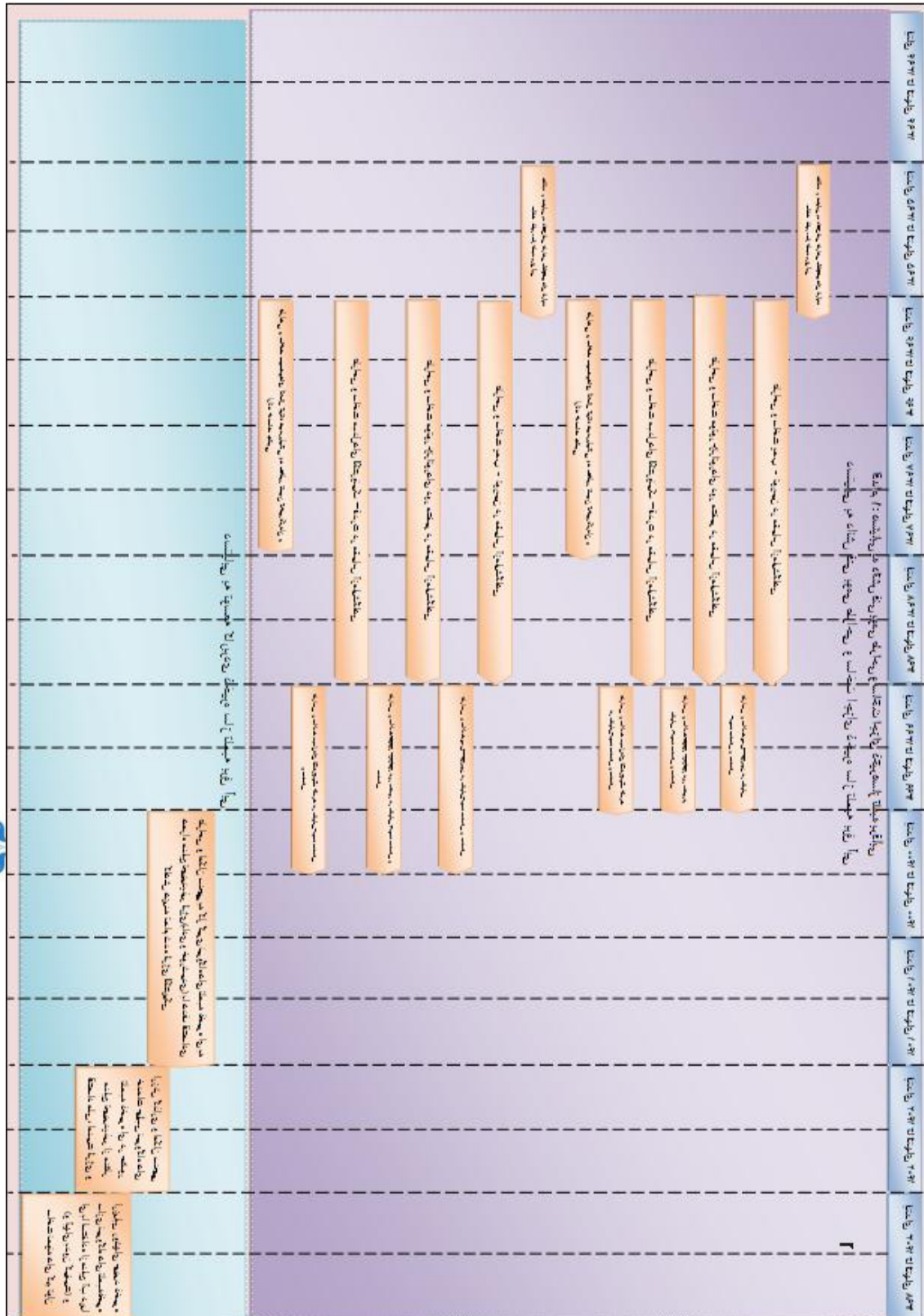
الف) دستیابی به دانش فنی بومی طراحی و ساخت اجزای ذخیره‌ساز ابرخازن

- شناسایی تعیین بهترین نوع ابرخازن بر اساس چارت انرژی توان توسط کارگروه مسئول
- ساخت مواد الکترودی با سطح ویژه بالا جهت کاربرد در ابرخازن‌ها
- ساخت و توسعه مواد الکترودی نوین (اکسیدهای فلزی/نیتربدها، نانولوله‌های کربنی، نانو الیاف، گرافن، کربن مشتق شده از کاربیدها، ژل‌های کربنی، پلیمرهای هادی مختلف و کامپوزیت‌های آن‌ها) در ابرخازن‌ها
- بررسی امکان‌سنجی، طراحی، ساخت و توسعه ابرخازن‌ها جهت استفاده در UPS ها
- بررسی امکان‌سنجی، طراحی، ساخت و توسعه خازن‌های هیبریدی
- شناسایی دانش فنی و ساخت ابرخازن با توان پایین توسط به‌کارگیری روش‌های مناسب همکاری‌های خارجی

