ریاست جمهوری
معاونت علمی و فناوری

پژوهشگاه نیرو

تدوین استانداردهای ملی برای پیشرانه‌های خودروهای برقی



مدیر پروژه: امین بیرامی ایناللو

واحد مجری: طرح انتقال و توسعه دانش و فناوری الکتروموتورهای القایی پربازده و درایو

NRI-ER-842-PETPN07-11-00-L

DOI: 10.30503/nripress.2020.247


بسم الله الرحمن الرحيم

تدوین استاندارد ملی برای پیشرانه‌های خودرو های برقی

مدیر پروژه: امین بیرامی ایناللو

مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی پیشرفته

همکاران پروژه:

سیده مهسا هاشمی

رضا خلیل‌زاده

امیر نوری

ایمان‌اله میرزاییان

سید امیرمسعود حسینی

ارمغان علی عسکری

واحد مجری:

طرح انتقال و توسعه دانش و فناوری الکتروموتورهای القایی پربازده و درایو

انتشارات پژوهشگاه نیرو

بهمن ماه ۱۴۰۰

کد ثبت گزارش: NRI-ER-842-PETPN07-11-00-L

DOI: 10.30503/nripress.2020.247

ایران. وزارت نیرو. پژوهشگاه نیرو. طرح انتقال و توسعه دانش و فناوری الکتروموتورهای القایی پربازده و درایو

تدوین ا ستاندارد ملی برای پیشرانه‌های خودرو های برقی/ مدیر پروژه: امین بیرامی ایناللو. ویرا ستار: نازنین محمدی‌نام. کارفرما: معاونت علمی و فناوری ریا ست جمهوری- ستاد تو سعه فناوری ف ضایی و حمل و نقل پیشرفته، ۱۴۰۰.

۱۸۷ص.: مصور، نمودار، جدول

۱. هاشمی، سیده مهسا. نوری، امیر. میرزاییان، ایمان‌اله. حسینی، سید امیرمسعود. علی‌عسکری، ارمغان، همکاران پروژه. ۲. ابراهیمی‌راد، حسن، مدیر واحد مجری. ۳. مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی پیشرفته.

انتشارات پژوهشگاه نیرو

طرح انتقال و توسعه دانش و فناوری الکتروموتورهای القایی پربازده و درایو

کلیه حقوق معنوی اثر متعلق به پدیدآورندگان، کلیه حقوق مادی متعلق به معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری- ستاد توسعه فناوری فضایی و حمل و نقل پیشرفته و نشر مطالب در حدود متعارف، با ذکر منبع بلامانع است.

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

تلفن: ۹-۸۸۰۷۹۴۰۱

نمابر: ۸۸۰۷۸۲۹۶

وبگاه: *www.nri.ac.ir*

پست الکترونیک انتشارات: *publications@nri.ac.ir*

فرم تعهدنامه اصالت اثر

متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این گزارش حاصل کار پژوهشی اینجانب امین بیرامی ایناللو، مدیر پروژه تدوین استاندارد ملی برای پیشرانه‌های خودرو های برقی و همکاران به شرح زیر است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آن‌ها استفاده شده است مطابق مقررات، مورد ارجاع قرار گرفته و در فهرست منابع ذکر گردیده است.

■ گزارش حاصل انجام همه مراحل پروژه است.

□ گزارش حاصل انجام ..... مرحله از ..... مرحله پروژه است.

همکاران:

۱. سیده مهسا هاشمی

۲. رضا خلیل‌زاده

۳. امیر نوری

۴. ایمان‌اله میرزاییان

۵. سید امیرمسعود حسینی

۶. ارمغان علی‌عسکری

پیشگفتار

امروزه خودروهای برقی و هیبریدی به عنوان گزینه‌های اصلی جهت جایگزینی خودروهای با سوخت فسیلی در حال ورود به بازار ه ستند. طی سال‌های اخیر، این تو سعه و پی شرفت به نحوی بوده که تمامی خودرو سازان مطرح دنیا بخشی از تولیدات خود را به این محصولات اختصاص داده و تولید بیشتر این خودروها را در برنامه‌های آتی خود قرار داده‌اند. سرعت پیشرفت فناوری در حوزه‌ی خودروهای برقی رشد بسیار سریعی به ویژه در قسمت‌های مختلف سیستم پیشرانه (شامل: باتری، ادوات الکترونیک قدرت و سیستم‌های محرکه (درایو) و ات صالات الکتریکی و ...) را به همراه دا شته ا ست. همگام با این پی شرفت فناوری، ا ستانداردهای کلی برای ایمنی اشخاص، اندازه‌گیری مرتبط با عملکرد و اطمینان از سازگاری توسعه داده شده است.

بطور کلی استانداردسازی پیشرانه خودروهای برقی و هیبرید برقی را از منظر الکتریکی می‌توان به دو بخش ا صلی ا ستانداردهای مرتبط با تغذیه الکتریکی (باتری و شارژر) و ا ستانداردهای سی ستم قوای محرکه (شامل ما شین‌های الکتریکی بکار رفته در پی شرانه و کنترل کننده آن‌ها) تق سیم‌بندی کرد. آن‌چه وا ضح ا ست تا به حال تمرکز عمده بر روی ا ستاندارد سازی بخش تغذیه الکتریکی بوده و ا ستانداردهای کمتری برای بخش قوای محرکه تدوین شده است. علت این امر می‌تواند این باشد که باتری ارتباط مستقیمی با ایمنی سرنشین و خودرو دارد. اما در زمینه قوای محرکه بکار رفته در خودرو، به جز برخی موضوعات مرتبط با ایمنی، بقیه مسائل با کیفیت عملکردی ماشین سر و کار داشته که استانداردسازی آن برای کارخانه‌های تولید کننده مختلف دشوار است.

با توسعه فناوری‌های قوای محرکه در خودروهای برقی طی سال‌های اخیر، به منظور افزایش کیفیت و ایمنی این بخش از پیشرانه، استانداردهای مختلفی در کشورهای مختلف دنیا و همچنین سازمان‌های مرتبط بین‌المللی تدوین شده و یا درحال تدوین است. در کشور ما نیز با واردات خودروهای هیبرید و برقی در طی سال‌های اخیر، ا ستانداردهای گوناگونی در حوزه خودروهای برقی تدوین شده ا ست. این ا ستانداردها که برگردان نسخه‌های بین‌المللی هستند عموما در حوزه تغذیه الکتریکی (باتری و شارژر) و مسایل مربوط به آن تدوین شده است. لذا با توجه به توسعه تحقیقات داخلی و همچنین ارائه مشوق‌های حاکمیتی جهت استفاده بیشتر از خودروهای برقی در ناوگان حمل و نقل کشور، ضرورت تدوین استانداردهای داخلی مرتبط با سیستم قوای محرکه بر اساس جدیدترین ا ستانداردهای معتبر بین‌المللی به خوبی احساس می شود. مسلماً تدوین چنین ا ستانداردهایی در داخل ک شور و تدوین روش‌های صریح آزمون‌های مربوطه می‌تواند شرایط منا سب جهت تولید مح صولاتی با بازدهی و کیفیت بهتر را فراهم کند. همچنین تدوین ا ستاندارد منا سب در حوزه قوای محرکه می‌تواند شرایط را برای ممیزی مناسب سیستم پیشرانه خودروهای برقی وارداتی را فراهم کند.

روند رو به رشد تولید خودروهای الکتریکی در کشورهای پیشرو، حکایت از آغاز انقلاب تغییر فناوری در حمل و نقل شهری دارد. بنابراین دیر یا زود نیز کشور ما نیز مجبور به قبول فناوری جدید خواهد شد. از اینرو استانداردسازی برای موتور پیشرانه خودرو می تواند به آماده سازی صنعت برای این دگردیسی کمک کند. همچنین وجود چنین ا ستانداردی با ارتقای کیفیت تولید به بومی سازی صنعت خودرو و جلوگیری از خروج ارز نیز کمک شایانی خواهد کرد.

این گزارش مربوط به تمام مراحل از پروژه تدوین استاندارد ملی برای پیشرانه‌های خودروهای برقی است که پشتیبانی آن، بر عهده مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی پیشرفته و نظارت بر آن، بر عهده جناب آقای دکتر محمدرضا نیکزاد، عضو هیئت علمی دانشگاه لرستان، بوده است.

فهرست مطالب

مقدمه ۱

۱- جمع‌آوری و بررسی استانداردهای موجود (داخلی و خارجی) در حوزه سیستم پیشرانه خودروهای برقی (موتورهای الکتریکی و سیستم درایو آنها) ۲

مقدمه فصل اول ۳

۱ ۱ استاندارد ملی ۱-۱۲۶۱۷ ..... ۳

۱ ۲ استاندارد ملی ۲-۱۲۶۱۷ ..... ۱۲

۱ ۳ استاندارد ملی ۴-۱۲۶۱۷ ..... ۱۷

۱ ۴ استاندارد ملی ۱-۲۱۸۴۵ ..... ۲۴

۱ ۵ نتیجه‌گیری ۳۲

۲- استانداردهای بین‌المللی در حوزه موتورهای الکتریکی و سیستم محرکه آن در خودروهای برقی.. ۳۴

مقدمه فصل دوم ۳۵

۲ ۱ استاندارد IEC 60349- 1 ..... ۳۶

۲ ۲ استاندارد IEC 60349- 2 ..... ۳۶

۲ ۳ استاندارد IEC 60349- 3 ..... ۳۶

۲ ۴ استاندارد IEC 60349- 4 ..... ۳۹

۲ ۵ استاندارد IEC 61287- 1 ..... ۳۹

۲ ۶ استاندارد SAE J2907 ..... ۳۹

۲ ۷ استاندارد SAE J2908 ..... ۴۵

۲ ۸ استاندارد ISO 21782- 1 ..... ۴۷

۲ ۹ استاندارد ISO 21782- 2 ..... ۴۹

۲ ۱۰ استاندارد ISO 21782- 3 ..... ۵۷

۲ ۱۱ استاندارد ISO 21782- 6 ..... ۷۱

۲ ۱۲ نتیجه‌گیری ۸۰

۳- تعیین مشخصات کیفی، عملکردی و ایمنی سیستم پیشرانه بر اساس استانداردهای موجود حوزه موتورهای الکتریکی و سیستم محرکه آن در خودروهای برقی ۸۳

مقدمه فصل سوم ۸۴
۳ ۱ چارچوب پیشنهادی برای تدوین استاندارد ۸۴
۳ ۲ استانداردهای IEC و SAE ۸۶
۳ ۳ استانداردهای ISO ۹۶
۳ ۴ جمع‌بندی استانداردهای پیرامون موتور، درایو و پیشرانه وسایل نقلیه ریلی و جاده‌ای..... ۹۹
۳ ۵ مذاکرات صورت‌گرفته در جلسات خبرگان پروژه ۱۰۴
۳ ۶ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۱۱۰
۴- پیش‌نویس‌های تدوین شده برای استانداردهای ملی برای پیشرانه الکتریکی در خودروهای برقی ۱۱۱
مقدمه فصل چهارم ۱۱۲
۴ ۱ پیش‌نویس شماره ۱- مشخصات آزمون برای اجزای پیشرانه الکتریکی- بخش اول: تعاریف و شرایط عمومی آزمون ۱۱۲
۴ ۲ پیش‌نویس شماره ۲- مشخصات آزمون برای اجزای پیشرانه الکتریکی- بخش دوم: آزمون عملکرد سیستم موتور ۱۲۲
۴ ۳ پیش‌نویس شماره ۳- خودروهای برقی- مشخصات آزمون برای اجزای پیشرانه الکتریکی- بخش سوم: عملکرد موتور و اینورتر ۱۳۲
۴ ۴ پیش‌نویس شماره ۴- خودرو برقی- مشخصات آزمون برای اجزای پیشرانه الکتریکی- بخش ششم: آزمون عملکرد تحت بار موتور و اینورتر ۱۴۸
۴ ۵ جمع‌بندی ۱۶۶
جمع‌بندی و نتیجه ۱۶۷
فهرست منابع ۱۶۹

