

طراحی پایه‌ای شبکه ملی آزمایشگاه مرجع الکترونیک

مدیر پروژه: بنفشه همدانی

مجری: سعید حاتمی

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

طراحی پایه‌ای شبکه ملی آزمایشگاه مرجع الکترونیک قدرت

تبیین محورهای کاری، اولویت‌بندی و ارائه پیشنهاد پایه جهت تجهیز شبکه آزمایشگاهی جامع الکترونیک قدرت در کشور

مدیر پروژه: بنفشه همدانی

همکاران پروژه: سعید حاتمی، یوسف موسی‌زاده موسوی، امیر نیک‌افروز، عادل ناظمی بآبادی، نسیم رشیدی راد، صادق اسفندیاری

مجری: سعید حاتمی

انتشارات پژوهشگاه نیرو

۱۴۰۰

گزارش: NRI-ER-670-PIEPN13-00-F

DOI: 10.30503/nripress.2020.297

ایران. وزارت نیرو. پژوهشگاه نیرو. گروه پژوهشی الکترونیک قدرت
طراحی پایه‌ای شبکه ملی آزمایشگاه مرجع الکترونیک قدرت / بنفشه همدانی. تهران: پژوهشگاه نیرو،
۱۴۰۰.

۳۱۷ ص.: مصور، نمودار، جدول

۱. حاتمی، سعید / موسی‌زاده موسوی، یوسف / نیک‌افروز، امیر / ناظمی بابادی، عادل / رشیدی راد،
نسیم / اسفندیاری، صادق ۲. حاتمی، سعید ۳. پژوهشگاه نیرو ۴. توزیع ۵. آزمایشگاه



پژوهشگاه نیرو

گروه پژوهشی الکترونیک قدرت

پکلیه حقوق قانونی این اثر متعلق به پژوهشگاه نیرو است.

نشانی: تهران، شهرک غرب، انتهای بلوار شهید دامن، پژوهشگاه نیرو، کدپستی: ۱۴۶۸۶۱۳۱۱۳

تلفن: ۸۸۰۷۹۴۰۱-۹

نمابر: ۸۸۰۷۸۲۹۶

وبگاه: www.nri.ac.ir

پست الکترونیک انتشارات: publications@nri.ac.ir



فرم تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب بنفشه همدانی متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این گزارش حاصل کار پژوهشی اینجانب و همکاران به شرح زیر است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آن استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مأخذ ذکر گردیده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به پژوهشگاه نیرو است.

همکاران :

سعید حاتمی، یوسف موسی‌زاده موسوی، امیر نیک‌افروز، عادل ناظمی بابادی، نسیم رشیدی راد، صادق اسفندیاری

پیشگفتار

امروزه الکترونیک قدرت بخش مهمی از ساختار صناعی با تکنولوژی بالا مانند سیستم‌های انرژی‌های تجدیدپذیر، سیستم‌های قدرت شامل تجهیزات انتقال توان بالا با جریان مستقیم و ادوات جبران‌ساز، محرکه‌های ماشینهای الکتریکی، مولدهای نیروگاهی، منابع تغذیه قدرت، سیستم‌های محرک وسایل نقلیه و حمل و نقل برقی و ریلی، روشنایی، صنایع هوایی و دریایی، لوازم خانگی و ... را تشکیل می‌دهد و تقریباً در اکثر صنایع و کاربردها جایگاه ویژه‌ای دارد. در دهه اخیر نیز کاربرد مبدل‌های الکترونیک قدرت به‌طور روزافزونی افزایش یافته و به یکی از وجه‌های کلیدی پیشرفت صنعتی تبدیل شده است. از آنجا که کاربردهای گسترده و رشد و پیشتازی ادوات مرتبط با حوزه الکترونیک قدرت روز به روز در کشور ما نیز در حال افزایش می‌باشد، برای تعیین صلاحیت و کیفیت این محصولات اعم از وارداتی و یا ساخت داخل، باید تدبیری اندیشید. در حال حاضر امکان انجام آزمون‌های کامل تأیید صلاحیت برای بسیاری از این محصولات در کشور وجود ندارد و لذا تصمیم‌گیرندگان و مراجع مربوطه نیز نمی‌توانند کنترل کامل و بهینه‌ای بر روی کیفیت این محصولات داشته باشند. این امر لزوم ایجاد و دسترسی به یک آزمایشگاه جامع و مرجع که بتواند آزمون‌های مربوط به تجهیزات این حیطه را پوشش دهد و نیازمندیهای صنعت برق و انرژی را در این خصوص مرتفع نماید، ایجاد می‌کند. در این پروژه "طراحی پایه‌ای شبکه ملی آزمایشگاه مرجع الکترونیک قدرت" انجام خواهد پذیرفت تا اصول و چارچوب دستیابی به یک شبکه یکپارچه و مرجع آزمایشگاهی در کشور براساس فناوری‌های روز دنیا، مشخص شود و ضمن بررسی جامع ابعاد موضوع و ارزیابی مشخصه‌های مهم آن، الزامات و چارچوب‌های دستیابی به این شبکه یکپارچه تدوین گردد. در گام اول ضرورت تجهیز و راه‌اندازی چنین آزمایشگاهی و محورها و محدوده کاری آن، مورد بررسی قرار خواهد گرفت. با تعیین محورهای کاری مرتبط با حوزه الکترونیک قدرت، تعیین آزمون‌های استاندارد و شناسایی و تشخیص دقیق کاستیهای موجود صنعت برق و انرژی در این حوزه و تشخیص نیازمندیهای آتی جهت رفع این کاستیها و همچنین شناسایی مراکز آزمایشگاهی معتبر داخلی به‌عنوان آزمایشگاههای همکار با هدف به حداقل رساندن هزینه تأسیس آزمایشگاه مرجع الکترونیک قدرت، می‌توان یک شبکه آزمایشگاهی منسجم و مطمئن را جهت انجام آزمون‌های تأیید صلاحیت محصولات الکترونیک قدرت تأسیس نمود. ارائه پیشنهاد اولیه جهت تجهیز یک شبکه آزمایشگاهی جامع در محورهای مختلف مرتبط با الکترونیک قدرت شامل فازبندی و برنامه‌ریزی چند ساله برای توسعه و راه‌اندازی مرحله به مرحله بسته به اولویت هر محور، در این پروژه انجام گرفته است.

فهرست مطالب

۱- فصل اول	۱
۱-۱- معرفی تجهیزات الکترونیک قدرت مورد استفاده در صنعت برق	۲
۱-۱-۱- تجهیزات الکترونیک قدرت مورد استفاده در سیستم‌های روشنایی	۳
۱-۱-۲- منابع تغذیه سوئیچینگ (SMPS)	۱۵
۱-۱-۳- درایو سرعت متغیر (VSD)	۱۸
۱-۱-۴- راه‌انداز نرم	۲۴
۱-۱-۵- منابع تغذیه بدون وقفه (UPS)	۲۶
۱-۱-۶- شارژرها و یکسوسازهای باتری	۳۰
۱-۱-۷- شارژر باتری	۳۲
۱-۱-۸- تجهیزات Custom Power	۳۳
۱-۱-۹- ادوات FACTS	۴۱
۱-۱-۱۰- سیستم‌های جریان مستقیم با ولتاژ بالا HVDC	۵۶
۱-۱-۱۱- خودروهای حمل و نقل الکتریکی	۶۱
۱-۱-۱۲- سیستم حمل و نقل ریلی	۶۷
۱-۱-۱۳- مبدل‌های سیستم فتوولتائیک	۷۱
۱-۱-۱۴- مبدل‌های توربین‌های بادی	۷۸
۱-۱-۱۵- سیستم‌های تولید نیروگاهی	۸۱
۱-۱-۱۶- پیل سوختی	۸۵
۱-۱-۱۷- دستگاههای جوش مبتنی بر الکترونیک قدرت	۸۷
۱-۱-۱۸- مبدل‌های به کار رفته در ذخیره‌سازهای انرژی	۸۷
۱-۱-۱۹- تجهیزات الکترونیک قدرت به کار رفته در تجهیزات خانگی	۸۸
۱-۱-۲۰- منابع	۸۹
۲- فصل دوم	۱۰۱

۱۰۲.....	۱-۲- تقسیم بندی تجهیزات الکترونیک قدرت
۱۰۳.....	۱-۱-۲- مقدمه
۱۰۴.....	۲-۱-۲- معرفی کلی چند نمونه از آزمایشگاه‌های الکترونیک قدرت مطرح در سطح بین‌المللی
۱۰۵.....	۳-۱-۲- دسته‌بندی تجهیزات الکترونیک قدرت برحسب استانداردها
۱۱۵.....	۴-۱-۲- منابع
۱۲۳.....	۳- فصل سوم
۱۲۴.....	۱-۳- بررسی محورهای موضوعی در آزمایشگاه‌های الکترونیک قدرت
۱۲۵.....	۱-۱-۳- مقدمه
۱۲۵.....	۲-۱-۳- فهرست تجهیزات الکترونیک قدرت
۱۲۷.....	۳-۱-۳- بررسی موردی تجهیزات بیان شده در محورهای موضوعی
۱۵۴.....	۲-۳- جمع بندی
۱۵۵.....	۱-۲-۳- مروری بر آزمایشگاه‌ها
۱۷۸.....	۲-۲-۳- خلاصه قابلیت‌های آزمایشگاه‌ها
۱۹۱.....	۳-۲-۳- منابع
۱۹۲.....	۴- فصل چهارم
۱۹۳.....	۱-۴- بررسی میزان واردات محصولات الکترونیک قدرت در کشور
۱۹۴.....	۱-۱-۴- مقدمه
۱۹۷.....	۲-۱-۴- آمار واردات تجهیزات روشنایی
۲۰۰.....	۳-۱-۴- منابع تغذیه‌ی بدون وقفه
۲۰۱.....	۴-۱-۴- منابع تغذیه‌ی سوئیچینگ
۲۰۴.....	۵-۱-۴- اینورتر کنترل دور موتور
۲۰۵.....	۶-۱-۴- مبدل DC به DC
۲۰۶.....	۷-۱-۴- مبدل‌های جوشکاری
۲۱۴.....	۸-۱-۴- جمع بندی و نتیجه‌گیری
۲۱۵.....	۲-۴- اولویت بندی محورهای آزمایشگاهی
۲۱۶.....	۱-۲-۴- مقدمه

۲۱۶.....	۴-۲-۲- روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)
۲۲۲.....	۴-۲-۳- بررسی محورهای آزمایشگاههای الکترونیک قدرت
۲۲۳.....	۴-۲-۴- پرسشنامه
۲۲۴.....	۴-۲-۵- معرفی معیارهای ارزیابی و مقایسه‌ی هر یک از زمینه‌های آزمایشگاهی
۲۲۸.....	۴-۲-۶- مرحله‌ی اول تکمیل پرسشنامه توسط خبرگان
۲۳۸.....	۴-۲-۷- مرحله‌ی دوم تکمیل پرسشنامه
۲۴۷.....	۴-۳- شناسایی چالشها
۲۴۸.....	۴-۳-۱- مقدمه
۲۵۳.....	۴-۳-۲- مراجع
۲۵۵.....	۵- فصل پنجم
۲۵۶.....	۵-۱- شناسایی و تعیین نوع فعالیتهای آزمایشگاههای فعال در زمینه الکترونیک قدرت در داخل کشور
۲۵۷.....	۵-۱-۱- مقدمه
۲۵۷.....	۵-۱-۲- شناسایی ظرفیتهای آزمایشگاهی کشور
۲۵۷.....	۵-۱-۳- بررسی آزمایشگاههای فعال در کشور
۲۹۹.....	۵-۱-۴- بررسی چند شبکه آزمایشگاهی موجود
۲۹۹.....	۵-۱-۵- ساها - سامانه آزمایشگاههای همکار آزاد - شبکه بازاریابی، تجهیز و نگهداری آزمایشگاههای ملی
۳۰۲.....	۵-۱-۶- شبکه آزمایشگاهی فناوریهای راهبردی
۳۰۳.....	۵-۱-۷- شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو
۳۰۶.....	۵-۲- ارائه پیشنهاد پایه جهت تجهیز یک شبکه آزمایشگاهی مرجع الکترونیک قدرت در کشور
۳۰۶.....	۵-۲-۱- مقدمه
۳۰۷.....	۵-۲-۲- بررسی سناریوهای مختلف قابل اجرا برای آزمایشگاه
۳۰۸.....	۵-۲-۳- تدوین مدل کسب و کار شبکه آزمایشگاهی مرجع
۳۰۹.....	۵-۲-۴- برنامه‌ریزی تحقق شبکه آزمایشگاهی
۳۱۳.....	۵-۲-۵- مراجع
۳۱۴.....	نتیجه گیری کلی

فهرست اشکال

شکل (۱-۱) نمایش تفاوت فرکانس تولیدی در بالاست‌های الکترونیکی با سایر بالاست‌ها.....	۴
شکل (۱-۲) اجزای تشکیل دهنده لامپ فلورسنت فشرده	۱۲
شکل (۱-۳) ساختمان داخلی بالاست الکترونیکی لامپهای فلورسنت.....	۱۳
شکل (۱-۴) دیاگرام مداری SMPS با ورودی AC و خروجی DC.....	۱۶
شکل (۱-۵) دسته‌بندی منابع توان	۲۰
شکل (۱-۶) چهار روش موجود در صنعت برای راه‌اندازی موتور	۲۵
شکل (۱-۷) شمای مداری یک STS متداول	۳۵
شکل (۱-۸) شمای بهساز جامع کیفیت توان	۳۹
شکل (۱-۹) یک مدار اصلاح کننده ضریب توان	۳۹
شکل (۱-۱۰) مدار یک نوع از SCB	۴۰
شکل (۱-۱۱) نمایی کلی از D-STATCOM	۴۰
شکل (۱-۱۲) توزیع امپدانس سری در طول خطوط	۴۶
شکل (۱-۱۳) استفاده از ساختار SSSC جهت جبران‌سازی	۴۷
شکل (۱-۱۴) شمای مداری یک مازول DSSC.....	۴۸
شکل (۱-۱۵) ساختار BTB STATCOM، الف- ساختار الکتريکی، ب- مدار معادل	۴۹
شکل (۱-۱۶) ساختار مداری یک IPFC	۴۹
شکل (۱-۱۷) ساختار مداری یک UPFC	۵۰
شکل (۱-۱۸) ساختار مداری یک TCPSTO	۵۱
شکل (۱-۱۹) ساختار مداری ساده‌ی SPS	۵۱
شکل (۱-۲۰) یک نمونه از SPS	۵۲
شکل (۱-۲۱) یک نمونه از DFC	۵۲

۵۳	شکل (۱-۲۲) یک نمونه از DPFC
۵۴	شکل (۱-۲۳) محدودساز جریان خطا
۵۴	شکل (۱-۲۴) ساختار مداری TCVR
۵۵	شکل (۱-۲۵) ساختار مداری TCVL
۵۵	شکل (۱-۲۶) شمای مداری یک TCBR
۵۶	شکل (۱-۲۷) روند توسعه‌ی تکنولوژی HVDC
۸۵	شکل (۱-۲۸) نحوه عملکرد پیلسوختی
۸۸	شکل (۱-۲۹) مبدل به کار رفته در اجاق القایی
۱۰۶	شکل (۲-۱) کاربردهای فناوری الکترونیک قدرت
۱۳۴	شک (۳-۱) نمایی از سیمولاتور آزمایشگاه CPRI
۱۳۸	شکل (۳-۲) برج های تریستوری مورد استفاده در HVDC
۱۴۹	شکل (۳-۳) سیستم شبیه‌ساز سیستم تحریک شرکت ABB با عنوان SMTS-RT 6000
۱۵۰	شکل (۳-۴) ساختار تست controller hardware-in-the-loop
۱۵۱	شکل (۳-۵) سیمولاتور ژنراتور و مبدل فرکانسی استاتیکی آن
۲۰۷	شکل (۴-۱) ساختار داخلی یک دستگاه جوش اینورتری
۲۱۷	شکل (۴-۲) یک مدل ساده AHP با ۴ معیار و ۳ گزینه
۲۱۷	شکل (۴-۳) مثال ساده انتخاب رئیس با یک هدف ۳ کاندید و ۴ معیار با روش AHP
۲۱۸	شکل (۴-۴) درخت سلسله مراتبی انتخاب ماشین
۲۲۴	شکل (۴-۵) مساحت مورد نیاز آزمایشگاه
۲۲۵	شکل (۴-۶) دسترسی به تجهیزات آزمون، یکی از محورهای مورد بررسی
۲۲۷	شکل (۴-۷) نرخ رشد لامپهای LED در بازارهای جهانی در خلال سالهای ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸ و پیش‌بینی برای سالهای ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰
۲۳۴	شکل (۴-۸) نتایج نهایی اولویت‌بندی محورهای آزمایشگاهی در مرحله اول
۲۳۵	شکل (۴-۹) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی بر اساس معیار هزینه‌ی سرمایه‌گذاری اولیه برای تجهیزات و راه‌اندازی آزمایشگاه
۲۳۶	شکل (۴-۱۰) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار میزان مراجعات به آزمایشگاه

- شکل (۴-۱۱) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها میزان سوددهی آزمایشگاه..... ۲۳۶
- شکل (۴-۱۲) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس نرخ رشد بازار جهانی محصول مورد نظر ۲۳۷
- شکل (۴-۱۳) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار پیش‌بینی نرخ رشد استفاده از محصول در کشور ۲۳۷
- شکل (۴-۱۴) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار تاثیر راه‌اندازی آزمایشگاه بر انجام آزمون و صدور تأییدیه برای محصولات جدید ساخت داخل و بومی‌سازی آن‌ها..... ۲۳۸
- شکل (۴-۱۵) نتایج نهایی اولویت‌بندی محورهای آزمایشگاهی در مرحله دوم ۲۴۳
- شکل (۴-۱۶) تحلیل اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار هزینه سرمایه‌گذاری اولیه برای تجهیزات و راه‌اندازی آزمایشگاه ۲۴۴
- شکل (۴-۱۷) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار میزان مراجعات به آزمایشگاه جدید ۲۴۴
- شکل (۴-۱۸) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار میزان سوددهی آزمایشگاه ۲۴۵
- شکل (۴-۱۹) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار نرخ رشد بازار جهانی محصول مورد نظر جدید ۲۴۵
- شکل (۴-۲۰) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار پیش‌بینی نرخ رشد استفاده از محصول در کشور ۲۴۵
- شکل (۴-۲۱) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار تاثیر راه‌اندازی آزمایشگاه بر انجام آزمون و صدور تأییدیه برای محصولات جدید ساخت داخل و بومی‌سازی آن‌ها..... ۲۴۶
- شکل (۵-۱) فراخوان منتشر شده در روزنامه ۲۵۷
- شکل (۵-۲) بخشی از آزمایشگاه‌های صنایع انرژی - ۱ ۲۶۰
- شکل (۵-۳) بخشی از آزمایشگاه‌های صنایع انرژی - ۲ ۲۶۱
- شکل (۵-۴) آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیس مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک-۱ ۲۶۶
- شکل (۵-۵) آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیس مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک-۲ ۲۶۷
- شکل (۵-۶) آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیس مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک-۳ ۲۶۷
- شکل (۵-۷) آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیس مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک-۴ ۲۶۸
- شکل (۵-۸) آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیس مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک-۵ ۲۶۸
- شکل (۵-۹) آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیس مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک-۶ ۲۶۹
- شکل (۵-۱۰) آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیس مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک-۷ ۲۶۹
- شکل (۵-۱۱) آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیس مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک-۸ ۲۷۰

- شکل (۵-۱۲) آزمایشگاه کالیبراسیون مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک ۲۷۱
- شکل (۵-۱۳) نتایج نهایی اولویت‌بندی محورهای آزمایشگاه جامع الکترونیک قدرت ۳۱۰
- شکل (۵-۱۴) برنامه اجرایی تحقق شبکه ملی آزمایشگاه مرجع الکترونیک قدرت ۳۱۱

فهرست جداول

جدول (۱-۱) استانداردهای موجود در رابطه با انواع بالاست الکترونیکی.....	۴
جدول (۱-۲) استانداردهای ملی در خصوص بالاست‌های الکترونیکی.....	۷
جدول (۱-۳) سازگاری الکترومغناطیسی (EMC).....	۹
جدول (۱-۴) فهرست استانداردهای موجود در رابطه با راه‌اندازهای LED.....	۹
جدول (۱-۵) استانداردهای مرتبط با لامپهای کم‌مصرف CFL.....	۱۳
جدول (۱-۶) رنج ولتاژ و توان SMPS های موجود در بازار.....	۱۶
جدول (۱-۷) فهرست استانداردهای آزمون موجود در رابطه با منابع SMPS.....	۱۶
جدول (۱-۸) مقایسه بین درایوهای AC و DC موجود در صنعت.....	۱۹
جدول (۱-۹) استانداردهای آزمون درایوهای AC و DC.....	۲۰
جدول (۱-۱۰) استانداردهای معرفی شده برای راه‌انداز نرم یا Softstarter.....	۲۵
جدول (۱-۱۱) کاربردها و حساسیت UPS های مختلف در مواجهه با اختلالات شبکه.....	۲۶
جدول (۱-۱۲) سطح سازگاری برای هارمونیک‌های ولتاژ در شبکه‌های ولتاژ پایین مطابق با استانداردهای IEC 61000-2-2 / EN 61000-2-2.....	۲۸
جدول (۱-۱۳) سطح سازگاری برای هارمونیک‌های ولتاژ مطابق با نوع تجهیز، مطابق استاندارد EN 50160.....	۲۸
جدول (۱-۱۴) استانداردهای آزمون UPS.....	۲۹
جدول (۱-۱۵) جریان و ولتاژ یکسوسازهای ترستوری مورد استفاده در شارژکننده‌های باتری.....	۳۱
جدول (۱-۱۶) استانداردهای آزمون Rectifier/Battery Charger.....	۳۲
جدول (۱-۱۷) استانداردهای آزمون Battery Charger.....	۳۳
جدول (۱-۱۸) استانداردهای آزمون فیلترهای فعال.....	۳۴
جدول (۱-۱۹) استانداردهای مورد استفاده برای STS.....	۳۶

جدول (۱-۲۰) نام گذاری های مختلف SST	۳۸
جدول (۱-۲۱) استانداردهای آزمون SVC	۴۲
جدول (۱-۲۲) خلاصه‌ای از استانداردهای مرتبط با STATCOM	۴۳
جدول (۱-۲۳) استانداردهای مرتبط با HVDC	۵۷
جدول (۱-۲۴) استانداردهای الکتریکی مرتبط با خودروهای الکتریکی	۶۲
جدول (۱-۲۵) استانداردهای مرتبط با سیستم حمل و نقل ریلی	۶۸
جدول (۱-۲۶) استانداردهای مبدل‌های فتوولتائیک	۷۳
جدول (۱-۲۷) خلاصه‌ای از استانداردهای مرتبط با سیستم پمپ آبی مبتنی بر فتوولتائیک	۷۷
جدول (۱-۲۸) مقایسه ۵ درایو AC برای کاربردهای سرعت متغیر	۷۹
جدول (۱-۲۹) استانداردهای مبدل‌های توربین بادی	۷۹
جدول (۱-۳۰) استانداردهای سیستم تحریک	۸۱
جدول (۱-۳۱) استانداردهای مبدل SFC	۸۳
جدول (۱-۳۲) استانداردهای آزمون مرتبط با پیل سوختی	۸۶
جدول (۱-۳۳) استانداردهای آزمون دستگاه‌های جوش	۸۷
جدول (۳-۱) برخی از مهم‌ترین آزمایشگاه‌های مطرح در زمینه خودروهای برقی	۱۲۹
جدول (۳-۲) فهرست تجهیزات سخت‌افزار شبیه‌ساز سیستم قدرت RTDS موجود در آزمایشگاه CPRI	۱۳۳
جدول (۳-۳) فهرست نرم‌افزار موجود در شبیه‌ساز سیستم قدرت RTDS موجود در آزمایشگاه CPRI	۱۳۴
جدول (۳-۴) فهرست مجموعه مدل‌های اجزاء شبیه‌ساز سیستم قدرت RTDS موجود در آزمایشگاه CPRI	۱۳۵
جدول (۳-۵) فهرست نرم‌افزارهای موجود در آزمایشگاه HVDC	۱۳۶
جدول (۳-۶) فهرست خدمات آزمایشگاه شبیه‌ساز سیستم قدرت	۱۳۷
جدول (۳-۷) فهرست برخی از استانداردهای لوازم خانگی	۱۴۱
جدول (۳-۸) لیست تجهیزات مورد تست و آزمونهای مرتبط با آن برای لوازم خانگی	۱۴۳
جدول (۳-۹) فهرست تجهیزات خانگی مورد آزمون در آزمایشگاه AUSTEST و استانداردهای مرتبط با تست‌های ایمنی	۱۴۷
جدول (۳-۱۰) فهرست آزمونهای قابل انجام برای UPS	۱۵۲

جدول (۳-۱۱) فهرست استانداردهای عمومی آزمون‌های UPS	۱۵۲
جدول (۳-۱۲) فهرست استانداردهای ایمنی برای تست UPS	۱۵۳
جدول (۳-۱۳) تجهیزات مورد آزمون در آزمایشگاه‌های مطرح شده	۱۷۹
جدول (۳-۱۴) امکانات و تجهیزات آزمایشگاه‌های مطرح شده برای تست المان‌های الکترونیک قدرت	۱۸۱
جدول (۳-۱۵) استانداردهای مورد بررسی در آزمایشگاه‌های مطرح شده	۱۸۴
جدول (۳-۱۶) آزمون‌های قابل انجام در آزمایشگاه‌های مطرح شده	۱۸۷
جدول (۴-۱) لیست شرکت‌های داخلی تولیدکننده‌ی تجهیزات الکترونیک قدرت مورد مکاتبه	۱۹۴
جدول (۴-۲) کدهای تعرفه مربوط به تجهیزات مبتنی بر الکترونیک قدرت مورد استفاده در کشور	۱۹۵
جدول (۴-۳) کدهای تعرفه واردات تجهیزات روشنایی	۱۹۷
جدول (۴-۴) آمار واردات مدار درایو LED	۱۹۸
جدول (۴-۵) آمار واردات متعادل کننده‌های الکترونیکی جریان برای لامپ‌ها و لوله‌های تخلیه	۱۹۹
جدول (۴-۶) آمار واردات سایر قطعات مربوط به چراغ‌های روشنایی	۲۰۰
جدول (۴-۷) واردات منابع تغذیه‌ی بدون وقفه	۲۰۰
جدول (۴-۸) واردات منبع تغذیه‌ی رایانه	۲۰۲
جدول (۴-۹) آمار واردات شارژر موبایل، لپ تاپ و...	۲۰۳
جدول (۴-۱۰) آمار واردات تجهیز منبع تغذیه	۲۰۳
جدول (۴-۱۱) آمار واردات اینورترهای کنترل دور	۲۰۵
جدول (۴-۱۲) آمار واردات مبدل‌های DC-DC	۲۰۵
جدول (۴-۱۳) کدهای تعرفه مربوط به مبدل‌های جوشکاری	۲۰۶
جدول (۴-۱۴) آمار واردات دستگاه جوش اینورتر قابل حمل	۲۰۷
جدول (۴-۱۵) آمار واردات دستگاه جوشکاری سه فاز اینورتر-رکتیفایر	۲۰۸
جدول (۴-۱۶) آمار واردات دستگاه جوش آرگون اینورتری تک فاز DC	۲۰۸
جدول (۴-۱۷) آمار واردات کد تعرفه ۸۵۰۴۴۰۹۰	۲۱۰
جدول (۴-۱۸) آمار واردات مبدل‌های جوشکاری	۲۱۱

جدول (۱۹-۴) جدول جمع‌بندی واردات اینورتر کنترل دور موتور	۲۱۱
جدول (۲۰-۴) جمع‌بندی آمار مربوط به سال ۱۳۹۷	۲۱۲
جدول (۲۱-۴) جمع‌بندی آمار مربوط به سال ۱۳۹۶	۲۱۲
جدول (۲۲-۴) جمع‌بندی آمار مربوط به سال ۱۳۹۵	۲۱۳
جدول (۲۳-۴) جمع‌بندی آمار مربوط به سال ۱۳۹۴	۲۱۳
جدول (۲۴-۴) ترجیحات مقدار عددی	۲۱۸
جدول (۲۵-۴) ماتریس تصمیم که در آن وزن هر گزینه نسبت به دیگری سنجیده میشود	۲۲۰
جدول (۲۶-۴) معیارهای مورد نظر برای ارزیابی اولویت محورهای آزمایشگاهی	۲۲۳
جدول (۲۷-۴) وزن‌دهی و ارزیابی زمینه‌های آزمایشگاهی	۲۳۰
جدول (۲۸-۴) جدول شماره ۲ پرسشنامه (ارزیابی جذابیت هر یک از محورهای آزمایشگاهی)	۲۳۱
جدول (۲۹-۴) فهرست خبرگان تکمیل‌کننده پرسشنامه در مرحله‌ی اول	۲۳۳
جدول (۳۰-۴) نتایج وزن‌دهی معیارها توسط خبرگان در مرحله‌ی اول	۲۳۳
جدول (۳۱-۴) فهرست خبرگان تکمیل‌کننده پرسشنامه در مرحله‌ی دوم	۲۳۸
جدول (۳۲-۴) جدول ارزیابی جذابیت هر یک از محورهای آزمایشگاهی در پرسشنامه‌ی دوم	۲۴۱
جدول (۳۳-۴) نتایج وزن‌دهی معیارها توسط خبرگان در مرحله‌ی دوم	۲۴۲
جدول (۱-۵) دامنه کاربرد تأیید صلاحیت آزمایشگاه کالیبراسیون مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک	۲۷۱

مقدمه

با توجه به جنبه‌های گوناگون توسعه فناوری‌های الکترونیک قدرت، گسترش این تکنولوژی‌ها برای کشور مزایای مهمی در پی خواهد داشت. امروزه در بررسی روند آینده تجهیزات الکترونیک قدرت به مسائلی مانند تکنولوژی‌های میدل‌های الکترونیک قدرت، سیستم‌های کنترل، بهره‌وری انرژی، افزایش بازده، بهبود کیفیت توان، افزایش قابلیت اطمینان و ... باید پرداخته شود. توسعه و کاربرد گسترده زمینه دانشی و ادوات الکترونیک قدرت در کشور، لزوم ایجاد و دسترسی به یک آزمایشگاه جامع و مرجع الکترونیک قدرت در کشور جهت تعیین صلاحیت و کیفیت این محصولات اعم از وارداتی و یا ساخت داخل را ایجاب می‌نماید. هدف اصلی از اجرای این پروژه، اجرای فاز اولیه و پایه‌ای، نیازسنجی و تعیین محدوده و اهداف موردنظر جهت راه‌اندازی یک شبکه آزمایشگاهی جامع در زمینه الکترونیک قدرت در کشور با همکاری دانشگاهها و صنایع مرتبط می‌باشد. در حال حاضر در کشور امکان انجام آزمون‌های کامل تأیید صلاحیت برای بسیاری از این محصولات وجود ندارد و در نتیجه تصمیم‌گیرندگان و مراجع مربوطه نمی‌توانند کنترل کامل و بهینه‌ای بر روی کیفیت این محصولات داشته باشند. هم‌چنین گستردگی محدوده تجهیزات و ادوات مرتبط با الکترونیک قدرت، ایجاب می‌کند که در وهله اول، شناسایی کامل و دقیقی برای تعیین محدوده این آزمایشگاه و محورهای اصلی موردنیاز آن، انجام شود.

در فصل اول این گزارش به منظور شناسایی محدوده کار، آشنایی با ساختار، عملکرد، قابلیت‌ها و کاربردهای این تجهیزات، کلیه ادوات و تجهیزات الکترونیک قدرت مورد استفاده در صنعت برق و انرژی که در مجموعه آزمایشگاه‌های الکترونیک قدرت می‌توانند مورد آزمون واقع شوند، مشخص و معرفی شده‌اند. در فصل دوم، با توجه به اطلاعات گردآوری شده در مرحله قبل و بررسی چند نمونه آزمایشگاه و مراجع علمی و اجرایی در این زمینه، محورهای کاری آزمایشگاه و تجهیزات تحت پوشش آن، ساختاردهی و تعیین شده است.

الزام به تست و ارزیابی تجهیزات الکترونیک قدرت و نهایتاً صدور تاییدیه، نیازمند وجود آزمایشگاه مرجع جهت انجام طیف وسیعی از آزمون‌ها و استانداردها می‌باشد. بررسی تجربیات دیگر کشورهای مطرح در سطح دنیا و استفاده از دانش موجود در سطح بین‌الملل، می‌تواند در مسیر تعیین چارچوب‌ها و الزامات تاسیس یک سیستم آزمایشگاهی یکپارچه و مرجع برای تجهیزات الکترونیک قدرت، مفید باشد. در این راستا در فصل سوم آزمایشگاه‌های خارجی مورد مطالعه قرار گرفته و محدوده عملکرد، حوزه‌های کاری و گستره فعالیت‌های هر آزمایشگاه معرفی شده است. در فصل چهارم پس از شناسایی و بررسی نوع و حجم محصولات وارداتی الکترونیک قدرت در کشور و با انتخاب شاخصه‌هایی برای ارزیابی محورهای تعیین شده برای آزمایشگاه الکترونیک قدرت در مرحله اول پروژه، با استفاده از تحلیلهای آماری و نظرسنجی از افراد خبره دانشگاه و صنعت در این زمینه (بالاخص انجمن الکترونیک قدرت ایران به عنوان مهمترین فعالان این عرصه)، نیازسنجی جهت تعیین اهمیت و میزان ضرورت انجام آزمون برای هریک از تجهیزات مشخص شده، صورت گرفته و محورهای آزمایشگاهی بر آن اساس اولویت‌بندی شده است.

در فصل پنجم شناسایی آزمایشگاه‌های دانشگاهی و صنعتی فعال موجود در کشور و پیشنهاد تجهیز یک شبکه آزمایشگاه جامع در محورهای مختلف مرتبط با الکترونیک قدرت شامل فازبندی و برنامه‌ریزی چند ساله برای توسعه و راه‌اندازی مرحله به مرحله، بسته به اولویت هر محور، ارائه شده است. این پیشنهاد بر مبنای اولویت‌بندی به دست آمده، جمع‌بندی نظرات خبرگان، میزان استفاده از هر محصول در صنعت برق کشور و در نظر گرفتن ملاحظات اجرایی از قبیل هزینه و زمان، تدوین شده است.

۱- فصل اول

۱-۱- معرفی تجهیزات الکترونیک قدرت مورد استفاده در صنعت برق

۱-۱-۱- تجهیزات الکترونیک قدرت مورد استفاده در سیستم‌های روشنایی

۱-۱-۱-۱- بالاست‌های الکترونیکی^۱

در یک سیستم روشنایی فلوئورسنت، بالاست جریان وارد شده به لامپ را تنظیم کرده و ولتاژ لازم به منظور راه‌اندازی لامپ را فراهم می‌نماید. بدون وجود بالاست برای محدود کردن جریان، در یک لامپ فلوئورسنت که به طور مستقیم به یک منبع توان ولتاژ بالا متصل است، جریان کشیده شده توسط لامپ به سرعت افزایش می‌یابد [۳].

سه نوع بالاست برای کاربردهای تجاری فروخته می‌شوند که عبارتند از:

- بالاست‌های مغناطیسی^۲
- بالاست‌های ترکیبی^۳
- بالاست‌های الکترونیکی

در ادامه به توضیح مختصری در رابطه با هر یک از بالاست‌ها پرداخته شده است.

۱-۱-۱-۱-۱- معرفی انواع بالاست‌ها

-بالاست‌های مغناطیسی

بالاست‌های مغناطیسی در واقع بالاست‌های الکترومغناطیسی "هسته و سیم‌پیچ" هستند. بالاست‌های مغناطیسی معمولاً تلفات توان بالاتری در مقایسه با بالاست‌های الکترونیکی دارند. به عنوان مثال یک سیستم لامپ-بالاست، شامل یک بالاست مغناطیسی و دو لامپ ۳۲ وات، نیاز به توانی در حدود ۷۰ وات دارند. بالاست‌های مغناطیسی معمولاً لامپ‌ها را در فرکانس شبکه (۶۰ هرتز در آمریکای شمالی) به راه می‌اندازند و بسیار ارزان هستند.

-بالاست‌های ترکیبی

بالاست‌های هیبریدی از یک ترانسفورماتور مغناطیسی هسته و سیم‌پیچ و یک سوئیچ الکترونیکی برای مدار الکترو-گرمایش^۴، استفاده می‌نماید. به‌مانند بالاست‌های مغناطیسی، بالاست‌های هیبریدی لامپ‌های فلوئورسنت را در فرکانس خط (۶۰ هرتز در آمریکای شمالی) به راه می‌اندازند. بالاست‌های هیبریدی (که همچنین بالاست‌های قطع-کاتد نیز نامیده می‌شوند) مدار الکترو-گرمایش را پس از اینکه لامپ راه‌اندازی شد، قطع خواهند کرد. از نظر قیمت، این بالاست‌ها از بالاست‌های مغناطیسی گران‌تر ولی از بالاست‌های الکترونیکی ارزان‌تر هستند. از نظر بهره‌وری انرژی نیز از بالاست‌های مغناطیسی بهتر ولی نسبت به الکترونیکی ضعیف‌تر هستند [۴].

¹ Electronic Ballasts

² Magnetic ballasts

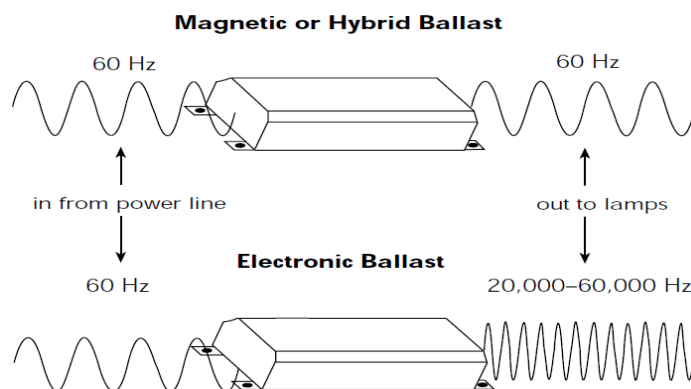
³ Hybrid Ballasts

⁴ Electrode-heating circuit

–بالاست‌های الکترونیکی

بالاست الکترونیکی در واقع تجهیزاتی است که فرکانس قدرت را به فرکانس خیلی بالا تبدیل می‌نماید تا فرآیند تخلیه گاز در لامپ فلوئورسنت را، به وسیله کنترل دو سر ولتاژ لامپ و جریان عبوری از لامپ، آماده‌سازی نماید.

• تفاوت فرکانس عملکرد بالاست‌های الکترونیکی را در مقایسه با سایر بالاست‌ها به وضوح نمایش می‌دهد [۵].



شکل (۱-۱) نمایش تفاوت فرکانس تولیدی در بالاست‌های الکترونیکی با سایر بالاست‌ها

۱-۱-۱-۲-۲ استانداردهای آزمون بالاست

استانداردهای زیر با بهره‌گیری از دو مرجع [۷] و [۸] و مطابقت آن‌ها با کاتالوگ‌های موجود در بازار گردآوری شده‌اند. استانداردهای گردآوری شده در خصوص این تجهیزات، در • فهرست شده‌اند:

جدول (۱-۱) استانداردهای موجود در رابطه با انواع بالاست الکترونیکی

توضیحات	عنوان اصلی	شماره استاندارد
استانداردهای کلی		
این استاندارد الزامات ایمنی و کلی برای لوازم کنترل لامپ به منظور استفاده در منابع DC تا سقف ۲۵۰ ولت و یا منابع AC تا سقف ۱۰۰۰ ولت در فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز را تعیین می‌نماید.	Lamp controlgear – Part 1: General and safety requirements	IEC 61347-1:2015 (ISIRI 7644-1, 1383)
: این استاندارد الزامات ایمنی برای لوازم کنترل الکترونیکی برای استفاده در AC با فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز و یا منابع DC، هر دو تا ولتاژ ۱۰۰۰ ولت را مشخص می‌نماید.	AC and/or DC-supplied electronic control gear for tubular fluorescent lamps - Performance requirements	IEC 60929:2011 +AMD1:2015 (ISIRI 6195, 1381)

		فرکانس عملکرد واقعی ممکن است متفاوت از فرکانس مشخص منبع باشد.
IEC 61547:2009	Equipment for general lighting purposes - EMC immunity requirements	این استاندارد برای الزامات ایمنی الکترومغناطیسی در تجهیزات روشنایی که در حیطه استاندارد IEC هستند، مانند لامپ‌ها، تجهیزات جانبی و چراغ‌ها، که برای اتصال به منابع برق ولتاژ پایین یا باتری در نظر گرفته می‌شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرد.
IEC 61347-2-7:2011	Lamp controlgear - Part 2-7 Particular requirements for battery supplied electronic controlgear for emergency lighting (self-contained)	این بخش از استاندارد به الزامات ویژه برای بالاست‌های الکترونیکی تغذیه شده با DC برای روشنایی اضطراری پرداخته است.
ANSI C82.6-2015	American National Standard for Lamp Ballasts—Ballasts for High-Intensity Discharge Lamps—Methods of Measurement	این استاندارد روش‌های اندازه‌گیری برای بالاست‌های لامپ‌های تخلیه با شدت بالا را بیان می‌کند.
استانداردهای آزمون بالاست مختص لامپ فلوئورسنت		
IEC 61347-2-3:2011 +AMD:2016 (ISIRI 7644-2-3, 1386)	Lamp control gear - Part 2-3: Particular requirements for a.c. and/or d.c. supplied electronic control gear for fluorescent lamps	این استاندارد به الزامات ویژه برای بالاست‌های الکترونیکی تغذیه شده با برق AC برای لامپ‌های فلوئورسنت پرداخته است. الزامات ایمنی خاص برای لوازم کنترل الکترونیکی برای استفاده در منابع AC و DC تا ۱۰۰۰ ولت در فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز در این استاندارد آمده است.
IEC 61347-2-8:2000+AMD1:2006 CSV (ISIRI 6196)	Lamp controlgear - Part 2-8: Particular requirements for ballasts for fluorescent lamps	این بخش استاندارد به الزامات خاص در رابطه با بالاست‌ها برای لامپ‌های فلوئورسنت پرداخته است. در واقع این بخش از استاندارد IEC 61347 الزامات ایمنی برای بالاست‌ها، به جز نوع مقاومتی، برای استفاده در منابع AC تا سقف ۱۰۰۰ ولت در فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز که مرتبط با لامپ‌های فلوئورسنت با یا بدون کاتدهای پیش‌گرمایش است، تعیین می‌نماید.

IEC 60921:2004 +AMD:2006	Ballasts for tubular fluorescent lamps - Performance requirements	این استاندارد الزامات عملکرد برای بالاست، به استثنای بالاست‌های نوع مقاومتی، برای استفاده در منابع AC تا ۱۰۰۰ ولت در فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز، در ارتباط با لامپ‌های فلوروسنت لوله‌ای با یا بدون تجهیز راه‌انداز، را بیان می‌نماید.
IEC 62442-1:2011	Energy performance of lamp controlgear - Part 1: Controlgear for fluorescent lamps - Method of measurement to determine the total input power of controlgear circuits and the efficiency of the controlgear	روش‌های اندازه‌گیری کل توان ورودی مدارهای لوازم کنترل-لامپ و بازده آن. این استاندارد برای استفاده در منابع AC تا سقف ۱۰۰۰ ولت در فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز، در نظر گرفته می‌شود.
IEC 60730-2-3:2006	Automatic electrical controls for household and similar use - Part 2-3: Particular requirements for thermal protectors for ballasts for tubular fluorescent lamps	الزامات ایمنی برای محافظ‌های حرارتی برای بالاست‌های مورد استفاده در لامپ‌های فلوروسنت از نوع لوله‌ای در این استاندارد آمده است.
UL 935	Fluorescent Lamp Ballasts	این استاندارد برای بالاست لامپ‌های فلوروسنت ارائه شده است. الزامات موجود در این استاندارد بالاست‌های نوع مقاومتی، راکتانی و الکترونیکی را برای استفاده در لامپ‌های فلوروسنت تا سطح ولتاژ ۲۵۰۰ ولت یا کمتر مطابق با کد الکتریکی ملی، را تحت پوشش قرار می‌دهد.
NEMA BL 2-2009	Energy Efficiency for Electronic Ballasts for T8 Fluorescent Lamps	بهره‌وری انرژی برای بالاست‌های الکترونیکی در لامپ‌های فلوروسنت T8. ارزیابی بالاست‌های الکترونیکی طراحی شده برای استفاده در لامپ‌های فلوروسنت 4-ft 32W T8 با خروجی لومن بزرگتر یا معادل با ۳۱۰۰ لومن.
استانداردهای آزمون بالاست به استثنای لامپ فلوروسنت		
IEC 61347-2-12:2005 +AMD1:2010 (ISIRI 7644-1, 1383)	Lamp controlgear - Part 2-12: Particular requirements for d.c. or a.c. supplied electronic ballasts for discharge lamps (excluding fluorescent lamps)	الزامات خاص برای بالاست‌های الکترونیکی تغذیه شده با DC یا AC برای لامپ‌های تخلیه (به استثنای لامپ‌های فلوروسنت) در این استاندارد ذکر شده است.
IEC 61347-2-10:2000 +AMD1:2008	Lamp controlgear - Part 2-10: Particular requirements for electronic invertors and convertors	الزامات خاص برای اینورترها و میدل‌های الکترونیکی برای عملکرد فرکانس بالای

	for high-frequency operation of cold start tubular discharge lamps (neon tubes)	لامپ‌های تخلیه‌ای با شروع سرد (لوله نئون)
ANSI C82.14-2016	American National Standard for Lamp Ballasts - Low-Frequency Square Wave Electronic Ballasts - for Metal Halide Lamps	بالاست‌های الکترونیکی موج مربعی فرکانس پایین برای لامپ‌های متال هالید
ANSI C82.9-2016	American National Standard for Lamp Ballasts- High-Intensity Discharge and Low-Pressure Sodium Lamps- Definitions	بالاست‌های لامپ- لامپ‌های با شدت تخلیه بالا و سدیم کم فشار
ANSI C82.5-2016	American National Standard for Reference Ballasts - High-Intensity-Discharge and Low-Pressure Sodium Lamps	بالاست‌های مرجع- لامپ‌های با شدت تخلیه بالا و سدیم کم فشار

از میان استانداردهای بالا، برخی از استانداردها ملی شده است، که در جدول (۱-۲) به آن‌ها اشاره شده است.

جدول (۱-۲) استانداردهای ملی در خصوص بالاست‌های الکترونیکی

عنوان استاندارد اروپایی	استاندارد معادل ملی
IEC 61347-1	ISIRI 7644-1, 1383
IEC 61347-2-3	ISIRI 7644-2-3, 1386
IEC 60929	ISIRI 6195, 1381
IEC 61347-2-8	ISIRI 6196
IEC 61347-2-12	ISIRI 7644-1, 1383

۱-۱-۲- راه‌انداز لامپ^۵ LED

امروزه لامپ‌های LED جایگاه خود را در صنعت روشنایی به خوبی پیدا کرده‌اند و استفاده از آن‌ها نیز روز به روز در حال گسترش می‌باشد. بکارگیری لامپ‌های LED از مزایای بسیاری برخوردار است که برخی از آن‌ها عبارتند از:

- بازدهی نوری بالای لامپ‌های LED استفاده از این فن آوری را در تجهیزات ذخیره انرژی مناسب می‌سازد.
- LEDها بدون نیاز به استفاده از هرگونه فیلتر رنگی قادر به انتشار نوری با رنگ موردنظر می‌باشند.
- LEDها از قابلیت عملکرد بالایی در کاربردهای با سرعت بالا و تعدد دفعات قطع و وصل برخوردارند.
- LEDها به جهت بهره‌گیری از ساختار حالت جامد، در مقایسه با سایر لامپ‌ها از استحکام بیشتری برخوردارند.
- طول عمر این لامپ‌ها در حدود ۴۰۰۰ ساعت ادعا می‌شود و البته بدیهی است که این طول عمر باید با احتساب میزان دوام منبع تغذیه این لامپ‌ها ذکر گردد.

^۵ LED Driver

- سرعت روشن شدن این لامپ‌ها در مقایسه با سایر فن‌آوری‌ها بسیار بالاست.
- این لامپ‌ها حاوی جیوه نمی‌باشند.
- از آنجا که در LED ها نور از یک جهت و حرارت از جهت دیگر انتشار می‌یابد، لذا می‌توان حرارت ایجاد شده را به محیط زندگی منتقل ننموده و از ایجاد بار اضافی بر سیستم تهویه مطبوع کاست.

در مقابل مزایای فوق، عمده ترین ایراد لامپ‌های LED هزینه اولیه آنها می‌باشد. LED ها به جهت هزینه بسیار بالای تولید، تاکنون در مصارف عمومی مورد استفاده قرار نگرفته‌اند. ایراد عمده دیگر به ضعف تولید پرتو برمی‌گردد، چراکه این لامپ‌ها در مقایسه با لامپ‌های پرفشار از بازدهی نوری کمی برخوردار است و لذا کارایی این لامپ‌ها در روشنایی‌های زیاد محدود است [۲۱۵].

لامپ‌های LED از زمینه کاربرد گسترده‌ای در تمامی حوزه‌ها از خانگی گرفته تا صنعتی برخوردارند. مصرف پائین انرژی این لامپ‌ها، استفاده از آنها را در سیستم‌هایی از قبیل روشنایی منازل و چراغ قوه که از باتری استفاده می‌کنند میسر می‌سازد. در ساختمان‌های تجاری و فروشگاه‌ها نیز می‌توان از این فن‌آوری به عنوان روشنایی پشتیبان (با منبع تغذیه مستقل) بهره جست. به جهت طول عمر بالا و طیف موج مطلوب تولیدی، از لامپ‌های LED می‌توان جهت تأمین روشنایی خیابان‌ها استفاده کرد. یکی دیگر از بسترهای مناسب استفاده از این فن‌آوری در زمینه تأمین نور مورد نیاز برای اهداف نظارتی و مراقبتی کشیک‌های شبانه است. لذا می‌توان از لامپ‌های LED در راهروها، پارکینگ‌ها و هر مکانی که ضرورت نظارت در آن حس می‌شود، بهره گرفت. در مناطق روستایی چنانچه با افت توان شبکه و یا عدم دسترسی محلی رو به رو باشیم، می‌توان با شارژ باتری‌های خورشیدی در طول روز، انرژی لازم جهت تولید روشنایی در طول شب توسط لامپ‌های LED را فراهم آورد. بازتابنده‌های خیابانی، کاربرد دیگری از لامپ‌های LED می‌باشند، این لامپ‌ها در طول روز با ذخیره انرژی، تابش در شب را میسر کرده و از بروز سوانح جاده‌ای ممانعت به عمل می‌آورند. از کاربردهای دیگر این لامپ‌ها می‌توان به صحنه عملیات جنگی و معادن و کاوش‌های زیر آب اشاره کرد.

یکی از مهمترین بخشهای چراغ LED، مدار راه‌انداز یا درایو آن است. از آنجایی که لامپ‌های LED توان DC مصرف می‌نماید، بنابراین نیاز به مدار راه‌اندازی دارند که بتواند توان AC شبکه را به توان DC تبدیل نماید. درایور LED تجهیزاتی است که با توجه به تعداد LEDهای سری و موازی، ولتاژ و جریان مورد نظر را برای راه‌اندازی اعمال و مجموعه LED را روشن می‌کند.

این تجهیزات، مشابه بالاست در لامپ‌های فلورئورسنت یا ترانسفورماتورها برای لامپ‌های ولتاژ پایین هستند. در واقع راه‌اندازهای LED برق مورد نیاز LED را به منظور بهترین عملکرد آن، مهیا می‌نمایند [۹].

راه‌اندازهای LED به سه دسته کلی تقسیم‌بندی می‌شوند:

- راه‌اندازهای جریان ثابت
- راه‌اندازهای ولتاژ ثابت
- راه‌انداز لامپ LED از نوع AC

۱-۱-۲-۱- استانداردهای آزمون راهاندازهای لامپ LED

راهانداز LED یک بخش بسیار مهم در داخل هر لامپ LED است و این قسمت بخش اعظم الزامات مربوط به ایمنی، EMC، RoHS⁶ و Ecodesign را تعیین می‌نماید. ضروری‌ترین استانداردها خصوصاً برای راهانداز LED، آزمون‌های انتشار EMI مطابق با استاندارد EN55015 و جریان هارمونیک مطابق با استاندارد IEC 61000-3-2 و EMS EN 61547 می‌باشد. استانداردهای معرفی شده برای راهانداز لامپ LED برگرفته از CE marking ارائه شده توسط اتحادیه اروپا است [۱۱].

در جدول (۱-۳)، تمامی استانداردهای مرتبط با EMC، که اتحادیه اروپا در رابطه با راهاندازهای LED بدان‌ها اشاره کرده است، مطرح شده است. این استانداردها شامل دو زیر بخش بوده که یک زیر بخش مربوط به EMI^۷ و زیر بخش دیگر در رابطه با EMS^۸ است [۱۱].

جدول (۱-۳) سازگاری الکترومغناطیسی (EMC)

حوزه کاری	استاندارد	
انتشار هدایتی/انتشار تشعشعی جریان هارمونیک فلیکر ولتاژ	EN 55015	Electro-Magnetic Interference (EMI)
	EN 61000-3-2/IEC 61000-3-2	
	EN 61000-3-3/IEC 61000-3-3	
الزامات ایمنی EMC	EN 61547/IEC 61547	Electro-Magnetic Susceptibility (EMS)
تست ایمنی تخلیه الکترواستاتیکی	EN 61000-4-2/IEC 61000-4-2	
تست ایمنی میدان الکترومغناطیسی، فرکانس رادیویی، تابش	EN 61000-4-3/IEC 61000-4-3	
تست ایمنی گذرای سریع الکتریکی	EN 61000-4-4/IEC 61000-4-4	
تست ایمنی افزایش‌های ناگهانی	EN 61000-4-5/IEC 61000-4-5	
ایمنی در برابر اختلالات هدایتی، ناشی از فرکانس رادیویی	EN 61000-4-6/IEC 61000-4-6	
تست ایمنی میدان مغناطیسی فرکانس قدرت	EN 61000-4-8/IEC 61000-4-8	
تست ایمنی افت‌های ولتاژ، تغییرات ولتاژ و وقفه‌های کوتاه	EN 61000-4-11/IEC 61000-4-11	

جدول (۱-۴) فهرست استانداردهای موجود در رابطه با راهاندازهای LED

توضیحات	عنوان اصلی	شماره استاندارد
---------	------------	-----------------

⁶ Restriction of Hazardous Substances

⁷ Electro-Magnetic Interference

⁸ Electro-Magnetic Susceptibility

IEC 61000-3-2:2014		محدودیت‌های مربوط به انتشار هارمونیک جریان- تجهیزاتی که جریان ورودی آن‌ها کمتر از ۱۶ آمپر در هر فاز است- راه‌اندازهای LED با توان کمتر از ۲۵ وات هیچ‌گونه محدودیت‌هارمونیکی ندارند.
IEC 61547:200	Equipment for general lighting purposes - EMC immunity requirements	الزامات ایمنی الکترومغناطیسی (الزامات ایمنی EMC) در تجهیزات روشنایی، مانند لامپ‌ها، چراغ‌ها (نورافکن‌ها) که برای اتصال به یک منبع الکتریکی ولتاژ پایین و یا برای کار با باتری استفاده می‌شود.
BS EN 55015 :2006 +A2:2009	Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment	محدودیت‌ها و روش‌های اندازه‌گیری مشخصات اختلال رادیویی روشنایی الکتریکی و تجهیزات مشابه
IEC 61000-3-3:2013 +AMD1:2017	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-3: Limits - Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection	محدودیت تغییرات ولتاژ، نوسانات و فلیکر ولتاژ در سیستم‌های توان ولتاژ پایین، برای تجهیزات با جریان نامی کمتر از ۱۶ آمپر در هر فاز.
IEC 61000-4-2:2008	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-2: Testing and measurement techniques - Electrostatic discharge immunity test	تکنیک‌های آزمون و اندازه‌گیری- آزمون مصونیت تخلیه الکترواستاتیکی.
IEC61000-4-3:2006 +AMD1:2007+AMD2:2010	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-3: Testing and measurement techniques - Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test	تکنیک‌های آزمون و اندازه‌گیری- آزمون مصونیت میدان الکترومغناطیسی، فرکانس رادیویی و تشعشعی.
IEC 61000-4-4:2012	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-4: Testing and measurement techniques - Electrical fast transient/burst immunity test	تکنیک‌های آزمون و اندازه‌گیری- آزمون مصونیت گذرای سریع الکتریکی.
IEC 61000-4-5:2014	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-5: Testing and measurement techniques - Surge immunity test	تکنیک‌های آزمون و اندازه‌گیری- آزمون مصونیت در برابر ضربه‌های ناگهانی.
IEC 61000-4-6:2013	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-6: Testing and measurement techniques - Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields	این استاندارد تحت عنوان تکنیک‌های آزمون و اندازه‌گیری- مصونیت در برابر اختلالات هدایتی، ناشی از میدان فرکانس رادیویی، بیان می‌شود. این استاندارد یک زیر بخش از استاندارد مربوط به سازگاری الکترومغناطیسی است.

IEC 61000-4-8:2009	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test	تکنیک‌های آزمون و اندازه‌گیری – آزمون مصنویت از میدان مغناطیسی فرکانس قدرت.
IEC 61000-4-11:2004	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-11: Testing and measurement techniques - Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests	تکنیک‌های آزمون و اندازه‌گیری – آزمون مصنویت از تغییرات ولتاژ، وقفه‌های کوتاه و افت‌های ولتاژ.
IEC 61347-1:2015 RLV	Lamp controlgear – Part 1: General and safety requirements	لوازم کنترل لامپ – الزامات ایمنی و کلی.
IEC 61347-2-13:2014 +AMD1:2016	Lamp controlgear - Part 2-13: Particular requirements for d.c. ora.c. supplied electronic controlgear for LED modules	نیازمندی‌های ویژه برای لوازم کنترل الکترونیکی، تغذیه شده با برق AC یا DC، برای ماژول‌های LED.
IEC 62384:2006 +AMD1:2009	DC or AC supplied electronic control gear for LED modules - Performance requirements	لوازم کنترل الکترونیکی تغذیه شده با DC یا AC برای ماژول‌های LED – الزامات عملکرد.

۱-۱-۳- سایر تجهیزات روشنایی دارای المان‌های الکترونیک قدرت

۱-۱-۳-۱- لامپ‌های ضد انفجار

فعالیت بسیاری از صنایع به گونه‌ای است که با موادی که احتمال انفجار آن‌ها وجود دارد، سرو کار دارند و از این رو ماهیتی خطرناک خواهند داشت. خطر آتش‌سوزی یا انفجار در زمان حمل چنین موادی نیز بالاست. این صنایع که از آن‌ها حرف زده می‌شود محدود به صنایع شیمیایی یا پتروشیمی نیستند.

سیلوهای ذخیره‌سازی مواد، کارخانه‌های فرآوری که حجم بالایی از مواد پودری را حمل می‌کنند، معادن ذغال‌سنگ، تانکرهای بزرگ نفت، شرکت‌های تولیدی نفت و گاز، ایستگاه‌های توزیع مواد سوختی، کشتی‌های حامل محموله‌های مواد شیمیایی، پایانه‌های ذخیره‌سازی مواد در بنادر، مراکز نگهداری تانکرها، صنایع تولید کاغذ، کارخانه‌هایی که با گاز کار می‌کنند، پمپ‌های بنزین و ... همگی مولد و عاملی را در بر دارند که احتمال آتش‌سوزی و انفجار در آن‌ها بالا می‌باشد.

احتمال انفجار تنها به این مناطق خطر مشهور محدود نمی‌شود. مکانی که به نظر به اندازه کافی بی‌خطر نشان می‌دهد، مثل سیلوی گندم، می‌تواند به عنوان منطقه‌ای خطرناک شناخته شود، زیرا گندم و کاه‌های آن‌ها می‌توانند سریع مشتعل شوند. در واقع چنین اشتعالی گاهی بسیار گسترده‌تر از انفجار گاز است. از این رو تجهیزاتی که گندم را در سیلوها جابه‌جا می‌کنند، مثل آسانسورها و نقاله‌ها، حجم بالایی از غبار گندم را در خود دارند و به عنوان منطقه خطر دسته بندی می‌شوند. در این مناطق زمینه آتش‌سوزی و انفجار به دلیل ماهیت موادی که در آن است بالا می‌باشد و به همین دلیل به رویکردی متفاوت نسبت به مناطق صنعتی معمول نیاز دارند. اگر این مناطق به درستی شناسایی شوند و مهندسی ایمنی در آن‌ها بکار گرفته شود، مشکلات و ریسک آتش‌سوزی و انفجار در چنین مناطقی کاهش خواهد یافت.

تجهیزات الکتریکی معمولی مثل موتورها یا لامپ‌ها را نمی‌توان در چنین مناطقی، بدون در نظر گرفتن برخی ملاحظات بازدارنده از حوادث، استفاده کرد و یا در چنین مناطقی نمی‌توان از تجهیزات الکتریکی که به صورت موقت انرژی درست می‌کنند و این مواد خطرناک را مشتعل کرده و یا به انفجار می‌انجامند، استفاده کرد [۵۵].

۲-۳-۱-۱- بالاست لامپ‌های فلورسنت فشرده (CFL)

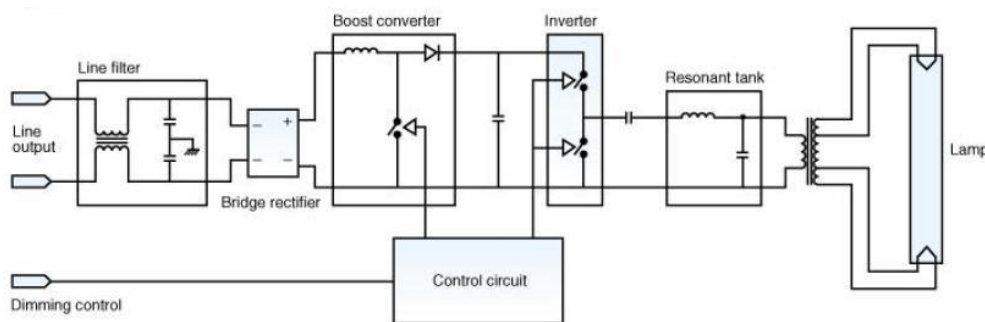
- معرفی لامپ‌های CFL

A detailed cutaway diagram of a compact fluorescent lamp (CFL). The diagram is divided into three main sections. The left section shows the 'Lamp' part, which has a 'Cover' and a 'Phosphor Coating' on its inner surface. It contains 'Mercury Vapour' and 'Argon' gas. The middle section shows the 'Ballast' housed within a 'Ballast housing', which contains various electronic components like capacitors and resistors. The right section shows the 'Base' of the lamp, which is a standard screw-in base. Labels with leader lines point to each of these components.

در شکل (۳-۱) ساختمان داخلی یک بالاست الکترونیکی به اختصار نشان داده شده است [۲۱۰]. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود فیلتر خط نقش حذف هارمونیک‌های تولید شده توسط بالاست و جلوگیری از ورود آنها به شبکه برق را عهده‌دار است. یکسوساز پل نقش تبدیل ولتاژ AC

¹⁰ Flickr

به DC و مبدل بوست^{۱۱} نقش تقویت و افزایش ولتاژ به سطحی که لامپ قادر به استارت شدن باشد را برعهده دارد. اینورتر که از دو سوئیچ ترانزیستوری تشکیل شده است نقش ایجاد ولتاژ متناوب فرکانس بالا را از ولتاژ مستقیم ورودی ایفا می‌نماید. مدار کنترل نیز نقش کنترل و پالس‌سازی برای سوئیچ‌های ترانزیستوری را عهده‌دار است. البته در این شکل اجزای اصلی نشان داده شده‌اند و مدارهای کمکی دیگر نظیر فیلتر حذف تداخل الکترومغناطیسی یا جبران‌ساز ضریب توان و غیره که در اکثر بالاست‌های الکترونیکی امروزی به چشم می‌خورند رسم نشده است.



شکل (۱-۳) ساختمان داخلی بالاست الکترونیکی لامپهای فلورسنت

لامپهای فلورسنت از منظر الکتریکی در واقع مقاومت‌هایی با شیب منفی هستند، به همین علت هم هر چه جریان بیشتری از آنها عبور می‌کند، مقاومت الکتریکی لامپ فلورسنت کاهش یافته و منجر به عبور بیشتر جریان می‌شود. اگر این لامپها بطور مستقیم به یک خط تغذیه ولتاژ ثابت وصل شوند به دلیل عدم کنترل جریان عبوری از بین خواهند رفت. برای جلوگیری از این امر، لامپ فلورسنت باید از یک وسیله کمکی به نام بالاست استفاده کند تا جریان عبوری از تیوب را تنظیم کند و همچنین ولتاژ بالاتری برای شروع به کار لامپ تامین نماید. ساده‌ترین نوع بالاست یک چوک ساده مغناطیسی است که به صورت سری با لامپ قرار می‌گیرد. اندوکتانس این سیم‌پیچ موجب محدود شدن جریان می‌گردد. بالاستهای مغناطیسی عموماً از یک خازن برای اصلاح ضریب توان استفاده می‌کنند.

در بالاستهای الکترونیکی از سوئیچهای الکترونیکی نظیر ترانزیستورها برای تبدیل فرکانس AC به فرکانسهای بالا و همچنین تنظیم جریان لامپ استفاده می‌گردد. این نوع بالاستها کارایی نوری بالاتری برای لامپها ایجاد می‌کنند.

▪ استانداردهای لامپهای CFL

در این بخش به معرفی مهم‌ترین و پرکاربردترین استانداردهای آزمون جهت تست لامپهای CFL می‌پردازیم.

جدول (۱-۵) استانداردهای مرتبط با لامپهای کم‌مصرف CFL

شماره استاندارد	عنوان اصلی	توضیحات
IEC 60969 (ISIRI 5916)	Self-ballasted compact fluorescent lamps for general lighting services - Performance requirements	در این استاندارد، ابعاد لامپ، زمانهای راه‌اندازی و پایدار شدن، توان لامپ، شار نوری، رنگ، حفظ شار نوری، طول عمر، هارمونیکها و ... مورد بررسی قرار می‌گیرند.

¹¹ Boost Converter

IEC 60968 (ISIRI 5917)	Self-ballasted fluorescent lamps for general lighting services - Safety requirements	موارد مطرح‌شده در این استاندارد عبارتند از: نشانه‌گذاری، تعویض‌پذیری، حفاظت در برابر شوک الکتریکی، مقاومت عایقی و استقامت الکتریکی، استقامت مکانیکی، حدود افزایش دمای کلاهک، مقاومت در برابر حرارت، مقاومت در برابر شعله و جرقه، شرایط خطا
ISIRI 7341	معیارها و مشخصات فنی مصرف انرژی و برچسب انرژی لامپهای الکتریکی	تعیین ویژگی‌های لازم برای برچسب انرژی یک لامپ شامل گروه بازده انرژی (A-G)، شار نوری، توان مصرفی، طول عمر و ... در این استاندارد آمده است.
IEC 61000-3-2	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-2: Limits - Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)	ملاحظات هارمونیک جریان لامپ کم‌مصرف CFL با این استاندارد قابل بررسی می‌باشد.
ENERGY STAR Program Requirements for CFLs	حدود و برنامه‌های لازم برای لامپهای CFL	آزمونهای مطرح‌شده شامل موارد زیر می‌باشد: محدودیت‌های فتومتریک: حداقل لومن بر وات، شاخص نمود رنگ (CRI)، دمای رنگ (CCT)، حفظ شار نوری پس از ۱۰۰۰ ساعت، حفظ شار نوری در ۴۰٪ طول عمر نامی محدودیت‌های الکترونیک: ضریب توان، زمان پایدار شدن، زمان راه‌اندازی، حفاظت گذرا، فرکانس کاری، تداخل الکترومغناطیسی، کلاهک، حداکثر محتوای جیوه محدودیت‌های طول عمر و بسته‌بندی: طول عمر میان‌دوره‌ای، طول عمر نامی، آزمون سریع طول عمر، حفاظت پایان عمر، گارانتی، زبان متن بسته بندی، برچسب‌زنی FTC، دمای روشن شدن، اظهار ناسازگاری برای استفاده با کنترلرها و استثنای کاربردی، برچسب هشدار جیوه، درج جدول تعادل CFL و لامپ انتهایی
IEC 62471 IESNA Rp27.1 IESNA Rp27.2 IESNA Rp27.3	Photobiological safety of lamps and lamp systems	تأثیر تشعشع لامپهای CFL بر چشم و پوست در این استاندارد بررسی می‌شود.
IEC 61547	Equipment for general lighting purposes - EMC immunity requirements	معرفی عوامل الکترومغناطیسی تأثیر گذار بر عملکرد تجهیزات روشنایی و ذکر حدود هر عامل و بیان معیارهای رد و قبول تجهیز در این استاندارد آمده است.

۱-۱-۲- منابع تغذیه سوئیچینگ (SMPS)¹²

۱-۱-۲-۱- معرفی منابع تغذیه سوئیچینگ

یک SMPS در واقع یک مدار الکترونیکی است که توان را با استفاده از تجهیزات کلیدزنی، که این تجهیزات در فرکانس‌های بالا روشن و خاموش می‌شوند، تبدیل می‌نماید. این تجهیز، به منظور تغذیه توان در هنگامیکه عنصر کلیدزنی در حالت غیرهدایت خود است، از عناصر ذخیره‌سازی همچون سلف‌ها یا خازن‌ها، بهره می‌برد.

یک SMPS توان را از یک منبع DC یا AC (اغلب سیستم شبکه اصلی) به بارهای DC و یا AC انتقال می‌دهد. SMPSها مطابق با ولتاژ ورودی و خروجی، به چهار گروه زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

- AC to DC
- DC to AC
- DC to DC
- AC to AC

این مبدل بسیار پر بازده بوده و به طور گسترده در انواع تجهیزات الکترونیکی، شامل کامپیوترها و دیگر تجهیزات حساس که نیاز به منبع توان پایدار و کارآمد دارند، استفاده می‌گردد [۱۳].

به طور خلاصه برخی از توپولوژی‌های مورد استفاده در منابع تغذیه سوئیچینگ عبارتند از [۱۴]:

- مبدل مستقیم^{۱۳}
- مبدل پوش-پول^{۱۴}
- مبدل نیم پل^{۱۵}
- مبدل تمام پل^{۱۶}
- مبدل فلالی بک^{۱۷}
- مبدل باک^{۱۸}
- مبدل بوست^{۱۹}

¹² Switch Mode Power Supply

¹³ Forward converter

¹⁴ Push-pull converter

¹⁵ Half-bridge converter

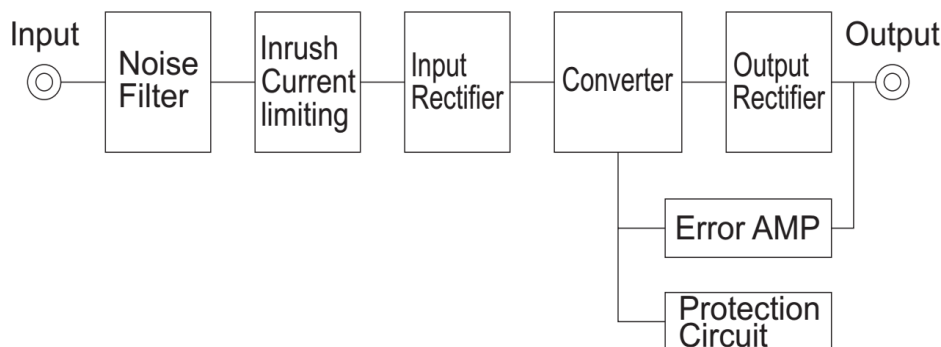
¹⁶ Full-bridge converter

¹⁷ Flyback converter

¹⁸ Buck regulator

¹⁹ Boost regulator

● مبدل باک بوست^{۲۰}



شکل (۱-۴) دی‌گرام مداری SMPS با ورودی AC و خروجی DC

در ۰ دی‌گرام مداری یک نمونه SMPS با ورودی AC و خروجی DC نمایش داده شده است [۱۴].
با بررسی کاتالوگ شرکت‌هایی که در زمینه ساخت SMPS فعالیت دارند، رنج توان و ولتاژ SMPS‌های موجود در بازار مطابق ۰ است [۱۵]:

جدول (۱-۶) رنج ولتاژ و توان SMPS‌های موجود در بازار

توان خروجی	ولتاژ خروجی	ولتاژ ورودی
10W-1kW	5VDC, 12VDC, 24VDC, 48VDC	100VAC-500VAC

۱-۲-۱- استانداردهای آزمون SMPS

تمامی استانداردهای معرفی شده در رابطه با SMPS به صورت خلاصه در ۰ گردآوری شده است.

جدول (۱-۷) فهرست استانداردهای آزمون موجود در رابطه با منابع SMPS

توضیحات	عنوان اصلی	شماره استاندارد
دستورالعمل‌های لازم برای تجهیزات منبع توان ولتاژ پایین (شامل انواع سوئیچینگ)، با خروجی کمتر از ۲۰۰ ولت DC - ولتاژ AC یا DC ورودی کمتر از ۶۰۰ ولت - سطح توان پایین‌تر از ۳۰ کیلووات	Low-voltage power supply devices, d.c. output - Performance characteristics	61204:1993 IEC +AMD1:2001
تکنیک‌های آزمون و اندازه‌گیری - آزمون مصنویت تخلیه الکترواستاتیکی	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-2: Testing and measurement techniques - Electrostatic discharge immunity test	IEC 61000-4-2:2008

²⁰ Buck-boost regulator

IEC 61000-4-3:2006 +AMD1:2007+AMD2:2010 CSV	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-3: Testing and measurement techniques - Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test	تکنیک‌های آزمون و اندازه‌گیری - آزمون مصونیت میدان الکترومغناطیسی، فرکانس رادیویی و تشعشی
IEC 61000-4-4:2012 RLV	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-4: Testing and measurement techniques - Electrical fast transient/burst immunity test	تکنیک‌های آزمون و اندازه‌گیری - آزمون مصونیت گذرای سریع الکتریکی
IEC 61000-4-5:2014	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-5: Testing and measurement techniques - Surge immunity test	تکنیک‌های آزمون و اندازه‌گیری - آزمون مصونیت در برابر ضربه‌های ناگهانی
IEC 61000-4-6:2013	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-6: Testing and measurement techniques - Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields	تکنیک‌های آزمون و اندازه‌گیری - مصونیت در برابر اختلالات هدایتی، ناشی از میدان فرکانس رادیویی
+A2:2010 BS EN 55022:2006	Information technology equipment. Radio disturbance characteristics. Limits and methods of measurement	تجهیزات فناوری اطلاعات، مشخصات اختلالات رادیویی، محدودیت‌ها و روش‌های اندازه‌گیری
BS EN 50178:1998	Electronic equipment for use in power installations	تجهیزات الکترونیکی به منظور استفاده در نصب و راهاندازی قدرت
IEC 60950-1:2005 +AMD1:2009+AMD2:2013 CSV	Information technology equipment - Safety - Part 1: General requirements	الزامات کلی ایمنی تجهیزات فناوری اطلاعات. الزاماتی به منظور کاهش خطرات آتش‌سوزی، شوک الکتریکی یا آسیب به اپراتور و انسان تازه-کاری که ممکن است با تجهیز در ارتباط باشد، به ویژه افراد خدماتی. با ولتاژ نامی کمتر از ۶۰۰ ولت.
BS EN 55011:2009+A1:2010	Industrial, scientific and medical equipment. Radio-frequency disturbance characteristics. Limits and methods of measurement	تجهیزات صنعتی، علمی و پزشکی-مشخصات اختلالات فرکانس رادیویی-محدودیت‌ها و روش‌های اندازه‌گیری
IEC 61000-4-11:2004 +AMD1:2017 CSV	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-11: Testing and measurement techniques - Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests	تکنیک‌های اندازه‌گیری و آزمون-آزمون‌های مصونیت در برابر افت‌های ولتاژ، تغییرات ولتاژ و وقفه‌های کوتاه
IEC 61204-7 (2016_Extended version)	Low-voltage switch mode power supplies - Part 7: Safety requirements	الزامات ایمنی برای منابع تغذیه سوئیچینگ که از منابع ولتاژ AC تا سقف ۱۰۰۰ ولت و DC تا سقف ۱۵۰۰ ولت تغذیه می‌نمایند و دارای خروجی

		DC و یا AC هستند، به جز خروجی‌های اینورتر موجود در شبکه‌های AC
IEC 62477-1:2012 +AMD1:2016 CSV	Safety requirements for power electronic converter systems and equipment - Part 1: General	الزامات ایمنی برای سیستم‌ها و تجهیزات مبدل الکترونیک قدرت که ولتاژ نامی آن‌ها از ۱۰۰۰ ولت AC یا ۱۵۰۰ ولت DC تجاوز ننماید
IEC 61204-3:2016	Low-voltage switch mode power supplies - Part 3: Electromagnetic compatibility (EMC)	الزامات سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) برای واحدهای SMPS، که ولتاژهای منبع حداکثر ۱۰۰۰ ولت AC یا ۱۵۰۰ ولت DC بوده و خروجی‌های DC و یا AC فراهم می‌نمایند، به جز خروجی‌های اینورتر که به شبکه اصلی متصل هستند
IEC 61000-3-2:2014	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-2: Limits - Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)	محدودیت‌های مربوط به انتشار هارمونیک جریان- تجهیزاتی که جریان ورودی آن‌ها کمتر از ۱۶ آمپر در هر فاز است- راه‌اندازهای LED با توان کمتر از ۲۵ وات هیچ‌گونه محدودیت‌هارمونیک ندارند.
IEC 61000-6-3:2006	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-3: Generic standards - Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments	استاندارد انتشار الکترومغناطیسی برای محیط‌های مسکونی، تجاری و صنعتی سبک
IEC 61000-6-1:2016	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-1: Generic standards - Immunity standard for residential, commercial and light-industrial environments	استاندارد مصونیت الکترومغناطیسی برای محیط- های مسکونی، تجاری و صنعتی سبک
IEC 61000-6-4:2006/ BS EN 61000-6-4:2007 +A1:2011	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-4: Generic standards - Emission standard for industrial environments	استاندارد انتشار الکترومغناطیسی برای محیط‌های صنعتی
IEC 61000-6-2:2016	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-2: Generic standards - Immunity standard for industrial environments	استاندارد مصونیت الکترومغناطیسی برای محیط‌های صنعتی

۱-۳-۱- درایو سرعت متغیر (VSD^{21})

موتورهای الکتریکی حدود ۶۵٪ از کل انرژی الکتریکی مورد استفاده در صنعت را مصرف می‌نمایند. با این وجود کمتر از ۱۰٪ از این موتورها از تکنولوژی VSD استفاده می‌نمایند. امروزه، درایوهای مدرن در برق و نیز صنعت ماشینی استفاده می‌شوند. از آنجاییکه تعداد فزاینده‌ای از کاربردهای موتور؛ در حال کار با بارهای متغیر هستند، لذا ۴۰ تا ۶۰ درصد از تمام سیستم‌های موتور از VSDها بهره‌مند خواهند شد، و این نشان‌دهنده یک

²¹ Variable Speed Drives

پتانسیل قابل‌ملاحظه به منظور بهبود بهره‌وری انرژی برای سیستم‌های موتور صنعتی است. در صنعت، درایو سرعت متغیر با نام VFD²² یا ASD²³ نیز شناخته می‌شود [۱۹].

VSD در واقع یک تجهیز الکترونیک قدرت است که سرعت و گشتاور موتور الکتریکی را کنترل می‌نماید. این مبدل، انرژی را از شبکه اصلی می‌گیرد و به منظور ایجاد سرعت و گشتاور مورد نیاز موتور، شارش انرژی به موتور را کنترل می‌نماید. بدین شیوه درایو می‌تواند متغیرهای یک فرآیند، همچون شارش راه، به وسیله کنترل کردن سرعت یک پمپ، کنترل نماید. در هنگام کنترل گشتاور، مقدار بار، سرعت موتور را تعیین می‌نماید و در هنگام کنترل سرعت؛ بار گشتاور موتور را تعیین می‌نماید [۲۰].

سه تعریف در رابطه با VSD ها ارائه شده است. این تعاریف عبارتند از:

- یک درایو الکتریکی می‌تواند به عنوان یک وسیله الکترومکانیکی برای تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی، به منظور انتقال حرکت به ماشین‌ها و مکانیسم‌های متفاوت، برای انواع مختلف کنترل فرآیند تعریف گردد.
- یک درایو الکتریکی یک سیستم صنعتی است که تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی و یا برعکس را برای کنترل و اجرای فرآیندهای مختلف ارائه می‌دهد.
- یک درایو الکتریکی به عنوان یک شکلی از تجهیز ماشین طراحی شده، به منظور تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی و نیز مهیا کردن کنترل فرآیند، تعریف می‌شود. سیستم به کار گرفته شده برای کنترل حرکت؛ یک درایو الکتریکی خطاب می‌شود.

در یک حالت کلی، مطابق ۰، می‌توان مقایسه‌ای بین درایوهای AC و DC انجام داد.

جدول (۸-۱) مقایسه بین درایوهای AC و DC موجود در صنعت

	DC Drives	AC Drives (به ویژه موتور القایی)
موتور	- نیاز به نگهداری - حجیم، گران - سرعت محدود شده (به دلیل ساختار مکانیکی)	- نیاز به نگهداری کمتر - سبک، ارزان - دسترسی به سرعت های بالا (موتور القایی قفس سنجابی) - مقاوم
واحد کنترل	- کنترل ارزان و ساده حتی برای درایوهای با عملکرد بالا - کنترل مجزای گشتاور و شار - امکان پیاده سازی با استفاده از مدار آنالوگ ساده	- بسته به عملکرد مورد نیاز درایو - پیچیدگی و هزینه متناسب با عملکرد افزایش می‌یابد - در درایوهای با قابلیت عملکرد بالا نیاز به DSP یا پردازنده های سریع است

²² Variable Frequency Drives

²³ Adjustable Speed Drives

عملکرد	کنترل سریع شار و گشتاور	- کنترل اسکالر - در تعدادی از کاربردها رضایت‌بخش است - کنترل برداری - مشابه با درایوهای DC
--------	-------------------------	---

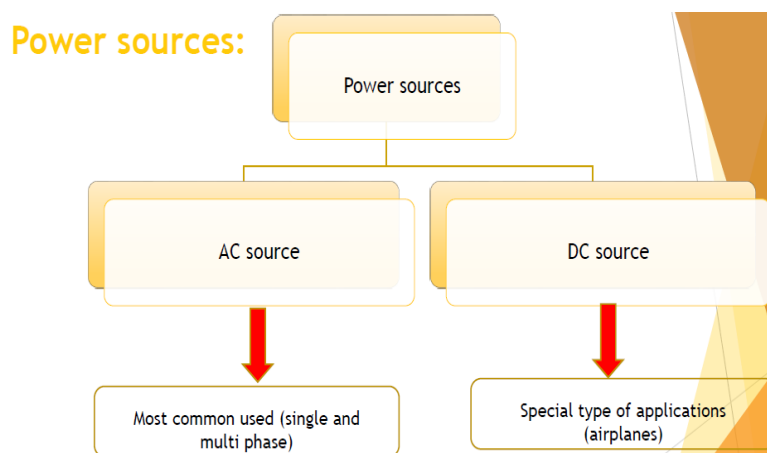
۱-۳-۱-۱ درایوهای ولتاژ متوسط و توپولوژی‌های مورد استفاده در آنها

۱-۳-۱-۱-۱ اجزای درایوهای ولتاژ متوسط

هر درایو ولتاژ متوسط از سه قسمت اصلی تقسیم می‌شود [۲۰] و [۲۶]:

- بخش تغذیه
- مبدل الکترونیک قدرت
- موتور

در ادامه به توضیح دو بخش اول می‌پردازیم.



شکل (۵-۱) دسته‌بندی منابع توان

۲-۳-۱-۱ استانداردهای آزمون درایو

با بررسی مراجع [۱۲]، [۲۷] و [۲۹-۴۰]، استانداردهای معرفی شده برای درایو به شرح ۰ است:

جدول (۹-۱) استانداردهای آزمون درایوهای AC و DC

استانداردهای مربوط به درایو AC که برای موتورهای PM و القایی مطرح می‌شود		
توضیحات	عنوان اصلی	شماره استاندارد
این استاندارد برای سیستم‌های درایو قدرت الکتریکی با قابلیت تنظیم سرعت، که برای تغذیه	Adjustable speed electrical power drive systems - Part 2: General requirements - Rating specifications	IEC 61800-2:2015

	for low voltage adjustable speed a.c. power drive systems	موتورهای ac از یک BDM متصل به ولتاژهای خط به خط تا سقف ۱ کیلوولت a.c با فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز یا ولتاژهای تا حدود ۱.۵ کیلوولت d.c در سمت ورودی استفاده می‌نماید، در نظر گرفته شده‌است. درایو مورد استفاده در کاربردهای حمل و نقل و خودروهای الکتریکی مشمول این استاندارد نیستند.
IEC/TR 61800-6:2003	Adjustable speed electrical power drive systems - Part 6: Guide for determination of types of load duty and corresponding current ratings	این استاندارد روش‌های متناوب در تعیین رتبه‌بندی، برای سیستم‌های درایو قدرت الکتریکی با قابلیت تنظیم سرعت (PDS) و به ویژه مازول‌های درایو پایه آن‌ها (BDM) را مشخص می‌نماید. درایوهای مورد استفاده در کاربردهای حمل و نقل تحت پوشش این استاندارد نیست.
IEC/TS 61800-8:2010	Adjustable speed electrical power drive systems - Part 8: Specification of voltage on the power interface	دستورالعمل‌های لازم برای تعیین ولتاژ در رابط توان سیستم‌های درایو قدرت (PDS)، منظور از رابط توان اتصال الکتریکی استفاده شده برای انتقال توان الکتریکی بین مبدل و موتور PDS است.
IEC 61800-4:2002	Adjustable speed electrical power drive systems - Part 4: General requirements - Rating specifications for a.c. power drive systems above 1000 V a.c. and not exceeding 35 kV	الزامات کلی سیستم‌های درایو AC که ولتاژ نامی آن‌ها بین ۱۰۰۰ ولت تا ۳۵ کیلوولت است. کاربردهای حمل و نقل مربوط به راه‌آهن و درایوهای وسایل نقلیه الکتریکی مشمول این استاندارد نمی‌گردند.
IEC 61800-5-2:2016 RLV	Adjustable speed electrical power drive systems - Part 5-2: Safety requirements -Functional	الزامات ایمنی-عملکردی این بخش الزامات را شناسایی کرده و توصیه‌هایی را، برای طراحی و توسعه، ادغام و اعتبارسنجی ایمنی مربوط به سیستم‌های درایو قدرت، از لحاظ ملاحظات ایمنی عملکرد، پیشنهاد می‌دهد. منظور از ادغام و مجتمع‌سازی، در واقع اشاره به خود PDS دارد، نه الحاق آن در کاربردهای مرتبط با ایمنی.

IEC 61800-3:2017 RLV	Adjustable speed electrical power drive systems - Part 3: EMC requirements and specific test methods	نیازمندی‌های سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) برای سیستم‌های درایو قدرت. نیازمندی‌ها برای PDS ها با ولتاژهای (ولتاژ خط به خط) ورودی و یا خروجی مبدل تا سقف ۳۵ کیلوولت موثر AC، مشخص شده است. PDS های مشمول این بخش از استاندارد، آن دسته از PDS هایی هستند که در محل‌های صنعتی، تجاری و مسکونی نصب شده‌اند، البته به استثنای کاربردهای حمل و نقل و وسایل نقلیه الکتریکی.
IEC 61000-3-2:2014	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-2: Limits - Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)	محدودیت‌های مربوط به انتشار هارمونیک جریان - تجهیزاتی که جریان ورودی آن‌ها کمتر از ۱۶ آمپر در هر فاز است
IEC 61000-3-12:2011	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-12: Limits - Limits for harmonic currents produced by equipment connected to public low-voltage systems with input current >16 A and ≤ 75 A per phase	این استاندارد در رابطه با محدودیت جریان‌های هارمونیک تریقی به شبکه است که جریان ورودی بین ۱۶ آمپر تا ۷۵ آمپر در هر فاز بوده و برای سیستم‌های توزیع ولتاژ پایین AC با مشخصات زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد: ✓ مبدل تکفاز دو یا سه‌سیمه با ولتاژ نامی حداکثر ۲۴۰ ولت ✓ مبدل سه‌فاز سه یا چهارسیمه با ولتاژ نامی حداکثر ۶۹۰ ولت
IEC 61000-2-4:2002	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 2-4: Environment - Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances	سطوح سازگاری برای اختلالات هدایتی فرکانس پایین در کارخانجات صنعتی
BS EN 55011:2009+A1:2010	Industrial, scientific and medical equipment. Radio-frequency characteristics. Limits disturbance and methods of measurement	تجهیزات صنعتی، علمی و پزشکی - مشخصات اختلالات فرکانس رادیویی - محدودیت‌ها و روش‌های اندازه‌گیری
IEC 61800-9-2:2017	Adjustable speed electrical power drive systems - Part 9-2: Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics and their driven applications - Energy	در این استاندارد شاخص‌های بهره‌وری انرژی در الکترونیک قدرت معرفی می‌گردد که شامل ماژول - های کامل درایو، CDM ²⁴ ، راه‌اندازهای موتور و

	efficiency indicators for power drive systems and motor starters	سیستم‌های درایو قدرت، که همگی در تجهیز درایو موتور به کار می‌روند، می‌باشد.
IEC/TR 61000-5-2: 1997	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 5: Installation and mitigation guidelines - Section 2: Earthing and cabling	سازگاری الکترومغناطیسی-دستورالعمل‌های نصب و کاهش خطرات، ارتینگ و کابلینگ.
ICS 7-2006	Industrial Control and Systems: Adjustable-Speed Drives	سیستمها و کنترل صنعتی مربوط به ASD
ICS 7.1-2006	Industrial Control and Systems: Safety Standards for construction and Guide for Selection, Installation, and Operation of Adjustable-Speed Drive Systems	استانداردهای ایمنی برای ساختار و راهنمایی برای انتخاب، نصب، و نصب سیستم‌های ASD.
ICS 7.2-2015	Application Guide for AC Adjustable Speed Drive Systems	راهنمای کاربرد برای سیستم‌های درایو ASD ماشین‌های AC.
ICS 1-2000	Industrial Control and Systems: General Requirements	
IEEE 519	IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems	استاندارد IEEE 519 و نیازمندی‌های آن برای کنترل هارمونیک: از منظر یک کارخانه، یک تسهیلات، یا منبع برق است.
AHRI 1210-2011	Performance of Variable Frequency Drives	هدف از این استاندارد انتشار موارد زیر برای درایوهای VFD است: تعاریف، طبقه‌بندی، الزامات کلی آزمون (تست)، نیازمندی‌های رتبه‌بندی و شرایط انطباق است.
استانداردهای مربوط به درایو DC		
IEC 61800-5-1:2007 +AMD1:2016	Adjustable speed electrical power drive systems - Part 5-1: Safety requirements - Electrical, thermal and energy	این استاندارد در رابطه با الزامات در سیستم‌های درایو قدرت با قابلیت تنظیم سرعت (ASD)، با توجه به ملاحظات ایمنی انرژی، حرارتی و الکتریکی، است. این استاندارد برای سیستم‌های درایو DC اتصال‌یافته به ولتاژهای خط تا سقف ۱ کیلوولت ac با فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز و سیستم‌های درایو ac با ولتاژهای ورودی مبدل تا سقف ۳۵ کیلوولت با فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز و ولتاژهای خروجی تا سقف ۳۵ کیلوولت به کار گرفته

		می‌شود. درایوهای حمل و نقل و خودروهای الکتریکی مشمول این استاندارد نمی‌شوند.
IEC 61800-3:2017 RLV	Adjustable speed electrical power drive systems - Part 3: EMC requirements and specific test methods	نیازمندی‌های سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) برای سیستم‌های درایو قدرت. نیازمندی‌ها برای PDS ها با ولتاژهای (ولتاژ خط به خط) ورودی و یا خروجی مبدل تا سقف ۳۵ کیلوولت موثر AC، مشخص شده است. PDS های مشمول این بخش از استاندارد، آن دسته از PDS هایی هستند که در محل‌های صنعتی، تجاری و مسکونی نصب شده‌اند، البته به استثنای کاربردهای حمل و نقل و وسایل نقلیه الکتریکی.
IEC 61800-1:1997	Adjustable speed electrical power drive systems - Part 1: General requirements - Rating specifications for low voltage adjustables speed d.c. power drive systems	الزامات کلی سیستم‌های درایو DC ولتاژ پایین که شامل تبدیل توان، تجهیز کنترلی و یک موتور یا چند موتور است. سیستم‌های درایو خودروهای الکتریکی و حمل و نقل مشمول این استاندارد نیستند. این استاندارد برای سیستم‌های درایو متصل به ولتاژ خط تا سقف ۱ کیلوولت AC با فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز، به کار برده می‌شود.

۱-۱-۴- راه‌انداز نرم^{۲۵}

۱-۱-۴-۱- مقدمه

راه‌اندازی مستقیم موتور منجر به ایجاد استرس در موتور و تجهیز الکتریکی می‌شود. از طرف دیگر، چنانچه موتور به صورت مستقیم راه‌اندازی شود در این صورت جریان راه‌اندازی چیزی در حدود ۶ تا ۸ برابر جریان نامی موتور و در برخی از کاربردها تا ۱۰ برابر جریان نامی، خواهد بود. با استفاده از راه‌انداز، جریان راه‌اندازی کاهش پیدا کرده و بنابراین از افت‌های ولتاژ در شبکه جلوگیری می‌شود. در حالت کلی چهار روش برای راه‌اندازی موتور وجود دارد که به ترتیب عبارتند از [۴۱]:

- Direct on line start (DOL)
- Star-delta start
- Frequency converter
- Softstarter

در نمونه‌هایی صنعتی ساخت شرکت **ABB**، که هر کدام مربوط به یکی از روش‌های راه‌اندازی موتور می‌باشد، نمایش داده شده است.

²⁵ Softstarter



شکل (۱-۶) چهار روش موجود در صنعت برای راه‌اندازی موتور

۱-۴-۲- استانداردهای آزمون راه‌انداز نرم

با بررسی مراجع مختلف [۴۱ و ۱۲]، استانداردهای زیر در رابطه با راه‌انداز نرم ارائه شده است:

- IEC 60947-1 (2007)/EN 60947-1:

لوازم کنترل و سوئیچ‌گیر ولتاژ پایین. در بخش اول به قوانین کلی پرداخته شده است.

- IEC 60947-4-2 (2011)/EN 60947-4-2

در این بخش از استاندارد به راه‌اندازها و کنترل‌کننده‌های موتور با استفاده از ادوات نیمه‌هادی پرداخته شده است. رنج ولتاژی که در

این استاندارد بدان پرداخته شده است کمتر از ۱۰۰۰ ولت AC است.

- UL 508:

این استاندارد در واقع استاندارد برای تجهیزات کنترل صنعتی است که مطابق با انجمن ملی حفاظت از آتش یا به اختصار NFPA 70 می‌باشد.

- C22.2 NO. 14-13:

این استاندارد نیز یک استاندارد کانادایی برای تجهیزات کنترل صنعتی می‌باشد.

در ۰ این استانداردها به صورت خلاصه‌تر لیست شده‌اند:

جدول (۱-۱۰) استانداردهای معرفی شده برای راه‌انداز نرم یا Softstarter

توضیحات	عنوان اصلی	شماره استاندارد
در این بخش از استاندارد به قوانین کلی در رابطه با لوازم کنترل و سوئیچ‌گیر ولتاژ پایین پرداخته شده است	Low-voltage switchgear and controlgear - Part 1: General rules	IEC 60947-1 (2007) EN 60947-1

IEC 60947-4-2 (2011) EN 60947-4-2	Low-voltage switchgear and controlgear - Part 4-2: Contactors and motor-starters - AC semiconductor motor controllers and starters	در این بخش از استاندارد به راه‌اندازها و کنترل‌کننده‌های موتور با استفاده از ادوات نیمه‌هادی پرداخته شده است. رنج ولتاژی که در این استاندارد پوشش داده شده کمتر از ۱۰۰۰ ولت AC است.
UL 508	Industrial control equipment	این استاندارد در واقع استاندارد برای تجهیزات کنترل صنعتی است که مطابق با انجمن ملی حفاظت از آتش یا به اختصار NFPA 70 است.
C22.2 NO. 14-13	Industrial control equipment	این استاندارد نیز یک استاندارد کانادایی برای تجهیزات کنترل صنعتی می‌باشد.

۱-۱-۵- منابع تغذیه بدون وقفه (UPS²⁶)

سیستم‌های توزیع توان، چه خصوصی و چه عمومی، به طور تئوری تجهیز الکتریکی را با یک ولتاژ سینوسی، با دامنه و فرکانس ثابت (به عنوان مثال ۴۰۰ ولت موثر و ۵۰ هرتز در سیستم‌های ولتاژ پایین)، تغذیه می‌کنند. در شرایط واقعی، شبکه‌ها مقداری نوسان حول مقادیر نامی خود دارند. برخی از تجهیزات می‌توانند باعث اختلال در سیستم شبکه شوند، به عنوان مثال:

- تجهیزات صنعتی: موتورها، که می‌توانند منجر به افت‌های ولتاژ به دلیل جریان‌های هجومی در لحظه راه‌اندازی شوند. تجهیزاتی مانند کوره‌های قوس و ماشین آلات جوشکاری، که می‌توانند منجر به افت‌های ولتاژ و تداخلات فرکانس بالا شوند.
- تجهیزات الکترونیک قدرت (منابع تغذیه در حال تغییر²⁷، درایوهای سرعت متغیر، بالاست یا راه‌اندازهای الکترونیکی²⁸ و ...)، که اغلب باعث تولید هارمونیک می‌شوند،
- تسهیلات ساختمانی مانند آسانسورها که جریان هجومی می‌کشند؛ یا روشنایی فلوئورسنت که باعث ایجاد هارمونیک می‌گردد.

UPSها برای رنج گسترده‌ای از کاربردها که نیاز به توان با کیفیت دارند مورد استفاده قرار می‌گیرد. ۰، برخی از کاربردها در رابطه با SBSها و UPSها را معرفی می‌نماید. همچنین حساسیت کاربرد در برابر اختلالات و نوع UPSای را که برای آن کاربرد مناسب است، نشان می‌دهد [۴۲].

جدول (۱-۱۱) کاربردها و حساسیت UPSهای مختلف در مواجهه با اختلالات شبکه

کاربرد	تجهیزات محافظت شده	حفاظت مورد نیاز در برابر					نوع UPS
		میکرو- قطع	قطع‌ها	تغییر در ولتاژ	تغییر در فرکانس	دیگر	
سیستم‌های کامپیوتر							

²⁶ uninterruptible power supply

²⁷ switch-mode power supplies

²⁸ electronic ballasts

مراکز اطلاعات	مراکز اطلاعات اینترنت	۵	۵	۵	۵	۵	Double conversion
شبکه اینترنت	مجموعه‌ای از کامپیوترها با پایانه-ها و دستگاه‌های جانبی (واحد‌های ذخیره‌ساز نوار، هارد دیسک و ...)	۵	۵	۵	۵	۵	Double conversion
سرورها و شبکه‌های کوچک	شبکه‌های ایجاد شده از PCها یا ایستگاه‌های کار، شبکه‌های سرور (LAN، WAN)	۴	۴	۳	۳	۲	Interaction with the distribution system
کامپیوترهای مستقل	PCها، ایستگاه‌های کار -تجهیزات جانبی: پرینترها، پلاترها، پست صوتی	۲	۲	۱	۱	۲	Passive standby
ارتباطات از راه دور							
ارتباطات از راه دور	PABXهای دیجیتال	۵	۵	۵	۵	۵	Double conversion
ادوات و صنعت							
فرآیندهای صنعتی	-کنترل فرآیند -PLCها -سیستم‌های کنترل عددی -سیستم‌های کنترل ربات -کنترل/مانیتورینگ ماشین‌های اتوماتیک	۳	۵	۳	۳	۴	Double conversion
پزشکی و آزمایشگاه	-ابزار -اسکرها (۶۰ هرتز)	۴	۵	۴	۴	۳	Double conversion
تجهیزات صنعتی	-ماشین-ابزار -ربات‌های جوشکاری -ماشین فشار تزریق پلاستیک -دستگاه‌های بسیار دقیق (نساجی، کاغذ و ...) -تجهیزات گرمایشی برای تولید نیمه هادی، شیشه، مواد خالص	۳	۴	۳	۳	۳	Double conversion
سیستم‌های روشنایی	-ساختمان‌های عمومی (آسانسور، تجهیزات ایمنی)	۲	۴	۳	۳	۲	Double conversion

تبیین محورهای کاری، اولویت‌بندی و ارائه پیشنهاد پایه جهت تجهیز شبکه آزمایشگاهی جامع الکترونیک قدرت در کشور

DOI: 10.30503/nripress.2020.297

	-تونل ها -روشنایی باند فرودگاه						Interaction with the distribution system
کاربردهای دیگر							
فرکانس‌های خاص	-تبدیل فرکانس -منابع تغذیه برای هواپیما (۴۰۰هرتز)	۴	۴	۴	۵	۳	Double conversion

عدد ۱ نمایش دهنده حساسیت کم به اختلالات است.

عدد ۵ نمایش دهنده حساسیت بالا به اختلالات است.

۱-۵-۱- استانداردهای آزمون UPS

سطوح سازگاری هارمونیک برای این تجهیزات مطابق استاندارد در **Error! Reference source not found.** آمده است.

جدول (۱-۱۲) سطح سازگاری برای هارمونیک‌های ولتاژ در شبکه‌های ولتاژ پایین مطابق با استانداردهای IEC 61000-2-2 / EN 61000-2-2.

هارمونیک های فرد غیر مضرب ۳		هارمونیک های فرد مضرب ۳		هارمونیک های زوج	
هارمونیک مرتبه n	هارمونیک ولتاژ به عنوان درصدی از مولفه اصلی	هارمونیک مرتبه n	هارمونیک ولتاژ به عنوان درصدی از مولفه اصلی	هارمونیک مرتبه n	هارمونیک ولتاژ به عنوان درصدی از مولفه اصلی
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1.5	4	1
11	3.5	15	0.3	6	0.5
13	3	21	0.2	8	0.5
17	2	>21	0.2	10 12 >12	0.5
19	1.5				0.5
23	1.5				0.2
25	1.5				0.2
>25	$0.2+0.5\times 25/n$				
در نتیجه THDV<8%					

جدول (۱-۱۳) سطح سازگاری برای هارمونیک‌های ولتاژ مطابق با نوع تجهیز، همان‌طور که در استاندارد EN 50160 نشان داده شده است

مرتبه هارمونیک ولتاژ تولید شده	کلاس ۱ (تجهیزات سیستم‌های حساس) % از مولفه اصلی	کلاس ۲ (شبکه‌های عمومی و صنعتی) % از مولفه اصلی	کلاس ۳ (برای اتصال آلوده کنندگان عمده) % از مولفه اصلی
2	2	2	3
3	3	5	6
4	1	1	1.5
5	3	6	8

6	0.5	0.5	1
7	3	5	7
8	0.5	0.5	1
9	1.5	1.5	2.5
10	0.5	0.5	1
11	3	3.5	5
12	0.2	0.2	1
13	3	3	4.5
THDV	5%	8%	10%

با بررسی مراجع [۱۲] و [۴۲] استانداردهای معرفی شده برای UPS به شرح • است:

جدول (۱۴-۱) استانداردهای آزمون UPS

شماره استاندارد	عنوان اصلی	توضیحات
IEC 62040-3:2011	Uninterruptible power systems (UPS) - Part 3: Method of specifying the performance and test requirements	روش تعیین الزامات آزمون و عملکرد- این استاندارد در رابطه با منابع تغذیه بدون وقفه‌ای است که خروجی آن‌ها از ۱۰۰۰ ولت AC تجاوز نمی‌کند
IEC 62040-1:2008 +AMD1:2013	Uninterruptible power systems (UPS) - Part 1: General and safety requirements for UPS	الزامات ایمنی در رابطه با منابع تغذیه بدون وقفه
IEC 62040-2:2016	Uninterruptible power systems (UPS) - Part 2: Electromagnetic compatibility (EMC) requirements	الزامات سازگاری الکترومغناطیسی برای سیستم‌های توان بدون وقفه
IEC 62040-4:2013	Uninterruptible power systems (UPS) - Part 4: Environmental aspects - Requirements and reporting	جنبه‌های زیست‌محیطی- الزامات و گزارش‌دهی
IEC 61000-2-2:2002 +AMD1:2017	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 2-2: Environment - Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems	سطوح سازگاری محیطی برای اختلالات هدایتی فرکانس پایین در سیستم‌های توان ولتاژ پایین عمومی
IEC 61000-3-2:2014	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-2: Limits - Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)	محدودیت‌های مربوط به انتشار هارمونیک جریان- تجهیزاتی که جریان ورودی آن‌ها کمتر از ۱۶ آمپر در هر فاز است- راه‌اندازهای LED با توان کمتر از ۲۵ وات هیچ‌گونه محدودیت‌هارمونیکی ندارند.
IEC TS 61000-3-4:1998	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-4: Limits - Limitation of emission of harmonic currents in low-voltage power supply systems for	محدودیت‌های انتشار جریان هارمونیکی در سیستم‌های توان ولتاژ پایین برای تجهیزات با نرخ جریان بالاتر از ۱۶ آمپر

	equipment with rated current greater than 16 A	
IEC TS 61000-3-5:2009	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-5: Limits - Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 75 A	محدودیت نوسانات و فلیکر ولتاژ در سیستم‌های توان ولتاژ پایین برای تجهیزات با نرخ جریان بالاتر از ۷۵ آمپر
IEC 60950-1:2005 +AMD1:2009+AMD2:2013 CSV	Information technology equipment - Safety - Part 1: General requirements	الزامات کلی ایمنی تجهیزات فناوری اطلاعات. الزاماتی به منظور کاهش خطرات آتش‌سوزی، شوک الکتریکی یا آسیب به اپراتور و انسان تازه‌کاری که ممکن است با تجهیز در ارتباط باشد، به ویژه افراد خدماتی. با ولتاژ نامی کمتر از ۶۰۰ ولت.
IEC 62477-1:2012 +AMD1:2016 CSV	Safety requirements for power electronic converter systems and equipment - Part 1: General	الزامات ایمنی برای سیستم‌ها و تجهیزات مبدل الکترونیک قدرت که ولتاژ نامی آن‌ها از ۱۰۰۰ ولت AC یا ۱۵۰۰ ولت DC تجاوز ننماید
EN 50160:2010+A1:2015	Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks	مشخصات ولتاژ برق ارائه شده توسط شبکه برق عمومی
IEEE 519	IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems	استاندارد IEEE 519 و نیازمندی‌های آن برای کنترل هارمونیک: از منظر یک کارخانه، یک تسهیلات، یا منبع برق است.
BS EN 50091-2:1996	Specification for uninterruptible power systems (UPS). EMC requirements	الزامات EMC برای منابع تغذیه بدون وقفه
BS 7135-1:1989, EN 27779:1991, ISO 7779:1998	Noise emitted by computer and business equipment. Method of measurement of airborne noise	سروصدای ایجاد شده از کامپیوتر و تجهیزات تجاری. روش اندازه‌گیری سر و صدای هوا

۱-۶-۱- شارژرها و یکسوسازهای باتری

۱-۶-۱-۱- آشنایی کلی با شارژرها و یکسوسازها

Rectifier یا Battery Charger، AC را به DC تبدیل می‌نماید. این سیستم‌ها به طور کلی شبکه را به منظور تغذیه بارهای بحرانی به صورت DC حمایت می‌کنند. بعلاوه، این سیستم‌ها برای شارژ باتری‌ها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای کاربردهای صنعتی، سری یکسوسازها و شارژکننده‌های باتری، براساس پل‌های تریستوری ۶ یا ۱۲ پالسه هستند [۵۱]. رنج ولتاژ خروجی یکسوسازها و شارژکننده‌های باتری موجود در

بازار از ۲۴ ولت DC تا ۲۲۰ ولت DC بوده که جریان خروجی آن‌ها نیز معمولاً از ۲۵ آمپر تا ۱ کیلوآمپر است. ۰ برگرفته از کاتالوگ شرکت AEGPS است که در آن رنج ولتاژ و جریان یکسوسازهای تریستوری ساخت شرکت خود را به نمایش گذاشته است.