- ساخت ماژول‌های جدید موثر بر عملکرد و قیمت ابرخازن به کارگیری روش مناسب همکاری‌های خارجی
- ب) دستیابی به توسعه کاربرد ذخیره‌ساز ابرخازن
  - به کارگیری و توسعه ابرخازن‌ها به منظور ذخیره‌سازی انرژی در مقیاس صنعتی
  - به کارگیری و توسعه ابرخازن‌ها به منظور ذخیره‌سازی انرژی در صنعت برق
- اقدام ۶) تسلط به دانش فنی طراحی، ساخت و به کارگیری ذخیره‌ساز فلاپویل از طریق روش مناسب همکاری‌های خارج
  - الف) دستیابی به دانش فنی بومی طراحی و ساخت اجزای ذخیره‌ساز فلاپویل
    - مطالعه، طراحی و ساخت ماشین‌های الکتریکی فلاپویل‌ها با به کارگیری روش مناسب همکاری‌های خارجی
    - مطالعه، طراحی و ساخت یاتاقان‌های مغناطیسی با به کارگیری روش مناسب همکاری‌های خارجی
    - مطالعه، طراحی و ساخت روتور فلاپویل با به کارگیری روش مناسب همکاری‌های خارجی
    - مطالعه، طراحی و ساخت سیستم خلاء و بدنه با به کارگیری روش مناسب همکاری‌های خارجی
  - مطالعه، طراحی و شیبه‌سازی و ساخت سیستم یکسوساز، اینورتر، کنترل، حفاظت و مونیتورینگ با به کارگیری روش مناسب همکاری‌های خارجی
  - مطالعه، طراحی و تهیه بالانس جرمی مجموعه با به کارگیری روش مناسب همکاری‌های خارجی
- ب) دستیابی به توسعه کاربرد ذخیره‌ساز فلاپویل
  - به کارگیری و توسعه فلاپویل‌ها به منظور ذخیره‌سازی انرژی در مقیاس صنعتی
  - به کارگیری و توسعه فلاپویل‌ها به منظور ذخیره‌سازی انرژی در صنعت برق

## رهنگاشت (نقشه‌راه) طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی ذخیره‌سازهای انرژی

نقشه راه توسعه فناوری طراحی، ساخت و به‌کارگیری ذخیره‌ساز تلمبه برق-آبی





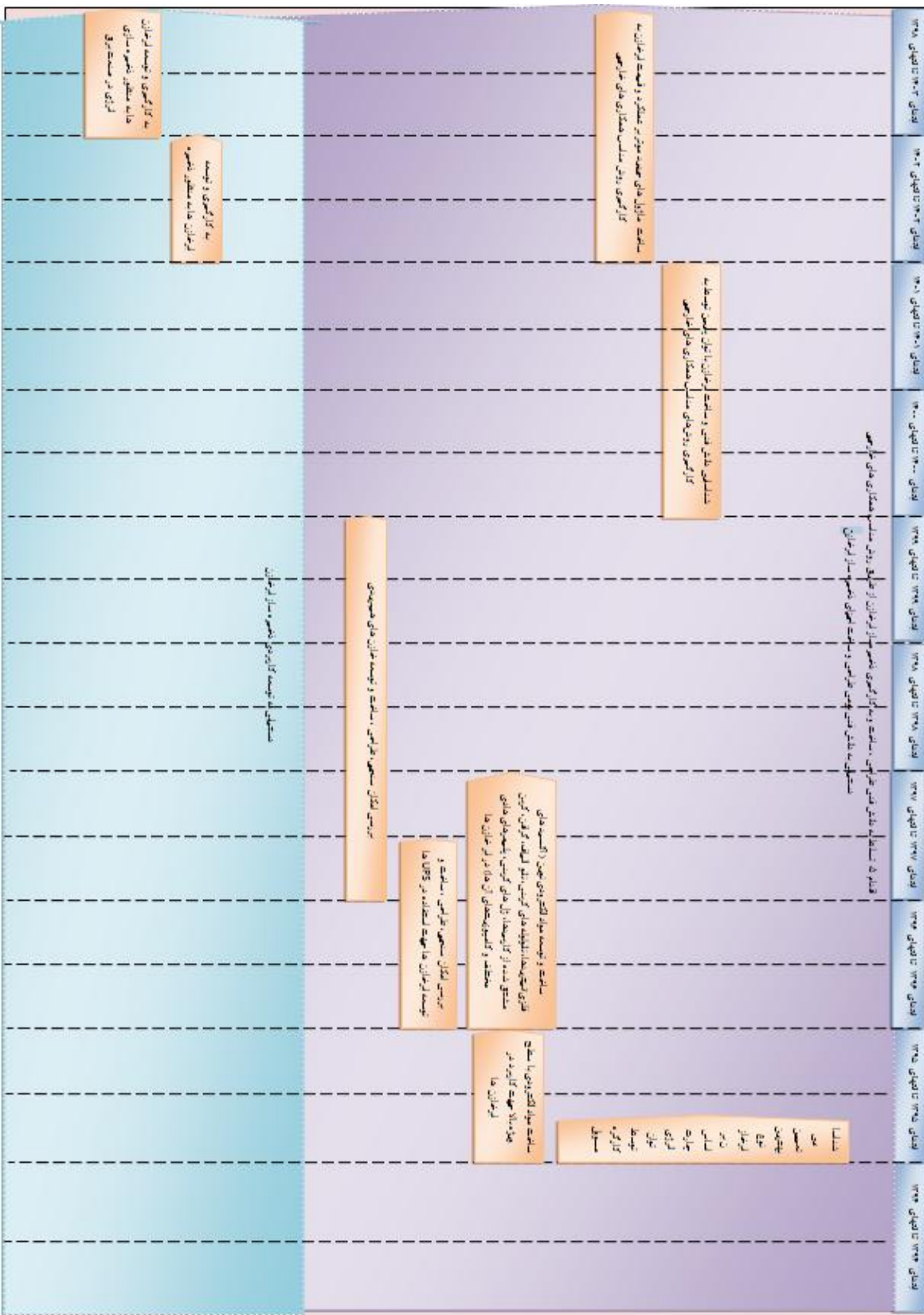












# سند راهبردی و نقشه‌ی راه طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی ذخیره‌سازهای انرژی در صنعت برق

## نقشه‌راه توسعه فناوری طراحی، ساخت و به‌کارگیری ابرخازن