فهرست اشکال

شکل ۲-۱: بستر آزمون..... ۴۲
شکل ۲-۲: پیش‌آماده‌سازی آزمون اندازه‌گیری حداکثر (خالص) توان..... ۴۳
شکل ۲-۳: نقاط کارکرد آزمون‌های استاندارد ISO 21782..... ۴۸
شکل ۲-۴: مدار آزمون تلفات کل و بازدهی کل برای سیستم موتور بر اساس استاندارد ISO 21782-2 ..... ۵۰
شکل ۲-۵: مدار آزمون افزایش دما در سیستم موتور بر اساس استاندارد ISO 21782-2..... ۵۲
شکل ۲-۶: مدار آزمون مشخصه گشتاور سیستم موتور بر اساس استاندارد ISO 21782-2..... ۵۴
شکل ۲-۷: مدار آزمون ریپل گشتاور سیستم موتور بر اساس استاندارد ISO 21782-2.....۵۶
شکل ۲-۸: مدار اندازه‌گیری تلفات و بازدهی برای موتور بر اساس استاندارد ISO 21782-3..... ۵۷
شکل ۲-۹: مدار آزمون افزایش دمای موتور بر اساس استاندارد ISO 21782-3..... ۵۹
شکل ۲-۱۰: مدار آزمون مشخصه گشتاور موتور بر اساس استاندارد ISO 21782-3.....۶۱
شکل ۲-۱۱: مدار آزمون گشتاور کاگینگ موتور بر اساس استاندارد ISO 21782-3.....۶۲
شکل ۲-۱۲: مدار اندازه‌گیری تلفات، بازدهی و نرخ تبدیل اینورتر بر اساس استاندارد ISO 21782-3...۶۳
شکل ۲-۱۳: مدار آزمون افزایش دمای اینورتر بر اساس استاندارد ISO 21782-3.....۶۵
شکل ۲-۱۴: مدار اندازه‌گیری تلفات، بازدهی و نرخ تبدیل چاپر بر اساس استاندارد ISO 21782-3.....۶۷
شکل ۲-۱۵: مدار آزمون افزایش دمای چاپر بر اساس استاندارد ISO 21782-3.....۶۹
شکل ۲-۱۶: دیاگرام آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید موتور..... ۷۱
شکل ۲-۱۷: الگوی آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید موتور..... ۷۲
شکل ۲-۱۸: دیاگرام آزمون استقامت گشتاور بیشینه موتور..... ۷۴
شکل ۲-۱۹: الگوی استقامت گشتاور بیشینه موتور..... ۷۵
شکل ۲-۲۰: دیاگرام‌های آزمون اضافه سرعت موتور.....۷۶
شکل ۲-۲۱: دیاگرام‌های آزمون استقامت عملکرد اینورتر..... ۷۷
شکل ۲-۲۲: الگوی بار آزمون دورهای برای آزمون استقامت اینورتر..... ۷۸

شکل ۲-۲۳: دیاگرام آزمون چرخش روتور..... ۷۹
شکل ۳-۱: دسته‌بندی کلی استانداردهای مربوط به وسایل نقلیه ریلی و جاده‌ای و خودروهای برقی.... ۸۷
شکل ۳-۲: ا ستانداردهای IEC و SAE مختص واژه شنا سی و سایل نقلیه ریلی و جاده‌ای و خودروهای برقی..... ۸۷
شکل ۳-۳: استانداردهای IEC و SAE مختص کلیات فنی و عملکردی، معرفی و دسته‌بندی آزمون‌ها، بیان برخی الزامات و تشریح برخی آزمون‌ها..... ۸۸
شکل ۳-۴: استانداردهای IEC و SAE مختص الزامات فنی، ایمنی، عملکردی، بهره‌برداری و غیره..... ۹۰
شکل ۳-۵: استانداردهای IEC و SAE متخص شرح برخی آزمون‌ها..... ۹۱
شکل ۳-۶: د سته‌بندی کلی آزمون‌های IEC و SAE مرتبط با و سایل نقلیه ریلی و جاده‌ای و خودروهای برقی..... ۹۳
شکل ۳-۷: اعضای پنل خبرگان پروژه "تدوین استاندارد ملی برای پیشرانه خودروهای برقی"..... ۱۰۴
شکل ۴-۱: نقاط کارکرد..... ۱۱۸
شکل ۴-۲: پیش‌شرط‌های اندازه‌گیری جریان، ولتاژ و توان در سیستم موتور..... ۱۲۱
شکل ۴-۳: پیش‌شرط‌های اندازه‌گیری جریان، ولتاژ و توان در موتور..... ۱۲۱
شکل ۴-۴: پیش‌شرط‌های اندازه‌گیری جریان، ولتاژ و توان در اینورتر..... ۱۲۱
شکل ۴-۵: پیش‌شرط‌های اندازه‌گیری جریان، ولتاژ و توان در چاپر..... ۱۲۲
شکل ۴-۶: دیاگرام آزمون تلفات کل و بازدهی کل برای سیستم موتور..... ۱۲۴
شکل ۴-۷: دیاگرام آزمون افزایش دما در سیستم موتور..... ۱۲۶
شکل ۴-۸: دیاگرام آزمون مشخصه گشتاور سیستم موتور..... ۱۲۸
شکل ۴-۹: دیاگرام آزمون ریپل گشتاور سیستم موتور..... ۱۳۰
شکل ۴-۱۰: دیاگرام برای اندازه‌گیری تلفات و بازدهی موتور..... ۱۳۳
شکل ۴-۱۱: دیاگرام آزمون افزایش دمای موتور..... ۱۳۵
شکل ۴-۱۲: دیاگرام آزمون مشخصه گشتاور موتور..... ۱۳۷
شکل ۴-۱۳: دیاگرام آزمون گشتاور کاگینگ موتور..... ۱۳۹

شکل ۴-۱۴: دیاگرام اندازه‌گیری تلفات، بازدهی و نسبت تبدیل اینورتر..... ۱۴۰
شکل ۴-۱۵: دیاگرام آزمون افزایش دمای اینورتر..... ۱۴۳
شکل ۴-۱۶: دیاگرام اندازه‌گیری تلفات، بازدهی و نسبت تبدیل چاپر..... ۱۴۴
شکل ۴-۱۷: دیاگرام آزمون افزایش دمای چاپر..... ۱۴۷
شکل ۴-۱۸: دیاگرام آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید موتور..... ۱۴۹
شکل ۴-۱۹: الگوی آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید موتور..... ۱۵۰
شکل ۴-۲۰: دیاگرام آزمون استقامت گشتاور بیشینه موتور..... ۱۵۴
شکل ۴-۲۱: الگوی استقامت گشتاور بیشینه موتور..... ۱۵۵
شکل ۴-۲۲: نمای زمانی بلند مدت از شکل ۴-۲۱..... ۱۵۵
شکل ۴-۲۳: دیاگرام‌های آزمون سرعت بیش از حد موتور..... ۱۵۹
شکل ۴-۲۴: دیاگرام‌های آزمون استقامت عملکرد اینورتر..... ۱۶۲
شکل ۴-۲۵: الگوی بار آزمون دورهای برای آزمون استقامت اینورتر..... ۱۶۳
شکل ۴-۲۶: دیاگرام آزمون چرخش روتور..... ۱۶۴

فهرست جداول

جدول ۱-۱: فهرست آزمون‌ها بر اساس استاندارد ملی ۱-۱۲۶۱۷..... ۷

جدول ۱-۲: حدود افزایش دما در ظرفیت پیوسته یا دیگر ظرفیت‌ها..... ۸

جدول ۱-۳: افزایش دما در اضافه بار نامی به مدت کوتاه..... ۹

جدول ۱-۴ : تلورانس‌های سرعت موتورهای تراکشن از نوع کموتاتوری..... ۹

جدول ۱-۵ : ولتاژهای آزمون دی‌الکتریک..... ۱۱

جدول ۱-۶: حدود خستگی شعاعی کموتاتور..... ۱۲

جدول ۱-۷: فهرست آزمون‌های مربوط به استاندارد ۲-۱۲۶۱۷..... ۱۴

جدول ۱-۸: محدوده‌ی مجاز افزایش دمای موتور و بخش‌های مختلف آن..... ۱۵

جدول ۱-۹: افزایش درجه حرارت برای مقادیر اضافه بار در زمان کوتاه..... ۱۵

جدول ۱-۱۰: ولتاژهای آزمون دی‌الکتریک..... ۱۶

جدول ۱-۱۱: فهرست آزمون‌های مربوط به استاندارد ملی ۴-۱۲۶۱۷..... ۱۹

جدول ۱-۱۲: حدود افزایش دما برای مقادیر پیوسته و سایر مقادیر نامی..... ۲۰

جدول ۱-۱۳: آزمون ولتاژ عایقی..... ۲۴

جدول ۱-۱۴ : کلاس‌های نویز آکوستیک..... ۲۷

جدول ۱-۱۵: فهرست آزمون‌های لازم برای مبدل‌ها..... ۲۹

جدول ۲-۱: خطای انواع وات‌مترهای موجود..... ۳۷

جدول ۲-۲: دقت تضعیف‌کننده‌های بیرونی..... ۳۷

جدول ۲-۳: کل دقت مورد نیاز برای اندازه‌گیری توان..... ۳۷

جدول ۲-۴: دقت لازم ابزار آزمایشگاهی..... ۴۴

جدول ۲-۵: شرایط آزمون..... ۴۵

جدول ۲-۶: پارامترهایی که باید در ابتدا و انتهای آزمون ثبت شوند..... ۴۶

جدول ۲-۷: موارد گزارش‌شده حین آزمون با فرکانس ۱۰ هرتز..... ۴۷

جدول ۲-۸: پارامترهای گزارش‌شده خودرو..... ۴۷
جدول ۲-۹: شرایط آزمون تلفات و بازدهی کل برای سیستم موتور بر اساس استاندارد ISO 21782-2 ۵۰
جدول ۲-۱۰: شرایط آزمون افزایش دما برای سیستم موتور بر اساس استاندارد ISO 21782-2..... ۵۳
جدول ۲-۱۱: شرایط آزمون مشخصه گشتاور برای سیستم موتور بر اساس استاندارد ISO 21782-2.. ۵۵
جدول ۲-۱۲: شرایط آزمون مشخصه گشتاور برای سیستم موتور بر اساس استاندارد ISO 21782-2...۵۶
جدول ۲-۱۳: شرایط اندازه‌گیری تلفات و بازدهی برای موتور بر اساس استاندارد ISO 21782-3..... ۵۸
جدول ۲-۱۴: شرایط آزمون افزایش دمای موتور بر اساس استاندارد ISO 21782-3..... ۶۰
جدول ۲-۱۵: شرایط آزمون مشخصه گشتاور موتور بر اساس استاندارد ISO 21782-3..... ۶۱
جدول ۲-۱۶: شرایط آزمون گشتاور دنده‌ای موتور بر اساس استاندارد ISO 21782-3..... ۶۲
جدول ۲-۱۷: شرایط اندازه‌گیری تلفات، بازدهی و نرخ تبدیل اینورتر بر ا ساس ا ستاندارد ISO 21782-3 ..... ۶۴
جدول ۲-۱۸: شرایط آزمون افزایش دمای اینورتر بر اساس استاندارد ISO 21782-3..... ۶۶
جدول ۲-۱۹: شرایط اندازه‌گیری تلفات، بازدهی و نرخ تبدیل چاپر بر اساس استاندارد ISO 21782-3.۶۸
جدول ۲-۲۰: شرایط آزمون افزایش دمای چاپر بر اساس استاندارد ISO 21782-3..... ۷۰
جدول ۲-۲۱: شرایط آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید موتور..... ۷۲
جدول ۲-۲۲: تعداد سیکل‌ها در آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید موتور با چرخش دو جهته ۷۳
جدول ۲-۲۳: تعداد سیکل‌ها در آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید موتور با چرخش تک جهته ۷۳
جدول ۲-۲۴: شرایط آزمون استقامت گشتاور بیشینه موتور..... ۷۴
جدول ۲-۲۵: تعداد سیکل‌ها در آزمون استقامت گشتاور بیشینه موتور..... ۷۵
جدول ۲-۲۶: شرایط آزمون استقامت گشتاور بیشینه موتور..... ۷۷
جدول ۲-۲۷: حروف کلاس‌بندی استقامت شکست روتور..... ۸۰
جدول ۲-۲۸: محتوای بخش ۱ (ISO 21782-1)؛ تعاریف و شرایط عمومی آزمون..... ۸۱