جدول (۱۵-۱) جریان و ولتاژ یکسوسازهای تریستوری مورد استفاده در شارژکننده‌های باتری

PROTECT RCS – SINGLE PHASE RANGE / THREE PHASE RANGE

	SPRe – Single Phase Range			TPRe – Three Phase Range				
BATTERY VOLTAGE (VDC)	24	48	110	24	48	110	125	220
Output Current (A)	25	25	25	25	25	25	25	25
	50	50	50	50	50	50	50	50
	75	75		75	75	75	75	75
	100	100		100	100	100	100	100
				150	150	150	150	150
				200	200	200	200	200
				300	300	300	300	300
				400	400	400	400	400
				500	500	500	500	500
				600	600	600	600	600
				800	800	800	800	800
				1000	1000	1000	1000	1000

یک یکسوساز، معمولاً به منظور شارژ باتری‌ها و نگهداری آن‌ها در شرایط مطلوب، AC شبکه را به DC تبدیل می‌نماید، و به طور همزمان، توان DC مورد نیاز برای سایر بارها را نیز فراهم می‌آورد. بنابراین نوع باتری مورد استفاده بسیار مهم خواهد بود (Pb^{29} or $^{30}NiCd$) [۵۳]. این سیستم‌ها در واقع برای کاربردهایی که نیاز به پشتیبانی طولانی باتری دارند، و نیز جاییکه محدودیت فضا یک فاکتور مهم در تصمیم‌گیری است، مانند نفت و گاز دریایی، توزیع و انتقال توان و تولید توان تجدیدپذیر، مناسب هستند. از جمله کاربردهای این تجهیز می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

نفت، گاز و پتروشیمی، تولید توان، حمل و نقل و سایر زیرساخت‌ها.

۲-۶-۱-۱ استانداردهای آزمون Rectifier/Battery Charger

استاندارد مربوط به ایمنی:

- IEC/EN 62040-1-2: این استاندارد با استاندارد IEC 62040-1:2008 جایگزین شده است.

استاندارد مربوط به سازگاری‌های الکترومغناطیسی:

- IEC/EN 61000-6-2,-4, IEC/EN 62040-1-2

استاندارد مربوط به عملکرد:

²⁹ lead-acid battery

³⁰ nickel-cadmium battery

- IEC/EN 62040-1-2, IEC 60146-1-1:2009

- IEC 60146-1-1:2009

استاندارد IEC 60146-1-1:2009 در رابطه با مبدل‌های نیمه‌هادی بوده و شامل مشخصات الزامات پایه‌ای است.

با بررسی مراجع [۱۲ و ۵۲] استانداردهای معرفی شده برای Rectifier/Battery Charger به شرح ۰ است:

جدول (۱-۱۶) استانداردهای آزمون Rectifier/Battery Charger

توضیحات	عنوان اصلی	شماره استاندارد
الزامات ایمنی در رابطه با منابع تغذیه بدون وقفه	Uninterruptible power systems (UPS) - Part 1: General and safety requirements for UPS	IEC 62040-1:2008 +AMD1:2013
مبدل‌های نیمه‌هادی - تعیین الزامات پایه - ای در رابطه با مبدل‌های کموتاسیون خط	Semiconductor converters - General requirements and line commutated converters - Part 1-1: Specification of basic requirements	IEC 60146-1-1:2009
استاندارد مصونت الکترومغناطیسی برای محیط‌های صنعتی	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-2: Generic standards - Immunity standard for industrial environments	IEC 61000-6-2:2016
استاندارد انتشار الکترومغناطیسی برای محیط‌های صنعتی	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-4: Generic standards - Emission standard for industrial environments	IEC 61000-6-4:2006/ BS EN 61000-6-4:2007 +A1:2011

۱-۱-۷- شارژر باتری

همان‌طور که از نام این تجهیز مشخص است، از این تجهیز به منظور شارژ کردن باتری‌ها استفاده می‌شود.

یک شارژ کننده باتری، یا شارژ کننده مجدد، در واقع تجهیزاتی است که به منظور نهاده‌ی کردن انرژی در یک سلول یا باتری‌های با قابلیت شارژ مجدد، با عبور دادن جریان الکتریکی از آن، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برخی از کاربردهای شارژ‌کننده باتری عبارتند از:

- شارژر باتری در سیستم عامل بالابرهاهای کوچک انبار داری
- شارژر باتری در ماشین‌های مورد استفاده در بازی گلف
- شارژر باتری در موتورسیکلت‌های الکتریکی
- شارژر باتری در لیفتراک‌ها
- شارژر باتری در وسایل نقلیه‌ای که به منظور حمل و نقل در داخل کارخانجات مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱-۷-۱- استانداردهای آزمون شارژکننده باتری

با بررسی مرجع [۱۲] استانداردهای معرفی شده برای شارژکننده‌های باتری به شرح ۰ است:

جدول (۱-۱۷) استانداردهای آزمون Battery Charger

توضیحات	عنوان اصلی	شماره استاندارد
این استاندارد در ارتباط با ایمنی لوازم الکتریکی برای اهداف خانگی و کاربردهای مشابه است که ولتاژ نامی آنها برای لوازم تکفاز از ۲۵۰ ولت و برای لوازم دیگر از ۴۸۰ ولت تجاوز نمی‌کند لوازمی که با باتری عمل می‌نمایند و نیز سایر وسایلی که نیازمند توان DC هستند در داخل این استاندارد قرار می‌گیرند	Household and similar electrical appliances - Safety - Part 1: General requirements	IEC 60335-1:2010 +AMD1:2013+AMD2:2016
در این استاندارد به ایمنی شارژکننده‌های الکتریکی باتری برای استفاده‌های خانگی و کاربردهای مشابه که خروجی آن‌ها از ۱۲۰ ولت DC تجاوز نمی‌نماید و ولتاژ نامی آن‌ها نیز بیشتر از ۲۵۰ ولت نیست، پرداخته شده است. توان نامی باتری شارژرهای موجود در بازار تا سقف ۱۵۰۰ وات مشاهده شده است.	Household and similar electrical appliances - Safety - Part 2-29: Particular requirements for battery chargers	IEC 60335-2-29:2016

۱-۸-۱- تجهیزات Custom Power

۱-۸-۱-۱- فیلترهای فعال^{۳۱}

مشکلات فیلترهای پسیو مانند تک تنظیمه بودن، حجم و وزن زیاد و عدم تطابق‌پذیری با تغییرات، متخصصان را بر آن داشت تا به فکر طراحی فیلترهایی بیفتند که از عناصر الکترونیک قدرت در آن استفاده می‌شود. در این فیلترها که از ادوات الکترونیک قدرت استفاده شده است، برای جبران هارمونیکی از تکنیک‌های کلیدزنی مختلفی استفاده می‌گردد.

این فیلترها می‌توانند برای هارمونیکی‌های جریان، هارمونیکی‌های ولتاژ، کنترل توان راکتیو، تنظیم ولتاژ ترمینال، کم کردن فیلکر ولتاژ (نوسان) و بهبود نامتعادلی ولتاژ به کار روند.

³¹ -Active filter

در سال‌های اخیر استفاده از این مبدل‌ها در کاربردهای درایو سرعت قابل تنظیم [۵۷]، سیستم‌های HVDC، لوکوموتیوهای توان بالا و ژنراتورهای تولید پراکنده افزایش چشم‌گیری داشته است [۵۸].

۱-۱-۸-۱-۱ استانداردهای آزمون فیلترهای فعال

- IEEE 519

این استاندارد شامل سطح مجاز هارمونیک‌های ولتاژ و جریان است و فیلترها باید طوری طراحی شوند تا این استاندارد را با موفقیت بگذرانند.

- IEC 61000

در این استاندارد نیز سطح مجاز هارمونیک‌ها در سطوح ولتاژ مختلف بیان شده و با نصب فیلتر فعال باید به سطح مناسبی از آن رسید. استانداردهای موجود برای فیلتر فعال را نشان می‌دهد.

جدول (۱-۱۸) استانداردهای آزمون فیلترهای فعال

شماره استاندارد	عنوان اصلی	توضیحات
IEEE 519	IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems	طراحی سیستم قدرت با در نظر گرفتن هم بارهای خطی و غیر خطی در این استاندارد در نظر گرفته شده است. شکل موج‌های جریان و ولتاژی که در سیستم ممکن است وجود داشته باشند بیان شده و طراحی لازم برای آن بیان شده است. در این ساختار کیفیت توان مناسب و مورد نیاز بیان شده است.
IEC 61000-3-2:2014	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-2: Limits - Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)	در این استاندارد محدودیت‌های لازم جهت جریان هارمونیک تزریق شده به مشترکسنی دارای جریان کمتر از ۱۶ آمپر در فاز هستند بیان شده است.
IEC TS 61000-3-4:1998	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-4: Limits - Limitation of emission of harmonic currents in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 16 A	این سند، استاندارد لازم جهت هارمونیک تولید شده واحدهای مشترک بیشتر از ۱۶ آمپر در فاز را شامل می‌شود.

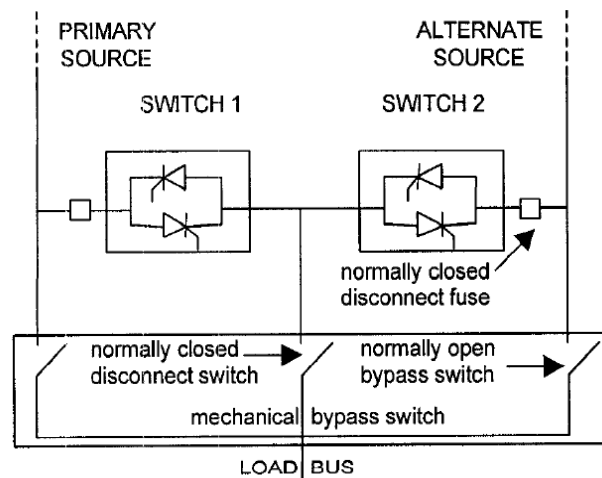
۱-۸-۲-۱- سوئیچ منتقل‌کننده استاتیکی^{۳۲} (STS)

۱-۸-۲-۱-۱- آشنایی با سوئیچ منتقل‌کننده استاتیکی

با استفاده از STS که یک تجهیز مبتنی بر الکترونیک قدرت است، می‌توان به سرعت عمل انتقال تغذیه‌ی فیدر را از فیدری که دارای کیفیت توان پایین است، به فیدر جایگزین انجام داد. عمل انتقال تغذیه از فیدری به فیدر دیگر توسط کلیدهای مکانیکی نیز می‌تواند انجام شود، اما در این صورت به دلیل کند بودن این کلیدها، وقفه‌های کوتاه مدت در سیستم ایجاد می‌شود، که این امر می‌تواند سبب ایجاد وقفه در عملکرد بارهای حساس شود. با استفاده از کلیدهای الکترونیک قدرت می‌توان عمل انتقال فیدر را در بازه‌ی کوتاه (در حد چند میلیمتر) انجام داد و در این حالت تنها ممکن است که افت ولتاژ کوچکی در سیستم ایجاد شود. شایان ذکر است که در صورتیکه مشکلی در هر دو فیدر (فیدر اصلی و جایگزین) ایجاد شود، در این صورت نمی‌توان شرایط مطلوب را ایجاد نمود و این یکی از معایب STS نسبت به UPS است [۶۷].

STS قبل از اقدام به اتصال به فیدر دیگر، اتصال خود به فیدر قبلی را قطع می‌کند. بنابراین بار مورد نظر هرگز به دو منبع متصل نمی‌شود، لذا هرگز اغتشاشات فیدر به به فیدر دیگری منتقل نمی‌شود [۶۸].

• ساختار یک STS متداول را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۷) شمای مداری یک STS متداول

۱-۸-۲-۲- استانداردهای آزمون STS

استانداردهای مورد استفاده برای آزمون این تجهیز در * لیست شده است.

³² Static Transfer switch (STS)

جدول (۱۹-۱) استانداردهای مورد استفاده برای STS

شماره استاندارد	عنوان اصلی	توضیحات
EN 60146-1-1:2010	Semiconductor converters. General requirements and line commutated converters. Specification of basic requirements	در این استاندارد، ملزومات پایه‌ای لازم برای مبدل‌های کموتاسیون خط بیان شده است. در طراحی یک STS باید این ملزومات در نظر گرفته شود.
IEC TR 60146-1-2:2011	Semiconductor converters - General requirements and line commutated converters - Part 1-2: Application guide	در این استاندارد، ملزومات پایه‌ای لازم برای بهره‌برداری مبدل‌های کموتاسیون خط بیان شده است. در طراحی یک STS باید این ملزومات در نظر گرفته شود.
EN 61000-4-3:2006+A2:2010	Electromagnetic compatibility (EMC). Testing and measurement techniques. Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test	این استاندارد به تست و تکنیک‌های اندازه‌گیری الکتریکی در جهت اطمینان از حفاظت در برابر میدان‌های الکترومغناطیسی از هر منبعی می‌پردازد. این استاندارد به همه‌ی ملزومات ایمنی تجهیزات الکترونیکی که مرتبط با امواج الکترو مغناطیس هستند، مرتبط می‌باشد.
IEC 62310-1-ed.1.0	Static transfer systems (STS) - Part 1: General and safety requirements	این استاندارد به سیستم‌های STS جهت اطمینان از استمرار توان به بار از طریق انتقال کنترل شده‌ی دستی و یا اتوماتیکی با و یا بدون وقفه از دو و یا چند منبع مستقل اعمال می‌شود. این استاندارد شامل ملزومات برای اجزای کلیدزنی اجزای حفاظتی و کنترلی هستند. این بخش از IEC 62310 شامل اطلاعات کلی برای اتصال سیستم‌های STS و تجهیزات جانبی به سیستم توزیع قدرت است.

۱-۸-۳- ترانسفورماتورهای الکترونیک قدرت

ترانسفورماتورهای معمولی که با فرکانس شبکه (۵۰ یا ۶۰ هرتز) کار می‌کنند (LFT)، از زمان معرفی سیستم‌های AC برای تبدیل سطح ولتاژ و ایزولاسیون مورد استفاده قرار گرفته‌اند. بخاطر قیمت ارزان، راندمان و کارایی بالا، قابلیت اطمینان و تکنولوژی بالغ آن، گستره استفاده از این ابزار بسیار وسیع بوده و هر گونه بهبود در عملکرد آن، هزینه بالایی را در بر خواهد داشت [۱۷۶]. در مقابل استفاده گسترده از آن، LFTها از چند مشکل عمده برخوردارند. چند نمونه از این مشکلات عبارت است از:

- اندازه بزرگ و وزن بالای آنها
- نیاز به روغن ترانسفورماتور که برای محیط زیست خطرناک و زیان‌بار است.
- اشباع هسته باعث ایجاد هارمونیک‌هایی می‌شود، که در نتیجه باعث ایجاد جریان هجومی بزرگی خواهد شد.
- مشخصه‌های ناخواسته ولتاژ در سمت ورودی مانند فرو رفتگی‌های ولتاژ، به شکل موج ولتاژ سمت خروجی منتقل می‌شود.
- هارمونیک‌های جریان خروجی، تأییراتی روی میزان هارمونیک جریان ورودی خواهد داشت. بسته به نوع اتصال ترانسفورماتور، هارمونیک‌ها در شبکه منتشر شده و یا باعث افزایش تلفات اهمی در اولیه ترانسفورماتور خواهد شد.
- داشتن تلفات نسبتاً بالا در بار میانگین. ترانسفورماتورها اغلب طوری طراحی می‌شوند که راندمان ماکزیمم خود را در بارهای نزدیک به بار نامی داشته باشند. در حالی که ترانسفورماتورها در یک سیستم توزیع، دارای میانگین باری در حدود ۳۰ درصد بار نامی می‌باشند.
- همه LFTها از عدم تنظیم ولتاژ مناسب رنج می‌برند. در سطوح توان شبکه توزیع، ترانسفورماتورها غالباً کوچک بوده و تنظیم ولتاژ آنها مناسب نیست.
- ترانسفورماتورهای حالت جامد^{۳۳} یا SST بعنوان جایگزینی برای LFTها ارائه شده است. این ترانسفورماتورها از ابزار الکترونیک قدرت و یک ترانسفورماتور فرکانس بالا برای تبدیل ولتاژ و ایزولاسیون مورد نیاز استفاده می‌کنند. باید توجه شود که SST یک جایگزین با تناظر یک به یک با LFT نیست، بلکه یک ابزار چند کاره بوده که یکی از وظایف آن، تبدیل یک سطح ولتاژ AC به سطح ولتاژ AC دیگر است. ویژگی‌ها و مزایای دیگر SST که در یک LFT وجود ندارد عبارت است از [۱۷۸-۱۸۰]:
- قابلیت کنترل پذیری بالا به دلیل استفاده از ادوات الکترونیک قدرت.
- کاهش اندازه و وزن آن به دلیل استفاده از ترانسفورماتور فرکانس بالا به طوریکه، اندازه ترانسفورماتور بطور معکوس متناسب با فرکانس کاری آن است.
- داشتن ضریب قدرت واحد، زیرا طبقه AC/DC می‌تواند به عنوان یک ابزار اصلاح ضریب قدرت عمل کند. ضریب قدرت واحد معمولاً باعث افزایش ۲۰ درصدی توان اکتیو قابل دسترس خواهد شد.

³³ Solid State Transformer

- به دلیل وجود خازن لینک DC در SSTها، افزایش و کاهش ناگهانی ولتاژ ۳۴ ورودی روی ولتاژ خروجی تاثیر به مراتب کمتری دارد.
- شناسایی سریع خطا و حفاظت در برابر آن
- قابلیت حفظ توان خروجی برای چند سیکل، به دلیل وجود خازن لینک DC
- عملکرد بصورت یک مدارشکن ۳۵. وقتی ادوات الکترونیک قدرت موجود در SST خاموش گردند، شارش توان متوقف شده و مدار قدرت ترانسفورماتور قطع خواهد شد.

ترانسفورماتور حالت جامد (SST) که به عنوان یکی از ده فن آوری نوظهور، توسط Massachusetts Institute of Technology در سال ۲۰۱۰ معرفی شده است، می‌تواند مشکلات مطرح شده برای ترانسفورماتورهای معمولی را تا حد زیادی بر طرف سازد [۱۷۶ و ۱۷۹]. ترانسفورماتور حالت جامد دارای اسم‌های متعددی می‌باشد که در جدول زیر نشان داده شده است [۱۸۱].

جدول (۲۰-۱) نام گذاری های مختلف SST

McMurray	Electronic Transformer (1968)
Brooks	Solid-State Transformer (SST, 1980)
EPRI	Intelligent Universal Transformer (IUT™)
ABB	Power Electronics Transformer (PET)
Borojevic	Energy Control Center (ECC)

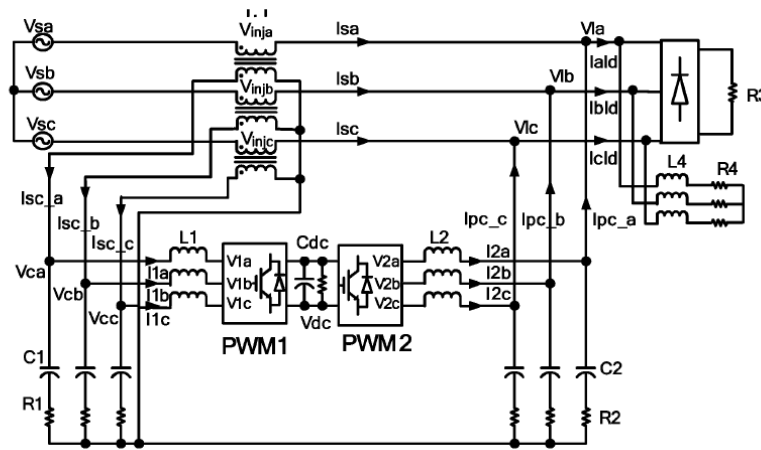
۱-۸-۴- سایر تجهیزات Custom Power

۱-۸-۴- بهساز جامع کیفیت توان

یک بهساز جامع کیفیت توان از اتصال دو مبدل سری و موازی تشکیل شده است. لینک DC مبدل‌های موازی و سری مشترک است. از دید اضافه ولتاژ مبدل موازی عمل تزریق توان راکتیو را انجام می‌دهد و مبدل سری سبب جبران‌سازی سری و ایزوله کردن ولتاژ نسبت به تغییرات ولتاژ شبکه می‌شود. از دید جبران‌سازی هارمونیک این بهساز جامع کیفیت توان از اتصال دو جبران‌ساز موازی و سری با یکدیگر تشکیل شده است که مبدل موازی عمل فیلتر فعال موازی را انجام داده و مبدل سری ایزوله کردن ولتاژ را نسبت به آلودگی‌های هارمونیک منبع انجام می‌دهد. این تجهیز برای کاربردهای بسیار حساس به اعوجاجات کیفیت توان مناسب است. ۰، شمای کلی این تجهیز را نشان می‌دهد [۱۹۹].

³⁴ - Voltage sag and swell

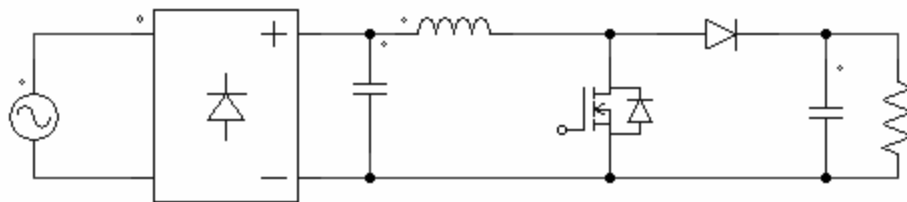
³⁵ - Circuit Breaker



شکل (۸-۱) شمای بهساز جامع کیفیت توان

۱-۱-۸-۴-۲ بهبود دهنده‌های ضریب توان^{۳۶} (PFC)

کشیدن توان راکتیو می‌تواند سبب افزایش تلفات و پرکردن ظرفیت سیستم قدرت شود. از طرفی دیگر برخی از مشترکین صنعتی مجبور به دادن هزینه جهت توان راکتیو کشیده شده توسط آنها هستند. از این رو، اصلاح ضریب توان برای مشترکین و شرکت‌های برق حائز اهمیت است. به طور سنتی استفاده از خازن می‌تواند سبب جبران‌سازی بخشی از توان راکتیو شبکه شود. اما نصب خازن سبب ایجاد جبران‌سازی ثابتی در شبکه می‌شود که می‌تواند سبب ایجاد اضافه ولتاژ در شبکه در حالتی که بار کم است می‌شود، همچنین خازن می‌تواند سبب ایجاد تشدید در شبکه شود. استفاده از ادوات الکترونیک قدرت سبب بهسازی کیفیت توان به صورت انعطاف‌پذیر می‌شود. مدارهای زیادی جهت بهبود ضریب توان پیشنهاد شده است، * یک نمونه از این مدار را نشان می‌دهد [۲۰۰].



شکل (۹-۱) یک مدار اصلاح کننده ضریب توان

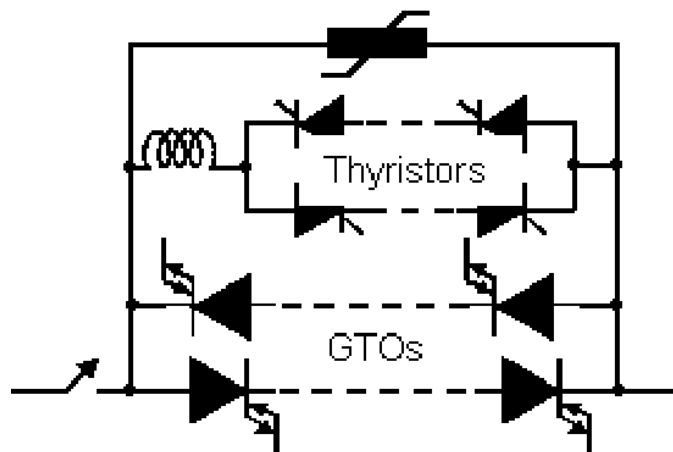
۱-۱-۸-۴-۳ مدارشکن‌های استاتیکی^{۳۷} (SCB)

در مدارشکن‌ها یا بریکرهای استاتیکی قطع مدار توسط عناصر الکترونیک قدرت انجام می‌گیرد، شمای یک مدارشکن استاتیکی در * نشان داده شده است. مطابق این شکل در حالت بدون خطا کلید GTO در حالت هدایت کامل است. پس از تشخیص خطا GTO از مدار خارج شده و

³⁶ Power factor corrector

³⁷ Static Circuit Breaker

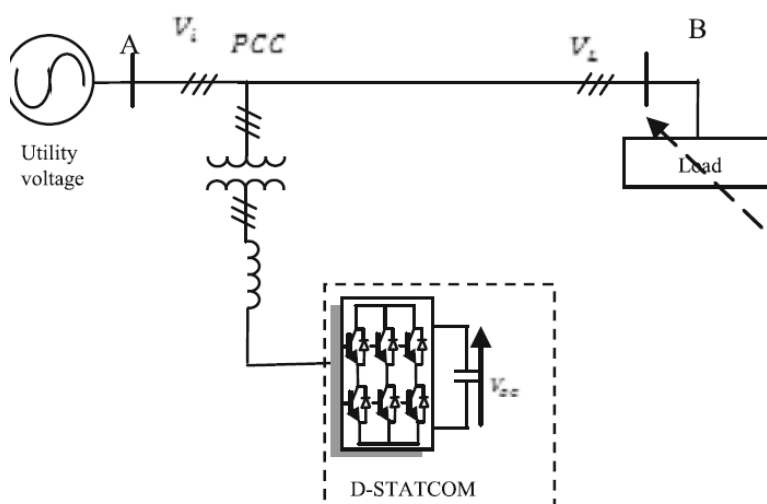
مسیر جریان از طریق تریستور و سلف محدود کننده جریان برقرار می‌شود و پس از گذر از صفر توسط تریستور قطع می‌شود. جهت محدود کردن اضافه ولتاژ گذرا از یک مقاومت به صورت موازی با آن استفاده می‌شود.



شکل (۱-۱۰) مدار یک نوع از SCB

۴-۴-۸-۱- جبران‌ساز استاتیکی سیستم توزیع³⁸ (DStatCom)

۰، شمای مداری یک جبران‌ساز استاتیکی توزیع را نشان می‌دهد. این تجهیز به مانند یک تجهیز جبران‌ساز موازی عمل می‌کند. تفاوت آن با نمونه‌های تریستوری در آن است که در آن از کلیدهای قابل خاموش شدن خود به خودی استفاده می‌شود. از آنجائیکه این تجهیز در سیستم توزیع مورد استفاده قرار می‌گیرد، لذا کلیدهایی چون IGBT و MOSFET گزینه‌هایی بسیار مناسب برای آن هستند [۲۰۱].



شکل (۱-۱۱) نمایی کلی از D-STATCOM

³⁸ Distribution StatCom

۹-۱-۱- ادوات FACTS

در سال‌های اخیر تقاضا برای استفاده از انرژی الکتریکی رشد داشته است، به طوریکه بسیاری از فعالیت‌ها بدون دسترسی به انرژی الکتریکی در جوامع مدرن متوقف خواهد شد. همانطور که حجم سیستم‌های توزیع و انتقال افزایش داشته‌است، نیازمندی به منبع انرژی الکتریکی با قابلیت اطمینان و کیفیت توان بالا نیز افزایش داشته‌است.

از طرفی افزایش هزینه و نگرانی‌های زیست محیطی، فرایند ساخت خطوط توزیع و انتقال قدرت جدید را پیچیده و زمان‌بر کرده‌است. استفاده بهینه از سیستم‌های موجود به جای ایجاد خطوط جدید، به عنوان گزینه‌ی اقتصادی‌تر و بهینه‌تر می‌تواند به عنوان چالش جدید مطرح شود. سیستم‌های انتقال و توزیع بهینه همچنین سبب کاهش تلفات انتقال انرژی شده و می‌توانند کیفیت توان مناسب و قابلیت اطمینان بالایی را برای مشترکین فراهم آورند. از این رو ایده‌ی استفاده از سیستم‌های AC انتقال قابل انعطاف مورد توجه محققین و شرکت‌های برق قرار گرفته است. بسته به تکنولوژی و کاربرد، این تجهیزات در دسته‌بندی‌های مختلفی قرار می‌گیرند که در ادامه به تفکیک مورد بررسی قرار خواهند گرفت [۱].

۱-۹-۱-۱- جبران‌ساز استاتیک توان راکتیو^{۳۹} (SVC)

SVC یک تجهیز جبران کننده توان راکتیو حالت جامد است که براساس تکنولوژی ترستورهای توان بالا عمل می‌کند. نصب SVC در یک یا چند نقطه‌ی مناسب در شبکه، می‌تواند قابلیت انتقال سیستم را افزایش دهد و سبب کاهش تلفات سیستم شود. همچنین سبب نگهداشتن ولتاژ در سطح مناسب در حالت‌های مختلف شبکه می‌شود. از طرفی، پایداری دینامیکی سیستم نیز می‌تواند بهبود یابد و نوسانات توان اکتیو نیز برطرف شود. به طور کلی مزایای زیر را برای SVC می‌توان بر شمرد:

- ☐ پایداری و ثابت نگه‌داشتن ولتاژ در سیستم‌های ضعیف
- ☐ کاهش تلفات انتقال
- ☐ افزایش قابلیت انتقال توان جهت کاهش و یا حذف نیاز برای خطوط جدید
- ☐ افزایش محدودیت پایداری انتقال توان
- ☐ افزایش میراسازی اغتشاشات کوچک
- ☐ افزایش دهنده‌ی پایداری و کنترل‌پذیری ولتاژ
- ☐ میراسازی نوسانات توان
- ☐ کاهش فلیکر و نوسانات ولتاژ

اولین استفاده از این تجهیزات در اواسط دهه ۱۹۷۰ جهت جبران‌سازی فلیکر کوره‌های قوس الکتریکی و سپس سیستم‌های انتقال بوده‌است. یکی از اولین پروژه‌ها، نصب SVC با ظرفیت ۴۰ مگاوازی در پست شانون در سیستم روشنایی و قدرت مینسوتا در سال ۱۹۷۸ بوده‌است.

انواع تجهیزات SVC عبارتند از:

³⁹ Static Var Compensator

۱-۱-۹-۱-۱ استانداردهای آزمون

خلاصه‌ای از استانداردها در ۰ لیست شده است.

جدول (۲۱-۱) استانداردهای آزمون SVC

توضیحات	عنوان اصلی	شماره استاندارد
این استاندارد به عنوان راهنمایی برای تست میدانی SVC به کار می‌رود. این استاندارد تست‌های میدانی و همچنین معیارهایی را برای ارزیابی عملکرد مشخص سیستم‌های SVC ارائه می‌دهد. بسیاری از بندهای تست می‌تواند برای تجهیزاتی که از GT استفاده می‌کنند مانند STATCOM به کار رود. این استاندارد تست‌های کارخانه و تست‌های شبیه‌سازی را پیش از نصب تجهیز SVC را شامل می‌شود و به عنوان شاخص و معیاری برای تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان به کار می‌رود.	IEEE Guide for Static Var Compensator Field Tests	IEEE1303-2011
این استاندارد به خواننده کمک می‌کند تا در باره‌ی نیازمندی‌های فنی یک SVC که در آن از تکنولوژی تریتورهای مرسوم استفاده می‌شود، اطلاع پیدا نماید. بسیاری از بخش‌های این استاندارد برای کاربردهای دیگر مانند STATCOM نیز مناسب است. این موارد شامل ولو تریتوری و تجهیزات خنک‌کننده آن، ترانسفورماتورهای افزایش و یا ایزوله‌کننده، مدار شکن، ایزولاتور و کلیدهای زمین، ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری ولتاژ و جریان، زیرساخت‌های ساختمانی SVC، زمین‌کردن، خازن‌ها و راکتورهای مورد استفاده در آن است.	IEEE Guide for the Functional Specification of Transmission Static Var Compensators	IEEE 1031
این استاندارد تست‌های نوع، محصول و اختیاری را برای ولوهای تریتوری به کار	Static var compensators (SVC) - Testing of thyristor valves	IEC 61954

		رفته در TCR، TSR و TSC را برای اجزای سازنده SVC ارائه می‌دهند. این استاندارد شامل واحدهای ولو تکی (تک فازه) و چند تایی (سه فازه) است.
IEC TR 62757:2015	Fire prevention measures on converters for high-voltage direct current (HVDC) systems, static var compensators (SVC) and flexible AC transmission systems (FACTS) and their valve halls	آزمایش‌های مورد نیاز جهت جلوگیری از آتش‌سوزی تجهیزات از جمله تجهیز SVC بیان شده‌است.

۱-۹-۲- جبران‌ساز استاتیکی^{۴۰} STATCOM

با ابداع تکنولوژی مبدل‌های منبع ولتاژ که از سوئیچ‌های کموتاسیون خودی نظیر IGBT، GTO، IGCT و ... استفاده می‌کنند، تجهیزات جدیدی به منظور بهبود شرایط عملکردی شبکه مانند STATCOM به وجود آمده‌اند. در این تکنولوژی از مبدل‌های منبع ولتاژ (VSC) به جای مبدل‌های منبع جریان استفاده می‌شود [۸۵]. در مقایسه با SVC که در آن از ترستور با کموتاسیون خودی استفاده می‌شود، این تجهیزات مزایایی چون حجم فیزیکی کم، پروفیل ولتاژ مناسب، انعطاف‌پذیری کنترلی بالا و پاسخ دینامیکی مناسب دارند. امروزه این تکنولوژی مرحله بلوغ خود را طی می‌کند و شرکت‌های زیادی مانند جنرال الکتریک، زیمنس، ABB، ALSTOM، Mitsubishi و Toshiba به صورت تجاری این محصول را عرضه می‌کنند، ضمن آنکه طراحی بهینه و بهبود مشخصه‌ی آن سهمی از پژوهش‌های مراکز معتبر تحقیقاتی را به خود اختصاص می‌دهد.

معمولاً در سیستم‌های توان بالا از مبدل‌های مجهز به GTO به صورت تجاری استفاده می‌شود. هرچند استفاده از مبدل‌های مبتنی بر IGBT و IGCT نیز در ظرفیت توانی بالا در حال افزایش است، اما اغلب از این نوع مبدل‌ها در رنج توانی متوسط و کم استفاده می‌شود. استفاده از کلیدزنی فرکانس پایه در رنج توانی بالا معمولاً صورت می‌گیرد.

۱-۹-۲-۱ استانداردهای مورد استفاده در STATCOM

• استانداردهای مورد استفاده در STATCOM را به طور خلاصه معرفی می‌کند.

جدول (۱-۲۲) خلاصه‌ای از استانداردهای مرتبط با STATCOM

شماره استاندارد	عنوان اصلی	توضیحات
IEEE 1676-2010	IEEE Guide for Control Architecture for High Power Electronics (1 MW and Greater) Used in Electric Power Transmission and Distribution Systems	در این استاندارد توصیه‌های لازم جهت معماری کنترلی برای تجهیزات الکترونیک قدرت با توان بیشتر از ۱ مگاوات مورد کاربرد در سیستم‌های توزیع و انتقال بیان شده است. این کاربردها شامل تجهیزات HVDC، FACTS، سیستم‌های واسط ذخیره‌ساز و تولید پراکنده و ... است.

⁴⁰ - Static compensator (STATCOM)

P1052 IEEE	Guide for the Functional Specifications for Transmission Static Synchronous Compensator (STATCOM) Systems	این راهنما اطلاعات علمی پایه جهت بهره‌برداری و عملکرد STATCOM ارائه می‌دهد. این استاندارد عملکرد STATCOM، مواردی چون جبران‌سازی توان راکتیو، کنترل و تنظیم ولتاژ، پایداری دینامیکی و گذرا، اجزای اصلی، حفاظت و کنترل و تست‌های مورد قبول در این زمینه را پوشش می‌دهد.
IEEE 1623-2004	IEEE Guide for the Functional Specification of Medium Voltage (1 kV - 35 kV) Electronic Shunt Devices for Dynamic Voltage Compensation	این استاندارد، به راهنمایی کلی و جامع برای تجهیزات الکترونیک قدرتی که به صورت موازی جبران‌سازی کاهش و اعوجاجات را انجام می‌دهند، می‌پردازد. این استاندارد شامل تجهیزاتی است که در نرخ ولتاژ متوسط یعنی از ۱ تا ۳۵ کیلو ولت قرار می‌گیرند، می‌شود. این تجهیزات در حالت کلی عبارتند از: اینورتر، یکسوساز و یا مبدل DC، تجهیز ذخیره انرژی و ترانسفورماتور ایزوله کننده.
IEC 62927:2017	Voltage sourced converter (VSC) valves for static synchronous compensator (STATCOM) - Electrical testing	این استاندارد مربوط به تجهیزات با کموتاسیون خودی مورد استفاده در مبدل‌های منبع ولتاژ در کاربرد STATCOM است. در این سند انواع الکتریکی و تست تولید این تجهیزات بیان شده است. در این سند، تست‌های بیان شده مربوط به تجهیزات با ولو عایق شده‌ی هوا است و در صورت استفاده از سایر ولوها، معیارهایی که بین فروشنده و خریدار وجود دارد تعیین کننده است.

۱-۹-۳- سایر تجهیزات FACTS

۱-۹-۳-۱- راکتور سری کنترل شده ی تریستوری^{۴۱} (TCSR)

این تجهیز شامل یک سلف سری است که به صورت موازی با یک سلف کنترل شده ی تریستوری قرار می‌گیرد. کنترل زاویه ی آتش می‌تواند به صورت پیوسته انجام گیرد. با تغییر زاویه ی آتش از زاویه ی ۹۰ تا ۱۸۰ درجه و کنترل آن، می‌توان امپدانس سلفی مجموعه را کنترل نمود. در حالتیکه زاویه ی آتش برابر با ۱۸۰ درجه باشد، راکتور کنترل شده ی تریستوری به صورت قطع در می‌آید و در این صورت، مجموعه بیشترین امپدانس سلفی را دارد. این حالت در کاربردهایی که نیاز به امپدانس بالا به منظور محدود کردن جریان خطا وجود دارد، استفاده می‌شود. با کاهش زاویه ی آتش از ۱۸۰ درجه به ۹۰ درجه، میزان امپدانس مجموعه که از موازی شدن امپدانس سلف کنترل شده ی تریستوری و سلف سری است، کاهش یافته و در زاویه ی ۹۰ درجه، مقدار راکتور سلفی مجموعه کمینه می‌شود [۹۵].

۱-۹-۳-۲- راکتور سری قابل کلیدزنی تریستوری^{۴۲} (TSSR)

ساختار مداری این تجهیز مانند TCSR است، با این تفاوت که در این تجهیز زاویه ی آتش می‌تواند تنها در دو حالت ۹۰ درجه (هدایت کامل) و یا ۱۸۰ درجه (قطع کامل) قرار گیرد. در حالت زاویه ی ۹۰ درجه، کمترین امپدانس و در حالت زاویه ی ۱۸۰ درجه، بیشترین امپدانس ایجاد می‌شود. تغییرات امپدانس دیده شده در این تجهیز به صورت پله‌ای است. به عبارت دیگر تنها تفاوت آن با TCSR، سیستم کنترلی ساده‌تر آن است زیرا تنها دو حالت زاویه ی ۹۰ و یا ۱۸۰ درجه برای آن ممکن است. با قرار دادن چند TSSR، امکان دستیابی به پله‌های مختلفی وجود دارد. در [۹۷] کاربردی از این تجهیز در محدود کردن اثر مخرب کوره ی قوس الکتریکی گزارش شده است.

۱-۹-۳-۳- خازن سری کنترل شده ی تریستوری^{۴۳} (TCSC) [۹۸]

این تجهیز از یک خازن سری که با یک سلف کنترل شده ی تریستوری موازی شده است، تشکیل شده است. معمولاً از یک برقیگر جهت جلوگیری از حالت‌گذرای ولتاژ بر روی خازن نیز استفاده می‌شود. زاویه ی آتش می‌تواند از ۹۰ تا ۱۸۰ درجه تغییر نماید. زاویه ی آتش ۹۰ درجه به معنی هدایت کامل تریستور بوده و در این حالت، امپدانس خازنی مجموعه کاهش می‌یابد. این در حالیست که در زاویه ی آتش ۱۸۰ درجه بیشترین امپدانس خازنی حاصل می‌شود.

۱-۹-۳-۴- خازن سری قابل کلیدزنی تریستوری^{۴۴} (TSSC)

ساختار مداری این تجهیز مانند تجهیز TCSC است، با این تفاوت که، در TSSC تنها دو زاویه ی آتش ۹۰ و یا ۱۸۰ درجه برای تریستورها امکان پذیر است. در زاویه ی آتش ۹۰ درجه سلف به طور کامل در مدار قرار می‌گیرد و در زاویه ی ۱۸۰ درجه سلف از مدار خارج است. به عبارت دیگر تنها دو امپدانس از این سیستم قابل استحصال است. ساختار کنترلی این سیستم نسبت به TCSC به دلیل امکان انتخاب تنها دو زاویه ساده‌تر است [۹۵].

⁴¹ Thyristor controlled series reactor

⁴² Thyristor switched series reactor

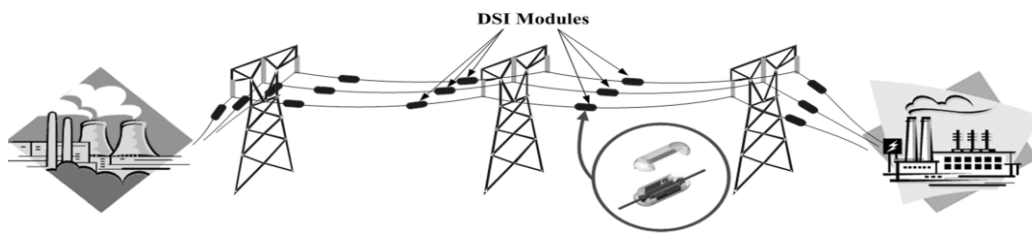
⁴³ Thyristor controlled series capacitor

⁴⁴ Thyristor switched series capacitor

۵-۳-۹-۱- امیدانس سری توزیع شده^{۴۵} (DSI)

امپدانس سری توزیع شده می‌تواند گذر توان اکتیو را با تغییر امپدانس خط کنترل نماید. این تجهیز می‌تواند از طریق انتقال توان عبوری از خطی که با اضافه بار روبرو است، به خطی که در بار کمتری از ظرفیت خود قرار دارد، عملکرد شبکه را بهبود دهد.

جبران‌سازی خازنی خطی که باری کمتر از ظرفیت نامی خود دارد، سبب می‌شود تا جریان بیشتری از آن عبور نماید و برعکس جبران‌سازی سلفی در خطوطی که با اضافه بار مواجه هستند، باعث کاهش جریان آنها می‌شود. در هر دو حالت شرایط بهره‌برداری سیستم بهبود می‌یابد، زیرا توان از خطی که بیش از توان نامی خود مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد به خطی که باری کمتر از مقدار نامی خود دارد، انتقال می‌یابد. • توزیع این امپدانس را نشان می‌دهد.



شکل (۱۲-۱) توزیع امپدانس سری در طول خطوط

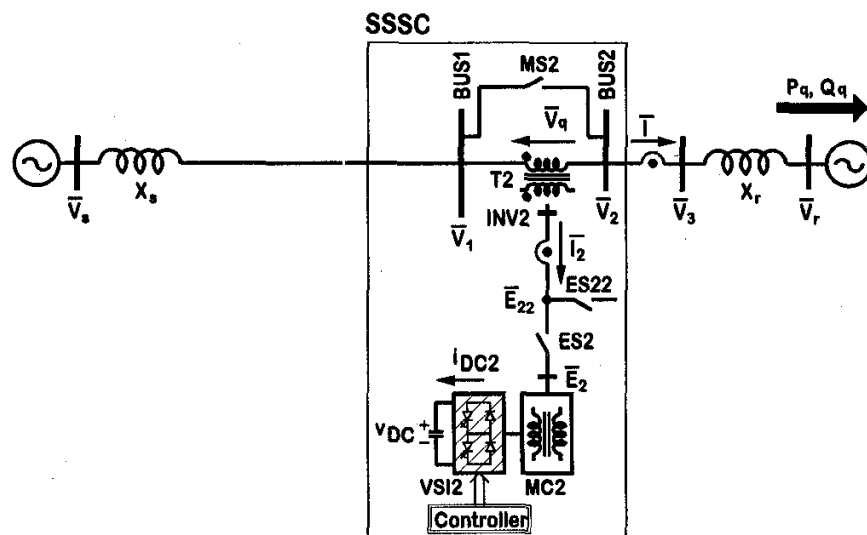
۶-۳-۹-۱- جبران کننده سری سنکرون استاتیکی^{۴۶} (SSSC)

همانطور که STATCOM به واسطه‌ی استفاده از کلیدهای با کموتاسیون خودی به جای کلیدهای تریستوری در جبران‌کننده‌های موازی شکل گرفته است، S³C نیز از استفاده از کلیدهای با کموتاسیون خودی به جای کلیدهای تریستوری در جبران‌کننده‌های سری ایجاد شده است. به عبارت دیگر این تجهیز نوع پیشرفته تجهیزات جبران‌ساز سری به حساب می‌آید. این تجهیز به صورت مستقل و به طور عملی مورد استفاده قرار نگرفته است و تنها در تجهیزاتی چون UPFC مورد استفاده قرار گرفته است. با استفاده از ذخیره‌ساز در لینک DC آن، می‌توان توان اکتیو را نیز مبادله کرد [۱۰۰].

منحنی مشخصه این تجهیز در تمام فرکانس‌ها به جز فرکانس اصلی مقدار کمی دارد و لذا امکان تشدید و اختلال در سیستم وجود ندارد. از آنجائیکه از کلیدهای پرسرعت استفاده می‌شود، این تجهیز دارای دینامیک سریعی است [۱۰۱]. • شمای مداری این تجهیز را نشان می‌دهد.

⁴⁵ Distributed Series Impedance

⁴⁶ Static Synchronous Series Compensator



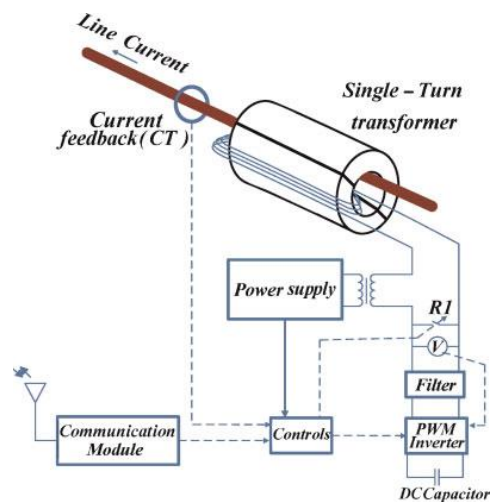
شکل (۱۳-۱) استفاده از ساختار SSSC جهت جبران‌سازی

۷-۳-۹-۱-۱- جبران کننده سری استاتیکی توزیع شده^{۴۷} (DSSC)

این تجهیز در دسته‌ی تجهیزات FACTS توزیع شده و یا DFACS قرار می‌گیرد که باعث افزایش کنترل‌پذیری و افزایش قابلیت اطمینان سیستم می‌شوند.

•، شمای این تجهیز را که متشکل از اینورتر تک فاز با نرخ توانی پایین، یک ترانسفورماتور تک سیمه، سیستم‌های کنترلی، مدار تأمین کننده توان و سیستم مخابراتی است را نشان می‌دهد. در ترانسفورماتور نشان داده شده در این شکل هادی خط انتقال به عنوان سیم‌پیچ ثانویه است و تعداد دورهای بالای آن سبب عبور جریان پایین در این سیم‌پیچی می‌شود، به طوریکه می‌توان در آن از کلیدهای IGBT با نرخ توان پایین استفاده کرد.

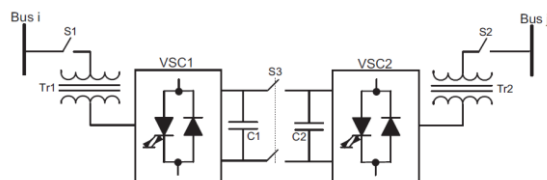
⁴⁷ Distributed static series compensation



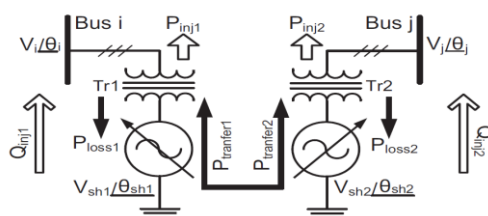
شکل (۱-۱۴) شمای مداری یک ماژول DSSC

۸-۳-۱-۱-۹- جبران‌ساز استاتیکی پشت به پشت^{۴۸} (BTB StatCom)

۰-الف و ب، شمای مداری و مدار معادل این تجهیز را به ترتیب نشان می‌دهند. همانطور که در این شکل نشان داده شده است، یک BTB STATCOM از دو اینورتر که در باس DC مشترک هستند، تشکیل شده است. این ساختار برای انتقال توان نقطه به نقطه بین دو شبکه‌ی ایزوله و یا دو شبکه با فرکانس‌های مختلف به کار می‌رود. با کنترل توان راکتیو مبدل‌های واسط، می‌توان به طور مستقل کنترل ولتاژ را نیز انجام داد [۱۰۳].



الف



ب

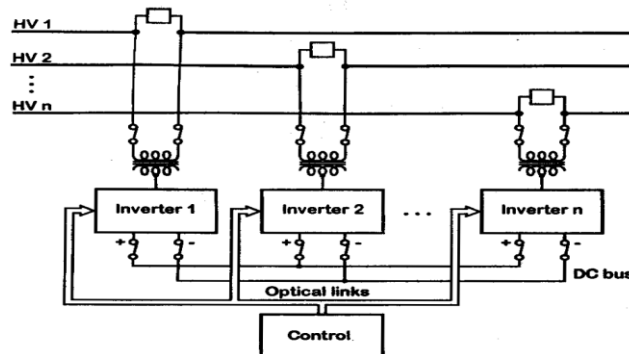
⁴⁸ Back to Back STATCOM

شکل (۱-۱۵) ساختار BTB STATCOM، الف- ساختار الکتریکی، ب- مدار معادل

۹-۳-۱-۱- کنترل‌کننده پخش توان بین خطوط^{۴۹} (IPFC)

این کنترل‌کننده حداقل از دو جبران‌ساز سری که در لینک DC مشترک هستند، تشکیل شده است. این جبران‌ساز تأثیر زیادی در کنترل توان‌های اکتیو و راکتیو می‌تواند ایجاد کند. این تجهیز به همراه UPFC توسعه یافته دو ساختار ابتکاری و جدید در جبران‌سازهای استاتیکی ادوات FACTS هستند. دیپاگرام تکفاز این سیستم را نشان می‌دهد. شایان ذکر است، که در این شکل، هر یک از مبدل‌ها، مبدل‌های سه فازی هستند، که به صورت سری در خطوط همجوار قرار گرفته‌اند و از یک لینک DC مشترک تغذیه شده و سبب کنترل گذر توان‌های اکتیو و راکتیو در شبکه‌ی قدرت می‌شوند. هر یک از مبدل‌ها می‌توانند به عنوان یک SSSC رفتار نمایند.

این تجهیز امکان کنترل گذر توان‌های اکتیو و راکتیو را در خطوط به صورت هم‌زمان و مستقل فراهم می‌کند که این امر به واسطه‌ی قابلیت سیستم‌های مجهز به اینورتر جهت تزریق ولتاژ به صورت سری جهت کنترل توان اکتیو و راکتیو است. با استفاده از این قابلیت می‌توان، توان اکتیو و راکتیو را از خطوط پربار به خطوطی کم‌بار انتقال داد و مدیریت تلفات را در سیستم نیز انجام داد. از آنجائیکه امکان تزریق ولتاژ سری فراهم است، می‌توان خطوط را در برابر کاهش ولتاژ و افزایش ولتاژ بیمه کرد و آن را در برابر اختلالات دینامیکی پایدارتر کرد [۱۰۴].



شکل (۱-۱۶) ساختار مداری یک IPFC

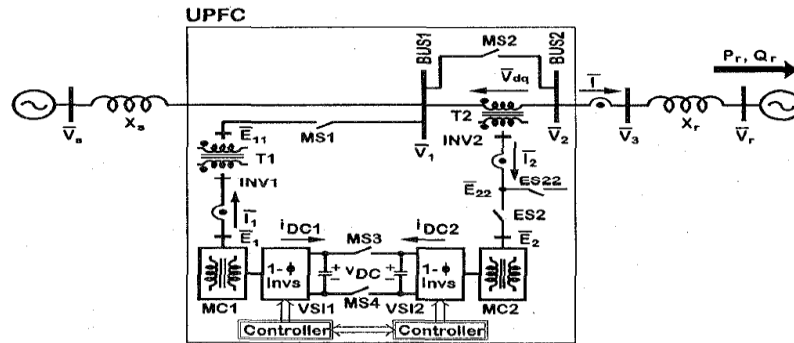
۱۰-۳-۱-۱- کنترل‌کننده یکپارچه پخش توان^{۵۰} (UPFC)

این تجهیز یکی از پیشرفته‌ترین تجهیزات FACTS است که امکان جبران‌سازی سری و موازی را به صورت مستقل فراهم می‌کند. این تجهیز قابلیت‌های STATCOM و SSSC را به طور مشترک دارد. ۵۰ شمای مداری این تجهیز را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل نشان داده شده است، یک UPFC از دو مبدل سری و موازی تشکیل شده است که در لینک DC مشترک هستند و به صورت مستقل کنترل می‌شوند. کنترل مستقل امکان جبران‌سازی سری و موازی مستقل را فراهم می‌کند. مبدل موازی از طریق ترانسفورماتور به صورت موازی به باس مورد نظر متصل شده و مبدل سری از طریق ترانسفورماتوری که به صورت سری قرار گرفته است، ولتاژ مورد نظر را تزریق می‌نماید. مبدل موازی، توان مورد نیاز جهت تثبیت ولتاژ لینک DC را نیز از طریق شبکه فراهم می‌آورد و علاوه بر آن می‌تواند به صورت مستقل توان راکتیو را به شبکه تزریق نماید [۱۰۵].

⁴⁹ Interline Power Flow Controller

⁵⁰ Unified Power Flow Controller

با قرار گرفتن UPFC در مسیر یک خط، قسمتی از توان اکتیو عبوری توسط مبدل موازی دریافت شده و از طریق لینک DC به مبدل سری منتقل شده و توسط این مبدل به خط تزریق می‌شود و می‌توان حالتی که توان از طریق مبدل سری به مبدل موازی انتقال داده می‌شود، را نیز در نظر گرفت. با کنترل مناسب این تجهیز می‌توان توان اکتیو و راکتیو عبوری از خط مجهز به آن را کنترل نمود [۱۰۶].



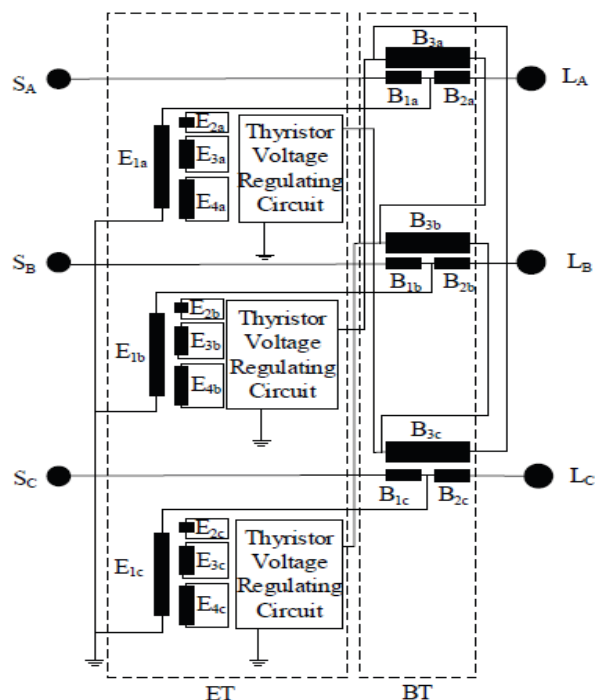
شکل (۱-۱۷) ساختار مداری یک UPFC

۱-۱-۹-۳-۱۱- ترانسفورماتور جابجاگر فاز قابل کنترل ترستوری^{۵۱} (TCPSTO)

• شمای مداری این تجهیز را نشان می‌دهند. سیم‌پیچ اولیه‌ی ترانسفورماتور افزاینده (BT) به صورت سری با خطوط انتقال قرار می‌گیرد و سیم‌پیچی ثانویه‌ی آن اتصال دلتا را فراهم می‌آورد. هر دو سیم‌پیچی ترانسفورماتور تحریک ایجاد اتصال ستاره می‌نمایند. سیم‌پیچی اولیه‌ی ترانسفورماتور BT به دو قسمت تقسیم شده و قسمت مرکزی آن به سیم‌پیچ اولیه‌ی ET متصل می‌شود [۱۰۷].

این تجهیز می‌تواند به عنوان جایگزین ترانسفورماتورهای با تغییر تپ چنجر مورد استفاده جهت کنترل توان اکتیو باشند، زیرا سرعت پاسخ این سیستم‌ها به لطف استفاده از فناوری الکترونیک قدرت بالاتر است [۱۰۸].

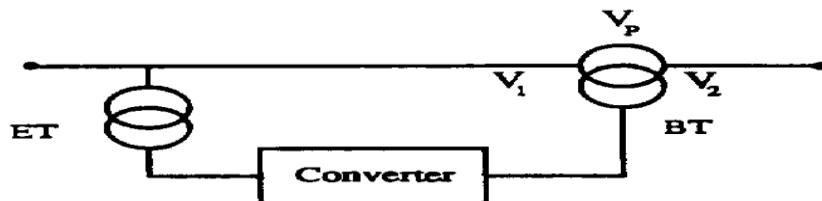
⁵¹ Thyristor Controlled Phase Shifting Transformer



شکل (۱۸-۱) ساختار مداری یک TCPSTO

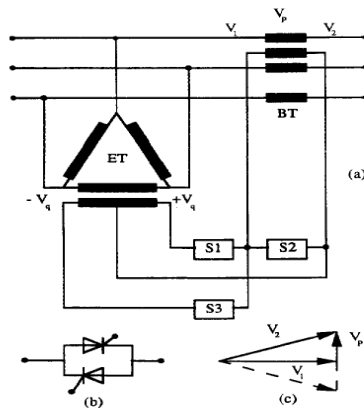
۱۲-۳-۹-۱- جابجاگر فاز استاتیک^{۵۲} (SPS) [۱۰۹ و ۱۱۰]

شمای ساده‌ی مداری جابجاگر فاز استاتیک در ω ، نشان داده شده‌است. در این شکل، ولتاژ سه فاز از طریق ترانسفورماتور تحریک به مبدل الکترونیک قدرت داده می‌شود و بعد از تبدیل مناسب از طریق یک ترانسفورماتور افزاینده به شبکه تحویل داده می‌شود. این تجهیز جایگزین مناسبی برای ترانسفورماتورهای جابجاگر فاز با کلیدهای مغناطیسی است و می‌تواند تغییر فاز مناسب جهت کنترل گذر توان را فراهم آورد. شاید ذکر است که اصطلاح "جابجاگر فاز" به تجهیزاتی گفته می‌شود، که قادر است تا ولتاژی با دامنه و فاز قابل کنترل در حالت‌های مختلف عملکردی ایجاد نماید. ساختارها و پیکربندی‌های مختلفی از این تجهیز وجود دارد که یک نمونه از این ساختارها در ω نشان داده شده است.



شکل (۱۹-۱) ساختار مداری ساده‌ی SPS

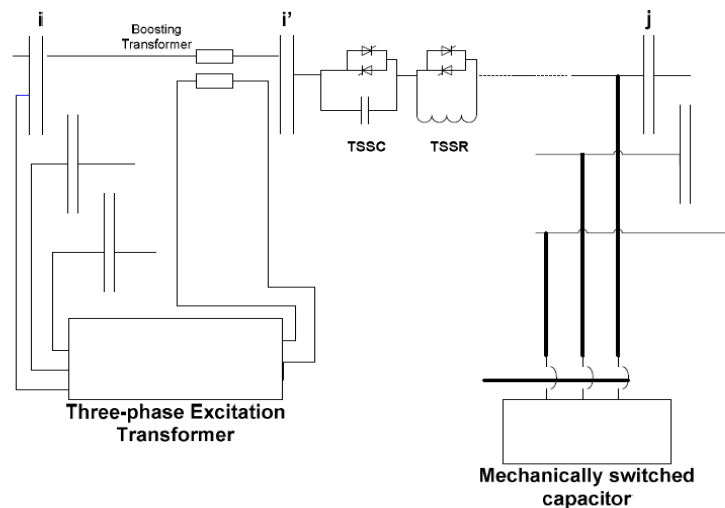
⁵² Static phase shifter



شکل (۲۰-۱) یک نمونه از SPS

۱۳-۳-۹-۱- کنترل‌کننده دینامیک توان^{۵۳} (DFC)

• شمای مداری یک DFC را نشان می‌دهد، که بین باس‌های i و j در یک خط انتقال قرار گرفته است. همانطور که نشان داده می‌شود. این تجهیز از ترانسفورماتور تحریک سه فاز، ترانسفورماتور افزایشنده، TSSC، TSSR و خازن‌های سوئیچ‌شونده‌ی مکانیکی تشکیل شده‌است. در این تجهیز، زمانی که پاسخ سریع مورد نیاز است، TSSC و یا TSSR وارد مدار می‌شوند و می‌توانند جهت رفع اضافه بار و جبران‌سازی در شرایط بحرانی و کنترل توان عبوری به کار روند [۱۱۱ و ۱۱۲].

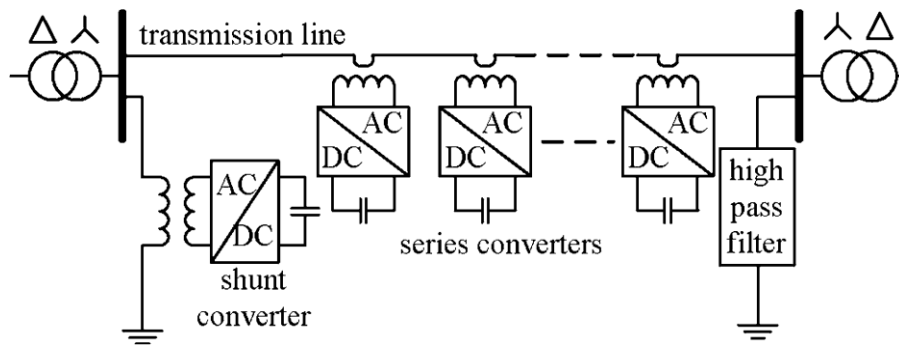


شکل (۲۱-۱) یک نمونه از DFC

⁵³ Dynamic flow controller

۱۴-۳-۹-۱- کنترل کننده‌ی پخش توان توزیع شده^{۵۴} (DPFC)

این تجهیز یکی از کامل‌ترین تجهیزات FACTS است و در دسته‌ی تجهیزات توزیع شده‌ی FACTS (DFACTS) قرار می‌گیرد. ساختار این تجهیز را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل نشان داده می‌شود، در این تجهیز از یک اینورتر موازی که مشابه STATCOM عمل می‌کند، استفاده شده است. این اینورتر موازی وظیفه‌ی کنترل ولتاژ و تزریق توان راکتیو را ایفا می‌کند. مبدل‌های سری به صورت توزیع شده در طول خط قرار گرفته و کار جبران‌سازی سری را انجام می‌دهند. همچنین در طرف دیگر خط از فیلترهای پسیو استفاده می‌شود. تفاوت این ساختار با UPFC در این است که در UPFC، مجموعه‌ی جبران‌ساز سری و موازی به صورت مجتمع قرار گرفته و لینک DC آن‌ها مشترک است و این در حالی است که در این تجهیز، جبران‌سازهای سری مستقل از جبران‌ساز موازی و به صورت توزیع شده با لینک DC مجزا قرار گرفته‌اند. این ساختار توزیع شده سبب افزایش قابلیت اطمینان سیستم می‌شود [۱۱۳].



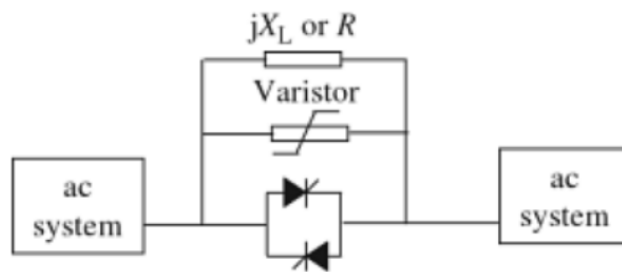
شکل (۲۲-۱) یک نمونه از DPFC

۱۵-۳-۹-۱- محدودساز جریان خط^{۵۵}

استفاده از ادوات الکترونیک قدرت به دلیل سرعت زیاد و دینامیک مناسب، می‌تواند در بر طرف کردن و یا کاهش اثرات مخرب اتصال کوتاه در سیستم‌های قدرت کمک نماید. ایده‌ی استفاده از محدودساز جریان خطا بدین منظور شکل گرفته است. این تجهیز باید به گونه‌ای عمل نماید، که در حالت عملکرد عادی شبکه، کمترین تاثیر را بر سیستم قدرت بگذارد و در حالت اتصال کوتاه، به سرعت وارد عمل شود و امپدانس شبکه را افزایش و جریان اتصال کوتاه را محدود نماید. ساختارهای مختلفی برای این تجهیز وجود دارد،^{۵۴} یک نوع از این تجهیز را نشان می‌دهد. در این شکل، کلیدهای الکترونیک قدرت در حالت عادی عمل کرده و به صورت اتصال کوتاه قرار می‌گیرند. در هنگام اتصال کوتاه در سیستم این کلیدها هدایت خود را قطع کرده و جریان از امپدانس مقاومتی و یا سلفی نشان داده شده در شکل عبور کرده و محدود می‌شوند [۱۱۴].

⁵⁴ Distributed Power Flow Controller

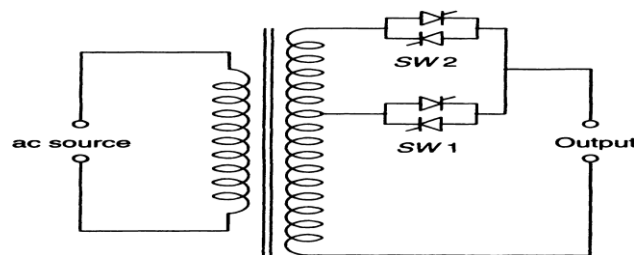
⁵⁵ Fault current limiter (FCL)



شکل (۲۳-۱) محدودساز جریان خطا

۱-۱-۹-۳-۱۶- تنظیم کننده ولتاژ کنترل شده تریستوری^{۵۶} (TCVR)

در کاربردهایی نیاز است تا ولتاژ به صورت پیوسته کنترل شود. این تجهیز برای ایجاد یک ولتاژ کنترل شده AC توسط ترانسفورماتور با تپ‌چنجرهای مختلف و تریستور به کار می‌رود. شمای مداری پایه این نوع از تجهیزات را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل نشان داده شده است، از طریق کنترل زاویه‌ی آتش تریستور (در حالت قطع و یا وصل)، می‌توان با سرعت زیاد تپ مورد نظر را برای کنترل ولتاژ انتخاب نمود [۱۱۵].



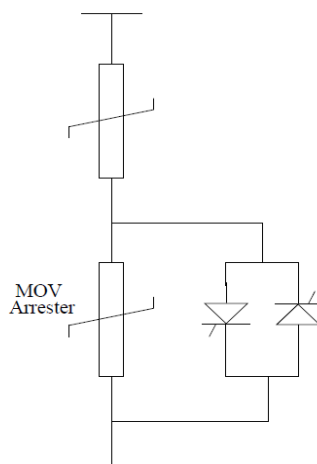
شکل (۲۴-۱) ساختار مداری TCVR

۱-۱-۹-۳-۱۷- محدود کننده ولتاژ کنترل شده تریستوری^{۵۷} (TCVL)

استفاده از تجهیزات حفاظتی در جهت کاهش اثرات مخرب صاعقه، اجتناب‌ناپذیر است. استفاده از برقگیرها سبب کاهش سطح عایقی مورد نیاز تجهیزات شده و سبب کاهش در هزینه می‌شود. استفاده از برقگیرهای مقاومت متغیر اکسید روی در سال‌های اخیر مورد توجه فراوانی قرار گرفته است. با استفاده از تجهیزات الکترونیک قدرت می‌توان قابلیت‌هایی را به این تجهیز بخشید تا عملکرد آن را بهینه‌تر نماید. شمای مداری تجهیز TCVL را نشان می‌دهد، همانطور که در این شکل نشان داده شده است، در حالت عادی، کلید تریستوری در حالت قطع قرار گرفته و در زمانی که مورد نیاز است وارد مدار می‌شود، با این کار حفاظت بیشتری در مواقع مورد نیاز صورت می‌گیرد [۱۱۶].

⁵⁶ Thyristor Controlled Voltage regulator

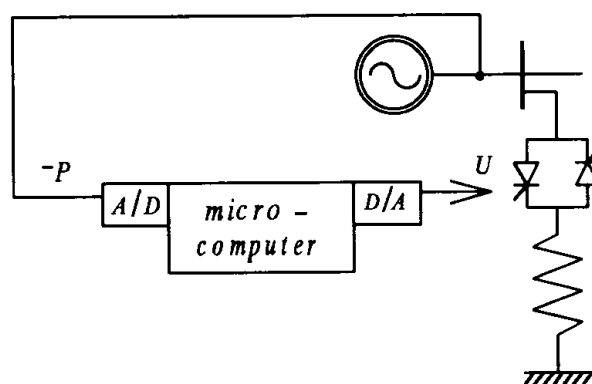
⁵⁷ Thyristor Controlled Voltage Limiter



شکل (۱-۲۵) ساختار مداری TCVL

۱۸-۳-۹-۱- مقاومت ترمزی کنترل شده‌ی تریستوری^{۵۸} (TCBR)

• شمای مداری یک TCBR را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل نشان داده شده است، این تجهیز از یک مقاومت با توان بالا متصل به دو تریستور موازی معکوس تشکیل شده است. از این تجهیز، جهت جذب توان روتور ژنراتور در هنگام اتصال کوتاه که در این هنگام انتقال توان امکان‌پذیر نمی‌باشد، می‌توان استفاده نمود. همچنین از این تجهیز می‌توان در هنگام ایجاد رزونانس و یا میراسازی نوسانات زیرسکرون و حذف نوسانات بین ناحیه‌ای استفاده نمود. در این تجهیز در حالت عادی، تریستورها هدایتی انجام نمی‌دهند، اما در هنگام نیاز تریستورها هدایت کرده و مقاومت در مدار قرار می‌گیرد [۱۱۷].



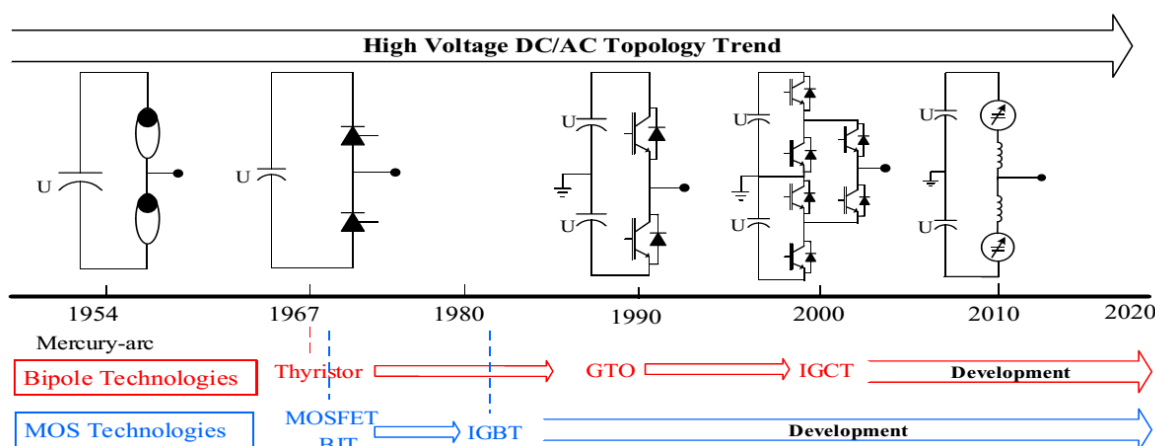
شکل (۱-۲۶) شمای مداری یک TCBR

⁵⁸ Thyristor Controlled Braking Resistor

۱-۱-۱- سیستم‌های جریان مستقیم با ولتاژ بالا^{۵۹} HVDC

۱-۱-۱-۱- معرفی کلی

HVDC یک تکنولوژی بالغ و پیشرفته است که برای انتقال توان با حجم زیاد در فاصله‌های طولانی، مناطق دور دست و یا اتصال شبکه‌های مختلف طراحی شده است، مهندسان در سال‌های زیادی در جستجوی تکنولوژی تبدیلی بودند که بتواند توان الکتریکی AC تولید شده را در نقطه‌ای تولید کننده به برق DC تبدیل کرده و سپس در سمت دیگر خط DC به ولتاژ AC تبدیل نمایند. در اوایل دهه‌ی ۱۹۵۰ تحقیقات در زمینه‌ی تکنولوژی قوس جیوه‌ای که توسط مهندسین شرکت ASEA انجام شد نتیجه داد و اولین لینک HVDC به صورت تجاری ساخته شد. بایبداش کلیدهای تریستوری، استفاده از تریستور در سیستم HVDC و مبدل‌های منبع جریان به عنوان HVDC کلاسیک و یا سنتی و بعدها از مبدل‌های منبع ولتاژ در آن مورد استفاده قرار گرفت. ۰، سیر تحولی این تکنولوژی را نشان می‌دهد [۷۰].



شکل (۱-۲۷) روند توسعه‌ی تکنولوژی HVDC

سیستم‌های HVDC بر حسب نوع مبدل مورد استفاده، به دو دسته‌ی HVDC کلاسیک مبتنی بر مبدل‌های منبع جریان و یا HVD مبتنی بر مبدل‌های منبع ولتاژ قرار می‌گیرند. سیستم‌های HVDC کلاسیک جهت انتقال حجم زیادی از توان با فاصله‌ی زیاد و یا اتصال شبکه‌های مختلف شکل گرفته‌اند. از این نوع از پروژه‌های HVDC بیش از ۱۰۰ مورد در جهان احداث شده است و رنج توان آنها از ۱۰۰ تا ۱۰۰۰۰ مگاوات است و در آنها از خطوط هوایی، کابل‌های زیرزمینی و زیردریایی و یا ترکیب کابل‌ها و خطوط استفاده می‌شود.

۱-۱-۱-۲- استانداردهای HVDC

در ۰ استانداردهای مرتبط با HVDC لیست شده است.

⁵⁹ High Voltage direct current

جدول (۲۳-۱) استانداردهای مرتبط با HVDC

شماره استاندارد	عنوان اصلی	توضیحات
IEC TR 60919-3	Performance of high-voltage direct current (HVDC) systems with line-commutated converters - Part 3: Dynamic conditions	در این سند، راهنمایی کلی برای عملکرد دینامیکی سیستم‌های HVDC فراهم شده است. عملکرد دینامیکی، شامل رویدادهای و پدیده‌هایی هست که فرکانس مشخصه‌ی آن‌ها و یا دامنه‌ی زمانی آن‌ها شرایطی بین حالت گذرا و یا حالت دائم را در بر می‌گیرد. در این سند باید موارد زیر را در نظر گرفت: • این گزارش تنها مربوط به مبدل‌های با کموتاسیون خط است. • در نسخه‌ی جدید آن، تغییرات قابل توجهی مربوط به تکنولوژی سیستم کنترل صورت گرفته است. • برخی از محدودیت‌های محیطی شامل محدودیت‌های نویز صوتی در نسخه‌ی جدید به آن افزوده شده است.
IEC TR 60919-2	Performance of high-voltage direct current (HVDC) systems with line-commutated converters - Part 2: Faults and switching	در این سند، راهنمایی کلی بر برای عملکرد حالت گذرای و حفاظت در برابر خطای سیستم‌های HVDC فراهم شده است. این استاندارد مربوط به حالت‌های گذرای مربوط به خطا و کلید زنی برای سیستم‌های دو ترمینالی که در آن از مبدل‌های ۱۲ پالسه منبع جریان به کار می‌رود، است و سیستم‌های چند ترمیناله را پوشش نمی‌دهد. ولوهای تربستوری سه فاز تشکیل دهنده‌ی پل در این استاندارد در نظر گرفته شده است و ولوهای دیودی در آن در نظر گرفته نشده‌اند.

IEC TR 60919-1	Performance of high-voltage direct current (HVDC) systems with line-commutated converters - Part 1: Steady-state conditions	در این سند، راهنمایی کلی برای عملکرد ماندگار سیستم‌های HVDC فراهم شده‌است و موارد مطروحه در IEC TR 60919-2 و IEC TR 60919-3 را پوشش می‌دهد.
IEC 60633:1998	Terminology for high-voltage direct current (HVDC) transmission	این استاندارد بر روی HVDC و مخصوصاً در مورد پست‌های تبدیل آن استفاده می‌شود که در آن تبدیل برق AC به DC و بالعکس انجام می‌گیرد.
IEC TR 62543:2011	High-voltage direct current (HVDC) power transmission using voltage sourced converters (VSC)	در این سند راهنمای کلی در مورد مبدل‌های منبع ولتاژ به کار رفته در سیستم‌های HVDC ارائه می‌شود. در این استاندارد نه تنها مبدل‌های منبع ولتاژ بلکه سایر مبدل‌هایی که از کلیدهای با قابلیت روشن شدن و خاموش شدن با کموتاسیون خودی برخوردارند نیز شامل می‌شود. موضوع اصلی این سند، مبدل‌های دو و سه سطحی با مدولاسیون پهنای پالس (PWM) است ولی می‌تواند روش موج مربعی را نیز شامل شود. انواع مختلفی از پیکربندی‌های که می‌تواند در مبدل‌های VSC استفاده شده در HVDC مورد استفاده قرار گیرد در اسن سند مطرح شده و کاربردهای آنها و مشخصه‌ی عملکردی آنها بیان می‌شود.
IEC TS 61973:2012	High voltage direct current (HVDC) substation audible noise	این استاندارد دلالت بر شاخصه‌ها و ارزیابی نویز سوتی برای پست‌های HVDC دارند. این استاندارد در مرحله‌ی اول جهت استفاده برای شرکت‌های برق و مشاوره که مسئول سنجش استاندارد سیستم طراحی شده هستند، می‌باشد. این پروژه در اصل برای سیستم‌های HVDC مبنی بر مبدل منبع جریان است، اما بخشی از آن برای سیستم‌های HVDC منطبق بر مبدل منبع ولتاژ نیز می‌تواند به کار رود.

IEC 62747:2014	Terminology for voltage-sourced converters (VSC) for high-voltage direct current (HVDC) systems	در این استاندارد موضوعات مرتبط با مبدل‌های منبع ولتاژ با کموتاسیون خودی مورد استفاده در سیستم‌های HVDC تعریف می‌شود.
IEC 61803:1999	Determination of power losses in high-voltage direct current (HVDC) converter stations	این استاندارد برای تمامی ایستگاه‌های تبدیل سیستم‌های HVDC مبتنی بر مبدل‌های با کموتاسیون خط به کار می‌رود. در این استاندارد به طور پیشفرض مبدل‌های ۱۲ پالسه در نظر گرفته شده‌اند، اما می‌توان برای مبدل‌های ۶ پالسه نیز به کار روند. در این استاندارد، راه و روشی برای تعیین تلفات کلی یک ایستگاه تبدیل HVDC ارائه شده‌است. این استاندارد تلفات بی‌باری و شرایط عملکردی مختلف را به حساب می‌آورد.
IEC TS 62344:2013	Design of earth electrode stations for high-voltage direct current (HVDC) links - General guidelines	این استاندارد به طراحی ایستگاه‌های الکتروود زمین سیستم‌های HVDC اختصاص داده شده‌است. در این استاندارد، راهنمایی لازم، محدودیت‌ها و ملاحظات مورد نیاز در طراحی الکتروودهای زمین جهت فراهم آوردن ایمنی مناسب پرسنل و الکتروود زمین و جهت جلوگیری از اثر قابل توجه که ممکن است بر سیستم‌های HVDC و محیط پیرامون داشته باشد، فراهم می‌آورد.
IEC TR 62001-3:2016	High-voltage direct current (HVDC) systems - Guidance to the specification and design evaluation of AC filters	در این استاندارد، راهنمایی لازم در جهت طراحی و مدل فیلتر مورد استفاده در طرف AC سیستم HVDC ارائه می‌شود.
IEC 60700-1:2015	Thyristor valves for high voltage direct current (HVDC) power transmission - Part 1: Electrical testing	این استاندارد به ولوهای تریستوری با برقگیرهای اکسید فلز مورد استفاده در سیستم‌های HVDC مجهز به مبدل‌های منبع جریان اختصاص داده شده‌است. این استاندارد محدود به تست‌های الکتریکی و مرتبط با تولید است. تست‌ای مطرح شده در این استاندارد بر اساس ولوهای ایزوله شده با هوا است.

IEC 62501	Voltage sourced converter (VSC) valves for high-voltage directcurrent (HVDC) power transmission - Electrical testing	این استاندارد بر ولوهای مبدل با کموتاسیون خودی مورد استفاده در مبدلهای منبع ولتاژ سه فاز سیستم‌های HVD اعمال می‌شود.
IEC TR 62544	High-voltage direct current (HVDC) systems - Application of filters active	در این سند، راهنمایی لازم با موضوع فیلترهای فعال برای استفاده در سیستم‌های HVDC ارائه می‌شود. در این استاندارد تجهیزاتی که جهت کاهش هارمونیک در سیستم‌های DC و AC هستند پوشش داده می‌شوند. انواع مدارهایی که می‌توانند برای فیلترهای اکتیو به کار روند در این گزارش شرح داده می‌شوند و کاربردهای آنها و مشخصه‌های عملکردی آنها بیان می‌شود.
IEC TR 62757	Fire prevention measures on converters for high-voltage direct current (HVDC) systems, static var compensators (SVC) and flexible AC transmission systems (FACTS) and their valve halls	در این استاندارد، ملزومات لازم جهت جلوگیری از آتش‌سوزی در سیستم‌های مختلف و از جمله سیستم‌های HVDC شامل سیستم‌های HVDC تشکیل شده از مبدل‌های منبع ولتاژ و جریان بیان می‌شود.
IEEE 1378	IEEE Guide for Commissioning High-Voltage Direct-Current (HVDC) Converter Stations and Associated Transmission Systems	در این استاندارد، راهنمایی کلی برای ایستگاه‌هایی تبدیل HVDC و سیستم‌های انتقال مرتبط با آن پرداخته می‌شود. این راهنما، مبدل‌های شش یا دوازده پالسه‌ی منبع ولتاژ را که در سیستم‌های HVDC دو ترمیناله و یا سیستم‌های پشت به پشت به کار می‌رود، پوشش می‌دهد.
IEEE P1240	Guide for the Evaluation of the Reliability of HVDC Converter Stations	هدف از این راهنما کمک به بهبود بخشیدن به قابلیت اطمینان، قابلیت دسترسی و تعمیرات پست‌های تبدیل سیستم‌هایی HVDC است. در این استاندارد سعی شده است اهداف زیر تحقق پیدا کند: • بهبود بخشیدن به قابلیت تعمیر، اطمینان و

		سرویس‌دهی ایستگاه‌هایی که هم اکنون در حال سرویس دهی هستند. • محاسبه و مقایسه هزینه‌ی ایجاد قابلیت تعمیر، اطمینان و سرویس‌دهی در طرح‌های مختلف. • محاسبه و کاهش هزینه‌ی ایجاد قابلیت تعمیر، اطمینان و سرویس‌دهی در طرح‌های مختلف.
IEEE STANDARD 1676-2010	IEEE Guide for Control Architecture for High Power Electronics (1 MW and Greater) Used in Electric Power Transmission and Distribution Systems	در این استاندارد، معماری کنترلی برای سیستم‌های الکترونیک قدرت از سطوح تجهیزات نیمه هادی تا سطح سیستم قدرت تعریف و شاخصه‌بندی شده‌است. این تجهیزات شامل مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های جبران‌ساز کیفیت توان، HVDC، FACTS، Custom power و DG و سیستم‌های ذخیره‌ساز انرژی است.

۱-۱-۱- خودروهای حمل و نقل الکتریکی

امروزه استفاده از خودروهای الکتریکی به عنوان راه‌حلی برای کاهش آلودگی هوا در شهرهای بزرگ مورد توجه قرار گرفته‌است. برآورد می‌شود که گردش مالی سیستم‌های الکترونیک قدرت در سال ۲۰۲۷ در این حوزه به عدد ۳۰۰ میلیارد دلار برسد [۱۲۱]. در این خودروها باتری به عنوان ذخیره‌کننده‌ی انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این خودروها در سه سطح شارژ اولیه، ثانویه و ثالثیه شارژ می‌گردند که در ادامه توضیحات در این باره داده خواهد شد. اغلب شارژ خودروهای الکتریکی در طول نیمه شب در پارکینگ و در سطح ۱ (آهسته) انجام می‌گیرد. سطح شارژ دوم به عنوان اولین روش برای هر دو کاربرد خصوصی و عمومی به کار برده می‌شود.

شارژرهای باتری مورد استفاده در خودروهای برقی می‌توانند به دو دسته نصب شده^{۶۰} و غیر نصب شده^{۶۱} بر روی خودرو و به صورت تک‌جهته^{۶۲} و دوجته^{۶۳} توان مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۲۲]. شارژ یک جهته به دلیل محدودیت سخت‌افزاری مورد نیاز، مسائل اتصال ساده و علاقه به کاهش حجم باتری به عنوان یک راه حل ابتدایی منطقی مورد استفاده قرار گرفته‌است. یک سیستم شارژ دو جهته امکاناتی چون شارژ شدن از شبکه، تزریق توان به شبکه و پایدار سازی شبکه از طریق تزریق توان اضافی به شبکه را پشتیبانی می‌کند [۱۲۳]. شارژرهای نصب شده بر روی

⁶⁰ On board

⁶¹ Off board

⁶² Unidirectional

⁶³ Bidirectional

خودروی الکتریکی معمولی دارای محدودیت توان بالا به دلیل محدودیت در وزن، فضا و هزینه هستند و می‌توانند به صورت مجتمع^{۶۴} با محرکه‌های الکتریکی جهت کاهش این مسائل به کار روند [۱۲۴]. سیستم‌های شارژر نصب شده بر خودروهای الکتریکی می‌توانند به صورت هدایتی^{۶۵} و یا القایی^{۶۶} باشند. شارژرهای هدایتی از اتصال مستقیم بین شبکه و ورودی شارژر استفاده می‌کنند و این در حالی است که در شارژرهای القایی توان به صورت مغناطیسی انتقال می‌یابد. این نوع از شارژرها برای کاربردهای سطوح ۱ و ۲ به کار رفته و می‌توانند به صورت ثابت و یا در حال حرکت باشند [۱۲۵]. شارژرهای غیر نصب شده بر روی خودروهای برقی دارای قیدهای مربوط به اندازه و وزن نیستند.

۱-۱۱-۱- استانداردها و قوانین بین‌المللی برای خودروهای الکتریکی

اهم این استانداردها را می‌توان در * خلاصه کرد.

جدول (۱-۲۴) استانداردهای الکتریکی مرتبط با خودروهای الکتریکی

شماره استاندارد	عنوان اصلی	توضیحات
IEEE 1547	IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems	در این استاندارد، ملزومات لازم جهت اتصال منابع انرژی پراکنده به شبکه بیان می‌شود. با توجه به افزایش استفاده از واحدهای انرژی پراکنده و تبدیل شدن شبکه‌ی قدیمی به شبکه‌های توزیع فعال، این استاندارد جهت پوشش الزامات واحدهایی چون ژنراتورهای سنکرون، منابع تولید پراکنده و مبدل‌های الکترونیک قدرت به شبکه تدوین شده‌اند.
P1809 IEEE	Electric Sourced Transportation Infrastructure Guide	این راهنما اطلاعات علمی جهت درک و تعریف ملزومات زیرساختی برای سیستم‌های حمل و نقل با منابع الکتریکی را فراهم می‌آورد. در این استاندارد خودروهای الکتریکی و تجهیزات نقلیه الکتریکی سنگین و نیازمندی‌های آنان در سیستم‌های الکتریکی آینده مورد بحث قرار گرفته است. این سند برنامه‌ریزی، تجهیزات، روش‌هایی مبتنی بر دانش را برای سیستم‌های حمل و نقل و اثر آن بر سیستم‌های تجاری و صنعتی مانند سیستم‌های تولید، انتقال و توزیع سیستم الکتریکی ارائه می‌دهد.

⁶⁴ Integrated

⁶⁵ conductive

⁶⁶ inductive

IEEE P2030.1	Draft Guide for Electric-Sourced Transportation Infrastructure	این سند، راهنمایی‌هایی که می‌تواند برای شرکت‌های برق، سازندگان، توسعه دهندگان زیرساخت‌ها و مصرف‌کنندگان وسایل حمل و نقل الکتریکی جاده‌ای سبک و سنگین و زیرساخت‌های مرتبط با آنها مفید باشد، را ارائه می‌دهد.
SAE, J1772	Electric Vehicle and Plug in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler	این استاندارد ملزومات عملکردی، الکتریکی و فیزیکی کلی را جهت فراهم آوردن شارژ هدایتی در آمریکای شمالی را فراهم می‌آورد. در این استاندارد تجهیزات معمول به همراه ملزومات آنها ارائه می‌شود.
SAE, J1773	Electric Vehicle Inductively Coupled Charging	در این استاندارد کمترین ملزومات مربوط به تطابق‌پذیری تجهیزات مربوط به شارژ مغناطیسی مورد پیشنهاد قرار داده شده‌است. این قسمت از استاندارد برای شارژ القایی اتصال داده شده‌ی دستی برای سطوح شارژ ۱ و ۲ و در پیوست B از این استاندارد ملزومات سطح ۳ شارژ لحاظ شده است. شارژ با استفاده از سیستم مغناطیس معمولاً در فرکانس‌های بالاتر از فرکانس اصلی انجام می‌شود.
SAE, J2847	Communication between Plug-in Vehicles and the Utility Grid	این استاندارد ملزومات لازم جهت ارتباط بین وسایل نقلیه الکتریکی و شبکه قدرت را به منظور انتقال انرژی و کاربردهای دیگر را فراهم می‌نماید.
SAE, J 2836	Use Cases for Communication Between Plug-in Vehicles and the Utility Grid	ملزومات سیستم کاربردی بین وسیله نقلیه الکتریکی و بهره‌بردار شبکه را ارائه می‌دهد.
SAE, J2931	Digital Communications for Plug-in Electric Vehicles	این استاندارد ملزومات لازم جهت ارتباط مخابراتی دیجیتال بین وسیله نقلیه الکتریکی، تجهیز تغذیه کننده وسیله نقلیه، شبکه برق، واسط سرویس‌های انرژی، زیر ساخت‌های اندازه‌گیری هوشمند را فراهم می‌آورد.

SAE, J2894	Power Quality Requirements for Plug-In Electric Vehicle Chargers	در این استاندارد، توصیه‌های عملی برای شارژرهای وسایل نقلیه الکتریکی اعم از نصب شده بر روی این وسایل و یا خارج آنها که به تولید کنندگان تجهیزات، تولید کنندگان وسایل نقلیه، شرکت‌های برق جهت طراحی معقولانه با در نظر گرفتن کیفیت توان ارائه می‌شود. این استاندارد اهداف زیر را برآورد می‌کند: • تعیین پارامترهایی از شارژرهای باتری تجهیزات حمل و نقل الکتریکی که باید جهت حفظ کیفیت توان کنترل شوند. • تعیین مشخصه‌هایی از سیستم AC که می‌تواند تاثیر قابل توجهی بر عملکرد شارژر بگذارد. • تعیین مقادیری از کیفیت توان، سطح حساسیت و پارامترهای کنترلی بر اساس استانداردهای موجود آمریکا و بین‌المللی. این مقادیر باید از لحاظ فنی به راحتی قابل اجرا و مقرون به صرفه باشند.
SAE, J2954	Wireless Power Transfer for Light-Duty Plug-In/ Electric Vehicles and Alignment Methodology	این استاندارد توصیه‌های صنعتی را برای تعریف معیارهایی به منظور سازگاری مغناطیسی، حداقل تست و ایمنی تجهیزات شارژ بدون سیم را ارائه می‌دهد. نسخه موجود مربوط به شارژ یک‌طرفه از شبکه به خودروی الکتریکی است و شارژ دو طرفه ممکن است در نسخه جدید مورد بحث قرار گیرد.
SAE, J2293	Energy Transfer System for Electric Vehicles - Part 2: Communication Requirements and Network Architecture	این استاندارد، ملزومات لازم برای وسایل نقلیه الکتریکی و تجهیزات تغذیه خودرو الکتریکی قرار گرفته در خارج خودرو را که جهت انتقال انرژی الکتریکی از شبکه به وسیله نقلیه به کار می‌رود، مورد مطالعه قرار می‌دهد.

SAE, J2364	Guidelines for Electric Vehicle Safety	این استاندارد، راهنمایی‌های فنی مرتبط با ایمنی برای خودروهای الکتریکی در طی عملکرد و شارژ نرمال را ارائه می‌دهد. راهنمایی صورت گرفته در این سند، لزوماً موضوعات مربوط به ایمنی در تعمیرات، ایمنی و یا نگهداری را پوشش نمی‌دهد. این استاندارد تجهیزاتی که دارای وزنی کمتر و یا برابر با ۴۵۳۶ کیلوگرم است و برای راه‌های عمومی مورد استفاده قرار می‌گیرد، را پوشش می‌دهد.
SAE, J1766	Recommended Practice for Electric, Fuel Cell and Hybrid Electric Vehicle Crash Integrity Testing Standard	خودروهای ترکیبی، پیل سوختی و الکتریکی ممکن است شامل سیستم ولتاژ بالا باشند. واسط مناسب و کافی باید بین سرنشینان و سیستم‌های با ولتاژ بالا باشد تا حفاظت مناسبی را از جریان الکتریکی خطرناک و موادی که دارای ولتاژ بالایی هستند با سرنشینان در حین تصادف ایجاد نمایند. این توصیه‌ی عملی برای طراحی سیستم‌های الکتریکی ترکیبی، الکتریکی و پیل سوختی که دارای یک باس ولتاژ dc با ولتاژی بین ۶۰ تا ۱۵۰۰ ولت و ولتاژ ac با اندازه‌ی بین ۳۰ تا ۱۰۰۰ ولت هستند، را شامل می‌شود.
SAE, J2578	Recommended Practice for General Fuel Cell Vehicle Safety	این استاندارد دستورالعمل‌های فنی مرتبط با اتصال سیستم‌های پیل سوختی، ذخیره سوخت و سیستم‌های الکتریکی را در سیستم حمل و نقل پیل سوختی ارائه می‌دهد. هدف از این سند، فراهم آوردن راهنمایی جهت ایجاد ایمنی الکتریکی و مکانیکی مناسب در تجهیز حمل و نقل الکتریکی مبتنی بر پیل سوختی هست و باید در مراحل طراحی در نظر گرفته شود.
IEC TC21	Secondary cells and batteries	این استاندارد به منظور فراهم آوردن رویه‌ای باتری‌های ثانویه مرتبط با تولید (ابعاد و عملکرد)، ایمنی (شامل نشانه و برچسب

		گذاردی)، تست و کاربرد ایمن (نصب، نگهداری، عملکرد) خودروهای الکتریکی تدوین شده‌است.
IEC TC 64	Electrical installations and protection against electric shock	جهت ایجاد استانداردهای بین‌المللی جهت ایجاد ملزومات لازم برای عایق تجهیزات الکتریکی و ایمنی لازم آن‌ها در برابر شوک الکتریکی به وجود آمده است.
IEC TC 69	Electric road vehicles and electric industrial trucks	جهت ایجاد استانداردهای بین‌المللی برای خودروهایی که به صورت کلی و یا جزئی از طریق سیستم الکتریکی تغذیه می‌شوند به کار می‌رود.
IEC TC 22	Power electronic systems and equipment	جهت فراهم آوردن استانداردهایی مرتبط با سیستم‌ها، تجهیزات و اجزای آنها برای تبدیل مبتنی بر الکترونیک قدرت و تجهیزات کلیدزنی الکترونیک قدرت شامل تجهیزات به کار رفته جهت حفاظت، پایش و اندازه‌گیری آنها ایجاد شده است.
IEC 61851	Electric vehicle conductive charging system	این استاندارد بر تجهیزات تغذیه خودروهای الکتریکی برای شارژ وسایل نقلیه الکتریکی مورد استفاده در جاده با اندازه ولتاژ ac تا ۱۰۰۰ ولت و ولتاژ dc تا ۱۵۰۰ ولت به کار می‌رود. خودروهای الکتریکی همه‌ی خودروهایی که در خیابان هستند از جمله خودروهای هیبرید قابل اتصال به شبکه که تمام و یا بخشی از انرژی را از سیستم‌های ذخیره انرژی قابل شارژ تامین می‌نمایند، شامل می‌شود. جنبه‌هایی که در این استاندارد پوشش داده می‌شود عبارتند از: • مشخصات و شرایط عملکرد تجهیزات تغذیه خودروهای الکتریکی • استاندارد های لازم جهت اتصال بین تجهیز تغذیه کننده خودروی الکتریکی و خودروی الکتریکی

• ملزومات ایمنی الکتریکی تجهیز تغذیه خودروی الکتریکی	
---	--

۱-۱-۱۲- سیستم حمل و نقل ریلی

۱-۱-۱۲-۱- مقدمه و تاریخچه سیستم‌های حمل و نقل ریلی

درسال های اخیر علاقه به استفاده از سیستم‌های قطار ریلی الکتریکی به دلیل سازگاری آن با محیط زیست و روشی با بازدهی بالا در حال افزایش است. به طوریکه، امروزه قطارهای سریع السیر الکتریکی زیادی در اروپا و آسیای شرقی ساخته شده‌اند و در مناطق دیگر نیز علاقه به استفاده از این سیستم‌ها در حال رشد است.

رشد سریع سیستم‌های ریلی الکتریکی، با افزایش سطح ولتاژ در ابتدای قرن بیستم همراه بوده‌است، که اجازه فاصله‌ی بیشتر بین نقاط تغذیه کننده را فراهم می‌آورد. در آن زمان، تنها موتور ac ای که قادر به کنترل سرعت در آن بود، موتوری ترکشن تک‌فاز بوده‌است که در اصل، به مانند یک موتور dc با تحریک سری عمل می‌نماید. در فرکانس نرمال ۵۰ و یا ۶۰ هرتز، جریان القا شده در سیم‌پیچی های کموتاسیون کننده بسیار زیاد می‌شود و لذا فرکانس ولتاژ این نوع از موتور ها به ناچار باید در حد پایینی در محدوده ۱۵ تا ۲۵ هرتز باشد. فرکانس‌های مختلفی مورد تست قرار گرفته‌اند و در نهایت قسمت سوئدی خط iron-ore توسط ژنراتوری با فرکانس ۱۵ هرتز در فاصله‌ی بین Kiruna و Narvik تغذیه شده بود.

هنگامیکه فرکانس پایین توسعه یافت، راه حل‌های مختلف جهت تامین انرژی این سیستم‌ها نیز توسعه یافته است. چند کشور سیستم غیر متمرکز را که در آن، توان از شبکه برق با فرکانس ۵۰ هرتز از طریق مبدل گردان سنکرون-سنکرون^{۶۷} تبدیل به برق تک‌فاز با فرکانس کمتر می‌شده‌است، بهره می‌گرفتند. از آنجا که از مبدل گردان سنکرون سه فاز متصل به شبکه استفاده می‌شده است، لذا فرکانس خروجی نیز به فرکانس شبکه وابسته بوده و مقدار آن برای فرکانس ۵۰ هرتز، ۱۶.۷ هرتز انتخاب شده‌است.

کشورهای دیگر سیستم الکتریکی مستقلی را که توان سیستم ریلی را تامین می‌کرده است به عنوان یک سیستم به صورت مرکزی استفاده می‌کرده‌اند. به هر ترتیب در این سالها از شبکه برق ac با فرکانس کمتر نسبت به فرکانس اصلی استفاده می‌شده‌است [۱۴۲].

برای مدت‌های زیادی، مبدل‌های دوار تنها مبدل‌های مورد استفاده بوده‌اند تا اینکه در دهه‌ی ۱۹۷۰، مبدل‌های الکترونیک قدرت سبب ایجاد تحول در حمل و نقل ریلی الکتریکی شده‌اند. در این سالها ترستور به عنوان تجهیز نیمه‌هادی غالب الکترونیک قدرت شناخته می‌شده‌است و توسط مبدل‌های سیکلوکانورتر فرکانس به مقدار ۱۶.۷ هرتز تک فاز می‌رسید.

به دلیل فاصله زیاد سیستم‌های ریلی، افت ولتاژ غیر قابل‌پذیرشی حتی با قرار دادن یکسوسازها در فواصل بسیار نزدیک ایجاد می‌شده‌است. به مانند شبکه‌های برق، در صنعت ریلی نیز علاقه به استفاده از سیستم‌های ac به دلیل اینکه در این سیستم‌ها به راحتی می‌توان سطح ولتاژ را افزایش داد، وجود داشته‌است. هر چند موتور محرکه‌ای که بتواند در ولتاژ ac به راحتی مورد بهره‌برداری قرار بگیرد وجود نداشته است.

۱-۱-۱۲-۲- استانداردهای موجود برای تجهیزات الکترونیک قدرت حمل و نقل ریلی

از آنجا که تکنولوژی سیستم‌های قطار ریلی الکتریکی به عنوان یک تکنولوژی بالغ شناخته می‌شود، از اینرو استانداردهای زیادی به منظور استفاده ایمن و همچنین کاهش اثر این سیستم‌ها بر شبکه‌های الکتریکی به وجود آمده‌اند که در ۰ آورده شده‌است.

⁶⁷ synchronous- synchronous Rotating converter

جدول (۲۵-۱) استانداردهای مرتبط با سیستم حمل و نقل ریلی

توضیحات	عنوان اصلی	شماره استاندارد
این استاندارد ملزومات عملکردی تمامی میدل‌های قدرت را که در آنها از ولوهای کنترل شده و یا غیر قابل کنترل شده استفاده می‌شود در کاربرد تغذیه توان حمل و نقل ریلی برقی را بیان می‌دارد. این تجهیزات می‌توانند با استفاده از ولتاژ، جریان و یا نور کنترل شوند.	Railway applications - Fixed installations - Electronic power converters for substations	IEC 62590:2010
این استاندارد مربوط به خازن‌های DC دولایه مورد استفاده در سیستم‌های الکترونیک قدرت است. در این استاندارد، کیفیت مورد نیاز، تست‌ها، ملزومات ایمنی بیان شده و اطلاعات نصب و بهره‌برداری در آن بیان می‌شود.	Railway applications - Rolling stock equipment - Capacitors power electronics - Part 3: for Electric double-layer capacitors	IEC 61881-3:2012+AMD1:2013 CSV Consolidated version
این سند، مربوط به خازن‌های الکترولیت DC شامل سلول‌ها، ماژول‌ها و بانک برای کاربرد الکترونیک قدرت است. در این استاندارد، کیفیت مورد نیاز، تست‌ها، ملزومات ایمنی بیان شده و اطلاعات نصب و بهره‌برداری در آن بیان می‌شود.	Railway applications - Rolling stock equipment - Capacitors for power electronics - Part 2: Aluminium electrolytic capacitors with non-solid electrolyte	IEC 61881-2:2012
این سند، مربوط به خازن‌های کاغذی و پلاستیکی DC و یا AC است. نرخ ولتاژ این خازن‌ها تا ۱۰۰۰۰ ولت است و فرکانس تا ۱۵ کیلوهرتز را پوشش می‌دهد.	Railway applications - Rolling stock equipment - Capacitors for power electronics - Part 1: Paper/plastic film capacitors	IEC 61881-1:2010
این استاندارد به موتورهای ژنراتورهای سنکرون مغناطیس دائم تغذیه شونده از	Electric traction - Rotating electrical machines for rail and road vehicles - Part 4:	IEC 60349-4:2012

	Permanent magnet synchronous electrical machines connected to an electronic converter	مبدل‌ها مورد استفاده در سیستم‌های ریلی و همچنین وسایل جاده‌ای اعمال شده است. در این استاندارد عملکرد یک ماشین مورد تست قرار گرفته و مبنایی برای ارزیابی عملکردی اینگونه از ماشین‌ها فراهم می‌آورد. در این استاندارد یک هماهنگی بین طراحی ماشین و مبدل مورد استفاده در جزئیات بیان شده است.
IEC TS 60349-3:2010	Electric traction - Rotating electrical machines for rail and road vehicles - Part 3: Determination of the total losses of converter-fed alternating current motors by summation of the component losses	این استاندارد به موتورهای AC تغذیه شونده از مبدل مورد استفاده در سیستم‌های ریلی و حمل و نقل جاده‌ای اعمال می‌شود. در این استاندارد عملکرد یک ماشین مورد تست قرار گرفته و مبنایی برای ارزیابی عملکردی اینگونه از ماشین‌ها فراهم می‌آورد.
IEC 60349-2:2010	Electric traction - Rotating electrical machines for rail and road vehicles - Part 2: Electronic converter-fed alternating current motors	ملزومات سیستم کاربردی بین وسیله نقلیه الکتریکی و بهره‌بردار شبکه را ارائه می‌دهد.
IEC TS 61287-2:2001	Power convertors installed on board railway rolling stock - Part 2: Additional technical information	در این استاندارد، پیکربندی مداری پایه، روش‌های کنترلی، مدل‌های عملکردی و رفتار مبدل‌های الکترونیک قدرت مانند یکسوسازهای کموتاسیون شده خارجی، یکسوسازهای با کموتاسیون خودی، مبدل‌های DC/DC و اینورترها بیان می‌شود. در این استاندارد هارمونیک‌های کشیده شده این تجهیزات نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد.
IEC 61287-1:2014	Railway applications - Power converters installed on board rolling stock - Part 1: Characteristics and test methods	در این استاندارد شرایط سرویس، روش‌های تست، مشخصه‌های کلی برای تجهیزات نصب شده بر روی سیستم‌های ریلی مشخص می‌شود.

		این استاندارد برای تجهیزات الکترونیک قدرت به کار رفته در محرکه‌های سیستم‌های ریلی و مدارات کمکی آنها به کار می‌رود.
IEC 62236-2:2008	Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 2: Emission of the whole railway system to the outside world	این استاندارد محدودیت‌های انتشار برای تمامی تجهیزات موجود در سیستم حمل و نقل ریلی از جمله مبدل‌ها و سیستم‌های الکترونیک قدرت را بیان می‌کند.
IEC 62718:2013	Railway applications - Rolling stock - DC supplied electronic ballasts for lighting fluorescent lamps	در این استاندارد، عملکرد و ملزوم ساخت و تست‌های مرتبط با بالاست‌های الکترونیکی تغذیه شده‌ی dc فراهم می‌شود.
IEC 62589:2010	Railway applications - Fixed installations - Harmonisation of the rated values for converter groups and tests on converter groups	این استاندارد ملزومات لازم برای تست‌های نوعی که برای مجموعه‌ای از مبدل‌ها مفید هستند را مشخص می‌کند. در این تست همچنین رابطه‌ی اساسی بین نرخ سازگار ترانسفورماتور و مبدل فراهم می‌شود تا حداقل نیازمندی برای انتخاب نرخ تجهیز به دست آیند.
IEEE 1653.1-2016	IEEE Standard for Traction Power Rectifier Transformers for Substation Applications up to 1500 V DC Nominal Output	این استاندارد برای ایجاد معیاری برای ملزومات عملکردی، کاربردی، هزینه‌ها، طول عمر و ایمنی ترانسفورماتورهای الکترونیک قدرت به کار می‌رود. این استاندارد برای تست‌های گرمایی، مکانیکی و الکتریکی تا ولتاژ ۱۵۰۰ ولت به کار می‌رود.
IEEE 1653.2-2009	IEEE Standard for Uncontrolled Traction Power Rectifiers for Substation Applications Up to 1500 V DC Nominal Output	این استاندارد دستورالعمل‌های فنی طراحی، ساخت و تست یکسوسازهای نیمه هادی غیر قابل کنترل مورد استفاده در سیستم‌های قطار ریلی تا ولتاژ ۱۵۰۰ ولت را شامل می‌شود.

1476-2000 IEEE	Standard for Passenger Train Auxiliary Power Systems Interfaces	در این استاندارد، سیستم‌های قدرت جانبی برای سیستم حمل و نقل ریلی مورد مطالعه قرار داده شده و ملزومات عملکردی آن بیان شده است. تجهیزات جانبی عبارتند از اینورترهای استاتیکی، مبدل‌ها، منبع توان DC ولتاژ پایین، سیستم‌های باتری پشتیبان، شارژرهای باتری.
----------------	---	---

۱-۱-۱۳ مبدل‌های سیستم فتوولتائیک

۱-۱-۱۳-۱ معرفی مبدل‌های فتوولتائیک

مبدل‌های فتوولتائیک در حقیقت قلب یک سیستم فتوولتائیک هستند. مبدل‌های فتوولتائیک، جریان مستقیم سلول‌های فتوولتائیک را به صورت متناوب و با قابلیت اتصال به شبکه‌ی سراسری تبدیل می‌کنند. در این مبدل‌ها، با استفاده از ردیابی نقطه‌ی توان بیشینه یا MPPT صرف نظر از نوسانات تابش نور و دما، همواره بیشترین توان خروجی از ماژول‌ها کشیده می‌شود و این امر یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های این نوع از مبدل‌ها است.