جدول ۲-۲۹: محتوای بخش ۲ (ISO 21782-2)؛ آزمون عملکرد سیستم موتور..... ۸۱
جدول ۲-۳۰: محتوای بخش ۳ (ISO 21782-3)؛ آزمون عملکرد موتور و اینورتر..... ۸۲
جدول ۳-۱: آزمون‌های مختلف موجود در ا ستاندارد IEC 60349-1:2010 (تمام ما شین‌های AC به جز مواردی که با مبدل تغذیه می‌شوند)..... ۹۴
جدول ۳-۲: آزمون‌های مختلف موجود در ا ستاندارد IEC 60349-2:2010 (ما شین‌های AC تغذیه شونده با مبدل الکتریکی)..... ۹۵
جدول ۳-۳ : آزمون‌های مختلف موجود در اســـتاندارد IEC 60349-4:2012 (ماشـــین‌های ســـنکرون مغناطیس دائم متصل به مبدل الکتریکی)..... ۹۵
جدول ۳-۴: مشخصات استانداردهای سری ISO 21782..... ۹۶
جدول ۳-۵: آزمون‌های عملکرد مورد اشاره در استاندارد ISO 21782 بخش‌های ۲ تا ۴..... ۹۷
جدول ۳-۶: آزمون‌های شکست تجهیزات، مورد اشاره در استاندارد ISO 21782 بخش‌های ۵ تا ۷..... ۹۸
جدول ۳-۷: خلاصه وضعیت آزمون‌های مورد بررسی در استانداردهای IEC، SAE و ISO..... ۱۰۰
جدول ۴-۱ : محتوای بخش اول (مطابق ISO 21782-1): تعاریف و شرایط عمومی آزمون..... ۱۱۲
جدول ۴-۲ : محتوای بخش دوم (مطابق ISO 21782-2): آزمون عملکرد سیستم موتور..... ۱۱۳
جدول ۴-۳ : محتوای بخش سوم (مطابق ISO 21782-3): آزمون عملکرد موتور و اینورتر..... ۱۱۳
جدول ۴-۴ : محتوای بخش چهارم (مطابق ISO 21782-6): آزمون بارگیری موتور و اینورتر..... ۱۱۳
جدول ۴-۵ : تعاریف مربوط به نقاط کار..... ۱۱۸
جدول ۴-۶ : تعاریف مربوط به نقاط کار اختیاری..... ۱۲۰
جدول ۴-۷: شرایط آزمون تلفات کل و بازدهی کل برای سیستم موتور..... ۱۲۴
جدول ۴-۸: شرایط آزمون افزایش دما برای سیستم موتور..... ۱۲۷
جدول ۴-۹: شرایط آزمون مشخصه گشتاور برای سیستم موتور..... ۱۲۹
جدول ۴-۱۰: شرایط آزمون ریپل گشتاور برای سیستم موتور..... ۱۳۱
جدول ۴-۱۱: شرایط برای اندازه‌گیری تلفات و بازدهی موتور..... ۱۳۴
جدول ۴-۱۲: شرایط آزمون افزایش دمای موتور..... ۱۳۶

جدول ۴-۱۳: شرایط آزمون مشخصه گشتاور موتور..... ۱۳۸
جدول ۴-۱۴: شرایط آزمون گشتاور کاگینگ موتور..... ۱۳۹
جدول ۴-۱۵: شرایط اندازه‌گیری تلفات، بازدهی و نسبت تبدیل اینورتر..... ۱۴۱
جدول ۴-۱۶: شرایط آزمون افزایش دمای اینورتر..... ۱۴۳
جدول ۴-۱۷: شرایط اندازه‌گیری تلفات، بازدهی و نسبت تبدیل چاپر..... ۱۴۵
جدول ۴-۱۸: شرایط آزمون افزایش دمای چاپر..... ۱۴۷
جدول ۴-۱۹: شرایط آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید موتور..... ۱۴۹
جدول ۴-۲۰: تعداد دوره‌ها در آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید برای موتور با چرخش دو جهته..... ۱۵۰
جدول ۴-۲۱: تعداد دوره‌ها در آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید برای موتور با چرخش تک جهته..... ۱۵۱
جدول ۴-۲۲: معیارهای برق‌دار کردن..... ۱۵۲
جدول ۴-۲۳: معیارهای جداسازی قطعات..... ۱۵۳
جدول ۴-۲۴: شرایط آزمون استقامت گشتاور بیشینه موتور..... ۱۵۴
جدول ۴-۲۵: توصیف پارامترهای زمانی در شکل ۴-۲۱..... ۱۵۵
جدول ۴-۲۶: تعداد سیکل‌ها در آزمون استقامت گشتاور بیشینه موتور..... ۱۵۵
جدول ۴-۲۷: معیارهای برق‌دار کردن..... ۱۵۷
جدول ۴-۲۸: معیارهای جداسازی قطعات..... ۱۵۷
جدول ۴-۲۹: شرایط آزمون سرعت بیش از حد موتور..... ۱۵۹
جدول ۴-۳۰: معیارهای برق‌دار کردن..... ۱۶۰
جدول ۴-۳۱: حرف لاتین اول..... ۱۶۰
جدول ۴-۳۲: حرف لاتین دوم..... ۱۶۱
جدول ۴-۳۳: شرایط آزمون دوره‌ای اینورتر..... ۱۶۲
جدول ۴-۳۴: پارامترهای دورهای برای آزمون استقامت اینورتر..... ۱۶۳

جدول ۴-۳۵: معیار جداسازی قطعات اینورتر..... ۱۶۳
جدول ۴-۳۶: شرایط آزمون چرخش روتور..... ۱۶۴
جدول ۴-۳۷: حروف لاتین معرف قدرت شکست روتور..... ۱۶۵

مقدمه

در گزارش پیش رو، استانداردهای حوزه سیستم پیشرانه خودروهای برقی، شناسایی و مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین منظور ابتدا استانداردهایی که پیش‌از این = در داخل کشور معادل سازی شده‌اند در فصل اول، و سپس سایر استانداردهای بین‌المللی که مرتبط با موضوع می‌باشند و معادل‌سازی نشده‌اند در فصل دوم گزارش مورد بررسی قرار می‌گیرد. در فصل سوم گزارش نیز به جمع‌بندی و مقایسه فنی استانداردها پرداخته می‌شود تا اولویت‌ها برای معادل‌سازی استانداردهای تکمیلی معین گردد. همچنین در این گزارش، گزارشی از مذاکرات انجام‌شده با خبرگان موضوع پروژه که در طول جلسات هم‌اندیشی صورت گرفته است، ارائه می‌شود. در نهایت در فصل چهارم، پیشنویس استانداردهایی که در فصل سوم مشخص شده است، ارائه می‌گردد.

فصل اول

جمع‌آوری و بررسی استانداردهای داخلی موجود در حوزه سیستم پیشرانه خودروهای برقی (موتورهای الکتریکی و سیستم درایو آن‌ها)

مقدمه فصل اول

از میان استانداردهای بین‌المللی موجود برای سیستم‌های پیشرانه خودروهای برقی، برخی از این استانداردها قبلا در داخل کشور ترجمه و معادل‌سازی شده است. با توجه به اهمیت جمع‌بندی و تحلیل استانداردهای موجود و برر سی لزوم معادل سازی سایر ا ستانداردها، لازم ا ست تا مطالعه‌ای بر روی ا ستانداردهای داخلی نیز صورت پذیرد. بدین ترتیب در فصل پیش رو، استانداردهای داخلی مرتبط با سیستم‌های پیشرانه خودروهای برقی، جمع‌آوری و بررسی شده‌اند.

۱ ۱ استاندارد ملی ۱-۱۲۶۱۷

استاندارد ۱-۱۲۶۱۷ تحت عنوان "راه‌آهن ترکشن الکتریکی – ماشین‌های الکتریکی دوار برای راه‌آهن و خودروهای جاده ای –قسمت اول: ماشین ها، به استثناء موتورهای جریان متناوب تغذیه شده با مبدل‌های الکترونیکی" [۱]، در کمیسیون‌های مربوط توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تهیه و تدوین شده و به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر شده است.

منبع و مأخذی که برای تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

IEC 60349-1: Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles- Part 1: Machines other than electronic convertor –fed alternating current motors Edition 1.1 – 2002-10

۱ ۱ ۱ هدف و دامنه کاربرد

این ا ستاندارد برای ما شین های دواری کاربرد دارد که، بخ شی از تجهیزات و سایل نقلیه ریلی و جاده ای با محرک الکتریکی هستند (البته به غیر از موتورهای جریان متناوبی که با مبدل الکترونیکی تغذیه می شوند).

هدف از تدوین این استاندارد عبارت است از:

- تأیید عملکرد ماشین در قالب آزمون
- فراهم کردن مبنایی به منظور ارزیابی مناسب بودن ما شین در انجام کارهای خاص و برای مقایسه با دیگر ماشین ها

۱ ۱ ۲ خروجی ها یا ورودی‌های الکتریکی ماشین‌های تحت پوشش استاندارد ملی ۱-۱۲۶۱۷

a) جریان مستقیم (شامل یک سو ساز چند فاز جریان متناوب).
b) جریان ضربه ای (شامل یک سو ساز تک فاز جریان متناوب).
c) جریان تک جهتی کنترل شده با چاپر.
d) جریان متناوب تک فاز.
e) جریان متناوب چند فازه.

۱ ۱ ۳ ماشین‌های الکتریکی مربوط به استاندارد ملی ۱-۱۲۶۱۷

۱ - مجموعه موتورهای تراکشن

به موتورهای مربوط به وسایل نقلیه متحرک ریلی و جاده‌ای، گفته می شود.

۲ - ژنراتورهای اصلی با محرک موتوری

ژنراتورهایی هستند که، موتورهای تراکشن واقع بر همان وسیله نقلیه یا قطار را تغذیه می‌کنند.

۳ - مجموعه موتور- ژنراتورهای اصلی

ماشین‌هایی هستند که، توان را از راه خط یا باطری می‌گیرند و موتورهای تراکشن واقع بر همان وسیله نقلیه یا قطار را تغذیه می‌کنند.

۴ - موتورهای کمکی

موتورهایی مد نظر است که، برای راه‌اندازی کمپرسورها، فن ها، ژنراتورهای کمکی یا دیگر ماشین های کمکی، به کار می‌روند.

۵ - ژنراتورهای کمکی

ژنراتورهایی که سرویس‌های کمکی مانند تهویه، گرمایش، روشنایی، باطری شارژ را تغذیه می‌کند.

۶ - موتور ژنراتورهای کمکی و مبدل های دوار کمکی

ما شین هایی که به منظور تامین تغذیه الکتریکی سرویس های کمکی، توانشان را از راه خط یا منابع دیگر دریافت می‌کنند.

۱ ۱ ۴ شرایط محیطی

در صورتی که مشتری شرایط خاصی را تعیین نکرده باشد، به صورت پیش‌فرض باید شرایط محیطی زیر مد نظر قرار داده شوند:

- ارتفاع (ارتفاع از سطح دریا نباید بیش از ۱۲۰۰ متر باشد)
- دما (دما در سایه مد نظر است و نباید از ۴۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر باشد)

۱ ۱ ۵ مشخصه‌ها

به طور کلی مشخصه‌های ماشین باید شامل منحنی‌های مشخصه باشند.

۱ ۱ ۶ دمای مرجع

بدون توجه به کلاس عایقی ماشین، تمام مشخصه‌ها باید در دمای مرجع ۱۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد استخراج شده باشند.

۱ ۱ ۷ بازده

در مشخصه‌ی مربوط به بازده، باید تلفات مقاومت‌های بیرونی، اعم از مدار اصلی یا مدار تحریک، مد نظر قرار گیرند. هر گونه توان مصرفی به منظور تغذیه تحریک نیز باید به صورت جداگانه در تلفات مورد توجه باشد.

۱ ۱ ۸ مشخصه‌های موتور تراکشن از نوع کموتاتوری

به طور کلی، در منحنی‌های مشخصه باید سرعت موتور، گشتاور و بازده آن بر حسب جریان ترسیم شوند. در موتورهای تراکشنی که به صورت مستقیم یا غیرمستقیم از سیستم تماسی تغذیه می شوند و یا دارای باتری هستند، منحنی‌های مشخصه باید در ولتاژ نامی ترسیم شوند.

همچنین منحنی‌های م شخ صه موتورهای تراک شن مورد ا ستفاده در و سایل نقلیه ترموالکتریک، معمولاً در ولتاژی متناظر با ولتاژ پایین‌تر از مولد در ظرفیت نامی ترسیم می‌شوند. منحنی‌های مشخصه موتورهای کموتاتوری AC نیز باید در فرکانس نامی تر سیم شوند و ضریب توان آن‌ها باید به صورت تابعی از جریان نشان داده شود.

در موتورهای که به عنوان ترمز دینامیکی یا مقاومتی مورد استفاده قرار می‌گیرند، منحنی‌های مشخصه باید برای ولتاژی متناظر با ۱,۱ برابر ولتاژ نامی سامانه ر سم شوند. این م شخ صه‌ها از راه محا سبه یا نتایج آزمون‌ها حاصل می‌شوند.

۱ ۱ ۹ مشخصه‌های مولد اصلی

منحنی‌های مشخصه مولد اصلی باید ولتاژ را بر حسب جریان بار نشان دهند. یک ژنراتور AC که با یکسوساز کار می‌کند، منحنی‌های مشخصه‌ی خروجی یکسوساز نیز باید نشان داده شوند. همچنین ژنراتور AC بدون جاروبک و سیستم تحریک آن نیز باید به عنوان یک ماشین مجزا در نظر گرفته شوند.

۱ ۱ ۱۰ مشخصه‌های موتور کمکی

در صورت وجود موتور کمکی، منحنی‌های مشخصه سرعت، گشتاور و بازده و در ماشین‌های AC، ضریب توان بر حسب جریان موتور باید در فرکانس و ولتاژهای نامی ترسیم شوند.