مبدل‌های فتوولتائیک دارای کاربردها و ویژگی‌های بسیاری هستند و می‌توان آن‌ها را از منظرهای مختلف بررسی نمود. به عنوان مثال، از لحاظ سطح توان خروجی، اینورترهای فتوولتائیک در سطح توان چند صد وات تا توان‌های در ابعاد مگا-وات موجود می‌باشند. به طور معمول، سطح توان متداول برای خانه‌های مسکونی و سیستم‌های نصب شده بر روی پشت بام‌ها، توان‌های ۲ kW تا ۱۰ kW است و برای کاربردهای تجاری بازه‌ی ۱۰ kW تا ۲۰ kW استفاده می‌شود و در سیستم‌های بسیار بزرگ و نیروگاهی نیز عموماً از توان‌های ۵۰۰ kW به بالا استفاده می‌شود [۱۵۷-۱۵۹]. هرچند که در هر یک از این کاربردها می‌توان بسته به توان کلی موردنیاز، از سایر انواع اینورترها نیز استفاده نمود.

انواع مختلف مبدل‌های فتوولتائیک عبارتند از:

- مبدل مرکزی^{۶۸}

این نوع از مبدل‌ها معمولاً دارای ظرفیت بالایی هستند و به شبکه برق سراسری متصل می‌باشند. ماژول‌های خورشیدی به صورت سری به هم متصل شده و رشته‌هایی را تشکیل می‌دهند. سپس این رشته‌ها به صورت موازی به هم وصل و در نهایت برای رسیدن به سطح ولتاژ مناسب برای اینورتر و همچنین ردیابی حداکثر توان، به ورودی اینورتر متصل می‌شوند. اینورترهای مرکزی معمولاً دارای توان خروجی ۱۰۰ kW تا چند مگاوات می‌باشند و در نیروگاه‌های فتوولتائیک با مقیاس بزرگ، استفاده از آن‌ها بسیار متداول است [۱۶۰].

- مبدل رشته‌ای^{۶۹}

⁶⁸ Central Inverter

⁶⁹ String Inverter

در این سیستم‌ها هر رشته از ماژول‌های خورشیدی دارای یک اینورتر جداگانه است و یا اینکه برای هر رشته از ماژول‌های خورشیدی ابتدا یک مبدل بوست جداگانه با ایزولاسیون ترانسفورماتور و سیستم ردیاب حداکثر توان وجود دارد و خروجی آن‌ها به ورودی یک اینورتر متصل می‌شود. در حالت دوم مبدل‌ها و سیستم‌های ردیاب حداکثر توان می‌توانند به صورت جداگانه درون خود اینورتر و در قسمت ورودی آن جای گرفته باشند. در سیستم‌های بزرگ، این اینورترها از سمت خروجی به یکدیگر و در نهایت به شبکه برق متصل می‌شوند. اینورترهای رشته‌ای دارای توان نامی حدود ۱.۵ kW به بالا تا کمتر از ۱۰۰ kW بوده و معمولاً در محدوده‌ی ۳ kW تا ۲۵ kW می‌باشند.

گارانتی این دو نوع از اینورترهای فتوولتائیک، ابتدا ۲ سال بود و بعدها به ۵ سال و بیشتر رسید. در این شرایط بعضی از سازندگان با توجه به داشتن استانداردهای بالا و اطمینان از عملکرد مناسب، گارانتی‌های ۱۰ ساله به مشتریان عرضه می‌کنند.

- میکرو اینورتر^{۷۰}

میکرواینورترها یک تکنولوژی نوظهور در زمینه‌ی اینورترهای فتوولتائیک می‌باشند که برخلاف سایر اینورترها که برای یک رشته از ماژول‌ها طراحی می‌شوند، برای هر ماژول به صورت جداگانه طراحی می‌گردند. این بدین معناست که تمام وظایف افزایش سطح ولتاژ، ردیابی حداکثر توان، تبدیل توان DC به AC و غیره می‌بایست توسط این اینورترهای کوچک (با بازه توانی حدود ۳۰۰ وات) انجام گیرد. قابلیت اطمینان بیشتر، الگوریتم ردیابی نقطه‌ی بیشینه‌ی توان بهینه‌تر، بهبود عملکرد هر ماژول و کاهش برخی از هزینه‌های نصب از ویژگی‌ها و مزایای میکرواینورترها است [۱۶۱].

اگر یک میکرواینورتر دچار مشکل شود، تنها یک ماژول کار نخواهد کرد و بقیه‌ی ماژول‌ها به عملکرد خود ادامه می‌دهند. بر اساس گزارش‌های شرکت‌های تولیدکننده‌ی میکرواینورترها، میکرواینورترها برای عملکرد برای مدت زمان ۲۰ سال طراحی و ضمانت می‌شوند. با توجه به عدم تطابق ماژول‌ها به دلایل مختلف از جمله اثر سایه جزئی و برابر نبودن زاویه تابش و توجه به این نکته که در هر ماژول ردیابی نقطه‌ی بیشینه‌ی توان به صورت جداگانه انجام می‌شود، می‌توان گفت برداشت انرژی در این ساختار بیشتر می‌باشد. در ضمن، نصب در این حالت ساده‌تر می‌باشد زیرا، در این حالت نیاز به اتصالات و کابل‌کشی‌های DC طولانی برای اتصال همه‌ی ماژول‌ها به اینورتر مرکزی وجود ندارد. لذا، پیش‌بینی می‌شود در آینده شاهد گسترش بیشتر استفاده از این دسته از اینورترهای فتوولتائیک باشیم.

- مبدل‌های DC-DC بهبوددهنده توان^{۷۱}

یک مبدل بهبوددهنده‌ی توان، مبدلی DC-DC است که برای به حداکثر رساندن انرژی به دست‌آمده از سیستم‌های خورشیدی استفاده می‌شود. این مبدل به صورت جداگانه از طریق ردیابی حداکثر توان، عملکرد ماژول‌های خورشیدی را برای تولید حداکثر توان تنظیم می‌کند. همچنین می‌تواند خروجی ماژول‌ها را مطابق با نحوه‌ی عملکرد اینورترهای رشته‌ای تنظیم کند. مبدل‌های بهبوددهنده‌ی توان به طور خاص در مواردی مانند تغییرات زیاد در عملکرد اجزای سیستم‌های پراکنده تولید توان و در زمان سایه مفید می‌باشند. در سیستم‌های فتوولتائیک مبدل‌های بهبوددهنده‌ی توان می‌توانند شبیه میکرواینورترها باشند زیرا هر دو سیستم با مجزا کردن ماژول‌ها از یکدیگر، باعث بهبود عملکرد کل سیستم فتوولتائیک می‌شوند. یک میکرو اینورتر اساساً ترکیبی از یک مبدل بهبوددهنده‌ی توان با یک اینورتر کوچک در یک محفظه است؛ درحالی‌که

⁷⁰ Micro Inverter

⁷¹ DC-DC Converter (Power Optimizer)

مبدل‌های بهبوددهنده‌ی توان که به‌طور مجزا برای یک و یا حداکثر دو مازول استفاده می‌شوند، به یک اینورتر ساده در هر رشته متصل هستند [۱۶۲].

۱-۱-۱۳-۲- استانداردهای مبدل‌های فتوولتائیک

در این بخش به معرفی مهم‌ترین و پرکاربردترین استانداردهای آزمون مربوط به مبدل‌های فتوولتائیک می‌پردازیم. خلاصه‌ای از استانداردهای مهم را نشان می‌دهد.

جدول (۲۶-۱) استانداردهای مبدل‌های فتوولتائیک

شماره استاندارد	عنوان اصلی	توضیحات
IEC 62109-1	Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 1: General requirements	این استاندارد انواع اینورتر فتوولتائیک و مبدل‌های DC-DC را پوشش می‌دهد. در این استاندارد، آزمون‌های مختلفی برای آزمایش ایمنی مبدل‌های فتوولتائیک بیان گردیده است. این قسمت از استاندارد IEC 62109 به تجهیزات تبدیل توان ^۱ (PCE) برای استفاده در سامانه‌های فتوولتائیک (PV) اعمال می‌شود که در آن‌ها سطح فنی یکنواختی مرتبط به ایمنی لازم است. این استاندارد کمینه الزامات را برای طراحی و ساخت PCE برای حفاظت در برابر خطرات شوک الکتریکی، انرژی، آتش، مکانیکی و سایر خطرات تعیین می‌کند. این استاندارد الزامات کلی کاربردی را برای انواع تجهیزات تبدیل توان (PCE) فتوولتائیک فراهم می‌کند. قسمت‌های تکمیلی این استاندارد الزامات خاص برای انواع مختلف مبدل‌های توان از قبیل اینورترها را فراهم می‌کند. قسمت‌های تکمیلی ممکن است با تجاری شدن محصولات و فناوری‌های جدید منتشر شوند.
IEC 62109-2	Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 2: Particular requirements for inverters	در این استاندارد علاوه بر آزمون‌های معرفی شده در استاندارد IEC 62109-1، آزمون‌های دیگری برای آزمایش ایمنی اینورترهای فتوولتائیک و نیازمندی‌های خاص آن‌ها بیان گردیده است. این استاندارد فقط اینورترهای فتوولتائیک (از هر دو نوع متصل به شبکه و مستقل از شبکه) را پوشش می‌دهد. این بخش از IEC 62109 نیازمندی‌های ایمنی خاص مربوط به اینورترهای DC به AC و همچنین محصولاتی که در کنار کاربردهای دیگر، کاربردهای اینورتری نیز دارند، در جایی که اینورتر

¹- Power conversion equipment

		به منظور استفاده در سیستم‌های خورشیدی استفاده می‌شود، را پوشش می‌دهد. اینورترهای تحت پوشش این استاندارد ممکن است متصل به شبکه، مستقل از شبکه یا اینورترهای چند حالتی باشند. این اینورترها می‌توانند توسط یک یا چند مازول خورشیدی که با ساختارهای آرایه‌ای مختلف گروه‌بندی شده‌اند، تغذیه شده و یا به سیستم‌های ذخیره‌ساز مانند باتری متصل باشند.
IEC 61727	Photovoltaic systems – Characteristics of the utility interface	این استاندارد بین‌المللی مربوط به سیستم‌های فتوولتائیک متصل به شبکه که به صورت موازی با شبکه کار و از اینورترهای استاتیک ضد جزیره‌ای استفاده می‌کنند، می‌باشد. همچنین این استاندارد به بیان توصیه‌های خاصی برای سیستم‌های سه فاز یا تک‌فاز با توانی کمتر از ۱۰ kVA که به شبکه‌های ولتاژ پایین متصل‌اند، می‌پردازد. هدف این استاندارد تعیین الزاماتی برای اتصال سیستم‌های فتوولتائیک به شبکه توزیع می‌باشد. استاندارد IEC 61727 دارای بخش‌هایی درباره‌ی EMC و حفاظت ضدجزیره‌ای نمی‌باشد. این استاندارد در سال ۱۳۸۸ با شماره‌ی ISIRI 11859 ملی شده است.
IEC 62116	Test procedure of islanding prevention measures for utility-interconnected photovoltaic inverters	این استاندارد، برای پیشگیری از وقوع حالت جزیره‌ای^{۷۳} و برای اینورترهای فتوولتائیک متصل به شبکه تهیه و تدوین گردیده است. این استاندارد همچنین به شرح یک دستورالعمل برای آزمایش عملکرد اقدامات خودکار پیشگیری از حالت جزیره‌ای که در اینورترهای متصل به شبکه تک‌فاز یا چند فاز نصب شده، می‌پردازد. رویه‌ی آزمون و ضوابط شرح داده شده در این استاندارد حداقل الزاماتی هستند که اجازه‌ی تکرارپذیری را می‌دهند.
EN 50530	Overall efficiency of grid connected photovoltaic inverters	این استاندارد با عنوان بازده کلی اینورترهای فتوولتائیک متصل به شبکه حاوی روش‌هایی برای اندازه‌گیری بازده در نقطه‌ی حداکثر توان می‌باشد. این استاندارد در سال ۱۳۹۴ با شماره INSO 20780 ملی شده است. هدف این استاندارد، ارائه رویه‌ای برای اندازه‌گیری بازدهی ردیابی نقطه کار بیشینه توان (MPPT) در اینورترهای مورد استفاده در سامانه‌های فتوولتائیک متصل به شبکه است. در این حالت اینورتر، یک شبکه فشار ضعیف با ولتاژ AC اسمی و فرکانس اسمی را برقرار می‌کند. هر دو بازدهی استاتیکی و دینامیکی MPPT بررسی می‌شوند. براساس بازدهی استاتیکی MPPT و

		بازدهی تبدیل، بازدهی کلی^{۷۴} اینورتر محاسبه می‌گردد. بازدهی دینامیکی MPPT نیز جداگانه نشان داده می‌شود.
IEC 61683	Photovoltaic systems –Power conditioners –Procedure for measuring efficiency	این استاندارد حاوی دستورالعملی برای محاسبه‌ی بازده مبدل‌های فتوولتائیک می‌باشد و در سال ۱۳۸۷ با شماره‌ی ISIRI 11275 ملی شده است. این استاندارد به شرح دستورالعمل‌هایی برای اندازه‌گیری بازده مبدل‌های استفاده شده در سیستم‌های فتوولتائیک متصل به شبکه و مستقل از شبکه که در آن‌ها خروجی، یک ولتاژ AC پایدار با فرکانس ثابت و یا یک ولتاژ DC پایدار می‌باشد، پرداخته است. بازده از اندازه‌گیری مستقیم توان ورودی و خروجی در کارخانه محاسبه می‌شود. در صورتی که یک ترانسفورماتور ایزوله قابل استفاده باشد، می‌توان آن را به کار برد.
VDE 0126-1-1	Automatic disconnection device between a generator and the public low-voltage grid	این استاندارد با عنوان وسیله‌ی قطع خودکار بین یک مولد و شبکه‌ی فشار ضعیف عمومی توسط انجمن برق، الکترونیک و فناوری‌های اطلاعات (VDE) آلمان تدوین گردیده است. همچنین نسخه‌ی ملی آن نیز با شماره‌ی INSO 19652 تدوین شده است. این استاندارد آلمانی نیازمندی‌های اتصال به شبکه را پوشش می‌دهد. هدف از این استاندارد، تعیین ویژگی‌های وسیله‌ی قطع خودکاری است که بعنوان یک واسط ایمنی بین مولد و شبکه‌ی توزیع فشار ضعیف عمومی استفاده می‌شود و به عنوان یک جایگزین برای کلید قطع در دسترس در تمامی زمان‌ها، توسط بهره‌بردار شبکه توزیع می‌تواند به کار رود. این وسیله، از تغذیه‌ی ناخواسته‌ی انرژی الکتریکی از مولد به یک زیرشبکه^{۷۵}ی قطع شده از بقیه شبکه توزیع (حالت جزیره‌ای) جلوگیری می‌کند و به این طریق حفاظت بیشتری ایجاد می‌کند.
IEC 62093	Balance-of-system components for photovoltaic systems - Design qualification natural environments	این استاندارد بین‌المللی به بیان الزامات طراحی تمام اجزای سیستم-های فتوولتائیک به غیر از پنل‌های خورشیدی (BOS) می‌پردازد. اگرچه این استاندارد برای اجزای خاصی از سیستم‌های فتوولتائیک از قبیل باتری‌ها، اینورترها، کنترل‌کننده‌های شارژ، دیودها، گرماگیرها، برقگیرها، جعبه‌های اتصال، سیستم‌های ردیاب حداکثر توان (MPPT) و کلیدها گردآوری شده، اما می‌تواند برای برخی دیگر از اجزای BOS نیز مناسب باشد. از این استاندارد می‌توان برای باتری‌های سرب-اسید و نیکل-کادمیم استفاده نمود. هدف از این

⁷⁴- Overall Efficiency

⁷⁵- Subnetwork

		توالی آزمون تعیین مشخصه‌های عملکرد هر یک از اجزای BOS و بیان توانایی تجهیز تحت آزمون در حفظ عملکرد خود بعد از قرار گرفتن در معرض شرایط محیطی شبیه‌سازی شده و با توجه به محدودیت‌های معقول زمانی و هزینه‌ای می‌باشد. این استاندارد با شماره‌ی ISIRI 11857 ملی شده است.
IEEE 1547	Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems	این استاندارد با عنوان اتصال منابع پراکنده به سیستم‌های قدرت دارای مشخصه‌های فنی، الزامات اتصال به شبکه و همچنین الزامات و مشخصه‌های آزمون‌های مربوط به منابع تولید پراکنده توان می‌باشد. علاوه بر این، الزامات مربوط به عملکرد، ایمنی و نگهداری از اتصال منابع تولید پراکنده به سیستم‌های توان الکتریکی نیز در این استاندارد وجود دارد.
IEC 61000 series	Electromagnetic Compatibility	سری استانداردهای IEC 61000 با عنوان اصلی سازگاری الکترومغناطیسی دارای بخش‌های متعددی از قبیل الزامات عمومی ایمنی، شرایط محیطی، روش‌های اندازه‌گیری و آزمون می‌باشد. از جمله بخش‌های از این استاندارد که برای مبدل‌ها و سیستم‌های فتوولتائیک استفاده می‌شود، می‌توان به قسمت سوم و ششم (IEC 61000-3 و IEC 61000-6) اشاره نمود. استانداردهای سری IEC 61000-3 به بیان محدودیت‌های هارمونیک جریان تزریقی برای تجهیز و تغییرات ولتاژ، نوسانات ولتاژ و فلیکر سیستم‌های تولید فشار ضعیف در محدوده‌های جریانی زیر ۱۶ A و بیشتر از ۱۶ A و زیر ۷۵ A می‌پردازند. استانداردهای سری IEC 61000-6 نیز به بیان استانداردهای کلی ایمنی و انتشار برای محیط‌های مسکونی، تجاری، صنایع سبک و صنعتی می‌پردازند.
IEC 62910	Utility-interconnected photovoltaic inverters - Test procedure for low voltage ride-through measurements	این استاندارد به منظور تست قابلیت تحمل افت ولتاژ (LVRT) در اینورترهای فتوولتائیک متصل به شبکه، تدوین شده است. این قابلیت بیشتر برای سیستم‌های توان بالا کاربرد دارد و به عنوان یک قابلیت اضافی (و نه الزامی) در اینورترهای جدید، افزوده شده است.

۱-۱-۱۳- پمپ آب فتوولتائیک

کاهش هزینه نصب سیستم‌های فتوولتائیک از یک سو و همچنین افزایش هزینه برق‌دار کردن چاه‌های کشاورزی و قیمت سیستم‌های دیزل ژنراتور و سوخت آن از سویی دیگر، علاقه به استفاده از فناوری فتوولتائیک در پمپ‌های آب را افزایش داده است. پمپ آبی خورشیدی بر اساس تکنولوژی فتوولتائیک است که در آن انرژی خورشیدی تبدیل به انرژی الکتریکی شده تا پمپ‌های آبی مبتنی بر موتورهای DC و AC را به حرکت در آورد.

به طور کلی پمپ‌های آبی وابسته به سیستم‌های الکتریکی مرسوم و یا سیستم‌های مبتنی بر دیزل، گاز و یا زغال سنگ هستند. استفاده از دیزل نه تنها نیازمندی به استفاده از سوخت‌های گران را افزایش می‌دهد، بلکه باعث ایجاد آلودگی صوتی و هوا می‌شود. به طور کلی هزینه‌ی کلی اولیه، بهره‌برداری و تعمیر سیستم‌های دیزل در حدود دو تا چهار برابر بیشتر از پمپ‌های مبتنی بر سیستم‌های فتوولتائیک است. پمپ‌های خورشیدی سازگار با محیط بوده و نیاز به تعمیر کم و بدون هزینه‌ی سوخت دارند. همچنین استفاده از این فناوری در مناطق دور افتاده که شبکه برق‌رسانی برای آن وجود ندارد، گزینه‌ی بسیار مناسبی است. این تکنولوژی بسیار شبیه به سیستم پمپ آبی مرسوم است، با این تفاوت که منبع انرژی آن سیستم خورشیدی است. این تکنولوژی در سال‌های اخیر به دلیل در دسترس نبودن انرژی الکتریکی و افزایش هزینه‌ی دیزل، مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. نرخ جریان آب پمپ شده به تابش خورشید و سایز آرایه‌های PV وابسته است.

۱-۱۳-۳-۱- استانداردهای مورد استفاده در پمپ آب خورشیدی

•، خلاصه‌ای از استانداردهای مرتبط با سیستم پمپ آبی مبتنی بر فتوولتائیک را بیان می‌کند.

جدول (۱-۲۷) خلاصه‌ای از استانداردهای مرتبط با سیستم پمپ آبی مبتنی بر فتوولتائیک

توضیحات	عنوان اصلی	شماره استاندارد
در این سند راهنمایی لازم برای اندازه‌گیری بازده سیستم‌های واسط فتوولتائیک در کاربردهای جدا از شبکه و متصل به شبکه بیان می‌شود. این استاندارد کاربردهایی که خروجی میدل واسط یک ولتاژ ac با فرکانس ثابت و یا یک ولتاژ dc پایدار است را پوشش می‌دهد.	Photovoltaic systems - Power conditioners - Procedure for measuring efficiency	IEC 61683:1999
این استاندارد، نیازمندی‌های لازم برای جستجو کننده خورشیدی را مطرح می‌کند. این استاندارد روش‌های تست برای اجزای اصلی و تمام سیستم دنبال کننده خورشید را بیان می‌کند.	Photovoltaic systems – Design qualification of solar trackers	IEC 62817
تست‌های مورد قبول میدانی جهت تعیین عملکرد توربین‌های هیدرولیکی، پمپ‌های ذخیره‌ساز در رنج‌های مختلف را بیان می‌کند.	Field acceptance tests to determine the hydraulic performance of hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines	IEC 60041

IEC 61427-1:2013	Secondary cells and batteries for renewable energy storage - General requirements and methods of test - Part 1: Photovoltaic off-grid application	در این سند اطلاعات کلی مرتبط با نیازمندی‌های باتری‌های ثانویه مورد استفاده در سیستم‌های انرژی فتوولتائیک و روش‌های نوعی تست برای اعتبار سنجی عملکرد باتری بیان می‌شود. این استاندارد سلول‌ها و باتری‌هایی که در کاربرد جدا از شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرند را پوشش می‌دهد.
IEC 62253:2011	Photovoltaic pumping systems - Design qualification and performance measurements	ملزومات لازم جهت طراحی، ارزیابی و عملکرد سیستم‌های پمپ مبتنی بر فتوولتائیک را در کاربرد جدا از شبکه بیان می‌کند. این استاندارد برای کاربردهای تست درون آزمایشگاهی (با استفاده از شبیه‌ساز فتوولتائیک) و یا در فضای آزاد است. این استاندارد به سیستم‌هایی با پمپ‌های موتوری متصل شونده به صورت مستقیم به PV و یا از طریق مدل‌های DC/AC و DC/DC به کار می‌رود.

۱-۱-۴-۱ مبدل‌های توربین‌های بادی

باتوجه به پیشرفت فزاینده تکنولوژی الکترونیک قدرت، عناصر الکترونیک قدرت در حال افزایش ظرفیت جریانی و ولتاژی هستند و تلفات توان و قیمت آنها رو به کاهش و پایداری آنها در حال افزایش می‌باشد. همچنین امروزه ابزارهای الکترونیک قدرت در مقیاس توان‌های مگاوات به راحتی کنترل می‌شوند. از این رو بکارگیری کانورترهای قدرت در زمینه کنترل توربین‌های بادی نیز جذاب‌تر می‌شود [۱۸۸].

۱-۱-۴-۱-۱ معرفی مبدل‌های توربین‌های بادی

گونه‌های متفاوتی از کانورترهای قدرت می‌توانند در کاربردهای توربین بادی مورد استفاده قرار گیرند. در مورد ژنراتورهای القایی، کانورتر قدرت از یک مبدل ولتاژ و فرکانس ثابت تا یک مبدل ولتاژ و فرکانس متغیر تغییر می‌کند [۱۸۹].

اینورترهای منبع ولتاژ (VSI) و اینورترهای منبع جریان (CSI) هر دو می‌توانند در چندین روش بکار گرفته شوند، مانند: (۱) اینورتر ۶ گامه (۲) اینورتر مدولاسیون دامنه پالس^{۷۶} و (۳) اینورتر مدولاسیون پهنای پالس^{۷۷}. علاوه بر این، پیاده‌سازی یک اینورتر PWM برای مثال برای یک VSI می‌تواند با سه روش اجرا شود: (۱) روش حذف هارمونیک (۲) کانورتر PWM سینوسی و یا (۳) کانورتر با استراتژی مدولاسیون بردار فضایی (SVM). چند استراتژی مختلف برای ترکیب شدن یک یکسوساز و یک اینورتر برای تشکیل یک کانورتر فرکانسی وجود دارد. • مروری اجمالی بر پنج

⁷⁶ - PAM

⁷⁷ - PWM

ساختار قابل کاربرد در توربین‌های بادی دارد. این ساختار کانورتی قابل کنترل عبارتند از: کانورتر PWM-VSI پست به پست، کانورتر پست سر هم، کانورتر ماتریسی، کانورترهای چندسطحی و کانورتر کلمپ طبیعی یا NCC^{۷۸}.

جدول (۲۸-۱) مقایسه ۵ درایو AC برای کاربردهای سرعت متغیر

Converter type	Concept	Technology	Applicable configuration (Figure 2)	Comments
Back to back	VSI	PWM	b,d,e,f,g and h	Mature technology
Tandem	CSC+VSI	6-step+PWM	b,d,e,g and h	Unproven technology
Matrix	VSI	PWM	b,d,e,f,g and h	Unproven technology
Multilevel	VSI	PWM	b,d,e,f,g and h	Mature technology
Resonant	VSI	PWM	b,c,d,e,f,g,h	Unproven technology

۱-۱-۲- استانداردهای مبدل‌های بادی

در این بخش به معرفی مهم‌ترین و پرکاربردترین استانداردهای آزمون مربوط به مبدل‌های مورد استفاده در توربین‌های بادی می‌پردازیم [۱۹۴ و ۱۹۵].

جدول (۲۹-۱) استانداردهای مبدل‌های توربین بادی

شماره استاندارد	عنوان اصلی	توضیحات
EN/IEC 61400-1	Wind Turbines - Part 1: Design Requirements for Large Wind Turbines	بررسی فرضیات بار، دستورالعمل‌ها و ایمنی سیستم در این استاندارد مورد نظر می‌باشد.
EN/IEC 61400-12-1	Power Performance Measurements of Electricity Producing Wind Turbines	اندازه‌گیری بازده توان و نمودار توانی طبق این استاندارد انجام می‌شود.
EN/IEC 61400-21	Measurement and Assessment of Power Quality Characteristics of Grid Connected Wind Turbines	این استاندارد را می‌توان به عنوان مبنای تعیین مشخصه‌های کیفیت توان توربین‌های بادی در نظر گرفت. سطوح هارمونیک و فلیکر کانورتر باید بر این استاندارد منطبق باشد. با وجود اینکه این استاندارد با عنوان "اندازه‌گیری شاخص‌های کیفیت توان توربین‌های بادی" خوانده می‌شود، ولی حاوی دستورالعمل‌های کلی برای تست قابلیت‌های توان اکتیو و راکتیو و تحمل افت ولتاژ در حین خطا (LVRT) نیز می‌باشد.

IEC 61400-24	Wind turbines - Part 24: Lightning protection	تجهیزات الکتریکی و حفاظت صاعقه باید براساس این استاندارد ارزیابی شوند. عملکرد حفاظت توربین بادی در برابر اثرات مستقیم یا غیرمستقیم صاعقه، برای بخشهای مختلف آن اعم از: پره، ساختار بدنه، بخشهای الکتریکی و کنترلی در این استاندارد آمده است. راهنمایی‌هایی برای نحوه استفاده از حفاظتهای صاعقه، سیستمهای الکتریکی صنعتی و استانداردهای EMC مانند ارت، در این استاندارد آمده و همچنین ملاحظات ایمنی افراد بیان شده است.
EN/IEC 60204-11	Safety of Machinery - Electrical Equipment of Machines, Low and Medium Voltage	این استاندارد برای بخشهای الکتریکی و الکترونیکی ولتاژ بالای سیستم با ولتاژ بالای 1000 V ac یا 1500 V dc و در محدوده زیر 36 kV کاربرد دارد.
IEC 62477-1	Safety requirements for power electronic converter systems and equipment - Part 1: General	این استاندارد به بررسی الزامات عمومی مربوط به مبدل‌های (کانورترهای) الکترونیک قدرت و تجهیزات آن‌ها شامل: کنترل، حفاظت، اندازه‌گیری و مانیتورینگ می‌پردازد. این استاندارد به سیستم‌هایی با ولتاژ نامی کمتر از 1000 V ac و 1500 V dc به کار می‌رود.
IEC 60146-1-1	Semiconductor converters - General requirements and line commutated converters - Part 1-1: Specification of basic requirements	این استاندارد به الزامات پایه مربوط به کانورترهای نیمه‌هادی می‌پردازد. مبدل‌های کوچک قبل از ارسال باید کاملاً تست شوند ولی در تجهیزات بزرگ به دلایل اقتصادی توصیه می‌شود که تنها تستهای لازم انجام شوند و دیگر تستها در صورت نیاز انجام شوند.
IEC 61800-1	Adjustable speed electrical power drive systems - Part 1: General requirements - Rating specifications for low voltage adjustable speed d.c. power drive systems	الزامات عمومی مربوط به محرکه‌های قدرت الکتریکی در این استاندارد آمده است. این استاندارد برای سیستمهای محرکه متصل به ولتاژ خط تا 1 kV ac و فرکانس 50 یا 60 Hz کاربرد دارد.
IEC 61800-3	Adjustable speed electrical power drive systems - Part 3: EMC requirements and specific test methods	مشخصات آزمونهای EMC محرکه‌های قدرت الکتریکی در این استاندارد آمده است. این استاندارد برای سیستم‌هایی با ولتاژ(ولتاژ خط به خط) خروجی و/یا ورودی مبدل تا 35 kV AC RMS کاربرد دارد.

۱-۱-۱- سیستم‌های تولید نیروگاهی

۱-۱-۱-۱- سیستم تحریک استاتیک

ژنراتورهای سنکرون، منابع عمده تأمین انرژی الکتریکی در سیستم‌های قدرت هستند. یکی از بخشهای اساسی ژنراتور سنکرون، سیستم تحریک می‌باشد. وظیفه سیستم تحریک تأمین جریان سیم پیچ میدان ژنراتور و تنظیم ولتاژ خروجی ژنراتور است. سیم پیچی تحریک حامل جریان dc بوده و با چرخش روتور باعث القای ولتاژ در سیم پیچهای آرمیچر (استاتور) می‌شود. برای یک ژنراتور سنکرون متصل به شبکه، جریان سیم‌پیچی تحریک می‌تواند ابزاری برای تنظیم ولتاژ ترمینالهای ژنراتور، توان راکتیو یا ضریب توان^{۷۹} ژنراتور باشد. سیستم‌های تحریک در انواع و اقسام مختلف وجود دارند. به‌منظور حفظ پایداری سیستم در ژنراتورهای سنکرون بزرگ، باید سیستم‌های تحریک سریع به کار گرفته شوند. این بدان معنا است که جریان تحریک باید بسیار سریع تنظیم شود تا شرایط عملکردی ماشین را در کنار محدودیت‌های جریان تحریک و پایداری حالت ماندگار، تغییر دهد. لذا سیستم تحریک استاتیکی به سیستم‌های تحریک متعارف، ترجیح داده می‌شود.

۱-۱-۱-۱- استانداردهای سیستم تحریک ژنراتورهای سنکرون

لازم است پس از طراحی و ساخت یکسوساز تحریک و بخشهای حفاظت سمت ac و dc آن، عملکرد این اجزا بر مبنای آزمونهای استاندارد نوعی مربوطه مورد تست و ارزیابی قرار گرفته و از کارکرد صحیح آنها در محدوده مورد نظر اطمینان حاصل شود. اصلی ترین استانداردها در ارتباط با سیستم تحریک ژنراتورهای سنکرون، IEEE 421 و IEC 34-16 می‌باشند که در آنها به ارائه تعاریف، مدل‌های ریاضی مناسب، روشهای شناسایی، تست و ارزیابی عملکرد سیستم تحریک پرداخته شده است. در ادامه این استانداردها معرفی شده است [۱۹۸]. باید توجه داشت که در این استانداردها، هدف اصلی پرداختن به عملکرد مجموعه سیستم تحریک می‌باشد و عملکرد تک تک اجزا به طور جداگانه مورد مطالعه قرار نگرفته است.

جدول (۳۰-۱) استانداردهای سیستم تحریک

توضیحات	عنوان اصلی	شماره استاندارد
این استاندارد به معرفی اجزا و قطعات مربوط به سیستم‌های تحریک مورد استفاده در ماشینهای سنکرون می‌پردازد.	Standard Definitions for Excitation Systems for Synchronous Machines	IEEE Std 421.1
این استاندارد دربردارنده معیارها، تعاریف و اهداف تست برای ارزیابی عملکرد دینامیکی سیستم های کنترل تحریک است. اصطلاح سیستم کنترل تحریک برای تشخیص عملکرد ترکیبی از ماشین سنکرون، سیستم تحریک و سیستم قدرت بکار می‌رود.	Guide for Identification, Testing and Evaluation of the Dynamic Performance of Excitation Control Systems	IEEE Std 421.2
این استاندارد راجع به تست پتانسیل بالا و عایقی سیستم‌های تحریک ماشین سنکرون و اجزای سیستم تحریک و وسایل جانبی است که در معرض ولتاژهای بالای وارده به سیستم تحریک می‌باشند. هدف از این استاندارد فراهم کردن نیازمندیها برای تست	Standard for High-Potential Test Requirements for Excitation Systems for Synchronous Machines	IEEE Std 421.3

		دی الکترونیک پتانسیل بالای سیستم‌های تحریک و مولفه‌های آنها برای ماشینهای سنکرون در سیستم تحریک استاتیک و وسایل جانبی (که در ورودی و خروجی پل یکسوساز متصل شده‌اند و در معرض ولتاژهای بالای وارده به سیستم تحریک هستند، مانند: نمایشگرها، ترانس‌دیوسرها، دستگاه‌های اندازه‌گیری و ...) می‌باشد. این استاندارد سیم‌پیچ ماشین سنکرون، بریکر میدان و مقاومت دشارژ را شامل نمی‌شود، این وسایل استانداردهای خاص خود را دارند. هدف این استاندارد بیان آزمایشهای عایقی پتانسیل بالا لازم برای سیستم تحریک ماشین سنکرون و اجزای آن است.
IEEE Std 421.4	Guide for the Preparation of Excitation System Specifications	هدف استاندارد توصیف اقلام، اجزاء و عملکرد آنها به منظور تنظیم و تعیین مشخصاتی است که باید در سیستم تحریک در نظر گرفته شده و تامین شوند. راهنمای مذکور برای ژنراتورهای سنکرون با ظرفیت تولیدی بیش از 5000KVA کاربری دارد مع الوصف اغلب موارد برای ژنراتورهای با ظرفیت کمتر نیز قابل اعمال بوده و صادق می‌باشند.
IEEE Std 421.5	Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies	هنگامی که لازم است تا رفتار ماشین‌های سنکرون در مطالعات پایداری سیستم قدرت دقیقاً شبیه‌سازی شود، ضروری است که سیستم‌های تحریک ماشین‌های سنکرون با جزئیات کافی مدل‌سازی شوند. در این استاندارد مدلهایی برای این منظور ارائه شده است.
IEC Std 34-16-1	Excitation Systems for Synchronous Machines-Definitions	این استاندارد هم به معرفی اجزا و قطعات مربوط به سیستم‌های تحریک مورد استفاده در ماشینهای سنکرون می‌پردازد.
IEC Std 34-16-2	Excitation Systems for Synchronous Machines-Models for Power Systems Studies	این استاندارد نیز همانند 421.5، مدل دیگری از سیستم تحریک برای مطالعات پایداری سیستم قدرت را ارائه می‌دهد.
IEC Std 34-16-3	Excitation Systems for Synchronous Machines-Dynamic Performance	این استاندارد به طور خلاصه روشهای موجود برای بررسی پاسخ ماشین سنکرون با کنترل حلقه بسته را ارائه می‌نماید.
IEC 60146-1-1	Semiconductor converters - General requirements and line commutated converters - Part 1-1: Specification of basic requirements	این استاندارد، مرجع اصلی بکار رفته برای آزمونهای نوعی میدلها و از جمله یکسوساز تحریک می‌باشد.

		این استاندارد ضمن اینکه جدیدترین استاندارد در دسترس در زمینه یکسوسازها می‌باشد، جزئیات کافی از آزمونهای مورد نیاز در تست و ارزیابی عملکرد یکسوساز را دارا است.
IEEE Std. C62.62	Standard Test Specifications for Surge-Protective Devices (SPDs) for Use on the Load Side of the Service Equipment in Low Voltage (1000 V and less) AC Power Circuits	این استاندارد روش‌های تست و اندازه‌گیری ویژگی‌های عملکردی تجهیزات حفاظتی مورد استفاده در مدارهای ولتاژ پائین AC را ارائه می‌نماید. تعاریف ارائه شده در این استاندارد به طور خاص در مورد تجهیزات حفاظت از surge می‌باشد. این استاندارد مربوط به مدارات حفاظتی سمت ac است. (برای مدارات حفاظتی سمت dc، استاندارد مشخصی موجود نیست.)

۱-۱-۲-۱-۲- مبدل‌های SFC نیروگاهی

به دلیل بالا بودن ظرفیت توربین‌های آبی، راه‌اندازی مستقیم ماشین‌های سنکرون در حالت موتوری، امکان‌پذیر نیست. برای اتصال این نیروگاه‌ها به شبکه، از مبدل‌های فرکانسی استاتیکی (SFC)^(۸) استفاده می‌شود. این مبدل‌ها و یا راه‌اندازها، در حالت موتوری ولتاژ و فرکانس ورودی ماشین را به‌صورت پیوسته از مقادیر پایین افزایش می‌دهند تا به‌سرعت سنکرون با شبکه برسد [۱۹۷].

توربین‌های گازی نیز اغلب باید در مدت زمان کوتاهی راه‌اندازی شوند. راه‌انداز SFC، ابتدا توربین گاز را به‌صورت موتوری تغذیه می‌کند تا در مدت زمان کوتاهی، به‌سرعت نامی خود برسد و با شبکه سنکرون شود. کاربرد SFC برای نیروگاه‌های تلمبه‌ذخیره‌ای، اتصال نرم موتور سنکرون به شبکه است ولی کاربرد آن برای نیروگاه گازی، راه‌اندازی سریع و رسیدن به‌سرعت سنکرون است.

۱-۱-۲-۱-۲-۱-۲- استانداردهای مبدل SFC نیروگاهی

استانداردهای مرتبط با مبدل SFC که برای تست این سیستم مورد استناد قرار می‌گیرند در زیر آمده است:

جدول (۳۱) استانداردهای مبدل SFC

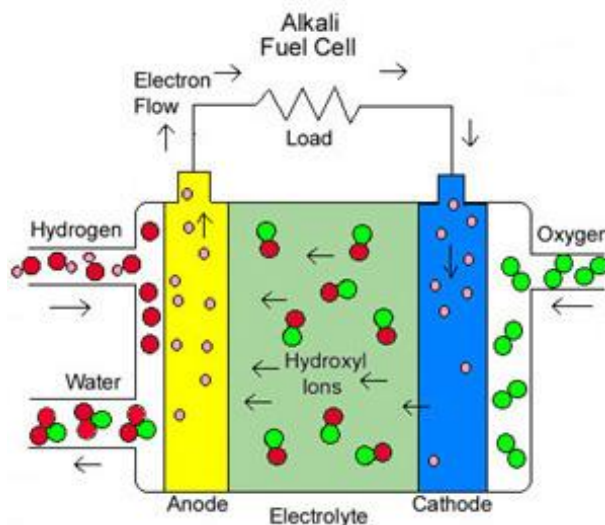
شماره استاندارد	عنوان اصلی	توضیحات
IEC 61800-3	Adjustable speed electrical power drive systems - Part 3: EMC requirements and specific test methods	معادل ملی این استاندارد، استاندارد ملی شماره 6134-3 ISIRI با عنوان سیستم‌های محرک الکتریکی قدرت با قابلیت تنظیم سرعت-قسمت سوم: سازگاری الکترومغناطیسی تجهیزات-روشهای آزمون ویژه است. این استاندارد در مورد محرک‌های موتور با جریان مستقیم یا متناوب با قابلیت تنظیم سرعت کاربرد دارد. در این استاندارد حدود و روشهای آزمون برای سیستم محرک قدرت تعیین می‌شود. این

		استاندارد در مورد سیستم محرک قدرت، بر تمام اصول مقدم می‌باشد و هیچ آزمون سازگاری الکترومغناطیسی دیگری ضروری نیست.
IEC 61800-4	Adjustable speed electrical power drive systems - Part 4: General requirements - Rating specifications for a.c. power drive systems above 1000 V a.c. and not exceeding 35 kV	معادل ملی آن، ISIRI 6134-4 است. این استاندارد در مورد سیستم‌های محرک قدرت با ولتاژ میدل (ولتاژ خط به خط) بین ۱ کیلو ولت تا ۳۵ کیلو ولت جریان متناوب با فرکانس طرف ورودی ۵۰ هرتز یا ۶۰ هرتز و فرکانس طرف بار تا ۶۰۰ هرتز کاربرد دارد. در این استاندارد مشخصه‌های میدلها، توپولوژی و ارتباط آنها با کل سیستم محرک ac ارائه شده است و همچنین الزامات مربوط به عملکرد محرکها با توجه به مقادیر اسمی، شرایط کار عادی، شرایط اضافه بار، قابلیت تحمل ضربه، پایداری، حفاظت، زمین کردن خط ac، توپولوژی و آزمونهای مربوطه بیان می‌شود. علاوه بر این، در این استاندارد نحوه استفاده از دستورالعملها (از قبیل: راهبردهای کنترلی، تحلیل پیچش، پیشنهاداتی برای زمین کردن و جمع بندی اجزاء سیستم محرک) بیان شده است.
IEC 61800-5	Adjustable speed electrical power drive systems – Part 5-1: Safety requirements – Electrical, thermal and energy	در این استاندارد الزامات خاص ایمنی برای سیستمهای محرک با ولتاژ بالای ۱۰۰۰ ولت آورده شده است. این استاندارد سیستمهای الکتریکی با قابلیت تنظیم سرعت که شامل میدلهای قدرت، کنترل درایو و موتور یا موتورهای می باشند را دربر می‌گیرد. همچنین این استاندارد در مورد سیستمهای محرک DC متصل به ولتاژ خط متناوب تا ۱ کیلو ولت با فرکانس ۵۰ هرتز یا ۶۰ هرتز و سیستمهای محرک AC دارای میدلهایی با ولتاژ ورودی میدل تا ۳۵ کیلو ولت با فرکانس ۵۰ هرتز یا ۶۰ هرتز و ولتاژ خروجی تا ۳۵ کیلو ولت کاربرد دارد.
IEC 62477	Safety requirements for power electronic converter systems and equipment	این استاندارد در مورد سیستمهای میدل الکترونیک قدرت و تجهیزات آنها، شامل قطعات میدل و سوئیچینگ و بخشهای کنترلی و حفاظت و مانیتورینگ و اندازه گیری، با ولتاژ نامی حداکثر ۱۰۰۰ ولت متناوب یا ۱۵۰۰ ولت مستقیم کاربرد دارد.

۱-۱-۱-۱ پیل سوختی^{۸۱}

۱-۱-۱-۱-۱ مقدمه‌ای بر تکنولوژی

یک پیل سوختی هیدروژن و اکسیژن را، به منظور تولید برق، گرما و آب، ترکیب می‌نماید. پیل‌های سوختی اغلب با باتری‌ها مقایسه می‌گردند. هم پیل سوختی و هم باتری؛ انرژی تولید شده توسط یک فرآیند شیمیایی را به توان.



شکل (۱-۲۸) نحوه عملکرد پیل سوختی

الکتریکی قابل استفاده تبدیل می‌نمایند. اما پیل سوختی تا زمانی که سوخت آن یعنی هیدروژن فراهم شود، تامین کننده برق خواهد بود و هرگز شارژ خود را از دست نخواهد داد

پیل‌های سوختی یک تکنولوژی امید بخش برای استفاده به عنوان منبع برق و گرما در ساختمان‌ها و نیز یک منبع توان الکتریکی برای موتورهای الکتریکی که پیش‌راننده وسایل نقلیه هستند، می‌باشند. پیل‌های سوختی در هیدروژن خالص بهترین عملکرد را دارند. اما سوخت‌هایی نظیر گاز طبیعی، متانول، یا حتی بنزین می‌توانند به منظور تولید هیدروژن مورد نیاز برای پیل‌های سوختی، خالص سازی شوند. تعدادی از پیل‌های سوختی حتی می‌توانند به طور مستقیم، بدون استفاده از یک اصلاح کننده^{۸۲}، با متانول سوخت‌گیری شوند [۲۰۳].

در آینده، هیدروژن همچنین می‌تواند، به عنوان یک حامل مهم انرژی به برق ملحق شود. یک حامل انرژی حرکت می‌کند و انرژی را در یک قالب قابل استفاده برای مشتریان آزاد می‌نماید. منابع انرژی تجدید پذیر، مانند خورشید و باد، نمی‌توانند تمام وقت انرژی تولید نمایند. اما این انرژی می‌تواند تا زمانی که مورد استفاده قرار بگیرد، ذخیره گردد (به عنوان مثال با هیدروژن). هیدروژن همچنین می‌تواند (همچون الکتریسیته) به مکان‌هایی که بدان نیاز است انتقال یابد.

⁸¹ Fuel Cell

⁸² reformer

یک پیل سوختی الکتریسیته را از طریق یک واکنش شیمیایی، اما بدون احتراق، تولید می‌نماید. بدین طریق که هیدروژن و اکسیژن را به آب تبدیل می‌نماید و در طی این فرآیند، الکتریسیته نیز تولید می‌نماید. پیل سوختی یک تجهیز تبدیل انرژی الکتروشیمیایی است که تولیدکننده گرما، آب و الکتریسیته است.

۱-۱-۲- استانداردهای آزمون پیل سوختی

خلاصه ای از کلیه استانداردها در * زیر آمده است:

جدول (۳۲-۱) استانداردهای آزمون مرتبط با پیل سوختی

شماره استاندارد	عنوان اصلی
IEC TS 62282-1:2013	Fuel cell technologies - Part 1: Terminology
IEC 62282-2:2012	Fuel cell technologies - Part 2: Fuel cell modules
IEC 62282-3-100:2012	Fuel cell technologies - Part 3-100: Stationary fuel cell power systems - Safety
IEC 62282-3-200:2015	Fuel cell technologies - Part 3-200: Stationary fuel cell power systems - Performance test methods
IEC 62282-3-201:2013	Fuel cell technologies - Part 3-201: Stationary fuel cell power systems - Performance test methods for small fuel cell power systems
IEC 62282-3-300:2012	Fuel cell technologies - Part 3-300: Stationary fuel cell power systems - Installation
IEC 62282-3-400:2016	Fuel cell technologies - Part 3-400: Stationary fuel cell power systems - Small stationary fuel cell power system with combined heat and power output
IEC 62282-4-101:2014	Fuel cell technologies - Part 4-101: Fuel cell power systems for propulsion other than road vehicles and auxiliary power units (APU) - Safety of electrically powered industrial trucks
IEC 62282-4-102:2017	Fuel cell technologies - Part 4-102: Fuel cell power systems for industrial electric trucks - Performance test methods
IEC 62282-5-1:2012	Fuel cell technologies - Part 5-1: Portable fuel cell power systems - Safety
62282-6-100:2010 IEC +AMD1:2012CSV Consolidated version	Fuel cell technologies - Part 6-100: Micro fuel cell power systems - Safety
IEC 62282-6-100:2010	Fuel cell technologies - Part 6-100: Micro fuel cell power systems - Safety
IEC 62282-6-100:2010/AMD1:2012	Amendment 1 - Fuel cell technologies - Part 6-100: Micro fuel cell power systems - Safety
IEC 62282-6-100:2010/COR1:2011	Corrigendum 1 - Fuel cell technologies - Part 6-100: Micro fuel cell power systems - Safety
IEC PAS 62282-6-150:2011	Fuel cell technologies - Part 6-150: Micro fuel cell power systems - Safety - Water reactive (UN Devision 4.3) compounds in indirect PEM fuel cells
IEC 62282-6-200:2016	Fuel cell technologies - Part 6-200: Micro fuel cell power systems - Performance test methods
IEC 62282-6-300:2012	Fuel cell technologies - Part 6-300: Micro fuel cell power systems - Fuel cartridge interchangeability
IEC TS 62282-7-1:2017	Fuel cell technologies - Part 7-1: Test methods - Single cell performance tests for polymer electrolyte fuel cells (PEFC)
IEC TS 62282-7-2:2014	Fuel cell technologies - Part 7-2: Test methods - Single cell and stack performance tests for solid oxide fuel cells (SOFC)

۱-۱-۱۷- دستگاه‌های جوش مبتنی بر الکترونیک قدرت

جوشکاری یکی از فرآیندهای اتصال دائمی قطعات (فلزی یا غیرفلزی)، به روش ذوبی یا غیر ذوبی، با به کارگیری یا بدون بکارگیری فشار، با استفاده یا بدون استفاده از ماده پرکننده می‌باشد. انواع دستگاه‌های جوش عبارتند از: دستگاه ترانسفورماتور، دستگاه ترانس رکتیفایر، دستگاه اینورتر که در ادامه به توضیح مختصری در رابطه با هر یک پرداخته می‌شود [۲۰۴].

۱-۱۷-۱-۱- استانداردهای آزمون دستگاه جوش

جدول (۱-۳۳) استانداردهای آزمون دستگاه‌های جوش

توضیحات	عنوان اصلی	شماره استاندارد
روش‌های آزمون و استانداردهای قابل اجرا برای انتشار فرکانس رادیویی (RF)، انتشار هارمونیک جریان، فلیکر و نوسانات ولتاژ، نیازمندی‌های ایمنی برای اختلالات گذرا و پیوسته، تشعشعی و هدایتی، شامل تخلیه الکترواستاتیک	Arc welding equipment - Part 10 Electromagnetic compatibility (EMC) requirements	IEC 60974-10:2014 +AMD1:2015 CSV
هدایت آموزنده، اپراتور، جوشکار، مدیران، و سرپرستان در نصب ایمن و استفاده از تجهیزات برای جوشکاری قوس و فرآیندهای وابسته و عملکرد ایمن جوشکاری	Arc welding equipment - Part 9 Installation and use	IEC 60974-9:2010
این استاندارد الزامات ایمنی و عملکرد منابع توان جوش و سیستم‌های برش پلاسما را تعیین می‌نماید.	Arc welding equipment - Part 1 Welding power sources	IEC 60974-1:2017

۱-۱-۱۸- مبدل‌های به کار رفته در ذخیره‌سازهای انرژی [۷۰]

۱-۱۸-۱-۱- مبدل‌های به کار رفته در سیستم ذخیره‌ساز باتری

برای بهینه کردن بازده سیستم قدرت، عموماً بزرگترین نیروگاه‌های سیستم قدرت (آبی، هسته‌ای و زغال سنگ) در بار پایه بهره‌برداری می‌شوند. با توجه به آنکه بار مصرفی مشترکین در طول روز تغییر می‌کند، برای جبران افزایش بار نیروگاه‌های نفتی یا گازی وارد مدار می‌شوند که راندمان کم و سوخت گرانی دارند. بنابراین برای حل این موضوع ذخیره‌سازهای انرژی مد نظر قرار گرفته‌اند که در طول کم‌باری توان نیروگاه‌های پایه را جذب و در پر بار تزریق می‌کنند. البته حضور ذخیره‌ساز در کنار DG‌هایی نظیر PV و باد امکان کنترل و حذف اغتشاشات توان خروجی مجموعه می‌شود.

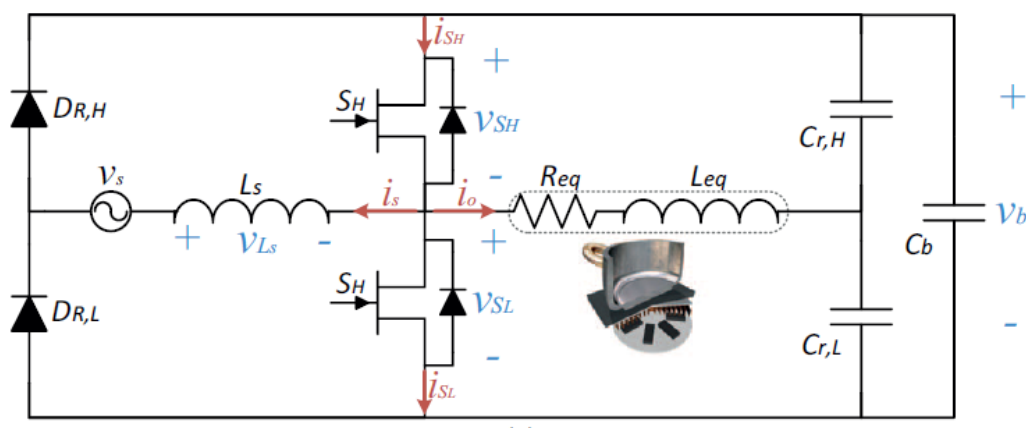
ادوات ذخیره‌ساز انرژی مناسب نظیر باتری‌های سرب-اسید، الکترومگنتی و سولفور، Super Conducting Magnetic Energy Storage، چرخ‌های طیار و ابر خازن از کاندیداهای این شیوه هستند. البته از بین آن‌ها باتری سرب-اسید شایع‌ترین است. تمامی انواع باتری‌ها، برق DC تولید می‌کنند و برای تامین سطح مطلوب ولتاژی و جریانی با هم سری و موازی می‌گردند.

عموماً برای اتصال باتری‌ها به شبکه از تجهیزات الکترونیک قدرت شامل مبدل‌های DC-DC و AC-AC استفاده می‌شود. نکته مهم آن است که تمامی تجهیزات الکترونیک قدرت مذکور، بایستی دو طرفه باشند تا بتوانند توان را از شبکه جذب و تزریق کنند.

۱-۱-۱- تجهیزات الکترونیک قدرت به کار رفته در تجهیزات خانگی

الکترونیک قدرت می‌تواند سبب افزایش بازده سیستم‌ها شود و قابلیت کنترلی مناسبی را برای کاربردهای مختلف فراهم آورد. از این رو، استفاده از این تکنولوژی در تجهیزات خانگی نیز رو به رشد است، به طوری که طیف گسترده‌ای از کاربردها را به خود اختصاص می‌دهد. تجهیزاتی که در آنها از موتورهای الکتریکی استفاده می‌شود مانند یخچال‌های معمولی و فریزر، جارو برقی، ماشین‌های لباس‌شویی و ظرفشویی، کولرها و دستگاه‌های خنک کننده به سمت استفاده از تجهیزات و مبدل‌های الکترونیک قدرت به منظور افزایش بازده و بهبود عملکرد حرکت می‌کنند. به عنوان مثال کولرهای ساخته شده توسط شرکت LG به ادعای این شرکت می‌توانند ۳۶.۴ درصد در مصرف انرژی الکتریکی صرفه جویی نمایند [۲۰۷].

علاوه بر تجهیزاتی که در آنها از موتور الکتریکی استفاده می‌شود، در تجهیزات روشنایی نیز که قبلاً جداگانه در مورد آن‌ها توضیح داده شده‌است از تکنولوژی الکترونیک قدرت استفاده شده‌است. تجهیزات مربوط به پخت غذا نیز از دیگر تجهیزات مورد استفاده در خانه هستند. امروزه استفاده از اجاق‌های القایی و مایکروویو در پخت غذا رایج شده است. در اجاق‌های القایی از ایجاد جریان فوکو به منظور تولید جریان استفاده می‌شود. از آنجا که میزان گرمای ایجاد شده با مجذور فرکانس در ارتباط است، لذا نیاز به ایجاد فرکانس بالا است که از تکنولوژی الکترونیک قدرت استفاده می‌شود. نمونه‌ای از این کاربرد را نشان می‌دهد [۲۰۸].



شکل (۱-۲۹) مبدل به کار رفته در اجاق القایی

۱-۱-۲۰- منابع

- [1] B. K. Bose, "The past, present and future of power electronics", industrial electronics magazine, june 2009.
- [2] www.complepowerelectronics.com
- [3] <http://www.lrc.rpi.edu/programs/nlpiip/lightinganswers/adaptableballasts/ballast.asp>
- [4] Electronic Ballast, National Lighting Product Information Program, Volume 8, Number 1, May 2000.
- [5] <https://www.electrical4u.com/electronic-ballast/>
- [6] General Lighting/What is the difference between power factor and ballast factor? /[https:// assets.sylvania.com](https://assets.sylvania.com)
- [7] http://www.tridonic.com/electronic_ballast/ standards
- [8] <http://www.iec.ch>
- [9] 1000 bulbs.com/Understanding LED Drivers
- [10] <http://www.ledsupply.com/blog/constant-current-led-drivers-vs-constant-voltage-led-drivers/>
- [11] "A guide to select driver for LED luminaire to meet CE marking" Mean Well Europe B.V. , Apr. 2015.
- [12] <http://www.iec.ch>
- [13] www.techopedia.com
- [14] Cosel co. ltd.,technical notes, introduction to SMPS.
- [15] "Primary switch mode power supplies CP range", ABB Group, 2009.
- [16] Switched-mode power supply applications/wikipedia
- [17] Switched mode power supplies Index/ABB Group
- [18] IEC 61204-7:2016 / IEC Website
- [19] Adjustable Speed Drives Tutorial/pdf
- [20] A Guide to Standard Medium Voltage/pdf
- [21] Technical guide No. 4 Guide to variable speed drives/pdf
- [22] types of electric motors/pdf
- [23] electrical motors and drives book/season 2/pdf
- [24] Increasing number of adjustable-speed drives, it's hard to know which is best for an application
- [25] The Impact of Variable Speed Drives on Electrical Systems/pdf
- [26] MV Drives North America/ABB/pdf
- [27] ABB drives and controls The green guide to more profitable business/pdf
- [28] Medium voltage drives Product overview/pdf

- [29] ABB DC Drives DCS550, 20A to 1000A/pdf
- [30] Controlling water and wastewater flow Accurate speed control with minimal energy use/pdf
- [31] ACS1000 Medium Voltage Drive The flexibility you require. The reliability you expect/pdf
- [32] ACS2000 Medium Voltage Drive The flexibility you require. The reliability you expect./pdf
- [33] ACS5000 Medium Voltage Drive The power you require. The reliability you expect./pdf
- [34] ACS6000 Medium Voltage Drive The modularity you require. The reliability you expect/pdf
- [35] “Motors and drives for the cement,mining and mineral industries” ABB group, Motor and drives, May 2005.
- [36] ABB drives for marine Medium voltage drives for reliable and efficient operations at sea/pdf
- [37] ABB drives in metals Medium voltage drives for improved product quality and process control/pdf
- [38] ABB drives in cement Medium voltage drives for reduced energy consumption and optimized process control/pdf
- [39] “Marine renewable drive train system Narec engages” ABB for Nautilus test facility/pdf
- [40] “Application Guide for AC Adjustable Speed Drive Systems”, Drive systems, Adjustatble spped drive systems, National Electrical manufactures association, Nov. 2015.
- [41] Softstarter Handbook - ABB group/pdf
- [42] UPS theoretical review-1/APC/pdf
- [43] Conceptpower DPA 500 100 kW – 3 MW The modular UPS – now up to 3 MW/ABB/pdf
- [44] Best UPS 2017, Top 10 Highest Sellers Brands
- [45] Comparison of Static and Rotary UPS/pdf
- [46] SBS & UPS Tutorial/pdf
- [47] The Different Types of UPS Systems - Flora Limited
- [48] The Different Types of UPS Systems _ EE Times
- [49] ABB power protection solutions PCS 120 MV UPS Medium Voltage UPS/pdf
- [50] ABB UPS products and solutions Power protection for critical infrastructures/pdf
- [51] <http://onduleurs-aunilec.com/en/14-rectifiers-chargers>
- [52] AEGPS_Protect_RCS_EN/pdf
- [53] OPERATION PRINCIPLE A Rectifier converts AC mains into DC Jema/pdf
- [54] AME_2014 VRLA batteries, flooded battery or Ni/Cd with output voltage from 24, 48, 110, 220V Ac up to 150A.
- [55]- طبقه بندی مناطق مستعد خطر (Hazardous Area)
- [56]- Electrical equipment in hazardous areas – Wikipedia

- [57]- Martzloff, F. and Gruzs, T., Power quality site surveys: facts, fiction and fallacies, IEEE Transactions on Industry Applications, 24 (6), 1005–1018, 1988.
- [58]- H. Cheung, A. Hamlyn, F. Chen, L. Wang, W. Liu, R. Cheung, “Adaptive Active Power Line Filter for Interfacing Wind-Power DGs to Distribution System”, PES.2008, PP.1-7.
- [59]- C. H. da Silva, R. B. Gonzatti, S. C. Ferreira, R. R. Pereira, L. E. Borges da Silva, G. Lambert-Torres, S. U. Ahn, “Simulations of a Current-Source Shunt Active Power Filter with Carrier-Based PWM and Periodic Sampling Modulation Techniques”, Power Electronics and Applications (EPE 2011), Proceedings of the 2011-14th European Conference.
- [60] - M. Waware, P. Agarwal, “Performance Investigation of Multilevel Inverter based Active Power Filter in Distorted High Voltage supply System”. IEEE ICSET conference on Dec 2011.
- [61]- W. Madhukar, P. Agarwa, “Comparison of Control Strategies for Multilevel Inverter based Active Power Filter used in High Voltage Systems”, Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES) & 2010 Power India, 2010 Joint International Conference.
- [62]- A. Varschavsky, J. Dixon, M. Rotella, and L. Morán, “Cascaded Nine-Level Inverter for Hybrid-Series Active Power Filter, Using Industrial Controller”, IEEE Transactions on industrial electronics, VOL. 57, NO. 8, AUGUST 2010, PP.2761-2767.
- [63]- Ali Emadi and Abdolhosein Nasiri, "uninterruptible power supplies", institute of technology electrical and computer engineering Chicago © 2005.
- [64]- A. Javadi, and K. Al-Haddad, “Unfunctionality of The Instantaneous p-q Theory for The Control of Series Active Filters”, 2011 electrical and energy conference.
- [65]- M. Ucar, S. Ozdemir and E. Ozdemir, “A Combined Series-Parallel Active Filter System Implementation Using Generalized Non-Active Power Theory, Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2010 Twenty-Fifth Annual IEEE.
- [66]- Harmonic Filter Market, Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast 2016 – 2024, Transparency Market Research (TMR).
- [67]- J. Burke, D. Griffith, D. Ward, “Power Quality-Two Different Perspectives”, IEEE Trans. Power Delivery, vol. 5, No.3, July 1990.
- [68]- Moschakis, M. N., and N. D. Hatziaargyriou. "Thyristor Based Static Transfer Switch: Theory, Modelling and Analysis." MEDPOWER Conference Proceedings, Athens, Greece. 2002.
- [69]- H. Mokhtari, S. Dewan, M. Irvani., “Performance Evaluation of Thyristor Based Static Transfer Switch”, IEEE Trans. Power Delivery, vol. 15, pp. 960-966, July 2000.
- [۷۰]- گزارش شناسایی حوزه‌های فناوریانه تجهیزات الکترونیک قدرت و آینده‌پژوهی فناوری تجهیزات الکترونیک قدرت، پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری الکترونیک قدرت در شبکه برق، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی الکترونیک قدرت، آذرماه ۱۳۹۳.
- [71]- <http://www.delta-es.com.au/products/static-transfer-switch-series/>
- [72]- Epsilon STS 200 and 400A/600A Static transfer switch installation and user manual, www.mgeups.com.

- [73]- SVC Static Var Compensator An insurance for improved grid system stability and reliability, "ABB power corporation, www.abb.com/FACT
- [74]- L. Gyugyi, "Power electronics in electric utilities: static VAR compensators," in Proceedings of the IEEE, vol. 76, no. 4, pp. 483-494, Apr 1988.
- [75]- F. O. Igbinoia, G. Fandi, J. Švec, Z. Müller and J. Tlustý, "Comparative review of reactive power compensation technologies," 2015 16th International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE), Kouty nad Desnou, 2015, pp. 2-7.
- [76]- Static VAR Compensator (SVC) Market by Type (Thyristor Based, MCR-Based), by Component, by Vertical (Electric Utility, Renewable- Wind Power & Solar Farm, Railway, Industrial- Steel & Mining and Oil & Gas), and Geography - Global Forecast to 2020.
- [77]- Reactive Power Compensation – Reference List, "Siemens Energy Sector Power Transmission Division.
- [78]- Hubert Bilodeau, Michael Bahrman, Chris Horwill, Peter Lips, Heinz Tyll Rajiv K. Varm, "Tutorial on StaticVar Compensators" San Francisco, June12, 2005.
- [79]- Static Var Compensator Solutions, GE solution.
- [80]- IEEE Guide for Static Var Compensator Field Tests, IEEE1303-2011.
- [81]- IEC 61954 Static var compensators (SVC) - Testing of thyristor valves
- [82]- CIGRE Document WG38-01 TaskForce 2. StaticVar Compensators, Chapter6
- [83]- Baoliang Sheng, M. Oliveira and H. O. Bjarme, "Synthetic test circuits for the operational tests of TCR and TSC Thyristor valves," 2008 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition, Chicago, IL, 2008, pp. 1-5.
- [84]- Fire prevention measures on converters for high-voltage direct current (HVDC) systems, static var compensators (SVC) and flexible AC transmission systems (FACTS) and their valve halls, IEC TR 62757:2015.
- [85] B. Singh, R. Saha, A. Chandra, and K. Al-Haddad, "Static synchronous compensators (STATCOM): a review," IET Power Electronics, vol. 2, pp. 297–324, 2009.
- [86]- G. Reed et al., "SDG&E Talega STATCOM project-system analysis, design, and configuration," IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition, 2002, pp. 1393-1398 vol.2.
- [87]- HINGORANI N.G.: 'High power electronics and flexible AC transmission system', IEEE Power Eng. Rev., 1988, 8, (7). pp. 3.
- [88] D. A, B. M, and T. A, "Performance analysis of advanced static VAR compensator using three level IGBT inverter," in IEEE Proc. Industrial Electronics Society, 25th Annual Conf. IECON, 1999, pp. 1440–1444.
- [89]- C. G.C. C. N.S. R. C.T. and C. G.H. "Modeling, analysis and control of static VAR compensator using three-level inverter," presented at the IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, 1992.
- [90]- J. Rodríguez, J.S. Lai, and F .Z. Peng, "Multilevel Inverters: A Survey ofTopologies, Controls, and Applications," IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, vol. 49, pp. 724-738, 2002.

- [91]- T. Atalik, C. Ö. Gerçek, and M. Ermis, "Multi-DSP and -FPGA-Based Fully Digital Control System for Cascaded Multilevel Converters Used in FACTS Applications " IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL INFORMATICS, vol. 8, pp. 511-527, 2012.
- [92]- L. C.K. J. L. S.K. R. H. S.Y. and C. H.S.H. "Circuit-level comparison of STATCOM technologies," IEEE Trans. Power Electron. vol. 18, pp. 208–219, 2003.
- [93]- SCHAUDER C., GERNHARDT M., STACEY E. ET AL.: '+100 MVAR static condenser installation for TVA Sullivan substation'. EPRI Flexible AC Transmission System (FACTS 3) Conf., Baltimore, MD, 5–7 October 1994
- [94]- SINGH B., SAHA R.: 'Modeling of 18-pulse STATCOM for power system applications', J. Power Electron., 2006, 7, pp. 146–158
- [95]- Discover the World of FACTS Technology Technical Compendium, www.siemens.com/energy/facts.
- [96]- Kang, Bu-Il, and Jae-Do Park. "Application of thyristor-controlled series reactor for fault current limitation and power system stability enhancement." International Journal of Electrical Power & Energy Systems 63 (2014): 236-245.
- [97]- Cardoso, Marcelo Murta G., and Braz J. Cardoso Filho. "Thyristor switched series reactor for electric arc furnaces." Industry Applications Conference, 2006. 41st IAS Annual Meeting. Conference Record of the 2006 IEEE. Vol. 1. IEEE, 2006.
- [98]- TCSC Thyristor Controlled Series Compensation Keeping grids together, www.abb.com/FACTS
- [99]- Divan, Deepak, and Harjeet Johal. "Distributed facts—A new concept for realizing grid power flow control." IEEE Transactions on Power Electronics 22.6 (2007): 2253-2260.
- [100]- K. K. Sen, "SSSC-static synchronous series compensator: theory, modeling, and application," in IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 13, no. 1, pp. 241-246, Jan 1998.
- [101]- K. K. Sen, "SSSC-static synchronous series compensator: theory, modeling, and application," in IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 13, no. 1, pp. 241-246, Jan 1998.
- [102]- Khalilian, M., et al. "Distributed static series compensator (DSSC) for subsynchronous resonance alleviation and power oscillation damping." European Transactions on Electrical Power 22.5 (2012): 589-600.
- [103]- Vural, Ahmet Mete, and Kamil Çağatay Bayındır. "Power flow modeling of Back-to-Back STATCOM: Comprehensive simulation studies including PV curves and PQ circles." Ain Shams Engineering Journal (2016).
- [104]- L. Gyugyi, K. K. Sen and C. D. Schauder, "The interline power flow controller concept: a new approach to power flow management in transmission systems," in IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 14, no. 3, pp. 1115-1123, Jul 1999.
- [105]- . Gyugyi, C. D. Schauder, S. L. Williams, T. R. Rietman, D. R. Torgerson and A. Edris, "The unified power flow controller: a new approach to power transmission control," in IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 10, no. 2, pp. 1085-1097, Apr 1995.
- [106]- K. K. Sen and E. J. Stacey, "UPFC-unified power flow controller: theory, modeling, and applications," in IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 13, no. 4, pp. 1453-1460, Oct 1998.
- [107]- Stel'Makov, V. N., V. P. Zhmurov, and A. N. Tarasov. "Thyristor-controlled phase-shifting devices." Russian electrical engineering 85.1 (2014): 10-17.

- [108]- Xiaonan, Yang, et al. "Modeling and control of thyristor controlled phase shifting transformer." Innovative Smart Grid Technologies-Asia (ISGT ASIA), 2015 IEEE. IEEE, 2015.
- [109]- Iravani, M. R., et al. "Applications of static phase shifters in power systems." IEEE Transactions on Power Delivery 9.3 (1994): 1600-1608.
- [110]- M. R. Iravani and D. Maratukulam, "Review of semiconductor-controlled (static) phase shifters for power systems applications," in IEEE Transactions on Power Systems, vol. 9, no. 4, pp. 1833-1839, Nov 1994.
- [111]- Johansson, Nicklas. Aspects on Dynamic Power Flow Controllers and Related Devices for Increased Flexibility in Electric Power Systems. Diss. KTH Royal Institute of Technology-KTH, Stockholm, Sweden, 2011.
- [112]- Ahmadi, Roya, et al. "Power flow control and solutions with Dynamic Flow Controller." Electric Power Conference, 2008. EPEC 2008. IEEE Canada. IEEE, 2008.
- [113]- Yuan, Zhihui, et al. "A FACTS device: Distributed power-flow controller (DPFC)." IEEE transactions on power electronics 25.10 (2010): 2564-2572.
- [114]- Jing, Shi, Zou Jiyan, and He Junjia. "Triggered-vacuum switch-based fault-current limiter." IEEE Power Engineering Review 20.6 (2000): 51-53.
- [115]- Hingorani, Narain G., Laszlo Gyugyi, and Mohamed El-Hawary. Understanding FACTS: concepts and technology of flexible AC transmission systems. Vol. 2. New York: IEEE press, 2000.
- [116]- Padiyar, K. R. FACTS controllers in power transmission and distribution. New Age International, 2007.
- [117]- T. Hiyama, M. Mishiro, H. Kihara and T. H. Ortmeyer, "Fuzzy logic switching of thyristor controlled braking resistor considering coordination with SVC," in IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 10, no. 4, pp. 2020-2026, Oct 1995.
- [118]- High voltage direct current transmission proven technology for power exchange," Siemens AG power transmission and distribution, [www.siemense .com/ptd](http://www.siemense.com/ptd).
- [119]- R. Rudervall, J.P. Charpentier and R. Sharma " High Voltage Direct Current (HVDC) Technology Review Paper Transmission Systems " Presented at Energy Week 2000, Washington, D.C, USA, March 7-8, 2000.
- [120]- Pierri, Erika, et al. "Challenges and opportunities for a European HVDC grid." Renewable and Sustainable Energy Reviews 70 (2017): 427-456.
- [121]-Peter Harrop and Raghu Das, "Power Electronics for Electric Vehicles 2017-2027" IDTechEx ,Read more at: <http://www.idtechex.com/contact/about-us.asp>
- [122]-M. Yilmaz and P. T. Krein, "Review of Battery Charger Topologies, Charging Power Levels, and Infrastructure for Plug-In Electric and Hybrid Vehicles," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 28, no. 5, pp. 2151-2169, May 2013.
- [123]-C. Botsford and A. Szczepanek, "Fast charging vs. slow charging: Pros and cons for the new age of electric vehicles," presented at the 24th Electric Vehicle Symposium, Stavanger, Norway, May 2009.
- [124]-H. C. Chang and C. M. Liaw, "Development of a compact switched reluctance motor drive for EV propulsion with voltage-boosting and PFC charging capabilities," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 58, no. 7,pp. 3198–3215, Sep. 2009.

- [125]- K.W. Klontz, A. Esse, P. J. Wolfs, and D. M. Divan, "Converter selection for electric vehicle charger systems with a high-frequency high-power link," in Proc. Rec. 24th Annu. IEEE Power Electron. Spec. Conf., Jun. 1993, pp. 855–861.
- [126]- F. Musavi, M. Edington, W. Eberle, and W. G. Dunford, "Evaluation and efficiency comparison of front end AC–DC plug-in hybrid charger topologies," IEEE Trans. Smart Grid, vol. 3, no. 1, pp. 413–421, Mar. 2012.
- [127]- B. Singh, B. N. Singh, A. Chandra, K. Al-Haddad, A. Pandey, and D.P. Kothari, "A review of single-phase improved power quality AC–DC converters," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 50, no. 5, pp. 962–981, Oct. 2003.
- [128]- S. Haghbin, S. Lundmark, M. Alakula, and O. Carlson, "An isolated high-power integrated charger in electrified vehicle applications," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 60, no. 9, pp. 4115–4126, Nov. 2011.
- [129]- A. Emadi, Y. J. Lee and K. Rajashekara, "Power Electronics and Motor Drives in Electric, Hybrid Electric, and Plug-In Hybrid Electric Vehicles," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 55, no. 6, pp. 2237–2245, June 2008.
- [130]- K. Rajashekara, "Power electronics for the future of automotive industry",
in Proc. PCIM Eur., Nuremberg, Germany, May 2002.
- [131]- A. Emadi, K. Rajashekara, S. S. Williamson, and S. M. Lukic, "Topologica overview of hybrid electric and fuel cell vehicular power architectures and configurations," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 54, no. 3, pp. 763–770, May 2005.
- [132]- A. Emadi, Y. J. Lee and K. Rajashekara, "Power Electronics and Motor Drives in Electric, Hybrid Electric, and Plug-In Hybrid Electric Vehicles," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 55, no. 6, pp. 2237–2245, June 2008.
- [133]- J. Walters, H. Husted, and K. Rajashekara, "Comparative study of hybrid powertrain strategies," in Proc. SAE Future Transp. Technol. Conf., Costa Mesa, CA, Aug. 2001.
- [134]- K. Rajashekara, "Propulsion system strategies for fuel cell vehicles", presented at the SAE World Congr., Detroit, MI, Mar. 2000, Paper 2000-01-0369.
- [135]- Chau, K. T., and Zheng Wang. "Overview of power electronic drives for electric vehicles." HAIT Journal of Science and Engineering-B: Applied Sciences and Engineering 2.5-6 (2005): 737-761.
- [136]- Chan, Ching Chuen, and K. T. Chau. "An overview of power electronics in electric vehicles." IEEE transactions on Industrial Electronics 44.1 (1997): 3-13.
- [137]- K. Yamada, K. Watanabe, T. Kodama, I. Matsuda, and T. Kobayashi, International Electric Vehicle Symposium, 529 (1996).
- [138]- S. Z. Jiang, K. T. Chau and C. C. Chan, "Spectral analysis of a new six-phase pole-changing induction motor drive for electric vehicles," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 50, no. 1, pp. 123–131, Feb 2003.
- [139]- C. C. Chan and K. T. Chau, "An advanced permanent magnet motor drive system for battery-powered electric vehicles," in IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 45, no. 1, pp. 180–188, Feb 1996.

- [140]- C. C. Chan, J. Z. Jiang, W. Xia and K. T. Chan, "Novel wide range speed control of permanent magnet brushless motor drives," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 10, no. 5, pp. 539-546, Sep 1995.
- [141]- Y. J. Zhan, C. C. Chan and K. T. Chau, "A novel sliding-mode observer for indirect position sensing of switched reluctance motor drives," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 46, no. 2, pp. 390-397, Apr 1999.
- [142]- Östlund, Stefan. "Rail Power Supplies Going More Power Electronic [Technology Leaders]." IEEE Electrification Magazine 2.3 (2014): 4-60.
- [143]- A. Steimel, "Power-electronic grid supply of AC railway systems," 2012 13th International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment (OPTIM), Brasov, 2012, pp. 16-25.
- [144]- Steimel, A.: Electric Traction: Motion Power and Energy Supply Oldenbourg-Verlag Munich, 2008.
- [145]- I. Perin, P. F. Nussey, U. M. Cella, T. V. Tran and G. R. Walker, "Application of power electronics in improving power quality and supply efficiency of AC traction networks," 2015 IEEE 11th International Conference on Power Electronics and Drive Systems, Sydney, NSW, 2015, pp. 1086-1094.
- [146]-S. M. Mousavi Gazafrudi, A. Tabakhpour Langerudy, E. F. Fuchs and K. Al-Haddad, "Power Quality Issues in Railway Electrification: A Comprehensive Perspective," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 62, no. 5, pp. 3081-3090, May 2015.
- [147]- RJ, HILL. "ELECTRIC RAILWAY TRACTION. 1. ELECTRIC TRACTION AND DC TRACTION MOTOR-DRIVES." Power Engineering Journal 8.1 (1994): 47-56.
- [148]- Cornic, Daniel. "Efficient recovery of braking energy through a reversible dc substation." Electrical Systems for Aircraft, Railway and Ship Propulsion (ESARS), 2010. IEEE, 2010.
- [149]- Coget, G.: The new generation of SNCF high-speed rolling stock: The TGV-Atlantique train. Rail Engineering Intern. 1986, Nr 3, pp. 15–18.
- [150]- Steimel, Andreas. "Power-electronics issues of modern electric railway systems." Advances in Electrical and Computer Engineering 10.2 (2010): 3-10.
- [152]- J. Hu, W. Liu and J. Yang, "Application of power electronic devices in rail transportation traction system," 2015 IEEE 27th International Symposium on Power Semiconductor Devices & IC's (ISPSD), Hong Kong, 2015, pp. 7-12.
- [153]- UMEZAWA Kotaro, "Power Electronic Devices for Railway Vehicles" Fuji Electric Innovating Energy Technology .
- [154]-Frankl, P. and S. Nowak, Technology roadmap: solar photovoltaic energy, OECD/IEA, International Energy Agenc, 2010.
- [155]Frankl, P. and S. Nowak, Technology Roadmap: Solar Photovoltaic energy. OECD/IEA, International Energy Agency. 2014 Edition.
- [156]-Renewables 2015 Global Status Report, REN21.Renewables Energy Policy Network for the 21st Century, 2015.
- [157]-PV Inverters-Basic Facts for Planning PV Systems, SMA Solar Technology,June 2010.
- [158]-Photovoltaic plants, Technical Application Papers No.10, ,ABB Group,2010.

- [159]-GROWTH, MARKET SHARE AND DYNAMIC CHANGE IN THE PV INVERTER INDUSTRY, A SPECIAL REPORT FROM GTM RESEARCH, ERIC WESOFF GTM RESEARCH, SEPTEMBER 2009.
- [160]-ABB solar inverters, one of the broadest offerings in the industry, BCB.00076 Rev. D EN 23.03.2015.
- [161]-Margolis, R. and D. Feldman, "PV Inverter Market Overview", 2011.
- [162]-"8 Ways Power Optimizers are Better by Design", SolarEdge, 2013.
- [163]-M. Rashid. POWER ELECTRONICS HANDBOOK. Elsevier Science, 2011.
- [164]-RENEWABLE ENERGY SOLUTIONS Energy Efficient Components for PV Solar Systems, Lit. No. 980011-001 © 2012, Fairchild Semiconductor.
- [165]-S. Rogalla H. Schmidt B. Burger, B. Goeldi. Extreme high efficiency PV-power converters. In Module Integrated Electronics-An Overview, 2010. 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Sept 2010.
- [166]-ABB Review 2015: solar power, ABB Group, 2015.
- [167]-PV Inverter products manufacturing and design improvement for cost reduction and performance enhancement. Final subcontract report, NREL, 2004.
- [168]-A review of pv inverter technology cost and performance projections. National Renewable Energy Laboratory, NREL/SR, 2006: p. 620-38771.
- [169]-Shahrokh Farhangi, Recent advances in grid-connected photovoltaic inverters, a survey of academic and industrial trends, Presentation, PEDSTC 2016 Conference Presentation.
- [170]-Photovoltaic Report, Franhofer Institute
- [171]- Chandel, S. S., M. Nagaraju Naik, and Rahul Chandel. "Review of solar photovoltaic water pumping system technology for irrigation and community drinking water supplies." Renewable and Sustainable Energy Reviews 49 (2015): 1084-1099.
- [172]- Nabil M, Allam SM, Rashad EM. Performance improvement of a photovoltaic pumping system using a synchronous reluctance motor. Electr Power Compon Syst 2013;41(4):447-64.
- [173]- Narale, P. D., N. S. Rathore, and S. Kothari. "Study of solar PV water pumping system for irrigation of horticulture crops." International Journal of Engineering Science Invention 2.12 (2013): 54-60.
- [174]- Solar Pumps Market: Global Industry Analysis and Opportunity Assessment 2015-2025.
- [۱۷۵]-گزارش "شناسایی و تعیین مشخصه‌های فنی تکنولوژی مبدل‌های فتوولتائیک"، پروژه "تهیه و تدوین طرح دستیابی به فناوری مبدل‌های فتوولتائیک"، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی الکترونیک قدرت، فروردین‌ماه ۱۳۹۵.
- [176]-Xu She; Alex Q. Huang; Rolando Burgos "Review of Solid-State Transformer Technologies and Their Application in Power Distribution Systems" IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics. Year: 2013
- [177]-J. L. Brooks, "Solid State Transformer Concept Development," CIVIL ENGINEERING LAB (NAVY) PORT HUENEME CA1980.

[178]-S. Bhattacharya, T. Zhao, G. Wang, S. Dutta, S. Baek, Y. Du, et al., "Design and development of generation-I silicon based solid state transformer," in Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2010 Twenty-Fifth Annual IEEE, 2010, pp. 1666-1673.

[179]-W. van der Merwe and T. Mouton, "Solid-state transformer topology selection," in Industrial Technology, 2009. ICIT 2009. IEEE International Conference on, 2009, pp. 1-6.

[۱۸۰]-حسین ایمان عینی، شاهرخ فرهنگی، "تحلیل و طراحی ترانسفورماتور الکترونیک قدرت با قابلیت بهبود کیفیت توان"، 20th،
International Power System Conference

[181]-J. W. Kolar and J. E. Huber "Solid-State Transformers (SST) Concepts, Challenges and Opportunities" Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich Power Electronic Systems Laboratory

[182]-Sixifo Falcones; Xiaolin Mao; Raja Ayyanar "Topology comparison for Solid State Transformer implementation" IEEE PES General Meeting Year: 2010.

[183]-M. Claessens, D. Dujic, F. Canales, J. K. Steinke, P. Stefanutti, and C. Vetterli, "Traction transformation," ABB review, vol. 1, pp. 11-17, 2012.

[184]-J. W. Kolar and G. Ortiz, "Intelligent solid state transformers (SSTs)-A key building block of future smart grid systems," presentation only, no paper. CPSSC, Shanghai, China, 2011.

[185]-Y. Xu, J. Zhang, W. Wang, A. Juneja, and S. Bhattacharya, "Energy router: Architectures and functionalities toward Energy Internet," in Smart Grid Communications (SmartGridComm), 2011 IEEE International Conference on, 2011, pp. 31-36.

[186]-X. She, A. Q. Huang, and R. Burgos, "Review of solid-state transformer technologies and their application in power distribution systems," IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, vol. 1, pp. 186-198, 2013.

[187]-D. Wang, C. Mao, and J. Lu, "Operation and control mode of electronic power transformer," in Sustainable Alternative Energy (SAE), 2009 IEEE PES/IAS Conference on, 2009, pp. 1-5.

[188]-L. H. Hansen, L. Helle, F. Blaabjerg, E. Ritchie, S. Munk-Nielsen, H. Bindner, P. Sørensen and B. Bak-Jensen, "Conceptual survey of Generators and Power Electronics for Wind Turbines", Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark December 2001

[189]-Frede Blaabjerg and Zhe Chen, "power electronics for modern wind turbines", Institute of Energy Technology Aalborg University, Denmark, synthesis lectures on power electronics, Copyright ©2006 by Morgan & Claypool.

[۱۹۰] - گزارش " بررسی و مقایسه کانورترهای مورد استفاده در ژنراتورهای القایی DFIG توربین بادی و انتخاب چند مدل نمونه"، پروژه " نظارت بر خرید، تست، نصب و راه‌اندازی یک نمونه کانورتر جهت اتصال به ژنراتورهای القایی DFIG توربین بادی"، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی الکترونیک قدرت، اسفندماه ۱۳۹۰.

[191]-Gonzalo abad biain, "predictive direct control techniques of the doubly fed induction machin for wind energy generation application", Tesis Doctoral en el programa de Doctorado, Goi Eskola Politeknikoa / Escuela Politécnica Superior / Faculty of Engineering 03 de julio de 2008.

[192]-<http://www.wind-energy-the-facts.org/en/part-i-technology>

[193]-Yao Duan and Ronald G. Harley " Present and Future Trends in Wind Turbine Generator Designs", 978-1-4244-4936-1/09/\$25.00 ©2009 IEEE

[194]-<http://www.intertek.com/wind/small/>

[۱۹۵]- گزارش " آزمونهای تحویلگیری کانورتر و راه اندازی مجموعه کانورتر و ژنراتور DFIG توربین بادی ۲ مگاواتی"، پروژه "نظارت بر خرید، تست، نصب و راه‌اندازی یک نمونه کانورتر جهت اتصال به ژنراتورهای القایی DFIG توربین بادی"، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی الکترونیک قدرت، شهریورماه ۱۳۹۲.

[۱۹۶]- گزارش " الگوریتم طراحی الکتریکی یکسوساز سیستم تحریک استاتیک برای ژنراتورهای ۱۶۰ تا ۲۵۰ مگاواتی"، پروژه " طراحی یکسوساز سیستم تحریک استاتیک و نظارت بر ساخت، تست و راه اندازی آن"، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی الکترونیک قدرت، آذرماه ۱۳۹۰.

[۱۹۷]- گزارش " تدوین پروژه‌های اجرایی سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری تجهیزات الکترونیک قدرت در شبکه برق"، پروژه " تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری تجهیزات الکترونیک قدرت در شبکه برق"، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی الکترونیک قدرت، شهریورماه ۱۳۹۴.

[۱۹۸]- گزارش " مطالعه و گردآوری اطلاعات و استانداردهای یکسوساز سیستم تحریک استاتیک ژنراتور سنکرون"، پروژه " طراحی یکسوساز سیستم تحریک استاتیک و نظارت بر ساخت، تست و راه اندازی آن"، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی الکترونیک قدرت، بهمن ماه ۱۳۸۸.

[199]- Lee, Woo Cheol, Dong Myung Lee, and Taeck Kie Lee. "New control scheme for a unified power-quality compensator-Q with minimum active power injection." IEEE Transactions on Power Delivery 25.2 (2010): 1068-1076.

[200]- Ekemezie, Paul Nosike. "Design of a power factor correction ac-dc converter." AFRICON 2007. IEEE, 2007.

[201]- Dehini, Rachid, Chellali Benachaiba, and Abdesselam Bassou. "Simulation of distribution static compensator (D-STATCOM) to improve power quality." Arabian Journal for Science and Engineering 38.11 (2013): 3051-3058.

[202]- Kirubakaran, Annamalai, Shailendra Jain, and R. K. Nema. "A review on fuel cell technologies and power electronic interface." Renewable and Sustainable Energy Reviews 13.9 (2009): 2430-2440.

[203]- F. Blaabjerg, Zhe Chen and S. B. Kjaer, "Power electronics as efficient interface in dispersed power generation systems," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 19, no. 5, pp. 1184-1194, Sept. 2004.

[204]-www.rodovens.com

[205]- http://electrodebazar.com/about_inverter.

[206]- <http://www.iec.ch/search/?q=iec%2060974>

[207]- <http://www.lg.com/lk/home-air-conditioners/lg-JSQ126ENP7>

[208]- Sarnago, H., et al. "A comparative evaluation of high-efficiency resonant converters for domestic induction heating." Industrial Electronics Society, IECON 2013-39th Annual Conference of the IEEE. IEEE, 2013.

[209]- Compact fluorescent lamps, From Wikipedia.

[210]- "The IESNA Lighting Handbook –Reference & Application", 9th edition, 2000.

[211]- Strong Growth in Compact Fluorescent Bulbs Reduces Electricity Demand, Worldwatch Institute, Alice

Mckeown, October 2008.

[۲۱۲]- گزارش " مطالعه و بررسی کلی درخصوص لامپهای CFL و مشخصات رفتاری و کاربردهای آن "، پروژه " مطالعات بکارگیری گسترده لامپهای کم مصرف CFL در کشور "، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی الکترونیک قدرت، آبان‌ماه ۱۳۸۸.

[213]- CFL Labeling Harmonization in the United States, China, Brazil and ELI Member Countries: Specifications, Testing, and Mutual Recognition, Environmental Energy Technologies Division, July 2005.

[214]- The Transition to LED Illumination: A Case Study on Energy Conservation, Narendra B Soni, P.Devendra, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 2005-2008.

[۲۱۵]- گزارش " مطالعه و بررسی آماری میزان و چگونگی تولید و استفاده از لامپهای CFL در سایر کشورهای جهان "، پروژه " مطالعات بکارگیری گسترده لامپهای کم مصرف CFL در کشور "، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی الکترونیک قدرت، شهریورماه ۱۳۸۸.

[216]- "LEDs Clobber CFLs; Turn Indoor Farming Into New Growth Market", Dennis Wamsted, the Energy Collective, February 2016.

[217]- "LED A-Line Lamp Shipments Posted Another Strong Quarter to Close 2015", NEMA, Feb 2016.

۲- فصل دوم

۱-۲- تقسیم بندی تجهیزات الکترونیک قدرت

۲-۱-۱- مقدمه

بشر همواره به دنبال استفاده بهینه و آسان از منابع موجود بوده است. الکترونیک قدرت فناوری‌ای است که جهت تبدیل انرژی الکتریکی به مشخصه‌ی بهینه‌ی آن ایجاد شده‌است. به عبارت دیگر با استفاده از این فناوری مشخصه‌ی مناسبی از ولتاژ یا جریان که کاربرد بهینه را فراهم می‌آورد ایجاد می‌شود. ایده‌ی استفاده از فناوری الکترونیک قدرت به دهه‌ی ۱۹۳۰ میلادی برمی‌گردد به طوری که مترو نصب شده در نیویورک مجهز به یکسوسازهای قوس جیوه‌ای برای موتورهای DC بوده‌اند و در سال ۱۹۳۱ در آلمان از مبدل‌های سیکلوکانورتر^{۸۳} قوس جیوه‌ای جهت استفاده در محرکه موتورهای یونیورسال^{۸۴} استفاده شده‌است. همچنین اولین محرکه الکترونیکی موتورهای سنکرون ولتاژ و فرکانس متغیر با استفاده از تکنولوژی لوله‌ی پر شده گاز قوس جیوه با توان ۴۰۰ اسب بخار در سال ۱۹۳۴ به کار برده شده است. در آن سالها لفظ الکترونیک صنعتی به جای الکترونیک قدرت مورد استفاده قرار می‌گرفت. با توجه به هزینه اولیه بالا، نیاز به حجم زیاد و نگهداری زیاد تجهیزات ابتدایی الکترونیک قدرت، تحول زیادی در زمینه الکترونیک قدرت با اختراع ترایستور به عنوان اولین تجهیز تجاری مبتنی بر حالت جامد الکترونیک قدرت ایجاد شده است و الکترونیک قدرت مدرن شکل گرفته است. همزمان با رشد و نمو کلیدهای الکترونیک قدرت، کاربردهای این فناوری نیز افزایش یافته است. شایان ذکر است که تنها رشد کاربردهای الکترونیک قدرت به رشد کلیدهای الکترونیک قدرت وابسته نبوده است، بلکه به رشد تئوری و روش‌های کنترلی، رشد تکنولوژی میکروپروسسورها، رشد سیستم‌های مخابراتی و الکترونیکی و نیازمندی‌های مختلف صنعت برق سبب نیز مرتبط بوده است. استفاده از این تکنولوژی سبب تحولات زیادی در صنعت برق و دیگر صنایع وابسته به آن شده است.

همانطور که پیشتر بیان شد، نیازمندی‌ها و ضرورت‌های صنعت برق سبب ایجاد پیشرفت‌هایی در بخش الکترونیک قدرت و افزایش کاربردهای این فناوری در زمینه‌های مختلف شده است. به عنوان نمونه، با افزایش تقاضای انرژی الکتریکی، نیاز انتقال عمده انرژی بین منابع تولید انرژی و مصرف انرژی و همچنین اتصال شبکه‌های کشورهای مختلف به یکدیگر، سبب به کارگیری فناوری الکترونیک قدرت و رشد و توسعه‌ی سیستم‌های انتقال ولتاژ بالای جریان مستقیم^{۸۵} (HVDC) و سیستم‌های قابل انعطاف AC^{۸۶} (FACTS) شده است. سیستم‌های HVDC کاربرد زیادی جهت انتقال عمده توان بین کشورها، مناطق دور دست تولید و مصرف فراهم آورده‌اند و استفاده از آنها رشد زیادی داشته است. ادوات FACTS نیز امکان ایجاد گذر توان بهینه در شبکه و برق‌رسانی با قابلیت اطمینان و کیفیت توان بالا را فراهم می‌آورند و کاربرد آنها رشد و توسعه زیادی داشته است.

مسائل زیست محیطی و پایان پذیر بودن سوخت‌های فسیلی سبب رشد توجه به انرژی‌های تجدیدپذیر و سوخت‌های پاک شده‌است. اتصال این تجهیزات به شبکه و بهره‌برداری از آنها بدون استفاده از تجهیزات الکترونیک قدرت مقدور نمی‌باشد. همچنین ایده‌ی استفاده از ریزشبکه‌ها و شبکه‌های هوشمند جهت استفاده بهینه از انرژی الکتریکی، افزایش نفوذپذیری واحدهای تولید پراکنده، افزایش کنترل‌پذیری و انعطاف‌پذیری شبکه مطرح شده است. در مراجع مختلف، نقش سیستم‌های مختلف مبتنی بر الکترونیک قدرت به وضوح بیان شده و این فناوری را یکی از مهمترین و اساسی‌ترین زیرساخت‌های شبکه‌ی هوشمند برشمرده است.

در خودروهای الکتریکی و ترکیبی، از این فناوری در محرکه‌ی موتورها، مبدل‌های واسط ذخیره‌سازها و منابع انرژی الکتریکی و شارژرها استفاده زیادی شده‌است. محرکه‌های صنعتی نیز کاربرد زیادی در افزایش بهره‌وری موتورهای الکتریکی و فرآیندهای صنعتی ایفا کرده‌اند.

⁸³ cycloconverters

⁸⁴ universal

⁸⁵ High voltage DC

⁸⁶ flexible ac transmission systems

مطالب بیان شده تنها قسمتی از کاربردها و خدمات فناوری الکترونیک قدرت در صنعت برق بوده است. از آنجاییکه این تکنولوژی در صنعت برق کاربردهای فراوانی دارد، در صورتیکه تجهیزات الکترونیک قدرت وارداتی و یا ساخت داخل، مطابق استانداردها نباشند می‌توانند زیان و خسارت فراوانی به صنعت برق و یا استفاده‌کنندگان منفرد آن ایجاد نمایند. به عنوان مثال اثرات تجمعی لامپ‌های مختلف بر ترانسفورماتور سیستم توزیع در کشور استرالیا مورد بررسی قرار گرفته شده است و نشان داده شده‌است در صورتیکه لامپ‌های فشرده، استاندارد لازم از لحاظ انتشار هارمونیکی را فراهم نکنند می‌تواند در عمر مفید ترانسفورماتور سیستم توزیع کاهش زیادی ایجاد نمایند. با توجه به موارد بیان شده نیازمندی به آزمایشگاه‌هایی جهت تست این تجهیزات مطابق استانداردهای بین‌المللی و ملی، اجتناب‌پذیر است. در این پروژه، امکان برپایی آزمایشگاه‌های الکترونیک قدرت در کشور مورد بررسی قرار خواهد گرفت. بدین منظور ابتدا چند نمونه از آزمایشگاه‌های مطرح بین‌المللی مورد بررسی قرار گرفته‌اند تا دید بهتری از تقسیم‌بندی‌ها و آزمایش‌هایی که باید انجام گیرد، به دست بیاید. سپس بر مبنای آنها، کلیه ادوات الکترونیک قدرت مورد استفاده در صنعت برق و انرژی شناسایی و تقسیم‌بندی می‌شوند تا بتوان دید کلی از نیازهای کشور در این زمینه به‌دست آید.

۲-۱-۲ معرفی کلی چند نمونه از آزمایشگاه‌های الکترونیک قدرت مطرح در سطح بین‌المللی

آزمایشگاه‌های مرجع مختلفی جهت تست تجهیزات الکترونیک قدرت در دنیا وجود دارند که چند نمونه آن عبارتند از:

❖ آزمایش تست تجهیزات الکترونیک قدرت TECNALIA در کشور اسپانیا: در این آزمایشگاه تجهیزات صنعتی الکترونیک قدرت زیر

مورد آزمایش قرار می‌گیرند:

✓ اینورترهای فتوولتائیک

✓ کانورترهای قدرت

✓ ادوات FACTS

✓ تجهیزات الکترونیکی برای اتصال سیستم‌ها به شبکه

✓ محرکه‌های موتورهای صنعتی

✓ ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی

❖ آزمایشگاه EMCC DR. RAŠEK در کشور آلمان: در این آزمایشگاه تست مصونیت^{۸۷} و انتشار^{۸۸} سازگاری الکترومغناطیسی^{۸۹} (

EMC) تجهیزات الکترونیک قدرت زیر انجام می‌گیرد:

✓ تست الکترونیک صنعتی شامل تجهیزات علمی-پزشکی صنعتی (تجهیزات پزشکی، آزمایشگاهی، علمی، MRI،

دستگاه‌های اندازه‌گیری پروسه صنعتی و کنترلی)، اسباب‌بازی‌های الکتریکی، کولرها، مته دندانپزشکی، جاروبرقی، چرخ

⁸⁷ Immunity

⁸⁸ Emission

⁸⁹ Electromagnetic Compatibility

خیاطی، تجهیزات لحیم کاری، کامپیوتر خانگی، UPS، ماشین CNC، ربات‌های نقاش، ماشین‌های خرد کننده^{۹۰} و دستگاه فرز^{۹۱}.

✓ تجهیزات الکترونیک قدرت شامل: محرکه‌های الکتریکی صنعتی، اینورترهای فتوولتائیک، منابع تغذیه، ژنراتور الکتریکی، یکسوسازها، کلیدهای توان بالا، رله‌های اندازه‌گیری، تجهیزات حفاظتی، سیستمهای ذخیره انرژی، سیستمهای انرژی تجدیدپذیر.

✓ تجهیزات الکترونیک قدرت مربوط به حمل و نقل ریلی: مبدل‌های الکترونیک قدرت، منابع توان، سیستم اطلاعات و سیگنال، روشنایی و کولرها.

✓ تجهیزات الکترونیک مصرف کننده: اجاق‌های ماکروویو، سیستم‌های پخت و پز القایی، سیستمهای صوتی تلویزیون و ویدئو، جارو برقی، تجهیزات الکتریکی گرمایی و تجهیزات روشنایی الکتریکی.

❖ آزمایشگاه موسسه سیستمهای انرژی خورشیدی Fraunhofer: در این آزمایشگاه تست اینورترهای الکترونیک قدرت فتوولتائیک، اینورترهای باتری، مبدل‌های DC/DC، شارژرهای تک جهته و دو جهته، در بازه‌ی توانی از وات تا مگاوات مورد تست قرار می‌گیرد.

❖ موسسه مهندسی برق KONČAR در کشور کرواسی: در این آزمایشگاه تست‌های زیر انجام می‌گیرد:

✓ تست الکترونیک قدرت شامل استانداردهای IEC 62477، IEC/TS 62578 و IEC 62040-1

✓ سیستمهای محرکه الکترونیک قدرت شامل استانداردهای IEC 61800

✓ اینورترهای قدرت PV شامل استانداردهای EN 61683، EN 62109، EN 60146، EN 62446، IEC/TS 62578

✓ کاربردهای حمل و نقل ریلی شامل استانداردهای EN 50121، EN 50155، IEC 61287، EN 61373، IEC 61377-1 و IEC 61377-3.

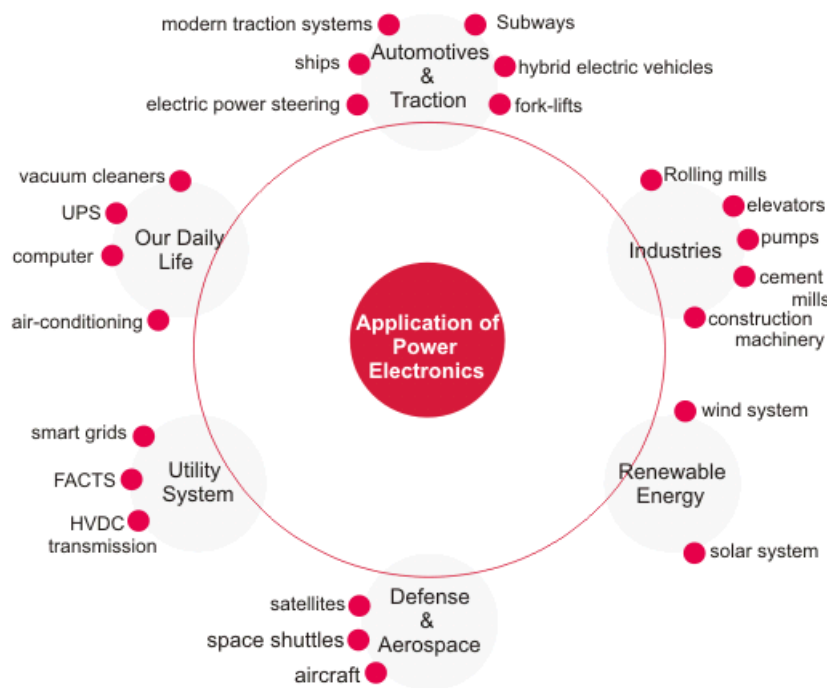
۲-۱-۳- دسته بندی تجهیزات الکترونیک قدرت بر حسب استانداردها

با توجه به مطالب بیان شده، نیاز به آزمایشگاههایی جهت فراهم آوردن تست آزمایشگاهی تجهیزات الکترونیک قدرت بر اساس استانداردهای بین‌المللی و ملی آشکار می‌شود. در این پروژه ساختاری جهت تست تجهیزات پر کاربرد الکترونیک قدرت بر اساس اولویت‌بندی‌های صورت گرفته، معرفی خواهند شد. بدین منظور لازم است تا این تجهیزات شناسایی و تقسیم‌بندی شوند.

⁹⁰ grinding machines,

⁹¹ milling machines

تقسیم‌بندی‌های مختلفی از انواع تکنولوژی الکترونیک قدرت توسط مراجع مختلف ارائه شده است. ۰، شمای کلی از تجهیزاتی که در آنها از فناوری‌های الکترونیک قدرت استفاده شده است، را نشان می‌دهد [۱].



شکل (۱-۲) کاربردهای فناوری الکترونیک قدرت

بر اساس [۱]، تجهیزات الکترونیک قدرت در گروه‌بندی‌های نشان داده شده در ۰ به صورت زیر دسته‌بندی می‌شود:

- کاربرد خانگی : تجهیزاتی مانند تنظیم‌کننده‌ی تهویه، دیمر چراغ، کولر، اجاق القایی، لامپ‌های اضطراری، کامپیوترهای خانگی، جارو برقی، شارژر باتری
- سیستم‌های حمل و نقل و ریلی: مترو، خودورهای الکتریکی ترکیبی و سیستم‌های ریلی
- صنعت: بیشتر موتورهای مورد استفاده در صنعت از فناوری الکترونیک قدرت استفاده می‌کنند مانند: موتورهای مورد استفاده در صنعت سیمان و نساجی، کمپرسورها، پمپ‌ها، دمنده‌ها، بالابرها، کوره‌های قوس الکتریکی، کاربردهای گرمادهی، سیستم‌های توان اضطراری و ماشین‌های ساختمانی
- تجهیزات هوافضا و دفاعی: منابع تغذیه در ماهواره‌ها، هواپیماها، شاتل‌های فضایی، کنترل پیشرفته در موشک‌ها و وسایل نقلیه بدون سرنشین.
- منابع انرژی تجدیدپذیر: سیستم‌های تولید پراکنده مانند خورشیدی و بادی نیاز به مبدل‌های واسط دارند.

- سیستم‌های مرتبط با شبکه: سیستم‌های HVDC، جبران‌کننده‌ی توان راکتیو، مدار شکن‌های استاتیکی، سیستم‌های تحریک نیروگاهی، ادوات FACTS و شبکه‌های هوشمند.

در مرحله‌ی اول دسته‌بندی انواع تجهیزات الکترونیک قدرت انجام می‌شود. این دسته‌بندی بر اساس کاربرد این تجهیزات بوده و در حد امکان به طریقی انجام شده است تا تجهیزاتی که تست آزمایشگاهی و یا استاندارد یکسان دارند در یک دسته قرار گیرند.

در تقسیم‌بندی تجهیزات ابتدا مطالعات، تقسیم‌بندی و مطالب مطرح شده در فصل ۱ در نظر گرفته شده است. سند جامع الکترونیک قدرت که در سال ۱۳۹۴ توسط پژوهشگاه نیرو تدوین شده است مورد بررسی قرار گرفته و اولویت‌بندی‌های آن نیز مد نظر قرار گرفته است. تقسیم‌بندی‌های مطرح شده در آزمایشگاه‌های مختلف که در قسمت قبل بیان شده، نیز در نظر گرفته شده است. بر اساس این اطلاعات و بررسی‌ها، دسته‌بندی‌های تجهیزات براساس کاربردها، استانداردهای مورد نیاز و با هدف اینکه تجهیزات هر دسته دارای آزمایشگاه‌های مشابهی باشند، به صورت زیر صورت گرفته است:

❖ تجهیزات الکترونیک قدرت مورد استفاده در سطح مشترکین

✓ تجهیزات عمومی:

- تجهیزات روشنایی

➤ راه‌انداز لامپ‌های فشرده فلورسنت^{۹۲} (CFL) [۲]

➤ راه‌انداز لامپ‌های LED [۳]

➤ دیمر الکترونیکی جهت تغییر روشنایی لامپ [۴].

➤ بالاست^{۹۳} الکترونیکی [۹۶].

➤ راه‌انداز لامپ‌های اضطراری [۱۰۰]

- منابع تغذیه سوئیچینگ^{۹۴} مورد استفاده در:

➤ کامپیوترهای خانگی و قابل حمل

➤ تلویزیون، رادیو و وسایل دیداری و شنیداری

➤ باتری شارژرها [۵]

- محرکه‌های الکتریکی به کار رفته در تجهیزات خانگی:

بسته به کاربرد می‌توان دسته‌بندی‌های زیر را بر حسب کاربرد برای این تجهیزات الکترونیک قدرت در نظر گرفت:

^{۹۲} Compact fluorescent lamp

^{۹۳} Ballast

^{۹۴} Switching power supply

- مبدل‌های به کار رفته در کولرهای گازی مجهز به اینورتر
 - محرکه‌های به کار رفته در کولرهای آبی
 - سیستم‌های خانگی، گرمایش، تهویه مطبوع و خنک‌سازی^{۹۵} (HVAC) [۹۴]،
 - مبدل‌های به کار رفته در یخچال
 - مبدل‌های به کار رفته در ماشین لباسشویی، ماشین ظرفشویی و جاروبرقی مجهز به اینورتر
 - اجاق‌های القایی^{۹۶}
- در این وسایل، توسط جریان فوکو برق تولید می‌شود. جریان فوکو با فرکانس بالا، سبب ایجاد گرما در المان شده و به سرعت دما به مقدار مناسب می‌رسد. ایجاد ولتاژ و جریان با فرکانس بالا توسط ادوات الکترونیک قدرت انجام می‌گیرد [۶].
- اجاق‌های مایکرو ویو^{۹۷}
- در این نوع از تجهیزات نیز مبدل الکترونیک قدرت استفاده می‌شود. ابتدا ولتاژ ورودی افزایش یافته و سپس تبدیل به DC شده و تبدیل به ولتاژ با فرکانس زیاد می‌شود [۷].
- تجهیزات مربوط به منابع تغذیه بدون وقفه^{۹۸} (UPS)
- انواع UPS های شامل آنالاین و آفلاین در این دسته قرار می‌گیرند [۹].
- ✓ تجهیزات صنعتی شامل:
- محرکه‌های الکتریکی صنعتی شامل:
 - محرکه‌های الکتریکی موتورهای DC
 - محرکه‌های الکتریکی موتورهای AC
 - موتورهای القایی (ولتاژ متوسط^{۹۹} (MV) و ولتاژ پایین^{۱۰۰} (LV))
 - موتورهای سنکرون مغناطیس دائم (در MV و LV)

⁹⁵ appliance and heating, ventilating, and air conditioning (HVAC)

⁹⁶ Induction cooking

⁹⁷ Microwave oven

⁹⁸ Uninterrupted power supply

⁹⁹ Medium voltage (MV)

¹⁰⁰ Low Voltage (LV)

○ موتور سنکرون (در MV و LV)

○ موتور سوئیچ رلوکتانس سنکرون (در تنها LV)

➤ محرکه‌های سایر موتورها شامل موتورهای رلوکتانس سوئیچ شده^{۱۰۱} (SR)، بدون جاروبک^{۱۰۲}، سروو موتور^{۱۰۳} و موتور

پله‌ای^{۱۰۴}

• راه‌اندازهای نرم^{۱۰۵}

این راه‌اندازها علاوه بر استفاده جهت راه‌اندازی نرم موتورهای القایی [۱۰۱]، [۱۰۲] در راه‌اندازی ژنراتورهای القایی به کار رفته در توربین‌های بادی [۱۰۴]، [۱۰۵]، [۱۰۶] نیز به کار می‌روند.

• یکسوسازهای صنعتی [۸]

• شارژرهای صنعتی [۱۰۳]

این تجهیزات در کاربردهایی چون تغذیه سیستم‌های حمل مواد^{۱۰۶}، تمیز کننده کف، واکس زننده کف، بالابرهای مورد استفاده در صنعت به کار می‌روند. همچنین در سیستم‌های کشتی‌های تجاری و حمل و نقل ریلی و مترو نیز کاربرد دارند.

• مبدل‌های مربوط به کوره القایی شامل سیکلکانورتر و مبدل‌های ماتریسی [۱۵]

• مبدل‌های جوشکاری [۱۲۲]

❖ تجهیزاتاتی که جهت بهبود کیفیت توان توسط شرکت‌های توزیع و یا مصرف‌کننده‌های خاص به کار می‌روند:

✓ بهبود دهنده‌های ضریب توان^{۱۰۷} (PFC) [۱۰] شامل سیستم‌های تکفاز و سه فاز.

✓ فیلترهای فعال قدرت^{۱۰۸} (APF) [۱۱] سری و یا موازی و ترکیبی به صورت تکفاز و سه فاز در رنج‌های توانی و ولتاژی مختلف [۹].

✓ سیستم یکپارچه کیفیت توان^{۱۰۹} (UPQC) [۱۲]

✓ ترانسفورماتورهای الکترونیک قدرت^{۱۱۰} (PET) [۱۳]

¹⁰¹ Switched reluctance

¹⁰² Brushless

¹⁰³ Servo motor

¹⁰⁴ Step motor

¹⁰⁵ Soft starter

¹⁰⁶ Material handling

¹⁰⁷ Power factor corrector

¹⁰⁸ Active power filter

¹⁰⁹ Unified Power quality compensator

¹¹⁰ Power electronics transformer

- ✓ کلید انتقال بار استاتیک^{۱۱۱} (STS)
- ✓ مدار شکن استاتیکی^{۱۱۲} (SCB)
- ✓ محدودکننده جریان استاتیکی^{۱۱۳} (SCL)
- ✓ جبران‌ساز استاتیکی سیستم توزیع^{۱۱۴} (DStatCom)
- ❖ مبدل‌های به کار رفته در منابع تولید پراکنده
- ✓ مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های فتوولتائیک شامل:
 - مبدل‌های dc/dc یا بهبوددهنده توان^{۱۱۵} جهت تغییر سطح ولتاژ و یا جستجوی توان نقطه بهینه^{۱۱۶} (MPPT)
 - اینورترهای فتوولتائیک:
 - این اینورترها در رنج توانی و مد عملکردی مختلف شامل حالت جزیره‌ای و یا متصل به شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرند که هر کدام ملزومات و استانداردهای خود را دارند.
 - سیستم‌های فتوولتائیک مورد استفاده در در معابر، چراغ‌ها و علایم راهنمایی و رانندگی [۱۶].
 - پمپ‌های خورشیدی:
 - در پمپ‌های خورشیدی از فناوری الکترونیک قدرت استفاده می‌شود این کاربرد را می‌توان از استفاده‌های دیگر این فناوری در استفاده از انرژی خورشیدی برشمرد [۹۷].
 - ✓ مبدل‌های به کار رفته در توربین‌های بادی شامل:
 - مبدل‌های مورد استفاده برای ژنراتورهای دوسو تغذیه^{۱۱۷} (DFIG) [۹۸]
 - مبدل‌های مورد استفاده برای ژنراتورهای سنکرون [۱۰۷]
 - مبدل‌های DC/DC مورد استفاده در کاربردهای خاص [۱۷]
 - در کاربردهایی که نیاز به MPPT وجود دارد و ایزولاسیون الکتریکی خاصی مورد نیاز باشد، از این مبدل‌ها استفاده می‌شود.
 - ✓ مبدل‌های به کار رفته در پیل سوختی [۱۷]، [۱۸] شامل:
 - مبدل‌های DC/DC مورد استفاده در سیستم‌های پیل سوختی:

¹¹¹ Static Transfer Switch

¹¹² Static Circuit Breaker

¹¹³ Static Current Limiter

¹¹⁴ Distribution StatCom

¹¹⁵ Power optimizer

¹¹⁶ Maximum power point tracking (MPPT)

¹¹⁷ Doubly Fed induction generator

این مبدل‌ها شامل مبدل‌های با رنج توانی مختلف است و طیف گسترده‌ای از مبدل‌های دارای ایزوله و غیر ایزوله را شامل می‌شود. کاربرد این مبدل‌ها در خودروها و تجهیزات نقلیه الکتریکی و ترکیبی نیز است. همچنین در سایت‌های نظامی و منطق دور دست می‌توانند در ریزشبکه DC به کار روند.

- اینورترهای مورد استفاده در سیستم‌های پیل سوختی:

در کاربردهای AC از اینورتر نیز استفاده می‌شود که ملزومات خود را از لحاظ بازده و همچنین هارمونیک ایجاد شده و اثرات EMI دارد.

✓ مبدل به کار رفته در میکروتوربین‌ها [۴۳]، [۴۴]

✓ مبدل فرکانس استاتیک^{۱۱۸} (SFC) مورد استفاده در توربین‌های آبی کوچک^{۱۱۹} [۴۵]، [۴۶]

❖ مبدل‌های به کار رفته در ذخیره‌سازها:

✓ مبدل به کار رفته در سیستم‌های ذخیره‌سازی باتری^{۱۲۰} [۴۷]، [۴۹]

✓ مبدل به کار رفته در سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی تلمبه ذخیره‌ای^{۱۲۱} [۴۸]

✓ مبدل به کار رفته در سیستم ذخیره‌سازی ابررسانا مغناطیسی^{۱۲۲} (SMES) [۵۰]، [۵۱]، [۵۲]

✓ مبدل به کار رفته در سیستم‌های ذخیره‌سازی ابرخازن‌ها^{۱۲۳} [۵۳] [۵۴]

✓ مبدل به کار رفته در سیستم چرخ گردان^{۱۲۴} [۵۵]، [۵۶]

❖ مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های نیروگاهی [۵۷]

✓ سیستم تحریک استاتیک

✓ راه‌انداز SFC

❖ مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های HVDC شامل:

✓ سیستم‌های HVDC سنتی (مبدل‌های منبع جریان) [۶۱] - [۶۳]

در این سیستم‌ها از مبدل‌های منبع ولتاژ استفاده می‌شود و معمولاً از ترستورهای با جریان بالا در آن استفاده می‌شود. سطح ولتاژ و توان در اینگونه از سیستم‌ها بسیار زیاد است و برای انتقال حجم زیاد توان بین مراکز عمده تولید به مراکز عمده مصرف، اتصال نواحی با فرکانس متفاوت به کار می‌رود.

¹¹⁸ Static frequency converter

¹¹⁹ micro Hydro Power Plant

¹²⁰ Battery energy storage

¹²¹ Pumped hydro storage

¹²² Superconductive Magnetic Energy Storage

¹²³ Super capacitive

¹²⁴ Fly wheel

✓ مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های جدید HVDC با فناوری مبدل‌های منبع ولتاژ^{۱۲۵} تحت عنوان HVDC light و یا HVDC

Plus [۶۴]، [۶۸]، [۶۹]

در این گونه از سیستم‌ها از مبدل‌های منبع ولتاژ استفاده می‌شود و در سطوح ولتاژ متوسط و بالا مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. یکی از کاربرد اصلی آنها در مزارع بادی فراساحلی^{۱۲۶} است.

❖ مبدل‌های به کار رفته در ادوات سیستم‌های انتقال AC انعطاف‌پذیر^{۱۲۷} (FACTS) شامل:

✓ جبران‌ساز استاتیک توان راکتیو^{۱۲۸} (SVC) [۶۷]

• راکتور کنترل شونده تریستوری^{۱۲۹} (TCR)

• راکتور سوئیچ شونده تریستوری^{۱۳۰} (TSR)

• خازن قابل کلیدزنی تریستوری^{۱۳۱} (TSC)

✓ راکتور سری کنترل شده ی تریستوری^{۱۳۲} (TCSR) [۷۲]

✓ راکتور سری قابل کلیدزنی تریستوری^{۱۳۳} (TSSR) [۷۳]

✓ خازن سری قابل کلیدزنی تریستوری^{۱۳۴} (TSSC) [۷۴]

✓ خازن سری کنترل شده ی تریستوری^{۱۳۵} (TCSC) [۷۵]، [۷۶]

✓ امپدانس سری توزیع شده^{۱۳۶} (DSI) [۷۷]

✓ جبران‌ساز استاتیکی^{۱۳۷} (STATCOM) [۷۰]، [۷۱]

✓ جبران کننده سری سنکرون استاتیکی^{۱۳۸} (SSSC) [۷۸]، [۷۹]

¹²⁵ Voltage Source Converter (VSC)

¹²⁶ Off-Shore

¹²⁷ Flexible Alternating Current Transmission System

¹²⁸ Static Var Compensator

¹²⁹ Thyristor controlled reactor

¹³⁰ Thyristor switched reactor

¹³¹ Thyristor Switched Capacitor

¹³² Thyristor controlled series reactor

¹³³ Thyristor switched series reactor

¹³⁴ Thyristor switched series capacitor

¹³⁵ Thyristor controlled series capacitor

¹³⁶ Distributed Series Impedance

¹³⁷ Static Compensator

¹³⁸ Static Synchronous Series Compensator

- ✓ جبران کننده سری بین فاز^{۱۳۹} [۸۰] - [۸۲]
- ✓ جبران کننده سری استاتیکی توزیع شده^{۱۴۰} (DSSC) [۸۳]
- ✓ جبران‌ساز استاتیکی پشت به پشت^{۱۴۱} (BTB StatCom) [۸۴]
- ✓ کنترل کننده پخش توان بین خطوط^{۱۴۲} (IPFC) [۸۵]
- ✓ کنترل کننده یکپارچه پخش توان^{۱۴۳} (UPFC) [۳۹]، [۴۰]
- ✓ ترانسفورماتور جابجاگر فاز قابل کنترل تریستوری^{۱۴۴} (TCPSTO) [۴۱]، [۴۲]
- ✓ جابجاگر فاز استاتیک^{۱۴۵} (SPS) [۳۷]، [۳۸]
- ✓ کنترل کننده دینامیک توان^{۱۴۶} (DFC) [۳۵]، [۳۶]
- ✓ کنترل کننده پخش توان توزیع شده^{۱۴۷} (DPFC) [۳۴]
- ✓ محدودساز جریان خط^{۱۴۸} [۳۳].
- ✓ تنظیم کننده ولتاژ کنترل شده تریستوری^{۱۴۹} (TCVR) [۳۲]
- ✓ محدود کننده ولتاژ کنترل شده تریستوری^{۱۵۰} (TCVL) [۳۱]
- ✓ مقاومت ترمزی کنترل شده تریستوری^{۱۵۱} (TCBR) [۳۰]
- ❖ مبدل‌های به کار رفته در تجهیزات حمل و نقل الکتریکی
- ✓ مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های حمل و نقل جاده‌ای (شامل خودرو، اتوبوس، کامیون، موتور سیکلت و دوچرخه‌های برقی)
- ایستگاههای شارژ خودروهای برقی [۲۴]:

¹³⁹ Interphase power flow controller

¹⁴⁰ Distributed static series compensation

¹⁴¹ Back to Back STATCOM

¹⁴² Interline Power Flow Controller

¹⁴³ Unified Power Flow Controller

¹⁴⁴ Thyristor Controlled Phase Shifting Transformer

¹⁴⁵ Static phase shifter

¹⁴⁶ Dynamic flow controller

¹⁴⁷ Distributed Power Flow Controller

¹⁴⁸ Fault current limiter (FCL)

¹⁴⁹ Thyristor Controlled Voltage regulator

¹⁵⁰ Thyristor Controlled Voltage Limiter

¹⁵¹ Thyristor Controlled Braking Resistor

- شارژ سریع باتری که معمولاً در مکان‌های عمومی مانند پارک‌ها اتفاق می‌افتد به صورت برق dc انجام می‌شود که نیاز به یکسوسازی ولتاژ ac سمت شبکه و یا ایجاد یک ریز شبکه dc است.
- تجهیزات الکترونیک قدرت به کار رفته در سیستم‌های خودروی الکتریکی (نصب شده بر روی خودروهای الکتریکی) شامل:
 - محرکه‌های الکتریکی موتور در خودرو هیبریدی (برای موتورهای dc، رلوکتانس سوئیچ شده (SR) و موتورهای (AC
 - مبدل‌های به کار رفته در سیستم ترمز و بازیافت انرژی
 - مبدل به کار رفته در دوچرخه برقی
 - مبدل به کار رفته در موتور سیکلت برقی
 - ✓ مبدلهای به کار رفته در سیستم‌های حمل و نقل ریلی شامل:
 - یکسوسازهای به کار در سیستم حمل و نقل ریلی DC [۲۹]
 - سیستم‌های بازیافت انرژی سیستم حمل و نقل ریلی DC [۲۸]
 - مبدل‌های به کار رفته در شبکه‌های ریلی AC با برق ۱۶.۷ هرتز [۱۰۸]:
- در شمال اروپا به صورت سنتی از برق AC با فرکانس ۱۶.۷ هرتز استفاده می‌شود. جهت تبدیل برق 50 هرتز شبکه اصلی از مبدل‌های الکترونیک قدرت استفاده می‌شود. سیکلوکانورترها و همچنین تبدیل AC/DC/AC از طریق یکسوسازها و اینورترها معمولاً انجام می‌گیرد.
- مبدل‌های به کار رفته جهت تغذیه مدارات جانبی که عبارتند از:
 - تهیه برق سیستم‌های تهویه مجهز به اینورتر و روشنایی [۱۰۹]
 - تهیه برق مربوط به سیستم‌های فرمان، اضطراری با استفاده از ذخیره‌ساز [۱۱۰]
- محرکه‌های به کار رفته به صورت نصب شده بر روی سیستم‌های نقلیه ریلی (نصب شده بر روی واگن) شامل:
 - محرکه‌های القایی [۱۱۱]
 - محرکه‌های DC [۱۱۱]
 - محرکه‌های موتورهای مغناطیس دائم [۱۱۲]، [۱۱۳]
- مبدل به کار رفته در سیستم ترکیبی ذخیره‌سازها و دیزل جهت اتصال باتری [۱۱۴]، [۱۱۵]

• بهساز توان ریلی^{۱۵۲} (RPC) [۲۵]، [۱۱۶]

✓ تجهیزات به کار رفته در سیستم‌های کشتی [۸۹]، [۹۰]

✓ تجهیزات مربوط به هواپیما، ماهواره و کاربردهای فضایی [۹۱]، [۹۲] و [۹۳].

۲-۱-۴- منابع

- [1]- <https://www.electrical4u.com/application-of-power-electronics>
- [2]- A. Pavas, A. M. Blanco and E. Parra, "Analysing effective lighting devices impact on power quality and electric grid efficiency by means of FBD-power theory," 2012 IEEE 15th International Conference on Harmonics and Quality of Power, Hong Kong, 2012, pp. 182-189.
- [3]- N. R. Watson, T. L. Scott, and Stephen J. J. Hirsch, "Implications for Distribution Networks of High Penetration of Compact Fluorescent Lamps," IEEE Transactions on Power Delivery, VOL. 24, NO. 3, July 2009, pp. 1521 - 1528.
- [4]- Ned Mohan, "Power Electronics: Converters, Applications and Design," John Wiley Sons Inc 1995 ISBN: 0471142085.
- [5]- W. Weber, G. Deboy, W. Frank, O. Hellmund, A. Iberl and P. Leteinturier, "Energy saving by power electronics in household and automotive applications," Proceedings of the 17th International Conference Mixed Design of Integrated Circuits and Systems - MIXDES 2010, Warsaw, 2010, pp. 27-29.
- [6]- H. Sarnago, O. Lucia, A. Mediano and J. M. Burdio, "A comparative evaluation of high-efficiency resonant converters for domestic induction heating," IECON 2013 - 39th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Vienna, 2013, pp. 5016-5022.
- [7]- P. K. Sadhu, A. Bhattacharya and N. Pal, "Review of microwave oven-a health hazardous tool for cooking as compared to induction cooker," Proceedings of The 2014 International Conference on Control, Instrumentation, Energy and Communication (CIEC), Calcutta, 2014, pp. 137-141.
- [8]- Lipo, Thomas A. Vector control and dynamics of AC drives. Vol. 41. Oxford university press, 1996.
- [9]- Emadi, Ali, Abdolhosein Nasiri, and Stoyan B. Bekiarov. Uninterruptible power supplies and active filters. CRC press, 2004.
- [10]- J. P. M. Figueiredo, F. L. Tofoli and B. L. A. Silva, "A review of single-phase PFC topologies based on the boost converter," 2010 9th IEEE/IAS International Conference on Industry Applications - INDUSCON 2010, Sao Paulo, 2010, pp. 1-6.
- [11]- B. Singh, K. Al-Haddad, A. Chandra, "A review of active filters for power quality improvement," IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol. 46, no. 5, pp. 960-971, Oct 1999.

- [12]- Gopal, Pannala, Krishna Murthy, and B. GN Sreenivas. "A Review on UPQC for Power Quality Improvement in Distribution System." *Global Journal of Research In Engineering* 13.7 (2013).
- [13]- X. She, A. Q. Huang and R. Burgos, "Review of Solid-State Transformer Technologies and Their Application in Power Distribution Systems," in *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, vol. 1, no. 3, pp. 186-198, Sept. 2013.
- [14]- Korn, A., et al. "Power-electronic transformer tap-changer for increased AC arc furnace productivity." *Energy 2030 Conference, 2008. ENERGY 2008. IEEE. IEEE, 2008.*
- [15]- Liu, Yazhou, Gerald Thomas Heydt, and Ron F. Chu. "The power quality impact of cycloconverter control strategies." *IEEE Transactions on power delivery* 20.2 (2005): 1711-1718.
- [16]- N. Naghizadeh and S. S. Williamson, "A comprehensive review of power electronic converter topologies to integrate photovoltaics (PV), AC grid, and electric vehicles," 2013 *IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC)*, Detroit, MI, 2013, pp. 1-6.
- [17]-M. S. Ali, S. K. Kamarudin, M. S. Masdar and A. Mohamed, "An Overview of Power Electronics Applications in Fuel Cell Systems: DC and AC Converters", *The Scientific World Journal* Volume 2014 (2014), Article ID 103709, 9 pages.
- [18]- Zhe Zhang, Riccardo Pittini, Michael A.E. Andersen. Ole C. Thomsena, "A review and design of power electronics converters for fuel cell hybrid system applications" *Technoport RERC Research* 2012,
- [19]- Chau, K. T., and Zheng Wang. "Overview of power electronic drives for electric vehicles." *HAIT Journal of Science and Engineering-B: Applied Sciences and Engineering* 2.5-6 (2005): 737-761.
- [20]- Chan, Ching Chuen, and K. T. Chau. "An overview of power electronics in electric vehicles." *IEEE transactions on Industrial Electronics* 44.1 (1997): 3-13.
- [21]- Emadi, Ali, Young Joo Lee, and Kaushik Rajashekara. "Power electronics and motor drives in electric, hybrid electric, and plug-in hybrid electric vehicles." *IEEE Transactions on industrial electronics* 55.6 (2008): 2237-2245.
- [22]- M. Elsied et al., "Efficient Power-Electronic Converters for Electric Vehicle Applications," 2015 *IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC)*, Montreal, QC, 2015, pp. 1-6.
- [23]- H. van Hoek, M. Boesing, D. van Treek, T. Schoenen and R. W. De Doncker, "Power electronic architectures for electric vehicles," 2010 *Emobility - Electrical Power Train*, Leipzig, 2010, pp. 1-6.
- [24]- M. Yilmaz and P. T. Krein, "Review of Battery Charger Topologies, Charging Power Levels, and Infrastructure for Plug-In Electric and Hybrid Vehicles," in *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 28, no. 5, pp. 2151-2169, May 2013.
- [25]- . M. Mousavi Gazafrudi, A. Tabakhpour Langerudy, E. F. Fuchs and K. Al-Haddad, "Power Quality Issues in Railway Electrification: A Comprehensive Perspective," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 62, no. 5, pp. 3081-3090, May 2015.
- [26]- Chwei-Sen Wang, O. H. Stielau and G. A. Covic, "Design considerations for a contactless electric vehicle battery charger," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 52, no. 5, pp. 1308-1314, Oct. 2005.

- [27]- ABB traction rectifiers Diode rectifiers for DC traction substations, ABB corporation.
- [28]- Cikanek, S. R., and K. E. Bailey. "Regenerative braking system for a hybrid electric vehicle." American Control Conference, 2002. Proceedings of the 2002. Vol. 4. IEEE, 2002.
- [29]- S. R. Cikanek and K. E. Bailey, "Regenerative braking system for a hybrid electric vehicle," Proceedings of the 2002 American Control Conference (IEEE Cat. No.CH37301), Anchorage, AK, USA, 2002, pp. 3129-3134 vol.4.
- [30]- T. Hiyama, M. Mishiro, H. Kihara and T. H. Ortmeier, "Fuzzy logic switching of thyristor controlled braking resistor considering coordination with SVC," in IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 10, no. 4, pp. 2020-2026, Oct 1995.
- [31]- Georgilakis, Pavlos S., and Peter G. Vernados. "Flexible AC transmission system controllers: An evaluation." Materials Science Forum. Vol. 670. Trans Tech Publications, 2011.
- [32]- Srivastava, S. K. "Advanced power electronics based FACTS controllers: an overview." Asian Power Electronics Journal 4.3 (2010): 90-95.
- [33]- Jing, Shi, Zou Jiyan, and He Junjia. "Triggered-vacuum switch-based fault-current limiter." IEEE Power Engineering Review 20.6 (2000): 51-53.
- [34]- Yuan, Zhihui, et al. "A FACTS device: Distributed power-flow controller (DPFC)." IEEE transactions on power electronics 25.10 (2010): 2564-2572.
- [35]- Johansson, Nicklas. Aspects on Dynamic Power Flow Controllers and Related Devices for Increased Flexibility in Electric Power Systems. Diss. KTH Royal Institute of Technology-KTH, Stockholm, Sweden, 2011.
- [36]- Ahmadi, Roya, et al. "Power flow control and solutions with Dynamic Flow Controller." Electric Power Conference, 2008. EPEC 2008. IEEE Canada. IEEE, 2008.
- [37]- Iravani, M. R., et al. "Applications of static phase shifters in power systems." IEEE Transactions on Power Delivery 9.3 (1994): 1600-1608.
- [38]- M. R. Iravani and D. Maratukulam, "Review of semiconductor-controlled (static) phase shifters for power systems applications," in IEEE Transactions on Power Systems, vol. 9, no. 4, pp. 1833-1839, Nov 1994.
- [39]- L. Gyugyi, C. D. Schauder, S. L. Williams, T. R. Rietman, D. R. Torgerson and A. Edris, "The unified power flow controller: a new approach to power transmission control," in IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 10, no. 2, pp. 1085-1097, Apr 1995.
- [40]- K. K. Sen and E. J. Stacey, "UPFC-unified power flow controller: theory, modeling, and applications," in IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 13, no. 4, pp. 1453-1460, Oct 1998.
- [41]- Stel'Makov, V. N., V. P. Zhmurov, and A. N. Tarasov. "Thyristor-controlled phase-shifting devices." Russian electrical engineering 85.1 (2014): 10-17.
- [42]- Xiaonan, Yang, et al. "Modeling and control of thyristor controlled phase shifting transformer." Innovative Smart Grid Technologies-Asia (ISGT ASIA), 2015 IEEE. IEEE, 2015.

- [43]- Molinas, Marta. "The role of power electronics in distributed energy systems." Proceedings of the 5th AIST Symposium on Distributed Energy Systems. 2008.
- [44]- Kramer, W., et al. "Advanced power electronic interfaces for distributed energy systems." National Renewable Energy Laboratory, Cambridge, MA Rep. NREL/Tp-581-42672 1 (2008).
- [45]- Singh, R. Raja, Thanga Raj Chelliah, and Pramod Agarwal. "Power electronics in hydro electric energy systems—A review." Renewable and Sustainable Energy Reviews 32 (2014): 944-959.
- [46]- L. Wang et al., "A micro hydro power generation system for sustainable microgrid development in rural electrification of Africa," 2009 IEEE Power & Energy Society General Meeting, Calgary, AB, 2009, pp. 1-8.
- [47]- Grainger, Brandon M., et al. "Power electronics for grid-scale energy storage." Proceedings of the IEEE 102.6 (2014): 1000-1013.
- [48]- Nagura, Osamu, et al. "Hitachi's adjustable-speed pumped-storage system contributing to prevention of global warming." Hitachi Review 59.3 (2010): 99-105.
- [49]- Joseph, Ami, and Mohammad Shahidehpour. "Battery storage systems in electric power systems." Power Engineering Society General Meeting, 2006. IEEE. IEEE, 2006.
- [50]- Rodríguez, Ana, et al. "Analysis and performance comparison of different power conditioning systems for SMES-based energy systems in wind turbines." Energies 6.3 (2013): 1527-1553.
- [51]- Carnegie, Rachel, et al. "Utility scale energy storage systems." State Utility Forecasting Group (2013).
- [52]- A. B. Arsoy, Zhenyuan Wang, Yilu Liu and P. F. Ribeiro, "Transient modeling and simulation of a SMES coil and the power electronics interface," in IEEE Transactions on Applied Superconductivity, vol. 9, no. 4, pp. 4715-4724, Dec. 1999.
- [53]- Guerrero, Miguel A., et al. "Supercapacitors: alternative energy storage systems." Przegląd Elektrotechniczny 85.10 (2009): 188-195.
- [54]- Luo, Xing, et al. "Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation." Applied Energy 137 (2015): 511-536.
- [55]- Amiryar, Mustafa E., and Keith R. Pullen. "A Review of Flywheel Energy Storage System Technologies and Their Applications." Applied Sciences 7.3 (2017): 286.
- [56]- Hedlund, Magnus, et al. "Flywheel energy storage for automotive applications." Energies 8.10 (2015): 10636-10663.
- [57]- Kundur, Prabha. Power system stability and control. Eds. Neal J. Balu, and Mark G. Lauby. Vol. 7. New York: McGraw-hill, 1994.
- [58]- J. de Oliveira Quevedo et al., "Analysis and Design of an Electronic On-Load Tap Changer Distribution Transformer for Automatic Voltage Regulation," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 64, no. 1, pp. 883-894, Jan. 2017.

- [59]- N. Chen and L. E. Jonsson, "A new Hybrid power electronics on-load tap changer for power transformer," 2015 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), Charlotte, NC, 2015, pp. 1030-1037.
- [60]- Transformers, "Siemens Energy Sector Power Engineering Guide Edition 7.0
- [61]-High voltage direct current transmission proven technology for power exchange," Siemens AG power transmission and distribution, www.siemense.com/ptd
- [62]- Sood, Vijay K. HVDC and FACTS controllers: applications of static converters in power systems. Springer Science & Business Media, 2006.
- [63]- HVDC – High Voltage Direct Current Transmission Unrivalled practical experience"
- [64]- Pierri, Erika, et al. "Challenges and opportunities for a European HVDC grid." Renewable and Sustainable Energy Reviews 70 (2017): 427-456.
- [65]- Liu, Li-qun, and Chun-xia Liu. "VSCs-HVDC may improve the Electrical Grid Architecture in future world." Renewable and Sustainable Energy Reviews 62 (2016): 1162-1170.
- [66]- Wu, Jie, et al. "Key technologies of VSC-HVDC and its application on offshore wind farm in China." Renewable and Sustainable Energy Reviews 36 (2014): 247-255.
- [67]- SVC Static Var Compensator An insurance for improved grid system stability and reliability, "ABB power corporation, www.abb.com/FACT.
- [68]- www.siemens.com/energy/hvdcplus
- [69]- HVDC Light® - The original VSC technology, www.abb.com/hvdc
- [70]- A matter of FACTS Deliver more, high quality power, www.abb.com/facts
- [71]-STATCOM with Multilevel Converter for AC Transmission Systems, www.energy.siemens.com/hq/en/power-transmission/facts/.../converter.htm
- [72]- Kang, Bu-Il, and Jae-Do Park. "Application of thyristor-controlled series reactor for fault current limitation and power system stability enhancement." International Journal of Electrical Power & Energy Systems 63 (2014): 236-245.
- [73]- Cardoso, Marcelo Murta G., and Braz J. Cardoso Filho. "Thyristor switched series reactor for electric arc furnaces." Industry Applications Conference, 2006. 41st IAS Annual Meeting. Conference Record of the 2006 IEEE. Vol. 1. IEEE, 2006.
- [74]- Deotale, Bhushan D., and Sudhir R. Paraskar. "Transient stability improvement using Thyristor Switched Series Capacitor (TSSC) FACTS device." Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS), 2016 IEEE Students' Conference on. IEEE, 2016.
- [75]- TCSC Thyristor Controlled Series Compensation Keeping grids together, www.abb.com/FACTS
- [76]- Discover the World of FACTS Technology Technical Compendium, www.siemens.com/energy/facts.

- [77]- Divan, Deepak, and Harjeet Johal. "Distributed facts—A new concept for realizing grid power flow control." *IEEE Transactions on Power Electronics* 22.6 (2007): 2253-2260.
- [78]- K. K. Sen, "SSSC-static synchronous series compensator: theory, modeling, and application," in *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 13, no. 1, pp. 241-246, Jan 1998.
- [79]- Mihalič, Rafael, and Igor Papič. "Static synchronous series compensator—a mean for dynamic power flow control in electric power systems." *Electric Power Systems Research* 45.1 (1998): 65-72.
- [80]- J. Brochu, P. Pelletier, F. Beaugard and G. Morin, "The interphase power controller: a new concept for managing power flow within AC networks," in *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 9, no. 2, pp. 833-841, Apr 1994.
- [81]- J. Brochu, F. Beaugard, J. Lemay, G. Morin, P. Pelletier and R. S. Thallam, "Application of the interphase power controller technology for transmission line power flow control," in *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 12, no. 2, pp. 888-894, Apr 1997.
- [82] Pourhossein, J., G. B. Gharehpetian, and S. H. Fathi. "Static Inter-Phase Power Controller (SIPC) modeling for load flow and short circuit studies." *Energy Conversion and Management* 64 (2012): 145-151.
- [83]- Khalilian, M., et al. "Distributed static series compensator (DSSC) for subsynchronous resonance alleviation and power oscillation damping." *European Transactions on Electrical Power* 22.5 (2012): 589-600.
- [84]- Vural, Ahmet Mete, and Kamil Çağatay Bayındır. "Power flow modeling of Back-to-Back STATCOM: Comprehensive simulation studies including PV curves and PQ circles." *Ain Shams Engineering Journal* (2016).
- [85]- L. Gyugyi, K. K. Sen and C. D. Schauder, "The interline power flow controller concept: a new approach to power flow management in transmission systems," in *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 14, no. 3, pp. 1115-1123, Jul 1999.
- [86]- Power conversion solutions Application leaflet ABB's innovative power electronics solutions for the shipping industry, www.abb.com/powerelectronics (grid interconnection).
- [87]- Khersonsky, Yuri. "New IEEE Power Electronics Standards for Ships." *Electric Machines Tech. Symp.(EMTS)*. 2012.
- [88]- Castellan, Simone, et al. "Power electronics for all-electric ships with MVDC power distribution system: An overview." *Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER)*, 2014 Ninth International Conference on. IEEE, 2014.
- [89]- . Ericson, N. Hingorani and Y. Khersonsky, "Power electronics and future marine electrical systems," in *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 42, no. 1, pp. 155-163, Jan.-Feb. 2006.
- [90]- S. Castellan, R. Menis, A. Tessorolo and G. Sulligoi, "Power electronics for all-electric ships with MVDC power distribution system: An overview," 2014 Ninth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), Monte-Carlo, 2014, pp. 1-7.
- [91]- Rajashekara, Kaushik. "Power Electronics for More Electric Aircraft." *Power Electronics for Renewable Energy Systems, Transportation and Industrial Applications* (2014): 365-386.

- [92]- Kankam, M. David, and Malik E. Elbuluk. "A survey of power electronics applications in aerospace technologies." (2001).
- [93]- M. H. Taha, "Power electronics for aircraft application," IEE Colloquium on Power Electronics for Demanding Applications (Ref. No. 1999/059), London, 1999, pp. 7/1-7/4.
- [94]- J. G. Kassakian and T. M. Jahns, "Evolving and Emerging Applications of Power Electronics in Systems," in IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, vol. 1, no. 2, pp. 47-58, June 2013.
- [95]- <https://www.bijlibachao.com/refrigerators/refrigerators-with-inverter-technology-can-help-save-electricity.html>
- [96]- M. K. Kazimierczuk and W. Szaraniec, "Electronic ballast for fluorescent lamps," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 8, no. 4, pp. 386-395, Oct 1993.
- [97]- Low voltage AC drives Solar pump drives 0.37 to 45 kW, www.abb.com/drives.]
- [۹۸]. گزارش شناسایی حوزه‌های فناورانه تجهیزات الکترونیک قدرت و آینده‌پژوهی فناوری تجهیزات الکترونیک قدرت، پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری الکترونیک قدرت در شبکه برق، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی الکترونیک قدرت، آذرماه ۱۳۹۳.
- [99]- Joós, Géza. "Recent advances in var compensators." *Sadhana* 22.6 (1997): 705-721.
- [100]- R. A. Pinto, M. R. Cosetin, A. Campos, M. A. Dalla Costa and R. N. do Prado, "Compact Emergency Lamp Using Power LEDs," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 59, no. 4, pp. 1728-1738, April 2012.
- [101]- Softstarters Type PSR, PSE, PST and PSTB, www.abb.us/lowvoltage.
- [102]- ABB Handbook of soft starter, www.abb.com/lowvoltage.
- [103]- B. P. McGrath, D. G. Holmes, P. J. McGoldrick and A. D. McIver, "Design of a Soft-Switched 6-kW Battery Charger for Traction Applications," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 22, no. 4, pp. 1136-1144, July 2007.
- [104]- Nallavan, G., R. Dhanasekaran, and L. Rajaji. "Intelligent soft-starter-based grid-integrated induction generator for pitch-regulated wind turbine system." *Electrical Engineering (Archiv fur Elektrotechnik)* 92.2 (2010): 57-68.
- [105]- Mihet-Popa, Lucian, and I. Filip. "Modeling and simulation of a soft-starter for large wind turbine induction generators." *Computational Cybernetics and Technical Informatics (ICCC-CONTI)*, 2010 International Joint Conference on. IEEE, 2010.
- [106]- Tunyasirirut, Satean, Boonreung Wangsilabatra, and Tianchai Suksri. "Phase control thyristor based soft-starter for a grid connected induction generator for wind turbine system." *Control Automation and Systems (ICCAS)*, 2010 International Conference on. IEEE, 2010.
- [107]- Chen, Zhe. "Generators of Modern Wind Turbines." *International Conference and Exhibition of Renewable Energy 2008 (RE2008)*. 2008.

- [108] Steimel, Andreas. "Power-electronic grid supply of AC railway systems." Optimization of Electrical and Electronic Equipment (OPTIM), 2012 13th International Conference on. IEEE, 2012.
- [109] Östlund, Stefan. "Rail Power Supplies Going More Power Electronic [Technology Leaders]." IEEE Electrification Magazine 2.3 (2014): 4-60.
- [110]- Stemmler, H. "Power electronics in electric traction applications." Industrial Electronics, Control, and Instrumentation, 1993. Proceedings of the IECON'93., International Conference on. IEEE, 1993.
- [111] Challenge of more Traction motor drive, www.rice.zcu.cz.
- [112]- Taufiq, J. "Power electronics technologies for railway vehicles." Power Conversion Conference-Nagoya, 2007. PCC'07. IEEE, 2007.
- [113]- A. A. Boora, F. Zare, A. Ghosh and G. Ledwich, "Applications of power electronics in railway systems," 2007 Australasian Universities Power Engineering Conference, Perth, WA, 2007, pp. 1-9.
- [114]- Hu, Jiayi, Wenye Liu, and Jinfeng Yang. "Application of power electronic devices in rail transportation traction system." Power Semiconductor Devices & IC's (ISPSD), 2015 IEEE 27th International Symposium on. IEEE, 2015.
- [115]- Steimel, Andreas. "Power-electronics issues of modern electric railway systems." Advances in Electrical and Computer Engineering 10.2 (2010): 3-10.
- [116]- Perin, Igor, et al. "Application of power electronics in improving power quality and supply efficiency of AC traction networks." Power Electronics and Drive Systems (PEDS), 2015 IEEE 11th International Conference on. IEEE, 2015.
- [117]- Certification of Power Electronics Equipment, catalogue of TECNALIA, www.tecnalia.com.
- [118]- www.emcc.de
- [119]- <https://www.ise.fraunhofer.de/en/service-units/testlab-power-electronics.html>
- [120]- Bose, Bimal K. "The past, present, and future of power electronics [guest introduction]." IEEE Industrial Electronics Magazine 3.2 (2009): 7-11.
- [121]- Colak, Ilhami, et al. "A survey on the contributions of power electronics to smart grid systems." Renewable and Sustainable Energy Reviews 47 (2015): 562-579.
- [122]- <http://www.powerguru.org/high-current-rectifier-diodes-for-welding-applications/>

۳- فصل سوم

۳-۱- بررسی محورهای موضوعی در آزمایشگاه‌های الکترونیک قدرت

۳-۱-۱- مقدمه

در این گزارش به جستجوی آزمایشگاه‌های مطرح فعال در زمینه الکترونیک قدرت و بررسی تفصیلی انواع تجهیزات و آزمون‌هایی که در آن انجام می‌گیرد، پرداخته شده است. در این فصل، جستجو و مطالعات بر مبنای ماهیت تجهیزات الکترونیک قدرت و سرویس‌ها و خدمات ارائه شده برای آنها (صرفنظر از یک آزمایشگاه خاص) معطوف می‌شود. در حقیقت براساس محورهای موضوعی مشخص شده در فاز اول پروژه، به تفکیک برای هر تجهیز الکترونیک قدرت، آزمایشگاه‌های موجود و آزمون‌هایی که به صورت بین‌المللی بر روی آنها انجام می‌پذیرد را مورد مطالعه قرار می‌دهیم. در ادامه به صورت خلاصه فهرست برخی از مهم‌ترین تجهیزات الکترونیک قدرت را ذکر خواهیم نمود.

۳-۱-۲- فهرست تجهیزات الکترونیک قدرت

در ادامه تقسیم‌بندی انجام شده بر روی تجهیزات الکترونیک قدرت که در فاز اول پروژه اجرا شده، به طور خلاصه آورده شده است.

تجهیزات الکترونیک قدرت مورد استفاده در سطح مشترکین

✓ تجهیزات عمومی

- تجهیزات روشنایی
- منابع تغذیه سوئیچینگ^۱
- کامپیوترهای خانگی و قابل حمل
- تلویزیون، رادیو و وسایل دیداری و شنیداری
- باتری شارژرها
- محرکه‌های الکتریکی به کار رفته در تجهیزات خانگی
- تجهیزات مربوط به منابع تغذیه بدون وقفه^۲ (UPS)

✓ تجهیزات صنعتی

- محرکه‌های الکتریکی صنعتی
- راه‌اندازهای نرم^۳
- یکسوسازهای صنعتی
- شارژرهای صنعتی
- مبدل‌های مربوط به کوره القایی شامل سیکلوانورتر و مبدل‌های ماتریسی
- مبدل‌های جوشکاری

^۱ Switching power supply

^۲ Uninterrupted power supply

^۳ Soft starter

تجهیزات بهبود کیفیت توان

- ✓ بهبود دهنده‌های ضریب توان^۱ (PFC) شامل سیستم‌های تکفاز و سه فاز.
- ✓ فیلترهای فعال قدرت^۲ (APF) سری و یا موازی و ترکیبی به صورت تکفاز و سه فاز در رنج‌های توانی و ولتاژی مختلف.
- ✓ سیستم یکپارچه کیفیت توان^۳ (UPQC)
- ✓ ترانسفورماتورهای الکترونیک قدرت (SST)
- ✓ کلید انتقال بار استاتیک^۴ (STS)
- ✓ مدار شکن استاتیکی^۵ (SCB)
- ✓ محدودکننده جریان استاتیکی^۶ (SCL)
- ✓ جبران‌ساز استاتیکی سیستم توزیع^۷ (DStatCom)

مبدل‌های به کار رفته در منابع تولید پراکنده

- ✓ مبدل‌های فتوولتائیک
- ✓ مبدل‌های به کار رفته در توربین‌های بادی
- ✓ مبدل‌های پیل سوختی
- ✓ مبدل به کار رفته در میکروتوربین‌ها
- ✓ مبدل فرکانس استاتیک^۸ (SFC) مورد استفاده در توربین‌های آبی کوچک^۹

مبدل‌های به کار رفته در ذخیره‌سازها

- ✓ مبدل به کار رفته در سیستم‌های ذخیره‌سازی باتری^{۱۰}
- ✓ مبدل به کار رفته در سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی تلمبه ذخیره‌ای^{۱۱}
- ✓ مبدل به کار رفته در سیستم‌های ذخیره‌سازی ابررسانا مغناطیسی^{۱۲} (SMES)

¹ Power factor corrector

² Active power filter

³ Unified Power quality compensator

⁴ Static Transfer Switch

⁵ Static Circuit Breaker

⁶ Static Current Limiter

⁷ Distribution StatCom

⁸ Static frequency converter

⁹ micro Hydro Power Plant

¹⁰ Battery energy storage

¹¹ Pumped hydro storage

¹² Superconductive Magnetic Energy Storage

✓ مبدل به کار رفته در سیستم‌های ذخیره‌سازی ابرخازن‌ها^۱

✓ مبدل به کار رفته در سیستم‌های چرخ گردان^۲

مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های نیروگاه

✓ سیستم تحریک استاتیک

✓ راه‌انداز SFC

مبدل‌های سیستم‌های HVDC

✓ سیستم‌های HVDC سنتی (مبدل‌های منبع جریان)

✓ مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های جدید HVDC با فناوری مبدل‌های منبع ولتاژ^۳ تحت عنوان HVDC light و یا

HVDC Plus

مبدل‌های ادوات سیستم‌های انتقال AC انعطاف‌پذیر^۴

این مبدل‌ها شال انواع سیستم‌های جبران‌سازی خازنی یا سلفی سری یا موازی می‌باشند که از پرکاربردترین آنها می‌توان به SVC، STATCOM، UPFC و ... اشاره کرد.

مبدل‌های به کار رفته در تجهیزات حمل و نقل الکتریکی

✓ مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های حمل و نقل جاده‌ای (شامل خودرو، اتوبوس، کامیون، موتور سیکلت و دوچرخه‌های برقی)

✓ مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های حمل و نقل ریلی

✓ تجهیزات به کار رفته در سیستم‌های کشتی

✓ تجهیزات مربوط به هواپیما، ماهواره و کاربردهای فضایی

در ادامه‌ی این فصل برخی از مهم‌ترین محورهای بیان شده در قبل را از نظر آزمون‌های قابل انجام، آزمایشگاه‌های مطرح در سطح دنیا و دیگر جنبه‌های شاخص بررسی خواهیم نمود.

۳-۱-۳- بررسی موردی تجهیزات بیان شده در محورهای موضوعی

۳-۱-۳-۱- دستگاه جوشکاری

دستگاه‌های جوشکاری بسته به تکنولوژی ساخت دارای انواع متعددی هستند که در یک دسته‌بندی کلی می‌توان آنها را به دو نوع زیر تقسیم‌بندی نمود:

¹ Super capacitive

² Fly wheel

³ Voltage Source Converter (VSC)

⁴ Flexible Alternating Current Transmission System

- دستگاه‌های جوشکاری مبتنی بر ترانسفورمر

- دستگاه‌های جوشکاری مبتنی بر تجهیزات الکترونیک قدرت (یا همان اینورتر)^۱

با توجه به اینکه هدف اصلی این گزارش، تمرکز بر تجهیزات الکترونیک قدرت است، لذا در ادامه صرفاً نوع دوم (یعنی دستگاه‌های جوشکاری مبتنی بر تجهیزات الکترونیک قدرت یا دستگاه‌های جوش اینورتری) مورد بررسی قرار خواهند گرفت. نکته قابل توجه این است که مجموعه تست‌هایی که در زمینه تجهیزات الکترونیک قدرت به کار رفته در دستگاه‌های جوشکاری انجام می‌گیرد، دارای ساختاری سیستمی می‌باشند. به این معنا که به هر دستگاه جوش به دید یک جعبه سیاه نگاه می‌شود و از طریق اعمال انواع ورودی‌های مختلف (طبق استانداردهای بیان شده در ادامه) و دریافت خروجی‌های مشخص، از طریق تحلیل و ارزیابی این خروجی‌ها به صدور تاییدیه اقدام می‌شود.

اتحادیه‌ها و سازمان‌های متعددی در زمینه تدوین استاندارد و رویه تست برای تجهیزات جوشکاری فعالیت نموده‌اند که طیف وسیعی از آزمون‌ها از جمله مکانیکال، الکتریکال و شیمیایی را شامل می‌شود. در این زمینه استاندارد مرتبط با تست و ارزیابی تجهیزات جوشکاری توسط موسسه IEC با شماره IEC 60974 تهیه و تدوین شده که دارای زیر مجموعه‌های متعددی است که برخی از مهمترین آنها با تمرکز بر آزمون‌های الکتریکال در ادامه معرفی شده‌اند. همچنین، در هر مورد آزمایشگاه‌هایی که برای استاندارد مورد نظر اقدام به صدور تاییدیه می‌کنند نیز مورد اشاره قرار گرفته است.

- Arc welding equipment – Coupling devices for welding cables :IEC 60974 – 12

به عنوان مثال می‌توان به آزمایشگاه Intertek Testing Services – Shanghai اشاره نمود.

- Arc welding equipment - Part 10: Electromagnetic compatibility (EMC) requirements :IEC 60974 – 10

- Arc welding Equipment - Part 1: Welding power sources :IEC 60974 – 1

به عنوان مثال می‌توان به دو آزمایشگاه زیر اشاره نمود:

Certification and Testing (China) Co., Ltd TÜV SÜD ✓

Eurofins Product Testing Service (Shanghai) Co., Ltd ✓

به دلیل آنکه دستگاه‌های جوشکاری مبتنی بر اینورتر یا inverter-based welding machines به لحاظ ساختاری از اینورترهای مرسوم استفاده می‌کنند، از نظر آزمون‌ها و ارزیابی تفاوتی با دیگر اینورترهای موجود ندارند. تنها تفاوت در تست‌های عملکردی و رویه آزمون می‌باشد. از این رو آزمایشگاه تست اینورترهای مرسوم می‌تواند برای تست و ارزیابی و نهایتاً صدور تاییدیه برای دستگاه‌های جوشکاری مبتنی بر اینورتر نیز مورد استفاده قرار گیرد.

یکی از آزمایشگاه‌های مطرح در زمینه تست دستگاه‌های جوشکاری، آزمایشگاه Intertek می‌باشد که البته پس از بررسی تکمیلی سایت این شرکت، اطلاعات و جزئیات بیشتری در این زمینه یافت نشد و صرفاً این آزمایشگاه در سایت خود ادعا نموده است که برای دستگاه‌های جوشکاری و مبتنی بر استانداردهای بین‌المللی نظیر IEC، به صدور تاییدیه اقدام می‌کند.

یکی دیگر از آزمایشگاه‌های موجود در زمینه تست تجهیزات جوشکاری، آزمایشگاه SENORMETAL کشور هند است که بیشتر فعالیت‌های آن در زمینه تست‌های غیر الکتریکال و شیمیایی می‌باشد. یکی از اتحادیه‌های مهم در زمینه جوشکاری، جامعه جوشکاری آمریکا^۲ است. از جمله سرشناس‌ترین تولیدکنندگان تجهیزات جوشکاری شرکت‌های Miller Welding Company و welding vigor می‌باشند. شرکت‌های

¹ Inverter-based welding machines

² American Welding Society (AWS)

FINERO و KONDININ در زمینه تست‌های عملکردی و اجرای رویه تست به صورت سیستمی و بر اساس دستگاه double output high voltage tester FST-210 فعالیت می‌کنند.

۳-۱-۲- خودروهای برقی

با توجه به بحران‌های مرتبط با حوزه انرژی و مباحث زیست محیطی و توجه ویژه‌ای که در سال‌های اخیر به این دو مقوله شده است، راهکارهای مبتنی بر خودروهای برقی و مسایل جانبی آن می‌تواند به عنوان یک راه حل آینده‌نگرانه مورد توجه قرار گیرد. در این زمینه آزمون‌های متعددی بر روی قسمت‌های مختلف خودروهای برقی قابل انجام می‌باشد که برخی از مهم‌ترین این موارد به صورت زیر قابل طرح می‌باشد:

- ایستگاه‌های شارژ و پروتکل‌های استفاده شده
- شارژرهای خودرو برقی
- نحوه اتصال به شبکه
- ادوات الکترونیک قدرت استفاده شده در داخل خودرو
- انواع باتری خودرو برقی
- مقاومت مکانیکی و حرارتی خودرو برقی
- کانکتورهای شارژ
- تست آب و هوای خودرو برقی

این تست‌ها به عنوان ابزار اصلی در توسعه صنعت خودروی برقی محسوب می‌شوند و از این رو داشتن آزمایشگاه خودرو برقی در کشور اجتناب ناپذیر خواهد بود. برای آشنایی بهتر با موضوع در جدول (۳-۱) فهرست برخی از مهم‌ترین آزمایشگاه‌های دنیا در زمینه تست و ارزیابی خودروهای برقی ارائه شده است.

جدول (۳-۱) برخی از مهم‌ترین آزمایشگاه‌های مطرح در زمینه خودروهای برقی

ردیف	نام آزمایشگاه
۱	آزمایشگاه Chroma ATE
۲	آزمایشگاه PowerLab کشور دانمارک
۳	آزمایشگاه خودروهای برقی متعلق به دانشگاه swinburne
۴	آزمایشگاه METLAB
۵	آزمایشگاه INTERTEK
۶	آزمایشگاه horiba-mira
۷	آزمایشگاه Argonne National Lab.
۸	آزمایشگاه PowerTech کشور کانادا

آزمایشگاه TUV از نظر باتری و ذخیره ساز خودروهای برقی	۹
آزمایشگاه PowerTech کانادا	۱۰
آزمایشگاه ملی Idaho	۱۱

در ادامه برخی از این آزمایشگاه‌ها به همراه خدمات، آزمون‌ها و تجهیزات آزمون موجود، مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۳-۱-۳-۲-۱- آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر^۱ [۱۵]

در این آزمایشگاه تمرکز اصلی تحقیقات در زمینه خودروهای برقی بر روی محورهای زیر می‌باشد.

- استخراج پروفایل استفاده خودرو، مزایای PEV و چالش‌های عمر باتری
- یکپارچه‌سازی منابع تجدیدپذیر (خورشید و باد) با شارژ خودرو
- توسعه و ارزیابی استانداردهای ارتباط با شبکه
- بررسی فرصت‌های تکنولوژی خدمات شبکه

برخی از مهم‌ترین خدمات ارائه شده توسط این آزمایشگاه به شرح زیر است:

- ✓ یکپارچه‌سازی شارژر PEV با تحقیقات تجدیدپذیر
- ✓ مانیتورینگ و تست شارژر خودرو دو طرفه Off-Board
- ✓ تست و تایید EVSE^۲
- ✓ مدیریت حرارتی خودرو

همچنین در راستای دستیابی به یک سیستم تست و ارزیابی مناسب، مجموعه تجهیزات زیر در این آزمایشگاه قابل دسترسی می‌باشد:

- ❖ چهار مکان برای تعمیرات خودرو، نصب ابزار و آزمایش‌ها
- ❖ اتاقی برای جابجایی وسیله نقلیه با مسافت بالا
- ❖ یک شارژر PEV سریع (CHAdeMO) 50KWDC
- ❖ سه واحد تجهیزات تغذیه خودرو برقی
- ❖ یک ایستگاه شارژ خودرو بیسیم
- ❖ ساخت قطعات الکترونیک، ماشین آلات و جوشکاری
- ❖ مدیریت انرژی دو طرفه PEVs

^۱ National Renewable Energy Laboratory (NREL)

^۲ Electric Vehicle Supply Equipment

- ❖ شارژر سریع عمومی در ۱۵ تا ۳۰ دقیقه
- ❖ شارژ همزمان وسایل نقلیه چندگانه
- ❖ شارژ وسیله نقلیه با درایو بیسیم
- ❖ کنترل شارژ از طریق ethernet، WiFi، WiMax، ZigBee، USB، مایواره، ModBus، گوشی هوشمند و اتصالات سریالی.

۳-۲-۳-۱-۲-۲ - آزمایشگاه PowerTeck کانادا [۱۶]

خلاصه خدمات انجام شده در زمینه خودرو برقی در این آزمایشگاه به شرح زیر است:

- ✓ مشاوره مهندسی برای پروژه‌های خودرو برقی
- ✓ خدمات نصب و راه اندازی برای تجهیزات تغذیه خودرو برقی
- ✓ برنامه‌های تبلیغاتی خودرو برقی
- ✓ خدمات مدیریت حمل و نقل
- ✓ مانیتورینگ اطلاعات، آنالیز سیستم و خدمات بهینه‌سازی زیر ساخت خودرو برقی
- ✓ یکپارچه‌سازی شبکه هوشمند خودرو برقی
- ✓ خدمات عملکرد و تست خودرو برقی

همچنین مجموعه آزمون‌های انجام شده در این آزمایشگاه حول محورهای زیر قابل بررسی هستند.

- ✓ خدمات تست خودروهای برقی، تست تجهیزات تغذیه خودروهای برقی و یکپارچه سازی شبکه‌های هوشمند
- ✓ خدمات جامع آزمایش الکتریکی، مکانیکی و محیطی برای موتورها، باتر ها، رله‌ها و مبدل‌ها
- ✓ ارزیابی عملکرد شامل محیط زیست، شوک حرارتی و آزمایش دمای پایدار
- ✓ خدمات تست الکتریکی و ارتعاش (موتورها، باتر ها، رله‌ها و مبدل‌ها)
- ✓ تست محیطی (تست حرارتی، شوک و پایداری دما)

۳-۲-۳-۱-۳-۳ - آزمایشگاه PowerLab DK [۱۷]

مجموعه فعالیت های این آزمایشگاه در دو حوزه زیر قابل بیان است:

- یکپارچه سازی سیستم برق خودرو: اتصال برق بین یک خودرو برقی و شبکه برقی که به آن متصل است را پوشش می‌دهد که شامل مطالعات شبکه هوشمند، تعامل پذیری و اندازه‌گیری توان می‌باشد.
- فناوری توانمندسازی خودرو برقی: اجزای الکتریکی و فناوری‌های مهم برای عملکرد، کارایی و هزینه خودرو برقی را پوشش

می‌دهد که این شامل تحقیق و توسعه و تست تجهیزات می‌شود.

زیرساخت‌های این آزمایشگاه نیز شامل موارد زیر است:

- خودروهای برقی: ساخت سریالی و برنامه‌های باز
- زیرساخت‌های شارژ خودرو برقی: ساخت سریالی و برنامه‌های باز
- فضای آزمایشگاهی و ارتباطات: فضای اختصاصی آزمایشگاه و ارتباط با سایر امکانات آزمایشگاه PowerLabDK
- تجهیزات اندازه‌گیری و پایگاه‌های داده: تجهیزات وارد شده به خودرو برقی، زیر ساخت‌ها و سیستم‌های پشتیبان
- تجهیزات تست: تست همزمان استانداردهای خودرو برقی

مجموعه خدمات این آزمایشگاه شامل موارد زیر است:

- اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل الکتریکی^۱
 - ✓ □ الگوهای شارژ کاربر: استخراج رفتار شارژ کاربر
 - ✓ □ کارایی شارژ: کم کردن هزینه‌های انرژی از خروجی به باتری
 - ✓ □ تأثیرات کیفیت توان: استخراج هرگونه عوارض جانبی ناشی از شارژ EV
- تست تعامل‌پذیری زیرساخت^۲
 - ✓ □ آزمون قابلیت همکاری^۳: بررسی اینکه آیا یک جزء خاص (EV, EVSE, Cable) سازگار با دیگر اجزای سازنده است.
 - ✓ □ آزمون انطباق^۴: بررسی اینکه یک جزء خاص مطابق با یک استاندارد خاص است.
- یکپارچه سازی شبکه هوشمند^۵
 - ✓ □ یکپارچه سازی سطح توزیع: نقش EV در شبکه قدرت در سطح محلی
 - ✓ □ یکپارچه سازی سیستم گسترده: نقش خودروهای برقی در مقیاس گسترده
- تست و توسعه فناوری‌های جدید EV
 - ✓ □ باتری: تست قطعاتی که به باتری متصل می‌شوند و باتری را مدیریت می‌کنند.
 - ✓ □ نیرومحركه: تست قسمت اجزای سیستم محركه خودرو
 - ✓ □ لوازم جانبی: تست سایر سیستم‌های الکتریکی در خودرو

¹ Electric measurements and analysis

² Infrastructure interoperability testing

³ Interoperability testing

⁴ Conformance Testing

⁵ Smartgrid integration

۳-۱-۳- سیستم‌های قدرت AC انعطاف پذیر

این عناصر به واسطه ماهیتی که دارند، غالباً در رنج‌های توانی بالا ساخته و پیاده‌سازی می‌شوند و از این رو آزمایشگاه‌های تست این تجهیزات بسیار محدود هستند. به عنوان مثال دو آزمایشگاه CEPRI کشور چین و CPRI کشور هندوستان از طریق فراهم آوردن بستر آزمون یکپارچه در کنار دیگر تجهیزات یک سیستم انتقال یا توزیع نمونه، امکان آزمون این تجهیزات را فراهم می‌کنند. آزمایشگاه CPRI هندوستان نیز به عنوان بازوی تحقیقاتی وزارت نیروی هندوستان عمل می‌کند و به لحاظ جایگاه مشابه پژوهشگاه نیرو در ایران بوده و در زمینه تست و ارزیابی، تدوین رویه‌های تست و نهایتاً صدور تاییدیه برای تجهیزات صنعت برق و شرکت‌های مربوط فعالیت می‌کند. نکته مهم دیگر آن است که غالباً از طریق سیمولاتورهای سیستم قدرت این تجهیزات طبق رویه‌های استاندارد و مرسوم بین المللی مورد آزمون قرار می‌گیرند. این سیمولاتورها غالباً دارای شبیه‌ساز سیستم‌های قدرت با قابلیت شبیه‌سازی سیستم HVDC، تحلیلگر شبکه‌گذرا^۲ و شبیه‌ساز دیجیتال^۳ زمان واقعی^۴ می‌باشند. در ادامه برخی از قابلیت‌های این سیمولاتورها بیان شده است.

۳-۱-۳-۱- سیمولاتورهای FACTS

۳-۱-۳-۱-۱- سخت افزار شبیه‌ساز سیستم قدرت RTDS

به عنوان یک مثال، در جدول (۳-۲) مشخصات مربوط به سخت‌افزار شبیه‌ساز سیستم قدرت RTDS موجود در آزمایشگاه انستیتو تحقیقاتی مرکزی هند (CPRI) ارائه شده است [۱۸].

جدول (۳-۲) فهرست تجهیزات سخت‌افزار شبیه‌ساز سیستم قدرت RTDS موجود در آزمایشگاه CPRI

ردیف	تجهیزات
۱	۴ رک (هر رک برای ۱۸ باس سه فاز و ۵۶ سوئیچ تکفاز طراحی شده است) و هر رک مستقلاً عمل می‌کند
۲	۱۰ کارت پردازشگر سه گانه (3PC) در هر رک (10 Triple Processor Card per rack) و هر کارت پردازشگر 3PC از تیپ 3SHARC می‌باشد و دارای سرعت پردازش بین ۴۰ تا ۱۲۰ Mflops است.
۴	یک کارت پردازشگر Giga در هر رک قرار داده شده است.
۵	هر PC کارت، دو عدد پردازشگر IBMPPC750 GX Rise و دو عدد پروسسور کمکی ^۴ با سرعت پردازشی 1.0 Gflop دارد

¹ Central Power Research Institute

² Transient Network Analyzer (TNA)

³ Real Time Digital System (RTDS)

⁴ Co-Processor



شکل (۳-۱) نمایی از سیمولاتور آزمایشگاه CPRI

همچنین شبیه‌ساز سیستم قدرت RTDS موجود در آزمایشگاه CPRI دارای نرم‌افزارهای کمکی است که در جدول (۳-۳) فهرست آن آورده شده‌است [۱۹].

جدول (۳-۳) فهرست نرم‌افزار موجود در شبیه‌ساز سیستم قدرت RTDS موجود در آزمایشگاه CPRI

ردیف	نرم‌افزار	توضیحات
۱	PSCSD (User Friendly Graphical User Interface)	ماژول Circuit assembly data entry using draft خروجی شبیه‌ساز را در حین اجرای زمانی از طریق Plot ها، اندازه‌گیری می‌کند. سیستم قدرت شبیه‌سازی شده و تجهیز تحت تست با استفاده از سوئیچها، پوش باتونها و اسلایدرها با هم عملکرد متقابل دارند.
۲	نرم افزار سیستم قدرت و کامپایلر و Component Model Library	TLINE – این ماژول پردازش و محاسبه پارامترهای خط انتقال با استفاده از داده‌های آرایش دکل را بر عهده دارد. CABLE – این ماژول پردازش و محاسبه پارامترهای کابل با استفاده از داده‌های آرایش کابل را بر عهده دارد.
۳	نرم افزار سیستم کنترل کامپایلر Model Library و Componet	از بلاکهای کنترل ^۱ استاندارد حمایت می‌کند

همچنین فهرست مدل‌های تجهیزات^۲ در شبیه‌ساز سیستم قدرت RTDS که در آزمایشگاه CPRI موجود است در جدول (۳-۴) آورده شده‌است.

^۱ Standard Control block

^۲ Library Component Model

جدول (۳-۳) فهرست مجموعه مدل‌های اجزاء شبیه‌ساز سیستم قدرت RTDS موجود در آزمایشگاه CPRI

ردیف	مدل‌ها
۱	ماشینهای سنکرون شامل تحریک کننده و گاورنرهای سرعت
۲	ترانسفورماتورهای سه سیم‌پیچه و دو سیم‌پیچه سه فاز (خطی با اشباع)
۳	ماشینهای القایی
۴	خطوط انتقال چندفازه، خطوط انتقال DC، کابل‌ها با پارامترهای ثابت یا وابسته فرکانس یا مدل PI
۵	ترانسدیوسرهای اندازه‌گیری: CT, CVT
۶	ادوات FACTS
۷	خازن‌های سری
۸	سوئیچها و بریکرها (تریستور، IGBT, GTO)
۹	جبران کننده‌های سری حفاظت شده
۱۰	مدل خط خطادار
۱۱	منابع جریان و ولتاژ
۱۲	امپدانسهای C, L, R پسیو
۱۳	کلید تریستوری HVDC (۶ پالس و ۱۲ پالس) با کنترل‌های متعارف
۱۴	فیلترهای AC
۱۵	بارهای صنعتی (موتورهای القایی، موتورهای DC، بار دینامیکی، کوره قوس)
۱۶	مدلهای تعیین شده توسط کاربر

۱-۲-۳-۳-۱-۳ شبیه ساز HVDC [۱۹]

مدل‌های اصلی موجود در شبیه ساز HVDC به شرح زیر هستند:

- پلهای کانورتر (۱۲ پالس)
- ترانسفورماتورها
- مدل‌های PI خط DC و AC
- فیلترهای هارمونیک AC
- بریکرهای راکتورهای یکسوساز
- ماشینهای سنکرون
- مدل SVC شامل سیستم کنترل
- کنترل کانورتر و کنترل قطب

فهرست نرم‌افزارهای موجود در آزمایشگاه HVDC متعلق به آزمایشگاه CPRI در جدول (۳-۵) آمده است.

جدول (۴-۳) فهرست نرم‌افزارهای موجود در آزمایشگاه HVDC

ردیف	نرم‌افزار	توضیحات
۱	SIMPOW (Windows NT Version 10.105)	- بسته مربوط به شبیه‌ساز استاتیک و دینامیک سیستم قدرت شامل مدل‌های کلیه اجزای شبکه شامل خطوط انتقال، پست کانورتر HVDC، تجهیزات کنترل کننده توان راکتیو استاتیک، خازنهای سری. ماشینهای گردان و محرکهای اولیه^۱ و کنترل‌های آنها، تجهیزات حفاظتی و بارها - زبان شبیه‌سازی دینامیکی که یک زبان سطح بالای برنامه‌ریزی توسط کاربر می‌باشد و اجازه مدل کردن هر جزء سیستم قدرت مانند رگولاتورها و اجزایی مانند سیستمهای درایو، ادوات FACTS و ماشینهای مخصوص را به کاربر می‌دهد. - تحلیل پخش بار بهینه - تحلیل پایداری - پایداری گذرا - پایداری سیگنال کوچک ژنراتور و سیستمهای کنترل اتوماتیک - پایداری زاویه‌ای روتور، واکنش کنترل‌کننده‌ها، تنظیم پایدارکننده سیستم قدرت، مقاومت زیر سنکرون - مطالعات اتصال کوتاه - تحلیل مقدار ویژه
۲	EMTPI ATP EMTDC	- تحلیل سیستمهای قدرت در یک بازه زمانی که می‌تواند برای طراحی شبکه در مطالعات سیستم قدرت استفاده شود، مانند: (a) طراحی سیستم انتقال، هماهنگی عایقی، ترانسفورماتورها، برقگیرها و کلیدهای قدرت (b) مطالعات کیفیت توان، تحلیل هارمونیک شامل طراحی فیلتر (c) طراحی ادوات الکترونیک قدرت (d) طراحی ماشین الکتریکی (e) مطالعات تولیدات پراکنده (DG) (f) طراحی و بهینه‌سازی سیستمهای کنترل‌کننده‌های ادوات HVDC و FACTS شامل SVC، STATCOM و ...
۳	HIWAVE	- طراحی فیلتر، آزمایش و کاهش اعوجاج‌های هارمونیک در سیستمهای قدرت - شامل یک user customized library برای مدل سازی همه منابع هارمونیک
۴	MIPOWER (نرم افزار هماهنگی رله‌ها)	- هماهنگی رله خطای زمین و جریان زیاد - هماهنگی رله دیستانس
۵	MATLAB SIMULINK	- مطالعات شبیه‌سازی برای اثر متقابل توربین بادی بر شبکه
۶	نرم افزار سیستم GMAT- GROUNDING	- نرم‌افزار توسعه یافته برای طراحی سیستم های زمین پستهای EHV/HV و پستهای نیروگاهی - روشهای طراحی سیستم زمین که بر پایه آخرین پیشرفته‌ها و تکنولوژیها در سیستم زمین بنا شده‌اند شامل کدهای هندی نیز می‌باشد.

¹ Prim movers

ردیف	نرم افزار	توضیحات
		- نرم افزار بر پایه روش بیان شده در آخرین ورژن استاندارد IEEE/ANSI 80-1986 (با موضوع راهنمای امنیت پستهای AC) نوشته شده است.

شبیه‌ساز سیستمهای قدرت، قادر به انجام محدوده وسیعی از شبیه‌سازی‌های سیستم قدرت به صورت زمان واقعی می‌باشد. این آزمایشگاه‌ها دارای شبیه‌ساز هیبرید HVDC، تحلیلگر حالت گذرا، شبیه‌ساز دیجیتالی زمان حقیقی و بسته‌های نرم‌افزاری تحلیلگر سیستمهای قدرت مختلف است. فهرست خدمات یک آزمایشگاه سیستم قدرت نمونه در جدول (۳-۶) آورده شده است.

جدول (۳-۵) فهرست خدمات آزمایشگاه شبیه‌ساز سیستم قدرت

ردیف	بخش مشاوره دهنده	موضوع مشاوره
۱	مطالعات سیستم انتقال	- برنامه‌ریزی انتقال و تلفات توان - مطالعه بر روی پدیده چرخش توان - پایداری - اتصال کوتاه - جبران توان راکتیو (اندازه و جابجایی خازن‌ها) - اندازه جبران‌کننده VAR - هماهنگی عایقی - جزیره‌یابی - طراحی فیلتر - آنالیز کنترل‌کننده‌ها مانند: SVC, HVDC, FACTS - طراحی سیستم HVDC
۲	مطالعات سیستمهای حفاظت	- هماهنگی رله‌ها - محاسبات تنظیم سیستم حفاظت تجهیزات (ژنراتورها، موتورها، ترانسفورماتورها) - تست دینامیکی طرح‌های حفاظتی بر روی RTDS
۳	مطالعات سیستم زمین	- مقاومت خاک و اندازه‌گیریهای مقاومت زمین در سایت - طراحی mat زمین برای نصب پستهای MV/EHV
۴	تجهیزات استفاده شده برای اندازه‌گیری مقاومت خاک و اندازه‌گیریهای مقاومت زمین	- تست دیجیتالی زمین DET 2/2 - تست دیجیتالی زمین DET2 - تست دیجیتالی لوپ زمین
۵	مطالعات سیستمهای توزیع	- تخمین تلفات اقتصادی و فنی

۳-۱-۳-۳-۲- آزمایشگاه‌های فعال در زمینه تست ادوات FACTS

۳-۱-۳-۳-۲-۱- آزمایشگاه KEMA

به عنوان یکی از آزمایشگاه‌های ممتاز در زمینه تست ادوات FACTS می‌توان به آزمایشگاه KEMA اشاره نمود که شامل دو آزمایشگاه زیر می‌شود:

✓ آزمایشگاه EMTV^۱

✓ بخش سرویس‌دهی در زمینه الکترونیک قدرت توان بالا و سیستم‌های HVDC^۲ نظیر تحلیل، سنتز، تست و ارزیابی راه‌حل‌های

الکترونیک قدرتی برای شبکه‌های هوشمند (شبکه‌هایی با مشخصه‌های آرایش‌های هیبرید AC/DC، ذخیره‌کننده‌های انرژی و

اتصالات انعطاف‌پذیر) که توسط گروه الکترونیک قدرت KEMA T&D Power ارائه می‌شود.

در شکل زیر برج‌های تریستوری مورد استفاده در HVDC نشان داده شده است.



شکل (۲-۳) برج‌های تریستوری مورد استفاده در HVDC

امکانات و مشخصه‌های این آزمایشگاه عبارتند از:

- ✓ کنترل الکترونیکی و یا پنوماتیکی مورد تست
- ✓ امکانات کلیدزنی سنکرون منبع تغذیه AC مطابق با هر مقدار زاویه ای موج سینوسی
- ✓ امکانات مناسب اندازه‌گیری و تصحیح فرکانس و تقلیل بار
- ✓ تغییر ولتاژ منبع تغذیه از ۱۰۰٪ تا ۱۷٪ برای تست طول عمر کنتاکتورها
- ✓ امکانات انجام تست‌های اضافه ولتاژ موقت بر روی وریستورهای حفاظت Surge
- ✓ امکانات انجام تست‌های اتصال کوتاه نیمه سینوسی بر روی ادوات اندازه‌گیری کیلووات ساعت

^۱Electromagnetic power Technology

^۲High Voltage Direct Current

- ✓ امکانات انجام تست‌های ذوب فیوز با حداکثر ولتاژ (پیش گرمایش با ولتاژ پایین تا لحظه ذوب شدن و پیرو آن تغییر وضعیت به حداکثر ولتاژ برای ذوب کردن)
- ✓ امکانات انجام تست‌های اتصال کوتاه بر روی کنترل‌کننده‌های تریستوری موتور پس از بازکردن کنترل‌شده تریستورهای آن
- ✓ تغییر وضعیت خودکار از وضعیت بارداری به وضعیت بی‌باری و بالعکس برای تست‌های دوام
- ✓ اتمام خودکار تست در صورت بروز هشدار دود، فشار هوای خیلی پایین، اتصال کوتاه یا بسته نشدن کنتاکت‌ها و سوختن یک فیوز
- ✓ اعلام و نمایش هر کدام از دلایل توقف تست بر روی پانل کنترل
- ✓ ترانزیسکوپ ۱۲ کاناله جهت اندازه‌گیری کامپیوتری موارد ذیل:
 - اندازه‌گیری و نمایش ولتاژ منبع تغذیه
 - اندازه‌گیری و نمایش جریان‌ها
 - محاسبه ضریب توان مدار تست AC
 - تعیین ثابت زمانی مدار تست DC
 - نمایش وضعیت بسته بودن کنتاکت‌ها و اندازه‌گیری پیک ولتاژهای تولید شده
 - محاسبه انرژی الکتریکی
 - اندازه‌گیری زمانهای قطع بودن کلیدها و ...
 - مقادیر اندازه‌گیری شده ولتاژ و جریان در هر مدار و هر تستی، بطور خودکار بر روی دیسک ذخیره می‌گردند تا امکان خطایابی احتمالی در آینده بوجود آید.

۲-۲-۳-۱-۳ آزمایشگاه شبیه ساز PowerTech

آزمایشگاه PowerTech در فوریه ۱۹۹۴ در مانیتوبا^۱ کانادا تأسیس شد و به ثبت رسید. این شرکت خصوصی است و فعالیت اصلی آن ساخت، تست، سرویس‌دهی به کاربران و توسعه و گسترش شبیه‌سازهای سیستم قدرت دیجیتالی زمان حقیقی است. شبیه‌ساز RTDS در مرکز تحقیقاتی مانیتوبا شکل گرفت و با گذشت زمان در نیمه‌های دهه ۱۹۸۰ تحقیقات بر روی پایه و اساس طراحی سخت‌افزار و نرم‌افزار و تکنولوژی RTDS کامل‌تر شد و اولین سیمولاتور بازرگانی RTDS در ۱۹۹۳ شروع بکار کرد. این آزمایشگاه دارای ۹ تقویت‌کننده جریان و ۶ تقویت‌کننده ولتاژ می‌باشد. همچنین این آزمایشگاه یک شبیه‌ساز سیستم قدرت قدیمی آنالوگ دارد که می‌تواند واسطی برای RTDS باشد و امکان مطالعه یک سیستم بزرگتر شامل یک ایستگاه کانورتر HVDC را به کاربر می‌دهد. فناوری به ثبت رسیده RTDS، شبیه‌سازی سیستم قدرت را برای مطالعه سریع، دقیق و مطمئن و با قیمت مناسب برای شبکه‌های HVDC (جریان مستقیم ولتاژ بالا) و HVAC (جریان متناوب ولتاژ بالا) فراهم می‌کند. شبیه‌ساز RTDS یک شبیه‌ساز حالت گذرای الکترومغناطیسی سیستم قدرت کاملاً دیجیتالی است که به صورت زمان واقعی عمل می‌کند. این فناوری جایگزین تولیدات قبلی که بر پایه تکنولوژی آنالوگ بنا شده بود، گردیده است. شبیه‌ساز RTDS به محققین سیستم‌های قدرت این امکان را می‌دهد که با مشخص کردن شرایط مختلف شبکه تست‌های زمان واقعی مختلف را بر روی آن انجام دهند. به این ترتیب تجهیزات جدید شبکه‌های قدرت و طراحی‌های مختلف شبکه می‌توانند به راحتی ارزیابی و

¹ Monitoba

به دقت مورد آزمایش قرار گیرند. در این فناوری دیجیتال جزئیات بیشتر و مدل‌های جامع و مفصل سیستم قدرت می‌توانند مدل شوند. تجهیزات در لحظه راه‌اندازی می‌توانند تست و اصلاح شوند. مطالعات پایداری شبکه‌های قدرت می‌تواند انجام شود. کنش و واکنش‌های هر جزء از شبکه می‌تواند بهتر آنالیز شده و این امر در تولید محصولات پیشرفته‌تر بسیار مفید خواهد بود. همه اینها در شرایط واقعی و در زمان حقیقی انجام می‌پذیرد.

بسیاری از سازنده‌های تجهیزات الکتریکی صاحب اعتبار در دنیا به RTDS جهت تست تجهیزات تولیدی خود، اطمینان دارند. امروزه بیش از ۲۸۰ واحد از سخت‌افزارهای RTDS در ۱۹ کشور دنیا در حال کار هستند.

۳-۲-۳-۱-۳ آزمایشگاه CEPRI

مهم‌ترین حوزه فعالیت‌های این شرکت از نظر تحقیق و توسعه و تست در سه بخش زیر خلاصه می‌گردد:

- خطوط انتقال توان ولتاژ بالا و جریان مستقیم با مبدل‌های جریانی (LCC-HVDC)
- خطوط انتقال توان ولتاژ بالا و جریان مستقیم با مبدل‌های ولتاژی (VSC-HVDC)
- تکنولوژی ریزشبکه‌های جریان مستقیم

شرکت CEPRI برای فعالیت در زمینه تست‌های مرتبط با تجهیزات الکترونیک قدرت، اقدام به تأسیس یک آزمایشگاه الکترونیک قدرت نمود. این آزمایشگاه سومین آزمایشگاه در سطح جهان و اولین در کشور چین می‌باشد که به لحاظ ویژگی‌های ممتاز خود، جایگاه متمایزی را در سطح جهان برای خود ایجاد نموده است. در ادامه مهم‌ترین قابلیت‌های این آزمایشگاه معرفی شده است.

- توانایی انجام تست‌های عملکردی و عایقی (دی‌الکتریک) برای مبدل‌های جریانی توان بالا (LCC-HVDC) با توان بالا (برای توان‌های تا حداکثر $\pm 800\text{kV}/5000\text{A}$ و مبدل‌های ولتاژی توان بالا (VSC-HVDC) با توان بالا (برای توان‌های تا حداکثر $\pm 500\text{kV}/2000\text{A}$)

- توانایی انجام تست برای ولتاژهای ضربه‌ای تا حدود $\pm 3600\text{kV}$ و ولتاژهای DC تا حدود $\pm 2400\text{kV}$ و برای ولتاژهای AC تا حدود 600kV

- تست مبدل‌های ولتاژی توان بالا (LCC-HVDC) در شرایط عملکرد حالت دائمی (جریانی در حدود ۷۵۰۰ آمپر) و در شرایط بروز خطا (تا حدود 62 kA)

- تست مبدل‌های جریانی توان بالا (VSC-HVDC) در شرایط عملکرد حالت دائمی (جریانی در حدود ۲۰۰۰ آمپر) و در شرایط بروز خطا (تا حدود 25 kA)

۳-۳-۱-۳-۳ تجهیزات خانگی

طیف وسیعی از تجهیزات خانگی اعم از تجهیزات روشنایی، تجهیزات مجهز به درایو و موتور الکتریکی، تجهیزات دارای منبع تغذیه و دیگر تجهیزات ذکر شده در مقدمه این فصل، بایستی از نظر ایمنی (به واسطه آنکه افراد متعدد و غیر متخصص با این تجهیزات در تماس هستند)، اختلالات الکترومغناطیسی (و تاثیر آن بر روی افراد) و کیفیت ساخت مورد تست و ارزیابی و نهایتاً صدور تاییدیه قرار بگیرند. هر کدام از این

تجهیزات دارای المان‌های مکانیکی و الکتریکی متعددی هستند که با توجه به ماهیت این گزارش (ادوات الکترونیک قدرت)، صرفاً تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی (با توجه به دسته‌بندی بیان شده در محورهای موضوعی) مورد توجه قرار خواهد گرفت.

از نظر آزمونی، انواع تست‌های مرتبط با تجهیزات خانگی را می‌توان در موارد زیر خلاصه نمود:

- آزمون‌های محیطی که در درون محفظه‌های تعبیه شده انجام می‌گردد
- آزمون سازگاری الکترومغناطیسی
- آزمون ایمنی تجهیزات
- آزمون بهره‌وری انرژی (برچسب انرژی)
- آزمون‌های عملکردی

نهادهای بین‌المللی متعددی در زمینه تدوین استاندارد و رویه تست برای تجهیزات خانگی فعالیت نموده‌اند که موسسه AHAM¹ را شاید بتوان به عنوان یکی از مهمترین این موسسات دانست. شایان ذکر است که آزمایشگاه INTERTEK رویه‌های تست و آزمون‌های صدور تاییدیه خود را مبتنی بر استانداردهای این موسسه استوار نموده است. یکی دیگر از این موسسات نیز سازمان UL می‌باشد که علاوه بر تجهیزات خانگی برای طیف وسیع دیگری از تجهیزات اقدام به تهیه استاندارد و رویه تست نموده است. در جدول (۳-۷) فهرستی از آزمون‌های این موسسه در خصوص تجهیزات خانگی را می‌توان مشاهده نمود.

جدول (۳-۶) فهرست برخی از استانداردهای لوازم خانگی

نام استاندارد	محتوای استاندارد
UL 73	Electric Motor-Operated Appliances
UL 197	Commercial Electric Cooking Appliances
UL 471	Commercial Refrigerators and Freezers
UL 499	Electric Heating Appliances
UL 541	Refrigerated Vending Machines
UL 763	Motor-Operated Commercial Food Preparing Machines
UL 859	Household Electric Personal Grooming Appliances
UL 923	Microwave Cooking Appliances
UL 1026	Electric Household Cooking and Food Serving Appliances
UL 1431	Personal Hygiene and Healthcare Appliances
UL 1727	Commercial Electric Personal Grooming Appliances
UL 1951	Electric Plumbing Accessories
UL 60335-1	Household and Similar Electrical Appliances
CSA C22.2 NO. 63	Household Refrigerators and Freezers
CSA C22.2 NO. 64	Household Cooking and Liquid-Heating Appliances
CSA C22.2 No.109	Commercial Electric Cooking Appliances
CSA C22.2 NO. 120	Refrigeration Equipment
CSA C22.2 NO. 150	Microwave Ovens
CSA C22.2 NO. 167	Household Dishwashers
CSA C22.2 NO. 168	Commercial Dishwashers
CSA C22.2 NO. 195	Motor-Operated Food Processing Appliances (Household and Commercial)
CSA C22.2 NO. 221	Electrically Heated Hobby and Educational Type Kilns

¹ The Association of Home Appliance Manufacturers (AHAM)

نام استاندارد	محتوای استاندارد
No E60335-1/4E	Household and similar electrical appliances – Safety – Part 1: General requirements
No E60335-2-6	Particular requirements for stationary cooking ranges, hobs, ovens and similar appliances
No E60335-2-16	Particular Requirements for Food Waste Disposers
No E60335-2-25	Particular requirements for microwave ovens
No E60335-2-32	Particular requirements for massage appliances
No E60335-2-36	Particular requirements for commercial electric cooking ranges, ovens, hobs, and hob elements
No E60335-2-37	Particular requirements for commercial electric deep fat fryers
No E60335-2-38	Particular requirements for commercial electric griddles and griddle grills
No E60335-2-39	Particular requirements for commercial electric multi-purpose cooking pans
No E60335-2-42	Particular requirements for commercial electric forced convection ovens, steam cookers and steam-convection ovens
No E60335-2-47	Particular Requirements for Commercial Electric Boiling Pans
No E60335-2-48	Particular requirements for commercial electric grillers and toasters
No E60335-2-49	Particular Requirements for Commercial Electric Hot Cupboards
No E60335-2-50	Particular Requirements for Commercial Electric Bains-Marie
No E60335-2-52	Particular requirements for oral hygiene appliances
No E60335-2-64	Particular Requirements for Commercial Electric Kitchen Machines
No E60335-2-76	Particular requirements for electric fence energizers
No E60335-2-82	Particular requirements for amusement machines and personal service machines

آزمایشگاه METLAB که یکی از آزمایشگاه‌های معتبر در سطح بین‌المللی می‌باشد، رویه‌های تست و صدور تاییدیه خود برای تجهیزات خانگی را منطبق بر اصول و چارچوب‌های UL قرار داده است.

در یک نگاه کلی تمامی موسسات مطرح بین‌المللی در زمینه تجهیزات خانگی شامل موارد زیر هستند.

- US DOE ENERGY STAR Testing
- Combustion Testing
- ASHRAE Testing
- Energy Guide Labeling Testing
- Cleanability Testing
- Flammability Testing
- ISO Testing
- UL Testing
- TUV Testing
- ASTA Testing
- BEAB Mark Testing
- CE Mark Testing

- China Compulsory Certification Testing •
- GS Marking •
- S Mark Testing •
- e ETL-EU mark Testing •
- Association of Home and Household Appliance Manufacturers (AHAM) Testing •
- OSHA Testing •

این موسسات برای طیف وسیعی از تجهیزات شامل موارد زیر استاندارد و رویه تست تدوین نموده‌اند.

- | | |
|-------------------------------|---------------------|
| Refrigerators • | Espresso makers • |
| Ovens • | Tea Makers • |
| Microwaves • | Dehydrators • |
| Dishwashers • | Food Fryers • |
| Garage Disposals • | Waffle makers • |
| Ice Makers • | Warming Trays • |
| Toasters and Toasting Ovens • | Cookers, Steamers • |
| Convection Ovens • | Crock Pots • |
| Ice Cream Makers • | Water Purifiers • |
| Bread makers • | Juicer • |
| Wine Refrigerators • | Grills • |
| Trash Compactors • | Electric Griddles • |
| Water Coolers • | Rice Makers • |
| Wine Coolers • | Air Purifiers • |
| Beverage Systems • | Dehumidifiers • |
| Oven Ranges • | Hair Dryers • |
| Stoves • | Hair Flat Irons • |
| Freezers • | Blenders • |
| Air Conditioners • | Mixers • |
| Humidifiers • | Floor Polishers • |
| Can Opener • | Dryers • |
| Electric Knife • | Washing Machines • |
| Coffee Maker • | Clothes Irons • |

جدول (۳-۸) تجهیزات و آزمون‌های متناظر برای لوازم خانگی را مشخص نموده است.

جدول (۳-۷) لیست تجهیزات مورد تست و آزمونهای مرتبط با آن برای لوازم خانگی

ردیف	محصول مورد آزمون	آزمون انجام شده بر روی محصول
۱	بالاست لامپ‌های فلورسنت	محافظت در مقابل تماس با اجزاء محیط محافظت در مقابل شوک الکتریکی اتصال زمین مقاومت رطوبتی، مقاومت عایقی، تحمل پایداری ولتاژ جریان نشتی پایداری حرارتی سیم‌پیچ مقاومت در مقابل گرما مقاومت در مقابل خوردگی ولتاژ مدار باز در انتهای لامپ یا استارتر خروجی جریان و توان ضریب قدرت کل شکل موج جریان محافظت در مقابل اثرات مغناطیسی
۲	اتوی برقی	جریان و توان ورودی گرما جریان نشتی و مقاومت الکتریکی در دمای کارکرد مقاومت رطوبتی
۳	پنکه برقی	محافظت در مقابل شوک الکتریکی افزایش دما مقاومت رطوبتی جریان نشتی مقاومت در مقابل ولتاژ بالا مقاومت عایقی
۴	ماشین لباسشویی	جریان و توان ورودی گرما جریان نشتی و مقاومت الکتریکی در دمای کارکرد مقاومت رطوبتی محافظت اضافه بار برای ترانسها و مدارات سیم‌کشی داخلی
۵	پمپ گرمایی الکتریکی، کولر و مایکروفر	تمامی تستهایی که در مورد ماشین لباسشویی انجام می‌شود
۶	یخچال	انرژی مصرفی ظرفیت
۷	وسایل الکتریکی صوتی و تصویری	انتشارات خطرناک گرما در شرایط کار معمولی خطر شوک الکتریکی در شرایط کار معمولی عایق‌بندی‌ها شرایطی که در اثر خطا پیش می‌آید

ردیف	محصول مورد آزمون	آزمون انجام شده بر روی محصول
۸	وسایل گرمایی مایعات	مقاومت در مقابل گرما، آتش مقاومت در مقابل زنگ‌زدگی عایق‌بندی
۹	وسایل برودتی	جریان و توان ورودی استحکام در دمای عملکرد مقاومت رطوبتی محافظت اضافه بار ترانسفورماتورها و مدارات الکتریکی
۱۰	وسایل الکتریکی و الکترونیکی	محدودیت‌های جریان هارمونیک محدودیت‌های نوسان و کاهش ولتاژ تست محافظت تخلیه الکترواستاتیکی تست‌های محافظت تغییرات ولتاژ و اتصال کوتاه
۱۱	تجهیزات مخابراتی و شبکه	اغتشاشات هدایتی (30MHz-150KHz) اغتشاشات انتشاری (1GHz-30MHz) توان اغتشاشات

در دو زمینه ایمنی تجهیزات و بهره‌وری انرژی تست‌های متعددی بر روی تجهیزات خانگی انجام می‌گردد که در ادامه به طور خلاصه معرفی شده‌اند.

• آزمون بهره‌وری انرژی

در این زمینه به واسطه ممتاز بودن آزمایشگاه AUSTEST، از برخی از مشخصات این آزمایشگاه نام برده شده است. آزمون‌های این آزمایشگاه به طور کامل آزمون‌های بین‌المللی نظیر ¹GEMS/MEPS را برای طیف وسیعی از تجهیزات نظیر ماشین‌های لباسشویی و ظرف‌شویی، لباس خشک‌کن، منابع تغذیه، کامپیوتر، پمپ‌های آب استخر، IPART، VEET LCP و تجهیزات دیگر، شامل می‌شود. در زمینه مسایل ممیزی انرژی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، آزمایشگاه AUSTEST می‌تواند برای تجهیزات ذکر شده در ادامه به بررسی حداقل لازم در زمینه برچسب انرژی متطبق بر استانداردهای کشوری^۲ فعالیت نماید.

❖ پمپ الکتریکی مخزن آب گرم

❖ یخچال و فریزر

❖ موتور الکتریکی تکفاز (0.73kW to <185kW)

❖ سیستم تهویه هوای تکفاز

❖ سیستم تهویه هوای سه فاز با ظرفیت خنک‌کنندگی تا ۶۵ کیلووات

❖ بالاست برای لامپ‌های فلورسنت خطی

¹ Minimum Energy Performance Standards

² The Australian (Federal) Government

❖ لامپ‌های فلورسنت خطی

❖ یخچال‌های صنعتی

❖ لامپ‌های رشته‌ای

❖ لامپ‌های فلورسنت فشرده

❖ منابع تغذیه خارجی

❖ گیرنده دیجیتال

❖ چیلرهای مجتمع‌های تجاری

❖ سیستم تهویه هوای با کنترل متمرکز

❖ ترانسفورمر و مبدل‌های الکتریکی کاهنده برای لامپ‌های ELV

✓ آزمون میزان مصرف^۱

تجهیزات و آزمون‌هایی که در زیرشاخه این نوع تست‌ها قرار می‌گیرند در ادامه ارائه شده‌اند.

• External power supplies and battery chargers to AS/NZS 4665

• Power consumption of audio, video and related equipment to AS/NZS 62087.1

• Digital television set-top boxes to AS/NZS 62087.2.1

✓ آزمون MEPS

در این بخش، مجموعه تجهیزات و استانداردهای ذکر شده در ادامه بررسی می‌شوند.

➤ MEPS television sets to AS/NZS 62087.2.2

➤ Measurement of standby power on household electrical appliances to AS/NZS 62301

➤ Information Technology Equipment Energy Performance of Computers AS/NZS 5813:2012

➤ d.c. and d.c.-d.c. power Information Technology Equipment Energy Performance of Internal a.c.-supplies AS/NZS 5814.1

✓ آزمون VEET

در این بخش، آزمون‌های زیر مورد توجه قرار می‌گیرند.

➤ VEET Testing to Victorian State Government requirements for power boards and EPODS

¹ Power consumption testing

• آزمون ایمنی تجهیزات الکتریکی^۱

آزمایشگاه AUSTEST برای طیف وسیعی از تجهیزات الکتریکی به انجام تست‌های ایمنی منطبق بر رویه‌های بین‌المللی نظیر IECIEE CB می‌پردازد. فهرست این تجهیزات در جدول (۳-۹) ارائه شده است.

جدول (۳-۸) فهرست تجهیزات خانگی مورد آزمون در آزمایشگاه AUSTEST و استانداردهای مرتبط با تست‌های ایمنی

توضیحات	عنوان استاندارد	عنوان تجهیزات
ADSL modems, Voice over IP equipment, Fax machines, Telephones, PABX Systems, etc. Computer Systems, Alarm Dialers,	AS/NZS60950-1:2003	تجهیزات مخابراتی و فناوری اطلاعات (Information Technology & Telecommunications Equipment)
Fridges and Freezers, Kettles, Toasters, Microwave Ovens, Cook Tops & Range hoods, Blenders, Coffee Grinders and Machines, Food Mixers, Electric Grills, Deep Fryers, Fans, etc.	AS/NZS60335.1 and AS/NZS60335.2.XX	تجهیزات خانگی (Household Electrical Items)
Portable and Floor standing Lamps, Fluorescent Lamps, Christmas lights, Rope Lights, etc	AS/NZS60598.1 and AS/NZS60598.2.XX	تجهیزات روشنایی (Lighting Products)
Electronic and Iron Core Ballasts, Ballasts for Discharge Lamps and Supplied Electronic Controlgear for LED Modules,	AS/NZS 61347.1 IEC/EN 61347-1	
Street Lights	AS/NZS 1158.6 and all required subclauses such as vibration and IK.	
Switch Mode Power Supplies	AS/NZS60950-1	منابع تغذیه (Power Supply – All Types)
Linear Power Supplies including standalone Transformers	AS/NZS61558.1 with Part 2's	
Hand Held Power Tools	AS/NZS60745.1	تجهیزات برقی (Electric Power Tools)
Angle Grinders, Electric Saws including Band Saws and Mitre Saws, Drilling Machines, Jack Hammers	IEC 61029-1 with Part 2's	
Televisions, LCD and Plasma Screens, DVD Players and recorders, Home Theater Equipment, Stereo systems and Subwoofers	AS/NZS60065	تجهیزات الکترونیکی خانگی (Home Electronics)
Lathes, Motor Driven pulley systems, Stamping Machines, Electrical Switches	AS/NZS61010	تجهیزات معادن، ماشین‌های صنعتی و آزمایشگاهی (Mining Equipment, Industrial Machines and Laboratory Equipment)
Electrical Portable Outlet Devices	AS/NZS3105	انواع تجهیزات و ادوات اتصال
Plugs and Socket-Outlets	AS/NZS 3112	
Socket-Outlet Adaptors	AS/NZS 3122	

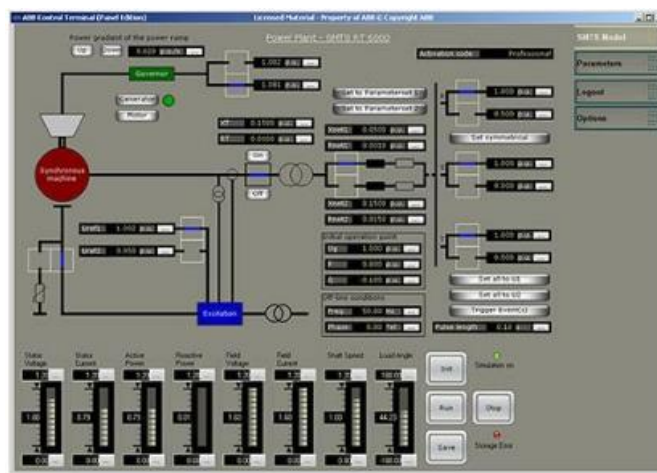
¹ Electrical Product Safety Testing Services

۱۴۸

۳-۱-۳-۴-۲ سیستم تحریک استاتیک

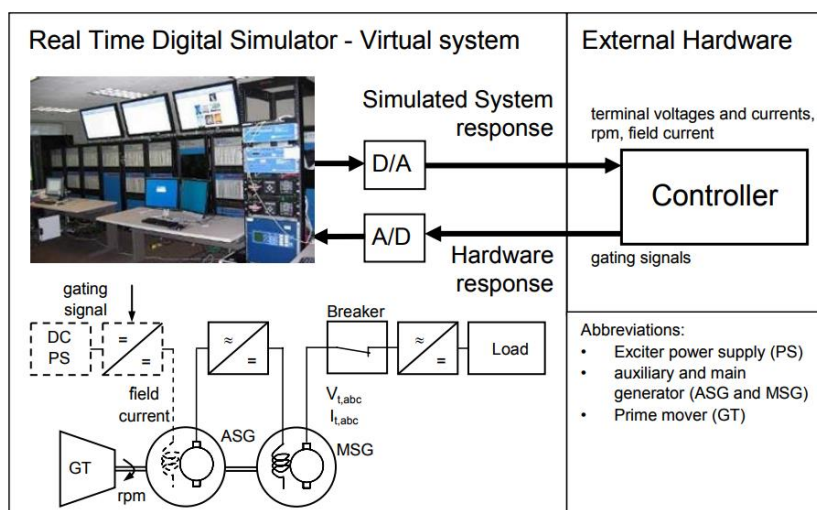
وظیفه اصلی این سیستم تامین جریان DC مورد نیاز برای سیم‌پیچ تحریک ژنراتورها می‌باشد و همچنین از طریق فیدبک گرفتن از ولتاژ خروجی ترمینال‌های ژنراتور عملکرد دینامیکی سیستم تحریک را از طریق تزریق جریان DC، تنظیم می‌کند. در حقیقت ماهیت اصلی عملکرد این سیستم یکسوکندگی می‌باشد. بنابراین طبق دو دیدگاه بیان شده در قبل، از منظر دیدگاه اول برای تست و بررسی این مبدل باید یک سیستم یکپارچه شامل ژنراتور، منبع AC و دیگر تجهیزات مرتبط داشته باشیم و طبق رویه‌های موجود به تست بپردازیم. اما از منظر دیدگاه دوم، آزمون‌های مربوط به EMC، بهره‌وری انرژی، ایمنی و غیره مشابه دیگر تجهیزات قابل اجرا می‌باشد.

یکی از شرکت‌های فعال در زمینه ساخت، تست و راه‌اندازی سیستم‌های تحریک نیروگاهی، شرکت ABB می‌باشد. این شرکت از طریق SMTS-RT 6000 (Transient Simulation - Real Time) به تست و شبیه‌سازی سیستم تحریک خود اقدام می‌کند. این ساختار که در شکل (۳-۳) نمایش داده شده است، به تحلیل و پیش‌بینی رفتار استاتیکی و دینامیکی سیستم تحریک در هنگام حالت بهره‌برداری عادی و در شرایط خطا، اقدام می‌کند.



شکل (۳-۳) سیستم شبیه‌ساز سیستم تحریک شرکت ABB با عنوان SMTS-RT 6000

سیستم کنترلی مورد استفاده برای سیستم تحریک نیز توسط محیط شبیه‌سازی (CHIL) controller hardware-in-the-loop مورد تست و ارزیابی قرار می‌گیرد و صحت عملکرد آن قبل از بهره‌برداری نهایی سیستم بررسی می‌گردد. در شکل (۴-۳) ساختار کلی این سیستم برای ارزیابی و تست، آورده شده است.

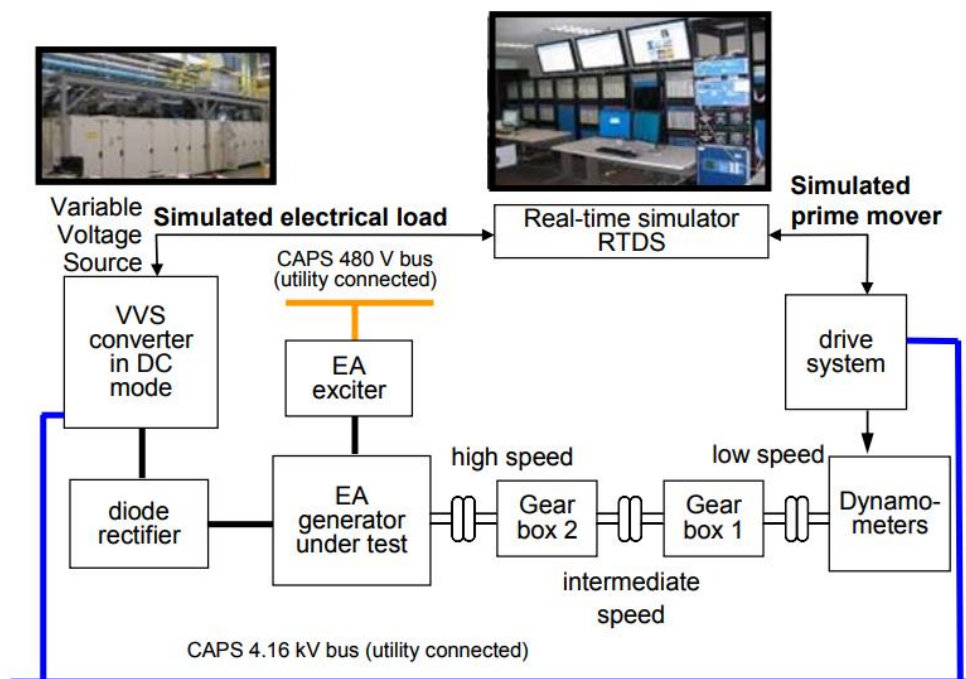


شکل (۴-۳) ساختار تست controller hardware-in-the-loop

۳-۱-۳-۴-۳ مبدل فرکانسی استاتیک (SFC)

این مبدل با دریافت ولتاژی با فرم AC و دامنه و فرکانس مشخص، می‌تواند باری با فرکانس و دامنه متفاوت را تغذیه نماید. در حقیقت این مبدل به صورت یک مبدل پشت به پشت می‌باشد که از طریق اتصال اینورتر و یکسو کننده ایجاد شده است. در کاربرد نیروگاهی این مبدل به عنوان راه اندازی ژنراتورهای گازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به این صورت که ژنراتور ابتدا به صورت موتور و با اعمال ولتاژی با دامنه و فرکانس پایین راه‌اندازی می‌شود، سپس مبدل فرکانسی این ولتاژ و فرکانس را به تدریج زیاد کرده تا موتور را به سرعت نامی میدان دوار فاصله هوایی برساند. در ادامه وقتی به سرعت میدان دوار فاصله هوایی رسیدیم از ماشین به صورت ژنراتوری بهره‌برداری می‌شود. این مبدل نیز کاملاً مشابه مبدل‌های مورد استفاده در سیستم تحریک از دو منظر، تست و ارزیابی می‌شود.

سیستم ژنراتور غالباً به صورت یکپارچه تست می‌شود. مبدل فرکانسی استاتیک که وظیفه راه‌اندازی ژنراتور را بر عهده دارد، به همراه ژنراتور خود می‌تواند توسط سیستم زیر مورد تست و ارزیابی قرار گیرد.



شکل (۳-۵) سیمولاتور ژنراتور و مبدل فرکانسی استاتیکی آن

برای تست این مبدل‌ها از دیدگاه اول، نیاز به سیمولاتور و بستر تست داریم. سیمولاتورهایی نظیر PowerTeck در کانادا یکی از مهم‌ترین این سیستم‌های زمان واقعی دیجیتالی می‌باشد. بستر تست نیز غالباً در آزمایشگاه‌های فشار قوی و توان بالا وجود دارد. مثلاً آزمایشگاه اتصال کوتاه CPRI هندوستان دارای سیستمی برای تست اتصال کوتاه تا مقدار ۱۵۰۰ مگا ولت آمپر می‌باشد که سیستم تحریک آن شامل مبدل‌های استاتیکی و مبدل فرکانسی برای حذف نیاز به موتورهای جانبی است.

۳-۱-۳-۳-۵ منابع تغذیه بدون وقفه

در این بخش جزئیات آزمونهایی که در مورد تجهیز پر کاربرد UPS انجام می‌گیرد و استانداردهای مرتبط با آن، اشاره خواهد شد. آزمون‌های قابل بررسی درباره UPS بر دو نوع هستند:

تست‌های عملکردی: این آزمون جهت تشخیص اینکه این تجهیز مناسب استفاده برای یک منظور خاص است یا نه، در نظر گرفته شده‌اند. مخصوصاً زمانی که قرار است تجهیز در یک کاربرد و در حالت بحرانی مورد استفاده قرار گیرد. این آزمونها بسیار جامع هستند و در بعضی از آنها مرحله تست تا نابودی کامل تجهیز پیش می‌رود و بیشتر به خاطر این انجام می‌شود که مشخص شود تحت شرایط بد و نامعمول کاری تجهیز تا چه حد قابل اعتماد است.

تست‌های ایمنی: تست‌های ایمنی محصولات معمولاً باید مطابق استانداردهای ایمنی باشد که توسط سازمان ایمنی کشورها در نظر گرفته می‌شود و شامل تست‌های پوششی، حفاظتی، مکانیکی و محیطی است.

در جدول زیر فهرست آزمونهایی قابل انجام برای UPS آمده است.

جدول (۹-۳) فهرست آزمونهای قابل انجام برای UPS

ردیف	آزمونهای اصلی	توضیحات
۱	آزمونهای پوششی ^۱	تست دوام، سختی و قابلیت اشتعال تست تنش قالب ^۲ تست عایق‌بندی تحت فشار نبودن الکترولیت عدم نشت و خطر انفجار
۲	آزمونهای حفاظتی ^۳	اتصال کوتاه اضافه شارژ کردن اضافه دشارژ کردن ولتاژ معکوس دمای زیاد استفاده ناصحیح
۳	آزمونهای مکانیکی	- آزمون تحت فشار قرار گرفتن - تحت یک تکان شدید قرار گرفتن - آزمون نوسان - آزمون ضربه - آزمون افتادن
۴	آزمونهای محیطی	آزمون گرما تغییرات دمایی ارتفاع رطوبت محیط در معرض آتش قرار گرفتن

استانداردهای عمومی مورد استفاده برای تست UPS نیز در جدول (۳-۱۱) آمده است.

جدول (۱۰-۳) فهرست استانداردهای عمومی آزمون‌های UPS

ردیف	شماره استاندارد	عنوان
۱	IEC 60050	باتری‌ها و سلولهای ثانویه
۲	BS387 و IEC 60086-1	باتری‌های مقدماتی
۳	BS و IEC 60086-2	باتری‌ها
۴	IEEE 1625	استاندارد باتری‌های قابل شارژ برای کامپیوترهای قابل حمل

البته در این مورد استانداردهای دیگری از ISO، ANSI و UL نیز موجود می‌باشد که در اینجا آورده نشده است. استانداردهای ایمنی مورد استفاده برای UPS نیز در جدول (۳-۱۲) آورده شده است.