۱ ۱ ۱۱ مشخصه‌های مولد کمکی

در صورت وجود مولد کمکی، منحنی‌های مشخصه ولتاژ خروجی، توان و بازده باید بر حسب جریان خروجی در سرعت نامی و برای ماشین‌های با سرعت متغیر در سرعت‌های کمینه و بیشینه ترسیم شوند. همچنین فرکانس‌های خروجی AC باید ذکر شوند. برای مولدهایی که با تنظیم‌کننده ولتاژ کار می‌کنند، باید مشخصات در ولتاژ نامی و محدوده جریان تحریک ارائه شوند. در مورد ژنراتور AC بدون جاروبک نیز ذکر این نکته حائز اهمیت است که این تجهیز و تحریکش باید به عنوان یک ماشین مجزا در نظر گرفته شوند.

۱ ۱ ۱۲ پلاک[۱]

تمام ما شین‌هایی که در این ا ستاندارد تعریف می شوند، باید دارای یک پلاک با شند که موارد زیر روی آن ذکر شده باشد:

- نام سازنده
- تعیین نوع ماشین
- شماره سریال ماشین
- سال ساخت

۱ ۱ ۱۳ دسته‌بندی انواع آزمون‌های استاندارد ملی ۱-۱۲۶۱۷

به طور کلی آزمون‌های مربوط به ماشین‌های مورد نظر در این استاندارد به ۳ دسته زیر تقسیم می‌شوند:

۱- Nameplate

۱) آزمون‌های نوعی
۲) آزمون‌های معمولی
۳) آزمون‌های بررسی

در جدول ۱-۱، خلا صه‌ای از آزمون‌های مربوط به ما شین‌های تحت تعریف این ا ستاندارد ارائه شده ا ست. لازم به ذکر است که بندهای ذکرشده در این جدول، بندهای متناظر در استاندارد ملی ۱-۱۲۶۱۷ هستند.

DOI:

جدول ۱-۱: فهرست آزمون‌ها بر اساس استاندارد ملی ۱-۱۲۶۱۷

کلاس ماشین	آزمون	خستگی کموتاتور	ارتعاش		دی‌الکتریک		اضافه سرعت	نویز	راه‌اندازی	حالت گذرا	کموتاسیون		مشخصه کاری		صحت و معیوب نبودن	افزایش دما
	رده آزمون	انتخابی معمولی	عدم تعادل	مشخصه عملکرد ذاتی				انتخابی نوعی								
			معمولی	نوعی	معمولی	معمولی	نوعی		نوعی	نوعی	معمولی	نوعی	معمولی	نوعی	معمولی	نوعی
		بخش یا زیربخش														
موتورهای تراکشن (زیربخش ۱-۳-۱)	کموتاتور روتور سیم‌پیچی‌شده روتور قفس سنجابی	۷-۹ ۷-۹ ۷-۹	۶-۹ ۶-۹ ۶-۹	۸-۸ ۸-۸ ۸-۸	۵-۹ ۵-۹ ۵-۹	۵-۴-۹ ۵-۴-۹ NA	NA NA ۷-۸	پیوست C	۲-۶-۸ NA NA	۲-۴-۸ NA NA	۲-۳-۹ NA NA	۲-۳-۸ NA NA	۲-۲-۹ ۳-۲-۹ ۳-۲-۹	۳-۲-۸ ۳-۲-۸ ۳-۲-۸	۱-۹ ۱-۹ NA	۱-۸ ۱-۸ ۱-۸
ژنراتورهای اصلی (زیربخش ۱-۳-۲)	DC AC	۷-۹ NA	۶-۹ ۶-۹	۸-۸ ۸-۸	۵-۹ ۵-۹	۵-۴-۹ ۵-۴-۹	NA NA	پیوست C	NA NA	NA ۵-۸	۳-۳-۹ NA	۳-۳-۸ NA	۳-۲-۹ ۳-۲-۹	۳-۲-۸ ۳-۲-۸	۱-۹ ۱-۹	۱-۸ ۱-۸
مجموعه ژنراتورهای اصلی (زیربخش ۱-۳-۳)	موتور ژنراتور	۷-۹ ۷-۹	۶-۹ ۶-۹	۸-۸ ۸-۸	۵-۹ ۵-۹	۵-۴-۹ ۵-۴-۹	NA NA	پیوست C	۳-۶-۸ NA	۲-۴-۸ ۵-۸	۲-۳-۹ ۳-۳-۹	۲-۳-۸ ۲-۳-۸	۲-۲-۹ ۳-۲-۹	۲-۲-۸ ۳-۲-۸	۱-۹ ۱-۹	۱-۸ ۱-۸
موتورهای کمکی (زیربخش ۱-۳-۴)	کموتاتور روتور سیم‌پیچی‌شده روتور قفس سنجابی	۷-۹ NA	۶-۹ ۶-۹ ۶-۹	۸-۸ ۸-۸ ۸-۸	۵-۹ ۵-۹ ۵-۹	۵-۴-۹ ۵-۴-۹ ۵-۴-۹	NA NA	پیوست C	۴-۶-۸ ۴-۶-۸ ۴-۶-۸	۳-۴-۸ NA NA	۴-۳-۹ NA NA	۴-۳-۸ NA NA	۵-۲-۹ ۵-۲-۹ ۵-۲-۹	۴-۲-۸ ۴-۲-۸ ۴-۲-۸	۱-۹ ۱-۹ ۱-۹	۱-۸ ۱-۸ ۱-۸
ژنراتورهای کمکی (زیربخش ۱-۳-۵)	DC AC	۷-۹ NA	۶-۹ ۶-۹	۸-۸ ۸-۸	۵-۹ ۵-۹	۵-۴-۹ ۵-۴-۹	NA NA	پیوست C	NA NA	NA ۵-۸	۴-۳-۹ NA	۴-۳-۸ NA	۶-۲-۹ ۶-۲-۹	۵-۲-۸ ۵-۲-۸	۱-۹ ۱-۹	۱-۸ ۱-۸

۱ ۱ ۱۴ آزمون‌های نوعی

آزمون‌های افزایش دما

آزمون‌های نوعی برای تایید مقادیر نامی موتور انجام می‌شـــوند. برای انجام این آزمون‌ها باید خروجی نامی مکانیکی ماشین به صورت مستقیم یا غیرمستقیم روی شفت موتور اندازه‌گیری شود و یا با استفاده از پارامترهای تغذیه موتور اعم از ولتاژ، جریان و فرکانس که در مشخصه‌های شناسایی شده خروجی مکانیکی موجود هستند، محاسبه شود.

- تهویه در زمان آزمون‌های نوعی

ماشین‌ها باید با در نظر گرفتن تهویه مورد آزمون قرار گیرند. این آزمون‌ها با تهویه مشابه شرایط کاری و با در نظر گرفتن تمام بخش‌هایی که تحت تاثیر افزایش دما قرار می‌گیرند، انجام خواهند گرفت. این بخش‌ها شـامل تمام کانال‌ها و فیلترها می‌شوند. در مواردی که خنک‌سازی با تهویه‌ی اجباری انجام می‌گیرد، باید فشار استاتیکی و جریان هوا در ورودی هوا به ماشـــین اندازه‌گیری شـــده و جدولی به منظور بیان‌کردن ارتباط بین این دو کمیت ساخته شود.

- ارزیابی نتایج

افزایش دمای سیم‌پیچ‌ها، کموتاتورها یا حلقه‌های لغزان در آغاز آزمون نباید از مقادیر موجود در جدول ۱-۲ بیشتر باشد.

جدول ۱-۲: حدود افزایش دما در ظرفیت پیوسته یا دیگر ظرفیت‌ها

بخش	روش اندازه‌گیری	کلاس عایقی			
		B	F	H	۲۰۰
سیم‌پیچ استاتور یا سیم‌پیچ‌های میدان دوار موتورهای سنکرون با ژنراتور	مقاومت	۱۳۰ K	۱۵۵ K	۱۸۰ K	۲۰۰ K
کلیه سیم‌پیچ‌های دوار دیگر	مقاومت	۱۲۰ K	۱۴۰ K	۱۶۰ K	۱۸۰ K
کموتاتورها یا حلقه‌های لغزان	ترمومتر الکتریکی	۱۲۰ K	۱۲۰ K	۱۲۰ K	۱۲۰ K
روتورهای قفس‌سنجابی سیم‌پیچ‌های میراکننده	ترمومتر الکتریکی	افزایش دما نباید به حدی باشد که سیم‌پیچ‌ها یا بخش‌های دیگر را در معرض خطر قرار دهد.			

- حدود افزایش دما

کلاس‌های عایقی مختلف در اسـتاندارد IEC 60085 تعریف شـده‌اند. همچنین حدود مجاز افزایش حرارت در جدول ۱-۳ ارائه شده است.

۱ ۱ ۱۵ آزمون افزایش دما برای اضافه بار به مدت کوتاه

در صورتی که ظرفیت‌های نامی اضافه بار برای مدت کوتاهی مشخص شده باشند، باید آن‌ها را با انجام یک یا چند آزمون مورد بررسی قرار داد. در نتیجه‌ی آزمون ظرفیت دمایی، شروع افزایش دما که در جدول ۱-۳ نوشته

شده است، با امتداد نمودار آزمون مربوط به سیم‌پیچ بحرانی به دست می‌آید.

جدول ۱-۳: افزایش دما در اضافه بار نامی به مدت کوتاه

بخش	کلاس عایقی			
	B	F	H	۲۰۰
سیم‌پیچ استاتور یا سیم‌پیچ‌های میدان دوار موتورهای سنکرون یا آلترناتورها				
• در آغاز آزمون	۸۵ K	۱۰۰ K	۱۲۰ K	۱۳۰ K
• در پایان آزمون	۱۳۰ K	۱۵۵ K	۱۸۰ K	۲۰۰ K
کلیه سیم‌پیچ‌های دوار دیگر				
• در آغاز آزمون	۸۵ K	۱۰۰ K	۱۲۰ K	۱۳۰ K
• در پایان آزمون	۱۳۰ K	۱۵۵ K	۱۸۰ K	۲۰۰ K

۱ ۱ ۱۶ تلورانس و آزمون‌های مشخصه

آزمون‌هایی که به منظور نمایش‌دادن تاثیرات م شخ صات تعیین شده تعریف شده‌اند، به هر روش منا سبی قابل انجام‌اند. آزمون‌های مشخصه را می‌توان روی ماشین‌های جریان ضربه‌ای انجام داد. همچنین لازم به ذکر است که در ماشین‌های با قابلیت چرخش معکوس، باید هر دو جهت چرخش مورد آزمون قرار گیرند.

موتورهای تراکشن از نوع کموتاتوری

در آزمون های چنین موتور هایی، با ید به تعداد کافی خوانش از آزمون انجام گیرد تا بتوان نمودار های مشخصه اعلام‌شده را مطابق با مشخصات تعیین‌شده، ترسیم کرد.

نمودارهای سرعت-جریان، با ر سم میانگین سرعت چهار ما شین اول آزمون تهیه می شوند. این میانگین‌ها نباید از تلورانس‌های طراحی بیان‌شده در جدول ۱-۴ تجاوز کنند.

جدول ۱-۴ : تلورانس‌های سرعت موتورهای تراکشن از نوع کموتاتوری

شرایط تحریک یا نرخ موثر میدان	تلورانس طراحی (٪)		تلورانس اندازه‌گیری (٪)	
	نقطه Ch1	نقطه Ch2	نقطه Ch1	نقطه Ch2
بیشینه	± ۵	± ۳	± ۳/۵	± ۳
بین بیشینه و ۵۰٪	± ۶	± ۴	± ۵	± ۳
کمتر از ۵۰٪	± ۷	± ۵	± ۷	± ۵

نقاط Ch1 و Ch2 در استاندارد ۱-۱۲۶۱۷ تعریف شده‌اند.

نکته‌ی دیگر حائر اهمیت در این آزمون، این ا ست که تلفات نامی نباید تلورانسی بیش از ۱۵ در صد مقادیر بدست آمده از مشخصه‌ی تعیین‌شده داشته باشند.

- ژنراتورهای اصلی

ژنراتورهایی که به منظور کار کردن با خروجی یک‌سوشده طراحی شده‌اند، در حالت عادی باید با یک‌سوکننده‌ی مناسب مورد آزمون قرار گیرند. همچنین ژنراتورهای بدون جاروبک و تحریک آن به عنوان یک ماشین مجزا در نظر گرفته می‌شوند.

در ژنراتورهای تنظیم‌شده، باید به تعداد کافی خوانش صورت گیرد تا نمودارهای مشخصه اعلام‌شده متناظر

با مشخصات تعیین‌شده، شوند.

- موتورهای کمکی

در آزمون این تجهیزات، باید تعداد کافی خوانش از روی چهار ماشـــین اول تحت آزمون صـــورت گیرد تا نمودارهای مشخصه‌ی اعلام شده، متناظر با مشخصات تعیین شده تهیه شوند. نمودارهایی مد نظر هستند که از میانگین خوانش‌ها حاصل می‌شوند.

- ژنراتور کمکی

در آزمون این تجهیزات، باید تعداد کافی خوانش از روی چهار ماشـــین اول تحت آزمون صـــورت گیرد تا نمودارهای مشخصه‌ی اعلام شده، متناظر با مشخصات تعیین شده تهیه شوند. نمودارهایی مد نظر هستند که از میانگین خوانش‌ها حاصل می‌شوند.

۱ ۱ ۱۷ آزمون‌های کموتاسیون

نتایج آزمون کموتا سیون باید مطابق با ا ستاندارد IEC 60638 با شد. ما شین‌ها باید این آزمون‌ها را بدون فرسودگی مکانیکی، جرقه و آسیب دائمی بگذرانند. همچنین این آزمون‌ها باید در حرارت ماشین انجام شوند و هر نقطه‌ی آزمون نباید بیش از ۳۰ ثانیه حفظ شود.

- موتورهای تراکشن

آزمون‌های کموتاسیون باید در نقاط زیر انجام شوند:

- نقطه کموتاسیون شماره ۱ (Com1): در بیشینه سرعت که روی مشخصه نشان داده شده است.
- نقطه کموتاسیون شماره ۲ (Com2): در جریان مربوط به ظرفیت‌های نامی
- نقطه کموتاسیون شماره ۳ (Com3): در بیشینه جریانی که نمودار مربوطه نشان داده است.

- ژنراتورهای اصلی

آزمون‌های کموتاسیون باید در نقاط زیر و روی مشخصه بار کامل انجام شوند:

- نقطه کموتاسیون شماره ۱ (Com1): بیشینه جریان
- نقطه کموتاسیون شماره ۲ (Com2): جریان در ظرفیت نامی دائم و در ولتاژ کمتر
- نقطه کموتاسیون شماره ۳ (Com3): جریان در نقطه بدون بار یا در ۵۰٪ جریان آزمون Com2

- مجموعه ژنراتورها و موتورهای کمکی

آزمون‌های کموتاســیون نباید در بیش از ۴ نقطه انتخاب‌شــده، انجام شــوند. نقاطی مد نظر هســتند که کل محدوده کاری ماشین را پوشش دهند.

۱ ۱ ۱۸ آزمون‌های ارتعاش

این آزمون به صورت یک آزمون معمولی انجام می‌شود. در صورتی که ماشین به گیربکس متصل باشد، لازم است تا پیش از انجام آزمون، آن را از گیربکس جدا کنیم. سرعت لرزش‌ها تا حداکثر سرعت ۳۶۰۰ دور در دقیقه باید در حدود اعداد مشخص‌شده در استاندارد IEC 60034-14 باشد. همچنین برای ماشین‌هایی با سرعت بیش از ۳۶۰۰ دور در دقیقه، اعداد مربوطه باید در ۱/۵ ضرب شوند.

اندازه‌گیری‌ها در این آزمون باید در ســـرعت‌های مختلف و در مقادیری که تمام محدوده کاری ماشـــین را پوشش دهد، انجام شوند.

۱ ۱ ۱۹ آزمون دی‌الکتریک

این آزمون‌ها باید با استفاده از شکل موج تقریباً سینوسی با فرکانس بین ۲۵ هرتز تا ۱۰۰ هرتز انجام گیرند. ولتاژ آزمون باید به ترتیب بین سیم‌پیچ‌های هر مدار و فریم با سیم‌پیچ‌های مدارهای دیگر متصل به فریم اعمال شوند. ولتاژ کامل فقط به موتورهای جدید و به تمامی قسمت‌های آن در حالاتی مثل حالت بهره‌برداری اعمال می‌شوند.

مقادیر ولتاژهای آزمون باید بیشترین مقدار موجود در جدول ۱-۵ برای روش آزمون انتخاب شده باشند و باید به آرامی به موتور اعمال شوند. وقتی ولتاژ به مقدار نهایی رسید، باید به مدت ۶۰ ثانیه حفظ شوند.

جدول ۱-۵ : ولتاژهای آزمون دی‌الکتریک

گروه	سیم‌پیچ	ولتاژ آزمون (ولت)	
۱	سیم‌پیچ‌هایی که به طور مستقیم به سامانه متصل هستند سیم‌پیچ‌هایی که از طریق یکسوساز ترانسفورماتوری یا چاپر بدون مدار واسط به سامانه متصل هستند	آزمون‌های جریان متناوب	$2.25U_1 + 2000$
		آزمون‌های جریان مستقیم	$3.825U_1 + 3400$
۲	سیم‌پیچ‌هایی که به سامانه متصل نیستند (به جز گروه ۳)	آزمون‌های جریان متناوب	$2U_2 + 1000$ با کمینه ۱۵۰۰ ولت
		آزمون‌های جریان مستقیم	$3.4U_2 + 1700$ با کمینه ۲۵۵۰ ولت
۳	سیم‌پیچ‌های میدان ژنراتورهای AC	آزمون‌های جریان متناوب	$2U_3 + 1000$ با کمینه ۱۵۰۰ ولت و بیشینه ۳۵۰۰ ولت
		آزمون‌های جریان مستقیم	$3.4U_3 + 1700$ با کمینه ۲۵۵۰ ولت و بیشینه ۵۹۵۰ ولت
لازم به ذکر است که U_1 بیشترین ولتاژ نسبت به زمین که ولتاژ نامی قابل اعمال است، U_2 بیشترین ولتاژ نسبت به زمین که در شرایط کاری قابل اعمال است و U_3 بیشترین ولتاژ تحریک می‌باشند.			

۱ ۱ ۲۰ اندازه‌گیری خستگی شعاعی کموتاتور

بنا به تعیین مشتری، باید یک آزمون اندازه‌گیری خستگی شعاعی کموتاتور بلافاصله پس از اتمام آزمون معمولی انجام گیرد. در صورتی که شرایط فراهم باشد، این کار با استفاده از یک وسیله که ثبات دائمی داشته باشد، انجام می‌شود. حدود خستگی شعاعی کموتاسیون در جدول ۱-۶ ارائه شده‌اند.

جدول ۱-۶: حدود خستگی شعاعی کموتاتور

قطر کموتاتور	بیشینه خستگی شعاعی
۴۰۰ میلی‌متر	۰/۰۳
۴۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر	۰/۰۴
بیش از ۸۰۰ میلی‌متر	۰/۰۶

۱ ۲ استاندارد ملی ۲-۱۲۶۱۷

ا ستاندارد ۱۲۶۱۷-۲ تحت عنوان "راه آهن ترک شن الکتریکی – ما شین‌های الکتریکی دوار برای راه‌آهن و خودروهای جاده‌ای –قســـمت دوم: موتورهای جریان متناوب تغذیه‌شـــده با مبدل الکترونیکی" [۲]، به عنوان استاندارد ملی ایران و دوگان استاندارد زیر منتشر شده است.

IEC 60349-2: Electric traction – Rotating electrical machines For rail and road vehicles-
Part 2: Electronic convertor – fed alternating Current motors
Second edition – 2002-8

۱ ۲ ۱ هدف و کاربرد

هدف از تدوین ا ستاندارد ملی ۲-۱۲۶۱۷ و IEC-60349-2 برر سی کیفیت عملکرد موتور با انجام آزمون و نیز بازده آن برای یک کار خاص و مقای سه آن با بقیه ما شین‌ها ست. حوزه‌ی کاربرد این دو ا ستاندارد، موتورهای ســنکرون مغناطیس دائم که به مبدل متصــل هســتند. موتورهای مورد بررســی در این اســتاندارد شــامل موتور آســنکرون و مبدل منبع ولتاژ، موتور آســنکرون و مبدا منبع جریان و موتور ســنکرون بهمراه مبدل منبع جریان می‌باشد.

موتورهای بررسی شده در این استاندارد به صورت زیر دسته بندی شده‌اند:

۱ - موتورهای تراکشن

موتورهای استفاده در قطار و سیستم راه آهن.

۲ - موتورهای کمکی که به وسیله استاندارد IEC 60034 بررسی نشده‌اند.

موتورهای درایو کمپرسور، فن‌ها، ژنراتور کمکی و یا ماشین‌های کمکی دیگر.

۱ ۲ ۲ شرایط محیطی

در صورتی که شرایط خاصی توسط مشتری تعیین نشده باشد، شرایط محیطی زیر به صورت پیش‌فرض مد نظر قرار داده می‌شوند:

- ارتفاع (ارتفاع از سطح دریا نباید بیش از ۱۲۰۰ متر باشد)
- دما (دمای هوا در سایه، نباید از ۴۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر باشد)

علاوه بر این دو مورد، شرایط محیطی خاص مانند گرد و غبار، رطوبت، دما، برف، شرایط دینامیکی و ... که موتور در آن شرایط مورد بهره‌برداری قرار خواهد گرفت، باید به سازنده اعلام شود.

۱ ۲ ۳ مشخصه‌ها

طراحان موتور و مبدل باید از نظر تبادل اطلاعات به گونه‌ای همکاری داشــته باشــند که محصــول نهایی با

شـرایط این بخش از اسـتانداردهای مربوطه سـازگاری کامل داشـته باشـد. به عبارت دیگر، طراح موتور باید تمام اطلاعات لازم را در اختیار طراح مبدل قرار دهد. همچنین طراح مبدل باید مشخصه‌های مبدل اعم از ولتاژ خط به خط خروجی مبدل، جریان فرکانس اصلی، هارمونیک‌ها و توان خروجی را در اختیار طراح موتور قرار دهد.

لازم به ذکر اسـت که تمامی این مشـخصـه‌ها بدون توجه به کلاس عایقی موتور باید در دمای مرجع (۱۵۰ درجه سانتی‌گراد) استخراج شوند.

نکته‌ی مهم دیگر این ا ست که م شخ صه‌های موتور و منحنی‌های م شخ صه‌ی ا ستخراج شده باید با این دو ا ستاندارد سازگاری دا شته با شند. لازم به ذکر ا ست که م شخ صه‌های موتور باید شامل منحنی‌های م شخ صه‌ی سازگار با بندهای این دو ا ستاندارد با شند. این منحنی‌ها به عنوان منحنی م شخصه مورد ا ستفاده قرار می‌گیرند و برای محدوده‌ی کاری هر متغیر ترسـیم می‌شـوند، مگر این‌که مشـتری و سـازنده توافق کنند که منحنی‌های مشخصه را در شرایط دیگری رسم کنند. این مشخصه‌ها از نتایج آزمون‌های نوع استخراج می‌شوند.

در صورتی که در سی ستم از موتور کمکی ا ستفاده شده با شد، م شخ صه‌های آن اعم از ولتاژ خطی موتور، جریان، سـرعت و گشـتاور متوسـط، باید به صـورت تابعی از خروجی موتور برای هر فرکانس کاری ارائه شـوند. همچنین منحنی‌های ولتاژ و جریان باید مقادیر موثر مولفه اصـلی و نیز تلفات ناشـی از هارمونیک‌های تغذیه و بازدهی نامی باید در نظر گرفته شوند. لازم به ذکر ا ست که اگر مولد کمکی نیز مورد ا ستفاده قرار گرفته با شد، مشخصه‌های آن نیز باید ارائه شوند.

۱ ۲ ۴ نیم‌پلیت

تمام موتورهایی که در دو ا ستاندارد مذکور مد نظر هستند، باید نیم‌پلیتی دا شته با شند که در حداقلی‌ترین حالت، در آن به موارد زیر اشاره شده باشد:

- نام سازنده
- تعیین طراحی موتور
- شماره سریال موتور
- سال ساخت

۱ ۲ ۵ انواع آزمون‌های استاندارد ملی ۲-۱۲۶۱۷

به طور کلی چهار دسته آزمون روی ماشین‌های مورد نظر در این دو استاندارد انجام می‌شود:

۱) آزمون‌های نوعی
۲) آزمون‌های معمولی
۳) آزمون‌های بررسی

در جدول ۱-۷، خلاصه‌ای از آزمون‌های مورد نیاز ارائه شده در استاندارد ملی ۲-۱۲۶۱۷ آورده شده است.