^۱ Mould Stress

^۲ Casing

^۳ Protection

جدول (۱۱-۳) فهرست استانداردهای ایمنی برای تست UPS

ردیف	شماره استاندارد	توضیحات
۱	IEC 61508	الزامات IEC برای ایمنی عملکردی
۲	IEC/TR2 61430:1997	روشهای آزمون برای تعیین عملکرد وسایل طراحی شده برای کاهش ریسک انفجار: باتری‌های اسیدسرب ^۱
۳	IEC/62133:2002	باتری‌های ثانویه شامل خاصیت قلیایی یا الکترولیت _ حداقل نیازمندیهای ایمنی برای باتری‌های ثانویه مهر و موم شده قابل حمل برای استفاده در کاربردهای قابل حمل
۴	IEEE 802000	راهنمای IEEE برای ایمنی در زمین کردن AC پستهای برق

¹ Lead Acid Batteries

۳-۲- جمع بندی

عنوان گزارش: تبیین محورهای کاری، اولویت‌بندی و ارائه پیشنهاد پایه جهت تجهیز شبکه آزمایشگاهی جامع الکترونیک قدرت در کشور

DOI: NRI-ER-1-NPPEEPN01-99-F

این فصل به بررسی و نتیجه‌گیری نهایی پیرامون الزامات یک آزمایشگاه مرجع الکترونیک قدرت اختصاص دارد و مشمل بر دو قسمت می‌باشد. در قسمت اول اطلاعات مربوط به تمامی آزمایشگاه‌های بررسی شده به همراه چندین آزمایشگاه معتبر دیگر به طور خلاصه جمع‌بندی شده و در قسمت دوم نیز نتیجه‌گیری نهایی گزارش ارائه شده است.

۱-۲-۳- مروری بر آزمایشگاه‌ها

۱-۲-۳-۱- آزمایشگاه Tecnalia

۱-۲-۳-۱-۱- مشخصات کلی آزمایشگاه

• مشخصات عمومی آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
نام رسمی آزمایشگاه	Tecnalia	سال تاسیس	۱۹۵۵
نوع آزمایشگاه (نوع شرکت)	-	محل شرکت	اسپانیا
وبسایت رسمی شرکت:	https://www.tecnalia.com/en		

• مشخصات آماری آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
تعداد پرسنل	۱۴۰۵	تعداد آزمایشگاه	۱۷
وسعت آزمایشگاه	-	مراکز آزمایشگاهی	مراکز در کشورهای اسپانیا، و همچنین کشورهای کلمبیا، فرانسه، ایتالیا، مکزیک و صربستان

• مشخصات اقتصادی آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
درآمد سالیانه	۱۰۲ میلیون یورو	عضویت در نهادهای اقتصادی	-
فعالیت‌های اقتصادی جانبی	مشارکت در توسعه‌ی فنی و صنعتی به مشتریان بین‌المللی، پیش‌بینی توسعه در بازارهای جهانی، فروش خدمات از طریق پروژه‌ها و یا مناقصه‌های بین‌المللی (با تعداد کمپانی‌های مشتری ۴۰۵۰)	کشورهای ارائه‌دهنده خدمات	دارای چندین مرکز در کشور اسپانیا، و همچنین کشورهای کلمبیا، فرانسه، ایتالیا، مکزیک و صربستان است.

• حدود فعالیت آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
-------	--------	-------	--------

حوزه‌های فعالیت	خدمات تست، کنترل کیفیت، ارزیابی انطباق، آنالیز خطا، کالیبراسیون و بازرسی	همکاری‌های بین‌المللی	با کشورهای مختلفی نظیر کلمبیا، پرو، اکوادور، آرژانتین، مکزیک، صربستان، بلغارستان، فرانسه، ایتالیا، مصر، دبی، چین، کامرون، اروگوئه، مراکش
مهم‌ترین آزمایشگاهی	-	شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات	-

۱-۱-۱-۲-۳- مشخصات اعتباری

فهرست تاییدیه‌های بین‌المللی (این آزمایشگاه توسط چه نهادهای بین‌المللی تایید شده است؟)	اروپایی ✓ ILAC ✓ LOVAG ✓ METERS AND MORE ✓ PRIME ALLIANCE	آمریکایی اطلاعاتی موجود نیست	آسیایی و غیره اطلاعاتی موجود نیست
--	---	---------------------------------	--------------------------------------

فهرست شرکت‌های همکاری (این آزمایشگاه با چه شرکت‌های بین‌المللی همکاری دارد؟)	دانشگاهی اطلاعاتی موجود نیست	تحقیقاتی و آزمایشگاهی اطلاعاتی موجود نیست	پیمانکاری ✓ INGETEAM ✓ ELECTRIC GENERAL ✓ ZIV
--	---------------------------------	--	--

۱-۱-۱-۳-۳- مشخصات آزمایشگاهی

فهرست تجهیزات آزمایشگاهی (این آزمایشگاه چه تجهیزاتی دارد؟)	✓ مبدل توان بالای چندسطحی (THOR) ✓ محفظه‌های دمایی و اسپری نمک و گردوغبار مناسب برای انجام تست‌های محیطی ✓ یک ریزشکه‌ی انعطاف‌پذیر ولتاژ پایین متشکل از المان‌های زیر: ▪ منبع ولتاژ AC با توان ثابت ۴۵۰ کیلوواتی ▪ منبع ولتاژ AC با توان قابل تنظیم ۱۶۵ کیلوواتی ▪ منابع DC با توان‌های ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوواتی ▪ بارهای RLC با $Q > 2.5$ برای تست (ضد) جزیره‌ای اینورترهای ۱۵۰ کیلوواتی ✓ پلت‌فرمی به منظور توسعه‌ی الگوریتم‌ها و شبیه‌سازی خودروهای الکتریکی ✓ محفظه‌ی مناسب برای انجام تست‌های EMC ✓ تجهیزات لازم برای انجام تست‌ها در سایر آزمایشگاه‌های این مرکز.
--	--

فهرست آزمون‌های (چه تست‌ها یا آزمون‌هایی در این آزمایشگاه انجام می‌گردد؟)	- در این مرکز بر اساس نوع تست‌های قابل انجام ۱۷ آزمایشگاه قرار دارد که عبارتند از: - آزمایشگاه تست‌های قدرت - آزمایشگاه تست‌های ولتاژ پایین و محیطی - آزمایشگاه تست‌های ولتاژ بالا
---	---

- آزمایشگاه تست‌های الکترونیک‌قدرت و ریزشبکه - آزمایشگاه اندازه‌گیری هوشمند - آزمایشگاه ارتباطات شبکه‌های هوشمند - آزمایشگاه اتصال به شبکه‌ی خودروهای برقی - آزمایشگاه سیستم‌های الکتریکی برای تولید انرژی‌های تجدیدپذیر - آزمایشگاه ذخیره‌ساز انرژی - آزمایشگاه تست در محل سایت - آزمایشگاه EMC و TELECOM - آزمایشگاه بازده انرژی - آزمایشگاه ایمنی آتش - آزمایشگاه اکوستیک صوتی - آزمایشگاه حرارتی - آزمایشگاه تست غیرمخرب - آزمایشگاه تست مکانیکی	
---	--

چه تجهیزاتی در این آزمایشگاه تست می‌شوند؟	در گزارش به شکل مفصل بیان شده است.
---	------------------------------------

چه استانداردهایی در این آزمایشگاه اعتبارسنجی می‌شوند؟	در توضیحات آزمایشگاه‌ها به تفصیل آورده شده است.
---	---

۳-۲-۱-۲- آزمایشگاه EMCC

۱-۲-۱-۲-۳- مشخصات کلی آزمایشگاه

• مشخصات عمومی آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
نام رسمی آزمایشگاه	EMCC Dr. Rašek	سال تاسیس	۱۹۷۷
نوع آزمایشگاه (نوع شرکت)	-	محل شرکت	آلمان
وبسایت رسمی شرکت:	http://www.emcc.de/index.php		

• مشخصات آماری آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
-------	--------	-------	--------

تعداد پرسنل	اطلاعاتی موجود نیست	تعداد آزمایشگاه	اطلاعاتی موجود نیست
وسعت آزمایشگاه	اطلاعاتی موجود نیست	تعداد مراکز آزمایشگاهی	اطلاعاتی موجود نیست

• مشخصات اقتصادی آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
درآمد سالیانه	اطلاعاتی موجود نیست	عضویت در نهادهای اقتصادی	اطلاعاتی موجود نیست
فعالیت‌های اقتصادی جانبی	اطلاعاتی موجود نیست	کشورهای ارائه‌دهنده خدمات	امریکا، اتحادیه اروپا، کانادا، ژاپن و ...

• حدود فعالیت آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
حوزه‌های فعالیت	خدمات مشاوره و سمینارها، بخش تحقیق و توسعه، ساخت و ارائه‌ی محصولات ژنراتوری لازم جهت انجام تست‌های EMC	همکاری‌های بین‌المللی	صدور گواهی‌نامه‌های معتبر، در راستای ورود تجهیزات به بازارهای اتحادیه‌ی اروپا، ایالات متحده، کانادا، ژاپن و ...
مهم‌ترین آزمایشگاهی	فعالیت‌های	شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات	-

۲-۲-۱-۲-۳-۳-۳ - مشخصات اعتباری

فهرست تاییدیه‌های بین‌المللی (این آزمایشگاه توسط چه نهادهای بین‌المللی تایید شده است؟)	اروپایی	آمریکایی	آسیایی و غیره
	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست

فهرست شرکت‌های همکاری (این آزمایشگاه با چه شرکت‌های بین‌المللی همکاری دارد؟)	دانشگاهی	تحقیقاتی و آزمایشگاهی	پیمانکاری
	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست

عضویت در نهادهای بین‌المللی	اطلاعاتی موجود نیست
-----------------------------	---------------------

۳-۲-۱-۲-۳-۳ - مشخصات آزمایشگاهی

فهرست تجهیزات آزمایشگاهی (این آزمایشگاه چه تجهیزاتی دارد؟)	✓ اتاق تقریباً بدون پژواک (مشخصات آن در گزارش آورده شده است) ✓ اتاق کاملاً بدون پژواک
---	--

✓ ارائه‌ی ژنراتورهای EMP که برای بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم رعدوبرق و پالس الکترومغناطیسی هسته‌ای استفاده می‌شوند؛ ژنراتورهای spike (برای مثال استفاده در ایرباس‌ها) و ژنراتورهای stroke ¹ .	
✓ تجهیزات لازم برای انجام تست‌ها در سایر آزمایشگاه‌های این مرکز.	

✓ تست EMC برای کاربردهای تجاری، شامل تست انتشار و تست مصونیت	
✓ تست EMC تجهیزات مصرفی الکترونیکی	
✓ تست EMC تجهیزات الکترونیک قدرت و الکترونیک صنعتی	
✓ تست EMC تجهیزات فناوری اطلاعات	
✓ تست EMC تجهیزات دریایی	
✓ تست EMC صنایع هواپیمایی	
✓ تست EMC صنایع خودرو و وسایل نقلیه	
✓ تست EMC صنایع دفاعی	
✓ تست EMC رعدوبرق	
✓ تست EMC تجهیزات پزشکی	
✓ تست EMC رادیو وایرلس	
	فهرست آزمون‌های (چه تست‌ها یا آزمون‌هایی در این آزمایشگاه انجام می‌گردد؟)

✓ تجهیزات مصرفی الکترونیکی نظیر لوازم خانگی، دستگاه‌های گرمایش الکتریکی، منابع نور LED و ...	
✓ تجهیزات الکترونیک صنعتی نظیر سیستم‌های تهویه، منابع UPS، منابع تغذیه‌ی DC ولتاژ پایین، ماشین‌آلات سنگ‌زنی، ماشین‌های برش و ...	
✓ تجهیزات فناوری اطلاعات نظیر لپ‌تاپ‌ها، مانیتورها، مودم‌ها، ماشین‌های فکس، اسکنر و ...	
✓ تجهیزات الکترونیک قدرت نظیر درایوها، اینورترهای سولار، منابع تغذیه، ژنراتورها/مولدها، یکسوسازها، سویچ‌های توان‌های بالا، رله‌های اندازه‌گیری، تجهیزات حفاظت، سیستم‌های ذخیره‌ی انرژی و ...	
✓ تجهیزات دریایی	
✓ تجهیزات صنایع هواپیمایی	
✓ تجهیزات صنایع خودرو و وسایل نقلیه	
✓ تجهیزات صنایع دفاعی	
✓ تجهیزات پزشکی	
✓ تجهیزات رادیو/وایرلس	
	چه تجهیزاتی در این آزمایشگاه تست می‌شوند؟

¹Single/Multiple Stroke Generator

چه استانداردهایی در این آزمایشگاه اعتبارسنجی می‌شوند؟	در توضیحات آزمایشگاه‌ها به تفصیل آورده شده است.
---	---

۳-۱-۲-۳- آزمایشگاه Intertek

۳-۱-۲-۳- مشخصات کلی آزمایشگاه

• مشخصات عمومی آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
نام رسمی آزمایشگاه	Intertek	سال تاسیس	۱۸۸۵
نوع آزمایشگاه (نوع شرکت)	اطلاعاتی موجود نیست	محل شرکت	انگلستان
وبسایت رسمی شرکت:	http://www.intertek.com		

• مشخصات آماری آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
تعداد پرسنل	42000	تعداد آزمایشگاه	1,000 laboratories and offices
وسعت آزمایشگاه	Through our network of over 42000 people in 1000 laboratories and offices in 100 countries, Intertek provides quality and safety solutions to a wide range of industries around the world.	تعداد مراکز آزمایشگاهی	مراکز در آمریکای شمالی و جنوبی، اروپا، خاورمیانه، آفریقا و اقیانوسیه

• مشخصات اقتصادی آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
درآمد سالیانه	اطلاعاتی موجود نیست	عضویت در نهادهای اقتصادی	اطلاعاتی موجود نیست
فعالیت‌های اقتصادی جانبی	ضمانت (گارانتی)، تایید و بازرسی محصولات	کشورهای ارائه‌دهنده خدمات	کشورهای آسیایی و اقیانوسیه نظیر چین، هند، ژاپن، کره جنوبی، سنگاپور، پاکستان، استرالیا و زلاندنو؛ کشورهای اروپایی نظیر سوئیس، انگلیس، فرانسه، سوئد، اسپانیا، نروژ، ایتالیا، آلمان، دانمارک؛ کشورهای خاورمیانه نظیر امارات، عراق، عربستان، قطر، عمان، کویت؛ کشورهای آفریقایی نظیر مصر، مراکش، لیبی، نیجریه، الجزایر؛ و کشورهای آمریکایی نظیر ایالات متحده، کانادا، مکزیک، پاناما، برزیل، آرژانتین، پرو.

• حدود فعالیت آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
حوزه‌های فعالیت	حوزه‌ی انرژی (شامل تجهیزات برق، انرژی خورشیدی، انرژی بادی، موج و جزرومد، تولید برق، انتقال و توزیع برق)، حوزه‌ی حمل‌ونقل (نظیر خودرو)، حوزه‌ی محصولات (نظیر باتری‌ها، HVACR، ابزار و ماشین‌آلات)	همکاری‌های بین‌المللی	کشورهای آسیایی و اقیانوسیه نظیر چین، هند، ژاپن، کره جنوبی، سنگاپور، پاکستان، استرالیا و زلاندنو؛ کشورهای اروپایی نظیر سوئیس، انگلیس، فرانسه، سوئد، اسپانیا، نروژ، ایتالیا، آلمان، دانمارک؛ کشورهای خاورمیانه نظیر امارات، عراق، عربستان، قطر، عمان، کویت؛ کشورهای آفریقایی نظیر مصر، مراکش، لیبی، نیجریه، الجزایر؛ و کشورهایی آمریکایی نظیر ایالات متحده، کانادا، مکزیک، پاناما، برزیل، آرژانتین، پرو.
مهم‌ترین آزمایشگاهی	فعالیت‌های خدمات تست شامل تست-های بازده انرژی، ایمنی، کیفیت و... و صدور گواهی‌نامه‌های معتبری نظیر CE، ASTA، ETL	شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات	اطلاعاتی موجود نیست

۲-۳-۱-۳-۲ - مشخصات اعتباری

اروپایی	آمریکایی	آسیایی و غیره
✓ تست و تاییدیه‌ی ایمنی الکتریکی برای استانداردهای CSA و UL، ANSI ✓ تاییدیه‌ی ETL ✓ تاییدیه‌ی ASTA ✓ تاییدیه‌ی CE ✓ تاییدیه‌های خاص بازار برای اینورترهای فتوولتائیک شامل: ➤ VDE 0126-1-1 Grid Tie Standard for Germany ➤ RD 1663 for Spain	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست

		ER G83/1 or ER G59/1 for the UK AS/NZS 3100 & AS4777 for Australia CE Marking for Europe FCC Certification ... و ✓	
--	--	--	--

فهرست شرکت‌های همکاری (این آزمایشگاه با چه شرکت‌های بین‌المللی همکاری دارد؟)	دانشگاهی	تحقیقاتی و آزمایشگاهی	پیمانکاری
	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست

عضویت در نهادهای بین‌المللی	اطلاعاتی موجود نیست
-----------------------------	---------------------

۳-۳-۱-۲-۳- مشخصات آزمایشگاهی

فهرست تجهیزات آزمایشگاهی (این آزمایشگاه چه تجهیزاتی دارد؟)	این مرکز دارای تجهیزات لازم برای انجام انواع تست‌ها در حوزه‌های مختلف انرژی، حمل‌ونقل و محصولات و ... می‌باشد.
---	--

- تست EMC - تست EMI - تست و تاییدیه‌ی ایمنی الکتریکی برای استانداردهای UL، ANSI و CSA - تست عملکرد و معیار - ارزیابی عمر تجهیزات بر اساس ریسک - تست انواع و سایزهای مختلف اینورترهای فتوولتائیک - تست ماژول‌های فتوولتائیک (تست‌های عملکرد و ایمنی) - تست توربین‌های بادی - تست‌های ویژه‌ی سیستم حرارتی خورشیدی - تست استفاده‌ی نادرست و آتش باتری - تست اضافه‌شارژ - تست بازده انرژی - تست نرم‌افزار و امنیت سایبری - تست ماشین‌آلات صنعتی - تست تایید و اارانتی - و ...	فهرست آزمون‌های (چه تست‌ها یا آزمون‌هایی در این آزمایشگاه انجام می‌گردد؟)
--	---

✓ نیروگاه‌ها	چه تجهیزاتی در این آزمایشگاه تست می‌شوند؟
✓ ژنراتور دارای محرکه‌ی توربینی	
✓ تجهیزات کنترلی سیستم قدرت	
✓ تجهیزات توزیع و انتقال قدرت	
✓ مبدل‌ها و پنل‌های فتوولتائیک	
✓ توربین‌های بادی، باتری‌ها و ذخیره‌سازهای انرژی	
✓ محصولات تولید پراکنده	
✓ ژنراتورهای دارای محرکه‌ی موتور ثابت	
✓ میکروتوربین‌ها	
✓ پیل‌های سوختی	
✓ ترانسفورمرها	
✓ سویچگیرها	
✓ تست EMC برای تجهیزات خودرو، لوازم خانگی و لوازم الکترونیکی مصرفی، تجهیزات پزشکی، تجهیزات نظامی و هوافضا و تجهیزات تلکام	
✓ تجهیز HVACR	
✓ اینورترهای فتوولتائیک	
✓ مازول‌های فتوولتائیک	
✓ تجهیزات مربوط به سیستم‌های حرارتی-خورشیدی	
✓ صنایع حمل‌ونقل شامل زیربخش‌های خودرو، هوافضا، صنایع دریایی، ریلی و فضایی،	
✓ تلفن‌های هوشمند، هات‌اسپات‌ها، تبلت‌ها، لپ‌تاپ‌ها، دستگاه‌های شبکه و تجهیزهای IoT	
✓ محصولات روشنایی	
✓ ابزار و ماشین‌آلات	
✓ و ...	

چه استانداردهایی در این آزمایشگاه اعتبارسنجی می‌شوند؟	در گزارش به تفصیل آورده شده است.
---	----------------------------------

آزمایشگاه CESI ۳-۲-۱-۴-

مشخصات کلی آزمایشگاه ۱-۴-۲-۳-

• مشخصات عمومی آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
نام رسمی آزمایشگاه	(CESI) Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano	سال تاسیس	۱۹۵۶
نوع آزمایشگاه	اطلاعاتی موجود نیست	محل شرکت	ایتالیا

تبیین محورهای کاری، اولویت‌بندی و ارائه پیشنهاد پایه جهت تجهیز شبکه آزمایشگاهی جامع الکترونیک قدرت در کشور

DOI: 10.30503/nripress.2020.297

(نوع شرکت)		(میلان)
وبسایت رسمی شرکت	http://www.cesi.it	

• مشخصات آماری آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
تعداد پرسنل	بیش از ۱۰۰۰ نفر	تعداد آزمایشگاه	۱۴
وسعت آزمایشگاه	اطلاعاتی موجود نیست	تعداد مراکز آزمایشگاهی	اطلاعاتی موجود نیست

• مشخصات اقتصادی آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
درآمد سالیانه	در سال ۲۰۱۴ بیش از ۲۲ میلیون یورو	عضویت در نهادهای اقتصادی	-
فعالیت‌های اقتصادی جانبی	خدمات مشاوره ای	کشورهای ارائه‌دهنده خدمات	در بیش از ۳۵ کشور دنیا (حتی ایران)

• حدود فعالیت آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
حوزه‌های فعالیت	خطوط انتقال، شبکه های هوشمند، کنتورهای هوشمند، تست و ارزیابی و ..	همکاری‌های بین‌المللی	با شرکت ABB در زمینه ساخت بزرگترین آزمایشگاه تست موتورهای الکتریکی
مهم‌ترین فعالیت‌های آزمایشگاهی	تست کنتورهای هوشمند و تجهیزات ماهواره‌ای	شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات	KAHRA-MAA, DEWA, EDF, AENOR, ENEL, TERN همچنین حوزه کارفرمایان این شرکت در موارد زیر خلاصه می‌شود: power producers, system operators, distribution transmission system operators manufacturers components electromechanical industrial plants, public institutions & regulators, financial investors, developers & traders, solar cells

۲-۴-۱-۲-۳- مشخصات اعتباری

اروپایی	آمریکایی	آسیایی و غیره
IECEX , ATEX LOVAG ,ASTA ,PEHLA و CBTL	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست
فهرست تاییدیه‌های بین‌المللی (این آزمایشگاه توسط چه نهادهای بین‌المللی تایید شده است؟)		

فهرست شرکت‌های همکاری	دانشگاهی	تحقیقاتی و آزمایشگاهی	پیمانکاری
(این آزمایشگاه با چه شرکت‌های بین‌المللی همکاری دارد؟)	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست

عضویت در نهادهای بین‌المللی	- STL (Short-Circuit Testing Liaison) - CESI laboratories are recognised and approved by many association as PEHLA, ASTA, LOVAG, CBTL for the IECCE Scheme, under the conformity to ISO/IEC 17025 standard and ISO Guide 65.
-----------------------------	---

۳-۴-۱-۲-۳ مشخصات آزمایشگاهی

فهرست تجهیزات آزمایشگاهی (این آزمایشگاه چه تجهیزاتی دارد؟)	اطلاعاتی موجود نیست
---	---------------------

فهرست آزمون‌های (چه تست‌ها یا آزمون‌هایی در این آزمایشگاه انجام می‌گردد؟)	❖ Seismic and Vibration test ❖ HV Laboratory ❖ Calibration Laboratory ❖ HP Synthetic Test Laboratory ❖ Pollution Test Laboratory ❖ HP Direct Test Laboratory ❖ Explosion Test Laboratory ❖ Prequalification Test Bay ❖ Climatic Chambers ❖ LV Laboratory ❖ Motors Test Bay ❖ EMC Laboratory ❖ Smart metering Laboratory ❖ On-Site Test Laboratory
--	--

چه تجهیزاتی در این آزمایشگاه تست می‌شوند؟	✓ ماشین‌های الکتریکی دوار ✓ جعبه تقسیم و محافظ‌های الکتریکی ✓ ژنراتور و ترانسفورماتور ✓ تجهیزات تابلو برق فشار قوی و فشار ضعیف ✓ منابع تغذیه ✓ تجهیزات کنترل فرآیند ✓ سنسورها و مبدل‌ها ✓ ایستگاه‌های کنترل لامپ و تجهیزات روشنایی ✓ وسایل گرمایشی ✓ تجهیزات بی‌سیم و IT ✓ آداپتورها و بوشینگ ✓ سیم‌پیچ‌ها ✓ باتری و سلول‌ها ✓ اسپری‌های تحت فشار ✓ تجهیزات توزیع سوخت و پمپ‌ها ✓ وسایل تهویه‌کننده
---	---

چه استانداردهایی در این آزمایشگاه اعتبارسنجی می‌شوند؟	- ISO guide 65 و ISO/IEC17025, ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 - ISO/IEC17020 - CESI acts as Type "A" Inspection Body according to ISO/IEC 17020 standard.
---	---

فهرست سهام داران شرکت CESI	- ENEL SpA - TERNA SpA - PRYSMIAN CAVI E SISTEMI Srl - ABB SpA
----------------------------	---

• CESI SpA • TOSHIBA TRANSMISSION & DISTRIBUTION EUROPE SpA • SEVES SpA	
---	--

۳-۲-۵-۱- آزمایشگاه KONCAR

۱-۵-۱-۳- مشخصات کلی آزمایشگاه

• مشخصات عمومی آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
نام رسمی آزمایشگاه	Končar – Electrical Engineering Institute, Inc	سال تاسیس	۱۹۶۱
نوع آزمایشگاه (نوع شرکت)	عمومی	محل شرکت	کرواسی، زاگرب
وبسایت رسمی شرکت	http://www.koncar-institut.com		

• مشخصات آماری آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
تعداد پرسنل	۵۱ تا ۲۰۰ نفر	تعداد آزمایشگاه	۱۰
وسعت آزمایشگاه	۱۳۰۰۰ متر مربع	تعداد مراکز آزمایشگاهی	۱

• مشخصات اقتصادی آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
درآمد سالیانه	در سال ۲۰۱۶ برابر با ۱۲ میلیون و ۴۸۰ هزار یورو	عضویت در نهادهای اقتصادی	اطلاعاتی موجود نیست
فعالیت‌های اقتصادی جانبی	فقط فعالیت‌های آزمایشگاهی	کشورهای ارائه‌دهنده خدمات	اطلاعاتی موجود نیست

• حدود فعالیت آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
حوزه‌های فعالیت	تست و ارزیابی و صدور تاییدیه	همکاری‌های بین‌المللی	اطلاعاتی موجود نیست
مهم‌ترین فعالیت‌های آزمایشگاهی	اطلاعاتی موجود نیست	شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات	اطلاعاتی موجود نیست

• مشخصات اعتباری

اروپایی	آمریکایی	آسیایی و غیره
We are European Commission Notified Body number 2494 for directives: • 2006/95/EC (ex-73/23/EEC) Low voltage directive • 2006/42/EC Machinery • 2009/142/EC (ex-90/396/EEC) Appliances burning gaseous fuels • 2014/68/EU Pressure equipment • 2014/30/EU Electromagnetic compatibility • 2014/53/EU Radio equipment		
فهرست تاییدیه‌های بین‌المللی (این آزمایشگاه توسط چه نهادهای بین‌المللی تایید شده است؟)	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست

دانشگاهی	تحقیقاتی و آزمایشگاهی	پیمانکاری
اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست
فهرست شرکت‌های همکاری (این آزمایشگاه با چه شرکت‌های بین‌المللی همکاری دارد؟)		

۲-۵-۱-۳- مشخصات آزمایشگاهی

فهرست تجهیزات آزمایشگاهی (این آزمایشگاه چه تجهیزاتی دارد؟)	با توجه به گسترده بودن تجهیزات و اینکه هر آزمایشگاه تجهیزات اختصاصی خود را دارد، از آوردن این تجهیزات در این قسمت خودداری نمودیم و می‌توان آنها را در گزارش اصلی مشاهده نمود.
--	---

✓ Testing of Low-Voltage equipment ✓ Testing of High-Voltage equipment ✓ Testing of EMC, RTT, NF and RF fields ✓ Testing of machines, gas appliances and personal protective equipment ✓ Testing of mechanical properties of materials ✓ Testing of power quality and energy efficiency ✓ Environmental testing ✓ Testing equipment for railways ✓ Physical and chemical testing of materials	فهرست آزمون‌های (چه تست‌ها یا آزمون‌هایی در این آزمایشگاه انجام می‌گردد؟)
---	---

چه تجهیزاتی در این آزمایشگاه تست می‌شوند؟	مطابق گزارش
---	-------------

چه استانداردهایی در این آزمایشگاه اعتبارسنجی می‌شوند؟	برای هر تجهیز به تفکیک مطابق گزارش
---	------------------------------------

تبیین محورهای کاری، اولویت‌بندی و ارائه پیشنهاد پایه جهت تجهیز شبکه آزمایشگاهی جامع الکترونیک قدرت در کشور

DOI: 10.30503/nripress.2020.297

۳-۱-۶- آزمایشگاه CEPRI

۱-۶-۱-۳- مشخصات کلی آزمایشگاه

• مشخصات عمومی آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
نام رسمی آزمایشگاه	China Electric Power System Research (CEPRI)	سال تاسیس	۱۹۵۱
نوع آزمایشگاه (نوع شرکت)	-	محل شرکت	کشور چین
وبسایت رسمی شرکت	http://www.epri.sgcc.com.cn/html/eprien/index.html		

• مشخصات آماری آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
تعداد پرسنل	۳۴ دپارتمان تخصصی (۷۰۰ نفر)	تعداد آزمایشگاه	۴۰ آزمایشگاه زیر مجموعه
وسعت آزمایشگاه	۴۵ هزار متر مربع	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست

• مشخصات اقتصادی آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
درآمد سالیانه	ارزش مالی ۱۰۷ میلیون دلار	عضویت در نهادهای اقتصادی	اطلاعاتی موجود نیست
فعالیت‌های اقتصادی جانبی	اطلاعاتی موجود نیست	کشورهای ارائه‌دهنده خدمات	اطلاعاتی موجود نیست

• حدود فعالیت آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
حوزه‌های فعالیت	اطلاعاتی موجود نیست	همکاری‌های بین‌المللی	اطلاعاتی موجود نیست
مهم‌ترین فعالیت‌های آزمایشگاهی	اطلاعاتی موجود نیست	شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات	اطلاعاتی موجود نیست

۲-۱-۶-۳- مشخصات اعتباری

فهرست تاییدیه‌های بین‌المللی (این آزمایشگاه توسط چه نهادهای بین‌المللی تایید شده است؟)	اروپایی	آمریکایی	آسیایی و غیره
اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست

فهرست شرکت‌های همکاری	دانشگاهی	تحقیقاتی و آزمایشگاهی	پیمانکاری
-----------------------	----------	-----------------------	-----------

Alstom Group NCAR (U.S. National Center for Atmospheric Research) ADI EDF R&D UoS	UL Toshiba GE IBM Cisco	IREQ ESI EDF R&D AREVA UoS CRIEPI TUV SUD DNV GL KEMA	(این آزمایشگاه با چه شرکت‌های بین‌المللی همکاری دارد؟)
---	-------------------------------------	---	---

➤ دبیر کمیته‌های فنی موسسه IEC نظیر TC115, PC118, SC8A و ریاست کمیته IEC TC122. ➤ دارای بودن ۲۷ عضو ارشد IEEE و در مجموع مشارکت در زمینه تدوین و نهایی سازی ۵ استاندارد IEEE که ۴‌تای آنها نهایی و منتشر شده‌اند. لیست این استانداردها به قرار زیر است. ➤ عضویت در کمیته‌های فنی CIGRE نظیر کمیته ترانسفورمرهای قدرت (CIGRE SC A2)، کمیته تجهیزات ولتاژ بالا (CIGRE SC A3) و کمیته تولیدات پراکنده و سیستم‌های توزیع (CIGRE SC C6).	عضویت در نهادهای بین‌المللی
--	-----------------------------

۳-۶-۱-۲-۳- مشخصات آزمایشگاهی

➤ توانایی انجام تست‌های عملکردی و عایقی (دی‌الکتریک) برای مبدل‌های جریانی توان بالا (LCC-HVDC) با توان بالا (برای توان‌های تا حداکثر 800kV/5000A) و مبدل‌های ولتاژی توان بالا (VSC-HVDC) با توان بالا (برای توان‌های تا حداکثر 500kV/2000A) ➤ توانایی انجام تست برای ولتاژهای ضربه‌ای تا حدود 3600kV$\pm$ و ولتاژهای DC تا حدود 2400kV$\pm$ و برای ولتاژهای AC تا حدود 600kV ➤ تست مبدل‌های ولتاژی توان بالا (LCC-HVDC) در شرایط عملکرد حالت دائمی (جریانی در حدود 7500 آمپر) و در شرایط بروز خطا (تا حدود 62 kA) ➤ تست مبدل‌های جریانی توان بالا (VSC-HVDC) در شرایط عملکرد حالت دائمی (جریانی در حدود 2000 آمپر) و در شرایط بروز خطا (تا حدود 25 kA)	فهرست تجهیزات آزمایشگاهی (این آزمایشگاه چه تجهیزاتی دارد؟)
--	---

اطلاعاتی موجود نیست	فهرست آزمون‌های (چه تست‌ها یا آزمون‌هایی در این آزمایشگاه انجام می‌گردد؟)
---------------------	---

اطلاعاتی موجود نیست	چه تجهیزاتی در این آزمایشگاه تست می‌شوند؟
---------------------	--

۳-۲-۷- آزمایشگاه AUSTEST

۱-۷-۲-۳- مشخصات کلی آزمایشگاه

• مشخصات عمومی آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
نام رسمی آزمایشگاه	AUSTEST	سال تاسیس	۱۹۹۱
نوع آزمایشگاه (نوع شرکت)	مالکیت خصوصی	محل شرکت	استرالیا و نیوزیلند Castle Hill, NSW, AUSTRALIA
وبسایت رسمی شرکت	http://www.austest.com.au		

• مشخصات آماری آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
تعداد پرسنل	۱۱ الی ۵۰ نفر	تعداد آزمایشگاه	بیش از ۹ مورد
وسعت آزمایشگاه	اطلاعاتی موجود نیست	تعداد مراکز آزمایشگاهی	اطلاعاتی موجود نیست

• مشخصات اقتصادی آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
درآمد سالیانه	اطلاعاتی موجود نیست	عضویت در نهادهای اقتصادی	اطلاعاتی موجود نیست
فعالیت‌های اقتصادی جانبی	اطلاعاتی موجود نیست	کشورهای ارائه‌دهنده خدمات	اطلاعاتی موجود نیست

• حدود فعالیت آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
حوزه‌های فعالیت	صرفاً تست و ارزیابی	همکاری‌های بین‌المللی	-
مهم‌ترین فعالیت‌های آزمایشگاهی	EMC و تجهیزات مخابراتی	شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات	-

۲-۷-۱-۳- مشخصات اعتباری

اروپایی	آمریکایی	آسیایی و غیره
فهرست تاییدیه‌های بین‌المللی (این آزمایشگاه توسط چه نهادهای بین‌المللی تایید شده است؟) - Australian RCM agent services - New Zealand radio spectrum management compliance folder services - Asian approval services including China, Japan, Singapore, Malaysia, Indonesia and Vietnam - CE Mark DoC services for Europe		

ETL for USA, Canada and Mexico and South American approvals •	
---	--

فهرست شرکت‌های همکاری (این آزمایشگاه با چه شرکت‌های بین‌المللی همکاری دارد؟)	دانشگاهی	تحقیقاتی و آزمایشگاهی	پیمانکاری
	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست

عضویت در نهادهای بین‌المللی	NSW Fair Trading ➤ ESV ➤ ESO ➤ SAA ➤ SAI Global ➤ SGS Systems Services ➤ TUV Rheinland Australia and under the EESS ➤ The Australian Communications and Media Authority (ACMA) ➤ IPART ESS (Energy Saving Scheme).The NSW Govt ➤ The Victorian State Government under their VEET scheme. ➤
-----------------------------	---

۳-۲-۱-۷-۳- مشخصات آزمایشگاهی

فهرست تجهیزات آزمایشگاهی (این آزمایشگاه چه تجهیزاتی دارد؟)	به طور مفصل در گزارش اصلی مورد اشاره قرار گرفته اند
---	---

فهرست آزمون‌های (چه تست‌ها یا آزمون‌هایی در این آزمایشگاه انجام می‌گردد؟)	تست و ارزیابی و بازرسی تجهیزات الکتریکی تست استاندارد ایمنی محصولات، تست تداخلات الکترومغناطیسی، مخابرات، تست‌های محیطی و بازدهی انرژی و موارد بسیاری دیگر
---	---

immunity), Electrical Safety, Energy Efficiency, EMC(emissions and Telecommunications, Wireless and Environmental product and component compliance که شامل موارد زیر می‌شود. Appliance plugs and connectors AC/DC adapters Battery chargers/savers, for rechargeable cells, including automotive type Blankets Circuit-breakers, miniature over-current Clothes dryers Conditioning and control devices (portable) Many portable Kitchen and Cooking appliances rollers Hand lamps Hand-held portable tools, including: cutters drills grinders planers polishers routers sanders saws trimmers Razors/ hairclippers Refrigerators and freezers, including wine cellars Residual current devices (safety switches) Room heaters Saucepans, including: deep fryers fry pans woks BBQ's (indoor and outdoor)	چه تجهیزاتی در این آزمایشگاه تست می‌شوند؟
---	---

Cord extension sockets Cord-line switches Cords (supply flexible cords) Decorative lighting outfits, including Christmas lights Dishwashing machines Electric fence energisers Extra low voltage power supplies (see power supply units) Fans (portable and fixed) Fluorescent lamp ballasts Hair-care appliances, including: brushes combs curling irons curling wands hair clippers dryers	Hedge clippers Immersion heaters (including aquarium immersion heaters) Irons (including fabric steamers) Insect electrocutors Jugs Kettles (see saucepans) Lamp holders (normal bayonet-type or Edison screw type) Lawnmowers Liquid heating appliances, Plugs & Sockets Range hoods Ranges, fixed, including: cooking hobs ovens	Sewing machines Shavers (electric razors) Sockets outlets Soldering irons Switches (wall) Switches (cord line) Television receivers Toasters Transformers, extra-low voltage (see power supply units) Ultra-violet/infra-red therapeutic lamps Vacuum cleaners Washing machines Water heaters, unvented storage, instantaneous	
---	--	--	--

ارائه تاییدیه مبتنی بر ILAC و A2LA، JECEE CB و این آزمایشگاه توسط نهادهای زیر مورد تایید است: IDA سنگاپور، HKTA هنگ کنگ و ICASA آفریقای جنوبی	چه استانداردهایی در این آزمایشگاه اعتبارسنجی می‌شوند؟
---	---

۸-۱-۲-۳ - آزمایشگاه KERI

۸-۱-۲-۳ - مشخصات کلی آزمایشگاه

• مشخصات عمومی آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
نام رسمی آزمایشگاه	Korea Electrotechnology Research Institute (KERI)	سال تاسیس	۱۹۷۶
نوع آزمایشگاه (نوع شرکت)	اطلاعاتی موجود نیست	محل شرکت	کره جنوبی
وبسایت رسمی شرکت	/https://www.keri.re.kr/html/en		

• مشخصات آماری آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
-------	--------	-------	--------

تعداد پرسنل	۶۳۰ نفر	تعداد آزمایشگاه	۲
وسعت آزمایشگاه	اطلاعاتی موجود نیست	تعداد مراکز آزمایشگاهی	در مجموع ۳ تا به شرح زیر (Seoul RSS Center, Miryang Nano Center and Yangsan Electrochemical Cell Research Center).

• مشخصات اقتصادی آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
درآمد سالیانه	13 world-leading technologies, 19 original technologies, revenue of 29 billion KRW from engineering/licensing fees and 20 billion KRW from joint international research activities	عضویت در نهادهای اقتصادی	اطلاعاتی موجود نیست
فعالیت‌های اقتصادی جانبی	اطلاعاتی موجود نیست	کشورهای ارائه‌دهنده خدمات	اطلاعاتی موجود نیست

• حدود فعالیت آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
حوزه‌های فعالیت	صرفاً آزمون و ارزیابی	همکاری‌های بین‌المللی	Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI) China Electric Power Research Institute (CEPRI) Taiwan Power Company (TPC) Taiwan Power Research Institute (TPRI)
مهم‌ترین فعالیت‌های آزمایشگاهی	اطلاعاتی موجود نیست	شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات	اطلاعاتی موجود نیست

۲-۸-۱-۳-۲-۳- مشخصات اعتباری

فهرست تاییدیه‌های بین‌المللی (این آزمایشگاه توسط چه نهادهای بین‌المللی تایید شده است؟)	اروپایی	آمریکایی	آسیایی و غیره
اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست

دانشگاهی	تحقیقاتی و آزمایشگاهی	پیمانکاری
فهرست شرکت‌های همکاری (این آزمایشگاه با چه شرکت‌های بین‌المللی همکاری دارد؟)	با توجه به گستردگی مطالب در این حوزه، در آدرس زیر به ازای هر نوع همکاری شرکت‌های همکار به تفکیک بیان شده‌اند. https://www.keri.re.kr/prog/national_cooper/index.php	

عضویت در نهادهای بین‌المللی	Short-circuit Testing Liaison (STL)
-----------------------------	-------------------------------------

۳-۲-۱-۸-۳- مشخصات آزمایشگاهی

فهرست تجهیزات آزمایشگاهی (این آزمایشگاه چه تجهیزاتی دارد؟)	در گزارش به طور مفصل بیان شده است. شایان ذکر است که مهمترین فعالیت این آزمایشگاه در زمینه آزمون‌های ولتاژ و توان بالا می‌باشد.
---	--

➤ Short-line fault tests ➤ Short-circuit tests for AC and DC ➤ Out-of-phase making and breaking tests ➤ Short-time withstand current and peak withstand current tests ➤ Capacitive current switching tests ➤ Magnetizing and small inductive current switching tests ➤ Making tests ➤ Mainly active load current switching tests ➤ Shunt reactor current switching tests ➤ Internal arc tests, etc. ➤ Lightning impulse voltage tests ➤ Switching impulse voltage tests ➤ AC withstand voltage tests ➤ DC voltage tests ➤ Partial discharge tests, RIV tests, etc.	فهرست آزمون‌های (چه تست‌ها یا آزمون‌هایی در این آزمایشگاه انجام می‌گردد؟)
--	--

➤ مدار شکن (بریکر) ➤ پست ها و تابلو برق های GIS ➤ تابلو برق ➤ کلیدها و قطع کننده ها ➤ ترانسفورمرهای قدرت	➤ برق گیر ➤ عایق و مقره ➤ پوشینگ ➤ ترانسفورمرهای اندازه گیری ➤ تجهیزات سازگاری ➤ الکترومغناطیسی	➤ تجهیزات IT ➤ اینورتر و باتری ➤ فیوز ➤ بانک های سلفی (راکتور) ➤ کابل ها و ادوات قدرت	چه تجهیزاتی در این آزمایشگاه تست می‌شوند؟
--	--	---	--

JEC ✓ KS ✓ ES ✓	UL ✓ NEMA ✓ JIS ✓	ISO/IEC 17065 & ISO/IEC 17025 IEC ✓ IEEE ✓ ANSI ✓	چه استانداردهایی در این آزمایشگاه اعتبارسنجی می‌شوند؟
--------------------------------------	--	---	--

۳-۲-۹- KEMA آزمایشگاه

۱-۹-۱-۳-۲- مشخصات کلی آزمایشگاه

• مشخصات عمومی آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
نام رسمی آزمایشگاه	Germanischer Det Norske Veritas (DNV GL) Lloyd و زیر مجموعه آن	سال تاسیس	۱۸۶۴

الکترونیک قدرت در کشور

DOI: 10.30503/nripress.2020.297

فعالیت آزمایشگاهی ۱۹۳۷		KEMA	
نروژ (هلند)	محل شرکت	-	نوع آزمایشگاه (نوع شرکت)
www.dnvgl.com/kemalaboratories		وبسایت رسمی شرکت	

• مشخصات آماری آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
تعداد پرسنل	در سال ۲۰۱۶ بالغ بر ۱۳۰۰۰ نفر	تعداد آزمایشگاه	۱۲
وسعت آزمایشگاه		تعداد مراکز آزمایشگاهی	۴ (آمریکا، چک، هلند) بیش از ۳۵۰ دفتر در ۱۰۰ کشور دنیا

● مشخصات اقتصادی، آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
درآمد سالیانه	در سال ۲۰۱۶ معادل ۹۸۰۰ میلیون کرون نروژ یا یک میلیارد و ۲۴۰ میلیون دلار آمریکا	عضویت در نهادهای اقتصادی	اطلاعاتی موجود نیست
فعالیت‌های اقتصادی جانبی	اطلاعاتی موجود نیست	کشورهای ارائه‌دهنده خدمات	اطلاعاتی موجود نیست

- حدود فعالیت آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
حوزه‌های فعالیت	انرژی، نفت و گاز، بنادر و دریایی، نرم‌افزاری	همکاری‌های بین‌المللی	اطلاعاتی موجود نیست
مهم‌ترین آزمایشگاهی	فعالیت‌های	اطلاعاتی موجود نیست	شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات

۲-۹-۱-۲-۳- مشخصات اعتباری

فهرست تاییدیه‌های بین‌المللی	اروپایی	آمریکایی	آسیایی و غیره
(این آزمایشگاه توسط چه نهادهای بین‌المللی تایید شده است؟)	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست

فهرست شرکت‌های همکاری	دانشگاهی	تحقیقاتی و آزمایشگاهی	پیمانکاری
(این آزمایشگاه با چه شرکت‌های بین‌المللی همکاری دارد؟)	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست

۳-۹-۱-۲-۳- مشخصات آزمایشگاهی

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
درآمد سالیانه	۸۶/۱ میلیون یورو	عضویت در نهادهای اقتصادی	اطلاعاتی موجود نیست

فعالیت‌های اقتصادی جانبی	اطلاعاتی موجود نیست	کشورهای ارائه‌دهنده خدمات	اطلاعاتی موجود نیست
--------------------------	---------------------	---------------------------	---------------------

• حدود فعالیت آزمایشگاه

عنوان	مشخصات	عنوان	مشخصات
حوزه‌های فعالیت	صرفاً تست و صدور تاییدیه	همکاری‌های بین‌المللی	اطلاعاتی موجود نیست
مهم‌ترین آزمایشگاهی	فعالیت‌های	شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات	اطلاعاتی موجود نیست

۲-۱۰-۱-۲-۳- مشخصات اعتباری

فهرست تاییدیه‌های بین‌المللی (این آزمایشگاه توسط چه نهادهای بین‌المللی تایید شده است؟)	اروپایی	آمریکایی	آسیایی و غیره
	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست

فهرست شرکت‌های همکاری (این آزمایشگاه با چه شرکت‌های بین‌المللی همکاری دارد؟)	دانشگاهی	تحقیقاتی و آزمایشگاهی	پیمانکاری
	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست	اطلاعاتی موجود نیست

۳-۱۰-۱-۲-۳- مشخصات آزمایشگاهی

✓ شبیه‌ساز فتوولتائیک ۱/۴ مگاوات (ماکزیمم ۲۰۰۰ ولت / ماکزیمم ۱۷۶۰ آمپر) ✓ امکانات آزمون LVRT تا ۱ مگاوات آمپر ✓ اتصال ولتاژ متوسط (۲۰ کیلوولت) ✓ ترانسفورماتور قابل تنظیم ۲۰ کیلوولت / ۱۰۰۰-۲۵۵ ولت با ظرفیت ۱/۲۵ مگاوات آمپر ✓ شبیه‌ساز شبکه ۳۰ کیلووات ✓ سلف‌ها و خازن‌های مورد نیاز برای تنظیم امپدانس شبکه (۲۰۰۰ آمپر / ۱۰۰۰ ولت) ✓ دستگاه تعیین مشخصات نیمه‌هادی ✓ زمین برای نصب آرایه‌های فتوولتائیک به اندازه ۱MWP	فهرست تجهیزات آزمایشگاهی (این آزمایشگاه چه تجهیزاتی دارد؟)
---	---

✓ کانتینر سیار ۴/۵ مگا ولت آمپر تست LVRT	
چه تجهیزاتی در این آزمایشگاه تست می‌شوند؟ مطابق گزارش	
✓ ویرایش بیست و سوم FGW¹ TG3 (۲۰۱۳-۰۵) تعیین ویژگی‌های الکتریکی واحدهای تولید برق و سیستم‌های متصل به MV، HV و شبکه‌های EHV ✓ ویرایش هفتم FGW TG4 (۲۰۱۴-۰۴) مطالبات در مدل‌سازی و اعتباربخشی شبیه‌سازی مدل‌ها از ویژگی‌های الکتریکی توان واحدهای تولیدی و سیستم‌ها ✓ DIN EN 61683 (۲۰۰۰-۰۸) سیستم‌های فتوولتائیک- واحد ارزیابی توان- روش‌های اندازه‌گیری بازده ✓ DIN EN 50530 (۲۰۱۳-۱۲) بازده کلی اینورترهای فتوولتائیک متصل به شبکه	چه استانداردهایی در این آزمایشگاه اعتبارسنجی می‌شوند؟

۲-۲-۳- خلاصه قابلیت‌های آزمایشگاه‌ها

در راستای نتیجه‌گیری نهایی در خصوص الزامات اولیه برای طراحی و پیاده‌سازی یک آزمایشگاه مرجع الکترونیک قدرت، بر مبنای آزمایشگاه‌های بررسی شده، چهار زمینه زیر را می‌توان مورد بررسی قرار داد:

- ✓ چه تجهیزاتی مورد آزمون قرار می‌گیرند؟
- ✓ هر آزمایشگاه متناسب با آزمون‌هایی که انجام می‌دهد، چه تجهیزاتی دارا می‌باشد؟
- ✓ هر آزمایشگاه برای چه استانداردهایی تاییدیه صادر می‌کند؟
- ✓ چه آزمون‌هایی در هر آزمایشگاه می‌تواند انجام شود؟

¹ Fördergesellschaft Wind energy and other renewable energies

در ادامه هر کدام از این سوالات را با توجه به بخش‌های قبلی گزارش مورد بررسی و تحلیل و نهایتاً نتیجه‌گیری قرار می‌دهیم.

۱-۲-۳- تجهیزات مورد آزمون

در یک نگاه کلی و با توجه به ماهیت عملکردی المان‌های الکترونیک قدرت، می‌توان تمامی سیستم‌های الکترونیک قدرت، که نیاز به تست، ارزیابی و صدور تاییدیه متناسب با آزمون‌های بین المللی دارند، را به صورت مبدل‌های الکترونیک قدرت، اعم از یکسوساز، اینورتر، سیکلوانورتر و چاپر تقسیم بندی نمود که صرفاً به جهت کاربرد با یکدیگر تفاوت دارند. از این رو، بر اساس کاربرد می‌توان موارد زیر را بیان نمود:

- تجهیزات روشنایی
- منابع تغذیه سوئیچینگ و غیر سوئیچینگ
- سیستم‌های کنترل توان و کیفیت توان (توزیع و انتقال)
- سیستم‌های درایو
- مبدل‌های نیروگاهی
- مبدل‌های انرژی‌های تجدید پذیر و ذخیره‌ساز انرژی
- تجهیزات خانگی
- مبدل‌های صنعتی (کارخانجات و حمل و نقل ریلی و جاده‌ای)
- سنسورها و لوازم اندازه‌گیری (مانند کنتورهای هوشمند و واحد اندازه‌گیری فازوری)

بر اساس آزمایشگاه‌های بررسی شده در این گزارش، در جدول (۳-۱۳) المان‌های الکترونیک قدرت که در هر آزمایشگاه مورد تست قرار می‌گیرند (به تفکیک هر آزمایشگاه) بیان شده‌اند.

جدول (۳-۱۲) تجهیزات مورد آزمون در آزمایشگاه‌های مطرح شده

ردیف	نام آزمایشگاه	تجهیزات الکترونیک قدرت
۱	TECNALIA	اینورترهای فتوولتاییک، مبدل‌های قدرت، ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی، ادوات FACTS، رگولاتورهای فرکانس، درایوهای موتور، محصولات الکترونیکی مورد نیاز جهت اتصال به شبکه ^۱

¹ Eleconic for Network Connection

ردیف	نام آزمایشگاه	تجهیزات الکترونیک قدرت
		رگولاتورهای شار، تجهیز حمل‌ونقل الکتریکی
۳	EMCC	همانگونه که از اسم آزمایشگاه نیز مشخص است، بر روی طیف وسیعی از تجهیزات صرفاً آزمون‌های مرتبط با سازگاری الکترومغناطیسی انجام می‌شود.
۳	INTERTEK	نیروگاه‌ها، ژنراتور دارای محرکه‌ی توربینی ^۲ ، تجهیزات کنترلی سیستم قدرت، تجهیزات توزیع و انتقال قدرت، مبدل‌ها و پنل‌های فتوولتاییک، توربین‌های بادی، باتری‌ها و ذخیره‌سازهای انرژی، محصولات تولید پراکنده، ژنراتورهای دارای محرکه‌ی موتور ثابت ^۳ ، میکروتوربین‌ها، پیل‌های سوختی
۴	CESI	کنترل‌های هوشمند اندازه‌گیری توان الکتریکی باتری‌ها مبدل‌های نیمه هادی درایوهای سرعت متغیر شارژر خودروهای برق سنسورها منابع تغذیه وسایل تهویه
۵	KONCAR	تجهیزات الکترونیک قدرت درایوهای الکتریکی سرعت متغیر سیستم‌های کنترل تجهیزات الکترونیک قدرت جاسازی شده در تجهیزات سیستم‌های برقی کششی (نظیر قطار) مبدل‌های استاتیکی مبدل‌های پست به پست اینورترهای خورشیدی ماژول‌های فشرده توان (PMI) اینورترهای جهت‌دار مبدل‌های DC/DC ترانسفورمرهای قابل کنترل

¹ Packaged Power Plants

² Turbine Engine Generators

³ Stationary Engine Generators

ردیف	نام آزمایشگاه	تجهیزات الکترونیک قدرت
		شارژهای یک و دو جهته از مقیاس‌های توانی مختلف برای کاربردهای گوناگون تجهیزات ذخیره‌ساز انرژی نیروگاه‌های تولید همزمان گرما و حرارت مبدل‌های مورد استفاده در کاربردهای ریلی
۶	CEPRI	خطوط انتقال توان ولتاژ بالا و جریان مستقیم با مبدل‌های جریانی (LCC-HVDC) خطوط انتقال توان ولتاژ بالا و جریان مستقیم با مبدل‌های ولتاژی (VSC-HVDC) تکنولوژی ریزشبه‌های جریان مستقیم تجهیزات شبکه‌های هوشمند تجهیزات نیروگاه خورشیدی و بادی سیستم‌های ذخیره‌ساز انرژی چندحالتی مبدل‌های AC/DC
۷	AUSTEST	تجهیزات روشنایی تمامی وسایل خانگی تجهیزات جوشکاری تجهیزات اندازه‌گیری و کنترل تمامی انواع منابع تغذیه اینورترهای متصل به شبکه (Grid Inverter) اعم از ثابت و قابل حمل منابع تغذیه بدون وقفه
۸	KERI	اینورترهای خورشیدی و باتری (و دیگر عناصر ذخیره‌ساز انرژی) کنتورهای هوشمند
۹	KEMA	تست باتری و عناصر ذخیره‌ساز انرژی کنتورهای هوشمند

۳-۲-۲-۲-۲-۳ امکانات و قابلیت‌های آزمایشگاه

هر آزمایشگاه متناسب با آزمون‌هایی که انجام می‌دهد و تاییدیه‌هایی که صادر می‌نماید، دارای تجهیزاتی می‌باشد که برای اجرای انواع تست بر روی المان‌های الکترونیک قدرت مورد استفاده قرار می‌گیرند. در جدول (۳-۱۴) به تفکیک هر آزمایشگاه، تجهیزات و قابلیت‌های ممتاز آن را در زمینه تست تجهیزات الکترونیک قدرت ارائه نموده‌ایم.

جدول (۳-۱۳) امکانات و تجهیزات آزمایشگاه‌های مطرح شده برای تست المان‌های الکترونیک قدرت

ردیف	نام آزمایشگاه	امکانات و تجهیزات آزمایشگاه
۱	TECNALIA	✓ سخت‌افزار قدرت: شامل مدل کردن مبدل‌ها و شبیه‌سازی‌های کامل منطبق با هر کاربرد ✓ کنترل سخت‌افزار و نرم‌افزار؛ طراحی سخت‌افزار بر مبنای DSP، میکرو و FPGA

ردیف	نام آزمایشگاه	امکانات و تجهیزات آزمایشگاه
		✓ انطباق سیگنال و توسعه‌ی الگوریتم‌های کنترلی مشخص برای: سیستم‌های بادی، کاربردهای فتوولتائیک، ذخیره‌سازی انرژی و ✓ مبدل توان بالای چندسطحی (THOR) است. هر ماژول این مبدل که یک مبدل NPC ولتاژ متوسط با ساختار مدولار است، توان نامی برابر با ۱.۲۵ مگاوات دارد، که با موازی شدن چهار ماژول آن می‌توان به توان ۵ مگاوات دسترسی یافت. آزمون‌های زیر شبکه: ✓ منبع ولتاژ AC با توان ثابت ۴۵۰ کیلوواتی ✓ منبع ولتاژ AC با توان قابل تنظیم ۱۶۵ کیلوواتی ✓ منابع DC با توان‌های ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوواتی ✓ بارهای RLC با $Q > 2.5$ برای تست (ضد) جزیره‌ای اینورترهای ۱۵۰ کیلوواتی
۲	EMCC	در دیگر بخش‌های این فصل اشاره شده است
۳	INTERTEK	در دیگر بخش‌های این فصل اشاره شده است
۴	CESI	تست شرایط محیطی توسط محفظه مرتبط آزمون EMC برای تجهیزات فضایی با تجهیزات پیشرفته بزرگترین محل تست برای درایوهای سرعت متغیر شامل: Up to 45 MW shaft power (in back-to-back conf.) ✓ Up to 30 MW shaft power (full load) ✓ Voltage supply from 3,3 kV up to 35 kV ✓ یک محل تست پیشرفته برای تجهیزات مرتبط با اندازه‌گیری هوشمند
۵	KONCAR	Source AC 440V, 50/60Hz, 400kW ✓ Source AC 300A, 760V ✓ Source DC 600V – 4200V, 200kW ✓ Source 1ph AC 25kV, 50Hz, 1MVA ✓ 60kVA regenerative grid simulator (CHROMA 61860) ✓ Solar array simulator, adjustable I-V characteristic, 0-1000Vdc, 0-210A, 210kW ✓ 400kW load (DC rotating machine), 1500/3000rpm ✓ R/L water load ✓ Back-to-back converter testing ✓ Accredited EMC laboratory ✓ Large walk-in climate chamber (4900 x 3300 x 3200mm, -45 – + 1000C) ✓ Testing with AC voltage of industrial frequency, dry and wet, up to 1000 kV, 1A, ✓ Assessment of power equipment remaining lifetime (accelerated aging test), ✓ Measurement of radio interference voltage, frequency up to 2 MHz. ✓
۶	CEPRI	✓ توانایی انجام تست‌های عملکردی و عایقی (دی‌الکتریک) برای مبدل‌های جریانی توان بالا (LCC-HVDC) با توان بالا (برای توان‌های تا حداکثر ۵۰۰۰kV/۸۰۰A) و مبدل‌های ولتاژی توان بالا (VSC-HVDC) با توان بالا (برای توان‌های تا حداکثر ۵۰۰kV/۲۰۰۰A)

ردیف	نام آزمایشگاه	امکانات و تجهیزات آزمایشگاه
		✓ توانایی انجام تست برای ولتاژهای ضربه‌ای تا حدود $\pm 3600\text{kV}$ و ولتاژهای DC تا حدود $\pm 2400\text{kV}$ و برای ولتاژهای AC تا حدود 600kV ✓ تست مبدل‌های ولتاژی توان بالا (LCC-HVDC) در شرایط عملکرد حالت دائمی (جریانی در حدود 7500 آمپر) و در شرایط بروز خطا (تا حدود 62 kA) ✓ تست مبدل‌های جریانی توان بالا (VSC-HVDC) در شرایط عملکرد حالت دائمی (جریانی در حدود 2000 آمپر) و در شرایط بروز خطا (تا حدود 25 kA) ✓ four $\pm 500\text{kV}$ bipolar long-distance DC transmission systems ✓ two $\pm 800\text{kV}$ bipolar long-distance DC transmission systems ✓ one flexible DC transmission system ✓ one AC transmission system ✓ Physical and full digital simulation devices ✓ 16 generator units ✓ UHV AC/DC transmission simulation systems ✓ photovoltaic analog components ✓ various load models and Thyristor controlled series capacitors ✓ controllable high voltage shunt reactors ✓ electronic transformers ✓ other new-type electrical equipment and component ✓ energy management system ✓ wide area measurement system ✓ power market simulation system ✓ full digital real-time simulation system ✓ 30 wind turbines testers ✓ 4 testing wind turbines ✓ 2.5MW advanced battery energy storage system ✓ 0.64MW photovoltaic power generation system ✓ wind-optical storage united operation platform ✓ real-time wind power monitoring system ✓ analog hybrid simulation platform as well as core test equipment for base-fixed voltage drop generator ✓ power grid disturbance generating device ✓ comprehensive test data acquisition and management system ✓ SGI-altix4700 and SGI-UV2000 super computers, ✓ 4 sets of $\pm 500\text{kV}$ bipolar conventional HVDC physical simulation models, ✓ 2 sets of $\pm 800\text{kV}$ Bipolar 12-12 pulse UHV HVDC physical simulation models, ✓ security control equipment, ✓ excitation controller, ✓ VSC-HVDC simulation device, ✓ SVC controller, ✓ TCSC controller, ✓ CSR controller, ✓ STATOM controller, ✓ WAMS-based coordinated control platform
۷	AUSTEST	در خصوص تجهیزات خود هیچ توضیحی نداده و صرفاً تجهیزاتی را که مورد آزمون قرار می‌دهد و استانداردهای مرتبط را معرفی نموده است

ردیف	نام آزمایشگاه	امکانات و تجهیزات آزمایشگاه
۸	KERI	PV Simulator 400kW (520V 350kW 50/60Hz (3Ø)) ✓ Grid Simulator 350kVA ✓ EMC Tests (RF EMI Tests): 150 KHz – 1 GHz ✓ RF EMS Test: 80MHz – 3GHz 30V/M ✓
۹	KEMA	زیرساخت اتصال تولیدات پراکنده به شبکه با توان ۲ مگاوات و منطبق بر استاندارد IEEE 1547

۳-۲-۳- استانداردهای مورد بررسی در آزمایشگاه

استانداردهای مطرح شده در آزمایشگاه‌های مورد بررسی در فصول قبل به طور خلاصه در جدول (۳-۱۵) آمده است.

جدول (۳-۱۴) استانداردهای مورد بررسی در آزمایشگاه‌های مطرح شده

ردیف	نام آزمایشگاه	امکانات و تجهیزات آزمایشگاه
۱	TECNALIA	✓ استاندارد EC MARK-EN 50178 ✓ استاندارد DIN VDE 0126-1, VDE-AR-N 4105, FGW-TG Part 3 (آلمان) ✓ استاندارد CEI 0-21 (ایتالیا) ✓ استاندارد RD 1663 (اسپانیا) ✓ استاندارد EN 50438 (مربوط به سایر بازارها) ✓ استانداردهای IEC 62116, IEEE 1547, CSA 22.2, EN 50530, IEC 61683 ✓ استاندارد RD 1565/2010 (افت ولتاژ) ✓ دستورالعمل EMC و ولتاژ پایین ✓ 61851: سیستم‌های شارژ برای خودروهای الکتریکی ✓ IEC 15118: اینترفیس ارتباطی خودروهای برقی ✓ EN 61439-7: سویچ‌بکسر ولتاژ پایین و مجموعه لوازم کنترل برای خودروهای برقی
۲	EMCC	✓ IEC / EN 61000-4-3، مصونیت میدان الکترومغناطیسی ✓ IEC / EN 61000-4-4، مصونیت شرایط گذرای الکتریکی ✓ IEC / EN 61000-4-5، مصونیت جریان یا موج گذرا ✓ IEC / EN 61000-4-6، مصونیت در مقابل اختلال‌های هدایتی ناشی از میدان‌های رادیو-فرکانسی ✓ IEC / EN 61000-4-8، مصونیت میدان مغناطیسی فرکانس قدرت (فرکانس اصلی) ✓ IEC / EN 61000-4-12، مصونیت امواج حلقه‌ای ✓ IEC / EN 61000-4-16، مصونیت به (انتشار) هدایتی حاصل از اغتشاش‌های مدمشترک ✓ IEC / EN 61000-4-17، مصونیت ریل پورت وردی dc ✓ IEC / EN 61000-4-27، مصونیت مرتبط با عدم تعادل ✓ IEC / EN 61000-4-28، مصونیت تغییر فرکانس ✓ IEC / EN 61000-4-29، مصونیت مربوط به تغییرات ولتاژ، قطعی ناگهانی و یا افت ولتاژ

ردیف	نام آزمایشگاه	امکانات و تجهیزات آزمایشگاه
		در سمت پورت ورودی dc
۳	INTERTEK	برای آزمون‌های اینورتر خورشیدی: ✓ تست انواع و سائزهای مختلف اینورترها ✓ تاییدیه برای استانداردهای ایمنی: ANSI/UL 1741 ➤ IEEE 1547, 1547.1 ➤ IEEE C62.41.2 and IEEE C62.45 – Surge ➤ IEEE C37.90.2 – EMI ➤ CSA C22.2 No 107.1 ➤ ✓ تاییدیه‌های خاص بازار VDE 0126-1-1 Grid Tie Standard for Germany ➤ RD 1663 for Spain ➤ ER G83/1 or ER G59/1 for the UK ➤ AS/NZS 3100 & AS4777 for Australia ➤ CE Marking for Europe ➤ FCC Certification ➤ ✓ شارژرهای باتری on-board: استاندارد SAE J2894, UL 2202 و IEC 61851 ✓ ورودی شارژ: استاندارد SAE J1772, UL 2251, CHAdeMO و IEC 62169 ✓ کانکتورهای الکتریکی: استاندارد LV 214 ✓ ایستگاه شارژ: استانداردهای SAE J2293, UL Subject 2594, سری IEC/EN 61851 ✓ شارژرهای سریع DC: استانداردهای SAE J1772, UL 2202, CHAdeMO, IEC 61851 ✓ پلاگ شارژ: استانداردهای SAE J1772, UL 2251, CHAdeMO, سری IEC/EN 62196 ✓ مدارهای حفاظت پرسنل: استانداردهای UL 2231-1/-2, CSA 22.2#281.1, IEC 61009 و IEC 61008, IEC 62752, 61540
۴	CESI	✓ آزمون‌های محیطی مبتنی بر IEC 60068 و IEC62271 ✓ مبدل‌های الکترونیک قدرت مبتنی بر IEC 60146 ✓ آزمون‌های سازگاری الکترومغناطیسی شامل موارد زیر: • MIL 461- RTCA DO160- (Radiated Emission and Susceptibility) • EN55022- EN61000-4-3 • Conducted Emission and Susceptibility (MIL 461- EN55022- RTCA DO160) • Indirect lightning effect (RTCA DO160 Sec. 22) • Electrostatic Discharge (MIL 461 –EN61000-4-2)

ردیف	نام آزمایشگاه	امکانات و تجهیزات آزمایشگاه
		✓ کنتورهای هوشمند مبتنی بر CEI EN 50470-1 CEI EN 50470-3 ✓ شارژر خودروهای برقی مبتنی بر ENEL EN.11RT0002-0
۵	KONCAR	✓ ماشین‌های الکتریکی: EN 60034, EC 60072 ✓ الکترونیک قدرت: IEC/TS 62578, IEC 62477, IEC 62040-1 ✓ سیستم‌های درایو الکتریکی: IEC 61800 ✓ اینورترهای خورشیدی: EN 61683, EN 62109, EN 60146, EN 62446, IEC/TS 62578 ✓ کاربردهای ریلی: EN 50121, EN 50155, IEC 61287, EN 61373, IEC 61377-1, IEC 61377-3 ✓ آزمون‌های مرتبط با شرایط محیطی - EN 60068-2-1 (cold) ✓ - EN 60068-2-2 (dry heat) ✓ - EN 60068-2-11 (salt fog) ✓ - EN 60068-2-14 (temperature change) ✓ - EN 60068-2-30 (cyclical heat) ✓ - EN 60068-2-52 (cyclic salt fog) ✓ - EN 60068-2-78 (damp heat) ✓ ✓ آزمون‌های مرتبط با سازگاری الکترومغناطیسی • Electromagnetic Compatibility, legislation 2014/30/EU, formally 17025 - EN ISO/IEC 17065 accredited against EN ISO/IEC • Radio Equipment, legislation 2014/53/EU, formally accredited against EN IEC 17065 ISO/IEC 17025 - EN ISO/ • 2009/142/EC (ex-90/396/EEC) Appliances burning gaseous fuels , ISO/IEC 17025 - EN ISO/IEC 17065 formally accredited against EN • 2006/42/EC Machinery, formally accredited against - EN ISO/IEC 17065 • 2014/68/EU Pressure equipment, formally accredited against - EN ISO/IEC 17065 • 2000/14/EC Noise emission in the environment by equipment for use accredited against - EN ISO/IEC 17025-EN ISO/IEC outdoors; formally 17065 ✓ آزمون‌های مربوط به کیفیت توان • Current harmonic measurements (IEC EN 61000-3-2) • Flicker emission measurements (IEC EN 61000-3-3)
۶	CEPRI	استاندارد به خصوصی را ارائه نکرده است
۷	AUSTEST	✓ آزمون‌های مربوط به سازگاری الکترومغناطیسی • EN50130-4, Immunity Requirements for Alarm Systems • EN55014-2 Immunity requirement for Household Appliances, Electric Tools • EN55024, Immunity requirements for Information Technology Equip • EN55103-1, EMC Requirements, Emissions and Immunity for Audio, Video and Entertainment Lighting for Professional Use

ردیف	نام آزمایشگاه	امکانات و تجهیزات آزمایشگاه
		- EN61326, EMC Emissions and Immunity Requirements, Electrical Equipment for Measurement, Control and Laboratory Use - EN61547, EMC Immunity for Lighting Equipment ✓ فهرست کامل تجهیزات خانگی در جدول (۷-۲) موجود است ✓ اینورترهای متصل به شبکه - IEC 62109-1 and IEC 62109-2 - ANZS 3100, (may also include AS/NZS 60950 if Ethernet or comms circuits are included) - AS 4777.2 and AS 4777.3 - IEC 61727 Photovoltaic (PV) systems – Characteristics of the utility interface - AS/NZS 60529 (Ingress Protection) for water and dust - AS/NZS 61000.6.3 (EMC Emissions) for RCM - Electrical Safety Approval Certificate from ASA (Australian Safety Approval) - ACMA RCM Compliance Folder and sDoC - Listing with Clean Energy Council and Western Power
۸	KERI	استاندارد به خصوصی را ارائه نکرده است
۹	KEMA	✓ برای کنتورهای هوشمند - IEC 62052-11 - IEC 62055-31 - EN50470 - Europe's mandatory Measuring Instrument Directive

۳-۲-۴- آزمون‌ها

آزمون‌های قابل انجام در آزمایشگاه‌های مورد بررسی در فصول قبل به طور خلاصه در جدول (۱۲-۴) آمده است.

جدول (۱۵-۳) آزمون‌های قابل انجام در آزمایشگاه‌های مطرح شده

ردیف	نام آزمایشگاه	امکانات و تجهیزات آزمایشگاه
۱	TECNALIA	✓ تست افزایش دما برای جریان تا ۱۲۰۰۰ آمپر ✓ تست‌های دی‌الکتریک در تجهیزات ولتاژ پایین
۲	EMCC	○ تست تخلیه‌ی الکتروستاتیکی مطابق IEC/EN 61000-4-2 تا ۳۰ کیلوولت ○ تست‌های میدان‌های تشعشعی مطابق استاندارد IEC/EN 61000-4-3 ○ تست‌های مصونیت تشعشعی در محدوده‌های فرکانسی ۸۰ مگاهرتز تا ۶ گیگاهرتز، تا V/m ۳۰ و با قطر ۴ متر، مطابق استاندارد EN/IEC 61000-4-3.

○ تست BURST تا 4400 V، برای خطوط برق‌دار تا 100A / V (1000) 690 مطابق استاندارد IEC/EN 61000-4-4 ○ تست SURGE تا 10 kV برای خطوط برق‌دار تا 63A مطابق استاندارد IEC/EN 61000-4-5 ○ تست Conducted RF در محدوده‌ی فرکانسی 150 kHz (10) تا 80 (230) MHz و تا 20 Vrms برای موارد CDNs، EM clamps و current clamps مطابق استاندارد IEC/EN 61000-4-6 ○ تست میدان مغناطیسی فرکانس قدرت تا 1000 A/m، مطابق استاندارد IEC/EN 61000-4-8 ○ تست میدان مغناطیسی پالس‌ها تا 4800 A/m مطابق استاندارد IEC/EN 61000-4-9 ○ تست میدان مغناطیسی تضعیف شده تا 100 A/m، مطابق استاندارد IEC/EN 61000-4-10 ○ تست‌های مرتبط با افت ولتاژ و یا قطعی‌های کوتاه، برای تجهیزات تک‌فاز و سه‌فاز تا 45 kVA مطابق استاندارد IEC/EN 61000-4-11 ○ تست امواج حلقه‌ای تا 4 kV مطابق استاندارد IEC/EN 61000-4-12 ○ تست اینترهارمونیک و هارمونیک تجهیزات تک‌فاز و سه‌فاز تا 45 kVA مطابق استاندارد IEC/EN 61000-4-13 ○ تست مصونیت (در برابر) نوسان‌های ولتاژ (برای تجهیزات تک‌فاز و سه‌فاز تا 45 kVA) مطابق استاندارد IEC/EN 61000-4-14 ○ تست اغتشاش‌های مد مشترک LF تا V (300) 30 مطابق استاندارد IEC/EN 61000-4-16 ○ تست ریپل توان dc (ورودی) تجهیزات تک‌فاز و سه‌فاز تا 45 kVA مطابق استاندارد IEC/EN 61000-4-17 ○ تست تجهیزات در شرایط امواج نوسانی میرا (برای کند تا 2.5 kV و برای سریع تا 4 kV) مطابق استاندارد IEC/EN 61000-4-18 ○ تست مصونیت و انتشار در موجبرهای TEM (تا 18 GHz) مطابق استانداردهای IEC/EN 61000-4-20 ○ تست‌های محفظه‌ی بازتابی مطابق استاندارد IEC/EN 61000-4-21 ○ تست حفاظت HEMP، مطابق استاندارد IEC/EN 61000-4-23, -24, -25 ○ تست نامتعادلی مربوط به تجهیز تک‌فاز و سه‌فاز تا 45 kVA، مطابق استانداردهای IEC/EN 61000-4-27 ○ تست تغییر فرکانس تجهیز تک‌فاز و سه‌فاز تا 45 kVA مطابق استاندارد IEC/EN 61000-4-28 ○ تست تجهیز تک‌فاز و سه‌فاز تا 45 kVA در شرایط تغییرات، قطعی و یا افت ناگهانی ولتاژ در سمت ورودی dc آنها مطابق استاندارد IEC/EN 61000-4-29 ○ تست اندازه‌گیری کیفیت توان مطابق استاندارد IEC/EN 61000-4-30		
در دیگر بخش‌های این فصل اشاره شده است	INTERTEK	۳

✓ آزمایشگاه فشار ضعیف، سازگاری الکترومغناطیسی ✓ آزمون‌های مرتبط با درایو • Full Load (or Back-to-Back) • Heat Run • No Load • Light Load • Direct-On-Line Starting (DOL) • Load Duty • Dynamic Performance • Noise and Vibration Measurements • Functional Tests • Protection System Tests	CESI	۴
✓ آزمون مرتبط با درایوهای الکتریکی ❖ آزمون سطح نویز برای مبدل‌های سیستم‌های برقی کششی (نظیر قطار) ❖ آزمون دمایی برای تجهیزات راه‌آهن ❖ آزمون دمایی برای مبدل‌های بکار رفته در سیستم‌های کششی با موتور دیزلی ❖ آزمون دمایی برای کابین کنترل ترانسفورمر بکاررفته در نیروگاه‌های هسته‌ای ❖ آزمون اختلالات الکترومغناطیسی برای مبدل‌های استاتیکی ❖ تست عایقی (IP) برای مبدل‌های استاتیکی ✓ آزمون‌های محیطی و سازگاری الکترومغناطیسی ✓ آزمون‌های مرتبط با آزمایشگاه فشار ضعیف ❖ اندازه‌گیری ولتاژ، جریان و توان ورودی ❖ انجام تست با پروب‌های متعدد ❖ اندازه‌گیری حرارتی ❖ اندازه‌گیری جریان نشتی ❖ آزمون استحکام الکتریکی ❖ تست مخاطرات مکانیکی و پایداری ❖ تست عایق سیم ❖ چک کردن اتصالات و پیچ و مهره ❖ تست مقاومت مکانیکی ❖ ارزیابی ملاحظات الکترومغناطیسی ❖ ارزیابی خطا ✓ آزمون‌های مرتبط با ایمنی و تشعشعات • Conducted emission measurements • Radiated emission measurements • Power disturbance measurements • Current harmonic measurements (IEC EN 61000-3-2) • Flicker emission measurements (IEC EN 61000-3-3) • Complete type tests of switch disconnectors, motor and control switches	KONCAR	۵

- and fuses - Tests of characteristics of releases, bimetallic overload and electromechanical relays - Tests of characteristics of vacuum switching devices - Tests of characteristics of electromagnets - Temperature-rise tests of switching devices, switchgear, controlgear and other devices		
✓ آزمون‌های مربوط به سیستم قدرت انعطاف پذیر و خطوط ولتاژ بالای DC ✓ سیمولاتور سیستم قدرت ✓ تست مشخصات توانی توربین‌های بادی متصل به شبکه ✓ تست کیفیت توان توربین‌های بادی ✓ تست نفوذ ولتاژ پایین توربین‌های بادی ✓ پلتفرم تست اتصال محصولات نیروگاه خورشیدی با بیشترین ظرفیت در دنیا ✓ نخستین پلتفرم تست اتصال ایستگاه خورشیدی به شبکه در دنیا ✓ پلتفرم تست عملکرد تولید توان ایستگاه خورشیدی که تمام طول عمر سلول خورشیدی را شامل می‌شود ✓ پلتفرم شبیه‌سازی تولیدات خورشیدی ✓ برنامه‌ریزی و شبیه‌سازی شارژ و دشارژ خودروهای برقی و اتصال به شبکه آنها ✓ تکنولوژی‌های کلیدی برای شارژ و دشارژ خودروهای برقی ✓ مدیریت ساخت و بهره‌برداری از ایستگاه‌های شارژ و دشارژ خودروهای برقی ✓ فناوری‌های تست و تشخیص شارژ و دشارژ خودروهای برقی	CEPRI	۶
✓ آزمون مربوط به بهره‌وری انرژی مبتنی بر رویه‌های MEPS، VEET، و دیگر رویه‌های استرالیا ✓ آزمون مربوط به تشعشعات و سازگاری الکترومغناطیسی ✓ آزمون‌های مرتبط با تجهیزات روشنایی ❖ آزمون سازگاری الکترومغناطیسی مطابق با AS/NZS CISPR15 برای تامین الزامات موسسه RCM استرالیا ❖ آزمون‌های محیطی بر اساس استانداردهای لرزش، IP و IK ❖ آزمون‌های بهره‌وری انرژی شامل آزمون LCP برای VEET و iPART ❖ آزمون ایمنی برای تجهیزات روشنایی ثابت و یا متحرک، رشته‌های لامپ، درایو LED و چراغ روشنایی معابر ✓ تست‌های محیطی مربوط به تجهیزات روشنایی • IP (Dust and Water) testing for outdoor or special use luminaires • IK (Impact) testing for vandal proof or industrial type luminaires • Vibration testing for street lights or industrial type luminaires • Street Lighting to AS/NZS 1158.6 including Vibration and Wind / Impact ratings	AUSTEST	۷
آزمونی را ارائه نکرده است	KERI	۸

آزمونی را ارائه نکرده است	KEMA	۹
---------------------------	------	---

۳-۲-۳- منابع

- [1] <https://www.tecnalia.com/en/>
- [2] https://www.tecnalia.com/images/stories/Catalogos/CAT_InGRID_EN.pdf
- [3] "European Research Infrastructure supporting Smart Grid Systems Technology Development, Validation and Roll Out", TECNALIA - Derio, Bilbao, Spain.
- [4] S. Ceballos, J. Pou, I. Gabiola, J. Villate, J. Zaragoza, D. Boroyevich, "Fault-Tolerant Multilevel Converter Topology", IEEE ISIE 2006, Montreal, Canada.
- [5] <http://www.emcc.de/index.php>
- [6] <https://www.intertek.com/>
- [7] https://www.cesi.it/services/testing_inspection_and_certification/Pages/Eng_Services.aspx
- [8] <https://www.koncar-institut.hr/en/services-page/laboratory-testing-and-calibration/>
- [9] http://www.epri.sgcc.com.cn/html/eprien/col2016201118/column_2016201118_1.html
- [10] http://www.epri.sgcc.com.cn/html/eprien/col2016201116/column_2016201116_1.html
- [11] <http://www.austest.com.au/testing-services>
- [12] https://www.keri.re.kr/html/en/sub03/sub03_030201.html
- [13] <https://www.dnvgl.com/energy/laboratories/index.html>
- [14] <https://www.ise.fraunhofer.de/en/service-units.html>
- [15] <https://www.nrel.gov/workingwithus/test-user-facilities.html>
- [16] <https://www.powertechlabs.com/testing-certification/>
- [17] <http://www.powerlab.dk/facilities/electriclab/technology-development>
- [18] <http://www.cpri.in/testing-a-certification/>
- [19] Central Power Research Institute, Annual Report 2015.

۴- فصل چهارم

۴-۱- بررسی میزان واردات محصولات الکترونیک قدرت در کشور

۴-۱-۱- مقدمه

امروزه حضور تجهیزات نامطلوب و بدون استاندارد مبتنی بر الکترونیک قدرت در بازار، موجب گردیده تا علاوه بر بروز مشکلات کیفیت توانی در سطح تولید و انتقال، مشکلات دیگری که تهدید کننده جان انسان نیز می‌باشند به وجود آید. حضور بارهای هارمونیکی همچون اینورتر، فیلترهای فعال، چراغ‌های LED، لامپ‌های کم مصرف و ... باعث شده که کیفیت توان انتقالی از شرایط خوبی برخوردار نباشد، از طرفی عدم نظر گرفتن استاندارد مربوط به ایزولاسیون در برخی از این تجهیزات موجب گردیده که در استفاده از آن‌ها احتمال بروز مشکل برای مصرف کننده افزایش چشمگیری داشته باشد. اگرچه میزان هارمونیک تولیدی توسط تجهیزات مبتنی بر الکترونیک قدرت، سطح ایزولاسیون در نظر گرفته شده برای آن‌ها و ... توسط استانداردها مشخص و محدود شده‌اند، اما وجود تجهیزات غیر استاندارد منجر به تشدید شرایط نامطلوب در کشور گردیده است. به منظور استانداردسازی تجهیزات مبتنی بر الکترونیک قدرت و نیز حذف کالاهای نامطلوب، که به صورت صنعتی و یا خانگی می‌تواند در سطح کشور مورد استفاده قرار بگیرد، لازم است تا یک آزمایشگاه جامع الکترونیک قدرت در کشور تاسیس گردد.

• تجهیزات تولیدی در داخل کشور

بسیاری از تجهیزات مورد نیاز در زمینه الکترونیک قدرت، در داخل کشور تولید یا مونتاژ می‌شود. این تجهیزات شامل تجهیزات روشنایی LED، منابع تغذیه‌ی بدون وقفه و ... می‌باشد. در حال حاضر آمار منتشر شده توسط یک سازمان یا نهاد دولتی و غیر دولتی در مورد تجهیزات تولیدی وجود ندارد. بنابراین، برای تحلیل آمار تجهیزات تولیدی باید از آمار شرکت‌های تولید کننده استفاده کرد. در این راستا و برای در اختیار داشتن این اطلاعات به بسیاری از شرکت‌هایی که در زمینه تولید، مونتاژ و واردات فعال بودند، درخواست داده شد تا اطلاعات مربوطه را برای تحقیق و ارزیابی ارسال نمایند، که متأسفانه به جز دو شرکت فاراتل و برق و کنترل مپنا (مکو)، هیچ کدام از این شرکت‌ها حاضر به همکاری نشدند. دو شرکت مذکور نیز بر طبق ادعای خودشان، آماری از محصولات تولیدی خود نداشتند. لیست شرکت‌های مورد مکاتبه در جدول (۴-۱) آمده است. متأسفانه و علی‌رغم پیگیری‌های انجام شده، هیچ یک از این شرکت‌ها پاسخ نامه درخواستی را ارسال نکرده‌اند.

جدول (۴-۱) لیست شرکت‌های داخلی تولیدکننده تجهیزات الکترونیک قدرت مورد مکاتبه

نام شرکت	رسته‌ی فعالیت
شعاع، کولوس، لامپ نور، لامپ پارس، پارس شعاع توس و مازی نور	انواع تجهیزات روشنایی، درایو LED، بالاست و...
جهاد دانشگاهی علم و صنعت، برنا الکتریک، پرتو صنعت، برق و کنترل مپنا (مکو) و زیما	درایو محرکه

منابع تغذیه‌ی بدون وقفه	هژیر صنعت، مگا مداوم، کمان سیستم، فاراتل و تکام
منابع تغذیه‌ی سوئیچینگ	افرا صنعت، سپید افرا الکترونیک، ایران سوئیچینگ، ابزار دقیق بهروز، تولید منابع تغذیه الکترونیک
مبدل جوشکاری	تولیدی کیت، وینر، صنعت کاران، آریا جوش، رستگار صنعت

• تحلیل اطلاعات تجهیزات وارداتی به کشور

به منظور تجهیز اصولی و کارآمد آزمایشگاه جامع الکترونیک قدرت و بهره‌وری هر چه بیشتر از این آزمایشگاه، لازم است تا اطلاعات میزان کاربرد و واردات تجهیزات الکترونیک قدرت و نیز تولیدات انجام شده در داخل کشور، در دسترس باشد. با توجه به اینکه ایران از زمره کشورهایی است که میزان واردات آن، در زمینه کالاهای الکترونیک قدرت، بسیار بیشتر از تولیدات داخل می‌باشد؛ لذا با توجه به حجم کالاهای وارداتی می‌توان تا حد زیادی از میزان مصرف آن نوع کالا در کشور مطلع شد و از این روی آزمایشگاه جامع را در جهت کارآمدی تجهیز نمود. به این منظور با استفاده از کدهای تعرفه‌ی سال‌های مورد مطالعه و آمار موجود، به بررسی جزء به جزء واردات پرداخته شده است. با در نظر گرفتن قیمت میانگین، به صورت تخمینی به سطح پیچیدگی و اهمیت آن جزء نیز می‌توان پی برد. در نهایت، با جمع‌بندی کلی برای واردات اجزای مربوط به سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۷، روند کلی واردات هر دسته مشخص می‌شود. داشتن این اطلاعات در تبیین یک سیاست کلی برای احداث آزمایشگاه جامع آزمون الکترونیک قدرت که در سطح ملی فعالیت کند، ضروری به نظر می‌رسد.

به مانند هر کشور دیگری، با رجوع به سایت گمرک جمهوری اسلامی می‌توان اطلاعات لازم در رابطه با میزان کالاهای وارداتی را استخراج نمود. اما استفاده از اطلاعات گمرکی مستلزم دانستن کد تعرفه متناسب با آن کالا است. هر کالا متناسب با یک کد تعرفه می‌باشد که این کد تعرفه در تمام جهان یکسان است. به منظور آگاهی از کدهای تعرفه و کالاهای مرتبط با آن‌ها، بایستی کتاب تعرفه واردات که یک کتاب بین‌المللی است، مورد مطالعه قرار گیرد. در این پروژه، این کتاب بین‌المللی مورد بررسی قرار گرفت و کد مربوط به کالاهای مبتنی بر الکترونیک قدرت استخراج گردید [۲]، [۳]، [۴] که در جدول (۴-۲) لیست شده‌اند:

جدول (۴-۲) کدهای تعرفه مربوط به تجهیزات مبتنی بر الکترونیک قدرت مورد استفاده در کشور

سال اصلاح	کد تعرفه	عنوان کالا
-	۸۵۰۴۱۰۲۰	متعادل کننده‌های الکترونیکی جریان برای لامپ‌ها ولوله‌های تخلیه
-	۸۵۰۴۴۰۳۰	پاور بانک رایانه
-	۸۵۰۴۴۰۲۰	شارژر باتری موبایل، لپ تاپ و...
-	۸۵۰۴۴۰۴۰	منبع تغذیه
-	۸۵۰۴۴۰۵۰	کنترل دور موتور
-	۸۵۰۴۴۰۶۰	انواع UPS
-	۸۵۰۴۴۰۸۰	درایور LED
-	۸۵۰۴۴۰۹۰	پاور بانک + درایو کنترل دور موتور + اینورتر جوشکاری
-	۸۵۱۵۲۱۹۰	دستگاه جوش اینورتر قابل حمل
-	۸۵۱۵۲۹۰۰	دستگاه جوشکاری سه فاز اینورتر-رکتیفایر
-	۸۵۱۵۳۱۲۰	دستگاه جوش آرگون اینورتری تک فاز DC
-	۹۴۰۵۴۰۲۰	چراغ ضد انفجار
-	۹۴۰۵۴۰۳۰	چراغ LED
-	۸۵۰۴۴۰۱۰	انواع مبدل DC به DC

با توجه به اطلاعات استخراج شده از سایت گمرک جمهوری اسلامی ایران و اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران و نیز تحلیل این داده‌ها، میزان واردات کالاهایی که در زمره ادوات الکترونیک قدرت قرار می‌گیرند بررسی شد. همچنین در سایت اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی استان تهران به نشانی <http://www.tccim.ir> آمار مربوط به واردات کدهای تعرفه و جرم و قیمت آن‌ها ارائه شده است که برای همگان قابل دسترسی است [۱]، البته دارای نواقص بسیاری از جمله عدم تفکیک و... است. با توجه به اینکه آمار ارائه شده در سایت گمرک بر اساس واحدهای پولی مختلف (اکثراً یوان چین) بوده و اطلاعات مالی سایت اتاق بازرگانی بر اساس دلار آمریکا ارائه شده است، برای ایجاد ارتباط بین قیمت (دلار آمریکا) و یوان چین ارتباط این دو واحد استخراج و در محاسبات لحاظ گردید. در این گزارش هر یوان چین معادل ۰.۱۴ دلار آمریکا در نظر گرفته شده است.

جهت محاسبه‌ی میزان واردات هر کد تعرفه، ابتدا با جستجو در سایت گمرک جمهوری اسلامی ایران به نشانی <https://epl.irica.gov.ir/>، اطلاعات مربوط به واردات هر کد استخراج گردید [۵]. لازم به ذکر است که اطلاعات موجود در سایت گمرک درخصوص تجهیزات الکترونیک قدرت غیرتخصصی بوده و برای هر کد تعرفه محصولات متنوعی بعنوان زیرمجموعه آن کد ارائه شده است که برای هر یک از آنها قیمت واحد هر تجهیز (با واحدهای پولی مختلف در هر سطر) مشخص گردیده است. به منظور همسان سازی آمارها، ابتدا از اطلاعات موجود در سایت گمرک جهت به دست آوردن یک قیمت میانگین برای هر کد تعرفه استفاده می‌کنیم. بدین منظور، پس از یکسان سازی واحد پولی هر تجهیز وارداتی، با توجه به پراکندگی قیمتها و با در نظر گرفتن فراوانی هر تجهیز و حذف اطلاعات غیرمنطقی، یک مقدار میانگین برای آن کد تعرفه به دست می‌آید. این مقدار میانگین از آن جهت اهمیت دارد که از طریق آن می‌توان برای هر کد تعرفه، یک مبلغ واحد در نظر گرفت. پس از محاسبه‌ی این مبلغ، میزان مبلغ کل واردات آن کد تعرفه به تفکیک هر سال از سایت اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی استان تهران به نشانی <http://www.tccim.ir> استخراج می‌گردد. پس از تقسیم مبلغ کل واردات یک کد تعرفه بر مبلغ واحد همان کد تعرفه (میانگین محاسبه شده برای هر کد در مرحله قبل)، تعداد واردات به صورت تقریبی به دست خواهد آمد. یادآور می‌شود که این مقدار تقریبی است و عدد به دست آمده قطعاً خطا دارد، اما به دست آوردن این عدد از آن جهت حائز اهمیت است که باعث ایجاد امکان مقایسه بین کدهای تعرفه مختلف خواهد شد و درک نسبی از میزان واردات و کاربرد تجهیزات مربوط به هر کد تعرفه در کشور را مشخص می‌کند.

۴-۱-۲- آمار واردات تجهیزات روشنایی

تجهیزات روشنایی و به طور خاص درایور LED و بالاست در قالب چند کد تعرفه در گمرک دسته بندی شده و به کشور وارد می‌شوند. این کدها به شرح جدول (۴-۳) است.

جدول (۴-۳) کدهای تعرفه واردات تجهیزات روشنایی

ردیف	کد تعرفه	توضیحات
۱	۸۵۰۴۴۰۸۰	مبدل (درایور) مخصوص چراغ‌های LED
۲	۸۵۰۴۱۰۲۰	متعادل کننده‌های الکترونیکی جریان برای لامپ‌ها و لوله‌های تخلیه
۳	۹۴۰۵۴۰۳۰	وسایل و چراغ‌هایی که برای به کارگیری با دیودهای نورافشان (LED) ساخته شده اند.

۴-۱-۲-۱- مدار درایو LED

آمار واردات درایو مخصوص چراغ‌های LED در جدول (۴-۴) ارائه شده است:

جدول (۴-۴) آمار واردات مدار درایو LED

ردیف	سال	کد تعرفه	توضیحات	جرم (کیلوگرم)	قیمت (دلار آمریکا)	تعداد (محاسبه شده)
۱	۱۳۹۷	۸۵۰۴۴۰۸۰	مبدل (درایور) مخصوص چراغ‌های LED	۱۰۴۳۰۴۲۱	۱۳۰۴۹۴۰۳۸۹	۷۰۴۱۴۰۵۰۰
۲	۱۳۹۶	۸۵۰۴۴۰۸۰	مبدل (درایور) مخصوص چراغ‌های LED	۱۰۲۶۷۰۷۱۹	۱۱۰۸۵۱۰۹۵۴	۶۰۵۱۲۰۰۶۲
۳	۱۳۹۵	۸۵۰۴۴۰۸۰	درایور LED	۴۳۶۰۳۹۹	۴۰۹۶۱۰۳۴۱	۲۰۷۲۵۰۹۵۶
۴	۱۳۹۴	-	-	-	-	-

با توجه به آمار ارائه شده در جدول (۴-۴)، قیمت واردات مدار درایو لامپ‌های LED با توان پایین ۱ تا ۱۵ وات بین ۰.۱ تا ۱۲ یوان چین است. البته در مورد این محدوده توانی با در نظر گرفتن پراکندگی قیمت‌ها و با توجه به اینکه آمارهای موجود به صورت دقیق در دسترس نیستند، عدد میانگین ۵ یوان را می‌توان در نظر گرفت.

با توجه به آمار موجود، درایور لامپ‌های با توان ۱۵ وات الی ۴۰۰ وات قیمتی بین ۲ تا ۴۳ یوان دارند. در این مورد نیز می‌توان عدد ۲۰ یوان را در نظر گرفت. با توجه به تمام موارد گفته شده، برای تمام انواع مدارات زیر مجموعه این کد تعرفه مبلغ میانگین ۱۳ یوان (با تقریب) در نظر گرفته شده است که معادل ۱۸۲ دلار آمریکا است. بنابراین تعداد واردات این کد تعرفه در سال ۹۷ را می‌توان در حدود ۷۰۴۱۴۰۵۰۰ دستگاه در نظر گرفت. در مورد سال ۱۳۹۴ اطلاعاتی در سایت‌های مورد بررسی وجود نداشت.

۴-۱-۲-۲- متعادل کننده‌های الکترونیکی جریان برای لامپ‌ها و لوله‌های تخلیه

در این بخش نیز به آمار مربوط به متعادل کننده‌های الکترونیکی جریان برای لامپ‌ها و لوله‌های تخلیه پرداخته می‌شود که در واقع همان بالاست است. کد تعرفه‌ی گمرکی این دسته ۸۵۰۴۱۰۲۰ است. شامل بالاست‌های الکترونیکی مورد استفاده در لامپ نئون، لامپ کم‌مصرف و مهتابی است که این بالاست‌ها اغلب ساخت کشورهای آلمان، صربستان، آمریکا، هلند، ایتالیا، لهستان، تایوان، چین، اسلواکی، کره، اکران و فرانسه می‌باشند.

جدول (۴-۵) آمار واردات متعادل کننده‌های الکترونیکی جریان برای لامپ‌ها و لوله‌های تخلیه

ردیف	سال	کد تعرفه	توضیحات	جرم (کیلوگرم)	قیمت (دلار آمریکا)	تعداد (محاسبه شده)
۱	۱۳۹۷	۸۵۰۴۱۰۲۰	متعادل کننده‌های الکترونیکی جریان برای لامپ‌ها و لوله‌های تخلیه	۹۸.۵۶۱	۳.۹۸۷.۶۱۰	۱.۹۹۴.۰۰۰
۲	۱۳۹۶	۸۵۰۴۱۰۲۰	متعادل کننده‌های الکترونیکی جریان برای لامپ‌ها و لوله‌های تخلیه	۲۰۵.۶۷۴	۴.۴۹۵.۰۱۶	۲.۲۴۷.۵۰۸
۳	۱۳۹۵	۸۵۰۴۱۰۲۰	متعادل کننده‌های الکترونیکی جریان برای لامپ‌ها و لوله‌های تخلیه (بالاست الکترونیکی)	۱۱۷.۲۱۲	۱.۷۷۴.۱۰۶	۸۸۷.۰۵۳
۴	۱۳۹۴	۸۵۰۴۱۰۲۰	متعادل کننده‌های الکترونیکی جریان برای لامپ‌ها و لوله‌های تخلیه (بالاست الکترونیکی)	۳۵۸.۰۳۹	۳.۲۰۲.۷۶۴	۱.۶۰۱.۳۸۳

در مورد این کد تعرفه متاسفانه اطلاعات در سایت گمرک جمهوری اسلامی ایران به روز نشده است. اما نکته‌ی مهمی که در اینجا وجود دارد این است که سلف‌های لامپ‌های مهتابی فلورسنت نیز در این دسته قرار گرفته است که ارتباطی با تجهیزات الکترونیک قدرت ندارند. در هر حال با استفاده از اطلاعات موجود، نتیجه این است که تنها ۱۱.۲ درصد از محصولات وارداتی با این کد تعرفه مرتبط با بالاست‌های ساخته شده با استفاده از تکنولوژی الکترونیک قدرت هستند. در این ۱۱.۲ درصد نیز محدوده‌ی قیمتی بین ۱.۷۵ تا ۲.۱۲ دلار آمریکا است که میانگین ۲ دلار عددی منطقی به نظر می‌رسد. با توجه به تمام نکات ذکر شده تعداد قطعات وارداتی در سال ۱۳۹۷ با استفاده از این کد تعرفه برابر با ۱.۹۹۴.۰۰۰ عدد است.

۴-۱-۲-۳- سایر قطعات مربوط به چراغ‌های روشنایی LED

کالاهای مورد بررسی در این بخش، شامل کد تعرفه‌ی ۹۴۰۵۴۰۳۰ می‌شود که مربوط به وسایل و چراغ‌هایی است که برای به کارگیری با دیودهای نورافشان (LED) ساخته شده اند بر اساس اطلاعات سایت گمرک قیمت کالاهای این دسته از ۵۰ سنت آمریکا آغاز می‌شود و تا ۶۲۲ دلار نیز می‌رسد. در این دسته از کالاها با توجه به رنج وسیع موجود و فراوانی هر یک میانگین قیمت حدود ۶۰ دلار آمریکا در نظر گرفته شده است. با توجه به در نظر گرفتن این محدوده‌ی قیمت، تعداد تقریبی کالاهای وارداتی این دسته بر اساس میزان واردات هر سال به شرح جدول (۴-۶) می‌باشد.

جدول (۴-۶) آمار واردات سایر قطعات مربوط به چراغ‌های روشنایی

ردیف	سال	کد تعرفه	توضیحات	جرم (کیلوگرم)	قیمت (دلار آمریکا)	تعداد (محاسبه شده)
۱	۱۳۹۷	۹۴۰۵۴۰۳۰	وسایل و چراغ‌هایی که برای به کارگیری با دیودهای نورافشان (LED) ساخته شده اند.	۳۸۸.۳۷۰	۲۰۰۹.۰۳۳	۳۳.۵۰۰
۲	۱۳۹۶	۹۴۰۵۴۰۳۰	وسایل و چراغ‌هایی که برای به کارگیری با دیودهای نورافشان (LED) ساخته شده اند.	۱۸۰۴.۴۸۸	۷۸۴۵.۱۵۱	۱۳۰.۷۵۰
۳	۱۳۹۵	۹۴۰۵۴۰۳۰	وسایل و چراغ‌هایی که برای به کارگیری با دیودهای نورافشان (LED) ساخته شده اند.	۸۶.۶۲۸	۲۷۸.۶۲۱	۴.۵۰۰
۴	۱۳۹۴	۹۴۰۵۴۰۳۰	وسایل و چراغ‌هایی که برای به کارگیری با دیودهای نورافشان (LED) ساخته شده اند.	۲۵۷.۰۰۴	۹۲۵.۴۹۱	۱۵.۵۰۰

۴-۱-۳- منابع تغذیه‌ی بدون وقفه

یکی از مهم‌ترین تجهیزات الکترونیک قدرت منابع تغذیه‌ی بدون وقفه است که در گزارش فاز ۳ مورد بحث قرار گرفت. این تجهیز در توان‌های مختلف ساخته می‌شود. این کالا با کد تعرفه‌ی ۸۵۰۴۴۰۶۰ به ثبت رسیده است. اطلاعات جامع وارداتی این محصول در ادامه ارائه شده است.

جدول (۴-۷) واردات منابع تغذیه‌ی بدون وقفه

ردیف	سال	کد تعرفه	توضیحات	جرم (کیلوگرم)	قیمت (دلار آمریکا)	تعداد (محاسبه شده)
۱	۱۳۹۷	۸۵۰۴۴۰۶۰	انواع UPS	۶۴۳.۴۹۴	۴۸۷۶.۷۹۴	۱۶۲۵
۲	۱۳۹۶	۸۵۰۴۴۰۶۰	انواع UPS	۱.۷۵۹.۱۴۷	۱۱.۳۱۴.۷۲۲	۳۷۷۲
۳	۱۳۹۵	۸۵۰۴۴۰۶۰	انواع UPS	۱.۲۱۳.۵۷۵	۶.۵۰۰.۴۸۴	۲۱۶۷
۴	۱۳۹۴	۸۵۰۴۴۰۶۰	انواع UPS	۱.۱۴۲.۴۸۸	۸.۲۵۴.۸۰۸	۲۷۵۲

در این بخش قیمت‌ها به شدت متأثر از سطح توانی هستند. برای مثال در سطح توانی ۱ کیلو ولت آمپر، قیمت UPS از ۲۰ تا ۷۸ دلار متغیر است که میانگین قیمت محاسبه شده در این بازه ۳۵ دلار امریکا است. لازم به ذکر است که در تاریخ نگارش این گزارش، هر یورو ۱۰۱ دلار امریکا است و بعضی از قیمت‌ها برای میانگین گیری از یورو به دلار امریکا تبدیل شده‌اند. از توان ۱ تا ۲۰ کیلو ولت آمپر، در محدوده‌ی قیمتی ۱۲۰ الی ۷۵۰ دلار امریکا واردات صورت پذیرفته است و میانگین قیمت در این محدوده ۳۵۰ دلار امریکا برآورد شده است. در محدوده‌ی ۲۰ تا ۴۰۰ کیلوولت آمپر که اغلب در مصارف صنعتی قرار دارد، قیمت‌ها حدود ۱۰۰۰ تا ۱۴۰۰۰ دلار امریکا متغیر است و با توجه به میزان واردات توانهای مختلف این بازه و قیمت آنها مشاهده شد که در این بازه با میانگین قیمتی ۴۵۰۰ دلاری واردات انجام شده است. در مجموع با توجه به فراوانی میزان واردات هر سطح توانی و محاسبات صورت گرفته، میانگین قیمتی حدود ۳۰۰۰ دلار امریکا برای این کد تعرفه به دست آمد که با احتساب این قیمت برای هر واحد و قیمت کل واردات این کد تعرفه در هر سال، میزان تقریبی واردات هر سال برآورد شده است (جدول ۱-۷). به عنوان مثال در سال ۹۷ مقدار ۱۶۲۵ دستگاه UPS وارد شده است.

۴-۱-۴- منابع تغذیه‌ی سوئیچینگ

این کالا با کدهای تعرفه ۸۵۰۴۴۰۳۰ و ۸۵۰۴۴۰۴۰ در سایت گمرک معرفی می‌شود که به ترتیب بیان‌کننده پاور بانک رایانه و منبع تغذیه است. منابع تغذیه موجود در بازار دارای دو نوع سوئیچینگ و خطی هستند که در فصل گذشته به تفصیل در مورد نوع سوئیچینگ آن بحث شد. منبع تغذیه سوئیچینگ یک واحد تغذیه توان است که به روش سوئیچینگ عمل رگولاسیون را انجام می‌دهد. در روش رگولاتور خطی، از ترانس و المان‌های یکسوکننده جریان و فیلتر استفاده می‌شود. تلفات بالا، بازدهی پائین و عدم دسترسی به رگولاسیون دقیق و کیفیت دلخواه در خروجی، از مشکلات منبع تغذیه خطی می‌باشند. فرکانس کار ترانس‌ها در منبع تغذیه خطی ۵۰ تا ۶۰ هرتز است. ترانس‌های فرکانس پایین، اندازه و حجم بزرگی دارند. در روش سوئیچینگ به دلیل استفاده از فرکانس بالا (۵۰ تا ۲۰۰ کیلوهرتز)، حجم و وزن ترانس‌ها به میزان قابل توجهی کاهش یافته و در نتیجه اندازه منبع تغذیه سوئیچینگ کوچک‌تر است.

راندمان یا بازده توان در روش سوئیچینگ بسیار بیشتر از روش خطی است. یک منبع خطی با تلف کردن توان، خروجی را رگوله یا یکسو می‌کند ولی در روش سوئیچینگ با تغییر میزان دوره سیکل سوئیچ، ولتاژ و جریان خروجی کنترل می‌شود. با یک طراحی خوب در روش سوئیچینگ می‌توان به حدود ۹۰ درصد بازدهی دست یافت. در طراحی منابع تغذیه سوئیچینگ، بدلیل وجود فرکانس بالا، بحث نویز و اثرهای ناخواسته الکترومغناطیسی بسیار مهم بوده و برای حذف آن‌ها از فیلتر EMI و اتصالات RF استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که تمامی منابع تغذیه موجود در کد تعرفه ۸۵۰۴۴۰۴۰ از نوع سوئیچینگ نبوده و برخی نیز خطی هستند. همچنین حدود ۱ میلیون دلار از منابع تغذیه گزارش شده در سایت گمرک فاقد اطلاعات کافی به منظور تشخیص نوع خطی از سوئیچینگ بوده که بدین ترتیب از لیست کنار گذاشته شده‌اند.

۱-۴-۱- منبع تغذیه‌ی رایانه

کد تعرفه گمرکی مربوط به این دسته از تجهیزات الکترونیک قدرت، ۸۵۰۴۴۰۳۰ می‌باشد. این کد تنها مربوط به منبع تغذیه‌ی رایانه، دستگاه خودپرداز و کامپیوتر شخصی نیست و گروه پاور بانک و آداپتور را هم شامل می‌شود. محدوده‌ی قیمتی این گروه از ۵ دلار که مربوط به پاوربانک‌های با ظرفیت توانی پایین و وارداتی از شرکت‌های متفرقه است شروع می‌شود و حتی در دو مورد در سال ۱۳۹۶ دو پاور بانک به شرح USP-V HITACHI STORAGE 400TB به ارزش ۷۸۳۵۰ دلار آمریکا و VSP HDD 600GB به ارزش ۵۱۰۰۰ دلار آمریکا و ساخت شرکت هیتاچی می‌رسد. محدوده‌ی قیمتی در این گروه بسیار متغیر بوده و به عوامل متفاوتی مانند میزان ظرفیت، سازنده و... وابسته است. میانگین قیمت تجهیزات وارداتی در این گروه با احتساب میزان فراوانی هر رده قیمتی، ۱۵۲ دلار آمریکا برآورد شده است. با در نظر گرفتن این میانگین قیمتی تعداد واردات هر سال تخمین زده شد که در جدول (۴-۸) نشان داده شده است.