جدول ۱-۷: فهرست آزمون‌های مربوط به استاندارد ۲-۱۲۶۱۷

نوع موتور	نوع آزمون	نویز	ارتعاش	دی‌الکتریک	سرعت بیش از حد	مشخصه‌ها	آزمون حرارتی در زمان کوتاه	افزایش دما
آسنکرون	نوعی	ضمیمه C	۴-۸	-	۳-۸	۲-۸	۲-۲-۱-۷	۱-۸
	معمولی	-	۶-۹	۵-۹	۴-۹	۱-۳-۹	۱-۹	-
سنکرون	نوعی	ضمیمه C	۴-۸	-	۳-۸	۲-۸	-	۱-۸
	معمولی	-	۶-۹	۵-۹	۴-۹	۲-۳-۹	۱-۹/۲-۹	-

۱ ۲ ۶ آزمون‌های نوعی

- آزمون‌های افزایش دما

آزمون‌های نوعی برای تایید مقادیر نامی موتور انجام می‌شـــوند. برای انجام این آزمون‌ها باید خروجی نامی مکانیکی ماشین به صورت مستقیم یا غیرمستقیم روی شفت موتور اندازه‌گیری شود و یا با استفاده از پارامترهای تغذیه موتور اعم از ولتاژ، جریان و فرکانس که در مشخصه‌های شناسایی شده خروجی مکانیکی موجود هستند، محاسبه شود.

- تهویه در زمان آزمون‌های نوعی

موتورها باید در شـــرایط تهویه‌ای مشـــابه حالتی که قرار اســـت تحت بهره‌برداری قرار بگیرند و با تمام قســـمت‌هایی که به نحوی روی افزایش دمای موتور اثرگذار هســـتند، مورد آزمون نوعی قرار گیرند. همچنین دما باید مطابق با پیوست الف (A) استانداردهای داخلی و IEC مربوطه اندازه‌گیری شوند.

دما باید مطابق با پیوست الف استاندارد ۲-۱۲۶۱۷ اندازه‌گیری شود. افزایش دمای سیم‌پیچ‌ها و حلقه‌های لغزان در آغاز خنک‌کاری نباید بیش از مقادیر موجود در جدول ۱-۸ باشند.

حدود افزایش دما، بر اســـاس کلاس عایقی موتور تعیین می‌شـــوند و کلاس‌های عایقی در اســـتاندارد IEC 60085 به طور مفصـــل مورد بررســـی قرار گرفته‌اند. همچنین در جدول ۱-۸، حدود افزایش دمای مجاز برای سیم‌پیچ‌ها و قسمت‌های دیگر عایق‌بندی‌شده نشان داده شده است.

جدول ۱-۸: محدوده‌ی مجاز افزایش دمای موتور و بخش‌های مختلف آن

بخش	کلاس عایقی						روش اندازه‌گیری
	۲۵۰	۲۲۰	۲۰۰	H	F	B	
سیم‌پیچ‌های استاتور سیم‌پیچ میدان دوار موتور سنکرون	۲۵۰ K	۲۲۰ K	۲۰۰ K	۱۸۰ K	۱۵۵ K	۱۳۰ K	مقاومت
حلقه لغزان	۱۲۰ K	۱۲۰ K	۱۲۰ K	۱۲۰ K	۱۲۰ K	۱۲۰ K	ترمومتر الکتریکی
روتور قفس سنجابی و سیم‌پیچ‌های میراکننده	افزایش دما نباید به حدی باشد که باعث آسیب‌دیدن سیم‌پیچ و سایر بخش‌ها شود						ترمومتر الکتریکی

- آزمون‌های اضافه بار در زمان کوتاه

در صورتی که مقادیر اضافه بارها به مدت زمان کوتاه مشخص باشد، این مقادیر باید مطابق آزمون‌ها مورد بررسی قرار گیرند. با توجه به آزمون افزایش دما که پیش‌تر در مورد آن توضیح داده شد، افزایش دمای آغازین از طریق ادامه ترسیم منحنی خنک‌کاری تا زمانی که افزایش دمای پیش‌بینی‌شده از طریق برون‌یابی برای مدتی کمتر از ۵ دقیقه قبل از آخرین خوانش به مقدار آغاز که در جدول ۱-۹ آمده است برسد، به دست می‌آید.

جدول ۱-۹: افزایش درجه حرارت برای مقادیر اضافه بار در زمان کوتاه

بخش		کلاس عایقی					
		B	F	H	200	220	250
سیم‌پیچ‌های استاتور سیم‌پیچ میدان دوار موتورهای سنکرون	در آغاز آزمون	۸۵ K	۱۰۰ K	۱۲۰ K	۱۳۰ K	۱۴۰ K	۱۵۵ K
	در آغاز آزمون	۱۳۰ K	۱۵۵ K	۱۸۰ K	۲۰۰ K	۲۲۰ K	۲۵۰ K

۱ ۲ ۷ آزمون‌های بررسی

آزمون‌هایی که تعیین‌کننده مشخصه‌های ماشین هستند، باید با اندازه‌گیری ورودی‌های الکتریکی و خروجی‌های مکانیکی موتور انجام شوند. خروجی می‌تواند به صورت مستقیم یا با محاسبه خروجی‌های اندازه‌گیری‌شده ماشینی با بازده برابر با ماشین موردنظر، در نظر گرفته شود.

مقادیر بیان‌شده گشتاور دو منحنی مشخصه برای هر ورودی الکتریکی، نباید کمتر از ۹۵ درصد مقادیر مشخص‌شده باشند. همچنین تلفات موتور در مقادیر نامی نباید بیش از ۱۵ درصد با مقادیر مشخص‌شده در منحنی مشخصه تفاوت داشته باشد.

- موتورهای کمکی

مقدار گشتاوری که از منحنی اندازه‌گیری‌شده در مقادیر نامی به دست می‌آید، نباید از مقادیر مشخص‌شده کمتر باشد. همچنین جریان در مقادیر نامی نباید از مقادیر مشخص‌شده بیشتر باشد.

- آزمون اضافه سرعت

لازم ا ست که آزمون افزایش سرعت بر روی تمام موتورهایی که از مبدل تغذیه می شوند، انجام گیرد. وقتی موتور گرم است، باید به مدت ۲ دقیقه با ۱/۲ برابر سرعت بیشینه‌اش چرخانده شود.

- آزمون‌های ارتعاش

این آزمون به صورت یک آزمون معمولی انجام می‌شود. در صورتی که ماشین به گیربکس متصل باشد، لازم ا ست تا پیش از انجام آزمون، آن را از گیربکس جدا کنیم. سرعت لرزش‌ها تا حداکثر سرعت ۳۶۰۰ دور در دقیقه باید در حدود اعداد مشخص‌شده در استاندارد IEC 60034-14 باشد. همچنین برای ماشین‌هایی با سرعت بیش از ۳۶۰۰ دور در دقیقه، اعداد مربوطه باید در ۱/۵ ضرب شوند.

اندازه‌گیری‌ها در این آزمون باید در سرعت‌های مختلف و در مقادیری که تمام محدوده کاری ماشین را پوشش دهد، انجام شوند.

- آزمون‌های دی‌الکتریک

این آزمون‌ها باید با استفاده از شکل موج تقریباً سینوسی با فرکانس بین ۲۵ هرتز تا ۱۰۰ هرتز انجام گیرند. ولتاژ آزمون باید به ترتیب بین سیم‌پیچ‌های هر مدار و فریم با سیم‌پیچ‌های مدارهای دیگر متصل به فریم اعمال شوند. ولتاژ کامل فقط به موتورهای جدید و به تمامی قسمت‌های آن در حالاتی مثل حالت بهره‌برداری اعمال می‌شوند.

مقادیر ولتاژهای آزمون باید بیشترین مقدار موجود در جدول ۱-۱۰ برای روش آزمون انتخاب شده باشند و باید به آرامی به موتور اعمال شوند. وقتی ولتاژ به مقدار نهایی رسید، باید به مدت ۶۰ ثانیه حفظ شوند.

جدول ۱-۱۰: ولتاژهای آزمون دی‌الکتریک

گروه	سیم‌پیچ	ولتاژ آزمون (ولت)	
۱	تمام سیم‌پیچ‌ها به جز گروه ۲ سیم‌پیچ‌های تحریک موتورهای سنکرون	آزمون‌های جریان متناوب	$2\times U_{dc}+1000$ یا $2\times U_{rp}/\sqrt{2}+1000$ یا $U_{rpb}/\sqrt{2}+1000$
		آزمون‌های جریان مستقیم	$3.4\times U_{dc}+1700$ یا $2.4\times U_{rp}+1700$ یا $1.2\times U_{rpb}+1700$
۲	سیم‌پیچ‌های تحریک موتورهای سنکرون	$10U_e\ ac\ \ or\ \ 17U_e\ dc$ با حداقل ۱۵۰۰ ولت AC یا ۲۵۵۰ ولت DC و حداکثر ۳۵۰۰ ولت AC یا ۵۹۵۰ ولت DC	
لازم به ذکر است که U_{dc} بالاترین ولتاژ متوسط نسبت به زمین در حالت چرخش ماشین، U_{rp} پیک ولتاژ تکراری نسبت به زمین در حالت چرخش ماشین و U_{rpb} پیک ولتاژ تکرار نسبت به زمین در حالت ترمزی هستند.			

۱ ۲ ۸ آزمون‌های مشخصه‌ها و تلورانس‌ها

موتورهای آسنکرون

موتورهای آسنکرون باید تحت دو ولتاژ زیر مورد آزمون قرار گیرند:

- در شرایط بی‌باری و در ولتاژ که بیشترین چگالی شار مغناطیسی در هر نقطه‌ای بین ۱۰ تا ۱۰۰ درصد سرعتی که در مشخصه نشان داده است را تولید می‌کند.
- با روتور قفل‌شده و در ولتاژی که جریان نامی را تولید کند.

موتورهای سنکرون

موتورهای سنکرون باید تحت شرایط زیر مورد آزمون قرار گیرند:

- به صورت ژنراتوری عمل کنند و ولتاژ بی‌باری را در بیشترین چگالی شار مغناطیسی در هر نقطه از منحنی مشخصه‌ی بیان‌شده، تولید کنند.
- در شرایط اتصال کوتاه، تحریک به گونه‌ای تنظیم شود که ولتاژ بیش از ۱۵ درصد تغییر نکند.

۱ ۳ استاندارد ملی ۴-۱۲۶۱۷

همانطور که در بخش‌های قبل اشاره شده است، این استاندارد برگرفته از استاندارد زیر است:

IEC60349-4: Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles Part 4: Permanent magnet synchronous electrical machines connected to an electronic converter 2012

۱ ۳ ۱ هدف و کاربرد

هدف از تدوین استاندارد ملی ۴-۱۲۶۱۷ [۳]؛ معادل استاندارد IEC-60349-4 بررسی کیفیت عملکرد ماشین با انجام آزمون و نیز بازده آن برای یک کار خاص و مقایسه‌ی آن با بقیه ماشین‌هاست. حوزه‌ی کاربرد این دو استاندارد، موتورهای سنکرون مغناطیس دائم که به مبدل متصل هستند، است.

ماشین های بحث شده در این بخش بصورت زیر طبقه بندی شده‌اند:

۱ - موتورهای ترکشن

موتورهایی برای به حرکت درآوردن و جلو راندن وسایل نقلیه راه آهنی و جاده‌ای.

۲ - مولدهای اصلی

مولدهایی برای تامین کردن توان به ترکشن موتورها در همان وسیله نقلیه یا قطار.

۳ - موتورهای کمکی در استاندارد ملی سری ۳۷۷۲

موتورهای مورد استفاده برای به حرکت درآوردن کمپرسورها، پنکه‌ها، مولدهای کمکی یا سایر ماشین‌های الکتریکی کمکی.

۴ - مولدهای کمکی که در استاندارد ملی سری ۳۷۷۲ بحث نشده‌اند.

مولدهایی برای تامین توان، خدمات کمکی همچون تهویه مطبوع، گرم کردن، روشن کردن، شارژ کردن باتری و غیره.

۱ ۳ ۲ شرایط محیطی

در صورتی که شرایط خاصی توسط مشتری تعیین نشده باشد، شرایط محیطی زیر به صورت پیش‌فرض مد نظر قرار داده می‌شوند:

- ارتفاع (ارتفاع از سطح دریا نباید بیش از رده A3 طبق استاندارد IEC-62498-1 باشد)
- دما (دمای هوا در سایه، رده T1 طبق استاندارد IEC-62498-1)

علاوه بر این دو مورد، شرایط محیطی خاص مانند گرد و غبار، رطوبت، دما، برف، شرایط دینامیکی و ... که موتور در آن شرایط مورد بهره‌برداری قرار خواهد گرفت، باید به سازنده اعلام شود.

۱ ۳ ۳ مشخصه‌ها

طراحان ماشین‌ها و مبدل‌های الکتریکی باید همکاری لازم از نظر تبادل اطلاعات فنی برای حصول اطمینان از این‌که محصول شرایط این دو استاندارد را برآورده می سازد، داشته باشند. به عبارتی دیگر لازم است تا طراح ماشین باید تمام اطلاعات لازم، اعم از ولتاژ القاشده به دلیل مغناطیس‌های دائم در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به صورت تابعی از سرعت و مقدار موثر مولفه‌ی اصلی منحنی‌های ولتاژ و جریان، را در اختیار طراح مبدل قرار دهد. برای موتورهایی که در حالت ترمزی مورد استفاده هستند نیز باید مشخصه‌های مشابهی به طراح مبدل ارائه شوند تا گشتاور ورودی و خروجی به صورت تابعی از سرعت موتور قابل نمایش باشد. همچنین طراح مبدل باید مشخصه‌های جریان، فرکانس اصلی، هارمونیک‌ها و توان مبدل را در اختیار طراح موتور قرار دهد.

تمام مشخصه‌ها، بدون توجه به رده حرارتی سیستم عایقی مورد استفاده در موتور، باید از دمای مرجع سیم‌پیچی (۱۵۰ درجه سانتی‌گراد) و دمای مغناطیس‌های دائم (۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) استخراج می‌شوند.

لازم به ذکر است که مشخصه‌های ماشین باید شامل منحنی‌های مشخصه‌ی سازگار با بندهای این دو استاندارد باشند. این منحنی‌ها به عنوان منحنی مشخصه مورد استفاده قرار می‌گیرند و برای محدوده‌ی کاری هر متغیر ترسیم می شوند، مگر این‌که مشتری و سازنده توافق کنند که منحنی‌های مشخصه را در شرایط دیگری رسم کنند. این مشخصه‌ها از نتایج آزمون‌های معرفی‌شده در همین دو استاندارد حاصل می‌شوند.

در صورتی که در سیستم از موتور کمکی استفاده شده باشد، مشخصه‌های آن اعم از ولتاژ خطی موتور، جریان، سرعت و گشتاور متوسط، باید به صورت تابعی از خروجی موتور برای هر فرکانس کاری ارائه شوند. همچنین منحنی‌های ولتاژ و جریان باید مقادیر موثر مولفه اصلی و نیز تلفات ناشی از هارمونیک‌های تغذیه و بازدهی نامی باید در نظر گرفته شوند. لازم به ذکر است که اگر مولد کمکی نیز مورد استفاده قرار گرفته باشد، مشخصه‌های آن نیز باید ارائه شوند.

۱ ۳ ۴ مشخصات نیم‌پلیت

تمام ماشین‌هایی که در دو استاندارد مذکور مد نظر هستند، باید نیم‌پلیتی داشته باشند که در حداقلی‌ترین حالت، در آن به موارد زیر اشاره شده باشد:

- شناسه‌ی سازنده
- تعیین نوع ماشین
- اشاره به این‌که ماشین مغناطیس دائم است

- شماره سریال ماشین
- سال ساخت
- اشاره به محل نهایی مونتاژ

- **دسته‌بندی کلی آزمون‌های استاندارد ملی ۴-۱۲۶۱۷**

به طور کلی چهار دسته آزمون روی ماشین‌های مورد نظر در این دو استاندارد انجام می‌شود:

- آزمون‌های نوعی
- آزمون‌های نوعی کاهش‌یافته
- آزمون‌های معمولی
- آزمون‌های بررسی

در جدول ۱-۱۱، خلاصه‌ای از آزمون‌های مورد نیاز ارائه شده است.

جدول ۱-۱۱: فهرست آزمون‌های مربوط به استاندارد ملی ۴-۱۲۶۱۷

نوع آزمون	بند استاندارد ۴-۱۲۶۱۷									
	افزایش دما با مبدل	افزایش دما برای آزمون نوعی کاهش‌یافته	مشخصه‌ها	آزمون بی‌باری	آزمون جریان بار	سرعت بیش از حد	آزمون عایقی	آزمون ارتعاش	آزمون نویز	آزمون بررسی
آزمون نوعی	۱-۸	۷-۳-۱ تا ۷-۳-۵	۲-۸	۹-۲-۳	۹-۲-۳	۸-۳	۹-۴	۸-۴	۸-۵	-
آزمون نوعی کاهش‌یافته	-	۷-۳-۱ تا ۷-۳-۵	-	۹-۲-۲	۹-۲-۳	۹-۳	۹-۴	۹-۴	-	-
آزمون معمولی	-	-	-	۹-۲-۲	۹-۲-۳	۹-۳	۹-۴	۹-۴	-	-
آزمون بررسی	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۰

لازم به ذکر است که در ادامه، خلاصه‌ای از آزمون‌های معرفی‌شده در جدول فوق، ارائه خواهد شد.

۱ ۳ ۵ آزمون‌های نوعی

- آزمون‌های افزایش دما

این آزمون‌ها به منظور استخراج مقادیر نامی ماشین‌ها انجام می‌شوند. اندازه‌گیری خروجی نامی ماشین می‌تواند به صورت مستقیم یا غیرمستقیم روی محور ماشین اندازه‌گیری شود. همچنین می‌توان بدون اندازه‌گیری و با استفاده از متغیرهای تغذیه‌ی ماشین در ولتاژ، جریان و فرکانس مورد نظر تعیین شود.

- خنک‌کاری حین آزمون‌های نامی

تمام قسمت‌هایی که بر افزایش دمای ماشین اثرگذار هستند، اعم از تمام کانال‌ها و فیلترها، باید به صورت سازمان‌دهی‌شده خنک شوند. در صورتی که خنک‌سازی با تهویه‌ی کنترل‌شده یا مایع انجام شود، فشار استاتیک و جریان هوا یا مایع باید در ورودی ماشین اندازه‌گیری شده و در نهایت جدولی برای نشان‌دادن رابطه‌ی بین این دو کمیت ترسیم شود. در صورتی که خنک‌سازی با استفاده خود کانال‌ها انجام می‌گیرد، کمیت میزان هوا باید بر حسب تابعی از سرعت چرخش ماشین اندازه‌گیری شود.

- اندازه‌گیری دما

دما حین این آزمایش مطابق با پیوست الف استاندارد ۴-۱۲۶۱۷ اندازه‌گیری می‌شود.

- ارزیابی نتایج

پس از اندازه‌گیری، باید بررسی کرد که افزایش دمای سیم‌پیچ‌ها در آغاز خنک‌کاری، از مقادیر جدول ۱-۱۲ بیشتر نشوند.

جدول ۱-۱۲: حدود افزایش دما برای مقادیر پیوسته و سایر مقادیر نامی

بخش	روش اندازه‌گیری	طبقه دمایی سیستم عایقی					
		(B) ۱۲۰	(F) ۱۵۵	(F) ۱۸۰	۲۰۰	۲۲۰	۲۵۰
سیم‌پیچ‌های استاتور	مقاومتی	۱۳۰ K	۱۵۵ K	۱۸۰ K	۲۰۰ K	۲۲۰ K	۲۵۰ K
دمای مغناطیس دائم	دماسنج یا روش مناسب دیگر	افزایش دما نباید به اندازه‌ای باشد که خواص مغناطیس‌های دائم را به مخاطره بیاندازد					
سایر بخش‌ها	روش اندازه‌گیری	افزایش دمای هر بخش نباید باعث به خطر افتادن بخش‌های دیگر ماشین شود.					

- حدود افزایش دما

کلاس‌های مختلف عایقی در استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱۱۰ مشخص شده‌اند. در جدول ۱-۱۲ حدود افزایش دمای مجاز برای سیم‌پیچ‌ها، مغناطیس‌های دائم و سایر قسمت‌های عایق‌کاری شده در ماشین ارائه شده است.

- آزمون اضافه بار در زمان کوتاه

اگر مقادیر نامی اضافه بار در مدت زمان کوتاه مشخص باشند، لازم است تا این مقادیر با یک یا چند آزمون تأیید شوند. همچنین موارد زیر باید مشخص شده باشند:

- شرایط خنک‌کاری
- دما و بار شروع
- زمان یا حدود دما

۱ ۳ ۶ آزمون نوعی کاهش‌یافته[۱]

این آزمون‌ها برای نشان‌دادن شباهت در تکرار سفارشات یا تغییر مکان و یا روش سازنده یا برای ماشین‌هایی با همان نوع طراحی الکترومغناطیسی و خنک‌کاری مشابه در همان مقادیر نامی انجام می‌گیرند.

- تکرار آزمون افزایش دمای آزمون نوعی با مبدل

برای این آزمون، از همان تنظیمات، ولتاژ، فرکانس، گشتاور، سیستم خنک‌کاری و بازه‌ی زمانی مورد نظر در آزمون نوعی، دوباره استفاده می‌شود.

- تکرار یک آزمون افزایش دما با مبدل با بار متفاوت

در اجرای این آزمون، ما شین به و سیله یک مبدل تغذیه می شود و به یک بار مکانیکی مت صل ا ست. ولتاژ، فرکانس، گشتاور، سیستم خنک‌کاری و بازه زمانی آزمون، توسط نظر سازنده قابل تعیین هستند.

- تکرار آزمون افزایش دما با منبع سینوسی

برای انجام این آزمون اولاً باید ما شین به یک منبع سینو سی و یک بار الکتریکی مت صل شود. ثانیاً ولتاژ، فرکانس، گشتاور، سیستم خنک‌کاری و بازه زمانی آزمون توسط سازنده قابل تعیین هستند.

- تکرار آزمون افزایش دما در حالت تولید با بار پسیو

در انجام این آزمون، ماشین به وسیله یک موتور، در حالت مولدی به حرکت درآورده می‌شود. بار متصل می‌تواند مقاومتی یا مقاومتی-سلفی باشد. فرکانس، توان، سیستم خنک‌کاری و بازه زمانی آزمون نیز توسط سازنده قابل تعیین هستند.

۱ ۳ ۷ آزمون‌های بررسی

آزمون‌های تعیین‌کننده‌ی مشخصه‌های ماشین باید از راه اندازه‌گیری ورودی یا خروجی الکتریکی و مکانیکی ماشین صورت گیرند. می‌توان خروجی یا ورودی مکانیکی را به صورت مستقیم و یا از طریق خروجی اندازه‌گیری‌شده ماشین با بازده مشخص، اندازه‌گیری کرد.

- ترکشن موتورها

گشتاور بیان‌شده در منحنی مشخصه برای هر ورودی الکتریکی، نباید کمتر از ۹۵ درصد مقادیر مشخص‌شده باشد. همچنین تلفات موتور در مقادیر نامی نباید بیش از ۱ درصد توان خروجی نامی ماشین باشد. این بررسی‌ها فقط بر روی مقادیر نامی صورت می‌گیرند. افزایش دمای سیم‌پیچ استاتور که از آزمون نوعی کاهش‌یافته استخراج شده است، نباید با تلورانسی بیش از ۸ درصد یا K ۱۰ تغییر کند. در صورت کار با سرعت نامی، ولتاژ القاشده نیز نباید از مقدار مشخص‌شده‌ی مربوطه با تلورانسی بیش از ۱۰ درصد متغیر باشد.

- مولدهای اصلی

تلفات مولد در مقادیر نامی نباید بیش از ۱ درصد توان خروجی نامی ماشین باشد. . افزایش دمای سیم‌پیچ استاتور که از آزمون نوعی کاهش‌یافته استخراج شده است، نباید با تلورانسی بیش از ۸ درصد یا K ۱۰ تغییر کند. در صورت کار با سرعت نامی، ولتاژ القا شده نیز نباید از مقدار مشخص شده‌ی مربوطه با تلورانسی بیش از ۱۰ درصد متغیر باشد.

۱- Reduced Type Test

- موتورهای کمکی

مقدار گشتاوری که از منحنی اندازه‌گیری‌شده در مقادیر نامی به دست می‌آید، نباید از مقادیر مشخص‌شده کمتر باشد.

- مولد کمکی

تلفات مولد در مقادیر نامی نباید بیش از ۱ درصد توان خروجی نامی ماشین باشد. . افزایش دمای سیم‌پیچ استاتور که از آزمون نوعی کاهش‌یافته استخراج شده است، نباید با تلورانسی بیش از ۸ درصد یا K ۱۰ تغییر کند. در صورت کار با سرعت نامی، ولتاژ القا شده نیز نباید از مقدار مشخص شده‌ی مربوطه با تلورانسی بیش از ۱۰ درصد متغیر باشد.

- آزمون سرعت بیش از حد

این آزمون باید روی تمام ماشین‌ها انجام شود. در انجام این آزمون، ماشین‌ها باید ۱/۲ برابر سرعت بهره‌برداری را به مدت ۲ دقیقه تحمل کنند.

- آزمون‌های ارتعاش

اندازه‌گیری کمّی ارتعاش به کمک آزمون نوعی صورت می‌گیرد. در صورتی که ماشین به جعبه‌دنده متصل باشد، باید آن را جدا کرد. همچنین اگر یک موتور و یک مولد با هم کوپل شده باشند، باید کوپلینگ جدا شود.