جدول (۴-۸) واردات منبع تغذیه‌ی رایانه

ردیف	سال	کد تعرفه	توضیحات	جرم (کیلوگرم)	قیمت (دلار آمریکا)	تعداد (محاسبه شده)
۱	۱۳۹۷	۸۵۰۴۴۰۳۰	منبع تغذیه‌ی رایانه	۹۷۱۸۲	۱۶۷۵.۹۴۹	۱۱.۰۳۲
۲	۱۳۹۶	۸۵۰۴۴۰۳۰	منبع تغذیه‌ی رایانه	۲۶۴۸۰۷	۳.۷۰۶.۱۱۹	۲۴.۴۰۰
۳	۱۳۹۵	۸۵۰۴۴۰۳۰	منبع تغذیه‌ی رایانه	۱۲۳.۴۱۳	۱.۷۳۰.۰۰۰	۱۱.۴۰۰
۴	۱۳۹۴	۸۵۰۴۴۰۳۰	منبع تغذیه‌ی رایانه	۶۳.۷۶۰	۸۳۵.۵۹۴	۵.۵۰۰

۱-۴-۲- شارژر باتری موبایل، لپ تاپ و...

این دسته از کالا در گمرک با کد ۸۵۰۴۴۰۲۰ شناسایی می‌شوند. نکته‌ی بسیار مهم موجود در این دسته کالا این است که کالاهایی مانند ماکت گوشی موبایل، کابل شارژر و او تو جی موبایل و... که ارتباطی با تجهیزات الکترونیک قدرت ندارند نیز گنجانده شده است. حذف دقیق و کامل این تجهیزات که ارتباط چندانی با موضوع مورد بحث ندارد، امکان پذیر نیست اما برای انجام کار به صورت تقریبی، درصد واردات این تجهیزات استخراج شده است. این مقدار برابر ۱۶ درصد است. بنابراین به صورت خالص ۸۴ درصد واردات تجهیزات مربوط به تجهیزات الکترونیک قدرت است.

در مورد قیمت این تجهیزات، می‌توان گفت محدوده‌ی قیمتی از ۱ دلار آمریکا تا ۷۰ دلار آمریکا است. البته ذکر این نکته خالی از لطف نیست که بیشتر این دسته از تجهیزات در حدود قیمتی ۵ تا ۱۰ دلار آمریکا هستند. قیمت میانگین ۱۰ دلار آمریکا، با توجه به آماری که در دسترس قرار گرفته است، تخمین زده می‌شود. بنابراین تعداد تجهیزات وارداتی از این دسته از تجهیزات الکترونیک قدرت حدوداً ۶۵۱.۰۰۰ دستگاه است. اطلاعات طبقه بندی شده مطابق جدول ۱-۹ است.

جدول (۹-۴) جدول واردات شارژر موبایل، لپ تاپ و...

ردیف	سال	کد تعرفه	توضیحات	جرم (کیلوگرم)	قیمت (دلار امریکا)	تعداد (محاسبه شده)
۱	۱۳۹۷	۸۵۰۴۴۰۲۰	شارژر باتری موبایل و لپ تاپ	۳۰۷.۷۳۰	۶.۵۱۳.۸۸۷	۶۵۱.۰۰۰
۲	۱۳۹۶	۸۵۰۴۴۰۲۰	شارژر باتری موبایل و لپ تاپ	۳۹۷.۲۴۴	۴.۱۲۰.۹۶۲	۴۱۲.۰۰۰
۳	۱۳۹۵	۸۵۰۴۴۰۲۰	شارژر باتری موبایل و لپ تاپ	۱.۲۶۹.۲۴۹	۵.۲۵۹.۷۲۴	۵۲۶.۰۰۰
۴	۱۳۹۴	۸۵۰۴۴۰۲۰	شارژر باتری موبایل و لپ تاپ	۹۴۷.۴۹۴	۴.۲۵۹.۰۳۴	۴۲۶.۰۰۰

۴-۱-۳- منبع تغذیه

منبع تغذیه در کاربردهای مختلف، از کامپیوترهای شخصی گرفته تا پیشرفته‌ترین تجهیزات در صنعت، به کار رفته است. در گمرک این دسته از تجهیزات با کد تعرفه‌ی ۸۵۰۴۴۰۴۰ به ثبت رسیده‌اند. این گروه تجهیزات در محدوده‌ی قیمتی متغیری هستند. ارزان‌ترین تجهیز وارداتی در این گروه ۸۵ سنت امریکا است و مربوط به شارژر دوربین عکاسی است. گرانترین تجهیز نیز با قیمت ۳۸۲۰ دلار امریکا، مربوط به منبع تغذیه ساخت "دکتر فورستر" مدل Power Supply Mag M 1912224 2.845.02-4007 است. به طور کلی قیمت‌ها با توجه به رده توانی و کاربرد صنعتی یا خانگی متغیر است و تفاوت قیمت بین این دو کاربرد بسیار بالا است. قیمت به طور میانگین ۱۲۶ دلار امریکا محاسبه شده است. طبق این قیمت، تعداد دستگاه وارداتی در سال ۹۷ با این کد تعرفه بیش از ۱۹۱۰۰ دستگاه است. (جدول (۴-۱۰))

جدول (۱۰-۴) آمار واردات تجهیز منبع تغذیه

ردیف	سال	کد تعرفه	توضیحات	جرم (کیلوگرم)	قیمت (دلار امریکا)	تعداد (محاسبه شده)
۱	۱۳۹۷	۸۵۰۴۴۰۴۰	منبع تغذیه	۱۸۹.۰۵۶	۲.۴۱۷.۶۰۳	۱۹۱.۰۰
۲	۱۳۹۶	۸۵۰۴۴۰۴۰	منبع تغذیه	۳۳۹.۲۴۱	۳.۸۴۸.۹۴۲	۳۰.۵۰۰
۳	۱۳۹۵	۸۵۰۴۴۰۴۰	منبع تغذیه	۲۹۹.۷۱۸	۲.۵۳۹.۲۱۴	۲۰.۰۰۰
۴	۱۳۹۵	۸۵۰۴۴۰۴۰	منبع تغذیه سوئیچینگ	۱۱۶.۰۶	۶۵.۷۴۶	۵۲۰
۵	۱۳۹۵	۸۵۰۴۴۰۴۰	پاور بانک گوشی، تبلت	۵۸۴۳	۴۴.۵۰۴	۳۵۰
۶	۱۳۹۵	۸۵۰۴۴۰۴۰	مبدل استاتیک	۶۴۸	۱۹۶.۱۵۷	۱۶۰۰

۷	۱۳۹۵	۸۵۰۴۴۰۴۰	کالای بند ت ماده ۱۱۹ (نظامی) (*)	۵۰۶	۳۷۰.۰۰۰	۳۰۰۰
۸	۱۳۹۵	۸۵۰۴۴۰۴۰	باتری شارژر	۲.۱۱۱	۱۴.۷۰۵	۱۲۰
۹	۱۳۹۴	۸۵۰۴۴۰۴۰	منبع تغذیه	۲۲۵.۵۸۴	۲.۹۳۶.۸۴۰	۲۳.۳۰۰
۱۰	۱۳۹۵	۸۵۰۴۴۰۳۰	پاور بانک رایانه	۲۸.۳۷۵	۲۹۶.۲۲۷	۲۳۰۰
۱۱	۱۳۹۴	۸۵۰۴۴۰۳۰	پاور بانک رایانه	۱۰۸.۷۱۰	۱.۰۲۳.۶۶۰	۸.۱۰۰

(*) بند ت ماده ۱۱۹ گمرک جمهوری اسلامی ایران:

تجهیزات نظامی اعم از اسلحه و مهمات، لوازم مخابراتی نظامی، مواصلاتی، تانک و سایر ارايه‌های زرهپوش جنگی و وسایل نقلیه خاص دفاعی به استثناء سواری و سواری کار و مواد اولیه برای ساخت اقلام یاد شده که با تأیید کتبی وزیر دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح از بودجه دولت یا از محل هر اعتبار دیگری که به همین منظور تخصیص یافته و به تصویب دولت رسیده است و به‌صورت انحصاری برای مصارف وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح و سایر نیروهای مسلح و انتظامی خریداری و به طور مستقیم به نام سازمان های مذکور از خارج از کشور وارد شده است.

۴-۱-۵- اینورتر کنترل دور موتور

توضیحات گمرک جمهوری اسلامی ایران در مورد کد تعرفه‌ی ۸۵۰۴۴۰۵۰ به شرح زیر است:

سر فصل: ترانسفورماتورهای برقی، مبدل های (Converters) استاتیک برقی (مثلاً، یکسو کننده ها) و القا کننده ها (Inductors)

- مبدل های استاتیک (Static Converters)

- کنترل دور موتور (Inverter)

همانطور که مشخص است تجهیزاتی چون ترانسفورمرها در مقوله‌ی الکترونیک قدرت نمی‌گنجد. علاوه بر این، علی رغم استفاده از نام موتور در این کد گمرکی، تجهیزاتی مانند تعدادی از اینورترهای خورشیدی که ارتباطی با موتور ندارند نیز در این دسته قرار می‌گیرند. بنابراین در آمار باید مبادرت به تفکیک یا حذف آن‌ها نمود. در لیست ارائه شده توسط گمرک جمهوری اسلامی ایران، بیشتر واردات با این کد تعرفه مربوط به واردات اینورترهای خورشیدی است که در محدوده‌ی قیمتی ۶۰۰ تا ۳۰۰۰ دلار امریکا است. در کل محدوده‌ی قیمتی برای این دسته از تجهیزات از ۴۰ دلار امریکا که مربوط به کنترل دور موتورهای ۳۷۰۰ واتی است تا حدود ۱۷۰۰۰ دلار امریکا که یک درایو ۱.۵ مگاواتی IP20+EMC با برند KON-TEK ساخت کشور سوئد است. می‌باشد پس از اعمال اصلاحات لازم در آمار این کد تعرفه (تفکیک

موارد نامرتبط با اینورترهای کنترل دور موتور) به طور میانگین می‌توان قیمت ۸۵۰ دلار آمریکا را برای هر تجهیز واحد این کد تعرفه در نظر گرفت. با این حساب تعداد دستگاه وارد شده به کشور در سال ۹۷ با این ویژگی و با فرض صحت آمار و اعمال تقریب، برابر با ۱۴۳۰۰ دستگاه می‌باشد. (جدول (۴-۱۱))

جدول (۴-۱۱) آمار واردات اینورترهای کنترل دور

ردیف	سال	کد تعرفه	توضیحات	جرم (کیلوگرم)	قیمت (دلار آمریکا)	تعداد (محاسبه شده)
۱	۱۳۹۷	۸۵۰۴۴۰۵۰	اینورترهای کنترل دور موتور	۵۵۶.۹۸۸	۱۲.۰۹۹.۰۳۵	۱۴.۳۰۰
۲	۱۳۹۶	۸۵۰۴۴۰۵۰	اینورترهای کنترل دور موتور	۱.۰۹۲.۳۶۹	۱۷.۳۱۱.۸۶۵	۲۰.۴۰۰
۳	۱۳۹۵	۸۵۰۴۴۰۵۰	اینورترهای کنترل دور موتور	۷۹۰.۹۹۰	۷.۱۷۳.۵۲۰	۸.۵۰۰
۴	۱۳۹۴	۸۵۰۴۴۰۵۰	اینورترهای کنترل دور موتور	۳۹۹.۸۹۲	۴.۰۷۲.۹۳۸	۴.۸۰۰

۴-۱-۴- مبدل DC به DC

این دسته از مبدل‌ها، کاربردهای متفاوت و بسیاری دارند. از اینورترهای بادی و خورشیدی تا امولاتور خورشیدی و...، همگی از این مبدل‌ها به نوعی استفاده می‌کنند. البته انواع متفاوتی نیز برای این مبدل‌ها وجود دارد. کد تعرفه‌ی گمرکی مربوط به مبدل‌های DC به DC، ۸۵۰۴۴۰۱۰ می‌باشد. میانگین مبلغ هر عدد از این تجهیز، طبق اطلاعات موجود، حدود ۱۳ دلار آمریکا است. نکته‌ی جالب در این تجهیزات این است که تفاوت قیمتی بین آن‌ها بسیار کم است و محدوده‌ی قیمتی در حدود عدد اعلام شده است. با در نظر گرفتن این قیمت به عنوان میانگین، به عدد ۳۲۴.۵۲۴ برای سال ۱۳۹۷، می‌رسیم. سایر اطلاعات در جدول (۴-۱۲) آورده شده است.

جدول (۴-۱۲) جدول مربوط به واردات مبدل‌های DC-DC

ردیف	سال	کد تعرفه	توضیحات	جرم (کیلوگرم)	قیمت (دلار آمریکا)	تعداد (محاسبه شده)
۱	۱۳۹۷	۸۵۰۴۴۰۱۰	انواع مبدل‌های dc/dc الکترونیکی (HYBRID) با ورودی و خروجی صفر الی صد ولت و قدرت کمتر از ۱۵۰ وات	۸۵.۳۷۸	۴.۲۱۸.۸۱۴	۳۲۴.۵۲۴
۲	۱۳۹۶	۸۵۰۴۴۰۱۰	انواع مبدل‌های dc/dc الکترونیکی (HYBRID) با ورودی و خروجی صفر الی صد ولت و قدرت کمتر از ۱۵۰ وات	۲۰۸.۰۹۲	۲.۱۸۶.۰۵۹	۱۶۸.۰۰۰

۳	۱۳۹۵	۸۵۰۴۴۰۱۰	انواع مبدل‌های dc/dc الکترونیکی (HYBRID) با ورودی و خروجی صفر الی صد ولت و قدرت کمتر از ۱۵۰ وات	۳۵۴۶۳۰	۲۰۰۸۶۰۹۴۷	۱۶۰۰۵۰۰
۴	۱۳۹۴	۸۵۰۴۴۰۱۰	انواع مبدل‌های dc/dc الکترونیکی (HYBRID) با ورودی و خروجی صفر الی صد ولت و قدرت کمتر از ۱۵۰ وات	۳۱۷۰۸۲۵	۱۰۴۹۷۰۴۹۱	۱۱۵۰۲۰۰

۴-۱-۷- مبدل‌های جوشکاری

مبدل‌های جوشکاری برخلاف سایر موارد مطرح شده، با یک کد تعرفه به کشور وارد نمی‌شوند. کدهای تعرفه مربوط به واردات مبدل‌های جوشکاری به شرح جدول (۴-۱۳) می‌باشد:

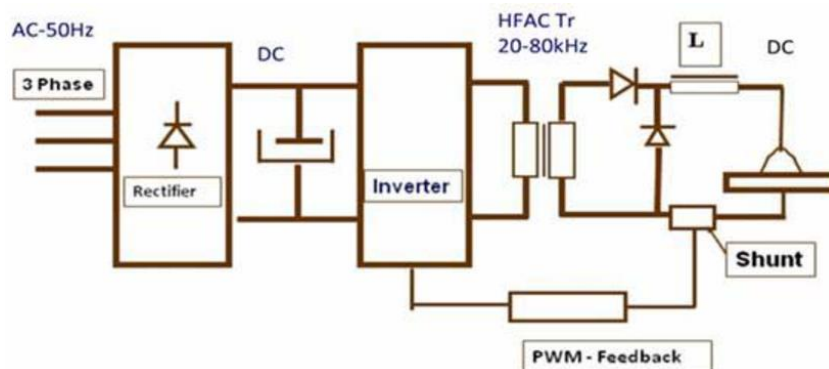
جدول (۴-۱۳) کدهای تعرفه مربوط به مبدل‌های جوشکاری

کد تعرفه	شرح کالا
۸۵۰۴۴۰۹۰	پاور بانک + درایو کنترل دور موتور + اینورتر جوشکاری
۸۵۱۵۲۱۹۰	دستگاه جوش اینورتر قابل حمل
۸۵۱۵۲۹۰۰	دستگاه جوشکاری سه فاز اینورتر-رکتیفایر
۸۵۱۵۳۱۲۰	دستگاه جوش آرگون اینورتری تک فاز DC

از این میان برخی از کدهای تعرفه صرفاً مربوط به اینورترهای جوشکاری است، مانند ۸۵۱۵۲۹۰. برخی نیز علاوه بر مبدل‌های جوشکاری، شامل تجهیزات دیگری نیز هستند. برای مثال با کد تعرفه‌ی ۸۵۰۴۴۰۹۰، علاوه بر مبدل‌های جوشکاری، تجهیزاتی مانند مبدل‌های خورشیدی، اینورتر کنترل دور موتور و حتی شارژر گوشی و دوربین نیز وارد شده است که کار آماری در این زمینه را بسیار سخت و همراه با چالش‌های فراوان می‌کند. در این بخش میزان واردات با استفاده از هر کد تعرفه را مشخص خواهیم کرد.

دستگاه‌های جوش موجود در بازار دارای سه نوع اصلی ترانسفورماتوری، ترانس-رکتیفایری و اینورتری می‌باشند. نوع ترانسفورماتوری فاقد قطعات الکترونیک قدرت بوده و اساس عملکرد این نوع بر پایه ترانس آن است. نوع ترانس-رکتیفایر نیز دارای یک طبقه یکسوسازی است که در آن از تریستور یا دیود استفاده شده است. نوع سوم دستگاه‌های جوش که کاملاً مبتنی بر الکترونیک قدرت است و مد نظر این پروژه می‌باشد از نوع اینورتری است. در دستگاه جوش اینورتری، مطابق شکل (۴-۱)، ولتاژ ابتدا توسط یکسوساز به جریان DC تبدیل و سپس به واحد اینورتری دستگاه وارد می‌گردد و به جریان متناوب موج مربعی با فرکانس بالا (۱ تا ۱۰ کیلوهرتز) که البته می‌تواند بالاتر نیز انتخاب

گردد) تغییر می‌یابد. در ادامه این ولتاژ با فرکانس بالا با استفاده از یکسوکننده‌های سریع مانند دیودهای فست و شاتکی به جریان DC تبدیل می‌شود. در طبقه خروجی نیز به منظور نرم کردن جریان از یک یا چند راکتور استفاده می‌شود. وجود تکنولوژی کلیدهای قدرت IGBT و افزایش فرکانس تا ۱۰ کیلو هرتز و بالاتر، حجم ترانسفورماتورها را به‌طور چشمگیری کاهش داده و باعث کاهش قابل ملاحظه در سائز و وزن دستگاه و در نتیجه آن کاهش میزان مصرف برق در حدود ۲۰ الی ۳۰ درصد خواهد شد [۶].



شکل (۴-۱) ساختار داخلی یک دستگاه جوش اینورتری

با توجه به توضیحات فوق، محاسبات برای کد تعرفه‌ی گمرکی ۸۵۱۵۲۱۹۰ که مربوط به دستگاه جوش اینورتر قابل حمل است، صورت پذیرفت. برای این کد تعرفه دو محصول به شرح دستگاه جوشکاری پین جهت کمپرسور و ماشین جوش فلزات با قیمت به ترتیب، ۵۴.۳۳۱ دلار آمریکا و ۲۶.۴۰۰ دلار آمریکا وارد شده‌اند که به دلیل تفاوت قیمتی بسیار بالا با سایر دستگاه‌های اینورتر جوش که در محدوده‌ی قیمتی ۴۵ تا حدوداً ۶۰۰۰ دلار آمریکا هستند، حذف شده‌اند. برای سایر تجهیزات، عدد میانگین ۸۷۵ دلار آمریکا در نظر گرفته شده است. به این ترتیب، برای این کد تعرفه، تعداد تجهیزات وارداتی مطابق جدول (۴-۱۴) است.

جدول (۴-۱۴) جدول مربوط به واردات دستگاه جوش اینورتر قابل حمل

ردیف	سال	کد تعرفه	توضیحات	جرم (کیلوگرم)	قیمت (دلار آمریکا)	تعداد (محاسبه شده)
۱	۱۳۹۷	۸۵۱۵۲۱۹۰	دستگاه جوش اینورتر قابل حمل	۱۰۷.۲۰۵	۱.۲۲۷.۸۶۹	۱.۴۰۰
۲	۱۳۹۶	۸۵۱۲۱۹۰	دستگاه جوش اینورتر قابل حمل	۶۳۸.۰۱۷	۶۶۱۴.۶۷۲	۷.۵۶۰
۳	۱۳۹۵	۸۵۱۲۱۹۰	دستگاه جوش اینورتر قابل حمل	۲۸۱.۰۰۲	۱.۵۹۶.۹۹۷	۱.۸۲۵
۴	۱۳۹۴	۸۵۱۲۱۹۰	دستگاه جوش اینورتر قابل حمل	۵۱.۰۲۴	۴۰۰.۳۸۶	۴۶۰

تعرفه‌ی گمرکی بعدی این دسته مربوط به دستگاه جوشکاری سه فاز اینورتر-رکتیفایر است که با کد ۸۵۱۵۲۹۰۰ شناخته می‌شود. برای این کد گمرکی نیز همانند کدهای قبلی، مجموعه محاسباتی صورت می‌پذیرد. در این کد تعرفه، سه مورد به شرح دستگاه گان جوشکاری برای خط تولید خودرو هاوال مدل H6، دستگاه لحیم کاری و دستگاه جوش رکتیفایر که به قیمت‌های به ترتیب، ۵۶۲۶، ۲۴۰۰ و ۳۳۰۲۴۱ دلار آمریکا وارد شده‌اند، به دلیل اختلاف فاحش با سایر اجزای وارداتی از میانگین گیری قیمتی حذف شده‌اند. سایر موارد در محدوده‌ی قیمتی ۴۰ تا ۸۵۰ دلار آمریکا قرار می‌گیرند. باتوجه به توضیحات فوق و در نظر گرفتن رنج قیمت و طیف فراوانی نوع واردات صورت گرفته، در نظر گرفتن قیمت میانگین ۱۹۰ دلار آمریکا برای این دسته، امری معقول به نظر می‌رسد. تعداد تقریبی محاسبه شده برای این کد تعرفه به تفکیک چند سال اخیر در جدول (۴-۱۵) ارائه شده است.

جدول (۴-۱۵) مربوط به دستگاه جوشکاری سه فاز اینورتر-رکتیفایر

ردیف	سال	کد تعرفه	توضیحات	جرم (کیلوگرم)	قیمت (دلار آمریکا)	تعداد (محاسبه شده)
۱	۱۳۹۷	۸۵۱۵۲۹۰۰	دستگاه جوشکاری سه فاز اینورتر-رکتیفایر	۱۵۸۰۵۰	۱۰۲۹۵۰۹۲	۶۶۳۰
۲	۱۳۹۶	۸۵۱۵۲۹۰۰	دستگاه جوشکاری سه فاز اینورتر-رکتیفایر	۶۱۶۰۹۷۱	۷۰۳۸۷۰۱۲۱	۳۹۰۰۰
۳	۱۳۹۵	۸۵۱۵۲۹۰۰	دستگاه جوشکاری سه فاز اینورتر-رکتیفایر	۴۲۸۰۶۲۴	۳۰۲۶۵۰۸۰۰	۱۷۰۱۸۸
۴	۱۳۹۴	۸۵۱۵۲۹۰۰	دستگاه جوشکاری سه فاز اینورتر-رکتیفایر	۳۲۵۰۷۴۶	۱۰۶۳۶۰۷۶۲	۸۶۰۰

کد تعرفه‌ی بعدی این گروه، ۸۵۱۵۳۱۲۰ است که مربوط به دستگاه جوش آرگون اینورتری تک فاز DC است. با بررسی کالاهای وارداتی این کد تعرفه مشاهده شد که تنها در یک مورد، ارزش کالای وارد شده ۱۲۲ هزار دلار آمریکا بود که به دلیل تفاوت فاحش با سایر اقلام وارداتی از میانگین گیری حذف شد. این تجهیز VERTICAL WELDING BOOMM 400mm معرفی شده است و برند مربوط به آن CLADTEK می‌باشد. محدوده‌ی قیمتی سایر اقلام وارداتی، ۴۰ تا ۷۵۰۰ دلار آمریکا است که بیشترین تمرکز روی محدوده‌ی ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ دلار آمریکا می‌باشد. با توجه به توضیحات فوق، میانگین ۹۱۳ دلار آمریکا برای این کد تعرفه در نظر گرفته شده است. د تعداد تجهیزات وارداتی این کد تعرفه طبق جدول (۴-۱۶) محاسبه گردید.

جدول (۴-۱۶) جدول مربوط به دستگاه جوش آرگون اینورتری تک فاز DC

ردیف	سال	کد تعرفه	توضیحات	جرم (کیلوگرم)	قیمت (دلار آمریکا)	تعداد (محاسبه شده)
۱	۱۳۹۷	۸۵۱۵۳۱۲۰	دستگاه جوش آرگون اینورتری تک فاز DC	۲۰۱۷۴	۱۲۲.۵۴۴	۱۳۵
۲	۱۳۹۶	۸۵۱۵۳۱۲۰	دستگاه جوش آرگون اینورتری تک فاز DC	۴۰.۵۲۲	۸۳۵.۳۷۳	۹۱۵
۳	۱۳۹۵	۸۵۱۵۳۱۲۰	دستگاه جوش آرگون اینورتری تک فاز DC	۱۹.۹۹۱	۱۳۱.۵۹۳	۱۴۵
۴	۱۳۹۴	۸۵۱۵۳۱۲۰	دستگاه جوش آرگون اینورتری تک فاز DC	۶.۵۱۸	۱۴۴.۵۵۳	۱۵۸

کد تعرفه‌ی بعدی، ۸۵۰۴۴۰۹۰ است که پیچیدگی‌های خاص خود را دارد. این کد حاوی موارد بسیار مختلفی است که شامل پاور بانک، اینورتر خورشیدی، اینورتر جوشکاری، درایو موتور و ... می‌شود. با توجه به نواقص اطلاعات، تفکیک همه‌ی موارد از یکدیگر بسیار سخت و پیچیده است تا حدی که می‌توان با قطعیت گفت که تفکیک دقیق همه‌ی موارد امری ناممکن به نظر می‌رسد. برای تفکیک تجهیزات این کد حالت‌های متفاوتی بررسی شد. نهایتاً تصمیم بر آن شد تا با بررسی دقیق تک تک تجهیزات وارداتی این کد تعرفه و تخمین درصد تعداد هر یک از موارد اصلی این کد که شامل اینورتر خورشیدی، اینورتر جوشکاری و درایو موتور می‌شود، تعداد واردات هر یک از تجهیزات معرفی شده، مشخص گردد.

طبق بررسی‌های انجام شده و محاسبات، ۵۲.۵ درصد از تجهیزات وارد شده با این کد تعرفه‌ی گمرکی مربوط به اینورتر خورشیدی، ۳۵.۹ درصد مربوط به انواع درایو موتور و ۱۱.۶ درصد مربوط به اینورترهای جوشکاری می‌باشد. از سوی دیگر لازم است تا قیمت میانگین هر تجهیز این کد نیز مشخص شود. در خصوص اینورتر خورشیدی با مطالعه واردات صورت گرفته مشخص شد که اینورتر خورشیدی ۱۲۶۰ کیلووات سنترال مدل GSL1260 به همراه محفظه و متعلقات، گرانترین نوع اینورتر وارداتی این کد تعرفه بوده که ساخت شرکت KSTAR می‌باشد و به دلیل تفاوت فاحش با سایر انواع اینورتر از میانگین گیری حذف شد. قیمت این تجهیز به تنهایی ۹۷.۶۹۳ دلار آمریکا بود. محدوده‌ی قیمتی اکثر این تجهیزات در رنج ۷۰۰ تا ۴۰۰۰ دلار آمریکا بود که پس از در نظر گرفتن تمام موارد به عدد ۲۴۰۰ دلار آمریکا به‌عنوان میانگین می‌رسیم.

همچنین، اینورترهای جوشکاری وارد شده به کشور با این کد تعرفه، ۱۱۶ درصد از کل تجهیزات ورودی را شامل می‌شوند. برای در نظر گرفتن قیمت این تجهیز، با میانگین گیری از قیمت سه کد تعرفه بررسی شده قبل که تماماً مربوط به اینورتر جوشکاری بوده‌اند، به عدد ۶۶۰ دلار آمریکا می‌رسیم.

۳۵.۹ درصد از واردات با این کد تعرفه، مربوط به انواع درایو موتور می‌شود. طبق محاسبات انجام شده در مراحل قبل برای درایو موتور، مبلغ ۸۵۰ دلار آمریکا به طور میانگین برای هر تجهیز در نظر گرفته شد.

با در نظر گرفتن تمامی موارد فوق، اکنون می‌توان محاسبات نهایی را انجام داد و برای این کد تعرفه با در نظر گرفتن درصد مربوط به واردات هر کدام از تجهیزات معرفی شده، جدول (۴-۱۷) را در اختیار داشت.

جدول (۴-۱۷) میزان واردات کد تعرفه ۸۵۰۴۴۰۹۰

ردیف	سال	کد تعرفه	توضیحات	جرم (کیلوگرم)	قیمت (دلار آمریکا)	تعداد (محاسبه شده)
۱	۱۳۹۷	۸۵۰۴۴۰۹۰	سایر مبدلهای استاتیک غیر مذکور در جای دیگر	۵۳۱.۹۹۶	۱۳.۹۲۰.۳۵۸	-
۱-۱		۸۵۰۴۴۰۹۰	اینورتر خورشیدی	-	۷.۳۰۸.۱۸۸	۳.۰۵۰
۱-۲		۸۵۰۴۴۰۹۰	اینورتر جوشکاری	-	۱.۶۱۳.۷۶۲	۲.۴۵۰
۱-۳		۸۵۰۴۴۰۹۰	انواع درایو موتور	-	۴.۹۹۸.۴۰۸	۵.۸۸۰
۲	۱۳۹۶	۸۵۰۴۴۰۹۰	سایر مبدلهای استاتیک غیر مذکور در جای دیگر	۱.۵۴۶.۸۱۲	۲۳.۶۹۶.۴۷۴	-
۲-۱	۱۳۹۶	۸۵۰۴۴۰۹۰	اینورتر خورشیدی	-	۱۲.۴۴۰.۶۴۸	۵.۱۸۵
۲-۲	۱۳۹۶	۸۵۰۴۴۰۹۰	اینورتر جوشکاری	-	۲.۷۴۸.۷۹۱	۴.۱۷۰
۲-۳	۱۳۹۶	۸۵۰۴۴۰۹۰	انواع درایو موتور	-	۸.۵۰۷.۰۳۵	۱۰.۰۰۰

۳	۱۳۹۵	۸۵۰۴۴۰۹۰	سایر مبدل‌های استاتیک غیر مذکور در جای دیگر	۶۱۴۰۱۲۶	۵۸۵۵۳۱۸	-
۳-۱	۱۳۹۵	۸۵۰۴۴۰۹۰	اینورتر خورشیدی	-	۳۰۷۴۰۴۲	۱۰۲۸۰
۳-۲	۱۳۹۵	۸۵۰۴۴۰۹۰	اینورتر جوشکاری	-	۶۷۹۰۲۱۶	۱۰۲۵
۳-۳	۱۳۹۵	۸۵۰۴۴۰۹۰	انواع درایور موتور	-	۲۰۱۰۲۰۶۰	۲۰۴۷۵
۴	۱۳۹۴	۸۵۰۴۴۰۹۰	سایر مبدل‌های استاتیک غیر مذکور در جای دیگر	۱۳۵۶۰۱	۳۰۳۳۱۶۷۴	-
۴-۱	۱۳۹۴	۸۵۰۴۴۰۹۰	اینورتر خورشیدی	-	۱۰۷۴۹۰۱۲۸	۷۳۰
۴-۲	۱۳۹۴	۸۵۰۴۴۰۹۰	اینورتر جوشکاری	-	۳۸۶۰۴۷۴	۵۸۰
۴-۳	۱۳۹۴	۸۵۰۴۴۰۹۰	انواع درایور موتور	-	۱۰۱۹۶۰۷۲	۱۰۴۱۰

با توجه به از هم گسیختگی در واردات برخی تجهیزات، نیاز به جمع‌بندی در مورد آن‌ها وجود دارد. بنابراین جدول (۴-۱۷) برای تعیین واردات سالیانه‌ی مبدل‌های جوشکاری و انواع درایوهای موتور به شرح زیر بازنویسی می‌شود.

جدول (۴-۱۸) جدول جمع‌بندی واردات مبدل‌های جوشکاری

ردیف	سال	توضیحات	قیمت (دلار آمریکا)	تعداد (محاسبه شده)
۱	۱۳۹۷	اینورترهای جوشکاری	۴۰۲۵۹۰۲۶۷	۱۰۶۱۵
۲	۱۳۹۶	اینورترهای جوشکاری	۱۷۰۵۸۵۰۹۵۷	۵۱۶۴۵
۳	۱۳۹۵	اینورترهای جوشکاری	۵۶۷۳۶۰۶	۲۰۰۱۸۳
۴	۱۳۹۴	اینورترهای جوشکاری	۲۰۵۶۸۰۱۷۵	۹۰۷۹۸

جدول (۴-۱۹) جدول جمع‌بندی واردات اینورتر کنترل دور موتور

ردیف	سال	توضیحات	قیمت	تعداد (محاسبه شده)
------	-----	---------	------	--------------------

		(دلار امریکا)		
۱	۱۳۹۷	اینورتر کنترل دور موتور	۱۷۰۰۹۷۴۴۳	۲۰۱۸۰
۲	۱۳۹۶	اینورتر کنترل دور موتور	۲۵۸۱۸۹۰۰	۳۰۴۰۰
۳	۱۳۹۵	اینورتر کنترل دور موتور	۹۰۲۷۵۵۸۰	۱۰۰۹۷۵
۴	۱۳۹۴	اینورتر کنترل دور موتور	۵۰۲۶۹۰۱۰	۶۰۲۱۰

به این ترتیب تمام تجهیزات مرتبط با الکترونیک قدرت که در خلال سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۷ از مبادی گمرکات کشور، وارد شده بودند مورد بررسی قرار گرفتند. این بررسی اگرچه همراه با تخمین است و به دلیل نقص اطلاعات موجود دقت بالایی ندارد، اما درک نسبی از واردات به خواننده می‌دهد. علی‌رغم اینکه ممکن است واردات دقیقاً به همین تعداد انجام نشده باشد، امکان مقایسه بین میزان واردات تجهیزات از طریق این کار، قابل انجام است. در ادامه به بررسی روند واردات سال به سال پرداخته می‌شود. از این بررسی می‌توان به این نتیجه رسید که در خلال سال‌های مورد بررسی، کدام تجهیز نسبت به سایرین بیشتر وارد کشور شده است. میزان واردات تجهیزات مرتبط با الکترونیک قدرت در سال‌های ۱۳۹۴ الی سال ۱۳۹۷، در جداول (۴-۲۰) الی (۴-۲۳) ارائه شده است.

جدول (۴-۲۰) جمع‌بندی آمار مربوط به سال ۱۳۹۷

اطلاعات مربوط به واردات سال ۱۳۹۷

ردیف	شرح	تعداد
۱	دراپور چراغ‌های LED، بالاست و ...	۹,۴۴۲,۰۰۰
۲	منابع تغذیه ی سوئیچینگ	۶۸۱۱۳۲
۳	مبدل DC به DC	۳۲۴۵۲۴
۴	اینورتر کنترل دور موتور	۲۰۱۸۰
۵	اینورتر جوشکاری	۱۰۶۱۵
۶	اینورتر خورشیدی	۳۰۵۰
۷	انواع UPS	۱۶۲۵

اطلاعات مربوط به سال ۱۳۹۶ به شرح زیر است:

جدول (۴-۲۱) جمع‌بندی آمار مربوط به سال ۱۳۹۶

اطلاعات مربوط به واردات سال ۱۳۹۶

ردیف	شرح	تعداد
۱	درایور چراغ‌های LED، بالاست و ...	۸,۸۹۰,۳۲۰
۲	منابع تغذیه ی سوئیچینگ	۴۶۶.۹۰۰
۳	مبدل DC به DC	۱۶۸.۰۰۰
۴	اینورتر جوشکاری	۵۱۶۴۵
۵	اینورتر کنترل دور موتور	۳۰.۴۰۰
۶	اینورتر خورشیدی	۵.۱۸۵
۷	انواع UPS	۳.۷۷۲

همانطور که با مقایسه جداول مربوط به سالهای ۱۳۹۷ و ۱۳۹۶ مشاهده می‌شود، تنها تفاوت موجود مربوط به جایگاه اینورتر جوشکاری و اینورتر کنترل دور موتور است. در سایر موارد جابجایی دیده نمی‌شود. در سال ۱۳۹۵، بررسی‌های انجام شده به نتایج زیر منتهی شده است:

جدول (۴-۲۲) جمع‌بندی آمار مربوط به سال ۱۳۹۵

اطلاعات مربوط به سال ۱۳۹۵

ردیف	شرح	تعداد
۱	درایور چراغ‌های LED، بالاست و ...	۳,۶۱۷,۵۰۹
۲	منابع تغذیه ی سوئیچینگ	۴۶۶.۹۰۰
۳	مبدل DC به DC	۱۶۰.۵۰۰
۴	اینورتر جوشکاری	۲۰۱۸۳
۵	اینورتر کنترل دور موتور	۱۰.۹۷۵
۶	انواع UPS	۲.۱۶۷
۷	اینورتر خورشیدی	۱.۲۸۰

در سال ۱۳۹۵، نسبت به ۱۳۹۶، تنها مورد جابجایی مربوط به پیمایش UPS به اینورتر خورشیدی می‌شود. در مورد سال ۱۳۹۴ نیز نتایج به شرح زیر است:

جدول (۴-۲۳) جمع‌بندی آمار مربوط به سال ۱۳۹۴

اطلاعات مربوط به سال ۱۳۹۴

ردیف	شرح	تعداد
۱	دراپور چراغ‌های LED، بالاست و ...	۱,۶۱۶,۸۸۳
۲	منابع تغذیه ی سوئیچینگ	۴۶۲,۹۰۰
۳	مبدل DC به DC	۱۱۵,۲۰۰
۴	اینورتر جوشکاری	۹,۷۹۸
۵	اینورتر کنترل دور موتور	۶,۲۱۰
۶	انواع UPS	۲,۱۶۷
۷	اینورتر خورشیدی	۷۳۰

در مورد سال ۱۳۹۴، نسبت به سال ۱۳۹۵ هیچ تغییری رخ نداده است. ذکر این نکته ضروری به نظر می‌رسد که در سال ۱۳۹۴، آمار مربوط به واردات مبدل (دراپور) لامپ‌های LED در سایت اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی استان تهران، موجود نبود و اختلاف فاحش مربوط به ردیف اول با سال‌های قبل به همین دلیل است.

۴-۱-۸- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

طبق جداول (۴-۲۰) الی (۴-۲۳)، مشاهده می‌شود که مهم‌ترین و بیشترین تعداد واردات در حوزه‌ی الکترونیک قدرت مربوط به دراپور چراغ‌های LED، بالاست و ... است. این جایگاه در طی چهار سال هیچ تغییری نکرده است. با توجه به چنین موضوعی می‌توان دریافت که نیاز کشور در این زمینه بسیار بالا بوده و برای انجام تست‌های کیفی و ... زمینه‌ی مناسبی فراهم می‌باشد. رده‌ی دوم واردات چند سال اخیر نیز، مربوط به منابع تغذیه‌ی سوئیچینگ است. این منابع دارای کاربردهای فراوان در سیستم‌های رایانه‌ای و ... می‌باشند. نکته‌ی حائز اهمیت در این بخش این است که از این مبدل‌ها در جایگاه‌های حساس از نظر امنیتی و سیاسی استفاده می‌گردد که برای اطمینان از صحت عملکرد آن‌ها، بدون انجام آزمایش‌های استاندارد مربوط، راهی وجود ندارد. این نکته در مورد مبدل‌های DC-DC که رده‌ی سوم را در اختیار داشته‌اند نیز صادق است.

نکته‌ای در مورد رده‌های پایین که وجود دارد این است که به عنوان مثال اینورترهای خورشیدی در کشور در حال رشد و توسعه هستند و قیمت بالایی نیز دارند که با توجه به روند رو به رشد استفاده از این تجهیزات، نباید از آنها غافل بود. همچنین بخشی از نیاز تست برخی از تجهیزات مانند UPS ها نیز توسط کارخانه‌های داخلی قابل پیگیری می‌باشد.

۴-۲- اولویت بندی محورهای آزمایشگاهی

۴-۲-۱- مقدمه

در این فصل به اولویت‌بندی محورهای مورد نظر برای راه‌اندازی آزمایشگاه برای تجهیزات الکترونیک قدرت با استفاده از روش آماری فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP^۱ می‌پردازیم. در ابتدا روش AHP به‌عنوان یکی از انواع روش‌های تصمیم‌گیری معرفی می‌گردد.

۴-۲-۲- روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی یا AHP است که اولین بار توسط توماس ال ساعتی در ۱۹۸۰ مطرح شد [۷]. این روش بر اساس مقایسه‌های زوجی بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد.

علت سلسله‌مراتبی خواندن این روش آن است که ابتدا باید از اهداف و استراتژی‌ها در رأس هرم شروع کرد و با گسترش آنها معیارها را شناسایی کرد تا به پایین هرم رسید. فرض کنید N رقیب و M معیار برای ارزیابی آنها داشته باشیم. گام‌های این روش به شرح زیر است:

۱- تعیین معیارها

۲- مقایسه زوجی هر دو رقیب ($(N-1)/2 \times N$ مقایسه) برای هر معیار و تشکیل ماتریس $N \times N$ رقبا که درایه‌های آن اعدادی در فاصله‌ای مشخص هستند و برتری نسبی یکی را بر دیگری بیان می‌کنند. مثلاً: اگر طرح i از طرح j خیلی بهتر باشد به عنصر

$$a_{ij} = 5 \text{ عدد ۵ نسبت می‌دهیم پس: } a_{ij} = \frac{5}{4}$$

۳- به دست آوردن وزن هر رقیب برای این معیار (یعنی یک بردار $1 \times N$) که این کار با انجام یک سری عملیات سطری-ستونی بر روی ماتریس گام قبل و استفاده از روش eigenvector انجام می‌شود و برداری بدست می‌آید که جمع عناصر آن یک و مقدار عنصر i ام آن وزن رقیب i ام را برای این معیار نشان می‌دهد.

۴- گام‌های ۱ تا ۳ برای تمام معیارها انجام می‌شود تا در نهایت M بردار N تایی بدست آید و با در کنار هم گذاردن آنها یک ماتریس $M \times N$ تشکیل شود.

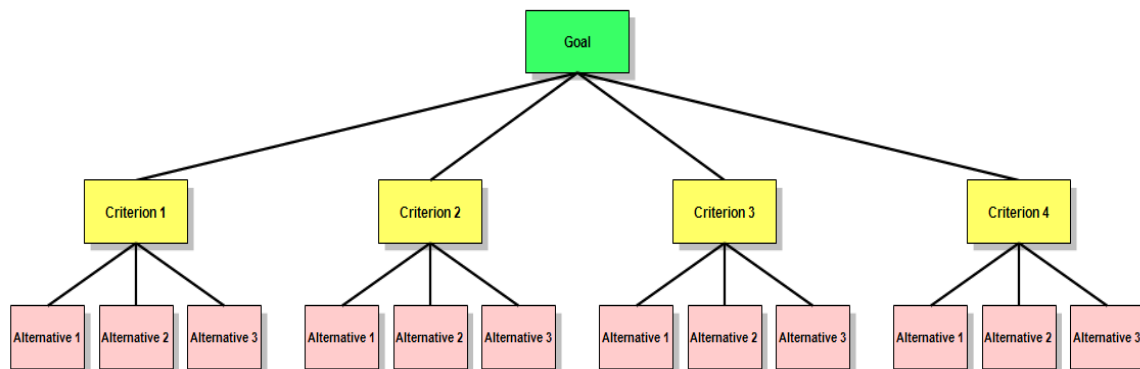
۵- مقایسه زوجی خود معیارها و بدست آوردن وزن هر یک از آنها از روی ماتریس معیارها که برتری معیارها را نسبت به هم نشان می‌دهد (یعنی یک بردار $1 \times M$).

۶- ضرب بردار وزن معیارها در ماتریس $M \times N$ و در نهایت بدست آوردن وزنی نهایی هر رقیب.

۷- تست سازگاری برای نبود تناقض در تخصیص اعداد برتری طرح‌ها در مقایسه با معیارها.

مسئله دیگری که در همین زمینه مطرح می‌شود AHP گروهی است که در آن گروهی از افراد نظرات خود را ارائه می‌کنند و در سیستم‌های خبره نیز کاربرد دارد. در شکل (۴-۲) ترتیب هدف، معیار و گزینه‌ها به صورت یک هرم نشان داده شده است. در شکل ۲-۲، به مثالی در این زمینه پرداخته شده است که در این مثال، هدف انتخاب یک رهبر است. معیارهای سن، سابقه، تحصیلات و شأن در نظر گرفته شده است. همچنین در کف این هرم، سه فرد به عنوان گزینه‌های موجود به اسامی تام، دیک و هری وجود دارد که هر کدام در سطح متفاوتی از معیارهای معرفی شده هستند.

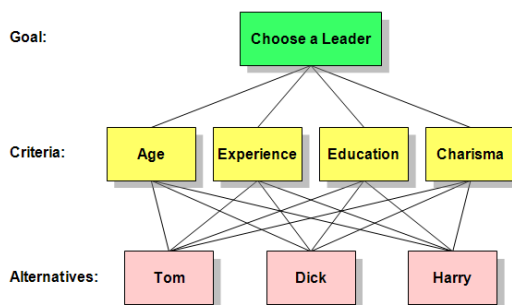
¹ Analytical Hierarchy Process



شکل (۲-۴) یک مدل ساده AHP با ۴ معیار و ۳ گزینه

در دنیای امروز با توجه به محدود بودن منابع و هزینه‌های گزاف آن، تصمیم‌گیری درست در نحوه استفاده از منابع حائز اهمیت است. چه بسا که یک تصمیم‌گیری نادرست ممکن است به نتیجه مورد انتظار منجر نشده و سرمایه و زمان بسیاری تلف شود.

به طور کلی فرایند تصمیم‌گیری از لحاظ فضای تصمیم به دو دسته پیوسته و گسسته تقسیم می‌شود و تصمیم‌گیری در فضای گسسته به دو دسته تک معیاره و چند معیاره تقسیم می‌شود. خود معیارها نیز به سه دسته معیارهای کیفی، کمی و ترکیبی (کیفی و کمی) تقسیم می‌شوند.



شکل (۳-۴) مثال ساده انتخاب رئیس با یک هدف ۳ کاندید و ۴ معیار با روش AHP

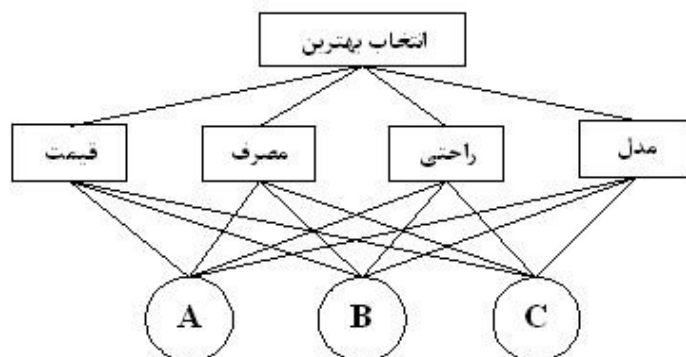
روش AHP است که امکان تصمیم‌گیری صحیح با حضور معیارهای کیفی و کمی و ترکیبی را فراهم می‌کند. پیاده‌سازی AHP در یک تصمیم‌گیری شامل ۳ فاز است:

- ساختن سلسله مراتبی
- محاسبه وزن‌ها
- سازگاری سیستم

۱-۲-۲-۴ فاز ۱: تعیین درخت تصمیم‌گیری

در فاز اول باید عواملی که در تصمیم‌گیری مهم می‌باشند را در قالب یک درخت تصمیم‌گیری به صورت سلسله مراتبی بیان کرد. به طور مثال تصور کنید که از بین سه اتومبیل A، B و C می‌خواهیم یکی را انتخاب کنیم. در انتخاب اتومبیل چهار معیار قیمت، مصرف، سوخت، راحتی و مدل مطرح می‌باشند. درخت سلسله مراتبی برای این مثال به صورت شکل (۴-۴) خواهد بود.

دقت کنید که معیارهای قیمت و مصرف معیارهای کمی بوده و راحتی و مدل معیارهای کیفی می‌باشند.



شکل (۴-۴) درخت سلسله مراتبی انتخاب ماشین

در متدولوژی AHP برای هر کدام از گزینه یک امتیاز به دست می‌آید و گزینه‌ها بر حسب امتیازی که کسب کرده‌اند، رتبه‌بندی می‌شوند. مسلماً گزینه‌ای که بیشترین امتیاز را کسب کرده بهترین گزینه برای انتخاب شدن است. روشی که در AHP برای محاسبه امتیازها بکار می‌رود بر اساس مقایسات زوجی استوار است که در فاز دوم به شرح آن می‌پردازیم.

۴-۲-۲-۲-۴ فاز ۲: وزن دهی

در AHP عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آنها محاسبه می‌گردد. این وزن‌ها را وزن نسبی می‌نامیم سپس با تلفیق این وزن‌ها وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌شود. به طور مثال اگر بخواهیم اتومبیل‌ها را بر اساس معیار راحتی مقایسه کنیم ابتدا اتومبیل A را با B از این نظر مقایسه کرده و سپس A و C و بعد A و C را با هم مقایسه می‌کنیم در این مقایسه‌ها تصمیم‌گیرنده‌ها از قضاوت‌های شفاهی استفاده می‌کنند به گونه‌ای که اگر عنصر i با عنصر j مقایسه شود تصمیم‌گیرنده خواهد گفت که اهمیت i بر j مطابق یکی از حالت‌های مطرح شده در جدول (۴-۲۴) است.

جدول (۴-۲۴) ترجیحات مقدار عددی

ترجیحات (قضاوت شفاهی)	مقدار عددی
-----------------------	------------

۹	Extremely preferred	کاملاً مرجح یا کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر
۷	Very strongly preferred	ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	Strongly preferred	ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	Moderately preferred	کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر
۱	Equally preferred	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۸,۶,۴,۲		ترجیحات بین فواصل قوی

البته از نظرات شفاهی و مقادیر فوق هنگامی استفاده می‌کنیم که شاخص کاملاً کیفی باشد و به هیچ وجه نتوان آن را از طریق شاخص‌های دیگری کمی کرد. به طور مثال شاخص زیبایی برای اتومبیل یک معیار کیفی است و برای محاسبه این شاخص در مورد گزینه‌های مختلف ناگزیر از بارگیری روش فوق هستیم ولی شاخص‌هایی که مقادیر کمی دارند مثل شاخص قیمت و مصرف را می‌توان اندازه گرفت و در مورد این شاخص‌ها از نظرات شفاهی استفاده نمی‌کنیم.

در نظرات شفاهی یک نکته باید در نظر گرفت، اگر اهمیت عنصر i بر j برابر با n باشد، اهمیت j بر i برابر با معکوس آن است و با توجه به این نکته کافی است در ماتریس زیر فقط مقادیر بالای قطر اصلی را پر کنیم. مقادیر زیر قطر اصلی معکوس مقادیر بالای قطر خواهد بود به عبارت دیگر:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$$

در مورد معیارها باید به نوع آنها نیز توجه داشت. مثلاً معیار قیمت معیاری است که کم بودن آن مطلوب بوده و معیار راحتی از نوعی است که زیاد بودن آن مطلوب است. توجه به نوع معیار در روش محاسبه وزن آن اهمیت دارد.

روش استخراج وزن‌ها از ماتریس تصمیم

روش محاسبه وزن‌ها از ماتریس تصمیم به سازگار یا ناسازگار بودن ماتریس تصمیم وابسته است.

اگر شرط

$$a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik}$$

در ماتریس تصمیم برقرار باشد، می‌گوییم که ماتریس تصمیم سازگار است. همواره ماتریس‌های تصمیمی که در مقایسه گزینه‌ها نسبت به یک معیار کمی بدست می‌آیند دارای این خاصیت هستند. اگر این خاصیت برقرار نباشد ماتریس ناسازگار است که معمولاً ماتریس‌هایی که با استفاده از نظرات شفاهی تولید می‌شوند ناسازگارند. برای هر نوع از ماتریس‌های تصمیم روش خاصی در محاسبه وزن‌ها وجود دارد که به تفکیک بیان می‌شود.

جدول (۲۵-۴) ماتریس تصمیم که در آن وزن هر گزینه نسبت به دیگری سنجیده می‌شود

	A_1	A_2	.	.	.	A_n
A_1	1	w_1/w_2	.	.	.	w_1/w_n
A_2	w_2/w_1	1	.	.	.	w_2/w_n
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
A_n	w_n/w_1	.	.	.	.	1

۴-۲-۳- فاز ۳: ماتریس سازگار

در این حالت اگر معیار از نوع Maximize باشد مؤلفه‌های یک ستون دلخواه از آن را نسبت به مجموع آن ستون نرمال می‌کنیم و وزن‌ها بدست می‌آید اگر معیار از نوع Minimize باشد مؤلفه‌های یک سطر دلخواه از آن را نسبت به مجموع آن سطر نرمال می‌کنیم و وزن‌ها محاسبه می‌شود.

ماتریس ناسازگار: در این حالت از روش فوق نمی‌توان برای استخراج وزن‌ها استفاده کرد. سه روش عمده در محاسبه وزن‌ها در حالت ناسازگاری ماتریس تصمیم موجود است که عبارتند از:

۱- روش حداقل مربعات

۲- روش حداقل مربعات لگاریتمی

۳- روش بردار ویژه

روش حداقل مربعات: فرض کنید که ماتریس تصمیم A ناسازگار باشد و می‌خواهیم وزن هر گزینه را با استفاده از ماتریس A محاسبه کنیم فرض کنید A به صورت زیر باشد:

باید w_i ها را به گونه‌ای پیدا کنیم که اختلاف مؤلفه‌های در ماتریس فوق به کمترین مقدار ممکن برسد. برای این کار مدل زیر را باید اجرا کنیم.

$$\min_x \sum_{i=1}^x \sum_{j=1}^x \left(a_{ij} - \frac{w_i}{w_j} \right)^2 \quad \Rightarrow \quad \min_x \sum_{i=1}^x \sum_{j=1}^x (a_{ij} w_j - w_i)^2$$

و بدین ترتیب یک تقریب از وزن‌ها بدست می‌آید.

روش حداقل مربعات لگاریتمی: در این روش هدف، حداقل کردن میانگین هندسی اختلافات می‌باشد.

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \quad \text{اگر ماتریس مقایسه‌ی زوجی A سازگار باشد.}$$

$$a_{ij} \neq \frac{w_i}{w_j} \quad \text{اگر ماتریس مقایسه‌ی زوجی A ناسازگار باشد.}$$

میانگین هندسی این اختلافات برابرست با:

$$\left(\prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^n a_{ij} \frac{w_j}{w_i} \right)^{\frac{1}{n^2}} = Z^{\frac{1}{n^2}}$$

با حل مدل برنامه‌ریزی زیر مقادیر وزن‌ها به دست خواهد آمد:

$$\min(z) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left(\ln a_{ij} - \ln \left(\frac{w_i}{w_j} \right) \right)^2$$

ST :

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

روش بردار ویژه: در این روش بردار ویژه ماتریس تصمیم به ازای مقدار ویژه بیشینه به عنوان بردار وزن گزینه‌ها تعریف می‌شود. محاسبه بردار ویژه یک ماتریس برای مقدار ویژه بیشینه از طریق یک الگوریتم تکراری محاسبه می‌شود که ذکر جزئیات آن خارج از این بحث است. بعد از اینکه وزن هر گزینه را نسبت به هر معیار بدست آوردیم وزن خود معیارها را نیز به طور مشابه نسبت به هدف محاسبه می‌کنیم، سپس وزن نهایی هر گزینه به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$W_i = \sum w_{ij} \times v_j$$

که در آن وزن گزینه i نسبت به معیار j و v_j وزن معیار j است.

از قابلیت‌های مدل AHP این است که معیارها می‌توانند در قالب معیارهای کلی و زیر معیارها در چند لایه قرار بگیرند و لازم نیست عناصر لایه‌های مختلف به هم وصل باشند یا با توجه به ساختار مسئله این ارتباطها می‌توانند تغییر کنند.

با توجه به توضیحات ارائه شده‌ی فوق، قصد بر آن است تا ۱۷ محور آزمایشگاهی که در مراحل قبلی پروژه تعیین شده است، با استفاده از نظر خبرگان و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی از نظر ارزش و اولویت، مورد بررسی قرار گیرند. برای دریافت نظر خبرگان در ابتدا یک پرسشنامه تهیه شده است. پس از درج نظرات خبرگان در آن، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، نتیجه گیری در این مورد ارائه شده است.

۴-۲-۳- بررسی محورهای آزمایشگاه‌های الکترونیک قدرت

با توجه به گستردگی موضوع مورد بحث که در خصوص آزمایشگاه‌های الکترونیک قدرت، انتخاب فاکتورهایی برای بررسی دقیق‌تر مستلزم صرف هزینه و زمان بیشتر، همچنین دانش کافی و تسلط کامل بر موضوع است. در این گزارش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی در دو مرحله صورت پذیرفته است. در ابتدای امر به بررسی ۱۷ محور آزمایشگاهی تعیین شده پرداخته و با استفاده از آمار و اطلاعات فنی و همچنین نظرات خبرگان، فرم نظرسنجی به ۱۱ محور محدود شده است. پس از آن به بررسی ۱۱ محور نهایی پرداخته خواهد شد که شرح این محورها به تفصیل در این فصل آمده است. به طور کلی، پیاده‌سازی و اجرای پروژه‌های بزرگ زیربنایی و توسعه‌ای از جمله مهمترین ابزارهای دولت‌ها برای رسیدن به رشد و توسعه پایدار به حساب می‌آیند [۸]. ویژگی اصلی که این پروژه‌ها را از سایر انواع پروژه‌ها جدا می‌نماید، نیازهای مالی هنگفت، سطح علمی و تکنولوژیکی بالا، نیاز به دانش فنی گسترده، حجم کاری بالا و زمان‌بری آن‌ها است که باعث تأثیرگذاری قابل توجه بر وضعیت اقتصادی، تکنولوژیکی و حتی سیاسی و اجتماعی کشورها می‌گردد. لذا با توجه به این ویژگی‌ها، انتخاب روش مناسب برای فراهم‌سازی و اجرای این دسته از پروژه‌ها بسیار حائز اهمیت بوده و اشتباه در این زمینه گاهی هزینه‌ها و زیان‌های غیرقابل جبرانی به بار خواهد آورد.

از این رو اتخاذ سیاست مناسب در فرآیند تصمیم‌گیری در خصوص روش اجرای چنین طرح‌هایی حیاتی بوده و توسعه سیستم‌ها و ابزارهای پشتیبانی برای تصمیم‌گیری^۱ می‌تواند به مجریان کمک شایانی نماید. در این گزارش، بر اساس شناسایی و مقایسه روش‌های مختلف اجرا، استفاده از نظرات خبرگان صنعتی و دانشگاهی برای تعیین اهمیت عوامل موثر در فرآیند تصمیم‌گیری و نهایتاً استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، مدلی برای تصمیم‌گیری در مورد اولویت بهینه‌ی راه‌اندازی آزمایشگاه‌ها ارائه شده است.

شناسایی متخصصین به منظور استخراج نظرات کارشناسان در مراحل مختلف مدل پیشنهادی صورت می‌پذیرد. مهم‌ترین تعریف نظرسنجی کارشناسی عبارت است از بیان یک نتیجه بر پایه‌ی یک مجموعه شواهد یا انتظارات از آینده که از اطلاعات و منطق افراد آشنا با موضوع مورد نظر حاصل می‌شود. هدف زمینه‌یابی پرسشنامه‌ای، توصیف رفتار، طرز فکر، احساس ویژه یا آزمون رابطه بین دو یا چند متغیر است. جمع‌آوری نظرات کارشناسان را می‌توان با روش‌های زیر انجام داد:

الف) مصاحبه

ب) پرسشنامه

ج) دینامیک گروهی

همچنین برای انتخاب نمونه و تعیین جامعه نیز، بر نکاتی همچون اهمیت موضوع، قابلیت تعمیم‌پذیری، علاقه پژوهشگران و موجود بودن منابع، استدلال شده است. جامعه مورد نظر ممکن است شهرک، شهر، استان، کشور، منطقه آموزشی، واحد نظامی یا زیرگروهی از واحدهای ذکر شده نظیر گروه‌های قومی، مذهبی، سنی و شغلی باشد. همچنین باید به انتخاب نمونه‌ای از جامعه که معرف و نماینده واقعی آن باشد اقدام شود. در واقع بایستی جامعه پژوهش به دقت مشخص شده باشد تا بتوان سوالات متناسب با آن جامعه را طراحی و تدوین کرد. در این پژوهش برای انتخاب جامعه و نمونه از بهترین افراد متخصص در صنعت و دانشگاه در زمینه‌ی الکترونیک قدرت استفاده شده و تحلیل پرسشنامه‌ها نیز با استفاده از روش AHP انجام شده است.

¹ Decision Making

۴-۲-۴- پرسشنامه

متداول‌ترین راه جمع‌آوری اطلاعات، پرسشنامه است [۹]. محقق بر آن است تا به وسیله‌ی پرسش‌هایی اطلاعات مورد نیاز خود را از تعدادی پاسخگو دریافت کند. پرسشنامه شامل مجموعه‌ای از پرسش‌ها است که به صورت باز (بدون مقیاس و انعطاف‌پذیر) یا بسته (دارای مقیاس و غیر انعطاف‌پذیر) طراحی شده‌اند تا وضعیت نگرش افراد نسبت به یک واقعیت از طریق آن ارزیابی شود. در این گزارش از پرسشنامه‌ی مقایسه‌ی زوجی جهت استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردیده است.

۴-۲-۴-۱- طراحی پرسشنامه

برای طراحی پرسشنامه پس از بررسی و مطالعات مباحث اصلی و مورد نیاز در این زمینه و نظرخواهی از افراد متخصص دارای سابقه‌ی فعالیت‌های اجرایی، جدول ۲-۳ طراحی شده است. سطرهای این جدول حاوی معیارهایی است که برای ارزیابی و مقایسه‌ی هر یک از زمینه‌های آزمایشگاهی مورد بررسی، ضروری هستند. شایان ذکر است که دو مدل پرسشنامه برای این گزارش مورد استفاده قرار گرفته است. در واقع دومین پرسشنامه ساده شده‌ی پرسشنامه‌ی اول است که پس از مرحله‌ی اول اولویت‌بندی به دست آمده است. در ادامه در این مورد توضیحات بیشتری ارائه خواهد شد. فهرست معیارهای تعیین شده برای مقایسه محورها در جدول (۴-۲۶) آمده است. برای هر دسته از محصولات و برای مقایسه‌ی دقیق‌تر آن‌ها با یکدیگر به عنوان یک وسیله‌ی سنجش از این جدول استفاده شود. این معیارها از نظر هر فرد دارای اهمیت‌های متفاوتی می‌باشند. به عبارت دیگر این قضیه اهمیت دارد که از دید یک فرد خبره، برای تأسیس یک آزمایشگاه، هر یک از این معیارها تا چه اندازه حائز اهمیت است. معیارهای جذابیت در هر دو پرسشنامه یکسان می‌باشد.

جدول (۴-۲۶) معیارهای مورد نظر برای ارزیابی اولویت محوره‌های آزمایشگاهی

ردیف	معیار	لاتین (خلاصه)
۱	مساحت مورد نیاز آزمایشگاه (از نظر امکان فراهم کردن زمین و هزینه زمین)	Lab. Needed area.
۲	هزینه سرمایه‌گذاری اولیه برای تجهیزات و راه‌اندازی آزمایشگاه (با در نظر گرفتن نوع و دقت تجهیزات آزمون مورد نیاز و هزینه برپایی آزمایشگاه)	Cost of Initial Investment.
۳	وضعیت دسترسی به تجهیزات آزمون (فراهم بودن امکان تهیه تجهیزات آزمون مورد نیاز از داخل یا خارج کشور با در نظر گرفتن شرایط مختلف از جمله تحریم و ...)	Access to Test Equipment.
۴	وجود زیرساخت‌های اولیه مورد نیاز برای آزمایشگاه (بخشی از آزمایشگاه، تجهیزات یا ...)	Availability of Primary Infrastructure.
۵	میزان مراجعات به آزمایشگاه (با در نظر گرفتن حجم واردات/تولیدات محصول مورد نظر در بازار کشور)	Lab. referral Rate.
۶	میزان سوددهی آزمایشگاه (با در نظر گرفتن درآمد و هزینه‌های خدمات و نگهداری)	Profitability of the Lab.
۷	نرخ رشد بازار جهانی محصول مورد نظر	Global Market Growth Rate.
۸	پیش‌بینی نرخ رشد استفاده از محصول در کشور	Iran Market Growth Rate.

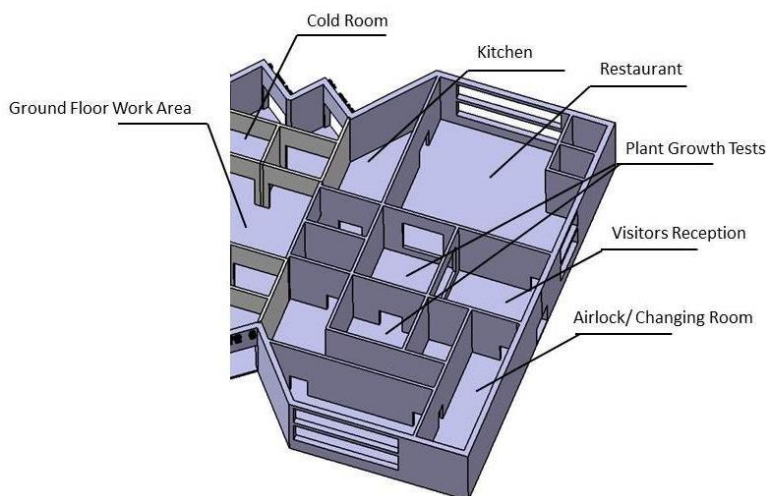
Strategic Degree of Product.	کلیدی بودن، ضرورت و درجه اهمیت آزمایش محصول موردنظر برای صنعت برق کشور (باتوجه به برنامه‌های کلان توسعه کشور)	۹
Availability to Expand the Scope of the Lab.	امکان توسعه محدوده کاری آزمایشگاه جهت سرویس‌دهی به سایر محصولات صنعت برق (موجود در فهرست) و محصولات غیرصنعت برق	۱۰
Availability to Service the Neighbors.	امکان سرویس‌دهی آزمایشگاه به کشورهای همسایه	۱۱
The Impacts of Lab. on Product R&D in Iran.	تاثیر راه‌اندازی آزمایشگاه بر انجام آزمون و صدور تأییدیه برای محصولات جدید ساخت داخل و بومی‌سازی آن‌ها	۱۲

۴-۲-۵- معرفی معیارهای ارزیابی و مقایسه‌ی هر یک از زمینه‌های آزمایشگاهی

در این بخش معیارهای مورد مطالعه برای ارزیابی و مقایسه‌ی هر یک از زمینه‌های آزمایشگاهی که در جدول ۲-۲ لیست شده‌اند، مورد بررسی قرار خواهد گرفت که درک آن برای مطالعه‌ی نتایج و بررسی آن بسیار ضروری است. درک درست این مفاهیم اثر بسیار زیادی در فهم نتایج حاصله در بر خواهد داشت. محورهای آزمایشگاهی مورد نظر توسط افراد خبره در صنعت، دانشگاه، شرکت‌های دانش بنیان و بخش تحقیق و توسعه‌ی شرکت‌ها توسط آن‌ها صورت خواهد گرفت.

۴-۲-۵-۱- مساحت مورد نیاز آزمایشگاه (از نظر امکان فراهم کردن زمین و هزینه‌ی زمین)

یکی از مهم‌ترین مراحل اجرایی در احداث یک آزمایشگاه در نظر گرفتن مکان مناسب برای نصب تجهیزات و موقعیت آن است. در مورد احداث آزمایشگاه لازم است تا محل مناسبی برای آن در نظر گرفته شود به طوری‌که فاصله‌ی آن از شهر، میزان بهایی که برای خرید آن باید پرداخته شود و ... همگی در مقدار مطلوبی باشند، همچنین به عنوان مثال احداث آزمایشگاه در فضای مسکونی صورت نپذیرد. آزمایشگاهی که فاصله‌ی بسیار زیادی از شهر داشته باشد یا اینکه در نقاطی از شهر باشد که امکان انتقال تجهیزات به دلایل مختلف به آن وجود نداشته باشد مورد اقبال واقع نخواهد شد. همچنین اگر در منطقه‌ای از شهر واقع شده باشد که بهای زمین در آن بسیار بالا باشد، هزینه‌های زیادی بر احداث کنندگان تحمیل خواهد کرد.



شکل (۴-۵) مساحت مورد نیاز آزمایشگاه

۴-۲-۵- هزینه‌ی سرمایه‌گذاری اولیه برای تجهیزات و راه‌اندازی آزمایشگاه (با در نظر گرفتن نوع و دقت تجهیزات آزمون مورد نیاز و هزینه‌ی برپایی آزمایشگاه)

تجهیزات آزمایشگاهی بسته به نوع آزمایشگاه انتخاب می‌شوند. بسته به اینکه چه تجهیزاتی برای آزمایشگاه انتخاب شوند هزینه‌ی متفاوتی برای سرمایه‌گذاری باید انجام شود. تجهیزات با دقت بالاتر نیز قیمت بالاتری دارند اما بسته به نیاز حال حاضر کشور، سطح دقت مورد نیاز با توجه به استانداردهای موجود متفاوت است. این عامل می‌تواند به عنوان یکی از شاخص‌های بسیار مهم در نظر گرفته شود.

۴-۲-۵-۳- وضعیت دسترسی به تجهیزات آزمون (فراهم بودن امکان تهیه تجهیزات آزمون مورد نیاز از داخل یا خارج کشور با در نظر گرفتن شرایط مختلف از جمله تحریم و ...)

پس از تعیین یک محل مناسب برای آزمایشگاه، آنچه که اهمیت دارد تهیه و تامین تجهیزات آزمون است. هدف از انتخاب چنین شاخصی در این ارزیابی این است که بررسی امکان فراهم آوردن این تجهیزات با توجه به شرایط خاص کشور و سایر مسائلی که از دید یک خبره در راستای تهیه‌ی این تجهیزات اهمیت دارد، مورد بررسی قرار گیرد. ممکن است به دلیل شرایط تحریم امکان واردات برخی تجهیزات به کشور وجود نداشته باشد.



شکل (۴-۶) دسترسی به تجهیزات آزمون، یکی از محورهای مورد بررسی

۴-۲-۵-۴- وجود زیرساخت‌های اولیه مورد نیاز برای آزمایشگاه (بخشی از تجهیزات، آزمایشگاه و ...)

از عوامل دیگری که برای احداث یک آزمایشگاه اهمیت بسیار دارد، وجود زیرساخت‌های اولیه‌ی مورد نیاز برای احداث آن است. پس از احساس نیاز به یک آزمایشگاه جامع آزمون باید از تجهیزات پیشرفته و پرسنل مجرب در آن استفاده کرد. برای استفاده‌ی بهینه از امکانات و با توجه به استراتژی موجود به طور قطع نمی‌توان تمام تجهیزات را خریداری نمود زیرا از لحاظ اقتصادی به صرفه نیست. ممکن است هزینه‌ی خرید یک تجهیز بسیار بالا باشد و برای استفاده از آن به افراد با تخصص بسیار بالا نیاز باشد، همچنین کاربرد زیادی در کشور نیز نداشته باشد. بدیهی است که خرید چنین تجهیزاتی و استفاده از نیروی مجرب برای آن امری غیر منطقی است. عکس این موضوع نیز صادق است. وجود برخی تجهیزات در یک آزمایشگاه با چنین مشخصاتی ممکن است بسیار ضروری باشد تا جایی که جزء زیرساخت مورد نیاز آزمایشگاه محسوب می‌شود. میزان اهمیت چنین مواردی در این بخش توسط فرد خبره مورد بررسی قرار خواهد گرفت. همچنین راه‌ها و

زیرساخت‌های دسترسی به محل آزمایشگاه به ویژه در صورتیکه تجهیزات مورد نظر، دارای ابعاد بزرگ و غیرمتعارف باشند باید مدنظر قرار گیرند.

۴-۲-۵- میزان مراجعات به آزمایشگاه (با در نظر گرفتن حجم واردات/تولیدات محصول مورد نظر در بازار کشور)

خرید هرگونه تجهیز آزمایشگاهی هنگامی با ارزش است که مورد اقبال قرار گیرد. هر شرکت تولیدی یا وارد کننده برای فروش محصولات خود نیاز به تست تجهیزات، پیش از فروش آن‌ها دارد. آزمون‌ها یا به صورت اجباری توسط سازمان ملی استاندارد به تولید/وارد کنندگان تحمیل می‌شود یا اینکه به صورت یک استاندارد داخلی توسط اینگونه شرکت‌ها انجام می‌شود. قبل از ساخت یک آزمایشگاه توجه به نیاز تست تجهیزات الزامی است. در مطالعات امکان‌سنجی برای ساخت آزمایشگاه باید به نوع محصول و حجم تولید آن توجه ویژه داشت. برای افزایش مراجعات به آزمایشگاه نیز باید تجهیزاتی خریداری شوند که در این راستا باشند و سعی شود تا با خرید تجهیزاتی که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند، کارایی آزمایشگاه را افزایش داد. با توجه به محدودیت‌های اقتصادی لازم است تا ابتدا تجهیزات اولویت‌بندی گردند و تجهیزاتی که برای آزمایش‌های محدودی مورد استفاده قرار می‌گیرند در اولیت‌های انتهایی قرار گیرند.

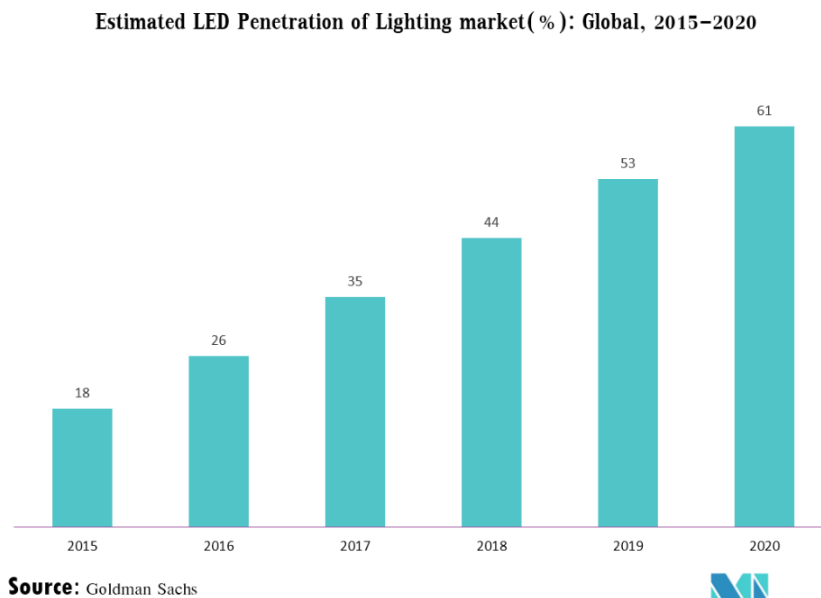
۴-۲-۶- میزان سوددهی آزمایشگاه (با در نظر گرفتن درآمد و هزینه‌های خدمات و نگهداری)

میزان سوددهی آزمایشگاهی یکی از مهمترین پارامترها برای احداث آن است. هر واحد صنفی برای دوام بیشتر و توانایی ادامه‌ی فعالیت‌های خود باید از نظر اقتصادی متناسب با نوع فعالیت خود به سوددهی برسد. در بخش خدمات هر قدر بنگاه‌های اقتصادی توانا تر باشند قادرند تا خدمات بهتر و با کیفیت‌تری را ارائه دهند. پس کسب درآمد نه تنها مذموم نیست بلکه در صورتیکه این امر با هدف تعالی سازمانی باشد می‌تواند باعث خدمت رسانی بهتر به مراجعین شود. میزان سوددهی احداث آزمایشگاه، فاکتوری است که باید در کنار نیاز مبرم کشور به چنین آزمایشگاهی توسط فرد خبره انجام پذیرد. ارائه خدمات آزمایشگاهی یکی از پرهزینه‌ترین فعالیت‌های موجود است. هزینه تهیه مواد اولیه و تعمیر، سرویس و به روز رسانی تجهیزات و دستمزد نیروی متخصص به صورت سرسام آوری بالا است. هدف از پرداختن به این موضوع، توضیح پیرامون این مسئله است که یک مرکز آزمایشگاهی ناگزیر است تا همانند یک بنگاه اقتصادی برای رشد اقتصادی خود برنامه داشته باشد، که صد البته افزودن بر کیفیت کار یکی از راه‌های سودآوری بیشتر است و درآمد زایی هم اگر با بالا بردن کیفیت همگام نباشد مصداق توسعه پایدار نخواهد بود.

در صورتیکه طرح و برنامه ای مدون و اصولی در بنگاه‌های اقتصادی پیاده شود بسیار بعید است که آن مرکز در دراز مدت سوددهی نداشته باشد و یا از رقبا عقب بیفتد.

۴-۲-۷- نرخ رشد بازار جهانی محصول مورد نظر

میزان تولید و استفاده از محصول در بازارهای جهانی می‌تواند الگو و معیاری نسبی برای سنجش میزان کاربرد آن در کشور باشد. تجهیزات و پرسنل آزمایشگاه باید به گونه‌ای انتخاب شوند که توانایی همگام سازی خود با رشد سریع تکنولوژی را داشته باشند، همچنین در صورتیکه یک محصول در بازار جهانی رشد سریعی داشته باشد باید از قبل اقداماتی در راستای تولید بیشتر و افزایش ظرفیت برای تولید آن در آینده را در نظر گرفت تا اگر قرار بر این است که تولید آن افزایش یابد، توان آزمایشگاه نیز در همین حد وجود داشته باشد. وضعیت بازار محصولات در زمینه‌ی الکترونیک قدرت، حاکی از آن است که در حال حاضر تنها تعداد معدودی تولیدکننده، محصولات خود را در آزمایشگاه مورد آزمون قرار می‌دهند. این حجم کم نیز پاسخگوی نیاز بازار نیست! از این رو می‌توان فرصت مناسبی را برای فعالیت در این حوزه جهت سرمایه‌گذاری‌های جدید متصور بود، لذا پیش‌بینی سوددهی بالا برای سرمایه‌گذاران در این زمینه دور از ذهن نیست. در شکل (۴-۷) [۱۰]، که به منظور ارائه‌ی یک مثال آورده شده است، نرخ رشد استفاده از لامپ‌های LED در مقیاس جهانی بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸ آورده شده است. همچنین در این شکل برای سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ به طور تخمینی، این نرخ رشد محاسبه شده است. همانطور که در این شکل دیده می‌شود، این نمودار همواره شیب صعودی دارد که یادآور آن است که استفاده از این لامپ‌ها در حال رشد است [۱۱].



شکل (۴-۷) نرخ رشد لامپ‌های LED در بازارهای جهانی در خلال سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸ و پیش‌بینی برای سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ [۲]

۸-۵-۲-۴ پیش‌بینی نرخ رشد استفاده از محصول در کشور

نرخ تولید و استفاده از یک محصول در کشور یکی از معیارهای مهم جهت راه‌اندازی آزمایشگاه برای آن تجهیز می‌باشد. وسائلی مانند یخچال نفتی شاید در گذشته وسیله‌ای پر کاربرد محسوب می‌شدند اما به تدریج با گذشت زمان و پیشرفت تکنولوژی به خاطرات سپرده شدند. در مورد تعدادی از وسایل دیگر که در حال حاضر تولید می‌شوند نیز وضع مشابهی وجود دارد. برای یک سرمایه‌گذار بسیار مهم است که سرمایه‌اش تا مدت‌ها سودآور باشد. انتخاب تجهیزات آزمایشگاهی باید به گونه‌ای باشد که پس از مدت کوتاهی ناکارآمدی آن تجهیز را به دنبال نداشته باشد. اگر چنین اتفاقی بیفتد، باعث هدر رفت سرمایه، نیاز به مساحت بیشتر برای فضای اشغال شده توسط آن تجهیز و ... خواهد شد. بنابراین یک نکته بسیار مهم در انتخاب تجهیزات آزمایشگاه این است که تجهیزاتی انتخاب شوند که برای آزمایش محصولات برای یک حداقل زمان قابل قبول به کار گرفته شوند. لذا منطقی است که حتی المقدور تجهیزات جدید که جای رشد در آینده داشته باشند در اولویت قرار گیرند.

۹-۵-۲-۴ کلیدی بودن، ضرورت و درجه‌ی اهمیت تست محصول مورد نظر برای صنعت برق کشور (باتوجه به برنامه‌های کلان توسعه کشور)

اهمیت یک محصول از لحاظ استراتژیک و کلیدی بودن می‌تواند به واسطه‌ی تحریم یا سایر شرایط خاص کشور به وجود آمده باشد، یا اینکه در مدتی خاص، تولید محصولی برای کاربرد خاص برای کشور اهمیت بیشتری پیدا کند. برای مثال در یک دوره‌ی زمانی بانک‌ها، شهرداری‌ها، مراکز نظامی و ... برای روشن ماندن سرورهای خود و جلوگیری از ضررهای جبران ناپذیر، مجبور به استفاده از منابع تغذیه‌ی بدون وقفه بودند. اینکه در آن شرایط به دلیل افزایش تولید، باید شرایط تست به همان میزان ارتقا می‌یافت یک مسئله‌ی مهم بود اما اینکه پس از آن حجم تقاضا، در آینده چه اتفاقی برای آن محصول می‌افتد نیز اهمیت بسیار دارد. یک فرد خبره باید با در نظر گرفتن تمام شرایط تصمیم بگیرد که کدام محصول در حال حاضر از نظر ضرورت برای انجام آزمایش‌های استاندارد، کنترل کیفی و ... برای کشور اهمیت بیشتری دارد و در درجه‌ی بعدی، گسترش و سرمایه‌گذاری چه افقی در آینده می‌تواند داشته باشد. از منظری دیگر، فرد خبره باید توجه داشته باشد که استراتژیک بودن یک تجهیز صرفاً به حجم تولید آن وابسته نیست، بلکه درجه‌ی اهمیت آن برای کشور باید در اولویت قرار گیرد. برای مثال

یک تجهیز ممکن است در حجم کم برای یک صنعت خاص تولید شود، اما آن صنعت برای کشور اهمیت بسیار داشته باشد. در کنار این مسائل، قضیه‌ای که انکار آن یک اشتباه استراتژیک محسوب می‌شود، نادیده گرفتن سیاست‌های کلان کشور است. اینکه سیاست‌گذاری‌ها چه سمت و سویی برای ادامه‌ی راه در نظر گرفته‌اند و خط مشی آن‌ها چیست، تعیین می‌کند که در آینده چه تجهیزاتی مورد نیاز است. برای مثال در ایران مورد نیز می‌توان به پیدایش لامپ‌های CFL اشاره کرد. در زمانی که بازار به صورت کامل در کنترل لامپ‌های رشته‌ای بود و هیچ خبری از لامپ کم مصرف نبود، سیاست کلی دولت بر استفاده از لامپ CFL تغییر کرد و خرید آن حتی مشمول یارانه نیز قرار گرفت. در چنین شرایطی حتی تولیدکنندگان لامپ‌های رشته‌ای نیز به تولید لامپ‌های کم مصرف روی آوردند که دلیل آن، به سیاست‌های کلی مصوب باز می‌گردد [۱۲].

۴-۲-۱۰- امکان توسعه‌ی محدوده‌ی کاری آزمایشگاه جهت سرویس دهی به سایر محصولات صنعت برق (موجود در فهرست) و محصولات غیر صنعت برق

در یک آزمایشگاه به علت خرید یک سری از تجهیزات برای انجام آزمون‌های استاندارد یک محصول خاص، امکان ایجاد اشتراک بین آزمون تجهیزات مختلف ممکن است به وجود آید. این تجهیزات می‌توانند در فهرست صنایع برقی یا غیر برقی قرار گیرند. پس به طور کلی هدف این محور این است که تعیین کند که آزمایشگاهی که برای آزمون یک سری تجهیزات احداث شده است، تا چه میزان می‌تواند به سایر تجهیزات چه الکترونیک قدرت و چه غیر آن سرویس دهد و اینکه چند درصد از آزمون‌های مربوط به آن‌ها را تحت پوشش خود قرار می‌دهد.

۴-۲-۱۱- امکان سرویس دهی آزمایشگاه به کشورهای همسایه

امکان انجام آزمون برای محصولات کشورهای همسایه و سرویس‌دهی به خراج از کشور در این محور مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. اینکه آزمایشگاه جامع آزمون بتواند این تست‌ها را انجام دهد نیز موردی است که می‌تواند توسط خبره بررسی گردد. همچنین ذکر این نکته الزامی است که هم‌اکنون تعدادی از کشورهای همسایه در حال آغاز فعالیت خود در زمینه‌ی برخی تجهیزات مانند تاسیسات نیروگاه‌های خورشیدی و ... هستند که این مهم امکان بهره‌وری کشور ایران به عنوان آزمایشگاهی جهت آزمون این نوع محصولات را فراهم می‌کند.

۴-۲-۱۲- تاثیر راه‌اندازی آزمایشگاه بر انجام آزمون و صدور تأییدیه برای محصولات جدید ساخت داخل و بومی سازی آن‌ها

در حال حاضر تعدادی از تجهیزات در داخل کشور حال ساخت است اما متأسفانه به دلیل نبود محلی برای آزمون محصولات نوآورانه‌ی شرکت‌ها، این محصولات به بهره‌برداری نمی‌رسند و در حد نمونه باقی می‌مانند. یکی از وظایف چنین آزمایشگاهی پوشش نیازهایی از این دست، است. این بحث در مورد بخش تحقیق و توسعه‌ی^۱ شرکت‌ها نیز صادق است. برخی از شرکت‌ها محصولات خود را در این بخش‌ها توسعه می‌دهند یا آن‌ها را بهینه می‌کنند اما هیچ امکانی برای آزمون این تجهیزات ندارند یا اینکه به صورت کامل از انجام آن بر نمی‌آیند. دو نکته‌ی بسیار مهم برای خروجی بخش تحقیق و توسعه تست محصول و ارتقای کیفیت آن است. اینکه این دو نکته از منظر خبرگان به چه میزان اهمیت دارند، در این قسمت مورد بحث قرار می‌گیرد.

۴-۲-۶- مرحله‌ی اول تکمیل پرسشنامه توسط خبرگان

پس از توضیح موارد بالا به فرد خبره و اطمینان از انتقال کامل مفاهیم، پرسشنامه‌ای شامل دو جدول در اختیار فرد خبره قرار می‌گیرد تا آن را تکمیل کند. در جدول (۴-۲۷)، هریک از معیارهای جذابیت توسط فرد خبره از ۱ تا ۱۰ وزن‌دهی می‌شود. در جدول دوم، مقایسه‌ی محورهای آزمایشگاهی صورت خواهد گرفت. این پرسشنامه یک جدول شامل سطر و ستون است که سطرهای آن را تجهیزات مورد بررسی الکترونیک قدرت تشکیل داده‌اند و ستون‌های آن طبق توضیحات ارائه شده است. نحوه تکمیل این پرسشنامه به این طریق است که در

¹ R&D

جدول (۴-۲۸) فرد خبره باید طبق نظر خود، به هر کدام از معیارها از ۱ تا ۱۰ نمره دهد. نمره‌ی ۱ به معنی اهمیت پایین‌تر است و نمره ۱۰ نیز به معنی این است که معیار مورد نظر اهمیت بسیار بالایی دارد.

در این جدول، ۱۷ محور مهم و پرکاربرد استخراج شده از لحاظ جذابیت هر یک از این محورهای آزمایشگاهی مورد بررسی قرار می‌گیرد. جدول (۴-۲۸) به منظور بررسی وضعیت هر یک از محورها در معیارهای مورد بررسی تهیه شده است. بر اساس آن‌ها میزان جذابیت هر یک از محورها (سطرهای جدول) برای هدف "تأسیس آزمایشگاه مرجع آزمون" در آن زمینه، سنجیده می‌شود. به طور مثال برای تأسیس "آزمایشگاه تست منابع تغذیه سوئیچینگ" از دید فرد خبره هر یک از پارامترهای "مساحت مورد نیاز"، "هزینه سرمایه‌گذاری" و ...، تا چه حد دارای شرایط مطلوب‌تری می‌باشد؟ در این جدول نیز برای هر معیار، به محورها نمراتی بین ۱ تا ۱۰ داده می‌شود که نمره بالاتر به معنی مطلوبیت بالاتر در آن معیار می‌باشد. این جدول همانطور که گفته شد، دومین جدول موجود در پرسشنامه است. برای انتخاب محورهای مورد نظر علاوه بر مطالعات و تحقیقات، از افراد صاحب نظر نیز استفاده شده است. تمام فعالیت‌هایی که برای انتخاب محورهای این جدول انجام شده است، به این دلیل می‌باشد که این جدول، باید جدولی کامل باشد تا سعی داشته باشد تا تمام تجهیزات الکترونیک قدرت را در خود جای دهد. البته ذکر این نکته نیز الزامی است که گسترده کردن این جدول و افزایش بیش از حد حجم آن، باعث می‌شد تا فردی که قرار است آن را تکمیل کند، دچار سردرگمی گردد و نیاز به صرف زمان بسیار زیادی برای تکمیل آن باشد، لذا انتخاب حالت بهینه بهترین گزینه بود که در این مرحله تمام سعی مجموعه بر آن بود تا به چنین هدفی دست یابند.

جدول (۲۷-۴) وزن‌دهی و ارزیابی زمینه‌های آزمایشگاهی

در این جدول وزن معیارهای مربوط به ارزیابی و مقایسه هریک از زمینه‌های آزمایشگاهی مورد بررسی، تعیین می‌شود.	
معیار	میزان اهمیت (ضریب وزنی) معیار
مساحت موردنیاز آزمایشگاه (از نظر امکان فراهم کردن زمین و هزینه زمین)	
هزینه سرمایه‌گذاری اولیه برای تجهیزات و راه‌اندازی آزمایشگاه (بازرنگ گرفتن نوع و دقت تجهیزات آزمون موردنیاز و هزینه برپایی آزمایشگاه)	
وضعیت دسترسی به تجهیزات آزمون (فراهم بودن امکان تهیه تجهیزات آزمون موردنیاز از داخل یا خارج کشور با در نظر گرفتن شرایط مختلف از جمله تحریم و ...)	
وجود زیرساخت‌های اولیه موردنیاز برای آزمایشگاه (بخشی از آزمایشگاه، تجهیزات یا ...)	
میزان مراجعات به آزمایشگاه (با در نظر گرفتن حجم واردات/تولیدات محصول موردنظر در بازار کشور)	
میزان سوددهی آزمایشگاه (بازرنگ گرفتن درآمد و هزینه‌های خدمات و نگهداری)	
نرخ رشد بازار جهانی محصول موردنظر	
پیش‌بینی نرخ رشد استفاده از محصول در کشور	
کلیدی بودن، ضرورت و درجه اهمیت آزمایش محصول موردنظر برای صنعت برق کشور (باتوجه به برنامه‌های کلان توسعه کشور)	
امکان توسعه محدوده کاری آزمایشگاه جهت سرویس‌دهی به سایر محصولات صنعت برق (موجود در فهرست) و محصولات غیرصنعت برق	
امکان سرویس‌دهی آزمایشگاه به کشورهای همسایه	
تأثیر راه‌اندازی آزمایشگاه بر انجام آزمون و صدور تأییدیه برای محصولات جدید ساخت داخل و بومی‌سازی آنها	

جدول (۴-۲۸) جدول شماره ۲ پرسشنامه (ارزیابی جذابیت هر یک از محورهای آزمایشگاهی)

معیارهای ارزیابی محورهای آزمایشگاهی												
به هریک از محورهای آزمایشگاهی بیان شده، براساس معیارهای مشخص شده از ۱ تا ۱۰ امتیاز دهید. (امتیاز بالاتر، مطلوبیت بالاتر را نشان می دهد. درمورد پارامترهای مساحت و هزینه سرمایه گذاری، کمترین بودن این دو معیار، به معنای شرایط مطلوب تر می باشد.)												
تأثیر راه اندازی آزمایشگاه بر انجام آزمون و صدور تأییدیه برای محصولات جدید ساخت داخل و بومی سازی آن ها	امکان سرویس دهی آزمایشگاه به کشورهای همسایه	امکان توسعه محدوده کاری آزمایشگاه جهت سرویس دهی به سایر محصولات صنعت برق (محمود د. لست) و محصولات غیر صنعت برق	کلیدی بودن، ضرورت و درجه اهمیت تست محصول مورد نظر برای صنعت برق کشور (باتوجه به برنامه ها، کلاس، توسعه کشور)	پیش بینی نرخ رشد استفاده از محصول در کشور	نرخ رشد بازار جهانی محصول مورد نظر	میزان سوددهی آزمایشگاه (بازر نظر گرفتن درآمد و هزینه های خدمات و نگهداری)	میزان مراجعات به آزمایشگاه (با در نظر گرفتن حجم واردات/تولیدات محصول مورد نظر در بازار کشور)	وجود زیرساخت های اولیه مورد نیاز برای آزمایشگاه (بخشی از آزمایشگاه، تجهیزات یا ...)	وضعیت دسترسی به تجهیزات آزمون (فراهم بودن امکان تهیه تجهیزات آزمون مورد نیاز از داخل یا خارج کشور با در نظر گرفتن شرایط مختلف از جمله تحریم و ...)	هزینه سرمایه گذاری اولیه برای تجهیزات و راه اندازی آزمایشگاه (بازر نظر گرفتن نوع و دقت تجهیزات آزمون مورد نیاز و هزینه برپایی آزمایشگاه)	مساحت مورد نیاز آزمایشگاه (از نظر امکان فراهم کردن زمین و هزینه زمین)	عناوین محورهای آزمایشگاهی
												تجهیزات روشنایی (درایور LED، بالاست و ...)
												منابع تغذیه سوئیچینگ
												محركه های الکتریکی ولتاژ پائین
												محركه های الکتریکی صنعتی ولتاژ متوسط
												راه اندازهای نرم
												منابع تغذیه بدون وقفه (UPS)

										یکسوسازها و شارژرهای صنعتی
										مبدل‌های جوشکاری
										مبدل‌های به کاررفته در سیستم‌های فتوولتائیک
										مبدل‌های به کار رفته در توربین‌های بادی
										مبدل به کار رفته در میکروتوربین‌ها
										مبدل‌های به کار رفته در پیل سوختی
										مبدل‌های به کار رفته در ذخیره‌سازها
										مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های نیروگاهی (سیستم تحریک استاتیک و راه‌انداز SFC)
										تجهیزات بهبود کیفیت توان در شبکه توزیع (PFC، فیلتر فعال، UPQC، STS، DStatCom)
										مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های حمل و نقل جاده‌ای (شامل ایستگاههای شارژ خودرو برقی، محرکه الکتریکی موتور در خودرو هیبریدی، مبدل به کار رفته در دوچرخه و موتورسیکلت برقی و ...)
										مبدلهای به کار رفته در سیستم‌های حمل و نقل ریلی

انتخاب افراد خبره به منظور تکمیل جدول از بین افرادی صورت گرفت که در این زمینه صاحب نظر و دارای سابقه باشند بنابراین افراد صاحب نظر در دانشگاه، صنعت (و واحد تحقیق و توسعه) و شرکت‌های دانش بنیان مد نظر قرار گرفتند. خبرگانی که اسامی آن‌ها طبق جدول (۴-۲۹) است، قبول زحمت فرمودند و در این امر به این مجموعه یاری رساندند. البته تعداد افراد انتخاب شده بیشتر از تعداد افراد مذکور در این جدول بود اما به علت مشغله‌ی کاری و ... امکان استفاده از نظرات ایشان میسر نشد. لازم به ذکر است که پس از ساده سازی پرسشنامه و یک مرحله حذف محورهای بدون اولویت، پرسشنامه در مرحله‌ی دوم برای افراد بیشتری ارسال گردید.

جدول (۴-۲۹) فهرست خبرگان تکمیل‌کننده پرسشنامه در مرحله‌ی اول

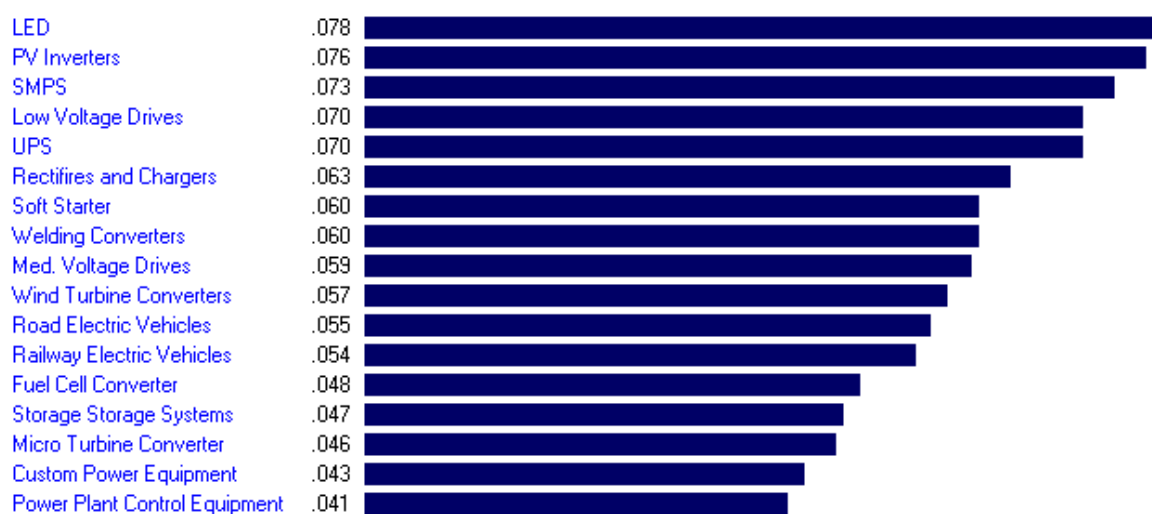
نام	ارگان
دکتر شاهرخ فرهنگی	عضو هیئت علمی دانشگاه تهران
دکتر سید ادیب ابریشمی فر	عضو هیئت علمی جهاد دانشگاهی علم و صنعت
دکتر محمدرضا ذوالقدری	عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف
دکتر فرزاد تهامی	عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف
دکتر حسین ایمان عینی	عضو هیئت علمی دانشگاه تهران
دکتر سیدحمید فتحی	عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر
مهندس بنفشه همدانی	پژوهشگاه نیرو
مهندس سعید حاتمی	پژوهشگاه نیرو
مهندس محمد مرامی ساران	پژوهشگاه نیرو

پس از تکمیل پرسشنامه و جمع‌آوری نظرات، به مرحله‌ی تحلیل می‌رسیم. تحلیل نتایج این پرسشنامه‌ها توسط نرم‌افزار Expert Choice انجام خواهد شد. این نرم‌افزار مخصوص فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی است. نتایج تحلیل برای اطلاعات به دست آمده از هر دو جدول به دست آمده است که به شرح زیر است. در جدول (۴-۳۰)، همانطور که ملاحظه می‌شود، وزن مربوط به هر معیار نسبت به معیارهای دیگر مورد سنجش قرار گرفته است.

جدول (۴-۳۰) نتایج وزن‌دهی معیارها توسط خبرگان در مرحله‌ی اول

معیار	میزان اهمیت (ضریب وزنی)
مساحت موردنیاز آزمایشگاه (از نظر امکان فراهم کردن زمین و هزینه زمین)	۰.۰۶۲

۰.۱۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری اولیه برای تجهیزات و راه‌اندازی آزمایشگاه (بدرنظر گرفتن نوع و دقت تجهیزات آزمون موردنیاز و هزینه برپایی آزمایشگاه)
۰.۰۹۲	وضعیت دسترسی به تجهیزات آزمون (فراهم بودن امکان تهیه تجهیزات آزمون موردنیاز از داخل یا خارج کشور با درنظر گرفتن شرایط مختلف از جمله تحریم و ...)
۰.۰۷۳	وجود زیرساختهای اولیه موردنیاز برای آزمایشگاه (بخشی از آزمایشگاه، تجهیزات یا ...)
۰.۱۰۷	میزان مراجعات به آزمایشگاه (با درنظر گرفتن حجم واردات/تولیدات محصول موردنظر در بازار کشور)
۰.۰۹۰	میزان سوددهی آزمایشگاه (بدرنظر گرفتن درآمد و هزینه‌های خدمات و نگهداری)
۰.۰۷۹	نرخ رشد بازار جهانی محصول موردنظر
۰.۰۹۲	پیش‌بینی نرخ رشد استفاده از محصول در کشور
۰.۱۰۵	کلیدی بودن، ضرورت و درجه اهمیت آزمایش محصول موردنظر برای صنعت برق کشور (باتوجه به برنامه‌های کلان توسعه کشور)
۰.۰۵۹	امکان توسعه محدوده کاری آزمایشگاه جهت سرویس‌دهی به سایر محصولات صنعت برق (موجود در فهرست) و محصولات غیرصنعت برق
۰.۰۵۱	امکان سرویس‌دهی آزمایشگاه به کشورهای همسایه
۰.۰۸۹	تأثیر راه‌اندازی آزمایشگاه بر انجام آزمون و صدور تأییدیه برای محصولات جدید ساخت داخل و بومی‌سازی آنها



شکل (۸-۴) نتایج نهایی اولویت‌بندی محورهای آزمایشگاهی در مرحله اول

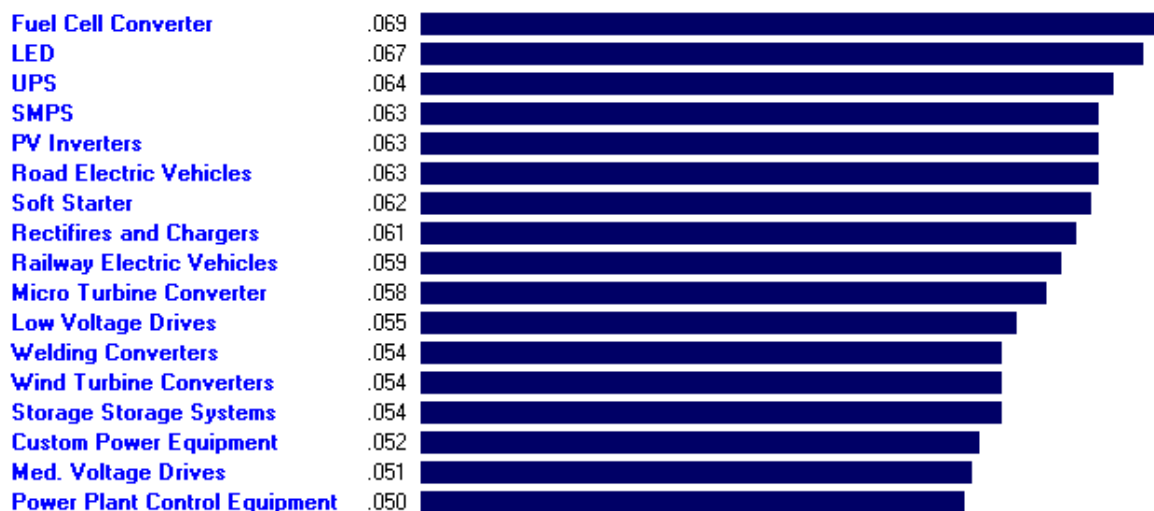
طبق شکل (۴-۸) که نتایج در آن نمایش داده شده است، از نظر همه‌ی خبرگان و باتوجه به تمامی جوانب و معیارهای در نظر گرفته شده، به ترتیب تجهیزات روشنایی (دراپور LED، بالاست و ...)، اینورترهای فتوولتائیک، منابع تغذیه‌ی سوئیچینگ و محرکه‌های الکتریکی ولتاژ پائین نسبت به سایر محورها از اهمیت بیشتری برخوردارند.

در ادامه به بررسی نظر خبرگان در خصوص پارامترهای مهم می‌پردازیم. یکی از قابلیت‌های نرم افزار مورد استفاده این است که می‌تواند اهمیت هر یک از محورها را در مورد یک معیار خاص نشان دهد. به عنوان مثال می‌خواهیم بدانیم که معیار مساحت مورد نیاز برای آزمایشگاه برای کدام محور دارای اهمیت بیشتری است.

برای محورهای هزینه‌ی سرمایه‌گذاری، میزان مراجعات به آزمایشگاه، میزان سوددهی آزمایشگاه، نرخ رشد بازار جهانی محصول مورد نظر، پیش بینی نرخ رشد استفاده از محصول در کشور و تاثیر راه‌اندازی آزمایشگاه بر انجام آزمون و صدور تأییدیه برای محصولات جدید ساخت داخل و بومی‌سازی آن‌ها نتایج تحلیل‌ها به ترتیب زیر می‌باشد.

۴-۲-۶-۱- نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار هزینه‌ی سرمایه‌گذاری اولیه برای تجهیزات و راه‌اندازی آزمایشگاه

طبق شکل (۴-۹) نتایج به دست آمده برای معیار هزینه‌ی سرمایه‌گذاری اولیه برای تجهیزات و راه‌اندازی آزمایشگاه نمایش داده شده است. در این نتیجه‌گیری بیشترین میزان سرمایه‌گذاری برای مبدل‌های پیل سوختی و تجهیزات روشنایی و کمترین آن برای مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های نیروگاهی (سیستم تحریک استاتیک و راه‌انداز SFC) می‌باشد و پس از آن محرکه‌های الکتریکی ولتاژ پایین در رده‌ی بعدی قرار گرفته‌اند. این بدان معناست که از نظر خبرگان، برای مبدل‌های پیل سوختی و تجهیزات روشنایی، از لحاظ هزینه‌های سرمایه‌گذاری، مطلوبیت بیشتر به معنای هزینه‌ی سرمایه‌گذاری کمتر، مطرح بوده است.

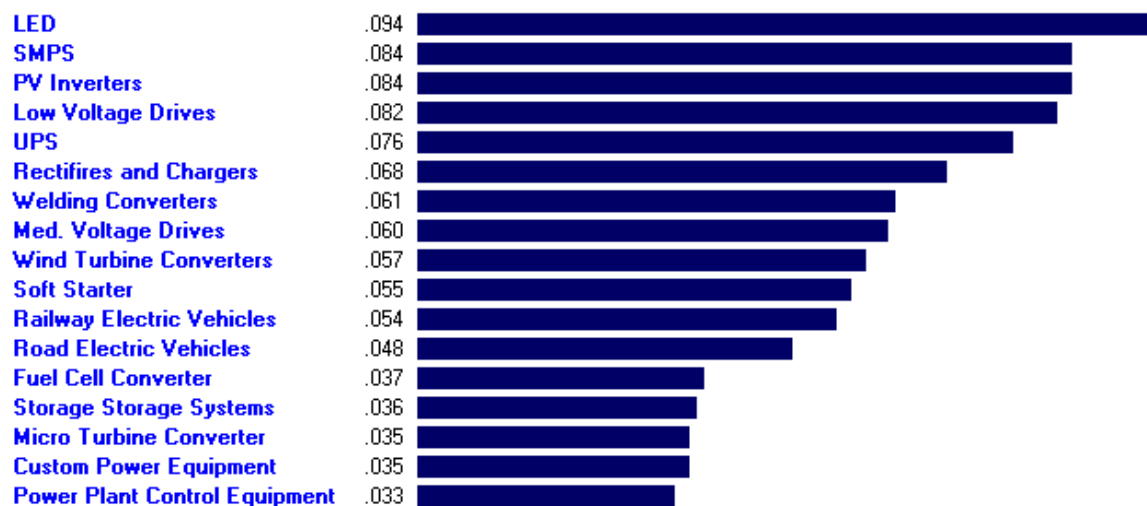


شکل (۴-۹) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی بر اساس معیار هزینه‌ی سرمایه‌گذاری اولیه برای تجهیزات و راه‌اندازی آزمایشگاه

۴-۲-۶-۲- نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار میزان مراجعات به آزمایشگاه

همانطور که ملاحظه می‌شود نتایج مربوط به وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار میزان مراجعات به آزمایشگاه در شکل (۴-۱۰) ارائه شده است. طبق این تحلیل بیشترین اهمیت در این بخش مربوط به تجهیزات روشنایی و منابع تغذیه‌ی کلیدزنی و کمترین اهمیت برای مبدل‌های به

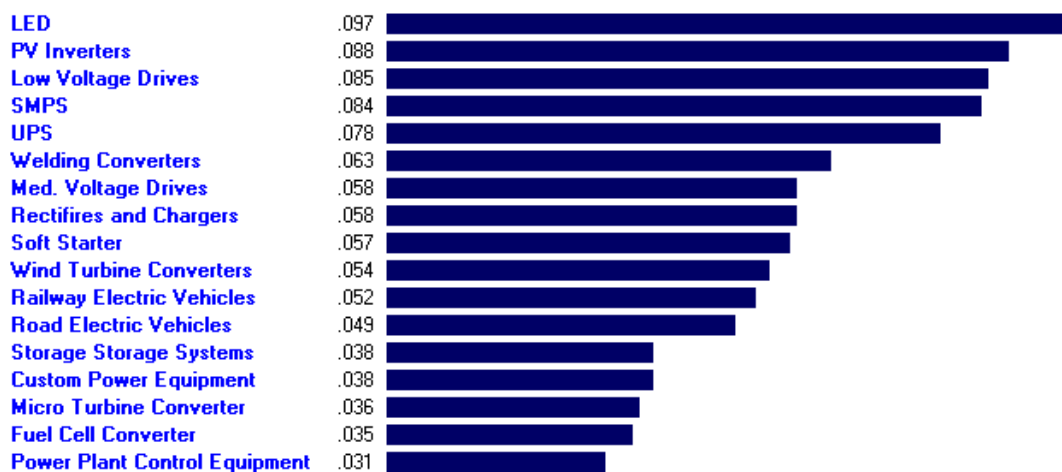
کار رفته در سیستم‌های نیروگاهی (سیستم تحریک استاتیک و راه‌انداز SFC) است و در وهله‌ی دوم تجهیزات بهبود کیفیت توان در شبکه توزیع (PFC، فیلتر فعال، UPQC، STS، DStatCom) قرار گرفته است.



شکل (۴-۱۰) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار میزان مراجعات به آزمایشگاه

۴-۲-۳-۴ نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار میزان سوددهی آزمایشگاه

شکل (۴-۱۱) بیانگر نتایج تحلیل در مورد نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها میزان سوددهی آزمایشگاه است. همانطور که دیده می‌شود از دید خبرگان در این زمینه، تجهیزات روشنایی و اینورترهای فتوولتائیک بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند و این در حالی است که سیستم‌های نیروگاهی (سیستم تحریک استاتیک و راه‌انداز SFC) و مبدل‌های به کار رفته در پیل سوختی در کم‌ترین میزان اهمیت از دید این افراد بوده است.

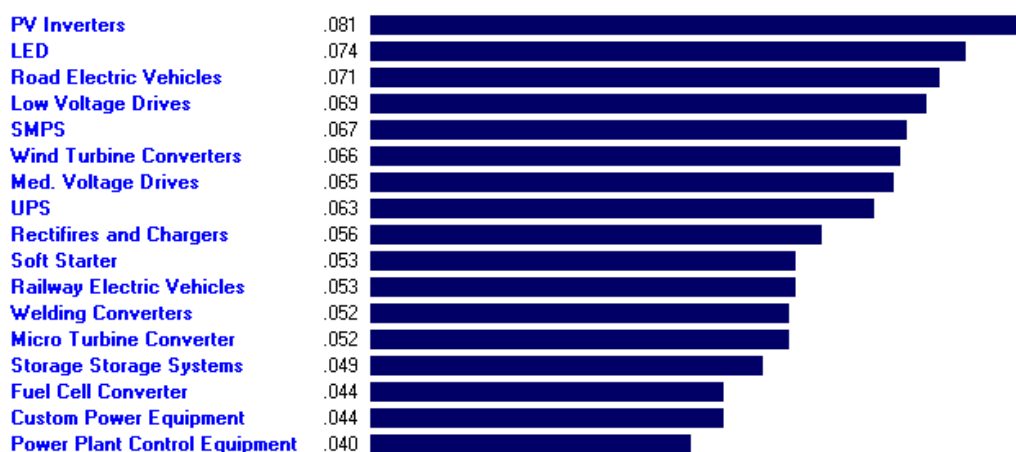


شکل (۴-۱۱) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها میزان سوددهی آزمایشگاه

۴-۲-۴

نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار نرخ رشد بازار جهانی محصول مورد نظر

بررسی نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار نرخ رشد بازار جهانی محصول مورد نظر در شکل (۴-۱۲) انجام شده است. طبق این شکل آنچه که مهم‌تر از بقیه است به ترتیب اینورترهای فتوولتائیک و تجهیزات روشنایی هستند و کم‌اهمیت‌ترین‌ها هم سیستم‌های نیروگاهی (سیستم تحریک استاتیک و راه‌انداز SFC) و تجهیزات بهبود کیفیت توان در شبکه‌ی توزیع هستند.

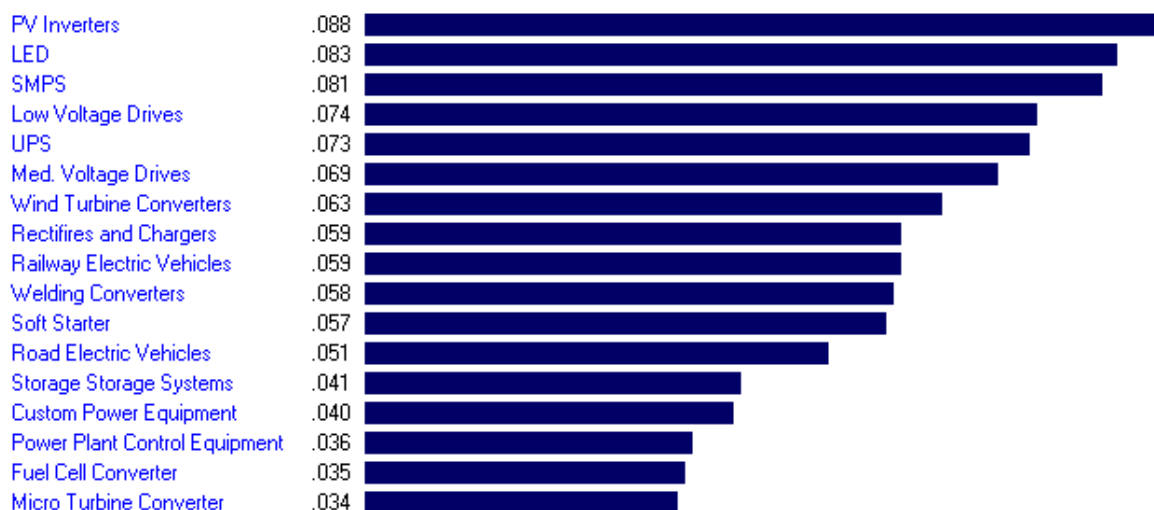


شکل (۴-۱۲) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار نرخ رشد بازار جهانی محصول مورد نظر

۵-۲-۴

نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار پیش‌بینی نرخ رشد استفاده از محصول در کشور

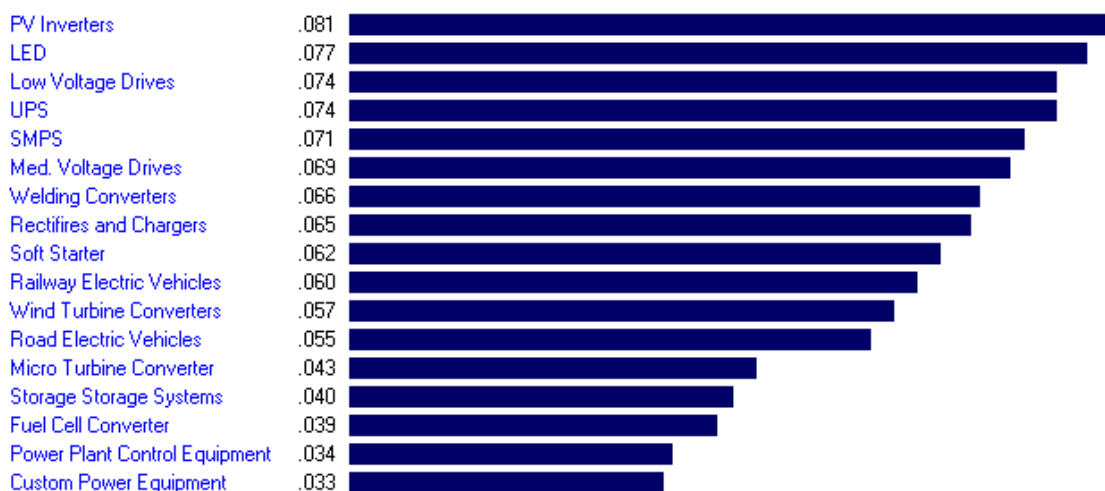
شکل (۴-۱۳) بیانگر نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار پیش‌بینی نرخ رشد استفاده از محصول در کشور است. همانطور که دیده می‌شود، مدل‌های به کار رفته در میکرو توربین و پیل سوختی کمترین اهمیت را در بین تمام محورها کسب کرده‌اند و در مقابل بیشترین اهمیت مربوط به اینورترهای فتوولتائیک و تجهیزات روشنایی است.



شکل (۴-۱۳) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار پیش‌بینی نرخ رشد استفاده از محصول در کشور

۴-۲-۶- نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار تاثیر راه‌اندازی آزمایشگاه بر انجام آزمون و صدور تأییدیه برای محصولات جدید ساخت داخل و بومی‌سازی آن‌ها

در شکل (۴-۱۴) نتایج مربوط به پارامتر تاثیر بر ساخت و تحقیق و توسعه‌ی محصولات بومی آورده شده است. در این شکل نیز بیشترین اهمیت مربوط به اینورترهای فتوولتائیک و تجهیزات روشنایی است. همچنین کم‌اهمیت‌ترین‌ها هم تجهیزات بهبود کیفیت توان در شبکه‌ی توزیع و سیستم‌های نیروگاهی (سیستم تحریک استاتیک و راه‌انداز SFC) هستند.



شکل (۴-۱۴) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار تاثیر راه‌اندازی آزمایشگاه بر انجام آزمون و صدور تأییدیه برای محصولات جدید ساخت داخل و بومی‌سازی آن‌ها

۴-۲-۷- مرحله‌ی دوم تکمیل پرسشنامه

نتایج تحلیل‌های ارائه شده در مراحل قبل و بررسی‌های فنی-اقتصادی و شرایط کشور، نشان می‌دهد که در حال حاضر برخی از محورها در کشور، کاربرد کمتر و در نتیجه بازار کوچکتر و کم‌اهمیت‌تری دارند. بدین ترتیب باتوجه به قطعیت عدم اولویت این محورها برای تخصیص بودجه و راه‌اندازی آزمایشگاه، این محورها در این مرحله از لیست حذف می‌گردند. انجام این کار باعث می‌شود تا جدول دوم پرسشنامه به طور بهینه‌ای تغییر یابد و حجم آن نیز کمتر شود. این تغییرات نیز با استقبال خبرگان مواجه شد. لیست خبرگانی که برای تکمیل این پرسشنامه همکاری داشته‌اند، در جدول (۴-۳۱) آمده است. در این قسمت نیز مانند قسمت قبل سعی بر آن بود تا طیف انتخاب خبرگان شامل افراد شاغل در صنعت، دانشگاه و شرکت‌های دانش بنیان باشد. دلیل این امر به کاربردی بودن نتیجه و نزدیک شدن به واقعیت بازمی‌گردد. شایان ذکر است برخی اعضای این جدول در صنعت نیز فعال هستند که از ذکر تمام مسئولیت‌های آنان خودداری شده است. این پرسشنامه برای بسیاری از شرکت‌های تولیدکننده‌ی محصولات در کشور و برای استادان دانشگاه‌های مختلف سراسر کشور نیز ارسال شده است که متأسفانه همکاری لازم از طرف ایشان صورت گرفته است.

جدول (۴-۳۱) فهرست خبرگان تکمیل‌کننده پرسشنامه در مرحله‌ی دوم

نام خبره	سمت
دکتر شاهرخ فرهنگی	عضو هیئت علمی دانشگاه تهران
دکتر داود عرب‌خابوری	عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت

عضو هیئت علمی دانشگاه کاشان	دکتر ابوالفضل حلوائی نیاسر
عضو هیئت علمی دانشگاه تبریز	دکتر ابراهیم بابائی
عضو هیئت علمی دانشگاه شهید رجایی	دکتر سید علیرضا داوری
عضو هیئت علمی دانشگاه شهید رجایی	دکتر رضا قندهاری
عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر محمد منفرد
عضو هیئت علمی دانشگاه اراک	دکتر مزدک عبادی
عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی اصفهان	دکتر مسعود حاجیان
عضو هیئت علمی دانشگاه سیستان و بلوچستان	دکتر مسعود برکاتی
عضو هیئت علمی جهاد دانشگاهی علم و صنعت	دکتر سید ادیب ابریشمی فر
عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دکتر سید حمید فتحی
عضو هیئت علمی دانشگاه تهران	دکتر حسین ایمان عینی
عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف	دکتر فرزاد تهامی
عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف	دکتر محمدرضا ذوالقدری
شرکت فاراتل	مهندس حمزه ئی
پژوهشگاه نیرو	مهندس بنفشه همدانی
پژوهشگاه نیرو	مهندس سعید خاتمی
پژوهشگاه نیرو	مهندس محمد مرامی ساران
شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد	مهندس نوید عقلی

با توجه به توضیحات فوق، شش محور زیر به علت کاربرد و اولویت کمتر از پرسشنامه حذف گردید:

۱. مبدل به کار رفته در میکروتوربین
۲. مبدل به کار رفته در پیل سوختی
۳. مبدل به کار رفته در ذخیره‌سازها

۴. مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های نیروگاهی (سیستم تحریک استاتیک و راه‌انداز SFC)
۵. تجهیزات بهبود کیفیت توان در شبکه‌ی توزیع (PFC، فیلتر فعال، UPQC، STS، DStatCom)
۶. ادغام دو محور "مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های حمل و نقل جاده‌ای (شامل ایستگاههای شارژ خودرو برقی، محرکه الکتریکی موتور در خودرو هیبریدی، مبدل به کار رفته در دوچرخه و موتورسیکلت برقی و ...) و "مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های حمل و نقل ریلی" و لحاظ کردن آنها تحت عنوان محور "مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های حمل و نقل جاده‌ای و ریلی (شامل ایستگاههای شارژ خودرو برقی، محرکه الکتریکی موتور در خودرو هیبریدی، مبدل به کار رفته در دوچرخه و موتورسیکلت برقی و ...) به دلیل تشابه بسیار زیاد آنها با یکدیگر و نمره‌های نزدیکی که در بخش اول توسط خبرگان به این دو محور داده شده بود.
- این شش محور همگی در آخرین رده بندی‌های تحلیل‌های صورت گرفته بودند و حذف آنها در این مرحله به دلیل قطعیت داشتن اولویت کمتر آنها، منطقی است. بنابراین در کل تعداد یازده محور در جدول باقی خواهد ماند. امتیاز دهی در این پرسشنامه نیز همانند پرسشنامه‌ی قبلی است. فرد تکمیل کننده باید به هر محور با توجه به معیار متناظر آن در جدول از ۱ تا ۱۰ امتیاز داده شود که امتیاز یک مطلوبیت کمتر و
- بی‌اهمیتی آن محور برای معیار متناظرش را نشان می‌دهد و امتیاز ۱۰ نیز برعکس، به معنی مطلوبیت بالاتر است. لازم به ذکر است که در خصوص هر پارامتر، مطلوبیت بیشتر معنای متفاوتی دارد. به عنوان مثال در خصوص پارامترهای مساحت و هزینه‌ی سرمایه گذاری، کمتر بودن معیار به معنی مطلوبیت بیشتر و در خصوص سودآوری و رشد بازار، بیشتر بودن معیار به معنی مطلوبیت بیشتر می‌باشد. جدول (۴-۳۲) مربوط به ارزیابی جذابیت هر یک از محورهای آزمایشگاهی در پرسشنامه‌ی جدید است.

جدول (۴-۳۲) جدول ارزیابی جذابیت هر یک از محورهای آزمایشگاهی در پرسشنامه‌ی دوم

معیارهای ارزیابی محورهای آزمایشگاهی									
عنوان محورهای آزمایشگاهی	تجهیزات روشنایی (درایور LED، بالاست و ...)	منابع تغذیه سوئیچینگ	محركه‌های الکتریکی ولتاژ پائین	محركه‌های الکتریکی صنعتی ولتاژ متوسط	راه‌اندازهای نرم	منابع تغذیه بدون وقفه (UPS)	یکسوسازها و شارژرهای صنعتی	مبدل‌های جوشکاری	تأثیر راه‌اندازی آزمایشگاه بر انجام آزمون و صدور تأییدیه برای محصولات جدید ساخت داخل و بومی‌سازی آن‌ها
مکان توسعه محدوده کاری آزمایشگاه جهت سرویس‌دهی به سایر محصولات صنعت برق (موجود در فهرست) و محصولات غیرصنعت برق									
کلیدی بودن، ضرورت و درجه اهمیت آزمایش محصول موردنظر برای صنعت برق کشور (اتحادیه صنعتی کلاس توسعه کشور)									
پیش‌بینی نرخ رشد استفاده از محصول در کشور									
نرخ رشد بازار جهانی محصول موردنظر									
میزان سوددهی آزمایشگاه (بازرنگر گرفتن درآمد و هزینه‌های خدمات و نگهداری)									
میزان مراجعات به آزمایشگاه (با در نظر گرفتن حجم واردات/تولیدات محصول)									
وجود زیرساخت‌های اولیه موردنیاز برای آزمایشگاه (بخشی از آزمایشگاه، تجهیزات یا ...)									
وضعیت دسترسی به تجهیزات آزمون (فراهم بودن امکان تهیه تجهیزات آزمون موردنیاز از داخل یا خارج کشور با در نظر گرفتن شرایط مختلف از جمله تحریم و ...)									
هزینه سرمایه‌گذاری اولیه برای تجهیزات و راه‌اندازی آزمایشگاه (بازرنگر گرفتن نوع و دقت تجهیزات آزمون موردنیاز و هزینه برپایی آزمایشگاه)									
مساحت موردنیاز آزمایشگاه (از نظر امکان فراهم کردن زمین و هزینه زمین)									

											مبدل‌های به‌کاررفته در سیستم‌های فتوولتائیک
											مبدل‌های به کار رفته در توربین‌های بادی
											مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های حمل و نقل جاده‌ای و ریلی (شامل ایستگاههای شارژ خودرو برقی، محرکه الکتریکی موتور در خودرو هیبریدی، مبدل به کار رفته در دوچرخه و موتورسیکلت برقی و ...)

پس از تحویل پرسشنامه‌های تکمیل شده مجدداً با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice داده‌های به دست آمده تحلیل شدند. نتایج این تحلیل‌ها در ادامه آورده شده است. جدول (۴-۳۳) نتایج وزن‌دهی معیارها توسط خبرگان و شکل (۴-۱۵) نتیجه‌ی اولویت‌بندی محورهای مختلف آزمایشگاهی بر این اساس را نشان می‌دهد.

جدول (۴-۳۳) نتایج وزن‌دهی معیارها توسط خبرگان در مرحله‌ی دوم

میزان اهمیت (ضریب وزنی)	معیار
۰.۰۶۶	مساحت موردنیاز آزمایشگاه (از نظر امکان فراهم کردن زمین و هزینه زمین)
۰.۱۰۵	هزینه سرمایه‌گذاری اولیه برای تجهیزات و راه‌اندازی آزمایشگاه (بازنظر گرفتن نوع و دقت تجهیزات آزمون موردنیاز و هزینه برپایی آزمایشگاه)
۰.۱۰۰	وضعیت دسترسی به تجهیزات آزمون (فراهم بودن امکان تهیه تجهیزات آزمون موردنیاز از داخل یا خارج کشور با در نظر گرفتن شرایط مختلف از جمله تحریم و ...)
۰.۰۸۱	وجود زیرساختهای اولیه موردنیاز برای آزمایشگاه (بخشی از آزمایشگاه، تجهیزات یا ...)
۰.۰۹۱	میزان مراجعات به آزمایشگاه (با در نظر گرفتن حجم واردات/تولیدات محصول موردنظر در بازار کشور)
۰.۰۶۵	میزان سوددهی آزمایشگاه (بازنظر گرفتن درآمد و هزینه‌های خدمات و نگهداری)
۰.۰۷۲	نرخ رشد بازار جهانی محصول موردنظر
۰.۰۸۳	پیش‌بینی نرخ رشد استفاده از محصول در کشور

۰.۱۰۵	کلیدی بودن، ضرورت و درجه اهمیت آزمایش محصول موردنظر برای صنعت برق کشور (باتوجه به برنامه‌های کلان توسعه کشور)
۰.۰۷۰	امکان توسعه محدوده کاری آزمایشگاه جهت سرویس‌دهی به سایر محصولات صنعت برق (موجود در فهرست) و محصولات غیرصنعت برق
۰.۰۶۶	امکان سرویس‌دهی آزمایشگاه به کشورهای همسایه
۰.۰۹۶	تأثیر راه‌اندازی آزمایشگاه بر انجام آزمون و صدور تأییدیه برای محصولات جدید ساخت داخل و بومی‌سازی آن‌ها



شکل (۴-۱۵) نتایج نهایی اولویت‌بندی محورهای آزمایشگاهی در مرحله دوم

طبق شکل (۴-۱۵)، مشاهده می‌شود که مهمترین محور طبق نظر خبرگان به ترتیب اینورترهای فتوولتائیک، تجهیزات روشنایی (درایور LED، بالاست و ...) و محرکه‌های الکتریکی ولتاژ پایین است و همچنین کمترین اهمیت از نظر خبرگان به مبدل‌های جوشکاری، مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های حمل و نقل ریلی و جاده‌ای و مبدل‌های به کار رفته در توربین‌های بادی اختصاص یافته است. با توجه به اینکه برخی از محورها اهمیت بیشتری در اتخاذ تصمیم دارند، در ادامه به بررسی دقیق‌تر ۶ محور بررسی شده در مورد پرسشنامه‌ی اول می‌پردازیم.

۴-۲-۱-۷- نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار هزینه سرمایه‌گذاری اولیه برای تجهیزات و راه‌اندازی آزمایشگاه جدید

نتایج تحلیل اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار هزینه سرمایه‌گذاری اولیه برای تجهیزات و راه‌اندازی آزمایشگاه در شکل (۴-۱۶) آورده شده است. طبق این نتایج محرکه‌های الکتریکی ولتاژ پایین و راه‌اندازها بالاترین شاخص اهمیت و تجهیزات روشنایی و مبدل‌های جوشکاری کمترین شاخص اهمیت را کسب کرده‌اند.



شکل (۴-۱۶) تحلیل اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار هزینه سرمایه‌گذاری اولیه برای تجهیزات و راه‌اندازی آزمایشگاه

۲-۷-۲-۴- نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار میزان مراجعات به آزمایشگاه جدید

در این قسمت به نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار میزان مراجعات به آزمایشگاه پرداخته خواهد شد. برای این کار باید به شکل (۴-۱۷) مراجعه نمود. طبق این شکل بیشترین اهمیت به تجهیزات روشنایی و پس از آن منابع تغذیه‌ی سوئیچینگ اختصاص یافته است. در انتهای این شاخص‌ها، مبدل‌های به کار رفته در توپین‌های بادی و سیستم‌های حمل و نقل ریلی و جاده‌ای دیده می‌شوند.



شکل (۴-۱۷) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار میزان مراجعات به آزمایشگاه جدید

۳-۷-۲-۴- نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار میزان سوددهی آزمایشگاه جدید

شکل (۴-۱۸) نتایج تحلیل و اولویت‌بندی گزینه‌ها براساس معیار سوددهی آزمایشگاه را ارائه می‌دهد. طبق این نتایج تجهیزات روشنایی و محرکه‌های الکتریکی ولتاژ پایین در صدر قرار گرفته‌اند و کم‌اهمیت‌ترین موارد نیز اینورترهای جوشکاری و مبدل‌های مورد استفاده در توربین‌های بادی هستند.



شکل (۱۸-۴) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار میزان سوددهی آزمایشگاه

۴-۷-۲-۴ نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار نرخ رشد بازار جهانی محصول مورد نظر جدید

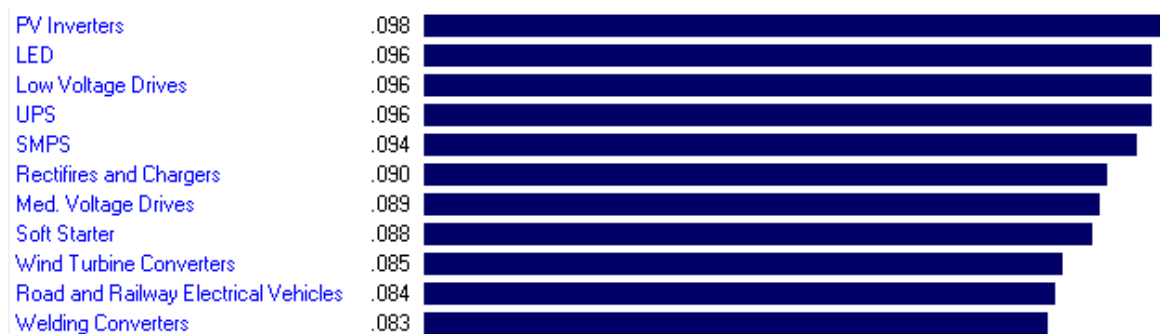
در شکل (۴-۱۹) ملاحظه می‌شود که بیشترین اهمیت مربوط به مبدل‌های فتوولتائیک و مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های حمل و نقل ریلی و جاده‌ای می‌شود و از آن سو، کمترین اهمیت به مبدل‌های جوشکاری و راه‌اندازها می‌رسد.



شکل (۱۹-۴) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار نرخ رشد بازار جهانی محصول مورد نظر جدید

۴-۷-۲-۵ نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار پیش‌بینی نرخ رشد استفاده از محصول در کشور

نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار پیش‌بینی نرخ رشد استفاده از محصول در کشور در شکل (۴-۲۰) نشان داده شده است. طبق این تحلیل به ترتیب اینورترهای فتوولتائیک و تجهیزات روشنایی مهم‌ترین محورها هستند و مبدل‌های جوشکاری و مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های حمل و نقل ریلی و جاده‌ای کمترین اهمیت را دارند.



شکل (۲۰-۴) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار پیش‌بینی نرخ رشد استفاده از محصول در کشور

۶-۷-۲-۴- نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار تاثیر راه‌اندازی آزمایشگاه بر انجام آزمون و صدور تأییدیه برای محصولات جدید ساخت داخل و بومی‌سازی آن‌ها

در شکل (۴-۲۱) نتایج مربوط به این معیار ارائه شده است. طبق این تحلیل، بیشترین اهمیت مربوط به منابع تغذیه‌ی بدون وقفه و اینورترهای فتوولتائیک است و برای کم‌اهمیت‌ترین محور، مبدل‌های به کار رفته در توربین‌های بادی و مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های حمل و نقل ریلی و جاده‌ای توسط خبرگان انتخاب شده است.



شکل (۴-۲۱) نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی گزینه‌ها براساس معیار تاثیر راه‌اندازی آزمایشگاه بر انجام آزمون و صدور تأییدیه برای

محصولات جدید ساخت داخل و بومی‌سازی آن‌ها

همانطور که در نتایج فوق ملاحظه می‌شود اینورترهای فتوولتائیک و تجهیزات روشنایی شامل بالاست‌های الکتریکی، درایو LED و ... از نظر خبرگان مهم‌ترین محصولاتی هستند که باید راه‌اندازی آزمایشگاه مرجع برای آن‌ها مورد توجه بیشتری قرار گیرد.

۴-۳- شناسایی چالش‌ها

۴-۳-۱- مقدمه

به منظور شناسایی بهتر و آشنایی با نظرات مختلف، تعیین چالش‌ها و موانع پیش روی توسعه‌ی آزمایشگاه‌های الکترونیک قدرت، مصاحبه‌هایی با خبرگان و کارشناسان برگزیده صنعت و دانشگاه انجام گرفته است که در ادامه خلاصه‌ای از مصاحبه‌های صورت گرفته شده ارائه خواهد شد.

نکات مطرح شده در خصوص چالش‌ها و موانع و پیشنهاد‌های ارائه شده از طرف همکاران این شرکت در زیر آمده است.

➤ طرح تجهیز آزمایشگاه‌های مرجع باید به گونه‌ای پیش برود که کاربردی باشد. شرایط اقتصادی و ... ایران با دنیا به دلایل متفاوت، یکسان نیست. قیمت ارزان برق باعث شده است تا از نظر اقتصادی قیمت برخی از تجهیزاتی که در ساخت آن از تکنولوژی الکترونیک قدرت استفاده می‌شود، مانند خودروی برقی و ... به صرفه نباشد. در خودروهای برقی ۴۰٪ از قیمت خودرو مربوط به باتری است اما استفاده از آن مقرون به صرفه نیست چرا که سوخت در ایران بسیار ارزان است. البته برای این مسئله راهکاری نیز وجود دارد و این است که تولید باتری‌های لیتیوم یونی در ایران بومی‌سازی شود تا بتوان قیمت آن را پایین آورد.

در برخی موارد نیز زیر ساخت‌ها و موارد مورد نیاز جانی در زمینه‌ی الکترونیک قدرت فراهم نشده است. برای مثال در زمینه‌ی خودروهای برقی وارداتی ایستگاه‌های شارژ به تعداد کافی و در تمام مکان‌ها وجود ندارد.

از منظر اقتصادی نیز همواره مشکلاتی وجود دارد. برای مثال با وجود قیمت ارزان برق و تکنولوژی بالای به کار رفته در تجهیزات مربوط به انرژی تجدیدپذیر برای مثال انواع اینورتر یا Power Conversion ها، تولید آن‌ها به صرف نیست و باید آزادسازی قیمت برق برای رشد چنین تجهیزاتی انجام شود.

وجود الزامات قانونی نیز بسیار مهم است. تا زمانیکه تمام سازندگان مجبور به رعایت حداقل‌ها نشوند، هیچ استاندارد را اجرا نمی‌کنند. در مورد لامپ‌ها LED که هارمونیک بالایی را به شبکه تحمیل می‌کنند نیز این مورد صادق است. اگر شرکتی محصولی بسازد که هارمونیک نداشته باشد اما یک شرکت دیگر همان محصول را با هارمونیک بالا تولید کند، هیچ تفاوتی بین این دو نیست و اتفاقاً فروش شرکت دوم بیشتر است چرا که محصولات ارزان‌تری می‌فروشد. در مورد محصولات وارداتی نیز مخصوصاً UPS باید الزاماتی وجود داشته باشد تا تجهیز پیش از اینکه در کشور مورد استفاده قرار بگیرد، تحت آزمون قرار گیرد.

➤ شرکت فاراتل به طور مستقیم در امر صادرات فعالیت ندارد و بیشتر از طریق بازارچه‌های مرزی خراسان و آذربایجان محصولات به کشورهای همسایه صادر می‌کند [۱۳] و دلیل عدم رغبت در امر صادرات، این است که سرویس دهی سریع به تجهیزاتی مانند UPS (که انجام سرویس دهی اغلب باید ۴ ساعته انجام شود) مورد نیاز است و شرکت فاراتل با توجه به شرایط فعلاً قادر به انجام این امر نیست.

➤ شرکت فاراتل بیشتر مایل به بررسی نیاز بازار و میزان فروش آن‌ها است. هر چیزی که فروش بیشتری در بازار داشته باشد مورد توجه قرار می‌گیرد و بررسی و تحلیل آن توسط شرکت آغاز می‌شود. شرکت از محصولات پرفروش در بازار، فرآیند تحلیل را آغاز می‌کند و تمام این بررسی‌ها نهایتاً به ساخت نمونه‌ی تجاری منتهی می‌شود که ایده‌ی آن از محصولات موجود در بازار گرفته شده است.

➤ این شرکت برای ساخت UPS ها از استاندارد IEC 602040 استفاده می‌کند. این استاندارد به چند بخش تقسیم می‌شود. این شرکت قادر است تا استاندارد IEC 602040-2 را به طور کامل اجرا کند. به طور مثال اندازه‌گیری EMI در این دسته قرار می‌گیرد. استانداردهای 602040-1 و 602040-3 نیز به صورت موردی اجرا می‌گردد که شامل تست ضریب توان، استفاده

از بار غیر خطی، پاک نشدن نوشته‌ها و ... است. البته بخش‌هایی از استاندارد IEC 60950 نیز به طور کلی دستگاه‌های الکترونیک را شامل می‌شود نیز که اجرا می‌گردد. برای مدلی از UPS که خروجی DC می‌دهد نیز، استاندارد IEC 602040-5 که مربوط به UPS هایی است که خروجی آن‌ها DC است، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

آزمون‌های مربوط به THD نیز در این شرکت انجام می‌شود. طبق استاندارد THD_i باید کمتر از ۱۰ درصد باشد اما شرکت فاراتل برای تجهیزات عادی زیر ۸٪ و برای یک سری تجهیزات به کمتر از ۴٪ رسیده است. در مورد THD_v نیز برای بار خطی باید این مقدار کمتر از ۵٪ و برای بار غیر خطی کمتر از ۸٪ باشد.

برخی از تست‌ها مانند تست اتصال کوتاه نیز از نوع روتین انجام می‌شود (این در حالی است که این تست باید طبق استاندارد به صورت Type انجام شود).

➤ در خصوص چالش‌های این صنعت می‌توان به این نکته اشاره کرد که این شرکت قادر نیست تا تمام محصولات را خودش بسازد. فاراتل نیز مانند بسیاری از شرکت‌های دیگر مواد اولیه و به خصوص قطعات الکترونیکی را وارد می‌کند. مشکلات تحریم در زمینه انتقال پول اجازه نمی‌دهد تا این شرکت بتواند اجناس خود را از تامین کنندگان آمریکایی، اروپایی و ... تامین کند و به ناچار رو به شرکت‌های جدید چینی آورده است. حتی واریز وجه برای این شرکت‌ها نیز بعضاً به راحتی و بدون واسطه میسر نمی‌باشد و این امر، افزایش هزینه‌ی تمام شده و تغییرات ناخواسته در طراحی را سبب می‌شود.

✓ دکتر عبدالامیر یاقوتی، شرکت توزیع نیروی برق تهران

- از جمله مهمترین و پرکاربردترین تجهیزات الکترونیک قدرت می‌توان به تجهیزات روشنایی، سوئیچینگ، محرکه‌های الکتریکی و اینورتر خورشیدی اشاره نمود.
- آزمایشگاه‌های درایو و روشنایی دانشگاه تهران، آزمایشگاه شبکه‌های هوشمند در دانشگاه یزد و آزمایشگاه درایو موتوژن در عرصه‌ی انجام آزمون‌ها می‌توانند مورد توجه قرار گیرند.
- لزوم تاسیس آزمایشگاه مرجع الکترونیک قدرت از آنجایی مشخص می‌شود که نقص و ایرادات کالای این حوزه رفع گردد و استاندارد سازی شود. مشروعیت بخشی بسیار مهم است و لازم است از سمت وزارت نیرو مورد بررسی قرار بگیرد.
- مباحث مربوط به آزمون‌های حرارتی در نقطه کار تجهیزات نیز بایستی مورد توجه قرار بگیرد. کالیبراسیون و دقت اندازه گیری هم از نکات مهم در این حوزه می‌باشد که باید بررسی‌هایی در مورد آن‌ها صورت پذیرد. به طور کلی می‌توان گفت، ابتدا باید به نیازهای صنعت توجه شود و سپس کاربر نهایی مورد توجه قرار بگیرد. تولیدکنندگان و سازندگان نیز می‌توانند در این زمینه به شدت راهگشا و کمک کننده باشند. علاوه بر موارد گفته شده از سازندگان و قابلیت‌های آنان می‌توان بهره جست. برای مثال: خودروسازان دارای آزمایشگاه‌های مجهز و مدرنی هستند (صایران، هپکو و ...). به عقیده‌ی ایشان، در ابتدا بهتر است تجهیزات ارزان قیمت و پرکاربرد مورد توجه قرار بگیرند تا هدف این پروژه مورد اقبال بیشتری واقع شود. اما در ادامه‌ی کار می‌توان لیستی از تجهیزات آزمایشگاه‌ها که به صورت مرسوم مورد استفاده قرار می‌گیرند را استخراج و بررسی نمود که با این تجهیزات چه آزمون‌هایی را می‌توان انجام داد و تعداد و درجه اهمیت آنها نیز مشخص شود. در این راستا تقسیم‌بندی آزمون‌ها و شرایط آزمایشگاهی می‌تواند بر مبنای نوع آزمون (الکتریکال، مکانیکال، آب و هوایی و ...) صورت پذیرد. آزمون‌های مرتبط با مباحث شیمیایی نیز دارای اهمیت هستند.

۱-۱ نظرات خبرگان دانشگاه

✓ دکتر سیدادیب ابریشمی فر، دانشگاه علم و صنعت

نکات مطرح شده در این مصاحبه به قرار زیر می‌باشد.

• اولویت بندی طرح بایستی بر مبنای دو حالت زیر صورت گیرد:

الف. بر مبنای زمانی: کوتاه، میان و بلند مدت

ب. بر مبنای سرمایه گذاری و تداوم بودجه

به عنوان مثال، سیستم محرکه قطار به سرمایه گذاری بالا نیاز داشته و افق زمانی بلند مدت.

• جهاد دانشگاهی علم و صنعت در زمینه طراحی و ساخت تجهیزات الکترونیک قدرت، ساخت منابع تغذیه بدون وقفه را از سال

۱۳۷۵ تا به امروز انجام داده است. همچنین ساخت درایو سرعت متغیر با ولتاژ ۶ کیلوولت که در شهر ری و خط انتقال نفت بکار

گرفته شده است را به انجام رسانیده است.

همچنین این مرکز در زمینه سایر انواع مبدل‌ها، سیستم‌های HVDC، مبدل‌های مورد استفاده در قطارهای برقی و ریلی و ... فعالیت دارد.

(لازم به ذکر است که جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان در زمینه منابع تغذیه سوئیچینگ و جهاد دانشگاهی خواجه نصیر در حوزه درایو تکفاز فعالیت دارند.)

• برخی از امکانات آزمایشگاهی مرتبط در دانشگاه‌های مختلف به ترتیب زیر است:

- دانشگاه تربیت مدرس: شبیه ساز PV با توان ۵ کیلووات

- پژوهشکده فضایی: آزمایشگاه PV (آزمون لرزه، شتاب، خورشید واقعی و ...)

- آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیسی دانشگاه صنعتی امیرکبیر: آزمایش EMC و آنتن (از نظر مکان مناسب نیست)

- تجهیزات آزمایشگاهی صنایع دفاعی

- دانشگاه اصفهان مبدل‌های جوشکاری

- دانشگاه شیراز: منابع تغذیه سوئیچینگ صنعتی

- سازمان انرژی اتمی و دانشگاه تهران: تست تشعشع و یونیزاسیون

- پژوهشگاه علوم و فناوری نوین دفاعی بابل: پیل سوختی

- دانشگاه امام حسین و مالک اشتر نیز دارای تجهیزات مناسبی می‌باشند.

- دانشگاه تهران: تجهیزات بهبود کیفیت توان (یک نمونه STATCOM که در حال حاضر زیر بار است در این دانشگاه طراحی و پیاده سازی شده است.)

- دانشگاه خواجه نصیر: تجهیزات بهبود کیفیت توان

- تجهیزات الکترونیک قدرت در خانه‌های هوشمند، هم‌چنین مراکز داده و تامین برق آنها از طریق سیستم‌های برق اضطراری و منابع تغذیه بدون وقفه جزء مواردی هستند که در آینده‌ی نزدیک باید مورد توجه قرار گیرند.
- عمده چالش‌های پیش رو در این حوزه وجود سطوح توانی بالا برای غالب تجهیزات الکترونیک قدرت است. (شامل تجهیزات: بادی، خورشیدی و کیفیت توان. به عنوان مثال تجهیزات محرکه ریلی از سطح ولتاژ ۶۳۰ کیلوولت آمپر و ۱.۵ مگاوات آمپر شروع می‌شوند).
- عمده محورهایی که برای کشور می‌تواند مطرح باشند عبارتند از:
 - توربین‌های بادی نصب شده در منجیل توسط شرکت بلژیکی،
 - منابع تغذیه بدون وقفه مورد استفاده در صنایع گاز و نفت،
 - درایوهای سرعت متغیر با توان ۳ و ۷ مگاوات،
 - صنایع ریلی (همکاری ABB سوئد و یک شرکت چینی برای اندازی یک خط تولید در ایران)،
 - سنجش جغرافیایی: محل مناسب جهت راه‌اندازی آزمایشگاه دارای اهمیت می‌باشد.
 - از نظر ایشان در حال حاضر، در زمینه نیروی انسانی و دانش فنی هیچ مشکلی نداریم.
 - برخی از صنایع مهم و مرتبط و فعال در عرصه الکترونیک قدرت از نظر ایشان:
 - موتور سیکلت برقی در نجف آباد.
 - کارخانه باتری پلیمری در کرمانشاه.
 - آزمایشگاه EPIL برای تست تجهیزات کلید، خازن و مقاومت ولتاژ بالا تا سطح ولتاژ ۶۰۰ کیلوولت.
 - از نظر هم‌پوشانی آزمایشگاه‌ها، از نظر ایشان تجهیزات دارای موتور می‌توانند همگی در یک دسته قرار گیرند (High Power) و منابع تغذیه سوئیچینگ، منابع تغذیه بدون وقفه، مبدل‌های جوشکاری و بقیه در دسته دوم (Low Power).
- در حقیقت تقسیم‌بندی آزمایشگاه‌ها می‌تواند بر مبنای سطح توان و نه صرفاً نوع تجهیز، صورت پذیرد.
- جهاد دانشگاهی علم و صنعت
 - در حال حاضر این مرکز دارای ۷ آزمایشگاه می‌باشد که ۵ عدد در خود دانشگاه و دو آزمایشگاه دیگر در قزوین قرار دارند. آزمون‌های انجام شده در این آزمایشگاه‌ها به شرح زیر است:
 - ۱. آزمون فیلترهای الکترواستاتیک
 - ۲. درایوهای سرعت متغیر
 - ۳. فشار قوی
 - ۴. منابع تغذیه بدون وقفه

- همچنین محصولات تولیدی منابع تغذیه‌ی بدون وقفه‌ی این شرکت دارای تاییدیه از TUV برای آزمون‌های Type و General می‌باشد.

✓ دکتر داود عرب خابوری، دانشگاه علم و صنعت

نکات مطرح شده‌ی ایشان به شرح زیر است:

- از نظر مساحت به نظر می‌رسد آزمایشگاه الکترونیک قدرت نیاز به ابعاد بزرگی نداشته باشد و در حدود ۵۰ الی ۱۰۰ مترمربع کفایت می‌کند.

نکته‌ی مهم از نظر ایشان این است که الکترونیک قدرت یک منبع عمده تولید هارمونیک است که به شدت باید مدنظر قرار بگیرد و مبتنی بر استاندارد بودن تجهیزات، در اینجا خود را به خوبی نشان می‌دهد. لذا باید آزمایشگاهی برای تایید این استانداردها وجود داشته باشد. به عنوان مثال، منابع تغذیه کامپیوترهای خانگی دارای یکسوکننده دیودی بوده که به عنوان بار هارمونیکی شدیدی محسوب شده و کیفیت برق شبکه را دچار مشکل می‌کنند.

از این رو جایگزینی آنها توسط مبدل‌های اینورتری دارای تاییدیه، می‌تواند به شدت مفید باشد.

- به واسطه قیمت پایین برق مصرفی در ایران عملاً گرایش به سمت منابع انرژی تجدید پذیر چندان قابل تصور نیست و از این رو باید دید خود را از سمت نهادهای بالادستی به سمت کاربر نهایی معطوف کنیم و الگوی مصرفی آنها را بررسی نمائیم. در حقیقت بازار را مصرف کننده تعیین می‌کند و نه مدیران!

- زمینه‌هایی که مصرف کننده نهایی می‌تواند موثر باشد موضوعاتی نظیر: خودروهای برقی، ایستگاه شارژ خودرو برقی، تجهیزات خانگی نظیر یخچال و تلویزیون و ... می‌باشد.

- به واسطه آنکه کشورهای پیشرو جهان نظیر آلمان و چین در زمینه خودروهای برقی افق فراگیر شدن ۱۰ ساله را متصور شده‌اند، به نظر می‌رسد بازار خودروهای برقی می‌تواند در آینده‌ای نزدیک به شدت فراگیر شود.

- در حال حاضر ما در زمینه قطعات پایه الکترونیک قدرت به شدت دچار مشکل هستیم و اکثراً وارداتی هستند. اما در سطح بالاتر و ساخت تجهیزات و دستگاه‌های این حوزه دارای دانش فنی کافی هستیم و از دید منابع انسانی مشکلی نداریم.

- ایشان همچنین بر توزیع جغرافیایی آزمایشگاه‌های الکترونیک قدرت در سراسر کشور و سنجش جغرافیایی مناسب در این عرصه تاکید فراوان داشتند.

- انجمن الکترونیک قدرت می‌تواند در این حوزه بازوی عملیاتی مناسبی باشد. کنفرانس PEDSTC که همه ساله در حوزه الکترونیک قدرت برگزار می‌شود، می‌تواند جای مناسبی برای پیشبرد اهداف این حوزه باشد. بایستی مقالات اساتید معتبر در حوزه‌های مختلف الکترونیک قدرت بررسی گردد تا توانمندی و قابلیت استادها در هر حوزه از این طریق شناسایی و تقویت گردد.

- در زمینه مشروعیت بخشی لازم است قوانین و استانداردهای لازم بررسی و تدوین شود و هم تجهیزات آزمایشگاهی لازم به نحوی تهیه و تامین گردد که تولید کننده، وارد کننده و دیگر افراد این حوزه با رغبت به آزمون و دریافت تاییدیه برای محصولات خود بپردازند.

البته الکترونیک قدرت در سال‌های اخیر دچار تغییرات و گسترش اساسی شده و قانون یکپارچه و واحدی جهت استاندارد سازی در حال حاضر به صورت فراگیر وجود ندارد.

- در این حوزه مهمتر از سرمایه‌گذاری اولیه، آسیب‌هایی نظیر هارمونیک و اختلالات و اعوجاج‌های مختلف ناشی از المان‌های الکترونیک قدرت است که نیاز ما را به آزمون و صدور تأییدیه برای طیف وسیعی از این تجهیزات ایجاب می‌کند.
- ✓ دکتر سیدحمید فتحی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- آزمون‌های EMC در حال حاضر بسیار مهم هستند و علاوه بر آن وجود شبکه آزمایشگاهی دارای اهمیت است و یک آزمایشگاه واحد در این عرصه معنایی ندارد.
- باید بررسی کنیم که برای هر تجهیزاتی چه استانداردهایی وجود دارد و کدامیک از آن‌ها در کشور ایران اجرا می‌شوند.
- دانشگاه صنعتی امیرکبیر برای تست‌های ایمنی و الکترومغناطیسی مجهز می‌باشد.
- آزمایشگاه فشار قوی امیرکبیر قادر به صدور تأییدیه است.
- سیستم آزمایشگاه مرکزی این دانشگاه، شامل یک شبکه‌ی آزمایشگاهی است که در دانشگاه وجود دارد. در خصوص چالش‌های این حوزه،
- در بخش دانش فنی مشکلی نداریم اما لازم است دوره‌های آموزشی خارج از کشور برگزار کنیم. همچنین پشتیبانی مالی و بازگشت سرمایه از مهمترین چالش‌های این حوزه هستند.
- اولویت‌های موضوعی این حوزه در حال حاضر از نظر ایشان به صورت زیر است:
- در اولویت اول انرژی‌های نو و تجهیزات انرژی خورشیدی (اینورتر و ...) قرار دارد، همچنین موضوع مشروعیت بخشی و ایجاد الزام برای راه اندازی آزمایشگاه و صدور تأییدیه برای تجهیزات الکترونیک قدرت وارداتی نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

۴-۳-۲- مراجع

[۱] سایت اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی استان تهران، به نشانی <http://www.tccim.ir/>

[۲] کتاب مقررات صادرات و واردات سال ۱۳۹۷، شرکت مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، ۱۳۹۸.

[3] Tariff classification for the goods they intend to import or export, <https://www.findhs.codes/>.

[4] EXPORTING TO CHINA GUIDANCE, <http://hs.e-to-china.com/>.

[۵] سایت گمرک جمهوری اسلامی ایران، به نشانی <https://epi.irica.gov.ir/TscViewPage?0>

[6] <https://winnertoolsco.com/1940>

[7] Saaty, Thomas L. 1990. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. University of Pittsburgh Press: Pittsburgh.

[8] Guidelines for developing countries on establishing conformity assessment test labs in different regions report infrastructure. MAY 2012.

[۹] دشتی رحمت آبادی، محمد علی و مسعود جاوری، ۱۳۹۸، تکنیک مهندسی ارزش در انتخاب پیمانکار برتر با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، هفتمین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و توسعه شهری، بابل، موسسه علمی تحقیقاتی کومه علم آوران دانش.

[10] Kooroshy, Jaakko, et al. 2015. The Low Carbon Economy. Goldman Sachs, 30 November 2015, 53 pages.

[11] CON, ORA. "Feasibility study for a conformance testing centre." (2013).

[12] <http://parsshootools.com/Site/Fa>

[13] <http://www.faratel.com/About.asp>

۵-فصل پنجم

۵-۱- شناسایی و تعیین نوع فعالیتهای آزمایشگاههای فعال در زمینه الکترونیک قدرت در داخل کشور

۵-۱-۱- مقدمه

در این فصل سعی شده تا حد ممکن به شناسایی فهرست آزمایشگاههای دانشگاهی و صنعتی فعال موجود در کشور که قادر به انجام آزمون برای تجهیزات الکترونیک قدرت می‌باشند پرداخته شود و محدوده فعالیتها و قابلیت‌های آنها بررسی گردد تا بتوان با شناخت بهتر، بیشترین استفاده را از ظرفیتهای موجود آزمایشگاههای فعلی به دست آورد.

۵-۱-۲- شناسایی ظرفیتهای آزمایشگاهی کشور

به منظور شناسایی ظرفیتهای آزمایشگاهی کشور برای تست انواع تجهیزات الکترونیک قدرت و در راستای استفاده حداکثری از امکانات آزمایشگاهی موجود در کشور و به منظور شناسایی، امکان‌سنجی و بهره‌برداری از ظرفیتهای داخلی در زمینه انجام آزمون‌های استاندارد برای تست انواع تجهیزات الکترونیک قدرت، فراخوانی با مضمون شکل (۵-۱) در روزنامه های کثیرالانتشار چاپ گردید.

فراخوان شناسایی ظرفیتهای آزمایشگاهی کشور برای تست
انواع تجهیزات الکترونیک قدرت

پژوهشگاه نیرو در راستای استفاده حداکثری از امکانات آزمایشگاهی موجود در کشور و به منظور شناسایی، امکان‌سنجی و بهره‌برداری از ظرفیتهای داخلی در زمینه انجام آزمون‌های استاندارد برای تست انواع تجهیزات الکترونیک قدرت، در نظر دارد نسبت به ارزیابی توانمندی آزمایشگاههای فعال در این حوزه اقدام نماید.

لذا از کلیه آزمایشگاهها و مراکز دانشگاهی، تحقیقاتی، صنعتی و ... که قادر به انجام بخشی از آزمونهای استاندارد اعم از عملکردی، عمومی- ایمنی و ... بر روی هر یک از تجهیزات الکترونیک قدرت مانند: منابع تغذیه، UPS، درایو موتورهای الکتریکی، انواع مبدل (یکسوساز، اینورتر)، درایور لامپ و ... می‌باشند، دعوت می‌شود لیست تجهیزات و دستگاههای موجود، فهرست تجهیزات مورد آزمون و آزمونهای قابل انجام بر روی آنها را حداکثر طی سه هفته پس از انتشار این آگهی به آدرس ایمیل power@nri.ac.ir ارسال نمایند.

پژوهشگاه نیرو

شکل (۵-۱) فراخوان منتشر شده در روزنامه

علیرغم پیگیریهای صورت گرفته، هیچیک از آزمایشگاههای فعال در این حوزه تمایلی برای ارائه توانمندیهای آزمایشگاهی خود نشان نداد. از این رو بررسی آزمایشگاههای فعال در این حوزه در دستور کار قرار گرفت که در ادامه گزارش، نتیجه بررسیها ارائه شده است.

۵-۱-۳- بررسی آزمایشگاههای فعال در کشور

۵-۱-۳-۱- شرکت آزمایشگاههای صنایع انرژی (اپیل) ایران

شرکت آزمایشگاههای صنایع انرژی با تکیه بر تجهیزات و امکانات موجود و بهره‌گیری از امکانات سهام‌داران و مشارکت دانشگاههایی مانند دانشگاه تهران، صنعتی امیرکبیر، علم و صنعت، شهید عباسپور و بیش از ۸۰ شرکت فعال در حوزه صنایع انرژی، نفت، گاز و

مخابرات (به عنوان مثال شرکت KEMA) و با هدف ایجاد یک مرکز معتبر و بین‌المللی آزمایشگاهی در کشور ایجاد شده و دارای گواهی‌نامه‌ی ISO/IEC 17025^۱ است.

حوزه‌ی کاری این شرکت تنها به صنعت برق محدود نمی‌شود و سایر صنایع نیز با توجه به تجهیزات مورد استفاده، از آزمون‌های این شرکت استفاده می‌کنند. همچنین لازم به ذکر است این شرکت مورد تأیید توانیر، شرکت نفت، شرکت ملی گاز، سازمان تنظیم مقررات رادیویی، سازمان ملی استاندارد و معاونت فناوری ریاست جمهوری است.

این نکته نیز حائز اهمیت است که شرکت آزمایشگاه‌های صنایع انرژی، گواهی‌نامه‌های بین‌المللی در زمینه‌ی انجام آزمون و ممیزی بر اساس دایرکتیو اروپایی CE^۲ را دریافت نموده است.

نشان CE^۳ در صورتی روی سیستم‌های درایو (یا هر تجهیز دیگر) قرار داده می‌شود که سیستم درایو مورد نظر، استانداردهای مربوط به IEC/EN 61800-5-1 (سیستم‌های درایو قدرت با سرعت قابل تنظیم - بخش ۵-۱: الزامات ایمنی از نظر الکتریکی، حرارتی و انرژی) و IEC/EN 61800-3 (سیستم‌های درایو قدرت با سرعت قابل تنظیم - بخش ۳: الزامات سازگاری الکترومغناطیسی و روش‌های آزمون خاص) را داشته باشند. در کشورهای اروپایی سازمان‌های خاص این گواهی‌نامه را صادر می‌کنند. در ایران نیز شرکت اپیل موفق شده است پس از مذاکره با تعدادی از این سازمان‌های اروپایی، مجوزهای لازم جهت صدور گواهی‌نامه‌ی CE را دریافت کند و در صورتی که تجهیزات مورد آزمایش در این آزمایشگاه استانداردهای مربوطه را داشته باشند، این شرکت نشان CE را روی آن تجهیزات و روی بسته‌بندی آن‌ها، درج خواهد کرد.

لیست آزمایشگاه‌های زیر مجموعه این شرکت به قرار زیر است:

- آزمایشگاه فشار قوی
- آزمایشگاه سازکاری الکترومغناطیسی
- آزمایشگاه پیرسازی و افزایش درجه حرارت
- آزمایشگاه فشار ضعیف و ایمنی
- آزمایشگاه پنل خورشیدی
- آزمایشگاه تابلو برق
- آزمایشگاه ماشین الکتریکی / ژنراتور
- آزمایشگاه سیم و کابل

^۱ استاندارد ISO/IEC 17025 شامل کلیه‌ی الزاماتی است که آزمایشگاه‌های انجام آزمون و کالیبراسیون باید آن‌ها را برآورده سازند تا بتوانند اثبات کنند که یک سیستم با کیفیت را به کار گرفته و از نظر فنی صلاحیت دارند و قادر به فراهم آوردن نتایج معتبر هستند.

^۲ Communauté Européenne

^۳ نشان CE به عنوان یک سیستم پذیرفته‌شده جهت حصول اطمینان از کیفیت، ایمنی و الزامات زیست محیطی است و محصولاتی که این گواهی‌نامه را دریافت نمایند، شانس تصاحب بازارهای داخلی و منطقه را خواهند داشت. در واقع درج نشان CE بر روی یک محصول نشان می‌دهد محصول مورد نظر حداقل استانداردهای ایمنی را برآورده ساخته و دارای کیفیتی بالاتر از حداقل می‌باشد. همچنین جابجایی و فروش آن را در کشورهای عضو اتحادیه اروپا (EU) و سایر کشورها میسر می‌نماید.

- آزمایشگاه درجه حفاظت بدنه
- آزمایشگاه در محل مشتری
- آزمایشگاه ضدانفجار
- آزمایشگاه کنتور برق و آب
- آزمایشگاه یراق آلات الکتریکی
- آزمایشگاه تخلیه جزئی / تانزانیت دلتا
- آزمایشگاه شرایط محیطی / زنون
- آزمایشگاه چراغ و لامپ
- آزمایشگاه کلید مینیاتوری
- آزمایشگاه رله حفاظتی
- آزمایشگاه ترانس جریان و ولتاژ
- آزمایشگاه قدرت نیروگاهی
- آزمایشگاه شبیه ساز سیستمهای قدرت
- آزمایشگاه کالبراسیون نیروگاهی

در شکل‌های (۲-۵) و (۳-۵) بخش‌هایی از این مجموعه‌ی آزمایشگاهی نشان داده شده است.



شکل (۲-۵) بخشی از آزمایشگاه‌های صنایع انرژی - ۱



شکل (۳-۵) بخشی از آزمایشگاه‌های صنایع انرژی - ۲

برخی آزمایش‌های قابل انجام توسط این شرکت نیز عبارتند از:

- آزمایش‌های ایمنی در برابر تداخل‌های الکترومغناطیسی (EMI)

- محفظه $\leftarrow$ EMI تابشی

- خطوط توان یا سیگنال

- فرکانس بالا $\leftarrow$ EMI از طریق هدایت الکتریکی

- فرکانس پایین $\leftarrow$ فلیکر و هارمونیک

- آزمایش‌های ایمنی الکترومغناطیسی

- خطوط توان یا سیگنال

- حالت‌های گذرا

- رگبار یا تندگذر

- فراتاخت

- افت‌ها و وقفه‌ها

- حالت‌های دائم $\leftarrow$ EMS هدایت الکتریکی

¹ Enclosure

○ محفظه

▪ حالت‌های گذرا ← تخلیه‌ی الکترواستاتیکی (ESD)

▪ حالت‌های دائم

• EMS تابشی

• میدان‌های مغناطیسی

• آزمایش ولتاژ ضربه^۱

• آزمایش افزایش دما

• آزمایش رطوبت و آلودگی‌های خارجی

• آزمایش درجه‌ی حفاظت بدنه (IP)

برخی تجهیزات آزمایشگاهی این شرکت نیز عبارتند از:

• دستگاه آزمون خواص مکانیکی عمومی (UTM)

• دستگاه آزمون ضربه

• دستگاه آزمون کشش

• دستگاه آون

• دستگاه ترازوی دیجیتال

• دستگاه ترازوی دیجیتال

• دستگاه دریافت کننده آزمون تداخل الکترومغناطیسی

(EMI Test Receiver)

• دستگاه دما و رطوبت سنج

• دستگاه سنجشگر میزان دوده (CBC)

• دستگاه شبکه تثبیت امپدانس خط (LISN)

• دستگاه شبکه کوپلاژ سه فاز

¹ Impulse

- دستگاه شبیه ساز افت و قطعی لحظه ای ولتاژ
- دستگاه ضخامت سنج
- دستگاه محفظه امواج الکترومغناطیسی عرضی (TEM-Cell)
- دستگاه مولد الکتریسیته ساکن (ESD Generator)
- دستگاه مولد رگبار و فراتاخت (EFT-Burst)
- دستگاه مولد فراتاخت
- دستگاه میکروسکوپ نوری (OM)
- دستگاه یخچال فریزر

۵-۳-۲- مجموعه آزمایشگاههای مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک

مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک در سال ۱۳۷۰ با توصیه وزیر صنایع به منظور ارتقا و توسعه‌ی سطح تکنولوژی ملی، زیرساخت‌ها، دانش فنی و کیفیت فرایندها، خدمات و محصولات تولیدی، وارداتی، صادراتی در حوزه‌ی فناوری اطلاعات و ارتباطات، برق و الکترونیک و صنایع وابسته تاسیس گردیده است.

فعالیت پژوهشی و آزمون در این مجموعه در آزمایشگاه‌های تخصصی زیر انجام می‌گیرد:

- آزمایشگاه کیفیت نرم‌افزار براساس استاندارد سری ISO25000
- آزمایشگاه امنیت محصولات فناوری اطلاعات مبتنی بر استاندارد ISO15408
- آزمایشگاه رمزنگاری و امضاء دیجیتال و PKE
- آزمایشگاه کارت هوشمند
- آزمایشگاه ایمنی تجهیزات فناوری اطلاعات و ارتباطات 1-5233 ISIRI, IEC 60950
- آزمایشگاه ایمنی وسایل صوتی و تصویری 4582 ISIRI, IEC 60065
- آزمایشگاه ایمنی لوازم خانگی 1-1562 INSO, IEC60335-1
- آزمایشگاه ایمنی تجهیزات الکتریکی پزشکی 1-3368 INSO, IEC 60601-1
- آزمایشگاه ایمنی تجهیزات لیزری 1-3501 INSO, IEC 60825-1
- آزمایشگاه تجهیزات لیزری تشخیصی، درمانی، آرایشی و جراحی 22-60601-2-IEC INSO
- آزمایشگاه تجهیزات دارای منابع نور غیر لیزری درمانی، تشخیصی، پایشی و زیبایی-آرایشی 57-60601-2-IEC INSO
- آزمایشگاه ایمنی پرتویستی لامپ‌های LED و سامانه‌های لامپ 11722 ISIRI, IEC 62471

- آزمایشگاه ارتعاش، شوک و ضربه IEC 60068-2-64, IEC 60068-2-29, IEC 60068-2-6,
- آزمایشگاه EMC تجهیزات فناوری اطلاعات و ارتباطات EN 55024, EN55022,
- آزمایشگاه EMC وسایل صوتی و تصویری CISPR 13, CISPR 20,
- آزمایشگاه EMC لوازم خانگی INSO 1562-1,
- آزمایشگاه EMC تجهیزات پزشکی IEC 60601-1-2, CISPR 13, CISPR 11,
- آزمایشگاه مقدار جذب انرژی بدن و سر (SAR) ازگوشی تلفن همراه و تجهیزات مشابه IEC 62209-1, IEC 62209-2
- آزمایشگاه لینک‌های رادیویی و تجهیزات رادیویی
- آزمایشگاه تجهیزات برد کوتاه
- آزمایشگاه ایمنی UPS IEC 62040-1,
- آزمایشگاه EMC, UPS IEC 62040-2,
- آزمایشگاه کارایی UPS IEC 62040-3,
- آزمایشگاه عملکرد منابع تغذیه INSO 6218, IEC 61204,
- آزمایشگاه EMC منابع تغذیه EN 55022, EN 55024,
- آزمایشگاه آزمون کارایی و عملکرد منابع تغذیه و UPS INSO 6218, IEC 61024,
- آزمایشگاه گیرنده تلویزیون دیجیتال
- آزمایشگاه کارایی تجهیزات و قطعات کامپیوتری
- آزمایشگاه اندازه‌گیری مصرف انرژی انواع رایانه INSO 10641-1,
- آزمایشگاه اندازه‌گیری مصرف انرژی انواع صفحه نمایش INSO 10641-2,
- آزمایشگاه اندازه‌گیری مصرف انرژی انواع منابع تغذیه INSO 10641-3,
- آزمایشگاه اندازه‌گیری مصرف انرژی انواع چاپگر INSO 10641-4,
- آزمایشگاه مصرف انرژی تلویزیون INSO 16495,
- آزمایشگاه کالیبراسیون الکتریکی (انواع اسیلوسکوپ، ولت‌متر، آمپر‌متر، اهم‌متر، پاورمتر، فرکانس‌متر، منابع تغذیه و...) -
- آزمایشگاه حفاظت در برابر نفوذ آب INSO 2868, IEC 60529,
- آزمایشگاه باتری (انواع باتری‌های لیتیومی، نیکل-متال و اسید-سربی)
- آزمایشگاه ایمنی الکتریکی و لیزری اسباب بازی

- آزمایشگاه مراکز اعلام حریق ISIRI 3707
- آزمون EMC قطعات خودرو و موتور سیکلت
- آزمایشگاه تجهیزات خودرویی
- آزمایشگاه ایمنی تجهیزات الکتریکی برای اندازه‌گیری، کنترل و مصارف آزمایشگاهی IEC 61010-1, INSO 4232-1
- آزمایشگاه آزمون‌های اشتعال پذیری
- آزمایشگاه شرایط محیطی گرما، سرما، گرمای مرطوب , IEC 60068-2-1 . IEC 60068-2-2
- آزمایشگاه بردهای آسانسور INSO 6303

در ادامه برخی آزمایشگاههای زیر مجموعه این شرکت معرفی می‌گردد:

۱-۲-۳-۵- آزمونگاه باتری

این آزمایشگاه آزمونهای ایمنی و عملکرد انواع باتری و سلول ثانویه لیتیوم قابل شارژ و انواع باتری اسید سربی قابل حمل را مطابق با استانداردهای ملی شماره ۶۶۱۸، ۹۴۸۱، ۱۰۲۱۸، ۴۲۸۰ و ۲-۴۲۸۰ براساس گواهینامه تایید صلاحیت ایزو ۱۷۰۲۵ از مرکز ملی تایید صلاحیت ایران به انجام می‌رساند.

برخی از آزمونهای ایمنی و عملکرد، به شرح زیر می باشد:

- آزمونهای عملکرد دشارژ در دمای ۲۰ درجه
- آزمونهای عملکرد دشارژ در دمای ۲۰- درجه
- آزمونهای عملکرد دشارژ سریع در دمای ۲۰ درجه
- آزمونهای مقاومت داخلی
- آزمونهای تخلیه الکتروستاتیک
- آزمون شارژ پیوسته
- آزمون تنش بدنه در دمای بالا

۲-۲-۳-۵- آزمونگاه سازگاری الکترومغناطیس (EMC)

آزمایشگاه دانش‌بنیان سازگاری الکترومغناطیس (EMC) مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک در سال ۱۳۸۰ شروع به فعالیت نمود. این آزمایشگاه قابلیت پوشش تمامی آزمون‌ها و الزامات سازگاری الکترومغناطیسی در تمامی حوزه‌های تجهیزات و ادوات الکترونیکی مطابق با استانداردهای بین‌المللی و ملی را دارد.

آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیس این مرکز به عنوان مرجع اصلی آزمون کشور دارای تایید صلاحیت از سازمان‌های زیر است:

- اعتبارنامه آزمایشگاه آزمون و همکار از سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی ایران
- تایید صلاحیت و اعتبارنامه از سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی
- تایید صلاحیت آزمایشگاه آزمون طبق استاندارد ایزو ۱۷۰۲۵ از مرکز ملی تایید صلاحیت ایران
- گواهی‌نامه تایید صلاحیت آزمایشگاه کالیبراسیون طبق استاندارد ایزو ۱۷۰۲۵ از مرکز ملی تایید صلاحیت ایران
- گواهی‌نامه تایید صلاحیت به عنوان آزمایشگاه مرجع سازگاری الکترومغناطیس از سازمان غذا و دارو وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
- گواهی‌نامه تایید صلاحیت آزمایشگاه همکار آزمون از اداره کل استاندارد استان تهران
- گواهی‌نامه تایید صلاحیت آزمایشگاه همکار کالیبراسیون از اداره کل استاندارد استان تهران
- گواهی‌نامه پیاده‌سازی استاندارد ایزو ۹۰۰۱ از توف ایران
- تایید صلاحیت آزمایشگاه همکار از Nemko نروژ برای آزمون‌ها مطابق با استانداردهای بین‌المللی
- آزمایشگاه دانش‌بنیان شناخته شده از طرف معاونت علمی محترم ریاست جمهوری

۳-۲-۱-۵- آزمون‌های گسیل سازگاری الکترومغناطیسی تجهیزات فناوری اطلاعات و چندرسانه‌ای

بر این اساس آزمون‌های گسیل سازگاری الکترومغناطیس، اندازه‌گیری و مقایسه با مقادیر مرجع اختلالات ناخواسته در نظر گرفته شده در استانداردهای محصول که می‌توانند به دو صورت هدایتی و تشعشعی منتشر شوند در این آزمایشگاه بر روی محصولات انجام و به متقاضیان ارائه می‌شود.



شکل (۴-۵) آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیس مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک-۱

۴-۲-۱-۵- آزمون‌های مصونیت سازگاری الکترومغناطیسی تجهیزات فناوری اطلاعات و چند رسانه ای

این آزمون‌ها برای بررسی عدم تاثیرپذیری تجهیزات حوزه فناوری اطلاعات و چندرسانه‌ای نسبت به اختلالات الکترومغناطیس که از نوع گذرا و پایدار فرکانسی هستند، انجام می‌شود.

شکل (۵-۵) آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیس مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک-۲



۵-۲-۱-۳-۵- آزمون‌های سازگاری الکترومغناطیس تجهیزات مخابراتی رادیویی و غیررادیویی

در این آزمایشگاه آزمون‌های سازگاری الکترومغناطیس تجهیزات مخابراتی رادیویی و غیررادیویی که طیف وسیعی از تجهیزات را شامل می‌شود قابل انجام است.



شکل (۵-۶) آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیس مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک-۳

۵-۱-۳-۲-۶- آزموهای سازگاری الکترومغناطیسی تجهیزات الکتریکی پزشکی

طیف گسترده‌ای از تجهیزات الکتریکی پزشکی در حوزه کاری این آزمایشگاه قرار می‌گیرند و خدمات خیلی زیادی به طراحان و تولیدکنندگان برای مطابقت محصول با استاندارد ارائه می‌دهد



شکل (۵-۷) آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیس مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک-۴

۵-۱-۳-۲-۷- آزموهای سازگاری الکترومغناطیس لوازم خانگی

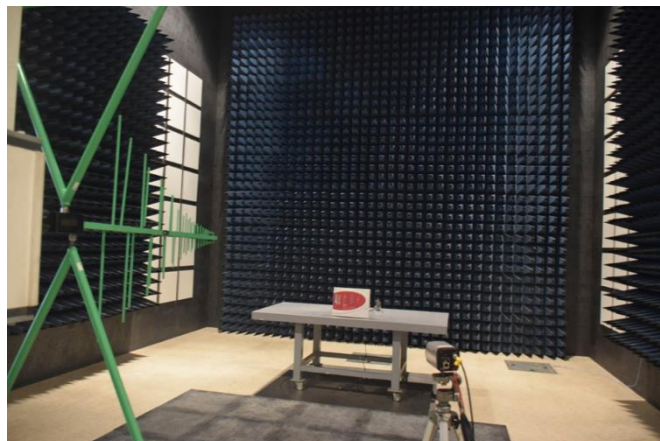
این آزمایشگاه جهت انجام آزمون‌های EMC برای تجهیزات و لوازم خانگی مطابق استانداردهای ملی و بین‌المللی فعالیت دارد و آماده ارائه خدمات به طراحان و تولیدکنندگان می‌باشد ،



شکل (۵-۸) آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیس مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک-۵

۵-۱-۳-۲-۸- آزموهای سازگاری الکترومغناطیسی تجهیزات هشداردهنده، اندازه‌گیری و آزمایشگاهی

در این آزمایشگاه تجهیزات هشداردهنده، تجهیزات اندازه‌گیری و تجهیزاتی که در آزمایشگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، به جهت حساسیت و تاثیرپذیر بودن نسبت به اختلالات الکترومغناطیسی مورد بررسی و آزمون قرار می‌گیرد.



شکل (۹-۵) آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیس مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک-۶

۵-۱-۳-۲-۹- آزمون‌های سازگاری الکترومغناطیسی تجهیزات صنعتی و صنعتی سبک

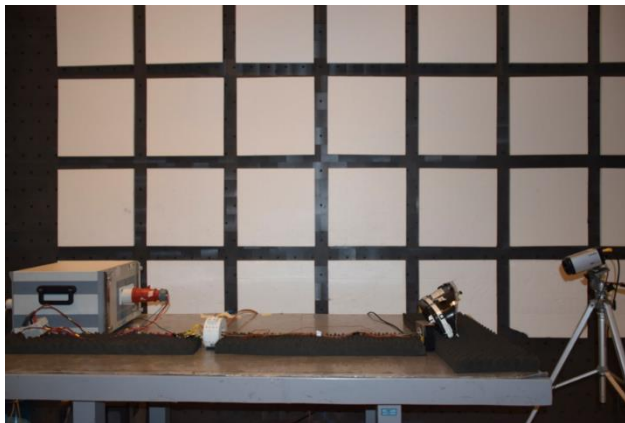
آزمایشگاه EMC مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک دارای تأیید صلاحیت برای پوشش تمامی آزمون‌های سازگاری الکترومغناطیس تجهیزات فوق را داشته که طیف گسترده‌ای از تجهیزات در گستره کاری این آزمایشگاه قرار دارند.



شکل (۱۰-۵) آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیس مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک-۷

۵-۱-۳-۲-۱۰- آزمون‌های سازگاری الکترومغناطیسی قطعات الکتریکی خودرو

هدف از این آزمایشگاه بررسی تأثیرگذاری و تأثیرپذیری الکترومغناطیسی قطعات الکتریکی نصب شده روی خودرو می باشد.



شکل (۱۱-۵) آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیس مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک-۸

۱۱-۲-۳-۱-۵- آزمایشگاه منابع تغذیه بدون وقفه (UPS)

کاربرد انواع منابع تغذیه بدون وقفه (UPS) در جامعه بسیار گسترده و متنوع است و در بسیاری از سازمانها و مراکز حساس به منظور اطمینان از ادامه دار بودن منبع تغذیه a.c. مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین اطمینان از انطباق این نوع منابع تغذیه با استانداردهای بین المللی ضروری می باشد و الزامات CE اروپا، FC-۱، UL آمریکا و INSO در ایران به همین منظور پیش بینی شده اند. استانداردهای بین المللی مربوطه در زمینه ایمنی، سازگاری الکترومغناطیسی و کارایی آنها به شرح زیر می باشند:

- IEC 62040-1 Uninterruptable Power Systems (UPS)-Part 1: General and Safety Requirements for UPS

- IEC 62040-2 Uninterruptable Power Systems (UPS)-Part 2: Electromagnetic Compatibility (EMC) Requirements for UPS

- IEC 62040-3 Uninterruptable Power Systems (UPS)-Part 3: Method of Specifying the Performance and Test Requirements for UPS

این آزمایشگاه دارنده تایید صلاحیت برای انجام آزمون طبق استانداردهای بین المللی فوق الذکر، از اداره کل استاندارد استان تهران می باشد.

۱۱-۲-۳-۱-۵- آزمایشگاه کالیبراسیون

کالیبراسیون پارامترهای الکتریکی براساس گواهینامه تایید صلاحیت ایزو ۱۷۰۲۵ از مرکز ملی تایید صلاحیت ایران انجام می گردد.

جدول (۵-۱) دامنه کاربرد تأیید صلاحیت آزمایشگاه کالیبراسیون مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک

دامنه کاربرد تأیید صلاحیت آزمایشگاه کالیبراسیون	
چهار	ولتاژ مستقیم و متناوب (حداکثر 1050 ولت)
	جریان مستقیم و متناوب (حداکثر 1000 آمپر)
	مقاومت (حداکثر 400 مگا اهم)
	فرکانس (حداکثر 10 مگاهرتز)
	اسیلوسکوپ (حداکثر 600 مگاهرتز)
اندازه گیری	ولتاژ مستقیم (حداکثر 40 کیلوولت)
	ولتاژ متناوب (حداکثر 6 کیلوولت)
	جریان مستقیم و متناوب (حداکثر 10 آمپر)
	مقاومت (حداکثر 100 مگا آمپر)
	زمان (حداکثر 900 ثانیه)



شکل (۵-۱۲) آزمایشگاه کالیبراسیون مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک

۱۳-۲-۳-۱-۵- آزمایشگاه ایمنی

در آزمایشگاه ایمنی تجهیزات فناوری اطلاعات و ارتباطات، تجهیزات الکتریکی پزشکی، وسایل صوتی-تصویری، لوازم خانگی و غیره بر طبق الزامات استانداردهای ملی و بین‌المللی مربوطه مورد ارزیابی و آزمون قرار می‌گیرند. الزامات این استانداردها با هدف حفاظت استفاده‌کنندگان، تعمیرکاران و محیط اطراف نه تنها در شرایط کار عادی تجهیزات بلکه در شرایط اشکال احتمالی، استفاده نادرست قابل پیش‌بینی، تأثیرات عوامل خارجی مانند دما، ارتفاع، آلودگی، رطوبت، اضافه ولتاژهای منبع برق، اضافه ولتاژهای شبکه‌های مخابراتی و ... می‌باشد. کاربرد استانداردهای ایمنی به منظور پیشگیری از آسیب‌های جانی یا صدمه بر اثر خطرات زیر است:

- خطرات برق گرفتگی

به منظور تامین حفاظت در برابر احتمال خطر برق گرفتگی، قسمتهای دارای جریانها و یا ولتاژهای خطرناک باید به درستی عایق بندی شده یا قسمتهایی که تماس با آنها مجاز است، باید اتصال زمین داشته باشند. قسمتهایی که میتوان با آنها تماس پیدا کرد، معمولاً دارای دو سطح حفاظت برای پیشگیری از برق گرفتگی میباشد و به این ترتیب در صورت بروز اشکال نیز خطری بوجود نخواهد آمد

- خطرات دماهای بیش از حد

حفاظت در مقابل دماهای بیش از حد برای پیشگیری از آسیدیدگی ناشی از افزایش دمای بیش از حد مجاز قسمتهای قابل دسترس که موجب سوختگی میشوند و نیز پیشگیری از آسیدیدگی عایق‌بندیها میباشد. جلوگیری از افزایش دمای قسمتهای در دسترس بیش از حد مجاز عایق بندی آنها از طریق کاهش دمای اجزا و قطعات و پیش‌بینی نشانه‌گذاری برای آگاهی کاربران است.

- خطرات آتش سوزی

آتش سوزی میتواند در نتیجه اضافه بار، خرابی قطعه، شکست عایقی، اتصال ناقص، قوس الکتریکی باشد. به منظور پیشگیری از گسترش آتشسوزی از داخل دستگاه به محیط مجاور یا صدمه زدن به محیط اطراف، از روشهایی مانند جداسازی، پرهیز از دمای بیش از حد، استفاده از مواد مقاوم در برابر آتش، استفاده از مواد مناسب دیر آتش -گیر و غیره میباشد.

- خطرات مکانیکی

خطرات مکانیکی میتواند در اثر لبه‌ها و گوشه‌های تیز، قسمتهای متحرک دارای قابلیت ایجاد آسیب، ناپایداری تجهیزات و غیره باشد. به منظور پیشگیری از خطرات مکانیکی از گرد کردن لبه‌ها و گوشه‌ها، حفاظ گذاری، فراهم نمودن پایداری کافی، نشانه گذاری برای آگاهی کاربران به کار گرفته می‌شود.

- خطرات انرژیهای خطرناک

آسیب یا آتش‌سوزی ناشی از اتصال کوتاه بین قطب‌های مجاور منابع تغذیه دارای جریان بالا یا مدارهای دارای ظرفیت خازنی بالا، می‌تواند باعث سوختگی، قوس الکتریکی و یا بیرون ریختن مواد مذاب شود و از این لحاظ خطرناک است. پیشگیری از خطرات انرژی از طریق جداسازی و پیش‌بینی قفل‌های هم -بند-ایمنی انجام می‌شود.

- تابش‌های خطرناک

آسیب وارده به کاربران و تعمیرکاران می‌تواند بدلیل تابش منتشرها از تجهیزات مانند تابشهای فرکانس رادیویی، مادون قرمز، فرابنفش، یونیزه کننده یا نورهای مرئی و با شدت بالا (لیزر) باشد. به منظور پیشگیری از این خطرات از محدود نمودن سطح انرژی منابع تابش کننده، جداسازی، پیش‌بینی قفل همبند-ایمنی و نشانه‌گذاری آگاهی دهنده استفاده می‌شود

- خطرات بکارگیری قطعات و مواد نامناسب

توصیه میشود مواد و قطعات بکار رفته در ساختار تجهیزات طوری انتخاب و بکار گرفته شوند که بطور مطمئن در عمر پیش‌بینی شده تجهیزات مورد استفاده قرار گیرند، بدون اینکه موجب ایجاد خطر شوند و در گسترش خطر آتشسوزی موثر باشند. قطعات باید طوری انتخاب شوند که در شرایط کار عادی در محدود مقادیر اسمی توسط سازنده باقی بمانند و تحت شرایط اشکال موجب ایجاد خطر نشوند.

۱۴-۲-۳-۵- تایید صلاحیت‌ها

کلیه آزمایشگاه‌های این مرکز در تهران دارای تایید صلاحیت ایزو ۱۷۰۲۵ از مرکز ملی تایید صلاحیت ایران و گواهینامه تایید صلاحیت از اداره کل استاندارد استان تهران و همچنین دارای تایید صلاحیت ایزو ۹۰۰۱ می‌باشند این مرکز دارای شعب آزمایشگاهی در بندرعباس و بندرلنگه و شیراز می‌باشد.

۵-۳-۱- آزمایشگاه سامانه‌های الکترونیکی و هوشمند جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی شریف (مرکز پدافند غیرعامل)

آزمایشگاه سامانه‌های الکترونیکی و هوشمند در سال ۱۳۹۱ با هدف کمک به تسهیل تجارت بین‌المللی و حفاظت سرمایه‌های ملی از دیدگاه پدافند غیر عامل و بهبود ایمنی و کیفیت محصولاتی که در زندگی ما با آن‌ها مواجه هستیم و با حمایت اتحادیه صنف تولیدکنندگان و تعمیرکاران لوازم الکترونیک و حفاظتی تهران تاسیس گردید. در این آزمایشگاه آزمون‌های مربوط به تأیید کیفیت تجهیزات فناوری اطلاعات انجام می‌شود. [۲۳]

این آزمایشگاه دارای گواهینامه‌های تأیید صلاحیت آزمایشگاه همکار از سازمان ملی استاندارد ایران در زمینه آزمون‌های ایمنی تجهیزات فناوری اطلاعات، سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) و تعیین معیار مصرف انرژی و همچنین گواهینامه تأیید صلاحیت آزمایشگاه همکار سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی ایران در زمینه ایمنی تجهیزات ارتباطی و فناوری اطلاعات می‌باشد.

همچنین این آزمایشگاه عضو شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو و شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی می‌باشد.

خدمات این آزمایشگاه عبارتند از:

- آزمون‌های ایمنی تجهیزات فناوری اطلاعات و ارتباطات
- آزمون‌های الزامات EMC تجهیزات فناوری اطلاعات و ارتباطات
- اندازه‌گیری مصرف انرژی انواع رایانه
- آزمون سازگاری الکترومغناطیسی روش‌های آزمون و اندازه‌گیری آزمون مصونیت در برابر پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگبار
- آزمون سازگاری الکترومغناطیسی روش‌های آزمون و اندازه‌گیری آزمون مصونیت در برابر تخلیه الکترواستاتیک
- آزمون سازگاری الکترومغناطیسی روش‌های آزمون و اندازه‌گیری آزمون مصونیت در برابر فراتاخت
- آزمون سازگاری الکترومغناطیسی روش‌های آزمون و اندازه‌گیری آزمون مصونیت درافت ولتاژ، وقفه‌های کوتاه و تغییرات ولتاژ

- آزمون سازگاری الکترومغناطیسی محدوده‌ها - محدوده هارمونیک‌های گسیلی جریان تجهیزات با جریان ورودی کمتر یا مساوی ۱۵ آمپر به ازای هر فاز
- آزمون سازگاری الکترومغناطیسی محدوده‌ها - محدودیت تغییرات ولتاژ افت و خیز ولتاژ و سوسوی ولتاژ در سامانه‌های عمومی تغذیه ولتاژ پایین برای تجهیزات با جریان اسمی کوچکتر یا مساوی ۱۵ آمپر در هر فاز بدون اتصال مشروط
- آزمون شعله سوزنی
- آزمون سیم ملتهب
- اندازه گیری میزان فیلکتر ولتاژ

۱-۳-۴- آزمایشگاه برق و الکترونیک پارک علم و فناوری استان مرکزی

- آزمایشگاه برق و الکترونیک پارک علم و فناوری استان مرکزی در سال ۱۳۸۱ با هدف ارائه خدمات آزمایشگاهی با ارزش افزوده بالا و انجام تحقیقات فناورانه در فضای آزمایشگاهی تاسیس گردید.
- خدمات قابل ارائه در این آزمایشگاه عبارتند از:
- اندازه‌گیری شدت میدان مغناطیسی
 - آنالیز اختلاف فاز الکتریکی
 - آنالیز ارتعاشات با دستگاه ارتعاش سنج VM
 - آزمون تعیین تعداد چرخش یک جسم را در یک بازه زمانی (سرعت دوران یک جسم) با دورسنج (تاکومتر)
 - خدمات مولد سیگنال
 - آزمون مقاومت زمین
 - اندازه گیری پارامترهای الکتریکی با اندازه گیر چند منظوره یا چند پارامتر (مولتی متر)
 - خدمات دستگاه اسیلوسکوپ (مشاهده سیگنال‌ها)
 - آزمون عملکرد IC با دستگاه آزمونگر IC
 - آزمون اندازه گیری مقاومت و ظرفیت خازن و سلف
 - خدمات کنترلر برنامه پذیر PLC و مینی PLC
 - خدمات تامین انواع منبع تغذیه AC و DC
 - خدمات نوشتن برنامه بر روی میکروکنترلرهای مختلف با یونیورسال پروگرامرها
 - خدمات مونتاژ قطعات و برد الکتریکی
 - آزمون اندازه گیری فرکانس سیگنال

- خدمات اندازه‌گیری توان الکتریکی با وات سنج
- خدمات اندازه‌گیری جریان الکتریکی با آمپر متر یا مولتی متر
- خدمات ساخت مدارهای الکترونیکی چند لایه با دستگاه برد مدار چاپی

برخی تجهیزات این آزمایشگاه نیز به شرح زیر می‌باشد:

- دستگاه آزمون ارتعاش
- دستگاه آمپر متر چنگکی
- دستگاه اتو ترانسفورماتور
- دستگاه اسیلوسکوپ آنالوگ
- دستگاه اسیلوسکوپ دیجیتال
- دستگاه اندازه‌گیر چند منظوره دیجیتال
- دستگاه پروگرامر جامع
- دستگاه پلاتر برد مدار چاپی
- دستگاه توالی سنج فاز
- دستگاه دورسنج
- دستگاه سنجشگر اندوکتانس، ظرفیت و مقاومت الکتریکی (LCR Meter)
- دستگاه سنجشگر مقاومت زمین
- دستگاه سیستم لحیم کاری و جدا سازی
- دستگاه فرکانس شمار
- دستگاه کنترل کننده منطقی برنامه‌پذیر (PLC)
- دستگاه منبع تغذیه قابل برنامه ریزی
- دستگاه مولد تابع
- دستگاه مولد تابع دلخواه
- دستگاه مولد سیگنال فرکانس رادیویی
- دستگاه هویه هوای گرم

۵-۱-۳-۵- آزمایشگاههای شرکت صنایع گلدیران

مرکز تحقیقات و مجموعه آزمایشگاههای همکار استاندارد شرکت صنایع گلدیران، فعالیت خود را از سال ۱۳۹۰ در بخش برق و الکترونیک و با راه اندازی آزمایشگاه تلویزیون دیجیتال با هدف ارائه خدمات آزمایشگاهی در زمینه عملکرد و گیرندگی سیگنالی تلویزیونی و گیرندههای دیجیتال با کاربری سیستم DVB-T و DVB-T2 آغاز نموده است.

این مجموعه در سال ۱۳۹۲ با توسعه و راه اندازی بخشهای ایمنی، عملکرد و مصرف انرژی لوازم خانگی بر اساس استانداردهای ملی و بین المللی مربوطه دامنه فعالیتها را افزایش داده است.

این مرکز هم اکنون به عنوان آزمایشگاه دارای گواهی تأیید صلاحیت بر اساس استاندارد ISO/IEC 17025 و آزمایشگاه همکار سازمان ملی استاندارد ایران و سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی، آماده ارائه خدمات در زمینه های آزمون، مشاوره، ساخت تجهیزات و برگزاری دورههای آموزشی به واحدهای تولیدی، واردکنندگان کالا، شرکتهای بازرسی فنی و سایر متقاضیان است.

آزمایشگاههای این مجموعه بیشتر در زمینه ایمنی، عملکرد و مصرف انرژی لوازم خانگی نظیر جاروبرقی، ماشین لباسشویی و ظرف شویی، یخچال و فریزر و تلویزیون تجهیز شده اند. بعضی تجهیزات این آزمایشگاهها عبارتند از:

- دستگاه تست High Voltage برای اعمال ولتاژهای بالا جهت تستهای ایمنی
- دستگاه تست Leakage Current Test جهت اندازه گیری جریان نشت
- دستگاههای تست مقاومت در برابر رطوبت و نفوذ آب شامل IPX1, IPX4, IPX7
- دستگاه تست شعله سوزنی (Needle Flame) جهت انجام تستهای مقاومت در برابر گرما و آتش
- دستگاه تست سیم ملتهب (Glow Wire) جهت انجام تستهای مقاومت در برابر گرما و آتش
- دستگاه آزمون خمش و پیچش کابل تغذیه
- دستگاه اضافه ولتاژ گذرا جهت تست فواصل هوایی و خزشی
- اتاقک آزمون
- بارهای آزمون

دامنه کاربرد آزمونهای آزمایشگاهها عبارت اند از :

- ۱ - ایمنی وسایل برقی و مشابه مطابق استاندارد ISIRI 1562-1
 - ۲ - ایمنی جاروهای برقی خانگی مطابق استاندارد ISIRI 1562-2-2
 - ۳ - تعیین معیار مصرف انرژی و برجسب انرژی یخچال فریزر خانگی مطابق استاندارد INSO 14577
 - ۴ - عملکرد یخچال و فریزر خانگی مطابق استاندارد IS 13700
 - ۵ - ایمنی یخچال فریزر خانگی مطابق استاندارد ISIRI 1562-2-24
- آزمونهای مصرف انرژی جارو برقیهای خانگی بر اساس استانداردهای ملی شماره 1-5635 INSO و 10672 INSO می باشد. آزمونهای تخصصی مربوط به عملکرد و تعیین سطح گیرندگی و انطباق دریافت سرویسها بر اساس استانداردهای بین المللی از جمله EN 300 و 744 و EN 302 755 و IEC 62216 و همچنین استانداردها و الزامات ملی است.

۵-۱-۳-۶- آزمایشگاه شرکت اصال

شرکت فنی مهندسی اصال در سال ۱۳۶۵ تاسیس و فعالیت خود را در زمینه‌های مختلف فنی و انجام پروژه‌های گوناگون، آغاز نمود و طی سالیان گذشته در این عرصه سابقه‌ی درخشانی از آن خود کرد.

با گسترش روزافزون تولید در چرخه‌ی اقتصاد و همچنین با توجه به نیاز مبرم صنایع مختلف به منظور انجام خدمات کالیبراسیون، سرانجام این شرکت اقدام به تاسیس آزمایشگاه مرجع کالیبراسیون در بزرگترین قطب صنعتی پایتخت نمود و با اخذ استاندارد ISO/IEC ۱۷۰۲۵ به شماره ۹۳۹ از مرکز ملی تایید صلاحیت ایران در حال حاضر یکی از مجهزترین آزمایشگاه‌های مرجع در زمینه کالیبراسیون، تست، تنظیم و تعمیر می‌باشد که با بهره‌گیری از متخصصین مجرب و متعهد و برخورداری از دقیق‌ترین و به‌روزترین تجهیزات از معروف‌ترین برندهای جهانی، آمادگی ارائه خدمات به مشتریان خود در زمینه‌های مختلف صنایع خودروسازی، صنایع غذایی و داروسازی، صنایع ابزار و تجهیزات پزشکی، صنایع نفت گاز و پتروشیمی، مراکز تحقیقات صنعتی و دانشگاهی و غیره را دارد. [۲۵]

آزمایشگاه اصال دارای طیف وسیعی از خدمات کالیبراسیون، تست و اندازه‌گیری در ۱۴ کمیت مختلف: الکتریک و الکترونیک، شیمی، جرم، ابعاد، دما، رطوبت، دور، زمان، گشتاور، نیرو، کشش، فشار و خلاء، حجم، سختی فلزات و لاستیک و پلاستیک، صوت و آکوستیک می‌باشد که این طیف گسترده می‌تواند پاسخگوی بیشترین نیاز مشتریان باشد.

برخی خدمات و تجهیزات قابل ارائه این آزمایشگاه عبارتند از:

- آزمون سختی
- اتافک آزمون دما و رطوبت
- اتافک آکوستیک
- اتافک شوک حرارتی
- پاشش نمک
- سیستم اندازه‌گیری بصری

۵-۱-۳-۷- جهاد دانشگاهی دانشگاه علم و صنعت ایران

جهاد دانشگاهی علم و صنعت بعنوان نهاد عمومی غیر دولتی فعالیت خود را از سال ۱۳۵۹ با هدف بومی سازی و تولید دانش فنی در زمینه طراحی و ساخت محصولات صنعتی، ارایه خدمات تخصصی و انجام تحقیقات کاربردی مورد نیاز کشور در حوزه برق و مکانیک انجام می‌دهد.

این مجموعه با ایجاد مراکز خدمات تخصصی و گروه‌های پژوهشی برق و مکانیک توانسته است با ایجاد ارتباطات مناسب با دانشگاه‌ها و مراکز علمی و تخصصی کشور و جذب متخصصان مجرب گام‌های موثری در راستای تامین نیازهای پژوهشی، تحقیقات کاربردی، خدمات مهندسی کشور و همچنین طراحی و ساخت محصولات مورد نیاز صنعت بردارد.

۱-۷-۳-۵- مرکز مهندسی فشارقوی

مجموعه‌های آزمایشگاهی فشارقوی از جمله تجهیزات کاملاً ضروری مراکز پژوهشی، صنعتی و آموزش عالی شاغل در زمینه فشارقوی می‌باشد که در جهت درک قوانین اصولی حاکم بر فیزیک فشارقوی نظیر چگونگی وقوع تخلیه الکتریکی در محیط عایقی (اعم از هوا، گاز، مایع و جامد) و کمک به انجام بررسی و تحقیق بر روی عملکرد تجهیزات الکتریکی تحت ولتاژهای زیاد مستقیم، متناوب و موجهای ضربه کاربرد فراوانی دارند.

جهت به‌کارگیری علم مهندسی فشارقوی در کشورهای پیشرفته صنعتی، امروزه گامهای بلندی برداشته شده و موفقیت‌های مهمی کسب گردیده است و در کشور ما نیز از سال ۱۳۶۵ جهاد دانشگاهی با احساس خلاء موجود در این حیطه با توجه به توانایی‌های علمی و نیروهای مجرب خود تصمیم گرفت در این زمینه به صورت تخصصی شروع به فعالیت نماید. پژوهش در این زمینه آغاز و به یاری خداوند پس از گذشت ۷ سال اجرای طرحهای تحقیقاتی مختلف در مراحل آزمایشگاهی و نیمه صنعتی، مرکز مهندسی فشارقوی جهاد دانشگاهی موفق به ساخت مجموعه‌های آزمایشگاهی فشارقوی تا ولتاژ چهارصد کیلو ولت گردید.

انجام فعالیتهای پژوهشی در زمینه تجهیزات فشارقوی با بهره‌گیری از دانش و تجارب موجود کارشناسان ادامه یافت و امروزه امکان تولید مجموعه‌های فشارقوی شامل مولدهای AC، DC و Impulse تا ولتاژهای چند میلیون ولتی مطابق با استانداردهای پذیرفته شده بین‌المللی وجود داشته و بیش از ۱۴۰ واحد تولیدی و مرکز آموزشی از محصولات مرکز مهندسی فشار قوی در حال بهره‌برداری می‌باشند.

دستیابی به تکنولوژی ساخت عناصر و مولدهای فشارقوی این امکان را فراهم آورده است که جهاد دانشگاهی به عنوان یکی از مجموعه‌های عملی و فنی در زمینه مهندسی فشارقوی در کشور شناخته شده و به عنوان مرجعی در کنترل کیفیت تجهیزات الکتریکی فشارقوی در صنعت برق ایران ایفای نقش نماید و از این راه بتواند خدمات ارزشمندی را به صنایع مختلف کشور ارائه نماید.

خدمات قابل ارائه این آزمایشگاه به شرح زیر می‌باشد:

- انجام آزمون‌های دی الکتریک بر روی پست‌های GIS
- انجام آزمون‌های اتصال کوتاه به روش سینتیک بر روی کلیدهای فشار متوسط (31.5kA – 36kV)
- انجام آزمون‌های فرکانس قدرت تا سطح ولتاژ 800kV
- انجام آزمون‌های ضربه تا سطح ولتاژ 1800kV
- انجام آزمون‌های استقامت جریانی کوتاه مدت تا سطح 40kA
- انجام آزمون‌های تخلیه جزئی
- انجام آزمون‌های افزایش دما تا سطح 4000A
- انجام آزمون‌ها در شرایط مرطوب

تجهیزات و توانمندیهای این مرکز عبارت است از:

- تجهیزات تست: AC, DC, Impulse, Resonant & Hipot
- تجهیزات اندازه‌گیری آزمایشگاهی فشارقوی

- ارائه خدمات کنترل کیفیت و مطابقت با استاندارد تجهیزات الکتریکی
- ارائه خدمات تست در سایت (پسی_های GIS و ...)

۲-۷-۳-۵- مرکز مهندسی مبدل ها و منابع تغذیه

مرکز مهندسی مبدلها و منابع تغذیه در زمینه طراحی، مهندسی و ساخت انواع UPS و شارژر، تامین انواع باتری صنعتی و تست، احیا و جایگزینی باتری و همچنین طراحی و ساخت انواع مبدل‌های الکتریکی خاص در توان‌های مختلف فعالیت می‌نماید. زمینه‌های اصلی فعالیت این مرکز عبارتند از:

- UPS های صنعتی تک‌فاز/سه‌فاز
- شارژرهای صنعتی بدون محدودیت جریان
- منابع تغذیه بدون وقفه (AC/DC No Break System)
- سیستم انتقال برق DC (HVDC Light)
- کنترل دور موتورهای AC ولتاژ متوسط (VFD)
- UPS های نیمه‌صنعتی و اداری سه‌فاز

۳-۷-۳-۵- مرکز مهندسی ترانسفورماتورهای خاص

مرکز مهندسی ترانس رکتیفایرهای صنعتی در خصوص ارایه خدمات نصب و راه اندازی کلیه محصولات تولیدی این مرکز شامل انواع ترانسها و رکتیفایرهای صنعتی و منابع تغذیه خاص به عنوان زیر مجموعه جهاد دانشگاهی علم و صنعت فعالیت می‌کند.

زمینه‌های اصلی فعالیت این مرکز عبارتند از:

- ترانس رکتیفایرهای جریان بالای صنایع روی، مس، آلومینیوم
- ترانس رکتیفایرهای ولتاژ بالای فیلترهای الکترواستاتیک
- منابع تغذیه آبکاری
- ترانسفورماتورهای خاص صنعتی (خشک/روغنی)
- منابع تغذیه H.V به روش چند برابر کننده

۵-۳-۸- آزمایشگاه ایتراک

شرکت آزمایش و تحقیقات قطعات و مجموعه های خودرو (ایتراک) بر اساس یک تفکر راهبردی در صنعت خودروی کشور و با استناد به مصوبه ۱۵۶ ستاد سیاست‌گذاری صنعت خودرو، در سال ۱۳۷۶ تأسیس گردید. به موازات احداث و توسعه تدریجی آزمایشگاه های ایتراک، با واگذاری مدیریت آزمایشگاه های ایران خودرو در سال ۱۳۸۱ و ساپکو به این شرکت در سال ۱۳۹۲، شرکت ایتراک به عنوان بزرگترین مرکز آزمایشگاهی صنعت خودرو در کشور و نیز یکی از بزرگترین آزمایشگاههای صنعت خودرو در خاورمیانه شناخته می‌شود.

ماموریت اصلی ایتراک ارائه خدمات آزمون خودرو، مجموعه ها و قطعات آن از طریق توسعه خدمات آزمایشگاهی بر اساس نیاز و اولویتهای صنعت خودرو کشور و منطقه بوده و بر مبنای آن پیشرو بودن در ارائه خدمات آزمایشگاهی به صنایع خودرو سازی منطقه تا سال ۱۴۰۰ به عنوان آخرین چشم انداز ایتراک به تصویب رسیده که متناسب با چشم انداز گروه صنعتی ایران خودرو و صنعت خودرو کشور، و در جهت رفع نیازمندیهای آنها در زمینه های تست خودرو، مجموعه ها و قطعات آن می باشد.

یعضی آزمایشگاههای ایتراک عبارتند از: آزمایشگاه سوخت رسانی و سیالات، متالورژی، EMC، پلیمر و نساجی، ماشینهای الکتریکی، CNG، مکانیک، خودرو و همولوکیشن، ویبروآکوستیک، کالیبراسیون و اندازه‌گیری، مکانیزمها، شرایط محیطی، نورسنجی، برق و الکترونیک، مهندسی موتور و قوای محرکه، شیمی، رنگ و فرآورده‌های نفتی، ارتعاش و خستگی.

۵-۱-۳-۸-۱- آزمایشگاه EMC شرکت آزمایش و تحقیقات قطعات و مجموعه‌های خودرو(ایتراک)

آزمایشگاه EMC در ایتراک اولین آزمایشگاه تخصصی در این زمینه در حوزه صنعت خودرو کشور است که می تواند بر اساس استانداردهای مختلف بین المللی و کارخانه ای از جمله : ISO 7637 2004 / 104 / EC PSA B217090 PSA B217110 SAE J1113 ISO 10605 ECE/R10 ISIRI 6502 خدمات ارائه نماید.

آزمونهای قابل انجام در این آزمایشگاه عبارتند از:

- آزمون ایمنی و انتشار میدان های الکترومغناطیسی بر روی قطعات خودرو
- آزمون ایمنی در مقابل تخلیه الکتریسته ساکن
- آزمون ایمنی در مقابل تغییرات گذرای تغذیه
- آزمون اندازه‌گیری انتشار هدایتی الکترومغناطیسی بر روی قطعات خودرو
- آزمون اندازه‌گیری انتشار الکترومغناطیسی تشعشی در فضای باز کل خودرو

تجهیزات اصلی آیین آزمایشگاه عبارتند از:

- EMI Measuring Receiver , GTEM Cell 500
- Amplifier 1GHz -2GHz (25W)
- Amplifier 20MHz -1GHz (120W)
- Amplifier 0.01MHz -200MHz (200W)
- Bilog Antenna, 3GHz
- تجهیزات تست تخلیه الکتریسته ساکن
- تجهیزات ایجاد ولتاژهای گذرا مطابق با استانداردهای اروپایی

۵-۱-۳-۸-۲- آزمایشگاه برق و الکترونیک

آزمایشگاه برق در سال ۱۳۷۵ فعالیت خود را به منظور تست قطعات الکتریکی و الکترونیکی خودرو آغاز نموده است. ای آزمایشگاه در سال ۱۳۷۹ موفق به اخذ گواهینامه استاندارد بین المللی ISO17025 از شرکت DAP آلمان گردید و نام این آزمایشگاه را به عنوان اولین

دارنده این استاندارد در ایران به ثبت رساند. هم اکنون این آزمایشگاه با برخورداری از دستگاههای بروز و تخصصی در زمینه تست انواع قطعات برقی مربوط به انواع خودرو را در چهارچوب شش بخش زیر دارا می باشد :

۱ - بخش آزمونهای قطعات الکتریکی

۲ - بخش آزمونهای قطعات الکترونیکی

۳ - بخش آزمونهای سنسورها و قطعات برقی مرتبط با سیستم احتراق

۴- بخش آزمونهای استارت و دینام خودرو

۵ - بخش آزمونهای قطعات سیستم روشنایی خودرو

۶ - الکترونیک پیشرفته و سیستم مالتی پلکس

هر یک از این بخشها می توانند تجهیزات را در موارد زیر مورد بررسی قرار دهند.

- آزمونهای شرایط محیطی شامل مقاومت حرارتی برودتی رطوبتی . آزمون باران، شوک حرارتی
- آزمونهای عملکردی قطعات برقی ، آزمونهای دوام در شرایط مختلف محیطی
- بعضی تجهیزات اصلی عبارتند از:
- تستر انواع بلندگوی خودرو
- تستر استحکام دی الکتریک و مقاومت عایقی، سیستمهای کنترل اتوماتیک (PLC)
- تستر عملکرد استارت و دینام خودروهای سواری
- تستر انواع سنسورهای دمایی NTC و PTC
- تستر عملکرد و دوام انواع آیینهای برقی، تستر عملکرد و دوام انواع موتور شیشه بالابر برقی
- تستر عملکرد و دوام جعبه فیوز و فیوز
- تستر شبیه ساز باران و کارواش، تستر عملکرد و دوام انواع کلید
- چمبر شرایط محیطی. آون و شوک حرارتی
- بار اکتیو (CC,CR,CV,CP) و بار موتوری، منابع ولتاژ و جریان با توان زیاد

۳-۸-۱-۵- آزمایشگاه ماشینهای الکتریکی

این آزمایشگاه جهت انجام آزمونهای مختلف مطابق استانداردهای ملی، کارخانه ای و بین المللی بر روی انواع سیستمهای برف پاک کن و موتورهای الکتریکی که در صنایع خودرو و همچنین سایر صنایع سبک مورد استفاده قرار می گیرد ایجاد شده است.

بعضی آزمونهای قابل انجام در این آزمایشگاه عبارتند از:

- آزمون تعیین منحنی مشخصه ی الکترو موتورها و آلترناتورها

- آزمون دوام الکترو موتورها ، تحت بار
- آزمون شبیه سازی اثر بار گذاری مکانیزمها و مجموعهها روی الکترو موتورها
- آزمونهای دوام و عملکرد مجموعههای برف پاک کن شامل تیغه و بازویی، موتور گیر بکس و موتور
- مکانیزم

تجهیزات اصلی این آزمایشگاه عبارتند از:

- دینامومتر پودری ۵۰ نیوتن متر
- دینامومتر هیستریزیسی ۲۵ / ۳ نیوتن متر
- دینامومتر هیستریزیسی ۸۰ نیوتن میلی متر
- دینامومتر هیستریزیسی ۲۸۰ نیوتن میلی متر
- Power Analyzer
- Dynamometer Controller
- منبع تغذیه ی ۵۰۰ آمپر قابل کنترل
- نرم افزار کنترل عملکرد دینامومترها و موتورها با قابلیت کنترل دما در هشت نقطه
- استندهای دوام و عملکرد انواع مجموعههای برف پاک کن
- استند آزمون دوام هرزگردها ، تسمه سفت کنها و آلترناتورها ی خودروهای سواری

۹-۳-۱-۵- آزمایشگاههای تحقیقاتی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر دارای آزمایشگاههای متعدد تحقیقاتی است که برخی از آنها امکان ارائه خدمات آزمایشگاهی را نیز دارند. در ادامه برخی از آنها معرفی می‌گردد:

۹-۳-۱-۵-۱- آزمایشگاه الکترومغناطیس کاربردی

آزمایشگاه الکترومغناطیس کاربردی در راستای تحقیق و توسعه در زمینه‌های مختلف الکترومغناطیس کاربردی فعال است که شامل ارزیابی غیر مخرب مواد، سازگاری الکترومغناطیسی و طراحی و توسعهی آنتن‌ها می‌شود. هیئت علمی این آزمایشگاه همچنین خدمات مشاوره و مهندسی به بخش‌های مختلف صنعت ارائه می‌دهند. در ادامه توصیف مختصری از پروژه‌های تحقیقاتی فعال در این آزمایشگاه آمده است:

- آنالیز و اندازه‌گیری میدان‌های الکترومغناطیسی ناشی از تخلیه‌ی رعد و برق و اثرات آنها بر روی دستگاه‌های مختلف استفاده شده در سیستم‌های قدرت، خطوط تولید کارخانه‌ها و غیره
- آنالیز و طراحی سیستم‌های زمین کردن مناسب برای هر دو رژیم فرکانسی پایین و بالا
- آنالیز و اندازه‌گیری تابش فرکانس رادیویی ناشی از تلفن‌های همراه و اثرات زیستی آن بر بدن انسان

- آنالیز و اندازه‌گیری اعوجاج هارمونیکی در سیگنال‌های ولتاژ و جریان به وجود آمده به سبب بارهای غیرخطی در سیستم‌های قدرت
- ارزیابی غیرمخرب الکترومغناطیسی مواد با استفاده از جریان گردابی و تکنیک‌های میکروویو

۲-۹-۳-۵- الکترونیک پیشرفته ی خودرو

این آزمایشگاه در سال ۱۳۹۱ با حمایت شرکت صنایع تولیدی کروژ و با هدف انجام پژوهش‌های کاربردی و تقویت همکاری با صنایع الکترونیک خودرو راه‌اندازی شده است.

طراحی و توسعه‌ی سخت‌افزار و نرم‌افزارهای مورد استفاده در سامانه‌های نهفته‌ی الکترونیکی خودرو، توسعه‌ی سیستم عامل زمان واقعی، شبکه‌های ارتباطی، الگوریتم‌های کنترلی، الگوریتم‌های عیب‌یابی و مقاوم‌سازی به خطا، پردازش سیگنال‌های دریافتی از سنسورها و تدوین فرآیندها و استانداردها و تربیت نیروی انسانی مورد نیاز صنعت از جمله فعالیت‌های این آزمایشگاه است.

این آزمایشگاه با سایر مراکز تحقیقاتی دانشگاه نظیر پژوهشکده‌ی خودرو و پژوهشکده‌ی حمل‌ونقل هوشمند در اجرای طرح‌های تحقیقاتی در حوزه‌های مرتبط با الکترونیک خودرو مشارکت دارد.

۳-۹-۳-۵- آزمایشگاه سیستم انتقال AC انعطاف پذیر (FACTS)

بالاترین حد توسعه‌ی مربوط به تجهیزات قدرت مشغول دیکته کردن راه‌های جدید است که در آن ممکن است پایش تجهیزات سیستم نه تنها در سیستم‌های انتقال ولتاژ بالا بلکه در سیستم‌های توزیع ولتاژ پایین نیز حاصل شود. آزمایشگاه FACTS بر تحقیقات بنیادی و کاربردی پیرامون پایش دستگاه‌ها، مانند ترانسفورمرهای قدرت و همچنین میکروگریدها، متمرکز است.

یکی از آخرین جهت‌گیری‌های تحقیق این آزمایشگاه، تشخیص و مکان‌یابی نقص‌های ترانسفورمر و تشخیص آنالاین همزمان و مکان‌یابی مشکلات مکانیکی و تخلیه‌ی جزئی در ترانسفورمرهای قدرت با استفاده از امواج الکترومغناطیسی است.

تشخیص آنالاین و به موقع نقص‌ها منجر به فواید فنی و اقتصادی برای شبکه‌ها می‌شود. اخیراً یک روش آنالاین برای تشخیص تغییر شکل شعاعی سیم‌پیچی ولتاژ بالای (HV) ترانسفورمرها با استفاده از امواج الکترومغناطیسی (EMW) معرفی شده است که نام آن روش تصویربرداری رادار روزه مصنوعی (SAR) با پهنای باند فوق العاده (UWB) است. پایه‌ی این روش مقایسه‌ی صدا و تصاویر تغییر شکل یافته‌ی سیم‌پیچی‌های ترانسفورمر برای تشخیص تغییر شکل شعاعی است. تخلیه‌ی جزئی (PD)، به عنوان نقص دیگری در ترانسفورمرها، سیگنال‌هایی با فرکانس‌های فوق العاده بالا (UHF) ساطع می‌کند که شامل فرکانس‌های از ۰.۳ تا ۳ GHz می‌شود. تشخیص و مکان‌یابی PD با استفاده از آنتن‌های UHF بر روی ترانسفورمرها تست شده است. ترکیب این روش‌های مبتنی بر EMW ممکن است منجر به تشخیص و مکان‌یابی همزمان دو نقص شود. هرچند اثر متقابل این روش‌ها باید بیشتر بررسی شود.

۴-۹-۳-۵- آزمایشگاه شبیه ساز بلادرنگ سیستم های قدرت

شبیه‌سازی بلادرنگ معمولاً در بازی‌های کامپیوتری رخ می‌دهد، اما در بازارهای صنعتی نیز برای آموزش به اپراتور و تنظیم کنترلر آف‌لاین حائز اهمیت است. زبان‌های کامپیوتری مانند LabVIEW, Simulink و VisSim اجازه می‌دهند شبیه‌سازی‌های بلادرنگ این چنینی با سرعت ایجاد شوند و با نمایشگرهای صنعتی و PLCها توسط OLE برای کنترل فرایند و یا کارت‌های I/O دیجیتال و آنالوگ اتصال دارند. چند شبیه‌ساز بلادرنگ در بازار موجود است، مانند xPC Target و RT-LAB که برای سیستم‌های مکترونیک است و با استفاده از Simulink, eFPGAsim و eDRIVESim برای شبیه‌سازی الکترونیک قدرت می‌باشد و eMEGAsim, HYPERSIM و RTDS که برای شبیه‌سازی بلادرنگ شبکه‌ی برق (RTS) هستند.

۱-۳-۱۰-۵- آزمایشگاه شرکت رامالکترونیک

آزمایشگاه رامالکترونیک در سال ۱۳۸۴ به منظور انجام آزمایشات مورد نیاز شرکت رامالکترونیک تأسیس شد و نظر به تقاضا در سطح کشور و بمنظور بهره‌برداری احسن از امکانات، ارائه خدمات آزمایشگاهی برای سازمان ملی استاندارد ایران و سایر مشتریان، اکردیته (همکار اداره استاندارد) گردید. همچنین آزمایشگاه رامالکترونیک در سال ۱۳۹۲ موفق به اخذ گواهینامه تایید صلاحیت بر اساس استاندارد ISO/IEC 17025 از مرکز ملی تایید صلاحیت ایران گردید.

خدمات قابل ارائه در این آزمایشگاه عبارتند از: آزمون انواع بالاست القایی، بالاست الکترونیکی، ترانس هالوژن و ایگنیتور براساس الزامات استانداردهای ملی ایران (ISIRI) و بین‌المللی (IEC) و یا هر گونه استاندارد مورد درخواست مشتریان محترم با لحاظ الزامات آزمایشگاه. همچنین در صورت درخواست تفاسیر تخصصی نتایج آزمون و اظهار نظرات کارشناسی در مورد ویژگی محصول ارائه می‌گردد.

۱-۳-۱۱-۵- آزمایشگاه‌های دانشگاه تهران

برخی از آزمایشگاه‌های دانشگاه تهران امکان ارائه خدمات آزمایشگاهی صنعتی را نیز دارا می‌باشند. به عنوان نمونه می‌توان از آزمایشگاه‌های فشار قوی و روشنایی نام برد. در ادامه برخی از این آزمایشگاه‌ها را بررسی می‌کنیم.

۱-۳-۱۱-۵-۱- آزمایشگاه سیستم‌های فتوولتائیک

این آزمایشگاه با هدف پژوهش و ساخت سامانه‌های الکترونیک قدرت جهت استفاده از توان خورشیدی در شبکه، استفاده از ادوات الکترونیک قدرت جهت افزایش بهره‌وری شبکه قدرت و ارزیابی عملکرد سامانه‌های فتوولتائیک تجهیز و مورد بهره‌برداری قرار گرفته است.

برخی از پروژه‌های انجام‌شده و در دست اجرا در این آزمایشگاه به شرح زیر است:

- D-SSSC: با هدف مدیریت توان در شبکه توزیع و کارکردهای کنترل سیلان توان در شبکه، محدود کردن جریان اتصال کوتاه و حلقوی کردن شبکه شعاعی
- سامانه پشتیبان فتوولتائیک: با هدف استفاده از انرژی فتوولتائیک در شبکه توزیع و پدافند غیرعامل و کارکردهای تزریق توان خورشیدی در طول روز به شبکه، پیک سابی در ساعات اوج مصرف و تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز بار اضطراری بدون وقفه در شرایط قطع شبکه و وجود بحران
- نیروگاه خورشیدی متصل به شبکه ۲۰ کیلوواتی با هدف ارزیابی عملکرد سامانه‌های فتوولتائیک در شرایط اقلیمی شهر تهران، ارزیابی عملکرد آرایه‌های خورشیدی مربوط به سازندگان مختلف
- اینورتر متصل به شبکه خورشیدی TL1500
- پمپاژ آب خورشیدی
- اینورتر متصل به شبکه ۱۰ و ۲۰ کیلوواتی
- انجام آزمون تجهیزات سیستم‌های فتوولتائیک

۲-۱۱-۳-۵- آزمایشگاه الکترونیک قدرت و محرکه های الکتریکی

این آزمایشگاه با اهداف طراحی و ساخت سامانه های الکترونیک قدرت و بومی سازی روش های کنترل ژنراتور توربین های بادی مورد استفاده قرار می گیرد.

برخی از پروژه های در دست اجرا در این آزمایشگاه به شرح زیر است:

- ایستگاه آزمایشگاهی توربین بادی: ساخت ایستگاه آزمایشگاهی توربین بادی مبتنی بر ژنراتور القایی تغذیه دوگانه (DFIG) و شبیه سازی توربین بادی به منظور مطالعات کیفیت توان شبکه به منظور بررسی کیفیت توان بادی تزریقی به شبکه و بررسی برآوردن الزامات اتصال به شبکه توربین های بادی
- پروژه LFH: ارتقای سامانه کنترل دستگاه گرمایش فرکانس پایین (LFH)، ارزیابی عملکرد آن در خشک کردن ترانسفورماتورهای کشور و ارتقای سخت افزار کنترلی دستگاه برای افزایش دقت و قابلیت اطمینان در فرآیند خشک کردن عایق ترانسفورماتور
- پروژه DVR: طراحی و ساخت بازیاب دینامیکی ولتاژ (DVR) مبتنی بر اینورتر چهارساق با هدف جبران کمبود و بیشبود ولتاژهای متعادل و نامتعادل در شبکه

۳-۱۱-۳-۵- آزمایشگاه فشارقوی

این آزمایشگاه با مساحت حدود ۴۰۰ مترمربع در پردیس ۲ دانشکده فنی دانشگاه تهران قرار دارد و امکان تزریق جریان برابر با ۳۰ کیلوآمپر تک فاز و ۲۵ کیلوآمپر سه فاز بصورت دائم و ۶۰ کیلوآمپر تکفاز بصورت کوتاه مدت را دارا می باشد. ترانسفورماتور جریان بالا توسط آزمایشگاه فشارقوی دانشکده فنی دانشگاه تهران طراحی و در کارخانه ایرن ترانسفو زنجان ساخته شده است و امروز به تنها آزمایشگاه جریان قوی در کشور بدل شده است که نیاز صنعت برق را برای اطمینان از صحت عملکرد تجهیزات تامین می کند. از پروژه های مهم در خارج از محل آزمایشگاه می توان به پروژه بررسی علت سوختن ژنراتور واحد ۷ نیروگاه آبی کارون ۳، تست پست گازی فولاد مبارکه اصفهان و پست شیخ بهایی تهران اشاره کرد.

۴-۱۱-۳-۵- آزمایشگاه روشنایی فنی

آزمون های قابل انجام در آزمایشگاه روشنایی فنی به شرح زیر است:

- روشنایی سنجی و بدست آوردن منحنی پخش نور انواع چراغ ها
- اندازه گیری پارامتر های الکتریکی انواع چراغ ها
- سنجش روشنایی معابر، جاده ها و تونل ها توسط دوربین درخشندگی سنج
- اندازه گیری شارنوری انواع منابع نوری با استفاده از کره انتگرال گیر
- اندازه گیری مختصات، دمای رنگ و طیف نور انواع منابع روشنایی
- اندازه گیری ضرایب عبور و انعکاس سطوح مختلف

- انجام انواع آزمون‌های نوعی بر روی لامپ‌های کم مصرف

۵-۱-۳-۱۲-۵ شرکت بازرسی فنی نیرو گستر لیان

مجتمع آزمایشگاهی نیرو گستر لیان با هدف ارتقاء بخشیدن کیفیت کالاهای تولیدی و وارداتی، استقرار سیستم‌های کیفیت در واحدهای تولیدی، نظارت بر حسن اجرای استاندارد و تامین خواسته‌های مصرف کنندگان در خصوص کالاهای مصرفی به عنوان همکار و بازوی اجرایی و عملیاتی سازمان ملی استاندارد ایران در سال ۱۳۸۵ تاسیس گردید. این مجتمع مشتمل بر چندین آزمایشگاه میباشد که از بین آنها میتوان به موارد زیر اشاره نمود:

۵-۱-۳-۱۲-۱ سیستم‌های قدرت بدون وقفه

در این شرکت ایمنی و عملکرد دستگاه ups توسط شبیه ساز بار مصرفی در حالت‌های مقاومتی، سلفی و خازنی با قابلیت کنترل میزان توان مصرفی به صورت پلکانی به همراه تغییر زاویه ولتاژ (Cos ϕ) انجام می پذیرد.

۵-۱-۳-۱۲-۲ آزمایشگاه ویژه سازگاری الکترو مغناطیسی

تقریباً کلیه لوازم برقی در هنگام کارکرد، از خود انرژی یا امواج الکترومغناطیسی ساطع می کنند، که اگر این میزان بیش از حد مجاز استاندارد باشد بر روی موجودات دارای حیات و دیگر دستگاه‌ها اثرات مخربی می گذارد. لذا برای به دست آوردن مقادیر انرژی ساطع شده و مقایسه آن با حد استاندارد، نیاز به آزمایشگاه EMC (Electromagnetic compatibility) یا سازگاری الکترومغناطیسی بوده که مجهز به دستگاه‌های بسیار خاصی است. بخشی از این آزمایشگاه به این دستگاهها و تجهیزات اختصاص دارد.

۵-۱-۳-۱۲-۳ آزمایشگاه کولرهای گازی

این مجموعه اقدام به راه اندازی واحد آزمایشگاه ایمنی، عملکرد و رده انرژی کولرهای گازی در جنوب کشور نموده است. این واحد با سرمایه‌گذاری بیش از ۲۰ میلیارد ریال و با برنامه ریزی ۸ ماهه در مهر ماه سال ۱۳۹۵ افتتاح و راه اندازی گردید.

این شرکت به عنوان آزمایشگاه همکار استاندارد اداره کل استاندارد استان بوشهر و آزمایشگاه کولرهای گازی دارنده گواهینامه ۱۷۰۲۵ از مرکز ملی تایید صلاحیت ایران در زمینه‌های ذکر شده فعالیت می‌نماید.

۵-۱-۳-۱۳-۵ آزمایشگاه دفتر راستی آزمایی بین المللی رهگیر شهاب

شبکه آزمایشگاهی دفتر راستی آزمایی بین المللی رهگیر شهاب برای تولید کنندگان این امکان را فراهم ساخته تا در موارد مختلف زمینه صنعت برق و الکترونیک، به راحتی خدمات رسانی کند؛ همچنین می‌تواند انواع تست‌ها را در کمترین زمان ممکن و بدون مشکلات ارتباطی و حمل و نقل انجام دهد.

این آزمایشگاه قابلیت انجام استانداردهای EMC منطبق با استانداردهای IEC61000-4-2,4,5,11 و IEC61000-3-2,3 و همچنین آزمون تعیین معیار انرژی و دستورالعمل مصرف انرژی مطابق با استاندارد INSO10641-3,4 را دارد.

۵-۱-۳-۱۴-۵ آزمایشگاه‌های پژوهشگاه نیرو

یکی از راه‌های اساسی حمایت از تحقیقات کاربردی و تجاری سازی نتایج آن، وجود آزمایشگاه‌هایی است که نسبت به انجام آزمون‌های مختلف بر طبق استانداردهای ملی و بین المللی در هر کشور فعالیت می‌نمایند. وجود این آزمایشگاه‌ها، محققین و تولیدکنندگان تجهیزات صنایع مختلف را برای قرار داشتن در مسیر درست تولید و تجاری‌سازی نتایج آن پشتیبانی نموده و سبب بهبود کیفیت محصولات

می‌گردد. روند رو به رشد مصرف برق در بخش‌های مختلف، افزایش حجم تجهیزات برای توسعه شبکه‌های تولید، انتقال و توزیع برق را به دنبال داشته است، از این رو توجه به طرح‌های راه‌اندازی و گسترش آزمایشگاه‌ها و سرمایه‌گذاری در این زمینه، صنعت برق کشور را از پرداخت هزینه‌های ناشی از به کارگیری تجهیزات نامرغوب آزاد می‌سازد. در راستای ایجاد آزمایشگاه‌های مرتبط با صنعت برق و انرژی در چند سال گذشته اقدامات زیادی در پژوهشگاه نیرو صورت پذیرفته است و در این راستا در زمینه‌های مختلف آزمایشگاه‌های مورد نیاز تجهیز و راه‌اندازی شده‌اند.

۱-۱۴-۳-۵- آزمایشگاه روشنایی

آزمایشگاه روشنایی با هدف انجام آزمون‌های لازم بر روی تجهیزات صنعت روشنایی به خصوص تجهیزات مورد استفاده در روشنایی معابر، راه‌اندازی شده است و قادر به انجام آزمون‌های عملکردی و ایمنی بر روی این تجهیزات می‌باشد.

دامنه فعالیت این آزمایشگاه انجام آزمون‌های نوعی بر روی تجهیزات صنعت روشنایی از جمله انواع لامپ‌های تخلیه، چراغ‌های لامپی خیابانی، چراغ‌های LED خیابانی، ایگنیتور و بالاست می‌باشد.

۲-۱۴-۳-۵- آزمایشگاه مرجع رله و حفاظت پژوهشگاه نیرو

آزمایشگاه مرجع رله و حفاظت با هدف انجام آزمون‌های لازم بر روی رله‌های حفاظتی براساس IEC 60255 و محصولات جانبی مرتبط همچون ترانس‌های جریان راه‌اندازی شده است و قادر به انجام آزمون‌های عملکردی و تعیین دقت برای رله‌ها اولیه و ثانویه یک یا دو کمیتی می‌باشد. قابلیت‌ها و توانمندی‌های این آزمایشگاه به شرح زیر است:

۱. انجام آزمون‌های عملکردی و ثبت زمان قطع و تعیین مشخصه عملکرد رله‌های حفاظتی تک‌فاز و سه‌فاز براساس IEC 60255 شامل رله‌های ثانویه جریانی، فرکانسی، ولتاژی و جهت دار و همچنین رله‌های اولیه
۲. انجام آزمون‌های تعیین خطای فاز و خطای نسبت تبدیل بر روی ترانس‌های جریان فشار ضعیف مطابق با استاندارد IEC 60044-1
۳. انجام آزمون عملکردی فیوزهای فشار ضعیف مطابق با استاندارد IEC 60269 4
۴. انجام آزمون‌های کامل بر روی ترانس‌دیوسرها ولتاژ، جریان، توان اکتیو و راکتیو و مولتی‌ترانس‌دیوسرها براساس IEC 60688
۵. انجام آزمون‌های مقاومت عایقی و قدرت دی‌الکتریکی بر روی CTها و ترانس‌دیوسرها و رله‌ها و سایر تجهیزات مرتبط براساس IEC 60414 6
۶. آزمون نشان‌دهنده‌های آنالوگ بر اساس استاندارد IEC 60051-9 7
۷. آزمون منبع تغذیه ولتاژ ضعیف بر اساس استاندارد IEC 61204 8
۸. آزمون آلارم‌های چند پنجره بر اساس استاندارد IEC 60839-1 9
۹. آزمون باطری شارژرهای عمومی بر اساس استاندارد NEMA PE5 10
۱۰. آزمون‌های رله‌های تعمیر شده و تعیین مشخصه عملکرد واقعی و مقایسه نتایج با تنظیمات
۱۱. کالیبراسیون دستگاه‌های تستر موجود در شرکت‌های برق منطقه‌ای

۱۲. اندازه‌گیری مقاومت و امپدانس (راکتانس) در حد دقت چند میکرواهم
۱۳. اندازه‌گیری مقاومت‌های عایقی و مقاومت‌های بسیار بالا تا حداکثر مقدار ۵ تراهم
۱۴. تزریق جریان‌های AC بالا تا مقدار حداکثر ۲۰ KA تحت ولتاژ تقلیل یافته ۳ ولت
- تجهیزات مورد آزمون و استاندارد مرتبط با هر یک نیز به شرح زیر می‌باشند:

- ۱ کلید و تابلوهای فشار ضعیف (کلید فیوز) IEC 60947-3
- ۲ کلید و تابلوهای فشار ضعیف (کنتاکتور) IEC 60947-4-1
- ۳ کلید و تابلوهای فشار ضعیف (کلید اتوماتیک) IEC 60947-2
- ۴ ترانس‌های جریان براساس استاندارد IEC 60044-1
- ۵ ترانس‌دیوسرهای اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی IEC 60688
- ۶ فیوزهای فشار ضعیف (الزامات عمومی) IEC 60269
- ۷ پایه فیوزهای فشار ضعیف (الزامات عمومی) IEC 60269
- ۸ رله‌های الکتریکی اندازه‌گیر و حفاظت (آزمون‌های نوعی عمومی) IEC 60255-1
- ۹ نشان‌دهنده آنالوگ و تجهیزات جانبی آن IEC 60051-9
- ۱۰ منبع تغذیه ولتاژ ضعیف IEC 61204
- ۱۱ آلارم‌های چند پنجره IEC 60839-1-3
- ۱۲ باطری شارژرها بر اساس استاندارد NEMA PE5

تجهیزات این آزمایشگاه نیز به شرح زیر است:

- دستگاه آزمون تزریق جریان اولیه
- دستگاه اسیلوسکوپ دیجیتال
- دستگاه اندازه‌گیر سطح صدا
- دستگاه اندازه‌گیر گاز محیطی
- دستگاه دماسنج مادون قرمز
- دستگاه سنجشگر اندوکتانس، ظرفیت و مقاومت الکتریکی (LCR Meter)
- دستگاه سنجشگر ترانسفورماتور جریان (CT Analyzer)
- دستگاه سنجشگر ترانسفورماتور ولتاژ (VT Analyzer)

- دستگاه سنجشگر رله
- دستگاه سنجشگر عمر رله
- دستگاه سنجشگر گاز دودکش
- دستگاه سنجشگر مقاومت عایق
- دستگاه سنجشگر هیدروکربن گاز دودکش
- دستگاه شبیه ساز افت و قطعی لحظه ای ولتاژ
- دستگاه نمایشگر ذرات گرد و غبار محیطی

۳-۱۴-۱-۵- آزمایشگاه مرجع سنجش کیفیت پژوهشگاه نیرو

آزمایشگاه مرجع سنجش کیفیت پژوهشگاه نیرو به عنوان متولی انجام آزمون‌های نوعی و نمونه‌ای کنتورهای برق از سال ۱۳۸۲ شروع به فعالیت نموده است. این آزمایشگاه با انجام آزمون‌های نوعی، بر روی محصولات الکتریکی، الکترونیکی و مخابراتی، امکان انطباق با استانداردها را در طول طراحی و ساخت برای طراحان و تولیدکنندگان فراهم می‌کند. به منظور تکمیل آزمون‌ها و همچنین امکان پیاده‌سازی آزمون‌های کنتور هوشمند در طرح توسعه دو آزمایشگاه مجزا در سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۹ راه‌اندازی و افتتاح گردید.

تجهیزات این آزمایشگاه به شرح زیر است:

- دستگاه آزمون تخلیه الکترواستاتیک
- دستگاه آزمون کنتور
- دستگاه آزمون کنتور
- دستگاه آزمون کنتور
- دستگاه آزمون لرزش و شوک مکانیکی
- دستگاه آزمون مصونیت فرکانس رادیویی هدایتی
- دستگاه آزمون میدان مغناطیسی فرکانس قدرت
- دستگاه اتاقک خنک کننده گاز (GCC)
- دستگاه مولد امواج حلقوی
- دستگاه مولد اوج نوسانی میرا شونده
- دستگاه مولد رگبار و فراتاخت (EFT-Burst)
- آزمونهای قابل انجام در این آزمایشگاه نیز عبارتند از :

- آزمون عایقی بر اساس استاندارد IEC 61010-1

- آزمون‌های سازگاری الکترومغناطیس (EMC) شامل آزمون مصونیت در برابر تخلیه الکترواستاتیکی بر اساس IEC 61000-4-2، آزمون مصونیت در برابر پالس‌های زودگذر بر اساس IEC 61000-4-4، آزمون مصونیت در برابر امواج الکترومغناطیسی بر اساس IEC 61000-4-6 RF، آزمون مصونیت در برابر میدان مغناطیسی فرکانس قدرت بر اساس IEC 61000-4-8، آزمون مصونیت در برابر امواج اسیلاتوری گذرا بر اساس IEC 61000-4-12، آزمون مصونیت در برابر امواج اسیلاتوری میراثونده بر اساس IEC 61000-4-18
- آزمونهای سرما بر اساس IEC 60068-2-1 و گرمای خشک بر اساس IEC 60068-2-2
- آزمون‌های مکانیکال شامل آزمون لرزش مکانیکی بر اساس IEC 60068-2-6 و آزمون شوک مکانیکی IEC 60068-2-27
- آزمون‌های کنتور دیجیتال بر اساس IEC 62052-11 و IEC 62053-21,22,23

۱-۵-۳-۱-۵ مجموعه آزمایشگاه‌های مرکز تجمع، یکپارچه سازی و آزمون (AIT) سامانه‌های فضایی پژوهشگاه فضایی ایران

پژوهشگاه فضایی ایران افزون بر اجرای پروژه‌هایی در راستای وظایف محوله برای توسعه فناوری‌های فضایی در کشور، نسبت به ایجاد زیرساخت‌های لازم نیز برنامه‌ریزی و اقدام نموده است. یکی از زیرساخت‌های حیاتی مورد نظر، مرکز یکپارچه‌سازی و آزمون این پژوهشگاه است که با هدف پشتیبانی از توسعه محصولات فضایی پیش‌بینی شده تا افق ۱۴۰۴، با حمایت سازمان فضایی ایران راه‌اندازی شده است. این مرکز افزون بر پشتیبانی از توسعه محصولات فضایی، آماده ارائه خدمات آزمایشگاهی به سایر صنایع کشور از جمله صنایع هوافضایی، دریایی، هوایی، خودروسازی و مخابرات است.

این مرکز دارای ۹ آزمایشگاه و یک کارگاه ساخت و پشتیبانی آزمون است. آزمایشگاه‌های مرکز یکپارچه‌سازی و آزمون سامانه‌های فضایی عبارتند از:

- آکوستیک
- بارگذاری استاتیکی
- کنترل وضعیت
- ارتعاشات و شوک
- هم‌راستایی
- خلاء حرارتی
- خواص جرمی
- مودال
- آزمایشگاه EMC/EMI

در مرکز یکپارچه‌سازی و آزمون پژوهشگاه فضایی ایران، کارگاهی به منظور پشتیبانی از فرآیند ساخت تجهیزات و انجام آزمون‌ها، تجهیز و به بهره‌برداری رسیده است. ساخت قطعات دقیق، فیکسچرهای آزمون، عملیات مونتاژ و دیمونتاژ از جمله خدمات این کارگاه است.

علاوه بر موارد فوق در زیر مجموعه پژوهشگاه فضایی ایران امکان خدمات آزمایشگاهی متنوعی وجود دارد که موارد مرتبط در ادامه ارائه می‌شود:

۱-۱-۳-۵- آزمایشگاه باتری

این آزمایشگاه در زمینه انجام آزمون‌های باتری، تحلیل نتایج و مشاوره فعالیت دارد. گروه ذخیره‌سازهای انرژی این پژوهشگاه قادر است در ارتباط با ساخت، انجام آزمون‌ها، تحلیل نتایج و مشاوره در ارتباط با انواع مختلف باتری مانند باتری‌های روی-اکسید نقره، لیتیومی و وانادیومی با صنایع مختلف، مراکز علمی و دانشگاهی و شرکت‌ها همکاری نماید. علاوه بر این، گروه قادر به طراحی مفهومی اینگونه باتری‌ها نیز خواهد بود. از مشخصات و ویژگیهای خدمات آزمایشگاهی و فناوری باتری می‌توان موارد زیر را اشاره نمود:

۱. مشاوره در ارتباط با انتخاب نوع باتری جهت کاربردهای مختلف
 ۲. امکان‌سنجی ساخت و طراحی اجزاء مختلف انواع باتری‌ها با شدت‌های دشارژ متفاوت
 ۳. انجام آزمون‌های شارژ-دشارژ در محدوده‌های مختلف جریان و ولتاژ و ارائه نتایج مختلف از جمله ظرفیت و انرژی باتری
 ۴. بررسی قابلیت عملکرد اجزاء باتری با استفاده از آزمون‌های الکتروشیمیایی
 ۵. بررسی عوامل عدم کارکرد مناسب باتری
 ۶. طراحی سیستم تزریق الکترولیت
- همچنین از صنایع مرتبط به این آزمایشگاه و فناوری می‌توان به صنایع خودروسازی، صنایع کشتی‌سازی، صنایع هوایی و صنایع فضایی اشاره نمود.

۲-۱-۳-۵- آزمایشگاه برق، الکترونیک و مخابرات

این آزمایشگاه قادر به انجام آزمونهای اختصاصی برق، الکترونیک و مخابرات می‌باشد و از تجهیزات لازم برای انجام تستهای برق، الکترونیکی، مخابراتی، ابزار دقیق سود می‌برد و بازوی اجرایی مفیدی در کنار متخصصین برای انجام پروژه‌های فضایی، نظامی، صنعتی و مهندسی می‌باشد.

در این آزمایشگاه می‌توان تستهای زیر را انجام داد:

گروه آزمون‌های مخابرات شامل :

۱. اندازه‌گیری توان RF
۲. اندازه‌گیری توان مغناطیسی
۳. طیف‌سنجی الکترومغناطیسی،
۴. اندازه‌گیری توان نویزهای صوتی
۵. اندازه‌گیری فرکانس و توان امواج نویزی و ...

گروه آزمون‌های الکترونیک شامل :

۱. تست حرارتی
۲. آنالیزور توان

۳. اندازه‌گیری دقیق اجزای سلفی، خازنی و اهمی

۴. تست شرایط ولتاژ بالا و ...

۱-۳-۱۶-۵ آزمایشگاههای شرکت تولیدی اطمینان‌بخش

شرکت دانش بنیان اطمینان سازنده و تولید کننده درایوهای مازولار فشار ضعیف LV در همه رنجهای صنعتی و درایوهای مازولار فشار متوسط MV تا سطح ولتاژ ۱۱ کیلوولت و توان ۴/۵ مگاوات آمپر می باشد. این شرکت با دارا بودن مجموعه موتور و ژنراتور تا ۳۲۰۰ کیلووات در داخل کارخانه، عملاً امکان تست واقعی درایو در بار کامل را تا رنج مذکور فراهم نموده است.

امکانات آزمایشگاهی این شرکت شامل موارد زیر است:

- آزمایشگاه شرایط محیطی شامل حرارت، برودت، رطوبت، شرایط مه نمکی، ارتعاش در سه محور و ضربه مکانیکی
- آزمایشگاه استقامت عایقی
- آزمایشگاه عملکرد بی باری و بار نامی
- تستهای آزمایشگاهی و میدانی
- تست درایوهای فشار ضعیف

۱-۳-۱۷-۵ پژوهشکده علوم و فنون دفاعی شمال

پژوهشکده علوم و فناوری دفاعی شمال اقدام به تاسیس و راه اندازی آزمایشگاه های پیل سوختی، برق و کارگاه رانش دریایی نموده است. فعالیت های تحقیقاتی که در آزمایشگاه پیل سوختی انجام می‌شود عبارتند از :

- ساخت دستگاه تست تک سل پیل سوختی
- انجام تستها جهت بهینه سازی تک سل مورد استفاده در استک پیل سوختی
- ساخت استک محدود پیل سوختی و تست آنها
- ساخت استک انتها بسته پیل سوختی و تست آنها
- ساخت تجهیزات جانبی پیل سوختی (BOP) مورد نیاز استک
- ساخت سیستم تولید توان پیل سوختی
- ساخت سیستم های تولید هیدروژن

همچنین با توجه به امکانات موجود در کارگاه رانش دریایی در حوزه ساخت، بر روی قطعاتی کار می شود که بتوان با جوشکاری و سنگ زنی آنها را ساخت. در حوزه‌ی مونتاژ نیز قطعاتی که در کارگاه های بیرون ساخته می شوند در این کارگاه مونتاژ می‌شوند. همچنین دموونتاژ و تعمیر بعضی از دستگاه ها و قطعات مانند مونتاژ و تست محفظه ها، ساخت و مونتاژ محفظه ی باتری و در این کارگاه انجام می‌شود.

۱-۳-۱۸-۵ آزمایشگاههای دانشگاه شیراز

آزمایشگاه مرکزی دانشگاه شیراز خود به صورت یک شبکه کوچک آزمایشگاهی با آزمایشگاههای دانشگاه شیراز، مجموعه آزمایشگاههای دانشگاه هرمزگان، مجموعه آزمایشگاههای پارک علم و فناوری فارس، مجموعه آزمایشگاههای دانشگاه شهید بهشتی تهران، مجموعه

آزمایشگاههای دانشگاه صنعتی شریف، مجموعه آزمایشگاههای دانشگاه صنعتی شیراز و آزمایشگاه مشترک دانشگاه شیراز و شرکت ایتالبز (آزمایشگاه NMR) فعالیت می‌کند.

ازجمله خدمات ارائه شده توسط این مجموعه در زمینه الکترونیک قدرت، خدمات دستگاه رزونانس مغناطیس هسته ای، آزمایشگاه تونل باد حدود صوت برای اندازه‌گیری نیرو و گشتاورهای وارد به یک وسیله پرنده در سرعت‌های مختلف تا حدود صوت و ... می‌باشد.

برخی از آزمایشگاههای دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه شیراز علاوه بر فعالیتهای آموزشی، به فعالیتهای تحقیقاتی و خدماتی نیز می‌پردازند. برخی از این آزمایشگاهها در ادامه معرفی گردیده است:

۱-۱۸-۳-۵- آزمایشگاه فشار قوی

در این آزمایشگاه انواع تست‌های عایقی بر روی ادوات شبکه‌های توزیع در ولتاژهای تا ۵۰۰ کیلو ولت انجام می‌گیرد. امکانات این آزمایشگاه عبارت است از ست کامل ۱۰۰ کیلو ولت و ست کامل ۵۰۰ کیلو ولت.

۲-۱۸-۳-۵- آزمایشگاه کیفیت توان

فعالیت‌های آزمایشگاه عبارت است از ارایه مشاوره به صنایع، سازمان‌ها و ارگان‌ها در مورد کلیه موارد مرتبط با کیفیت توان، انجام انواع تست‌های استانداردهای مرتبط با کیفیت توان و نظارت بر محصول و همچنین انجام اندازه‌گیری شاخص‌های کیفیت توان. امکانات و توانایی آزمایشگاه به شرح زیر می‌باشد:

- تست ۵ کیلوولت خورشیدی
- ژنراتور گازی تک‌فاز
- ژنراتور گازی سه‌فاز
- انواع بارهای خطی و غیرخطی
- انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری پدیده‌های کیفیت توان

۳-۱۸-۳-۵- آزمایشگاه خودروهای برقی پیشرفته

این آزمایشگاه به انجام کلیه فعالیتهای تحقیقاتی مرتبط با انواع خودروهای برقی، ساخت نمونه‌های سفارشی و تعمیرات لازم بر روی خودروهای برقی به منظور بهینه‌سازی، برقی کردن خودروها و مشاوره و ساخت دستگاه‌های تست، تعمیر و نگهداری می‌پردازد. امکانات آزمایشگاه عبارتند از:

- انواع مبدل‌ها، باتری و ملزومات برقی کردن خودروها
- چندین نمونه دوچرخه، موتور سیکلت و خودروهای برقی
- چندین نمونه مبدل شارژر
- تجهیزات مانیتورینگ و کنترل مورد استفاده در خودروهای برقی
- نرم‌افزار Dspace به منظور شبیه‌سازی (HIL) خودروهای برقی

۴-۱۸-۳-۵- آزمایشگاه فشار قوی پیشرفته

فعالیت‌های آزمایشگاه عبارتند از:

- انجام آزمون‌های فشار قوی شامل:
 - تست‌های فشار قوی AC تا سطح ولتاژ ۱۰۰ کیلوولت و DC تا سطح ۱۴۰ کیلوولت
 - تست‌های فشار قوی ضربه تا سطح ولتاژ ۵۰۰ کیلوولت
 - آزمون‌های عایقی تجهیزات عایقی (بالابر عایقی خط گرم، پتوی عایق، عصای عایق و ...)
 - اندازه‌گیری تخلیه جزئی در ترانسفورماتورها، کابل‌ها و ...
 - ارایه مشاوره در کلیه زمینه‌های ساخت تجهیزات فشار قوی، بهینه‌سازی و نظارت بر ساخت
- این آزمایشگاه شامل تجهیزات زیر می‌باشد:

- ژنراتور ضربه ۵۰۰ کیلوولت تولیدی شرکت Highvolt آلمان در ابعاد صنعتی
- مولد ولتاژ AC تا سطح ۱۰۰ کیلوولت
- دستگاه اندازه‌گیری تخلیه جزئی هوشمند
- اسیلوسکوپ ۴ کاناله با پهنای باند ۲۰۰ مگاهرتز و سرعت نمونه برداری ۲ گیگاهرتز بر ثانیه
- تجهیزات فشار قوی تحقیقاتی شامل پوشینگ، CT، PT و مقره‌های متنوع
- ترانسفورماتور توزیع ۵۰۰ کیلو ولت‌آمپر دارای سربندی قابل دسترس (تحقیقاتی)

۵-۱۸-۳-۱-۵- مرکز محاسبات پیشرفته

این مرکز با دارا بودن کامپیوترهای پرسرعت، امکانات لازم را برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی در راستای اجرای برنامه‌های نرم‌افزاری پیچیده فراهم می‌کند. در تحقیقات پیشرفته اغلب نیاز به شبیه‌سازی فرآیندها و یا طراحی‌های مورد تحقیق وجود دارد که بعضاً انجام محاسبات بسیار حجیم لازم است. این مرکز برای پاسخگویی به این نیاز فعالیت می‌کند. امکانات این آزمایشگاه عبارتند از:

- دو عدد UPS با توان 5KW
- بیست عدد کامپیوتر Core i7 با حداکثر ۲۴ گیگابایت حافظه اصلی، نصب در سه عدد Rack
- هفت عدد کامپیوتر سوپر میکرو ۲۴ تا ۳۲ هسته‌ای با ۳۲ تا ۶۴ گیگابایت حافظه اصلی
- سیستم با کارت GPU از نوع تسلا نصب شده در نرم‌افزار CST
- سوئیچ‌های شبکه جهت ایجاد ارتباط کامپیوترها

۵-۱۹-۳-۱-۵- آزمایشگاه شرکت موتوژن

شرکت موتوژن با دارا بودن مجهزترین امکانات و اخذ گواهینامه استاندارد ISO/IEC17025 از موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بعنوان آزمایشگاه همکار، بخش عمده‌ای از نیازهای آزمایشگاهی صنایع منطقه و کشور را در زمینه‌های مربوطه برآورده می‌سازد. این شرکت دارای آزمایشگاهها و امکانات به شرح زیر می‌باشد:

۵-۱۹-۳-۱-۵- آزمایشگاه الکتروتکنیک

این آزمایشگاه دارای امکانات زیر می‌باشد:

- دینامومتر Mohilo برای آزمون الکتروموتورهای تکفاز و سه فاز تا ۵۵ کیلووات (حداکثر ارتفاع شفت 250mm)
- دینامومتر MS - 2821-4 برای آزمون الکتروموتورهای القایی سه فاز (3000R.P.M - 45 KW)
- دینامومتر MS - 2218-4 برای آزمون الکتروموتورهای القایی تکفاز و سه فاز با انواع شفت ۸۰ تا ۱۰۰ میلی متر (6000R.P.M - 60 KW)
- دینامومتر (3000R.P.M - 925W) برای آزمون الکتروموتورهای القایی تکفاز و سه فاز با حداکثر ارتفاع شفت ۷۱ میلی متر و توان ۱ اسب بخار

۵-۱-۳-۱۹-۲- آزمایشگاه مترولوژی و کالیبراسیون ابزارهای مکانیکی

این آزمایشگاه دارای امکانات زیر می‌باشد:

- دستگاه اندازه گیری سه بعدی C.M.M : این دستگاه با ۴۰ برنامه اندازه گیری می تواند ابعاد، تolerانس های هندسی قطعات با اشکال ساده و پیچیده را اندازه گیری نموده و نتایج را بصورت ریاضی و آماری نشان دهد.
- دستگاه اندازه گیری فرم MMQ2 : این دستگاه میزان گردی قطعات مدور را اندازه گیری میکند. علاوه بر آن، میزان لنگی شعاعی توسط این دستگاه قابل اندازه گیری است. محور اندازه گیری دستگاه از نظر هم مرکزی و هم محوری با کره ای به قطر ۵۰mm و با دقت $\mu m \pm 0.5$ میتواند تنظیم و کالیبره شود.
- دستگاه اندازه گیری زبری (صافی) سطوح: این دستگاه برای اندازه گیری پارامترهای زبری شامل $Ra, Rz, Rmax$ ، بکار می رود.
- دستگاه بزرگ نما (PH-350) : این دستگاه با چهار حالت بزرگ نمایی 5x, 10x, 20x, 50x میتواند ابعاد، زوایا و کیفیت سطح قطعات را از نظر پلیسه مورد ارزیابی قرار دهد و همچنین گام و زاویه پیچ ها و چرخ دنده ها را نیز میتوان اندازه گیری نماید.

۵-۱-۳-۱۹-۳- آزمایشگاه متالوژی

این آزمایشگاه دارای امکانات زیر می‌باشد:

- دستگاه آنالیز فلزات Quantometer , ARL – 3460 : این دستگاه به طریق طیف نشی قادر است مواد فلزی در سه پایه آهن، آلومینیوم، مس و آلیاژهای مرتبط با آنها را تجزیه نموده و درصد عناصر تشکیل دهنده را تعیین نماید .
- دستگاه اندازه گیری خواص مغناطیسی فولادهای الکتریکی (دستگاه تست اپشتین) : این دستگاه قادر است تلفات ویژه هسته و چگالی شار مغناطیسی را اندازه گیری نماید.
- دستگاه سختی سنج WOLPERT-Hardness Tester : این دستگاه با استفاده از روشهای اندازه گیری راکول ، ویکرز، برینل قادر است سختی مواد را اندازه گیری نماید.

۵-۱-۳-۱۹-۴- آزمایشگاه مواد اولیه

امکانات این آزمایشگاه به شرح زیر می‌باشد:

- دستگاه میکروسکوپ نتالوگرافی Leitz metallux : این دستگاه با بزرگ‌نمایی‌های ۵۰x, 100x, 200x, 500x, 1000x مجهز به دوربین عکسبرداری خودکار قادر است ساختمان مواد را از نظر دانه بندی، مرز دانه ها و فازهای تشکیل دهنده، مورد بررسی قرار دهد.
- تجهیزات تست روتور RQA/125/Satas 2, RQA/300/ITS : به کمک این دستگاه، پارامترهای تخلخل و وجود حباب در مواد آلومینیوم تزریق شده به روتور، زاویه پیچش، قطعی میله های آلومینیوم و کیفیت خلوص آلومینیوم مصرف شده قابل کنترل است.
- دستگاه سنجش ولتاژ فروپاشی عایق Automatic Dielectric Tester-20kv : این دستگاه برای اندازه گیری ولتاژ فروپاشی عایق سیم های لاک، سیم روپوشدار، عایق مایلار (پلی استر)، عایق های کاغذی و هر نوع مواد عایقی دیگر بکار می رود.

۵-۱۹-۳-۵- آزمایشگاه نویز و ارتعاش

این آزمایشگاه دارای امکانات زیر می‌باشد:

- ارتعاش سنج ۲۵۱۱ : برای اندازه گیری شتاب، سرعت و جابجایی ارتعاشات در گستره فرکانس ۳۰HZ-15KHZ بکار می رود.
- ترازشنج صوتی ۲۲۳۰ : این دستگاه برای اندازه گیری تراز فشار صوت و یا تراز توان صوت در گستره ۲۴-۱۳۰dB بکار می‌رود.

۵-۱۹-۳-۶- آزمایشگاه کالیبراسیون ابزارهای الکتریکی

امکانات این آزمایشگاه به شرح زیر می‌باشد:

- کالیبراتور توان Voltage and Current AC Power calibrato 9846 : این دستگاه یک منبع ولتاژ و جریان متناوب سه فاز متقارن و نامتقارن است که برای تنظیم و کالیبراسیون و تایید تجهیزات اندازه گیری الکتریکی شامل انواع وات متر، ولت متر، آمپر متر، فرکانس متر، فاز متر و سیستمهای کنترل بکار میرود.
- کالیبراتور دما و کمیت های الکتریکی Portable documenting calibrator TRX 2 : این دستگاه قادر است انواع سیستمهای کنترل دما را از طریق شبیه سازی تنظیم و کالیبره نماید.

۵-۱۹-۳-۲۰- شرکت فاراتل

این شرکت تولیدکننده UPS، برای ساخت UPS های خود از استاندارد IEC 602040 استفاده میکند. این شرکت قادر است تا استاندارد IEC 602040-2 را به طور کامل اجرا کند. به طور مثال اندازه گیری EMI در این دسته قرار می‌گیرد. استانداردهای 1-602040 و IEC 602040-3 نیز به صورت موردی اجرا می‌گردد که شامل تست ضریب توان، استفاده از بار غیر خطی و ... است. البته بخشهایی از استاندارد IEC 60950 که به طور کلی دستگاههای الکترونیک را شامل می‌شود نیز اجرا می‌گردد. برای مدلی از UPS که خروجی DC می‌دهد استاندارد IEC 602040-5 که مربوط به UPS هایی است که خروجی آنها DC است، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

از جمله تجهیزات تست موجود در این کارخانه، دستگاههای آزمایشی شرایط محیطی در دما و رطوبت متفاوت است که برای تعیین IP دستگاه و آزمون مقاومت در برابر شرایط متفاوت محیطی به کار می‌رود. آزمون شرایط محیطی می‌تواند شرایط دمایی بین ۱۵- تا ۷۰+ درجه سانتیگراد باشد.

درجه‌ی ساتی گراد را تامین کند به عنوان مثال دستگاه‌های استابلایزر ساخته شده در این کارخانه، باید IP۴۴ داشته باشند. همچنین از ویراتور برای محک دستگاه در تکانه‌های شدید، ضعف قلع کاری و اطمینان از نصب صحیح و محکم تمام قطعات دستگاه، استفاده می‌شود. یک اتاق Burn In در این شرکت وجود دارد که دما را تا ۴۰ درجه‌ی ساتی گراد بالا می‌برد و عملکرد دستگاه‌ها را در آن شرایط دمایی و به مدت ۸ ساعت مورد سنجش قرار می‌دهد. در این اتاق تعداد بسیار زیادی رک آماده به منظور تست تجهیزات بیشتر برای تولید در مقیاس بالاتر، تعبیه شده است.

آزمونهای مربوط به THD نیز در این شرکت انجام می‌شود. برخی از تستها مانند تست اتصال کوتاه نیز از نوع روتین انجام می‌شود (این در حالی است که این تست باید طبق استاندارد به صورت Type انجام شود).

برخی دستگاه‌ها توسط خود شرکت فاراتل برای تست تعدادی از دستگاه‌ها ساخته شده بود. در یک مورد نویزی که روی موج سینوسی سوار می‌شود، اندازه‌گیری و در یک حافظه‌ی جانبی ثبت می‌شد.

از دیگر بخش‌های این شرکت، اتاق رنگ است. در این بخش به اولین بخش از استاندارد مورد نیاز برای UPS پرداخته می‌شود. در این اتاق، قطعات از پیش ساخته شده‌ی بدنه‌ی UPS رنگ می‌شود. طبق استاندارد نوشته‌های روی دستگاه نباید به نحوی باشد که به سادگی پاک شوند. تست ترانسفورمرها نیز در این مجموعه با دستگاهی به نام Tester که پیچیدگی آنچنانی ندارد انجام می‌شود. این دستگاه ولتاژ خروجی، رعایت تعداد دور مورد نیاز، میزان Air Gap و ... را بررسی می‌کند و در صورت عدم وجود مشکل، چراغ سبز آن روشن می‌شود. برای رفع مشکل اثر پوستی این شرکت اقدام به خرید دستگاهی از کشور تایوان نموده است. سیم ترانسفورمر وارد این دستگاه می‌شود و دور قرقره چرخانده می‌شود. شرکت فاراتل دستگاهی ابداع کرده و ساخته است که سیم را له می‌کند و باعث حذف اثر پوستی یا کاهش آن می‌گردد.

در مرحله‌ای دیگر طبق یکی از استانداردهای بین المللی مربوط به ترانسفورمر، ترانسفورمر را به مدت سه ثانیه تحت ولتاژ ۲ کیلو ولت قرار می‌دهند. در این آزمایش هم اتصال بدنه به ترانسفورمر و هم سیم پیچهای ایزوله نسبت به یکدیگر مورد آزمون قرار می‌گیرند.

نکته‌ای که در مورد آزمایشگاههای فاراتل وجود دارد این است که بیشتر آزمایشها از نوع آزمونهای عملکردی^۱ هستند. این نوع از آزمایشها بیشتر روی خود دستگاه و اینکه آیا عملکرد دستگاه صحیح است یا نه تمرکز دارند. برای مثال برای سنجش دقیق عملکرد دستگاههای UPS یک مجموعه بار خطی با مشخصات مورد نیاز تهیه می‌شود. این بار خطی شامل چند المنت به عنوان مقاومت، تعدادی خازن و سلف است. نتیجه‌ای که با اتصال دستگاه به این بار غیر خطی حاصل می‌شود، به مطالعه‌ی رفتار آن تحت بارهای مختلف منجر خواهد شد و بنابراین دستگاه قادر خواهد بود تا بار مورد نیاز را با مواردی چون خروجی سینوسی، ضریب توان بالا و ... تامین کند.

۵-۱-۲۱- آزمایشگاه‌های دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

برخی از آزمایشگاههای دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی امکان ارائه خدمات آزمایشگاهی صنعتی را نیز دارا می‌باشند. به عنوان نمونه می‌توان از آزمایشگاه عایق‌ها و فشار قوی نام برد.

۱-۲۱-۳-۵- آزمایشگاه عایق‌ها و فشارقوی

تجهیزات این آزمایشگاه و کاربرد آنها شامل موارد زیر است:

- مجموعه تست فشارقوی مدولار سه طبقه AC-DC-Impulse به منظور تامین ولتاژ فشارقوی متناوب، مستقیم و ضربه‌ای برای استفاده در امور آموزشی یا تحقیقاتی با مشخصات فنی زیر

¹ Functional Test

ولتاژ و جریان بیشینه AC تولیدی: 16 mA-300 kV

ولتاژ و جریان بیشینه DC تولیدی: 7.5 mA-400 kV

ولتاژ بیشینه پالس ضربه تولیدی: 400 kV

- تست کیفیت روغن تجهیزات فشارقوی برای کاربرد تعیین استقامت عایقی برای عایق‌های مایع مانند روغن مورد استفاده در ترانسفورماتورها با حداکثر ولتاژ قابل اعمال 100 kV
- آنالیزگر عایقی DIANA با کاربرد اندازه‌گیری خواص عایقی بر اساس استاندارد DIN53483، اندازه‌گیری ظرفیت خازنی و ضریب تلفات عایقی (تانژانت دلتا) برای عایق‌های جامد و مایع
رنج اندازه‌گیری ظرفیت خازنی: 1 pf-2 nf
رنج اندازه‌گیری تلفات عایقی (تانژانت دلتا): 0.1-0.001
- دستگاه اندازه‌گیری تخلیه‌جزئی JDEVS TYPE ۴۱۲ با کاربرد اندازه‌گیری تخلیه‌جزئی تجهیزات مختلف مانند ترانسفورماتورها، ماشین‌های الکتریکی و...

سایر آزمایشگاههای این دانشگاه عبارتند از:

- آزمایشگاه رله و حفاظت
- آزمایشگاه کنترل توان راکتیو و ادوات FACTS
- آزمایشگاه منابع انرژی‌های تجدید پذیر
- آزمایشگاه محرکه های الکتریکی
- آزمایشگاه الکترونیک قدرت

۱-۳-۲۲- آزمایشگاه شرکت هپکو

این آزمایشگاه که در سال ۱۳۹۱ موفق به کسب نخستین گواهینامه تأیید صلاحیت آزمایشگاه همکار در استان مرکزی شده است، در زمینه تولید ماشین آلات راه‌سازی، معدنی و کشاورزی آزمایشگاه همکار اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان مرکزی است. حیطه تجهیزات حمل و نقل برقی و ماشین آلات و تجهیزات مترو و تونل (TBM و قالبهای مترو) از جمله موارد فعالیت این آزمایشگاه است.

۱-۳-۲۳- آزمایشگاه فنی شرکت صنایع روشنایی مازی نور

شرکت صنایع روشنایی مازی نور در راستای انطباق محصولات خود با استانداردهای جهانی و همچنین تضمین کارایی و کیفیت این محصولات، آزمایشگاه خود را به تجهیزات مدرن و پیشرفته، بیش از پیش، مجهز نمود که شامل موارد زیر است: تجهیزات آزمون اپتیکی برای نورسنجی چراغ‌ها و اندازه‌گیری پارامترهای نوری؛ تجهیزات آزمون مکانیکی مانند آزمون‌های ضربه، کشش، فشار و ...؛ تجهیزات آزمون الکتریکی مانند آزمون‌های ارت، مقاومت عایقی و ...؛ تجهیزات آزمون شیمیایی بر روی قطعات پلاستیکی، قطعات رنگ و آبکاری شده و ... در راستای این تلاش‌ها، در سال ۱۳۹۰ توسط سازمان ملی استاندارد ایران، شرکت مازی نور به عنوان آزمایشگاه آزمون چراغ مطابق استاندارد IEC 60598 (ISIRI 5920) شناخته شده و موفق به دریافت گواهینامه تأیید صلاحیت آزمایشگاه همکار در کشور از آن سازمان گردید.

۵-۱-۳-۲۴- مجموعه آزمایشگاههای شرکت صنایع مخابرات صایران (غدير)

مجموعه آزمایشگاههای شرکت صنایع مخابرات صایران (غدير) نیز با دارا بودن آزمایشگاههای محیطی، آزمایشگاه آزمون قطعات الکترونیک، آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیس، آزمایشگاه رنگ و آزمایشگاه آکوستیک، قادر به انجام آزمون در زمینه‌های مختلفی به ویژه آزمون‌های محیطی، دمایی، مه نمکی، IP (رطوبت، باران، غوطه‌وری، گرد و غبار)، شوک مکانیکی، ارتعاش، سقوط آزاد، تاثیرپذیری هدایتی، تاثیرپذیری تشعشعی و ... می‌باشد.

برخی از تجهیزات این آزمایشگاهها عبارتند از: چمبر دما و رطوبت در محدوده ۴۰- تا ۱۰۰+ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۱۰ تا ۹۸٪، چمبر دما در محدوده ۷۰- تا ۸۰+ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۱۰ تا ۹۰٪، چمبر باران، مه‌نمکی، گرد و غبار و ...

لازم به ذکر است که آزمایشگاههای مراکز دفاعی و نظامی از جمله آزمایشگاه دانشگاه امام حسین، دانشگاه مالک اشتر، آزمایشگاه باقرالعلوم و صنایع المهدی نیز دارای تجهیزات خوبی جهت آزمون‌های تجهیزات الکترونیک قدرت می‌باشند ولی به علت ماهیت کاری خود، سرویس‌دهی عمومی نداشته و جزئیات توانمندی‌های و اطلاعات فنی آنها در دسترس نمی‌باشد.

۵-۱-۴- بررسی چند شبکه آزمایشگاهی موجود

۵-۱-۵- ساها - سامانه آزمایشگاههای همکار آزاد - شبکه بازاریابی، تجهیز و نگهداری

آزمایشگاههای ملی

اداره کل مراکز تحقیقاتی و ارتباط با صنعت در تغییرات ساختاری سال ۱۳۹۷ در زیر مجموعه معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی تاسیس گردید. زیر مجموعه این اداره کل سه مدیریت تحت عنوان های مدیریت شبکه های آزمایشگاهی و تحقیقاتی، مدیریت ارتباط با صنعت و مدیریت پژوهش های کاربردی می باشند. مدیریت شبکه های آزمایشگاهی و تحقیقاتی با هدف استفاده بهینه از ظرفیت های موجود واحدهای دانشگاهی و همچنین تامین بخشی از هزینه های جاری دانشگاه از طریق تجاری سازی در بخش آزمایشگاه ها و کارگاه ها و راهبری طرح ساها با دو اداره زیر مجموعه تحت عنوان های اداره امور شبکه ساها و اداره ارزیابی، تجهیز آزمایشگاه ها و صدور مجوز فنی آغاز به کار کرد. از جمله راهبردهای اداره کل مراکز تحقیقاتی و ارتباط با صنعت برای تحقق اهداف یاد شده توسعه سامانه آزمایشگاه های همکار آزاد (ساها)، تعامل با شبکه های آزمایشگاهی دولتی و بخش خصوصی، تاسیس آزمایشگاه های ملی و تنظیم نظام تعرفه خدمات آزمایشگاهی و کارگاهی می باشد.

برخی از فعالیتهای جاری این مدیریت به قرار زیر می باشد:

۱. تجهیز، استاندارد سازی و ایمن سازی آزمایشگاه ها و کارگاه ها
۲. صدور مجوز فنی خرید تجهیزات و دستگاه ها
۳. توانمند سازی نیروهای متخصص شاغل در بخش آزمایشگاه ها
۴. تجاری سازی خدمات آزمایشگاه و افزایش درآمد غیر شهرییه از این بخش
۵. صدور مجوز احتساب هزینه خرید تجهیزات و دستگاه ها از محل بودجه پژوهشی
۶. ارزشیابی و رتبه بندی آزمایشگاه ها و کارگاه ها
۷. برقراری و افزایش حق فنی کارکنان بخش آزمایشگاه ها و کارگاه ها

- اداره امور شبکه و تدوین روشهای ساها دارای وظایفی به شرح زیر است:
- تدوین بخشنامه ها و شیوه نامه های مربوط به آزمایشگاه ها و کارگاه ها و طرح ساها؛
 - انجام فعالیت های مربوط به استانداردسازی و ایمن سازی آزمایشگاه ها و کارگاه ها؛
 - تهیه بانک های اطلاعاتی و انجام فعالیت های مربوط به پورتال ساها مشتمل بر تحلیل های عملیاتی، برگزاری جلسات فنی، مدیریت پورتال، مدیریت محتوا، ایجاد کاتالوگ داده های مورد نیاز و غیره؛
 - امور مربوط به تبلیغات و اطلاع رسانی و انتشار کاتالوگ های اطلاع رسانی و غیره؛
 - انجام فعالیت های مربوط به سازمان ها، شرکت ها و آزمایشگاه های بخش های دولتی و خصوصی از جمله سازمان ملی استاندارد، شبکه آزمایشگاهی فناوریهای راهبردی و غیره ؛
 - انجام امور مربوط به قراردادهای و تفاهم نامه های مربوط؛
 - برنامه ریزی، مدیریت و اجرای کارگاه های آموزشی تخصصی کوتاه مدت آزمایشگاهی و کارگاهی ساها در سطوح استانی، ملی و بین المللی؛
 - برنامه ریزی، نظارت و رسیدگی به امور مربوط به کمیته های استانی ساها؛
 - پاسخگویی به نامه های مرتبط به برنامه و بودجه ، سازمان ها و ارگان های دولتی و بخش خصوصی؛
 - تنظیم نظام تعرفه های خدمات ساها و تدوین و ابلاغ دستورالعمل های مربوطه؛
 - بسترسازی و ارایه ساز و کارهای حمایتی در جهت تاسیس شرکت های دانش بنیان با رویکرد تولید تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی، تعمیر و نگهداری، ارایه خدمات آزمایشگاهی پیشرفته و تامین قطعات و تجهیزات توسط متخصصین داخلی و انجام امور محوله؛
 - تدوین، ابلاغ و بروز رسانی آئین نامه های مربوط به ایمنی و بهداشت کار در آزمایشگاه ها و کارگاه ها بر اساس استانداردهای مربوطه؛
 - ارزیابی پرونده ها و صدور مجوز تاسیس مجتمع های آزمایشگاهی و آزمایشگاه های تحقیقاتی پیشرفته، همکار سازمان استاندارد و سایر مراجع؛
 - اجرای طرح های آمایش سرزمینی و ایجاد و بروز رسانی بانک اطلاعات صنایع استانی و ملی؛
 - تشکیل تیم های بازرسی هدفمند – دوره ای و موردی؛
 - برنامه ریزی برای بازرسی های ادواری از واحدهای دانشگاهی؛
 - هماهنگی و اعزام تیم های بازرسی های ادواری و موردی به واحدهای دانشگاهی؛
 - رسیدگی به شکایات دانشجویان، کارکنان، اساتید و سایر کاربران آزمایشگاه ها و کارگاه ها؛
 - راستایی آزمایشی اطلاعات وارد شده توسط واحدهای دانشگاهی در پورتال ساها ؛
 - نظارت بر کیفیت خدمات ساها و رضایت مندی مشتریان سامانه ؛

- نظارت بر فعالیت شرکت های دانش بنیان فعال در زمینه خدمات آزمایشگاهی و کارگاهی؛
 - نظارت بر حسن اجرای آیین نامه ها و بخش نامه های صادره؛
 - نظارت بر سطح ایمنی و بهداشت کار در آزمایشگاه ها و کارگاه ها وفق استانداردهای ملی و بین المللی از طریق اعمال سیاستهای نظارتی و کنترلی؛
 - نظارت بر حسن اجرای طرح های اقتصادی استانی و سراسری ساها؛
 - پایش شاخص های عملکردی و مالی و ارایه گزارشات مدیریتی و مالی؛
- وظایف اداره ارزیابی، تجهیز آزمایشگاه ها و صدور مجوز فنی ساها به شرح زیر مشخص شده است:
- بررسی درخواستهای خرید تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی و صدور مجوز فنی بر اساس اهداف و برنامه های مرکز و ضوابط و مقررات مربوطه؛
 - تشکیل کارگروه های تخصصی صدور مجوز فنی خرید تجهیزات و قطعات؛
 - دسته بندی درخواست های خرید تجهیزات و دستگاه های واسله و طرح آن در کارگروه های تخصصی مرتبط؛
 - ارزیابی اولیه و نیاز سنجی درخواست های خرید تجهیزات بر پایه سه مولفه ۱- طرح های توجیهی اقتصادی واحد دانشگاهی، استان و طرح های سراسری ساها ۲- نیازهای آموزشی پژوهشی واحد دانشگاهی ۳- پراکندگی تجهیزات درخواستی در شبکه ساها؛
 - ارائه خدمات مشاوره خرید و عقد قرارداد به واحدهای دانشگاهی؛
 - ارزیابی و محاسبه امتیاز پژوهشی واحدها برای ارتقا در زمینه آزمایشگاه ها و کارگاه ها؛
 - بررسی درخواست های تخصیص یا افزایش حق فنی کارکنان شاغل در بخش آزمایشگاه ها و کارگاه ها وفق ضوابط و مقررات جاری؛
 - صدور مجوزهای احتساب هزینه های خرید تجهیزات از محل بودجه پژوهشی؛
 - صدور مجوز فنی خرید تجهیزات ایمن سازی و استاندارد سازی فضاهای آزمایشگاهی؛
 - صدور مجوز فنی کالیبراسیون تجهیزات فعال و تعمیر و احیای تجهیزات غیر فعال در آزمایشگاه ها و کارگاهها؛
 - رسیدگی به امور مربوط به جابه جایی دستگاه ها؛
 - بررسی پرونده های مربوط به ساخت دستگاه ها؛
 - امور اجرایی مربوط به شرکت در نمایشگاه های تخصصی تجهیزات، فن بازار و غیره؛
 - تدوین و ابلاغ آیین نامه های مربوط به تعمیر، نگهداری و کالیبراسیون تجهیزات؛
 - نظارت بر عملکرد شرکت های داخلی و خارجی فعال در زمینه تولید، واردات و تعمیر و نگهداری تجهیزات و دستگاه ها؛

۵-۱-۶- شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی

شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی، پلتفرم به اشتراک‌گذاری دستگاه‌ها و ارائه خدمات آزمایشگاهی و حمایت از توسعه کمی و بهبود کیفی خدمات آزمایشگاهی در کشور است. باشگاه مشتریان شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی نیز برای تسهیل در دریافت خدمات ایجاد شده است و تخفیف‌های متنوعی را به اعضای هیئت علمی، دانشجویان، شرکت‌های دانش‌بنیان و صنایع کشور ارائه می‌دهد.

در این شبکه خدمات آزمایشگاه‌های متنوعی مانند حوزه فنی و مهندسی مانند مکانیک، مواد و متالورژی، برق و الکترونیک، شیمی، هوا، فضا، معدن؛ حوزه محیط زیست، کشاورزی و گیاهان دارویی، حوزه‌های زیست فناوری و پزشکی مانند داروسازی، سلول‌های بنیادی، مهندسی بافت؛ حوزه‌های علوم شناختی و مغز؛ صنایع دستی، مواد غذایی و غیره، ارائه می‌شود.

شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی در حال حاضر ۸ کارگروه تخصصی با مشارکت بیش از ۷۰۰ کارشناس و متخصص عضو دارد. همچنین شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی در راستای تعامل بیشتر میان مدیران و کارشناسان آزمایشگاه‌ها و انتقال تجارب و به اشتراک‌گذاری توانمندی‌ها و دستاوردهای آن مراکز نشست‌هایی را به صورت سالیانه در سطح مدیران و کارشناسان آزمایشگاه‌ها برگزار می‌کند.

دامنه پوشش این شبکه شامل آزمایشگاه‌های خدماتی است و آزمایشگاه‌های پژوهشی و آموزشی را شامل نمی‌شود. این شبکه علاوه بر مراکز آزمایشگاهی زیرمجموعه سازمان‌های دولتی و وزارتخانه‌های مختلف، مراکز آزمایشگاهی بخش خصوصی را نیز در بر می‌گیرد. بخش‌های آزمایشگاهی وابسته به انواع مؤسسات تحقیقاتی و آموزش عالی اعم از دانشگاه، پژوهشگاه، مرکز تحقیقاتی و مواردی از این دست، می‌توانند در این شبکه عضو شده، فعالیت نمایند.

۱-۱-۱-۱- اهداف شبکه

- بهبود کیفی و افزایش کمی خدمات آزمایشگاهی در حوزه‌های فناوری راهبردی؛
- تسهیل در دسترسی پژوهشگران و صنایع کشور به خدمات آزمایشگاهی؛
- جمع‌آوری اطلاعات جامع در مورد تعداد و نوع تجهیزات آزمایشگاهی و پراکندگی آن در سطح کشور (با هدف نیازسنجی صحیح برای توسعه توان آزمایشگاهی کشور)؛
- ارتقای دانش فنی کارشناسان آزمایشگاه‌ها از طریق آموزش و به اشتراک‌گذاری تجارب؛
- استانداردسازی فعالیت‌های آزمایشگاهی و ارائه خدمات با نتایج قابل اعتماد؛
- کمک به تکمیل توانمندی‌های آزمایشگاهی مراکز عضو در راستای نیازهای کشور.

۱-۱-۲- عضویت در شبکه

هر مرکز آزمایشگاهی دارای شرایط عضویت (بر اساس دستورالعمل عضویت شبکه)، می‌تواند درخواست عضویت خود را به دبیرخانه شبکه ارسال نماید که پس از بررسی اطلاعات و توانمندی آزمایشگاه، در صورت احراز شرایط، به عنوان عضو آزمایشی در شبکه پذیرش می‌شود.

۱-۱-۳- باشگاه مشتریان

باشگاه مشتریان شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی با تسهیل دسترسی به خدمات آزمایشگاه‌ها، به شرکت‌ها و محققان دانشگاهی کمک کرده تا بتوانند دسترسی سریع‌تر و ساده‌تری به خدمات آزمایشگاهی داشته باشند. این باشگاه برای گروه‌های مختلفی از اعضا، خود، حمایت‌های مالی ویژه‌ای در نظر گرفته است.

۱-۱-۴- ارزیابی دوره‌ای عملکرد اعضای شبکه

عملکرد مراکز عضو شبکه به صورت سالانه بر اساس سه دسته کلی مشتری‌مداری، کارکرد و همکاری شبکه‌ای سنجیده و امتیازدهی می‌شود و مراکز آزمایشگاهی بر اساس امتیاز کسب شده در این ارزیابی، رتبه‌بندی خواهند شد. این امتیازدهی و رتبه‌بندی، معیار اصلی برای حمایت از مراکز آزمایشگاهی خواهد بود.

۱-۱-۵- حمایت از مراکز عضو

با توجه به این‌که این شبکه زیرمجموعه معاونت علمی و فناوری ریاست‌جمهوری است، حمایت‌های معاونت از مراکز آزمایشگاهی، تنها در قالب عضویت در این شبکه و بر اساس دستورالعمل حمایتی شبکه صورت می‌گیرد. میزان و سقف حمایت‌ها در شبکه بر اساس امتیاز و رتبه آزمایشگاه‌ها در ارزیابی‌های دوره‌ای تعیین می‌شود.

سرفصل‌های اصلی حمایتی شبکه عبارتند از:

- حمایت از تعمیر و نگهداری، ارتقا، کالیبراسیون و تأمین قطعات برای تجهیزات موجود؛
- حمایت از برگزاری کارگاه‌ها و دوره‌های آموزشی و یا حضور کارشناسان مراکز در این دوره‌ها؛
- حمایت از ایجاد و فعالیت کارگروه‌های تخصصی دستگاهی به منظور ایجاد جریان دانش و ارتقای توانمندی کارشناسان؛
- حمایت از اخذ اعتبارنامه استاندارد ISO/IEC17025 توسط مراکز عضو شبکه؛
- حمایت از پیاده‌سازی نرم‌افزار مدیریت اطلاعات آزمایشگاهی تولید داخل کشور؛
- حمایت از خرید تجهیزات آزمایشگاهی داخلی و خارجی؛

۵-۱-۷- شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو

شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو در ابتدای سال ۱۳۸۳ با هدف ایجاد بستری مناسب برای ارائه خدمات آزمایشگاهی به محققین دانشگاهی و صنعتی و استفاده بهتر از ظرفیت‌های آزمایشگاهی کشور تشکیل شد. اعضای این شبکه متشکل از دانشگاه‌ها، پژوهشگاه و مراکز تحقیقات دولتی و خصوصی از شهرهای مختلف کشور می‌باشند که در قالب شبکه آزمایشگاهی به پژوهشگران خدمات ارائه می‌کنند.

۱-۷-۱-۵- اهداف شبکه

- امکان دسترسی آسان کلیه متخصصین و پژوهشگران کشور به توانمندی‌های آزمایشگاهی؛
- توسعه همگام زیرساخت آزمایشگاهی به موازات توسعه فناوری نانو در کشور؛
- حمایت از ساخت دستگاه‌ها آزمایشگاهی مرتبط با نانو در کشور؛
- توسعه همکاری‌های بین‌المللی در زمینه زیرساخت‌های آزمایشگاهی فناوری نانو

۲-۷-۱-۵- حمایت‌های شبکه

شبکه به صورت سالانه از آزمایشگاه‌های عضو خود در موارد زیر حمایت می‌کند:

- برگزاری و شرکت در دوره‌های آموزشی و آموزش نیروی انسانی؛
- نگهداری، تعمیرات، کالیبراسیون و ارتقای دستگاه‌ها آزمایشگاهی؛

- استقرار و اخذ گواهینامه بین‌المللی استاندارد ISO/IEC17025؛
- خرید دستگاه‌ها آزمایشگاهی داخلی و خارجی؛
- تشکیل و فعالیت کارگروه‌های تخصصی دستگاهی؛
- پیاده‌سازی سامانه نرم‌افزار مدیریت اطلاعات آزمایشگاهی.

میزان حمایت مربوط به هر آزمایشگاه براساس امتیاز و رتبه کسب شده توسط آزمایشگاه در ارزیابی‌های سالانه شبکه از عملکرد آزمایشگاه‌های عضو، تعیین می‌شود.

۳-۱-۷-۱-۵ ساخت دستگاه‌های آزمایشگاهی

حمایت از ساخت دستگاه‌ها آزمایشگاهی مرتبط با فناوری نانو، یکی از رسالت‌های شبکه آزمایشگاهی است و از سال ۱۳۸۵، چندین پروژه ساخت دستگاه‌ها آزمایشگاهی فناوری نانو را مورد حمایت قرار داده است. تا کنون چندین شرکت ایرانی سازنده دستگاه‌ها آزمایشگاهی فناوری نانو مورد حمایت قرار گرفته است که دستگاه‌های متنوعی را به‌صورت تجاری وارد بازار نموده‌اند. تعدادی از این دستگاه‌ها عبارتند از: STM, AFM, GC, VSM, PACVD, PECVD, Freeze Dryer, Electro Spinning System.

۴-۱-۷-۱-۵ مشاوره

شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو با جمع‌آوری اطلاعات گوناگون، آنها را از طریق روش‌های مختلف در اختیار اساتید، دانشجویان، پژوهشگران و مراکز پژوهشی و صنعتی قرار می‌دهد. علاوه بر انتشار اطلاعاتی همچون مشخصات آزمایشگاه‌های مختلف کشور و دستگاه‌ها مختلف آنها (بدون محدودیت کاربرد در فناوری نانو) به صورت دسته‌بندی در پایگاه اینترنتی شبکه (به نشانی: www.nanolab.ir)، خدمات مشاوره‌ای را نیز از طریق پست الکترونیکی info@nanolab.ir ارائه می‌دهد. آرایه مشاوره در زمینه ساخت و تجهیز آزمایشگاه، تعمیرات، نگهداری، کالیبراسیون و ارتقای دستگاه‌ها آزمایشگاهی، خرید دستگاه‌های جدید داخلی و خارجی و غیره نیز از طریق پست الکترونیکی انجام می‌شود.

۵-۱-۷-۱-۵ کارگروه‌های تخصصی

به منظور استفاده هرچه بیشتر از توان علمی-آزمایشگاهی موجود و همچنین افزایش جریان دانش در شبکه، برنامه ایجاد کارگروه‌های تخصصی دستگاهی تهیه گردید. هر کارگروه، از کارشناسان یک دستگاه آزمایشگاهی خاص (مثلاً TEM) تشکیل می‌شود که با هدایت یک مشاور علمی (از بین متخصصین مرتبط با آن دستگاه از مراکز عضو) و یک نفر به عنوان دبیر گروه (از بین کارشناسان آن دستگاه)، طبق دستورالعمل تشکیل و فعالیت کارگروه‌های تخصصی دستگاهی، فعالیت می‌کند. تا کنون کارگروه‌های تخصصی دستگاه‌های TEM, SPM, SEM, X-Ray تشکیل گردید است.

همچنین این شبکه با دارا بودن متخصصین باتجربه در زمینه استانداردسازی آزمایشگاه‌ها، اقدام به تشکیل کارگروه تخصصی استاندارد و کالیبراسیون نموده است. این کارگروه متشکل از ۶ نفر سرممیز بین‌المللی استاندارد ISO/IEC 17025 است که یک نفر از ایشان دبیری کارگروه را بر عهده دارد. این کارگروه در زمینه پیاده‌سازی استانداردهای لازم در آزمایشگاه‌های عضو شبکه و همچنین کالیبراسیون دستگاه‌های آزمایشگاهی و اخذ گواهینامه‌ها و اعتبارنامه‌های مختلف ملی و بین‌المللی، مشاوره‌های لازم را به شبکه و آزمایشگاه‌های عضو آن ارائه می‌کند.

۵-۱-۷-۱-۶- همکاری‌های بین‌المللی

شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو علاقه‌مند است تا با شبکه‌ها و مراکز تحقیقاتی فعال در زمینه فناوری نانو در سایر کشورها به‌ویژه منطقه خاورمیانه و کشورهای اسلامی، همکاری‌هایی را در حوزه‌های ارایه خدمات آزمایشگاهی، کالیبراسیون دستگاه‌ها و آموزش روش‌های نوین کار با دستگاه‌ها به اجرا گذارد.

۵-۱-۷-۱-۷- پایگاه اینترنتی شبکه

پایگاه اینترنتی شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو، اطلاعات لازم در زمینه توانمندی‌ها، برنامه‌ها، دستگاه‌ها و امکانات موجود و همچنین مشخصات کامل آزمایشگاه‌های عضو و غیرعضو از سراسر کشور را با دسته‌بندی‌های متنوع در اختیار علاقه‌مندان قرار می‌دهد. همچنین این پایگاه با انتشار مقاله‌های متنوع، در زمینه ارتقای دانش فنی مراجعه‌کنندگان به این پایگاه فعالیت می‌کند.

۵-۲- ارائه پیشنهاد پایه جهت تجهیز یک شبکه آزمایشگاهی مرجع الکترونیک قدرت در کشور

۵-۲-۱- مقدمه

در این فصل، با توجه به بررسی‌های انجام‌شده در گزارشات پیشین پروژه پیرامون تعداد تجهیزات الکترونیک قدرت تولیدی و وارداتی در هر سال، آزمون‌های لازم برای این تجهیزات، تجهیزات موردنیاز برای انجام این آزمون‌ها و قیمت این تجهیزات که اغلب هم وارداتی

هستند، به بررسی سناریوهای مختلف قابل اجرا برای یک آزمایشگاه مرجع تست تجهیزات الکترونیک قدرت در داخل کشور پرداخته می‌شود. سپس مراحل برنامه‌ریزی جهت دستیابی به این آزمایشگاه جامع ارائه خواهد شد.

۵-۲-۲- بررسی سناریوهای مختلف قابل اجرا برای آزمایشگاه

با توجه به کاربرد وسیع تجهیزات الکترونیک قدرت در صنایع مختلف کشور و با توجه به میزان تولید و واردات این سیستم‌ها که در گزارشات پیشین پروژه به تفصیل بیان شد، اهمیت طراحی و احداث یک آزمایشگاه مرجع مورد وثوق شرکت‌های خصوصی، ارگان‌های دولتی و حاکمیتی و سازمان ملی استاندارد برای تست تجهیزات الکترونیک قدرت تولید داخل و وارداتی از سایر کشورها، بیش از پیش به چشم می‌خورد.

ایجاد یک آزمایشگاه جامع و مستقل، با توجه به تنوع محصولات و تجهیزات الکترونیک قدرت نیاز به هزینه‌ی چندین میلیاردی دارد که با توجه به حجم تولید داخل و حجم واردات، نمی‌توان انتظار درآمد بالایی متناسب با سرمایه‌گذاری صورت گرفته داشت. لذا، احداث چنین آزمایشگاهی در وهله اول توجیه اقتصادی ندارد. از طرفی این طرح یک طرح جامع استراتژیک است تا جلوی تولید و واردات محصولات بی‌کیفیت و کم‌بازده به کشور گرفته شود. دوم اینکه از تولیدکنندگان داخلی حمایت شود و میزان واردات به کشور کاهش یابد و سوم اینکه نظارت بسیار دقیق‌تری بر روی محصولاتی که برای مصرف‌کننده یا افرادی که در کارخانجات با آن محصول سر و کار دارند خطر جانی و یا مالی دارد، اعمال شود.

پیشنهاد قابل بررسی دیگر می‌تواند استفاده از آزمایشگاه شرکت‌های خصوصی باشد. دغدغه‌ای که در این‌جا مطرح می‌شود، آن است که اگر یک شرکت خصوصی تولیدکننده آزمایشگاه خود را به چنین امری اختصاص دهد، چه تضمینی می‌توان ایجاد کرد که آن آزمایشگاه محصولات شرکت رقیب را به صورت بی‌طرفانه تحت آزمایش قرار دهد و برای آن‌ها گواهی‌نامه صادر نماید. نکته‌ی دیگر بحث محرمانگی تکنولوژی هر شرکت تولیدکننده است که طبق اصول و قواعد حرفه‌ای، تولیدکننده‌ی هر محصول دارای فناوری نمی‌تواند آن را به سادگی در اختیار رقیبش قرار دهد و خطر مهندسی معکوس و یا سوء استفاده از محصول را بپذیرد. راه حل رفع چنین دغدغه‌ای، احداث آزمایشگاه مرجع به صورت دولتی مطلق بوده است.

از طرفی با توجه به سیاست‌های اصل ۴۴ و بحث خصوصی‌سازی و کوچک‌سازی دولت، ترجیح نهادهای حاکمیتی و وزارتخانه‌ها بر این است که این آزمایشگاه مرجع کاملاً تحت نظر دولت طراحی، تأسیس و اداره نشود و مثلاً بخش نظارت بر آن و یا بخشی از حمایت مالی برای احداث یا تجهیز این آزمایشگاه بر عهده‌ی دولت باشد.

با جمع‌بندی موارد فوق می‌توان سه سناریو برای اجرا متصور شد:

- ۱- احداث یک آزمایشگاه مرجع جدید به صورت کاملاً مستقل و دولتی
- ۲- احداث یک شبکه آزمایشگاهی متشکل از آزمایشگاه‌های موجود و تجهیز آزمایشگاه‌های موجود با مشارکت بخش خصوصی و دولتی و نظارت از جانب دولت (با سهام‌داری دولت)
- ۳- احداث یک شبکه آزمایشگاهی متشکل از آزمایشگاه‌های موجود و تجهیز آزمایشگاه‌های موجود با مشارکت بخش خصوصی و دولتی و نظارت از جانب دولت (با سهام‌داری بخش خصوصی)

با جمع‌بندی مطالب فوق اعم از اهمیت استراتژیک و مالی تأسیس یک آزمایشگاه مرجع برای تجهیزات الکترونیک قدرت، تجهیزات موردنیاز، قیمت تجهیزات، نوسانات قیمت ارز، مشکلات تحریمی در واردات این تجهیزات، تعداد قابل توجه تجهیزات الکترونیک قدرت در صنعت و میزان تولید داخلی و واردات این محصولات در هر سال، می‌توان ادعا کرد که بهترین سناریو برای اجرا، سناریوی شماره‌ی

۳ است. یعنی یک شبکه آزمایشگاهی مرجع با مشارکت بخش خصوصی و دولتی احداث و یا تجهیز شود، سهام‌دار این آزمایشگاه همان شرکت خصوصی باشد و نظارت بر حسن انجام آزمایش‌ها، به عنوان شخص ثالث بر عهده‌ی دولت قرار گیرد. با توجه به وجود نهاد مستقل انجمن الکترونیک قدرت در کشور، می‌توان این نهاد را به عنوان نهاد تصمیم‌گیر و سیاست‌گذار این شبکه تعیین نمود که فارغ از منافع خصوصی، آزمایشگاه‌های مشارکت‌کننده در طرح را ارزیابی و امتیازبندی نموده و عملکرد هر ساله آنها را ارزیابی نماید. پژوهشگاه نیرو نیز می‌تواند به عنوان یک نهاد دولتی در کنار انجمن الکترونیک قدرت زمینه پیاده سازی این شبکه، صحت‌گذاری بر عملکرد و استمرار عملکرد آن با کیفیت مطلوب و قابل قبول را فراهم نماید.

۳-۲-۵- تدوین مدل کسب و کار شبکه آزمایشگاهی مرجع

مدل کسب و کار پایه و اساس روش یک سازمان برای ایجاد ارزش، نحوه انتقال و کسب آن را شرح می‌دهد و می‌تواند بیان‌کننده چگونگی تبدیل ورودی‌ها (سرمایه، مواد خام و نیروی کار) به خروجی‌ها (ارزش کل کالاهای تولید شده) باشد. در مدل کسب و کار در خصوص فرصت‌ها، انتظارات، نحوه اجرا، برنامه مالی هزینه و درآمد توضیحاتی ارائه می‌شود.

۳-۲-۵-۱- روند کلی انجام آزمون

به طور کلی روند انجام آزمون شامل مراحل زیر است:

- تأیید تجهیزات و ابزار
- تأیید شرایط آزمایشگاه
- تأیید عملکرد صحیح تجهیز تحت آزمون
- اجرای آزمون
- ارزیابی نتایج آزمون

در شبکه آزمایشگاهی باید درخصوص هر یک از این موارد و متولی هر بند تصمیم‌گیری شود.

۳-۲-۵-۲- عضویت در شبکه آزمایشگاهی

هر آزمایشگاه در شبکه، یک عضو نامیده می‌شود. هر عضو با توجه به زمان ورود به شبکه و بر اساس شرایط ذکر شده در این دستورالعمل، در سطح مشخصی از انواع عضویت، طبقه‌بندی می‌شود.

سطوح عضویت در شبکه آزمایشگاهی از پایین‌ترین سطح تا بالاترین سطح، به ترتیب عبارتند از: مستعد عضویت، آزمایشی، فعال، توانمند، ممتاز و پیشرو. این سطوح بر اساس میزان خدمات دهی و بر اساس شاخصهای مشتری‌مداری و همکاری شبکه‌ای تعیین شده و در ارزیابی سالانه بازنگری می‌شوند. آزمایشگاهها در بدو ورود به صورت مستعد عضویت فعالیت می‌کنند.

۳-۲-۵-۳- ارزیابی مراکز عضو قطعی شبکه

شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی، برای ایجاد رقابتی سالم و سازنده، به منظور بهبود کیفیت خدمات آزمایشگاهی و افزایش توانمندی علمی آزمایشگاه‌های عضو خود، به‌صورت سالانه عملکرد آزمایشگاه‌های عضو را مورد ارزیابی و رتبه‌بندی قرار می‌دهد.

در این ارزیابی که براساس گزارش عملکرد ارسالی از طرف آزمایشگاه‌ها انجام می‌شود، میزان فعالیت آزمایشگاه، میزان رضایت مشتریان از آزمایشگاه (میزان مشتری‌مداری) و میزان همکاری‌های شبکه‌ای آزمایشگاه طی یک سال، به صورت دقیق بررسی می‌شود. پس از محاسبه امتیازها، آزمایشگاه‌ها براساس امتیاز کسب شده، رتبه‌بندی می‌شوند و شبکه، حمایت‌های خود را براساس این رتبه‌بندی توزیع می‌نماید.

برای پیش‌برد سیاست‌های شبکه، در هر سال، امتیاز بعضی از شاخص‌های ارزیابی تغییر داده می‌شوند تا آزمایشگاه‌ها تشویق شوند به آن مورد اهمیت بیشتری داده و به آن سمت هدایت شوند، این آیین‌نامه هر سال ویرایش شده و نسخه جدید آن در اختیار آزمایشگاه‌ها قرار می‌گیرد.

۵-۲-۴- حمایت شبکه از مراکز عضو

به منظور تشویق مراکز عضو به استفاده بهتر و بیشتر از ظرفیت‌های تجهیزاتی خود، افزایش بهره‌وری سرمایه‌گذاری‌های کشور و تسهیل انتقال دانش و تجارب آزمایشگاهی بین مراکز عضو شبکه، حمایت‌هایی به صورت سالانه از طرف شبکه به آنها پرداخت می‌شود.

باتوجه به موارد مطرح‌شده، راه‌حل جامع برای دستیابی به امکان انجام آزمون برای این گستره وسیع از تجهیزات، پیاده‌سازی شبکه آزمایشگاهی می‌باشد. در راستای تحقق این شبکه دو نکته باید مدنظر قرار گیرد: اول دستیابی به توانمندیهای تجهیزاتی و فنی انجام آزمون برای تجهیزات مختلف مدنظر در این شبکه و دوم تدوین ساختار راهبری و مدیریتی شبکه.

باتوجه به تنوع محصولات الکترونیک قدرت و اینکه در حال حاضر تقریباً برای اکثر این تجهیزات امکان انجام کامل آزمون‌ها و ارائه تاییدیه وجود ندارد، لذا باید با یک برنامه‌ریزی ساختاریافته، تجهیز و تکمیل آزمایشگاه‌های موجود در شبکه و یا افزودن آزمایشگاه‌های جدید به آن صورت پذیرد. تخصیص بودجه و یا حمایت جهت تجهیز آزمایشگاه نیز باید براساس اولویت و اهمیت تجهیزات مورد آزمون و سودآور بودن تجهیز آزمایشگاه برای آن‌ها باشد. برنامه‌ریزی به دست آمده با این اهداف، در این بخش و تحت عنوان فلوچارت اجرایی تحقق شبکه ملی آزمایشگاه‌های مرجع الکترونیک قدرت ارائه خواهد شد.

۵-۲-۴- برنامه‌ریزی تحقق شبکه آزمایشگاهی

سیاست‌ها و اقدامات مجموعه‌ای از طرح‌ها و برنامه‌های اجرایی هستند که به تحقق راهبردها و دستیابی به اهداف کمک می‌کنند. سیاست‌ها رویکردهایی جهت رفع موانع توسعه طرح هستند و اقدامات، طرح‌ها و برنامه‌هایی جهت تحقق سیاست‌ها و راهکارهایی جهت رفع موانع توسعه یک طرح هستند. در این بخش، سیاست‌ها و اقدامات موردنیاز بر اساس فهرست چالش‌ها و موانع شناسایی‌شده در مرحله قبلی پیشنهاد می‌شود.

باتوجه به گستردگی ابعاد اجرایی این شبکه آزمایشگاهی و تعداد بازیگران متنوع درگیر با آن، چالش‌های متعددی پیش روی محقق شدن این شبکه وجود دارد. لذا ضروری است که در ابتدا برنامه‌های اجرایی فنی شبکه آزمایشگاهی مشخص شده و در کنار آن اقدامات و سیاست‌های راهبردی و مدیریتی مورد نیاز برای این امر نیز مورد توجه قرار می‌گیرد.

در این بخش به ارائه این اقدامات در دو دسته اقدامات فنی و اقدامات غیرفنی و مدیریتی می‌پردازیم. اقدامات فنی در حقیقت ناظر به جنبه‌های فنی و تخصصی می‌باشند و در مقابل، اقدامات غیرفنی سیاست‌های حمایتی و پشتیبان برای ایجاد بستر مناسب تحقق طرح را در بر می‌گیرند.

۵-۲-۴-۱- سیاست‌ها و اقدامات فنی مورد نیاز برای توسعه شبکه آزمایشگاهی مرجع

در مرحله اول این پروژه شناخت و دسته‌بندی تجهیزات الکترونیک قدرت و آشنایی با ساختار و ماهیت عملکردی و استانداردهای هر تجهیز، صورت گرفت. در ادامه حجم واردات محصولات منتخب تعیین و شناسایی گردید و نظرسنجی خبرگان صنعت و دانشگاه برای تعیین اولویت راه‌اندازی آزمایشگاه‌ها انجام گرفت و نتایج تحلیل شد. براین اساس مشخص شد که در سال‌های اخیر بیشترین سهم از واردات در حوزه الکترونیک قدرت مربوط به درایور چراغ‌های LED، بالاست و تجهیزات روشنایی بوده است. این جایگاه در طی چهار سال هیچ تغییری نکرده است. با توجه به میزان بالای واردات و استفاده و درعین حال ارزان قیمت بودن این تجهیزات که گسترده‌تر شدن حوزه کاربرد آن در آینده را نیز دربر خواهد داشت، نیاز کشور در این زمینه بسیار بالا بوده و برای انجام کامل تست‌های کیفی آنها باید

برنامه‌ریزی نمود. رده‌ی دوم واردات چند سال اخیر نیز مربوط به منابع تغذیه‌ی سوئیچینگ است. این منابع دارای کاربردهای فراوان در سیستم‌های رایانه‌ای و ... می‌باشند. نکته‌ی حائز اهمیت در این بخش این است که از این مبدل‌ها در جایگاه‌های حساس از نظر امنیتی و سیاسی استفاده می‌گردد که برای اطمینان از صحت عملکرد آن‌ها، بدون انجام آزمایش‌های استاندارد مربوط، راهی وجود ندارد. این نکته در مورد مبدل‌های DC-DC که رده‌ی سوم را در اختیار داشته‌اند نیز صادق است.

نکته‌ای که باید مد نظر قرار گیرد این است که در مورد تجهیزاتی مانند منابع تغذیه بدون وقفه (UPS) و اینورترهای فتوولتائیک، علی‌رغم اینکه در حال حاضر میزان واردات و استفاده کمتر از موارد ذکر شده در بالا است، لکن در سال‌های آتی حجم استفاده از این تجهیزات به مراتب بیشتر خواهد شد. لذا باتوجه به روند رو به رشد استفاده از آن‌ها در کشور و اینکه در امر تجهیز و راه‌اندازی یک آزمایشگاه، میزان مراجعه در طول چندین سال و بازگشت سرمایه دارای اهمیت است، هم‌چنین درنظر گرفتن نوع کاربرد و اهمیت کیفیت این تجهیزات برای شبکه برق، راه‌اندازی آزمایشگاه برای آن‌ها دارای جایگاه خاصی خواهد بود. به عنوان نمونه با گسترش استفاده از سیستم‌های هوشمند در آینده‌ی نزدیک، نیاز به بسترهای it و مراکز جمع‌آوری داده برای آنها اهمیت دوچندان خواهد یافت و در نتیجه UPS و شارژرهای مورد استفاده در این مراکز نیز طی سال‌های آتی بسیار پرکاربرد خواهد شد. گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر و به ویژه صنعت خورشیدی در کشور نیز همین روند را به ما نشان می‌دهد.

این نکته به خوبی در نتایج اولویت‌بندی به دست آمده از نظرات افراد خبره قابل مشاهده است. طبق جمع‌بندی نظرات افراد خبره مبدل‌های فتوولتائیک حائز بیشترین اولویت شده است. شکل (۵-۱۳) نتیجه‌ی اولویت‌بندی محورهای مختلف آزمایشگاهی براساس نظرات خبرگان را نشان می‌دهد.

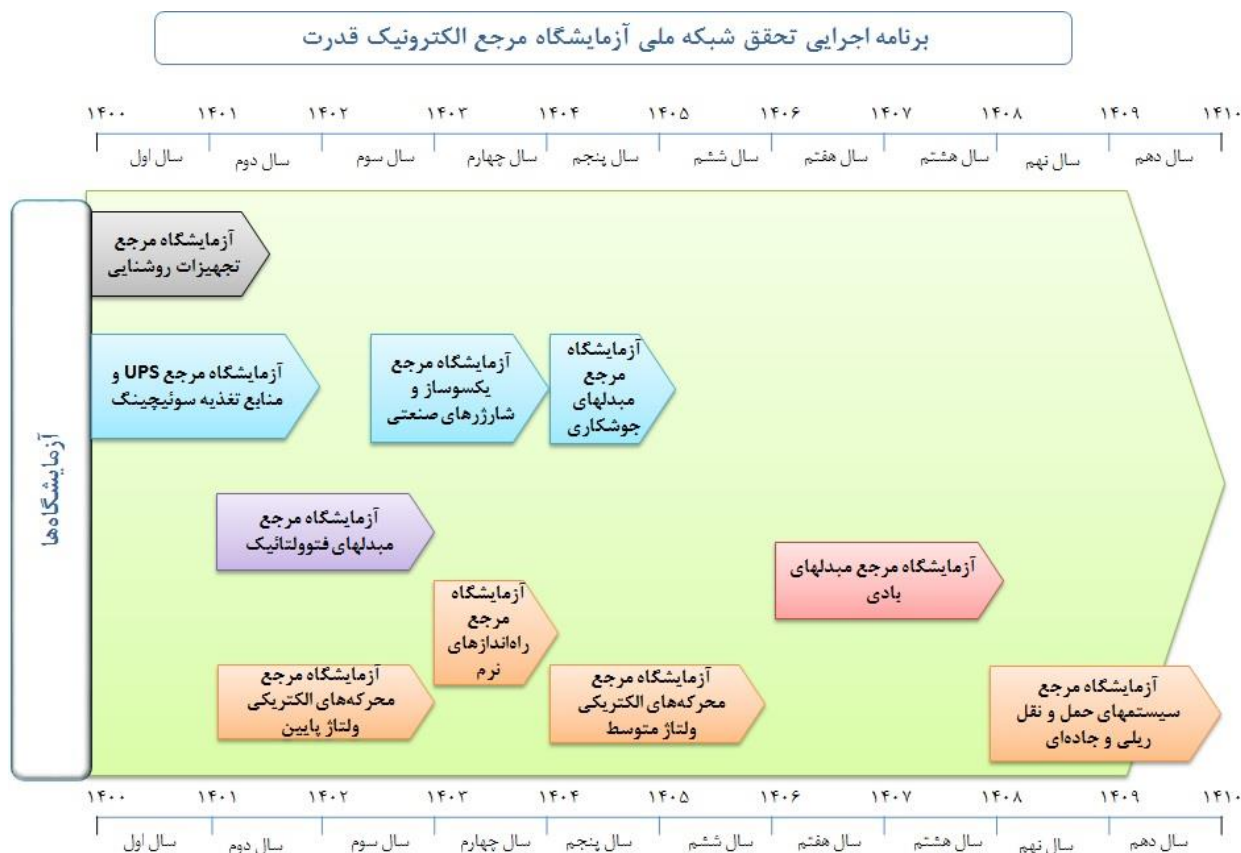


شکل (۵-۱۳) نتایج نهایی اولویت‌بندی محورهای آزمایشگاه جامع الکترونیک قدرت

بر مبنای نتایج و مطالعات و بررسی‌های آمار واردات، تولید و استفاده از تجهیزات، توانمندی‌های فعلی موجود در کشور، جمع‌بندی نظرات خبرگان و با لحاظ کردن محدودیتها و شرایط تخمینی برای بودجه و شرایط تجهیز، برنامه و راهکار تحقق شبکه آزمایشگاهی ملی پیشنهاد می‌گردد.

برنامه اجرایی راه‌اندازی و تحقق شبکه ملی آزمایشگاه مرجع الکترونیک قدرت در قالب یک برنامه ۱۰ ساله در فلوچارت اجرایی شکل (۵-۱۴) ارائه شده است. این فلوچارت اولویت و برنامه پیشنهادی تهیه‌شده مناسب برای صنعت برق کشور را نشان می‌دهد و امید است که برنامه‌ریزی‌های کلان، تخصیص بودجه‌های دولتی و هم‌چنین حمایت از بخش خصوصی جهت ورود و سرمایه‌گذاری در این حوزه، براین مبنا صورت گیرد. برای دستیابی به کیفیت در ابعاد کلان صنعت برق و داشتن بیشترین بازدهی سرمایه‌گذاری، واحدهای متولی باید بر مبنای این برنامه، امکانات تحقق راه‌اندازی این آزمایشگاهها را فراهم و حمایت نمایند.

باید توجه داشت که در این برنامه زمان‌بندی و فازبندی ارائه‌شده در فلوچارت اجرایی، تقریبی و وابسته به تامین اعتبار، شرایط تحریم و مهیا بودن شرایط خرید و دسترسی به تجهیزات و ... است.



شکل (۱۴-۵) برنامه اجرایی تحقق شبکه ملی آزمایشگاه مرجع الکترونیک قدرت

بهتر است که در فاز مطالعات تفصیلی هر آزمایشگاه و اجرای آن، برای صرفه‌جویی در هزینه و داشتن بیشترین محدوده خدمات‌دهی و مشتریان بیشتر، امکان‌سنجی دقیق خرید تجهیزات برای سرویس‌دهی همزمان به چند تجهیز الکترونیک قدرت با ساختارها و آزمونهای مشابه (با محدوده‌های توانی یا مشخصات آزمونی بعضاً متفاوت) مدنظر قرار گیرد. به عنوان مثال با تجهیز آزمایشگاه محرک‌های ولتاژ متوسط، به عنوان طرح توسعه آتی می‌توان تست تجهیزات حمل و نقل ریلی و جاده‌ای را نیز مورد بررسی قرار داد و در صورت امکان و مهیا بودن شرایط اولیه، هدف‌گذاری را بر این مبنا تعریف کرد.

برمبنای چنین توصیه‌هایی، آزمایشگاه‌هایی که در تجهیز و راه‌اندازی می‌توانند هم‌پوشانی داشته و یا در یک راستا انجام گیرند، با رنگ‌های مشابه در فلوچارت ارائه شده است تا در هنگام بررسی‌های تفصیلی، دقت نظر بیشتری روی آنها اعمال گردد.

۲-۴-۵- سیاست‌ها و اقدامات غیرفنی مورد نیاز برای توسعه شبکه آزمایشگاهی مرجع

همان‌طور که اشاره شد اقدامات غیرفنی به‌منظور رفع چالش‌ها و موانع پیش‌روی توسعه طرح پیشنهادی و تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان آن، تعیین و تدوین می‌گردند. پس از شناسایی چالش‌های توسعه شبکه آزمایشگاهی الکترونیک قدرت با استفاده از نظرات خبرگان صنعت و دانشگاه و ذی‌نفعان درگیر، در این مرحله باید بسته‌های پیشنهادی و سیاست‌های رفع این چالش‌ها را ارائه نمود. پیشنهاد‌های سیاستی مورد نظر در زیر آمده است:

- ایجاد واحد تنظیم مقررات در استاندارد وزارت نیرو به منظور مدیریت یکپارچه شبکه آزمایشگاهی، ارتباط مستمر با آزمایشگاهها، وزارت نیرو، اداره استاندارد، گمرک و ...
- وجود یک هیات ریسه مستقل برای واحد تنظیم مقررات (غیر ذی‌نفع و بدون وابستگی به ارگانی خاص که زمینه‌های مناسب برای سرمایه‌گذاری بخش خصوصی را مشخص و پیگیری نماید).
- * وجود ارتباط سازمانی این واحد با انجمن الکترونیک قدرت ایران و پژوهشگاه نیرو به عنوان ارگانهای تصمیم‌گذار و بدون منفعت مالی در این امر، جهت‌گیری مناسبی برای دوام و عملکرد صحیح آن می‌باشد.
- ایجاد ارتباط و تعامل دائم بین واحد تنظیم مقررات و آزمایشگاههای فعال با هدف به روز رسانی نیازمندیهای صنعت از یک سو و توانمندیهای آزمایشگاهها از طرف دیگر و بازنگری اولویتها و هدایت آن به سمت نیازهای ضروری و روز صنعت برق
- همکاری و تعامل واحد تنظیم مقررات با سازمان ملی استاندارد، وزارت نیرو و شورای ارزیابی صلاحیت تامین کنندگان کالا و تجهیزات تخصصی صنعت برق در راستای الزامی کردن انجام آزمون و اخذ تاییدیه داخل برای محصولات و تولیداتی که حساسیت کاربری بالایی دارند و کیفیت آنها برای شبکه حائز اهمیت بسیار است
- رایزنی با شرکت گمرک و برنامه‌ریزیهای مدیریتی درخصوص نظارت دقیق بر محصولات وارداتی
- وجود یک بخش استاندارد در واحد تنظیم مقررات جهت تدوین الزامات قانون‌گذاری و تعیین استانداردهای اجباری و نیازمندیهایی که برای انجام آزمون الزام‌آور باشد
- انجام رایزنیهای بالادستی جهت توجیه لزوم راه‌اندازی آزمایشگاههای مربوطه و الزام انجام آزمون و اخذ تاییدیه استاندارد ملی برای محصولات مرتبط
- ایجاد تعامل بین بخش استاندارد واحد تنظیم مقررات با بخش خصوصی و فراهم آوردن شرایط تشویق آنها به سرمایه‌گذاری
- ایجاد الزام انجام آزمون و ارائه تاییدیه استاندارد ملی برای محصولات وارداتی به کشور
- الزام شرکتهای داخلی به تست محصولات خود در مجموعه آزمایشگاههای مرجع داخل
- تاکید بر اهمیت و اولویت وجود آزمایشگاه در تولید محصول باکیفیت و قابل رقابت توسط سازندگان داخل (وجود آزمایشگاه برای کمک به R&D شرکتهای سازنده داخل و شناسایی نقاط ضعف و قوت و افزایش کارایی و کیفیت تجهیزات ساخت داخل، حائز اهمیت است).
- فراهم آوردن راهکار لازم برای ارائه وام‌های بلندمدت کم‌بهره به سرمایه‌گذاران از طرف وزارت نیرو با رایزنی با بانک مرکزی، صندوق توسعه ملی، حساب ذخیره ارزی و بانک صنعت و معدن و سایر ارگانهای ذی‌ربط
- هدایت هدفمند ارائه تسهیلات توسط دولت به بخش خصوصی، از طریق ارائه تسهیلات و حمایت بیشتر جهت راه‌اندازی آزمایشگاههای دارای اولویت

- طراحی و تهیه بانک جامع اطلاعاتی به عنوان فاز اول پیاده‌سازی شبکه آزمایشگاهی
- مشروعیت بخشی و برنامه‌ریزی هدفمند در راستای اعتمادسازی به محصولات تولید داخل
- اعمال و پیگیری انعطاف پذیری مدیریتی برای شرکتهای خصوصی (جهت تشویق آنها به سرمایه‌گذاری و ورود به این شبکه باتوجه به هزینه بالای تجهیزات اولیه)
- لحاظ نمودن افق دوردست منطقه در برنامه‌ریزیهای کلان و سرویس‌دهی به کشورهای همسایه
- ارتباط و تعامل با نهادهای بالادستی و حمایتی جهت اخذ حمایت‌های سالانه و اعطای آن به مراکز عضو شبکه

۵-۲-۵- مراجع

- [۱] گزارش "اولویت بندی محورهای آزمایشگاهی الکترونیک قدرت"، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی الکترونیک قدرت، ۱۳۸۹
- [2] <http://www.eepil.ir>.
- [3] <http://jdsharif.ac.ir/>
- [4] <http://www.rcii.ir/>
- [5] <http://asaltest.ir/>
- [6] <http://itrac.ir/>
- [7] <https://ece.ut.ac.ir>.
- [8] www.rsivo.com
- [9] www.astp.ir
- [10] www.nri.ac.ir
- [11] www.isrc.ac.ir
- [12] <http://www.rama-electric.com>
- [13] <http://ngl-lab.com/>
- [14] <http://itrac.ir/>
- [15] <http://etminanbakhsh.com>
- [16] <https://labsnet.ir>
- [17] <http://www.nanolab.ir/>
- [18] <https://saha.iau.ir/>
- [19] <http://www.irica.gov.ir/>

نتیجه گیری کلی

در بسیاری از کشورها آزمایشگاه متمرکزی تحت عنوان آزمایشگاه الکترونیک قدرت وجود ندارد، زیرا باتوجه به گسترش کاربرد و تنوع محصولات الکترونیک قدرت، نمی‌توان آن‌ها را در محدوده یک آزمایشگاه جمع‌بندی کرد. در واقع شبکه‌ای از آزمایشگاههای مختلف در کنار هم باید ساماندهی و هم‌راستا شوند تا بتوانند آزمون‌های مربوط به کلیه تجهیزات و ادوات الکترونیک قدرت را پوشش دهند.

در این پروژه به عنوان گام نخست در راستای تدوین طرح شبکه آزمایشگاهی مرجع الکترونیک قدرت، شناسایی و تعیین کلیه محورهای مرتبط و ساماندهی آن‌ها مورد توجه قرار گرفته است. بدین منظور کلیه ادوات الکترونیک قدرت مورد استفاده در صنعت برق و انرژی شناسایی و بسته به نوع کاربرد و ماهیت خود، در دسته‌بندی‌های مختلفی شامل: تجهیزات مورد استفاده در سطح مشترکین، تجهیزات صنعتی مورد استفاده در سطح توزیع، مبدل‌های به کار رفته در منابع تولید پراکنده، مبدل‌های به کار رفته در ذخیره‌سازها، مبدل‌های به کار رفته در سیستم‌های نیروگاهی، مبدل به کار رفته در سیستم‌های HVDC، مبدل‌های به کار رفته در ادوات سیستم‌های انتقال AC انعطاف‌پذیر و مبدل‌های به کار رفته در تجهیزات حمل و نقل الکتریکی تقسیم‌بندی شده است.

در ادامه با بررسی آمار کاربرد تجهیزات الکترونیک قدرت و تحلیل نظر خبرگان در مورد معیارهایی برای تاسیس آزمایشگاه مرجع آزمون الکترونیک قدرت، اولویت‌بندی آنها انجام شده است. طبق تحلیل، اینورترهای فتوولتائیک و تجهیزات روشنایی شامل بالاست‌های الکتریکی، درایو LED و ... از نظر خبرگان مهمترین محصولاتی هستند که برای راه‌اندازی آزمایشگاه مرجع باید آن‌ها را مورد توجه بیشتری قرار داد.

در این پروژه احداث یک شبکه آزمایشگاهی متشکل از آزمایشگاههای موجود به عنوان فاز اول اجرا و یک راهکار کوتاه‌مدت برای انجام حداکثری آزمون‌های موجود و ممکن در شرایط فعلی، پیشنهاد گردیده است. در کنار آن یک برنامه اجرایی تکمیل، راه‌اندازی و تحقق شبکه ملی آزمایشگاه مرجع الکترونیک قدرت در قالب یک برنامه ۱۰ ساله نیز ارائه شده است. این فلوجارت اولویت و برنامه پیشنهادی تهیه‌شده مناسب برای صنعت برق کشور را نشان می‌دهد و امید است که برنامه‌ریزی‌های کلان، تخصیص بودجه‌های دولتی و همچنین حمایت از بخش خصوصی جهت ورود و سرمایه‌گذاری در این حوزه، بر این مینا صورت گیرد. با توجه به گستردگی ابعاد اجرایی این شبکه آزمایشگاهی و تعداد بازیگران متنوع درگیر با آن، چالشهای متعددی پیش روی محقق شدن این شبکه وجود دارد. لذا ضروری است که در کنار برنامه‌های اجرایی فنی شبکه آزمایشگاهی مشخص شده، اقدامات و سیاست‌های راهبردی و مدیریتی مورد نیاز برای این امر نیز مورد توجه ویژه و پیگیری مستمر قرار گیرد.