به منظور اندازه‌گیری ارتعاش با آزمون نوعی، ماشین باید بدون هیچ تجهیزات نصب اضافه‌ای روی تابلوی آزمون قرار داده شود. سرعت ارتعاش ماشین‌های با حداکثر سرعت ۳۶۰۰ دور در دقیقه باید کمتر از ۳/۵ میلی‌متر بر ثانیه و سرعت ارتعاش ماشین‌های با سرعتی بیش از ۳۶۰۰ دور در دقیقه باید کمتر ۵/۲۵ میلی‌متر بر ثانیه باشد.

اطلاعات بیشتر درباره آزمون ارتعاش در استاندارد ملی ۱۴-۳۷۷۲ موجود است.

- اندازه‌گیری نویز

نحوه‌ی اندازه‌گیری نویز به طور مفصل در پیوست پ استاندارد ملی ۴-۱۲۶۱۷ تشریح شده است.

۱ ۳ ۸ آزمون‌های معمولی

برای انجام این نوع آزمون‌ها، ماشین‌های سنکرون باید تحت شرایط بی‌باری و جریان-بار مورد آزمون قرار گیرند.

- آزمون‌های بی‌باری

این آزمون باید با یک ماشین سرد انجام شود. همچنین لازم است به منظور شناخت دمای مغناطیس، دمای ماشین ثبت شود. روش اجرای آزمون نیز باید مطابق با یکی از موارد زیر باشد:

- ماشین‌ها باید حتماً با یک ماشین بار صورت مکانیکی کوپل شوند.
- ماشین بار با یک ولتاژ سینوسی بین ۱۰ تا ۱۰۰ درصد سرعت نشان‌داده‌شده در مشخصه تغذیه شود.
- ماشین باید به وسیله ولتاژی متفاوت با شکل موج سینوسی بین ۱۰ تا ۱۰۰ درصد سرعت نشان‌داده‌شده در مشخصه‌های اظهارشده، توان بگیرد. ولتاژ باید حتماً تا زمانی که مقدار موثر جریان اصلی به حداقل برسد، تغییر کند.

- ماشین باید به وسیله ولتاژی متفاوت با شکل موج سینوسی بین ۱۰ تا ۱۰۰ سرعت نشان‌داده‌شده در مشخصه‌های اظهارشده، توان بگیرد. سرعت باید روی موتور اولی که تحت آزموت است، تثبیت شود.

- آزمون‌های جریان-بار

روش انجام این آزمون باید مطابق با یکی از موارد زیر باشد:

- ما شین باید حتماً با یک ما شین بار به صورت مکانیکی کوپل شده با شد و ترمینال‌های ما شین‌ها باید تا حد امکان کوتاه باشند.
- ما شین باید یک ولتاژ سینو سی با همان سرعت م شابه شرایط بی‌باری توان بگیرد. ولتاژ باید در مقایسه با ولتاژی با کمینه جریان کاهش یابد تا مقدار جریان موثر اصلی بالاتر از ۲۰ درصد جریان نامی شود.
- ماشین باید با یک ولتاژ متفاوت با شکل موج سینوسی با همان سرعت مشابه شرایط بی‌باری توان بگیرد. ولتاژ باید در مقایسه با ولتاژ با کمینه جریان، کاهش یابد تا مقدار موثر جریان اصلی بیش از ۲۰ درصد جریان نامی شود.

- آزمون‌های سرعت بیش از حد

ما شین‌هایی که در معرض آزمون سرعت بیش از حد قرار می‌گیرند، باید ۱/۲ برابر سرعت بهره‌برداری را به مدت ۲ دقیقه تحمل کنند. حین انجام این آزمون باید دقت کرد که از خرابی یاتاقان‌ها جلوگیری شود.

- آزمون‌های دی‌الکتریک

این نوع آزمون‌ها باید با جریان متناوبی با شکل موج نزدیک به سینو سی و با فرکانس بین ۲۵ تا ۱۰۰ هرتز انجام شـــوند. ولتاژ آزمون باید به ترتیب بین ســـیم‌پیچ‌های هر مدار و چهارچوب با ســـیم‌پیچ‌های مدارهای دیگر متصل به فریم اعمال شود. ولتاژ آزمون همچنین باید با بالاترین مقادیر موجود در جدول ۱-۱۳ سازگاری دا شته باشد. وقتی ولتاژ به مقدار نهایی مورد نظر رسید، باید به مدت ۶۰ ثانیه حفظ شود.

جدول ۱-۱۳: آزمون ولتاژ عایقی

سیم‌پیچ		ولتاژ آزمون (ولت)
سیم‌پیچ‌های استاتور موتور یا مولد	آزمون‌های جریان متناوب	$2\times U_{dc}+1000$ یا $2\times U_{rp}/\sqrt{2}+1000$ یا $U_{rpb}/\sqrt{2}+1000$ یا $U_{i\max}/\sqrt{2}+1000$
	آزمون‌های جریان مستقیم	$3.4\times U_{dc}+1700$ یا $2.4\times U_{rp}+1700$ یا $1.2\times U_{rpb}+1700$ یا $1.2\times U_{i\max}+1700$
لازم به ذکر است که U_{dc} بالاترین ولتاژ متوسط نسبت به زمین در حالت چرخش ماشین، U_{rp} پیک ولتاژ تکراری نسبت به زمین در حالت چرخش ماشین، U_{rpb} پیک ولتاژ تکرار نسبت به زمین در حالت ترمزی و $U_{i\max}$ ولتاژ پیک نسبت به زمین در حالت مدار باز هستند.		

۱ ۴ استاندارد ملی ۱-۲۱۸۴۵

این استاندارد ملی با عنوان «کاربردهای راه‌آهن – مبدل‌های تغذیه نصب‌شده روی وسایل نقلیه ریلی – قسمت ۱: مشخصه‌ها و روش‌های آزمون» [۴] در واقع دوگان استاندارد بین‌المللی IEC 61287-1 است.

این بخش از استاندارد ملی ۱-۲۱۸۴۵ به تعریف واژگان، شرایط سرویس‌دهی، مشخصه‌های کلی و روش‌های آزمون مبدل‌های توان الکترونیکی روی خودروهای ریلی می‌پردازد. این استاندارد بین‌المللی به تمامم مبدل‌های الکترونیک قدرت سوار بر خودروهای ریلی و مبدل‌هایی که برای تغذیه مدارهای ترکشن و مدارهای کمکی خودروها و تریلرها قابل اعمال است.

این ا ستاندارد همچنین تمام بخش‌های مبدل شامل ادوات نیمه‌ر سانا، سی ستم‌های خنک سازی یکپارچه، القاگرها، خازن‌ها، ترانسفورماتورها، مقاومت‌ها، کنتاکتورها، سوییچ‌ها، واحدهای درایو نیمه‌رسانا (SDU[۱]) و سنسورهای مربوطه و مدارهای حفاظتی را پوشش می‌دهد.

همچنین در این ا ستاندارد ا ستفاده از خطوط تماس AC، DC و تغذیه‌های روی بورد مانند ژنراتور، باتری و

۱- Semiconductor Driver Unit

سایر منابع تغذیه‌ی الکتریکی مجاز است.

بر اساس این استاندارد، فرایند طراحی مبدل باید مشهود باشد. در صورتی که کاربر جزییات فرایند طراحی را از سازنده بخواهد، این فرایند باید توسط سازنده به او ارائه شود.

هر مبدل باید یک نیم‌پلیت داشته باشد که در طول مفید تجهیز قابل خواندن باشد و موارد زیر در روی آن ذکر شده باشند:

- نشان سازنده
- تعداد طراحی‌های اصلی و تعداد اصلاحات و بازبینی‌ها
- شماره سریال
- سال ساخت
- وزن

نشان‌گذاری‌ها روی ترمینال‌های اصلی باید با مشخصات ارائه شده در استاندارد IEC 61148 سازگاری داشته باشند.

همچنین باید مستنداتی پیرامون نحوه استفاده و نگهداری از مبدل توسط سازنده ارائه شود که شامل موارد زیر باشد:

توصیف کلی دستگاه (شامل توصیف فنی و داده‌های فنی)

مشخصات آزمون‌های نوعی و معمولی (فهرست آزمون‌ها، روش‌های آزمون، محدودیت‌ها، تلورانس‌ها، شرایط آزمون و معیار پذیرش)

- نتایج آزمون‌های خاص انجام‌شده
- دستورالعمل‌های بهره‌برداری
- دستورالعمل‌هایی پیرامون نحوه‌ی نگهداری
- دستورالعمل‌های تعمیر
- توصیفی از ابزار خاص لازم برای تعمیر و نگهداری
- برنامه‌ی آموزشی و فایل‌های رسانه‌ای پشتیبان
- اشاره به مواد خاصی که در صورت اوراق شدن دستگاه باید به آن‌ها دقت شود

کاربر نیز باید مشخصات خاص مدنظر خود را به صورت مستنداتی به سازنده ارائه کند. این فهرست باید شامل موارد زیر باشد:

- توصیف کلی از مشخصات فنی و کاربرد
- شرایط سرویس‌دهی خاص
- مشخصات سیستم تغذیه
- پروفیل بار و چرخه کار[1]
- الزامات مربوط به سازگاری الکترومغناطیسی (EMC)
- سیستم خنک‌سازی موردنیاز

۱- Duty Cycle

- شرایط محیطی
- مسائل ایمنی موردنیاز
- مشخصات طراحی الکتریکی و مکانیکی
- جزییاتی پیرامون تجهیزات در دسترس برای تعمیر و نگهداری

از دیگر موارد کلی که توسط سازنده باید به آن اشاره شود، قابلیت اطمینان، میزان در دسترس بودن[1] دستگاه، نگهداشت‌پذیری[2] و ایمنی باید توسط سازنده ارائه شود. الزامات مربوط به موارد مذکور در استاندارد IEC 62278 مشخص شده‌اند. همچنین عمر مفید تجهیز باید توسط سازنده اعلام شود.

۱ ۴ ۱ شرایط محیطی

در صورتی که بین سازنده و مشتری توافقی صورت نگرفته باشد، شرایط سرویس‌دهی تجهیز باید مطابق با موارد مذکور در استاندارد IEC 62498-1 باشد. شرایط سرویس‌دهی شامل ارتفاع، دمای محیط و دمای راه‌اندازی هستند.

مبدل همچنین باید طبق استاندارد IEC 61373 در برابر شوک، ارتعاشات و سایر مواردی که باعث ایجاد تنش می‌شوند، تحمل داشته باشد و مقدار کمّی موارد مذکور باید در محدوده‌ی سازگار با استاندارد IEC 61373 باشد.

نکته‌ی حائز اهمیت دیگر آن است که از آن‌جایی که پروفیل بار می‌تواند روی مشخصه‌های عملکردی مبدل و اجزای مبدل اثرگذار باشد، پروفیل بار همواره باید مشخص شود.

۱ ۴ ۲ سیستم تغذیه

از دیگر موارد مهم در زمینه مبدل‌ها این است که کاربر باید مشخصات فنی سیستم تغذیه را مشخص کند. مشخصات اصلی سیستم‌های تغذیه AC مختلف مورد استفاده، در IEC 60850 تشریح شده‌اند. حین بهره‌برداری، تجهیزات باید مطابق با موارد ذکر شده در این استاندارد کار کنند. همچنین تغییرات پله‌ای ولتاژ باید توسط کاربر مشخص شوند. از آن‌جایی که به صورت پیش‌فرض چنین فرض می شود که ولتاژ خط AC سینوسی است، در صورت وجود اعوجاج در ولتاژ تغذیه، این موارد نیز باید توسط کاربر مشخص شوند. از دیگر نکات مهم آن است که مبدل و ادوات حفاظتی آن که به ترانسفورماتور و فیلتر ورودی متصل هستند، باید توانایی تحمل در برابر اضافه ولتاژ و حالت‌های گذرای بیان‌شده در استاندارد IEC 60850 را داشته باشند.

مواردی که پیش‌تر درباره منابع تغذیه AC بیان شد، به شکل مشابه در مورد منابع تغذیه DC نیز صادق است و در صورت وجود منبع تغذیه DC نیز باید موارد مذکور را بررسی کرد.

اگر از منابع تغذیه دیگری مانند باتری، ژنراتور یا سایر منابع تغذیه استفاده شده باشد، مقادیر نامی، محدودیت‌ها، فرکانس، شکل موج و غیره در مورد آن‌ها نیز باید مشخص شود.

۱- Availability

۲- Maintainability

۱ ۴ ۳ تداخل‌ها

مبدل از طریق رسانش یا انتشار، امواج تداخلی تولید می‌کند که ممکن است روی سیستم تغذیه، سیستم مخابراتی، سیستم سیگنال‌دهی یا سایر تجهیزات خودرو اثرگذار باشند. جریان ورودی مبدل در حالت عادی حاوی مولفه‌های هارمونیکی است. به همین دلیل باید توجه ویژه‌ای به آن‌ها داشت، در نتیجه تجهیز مورد استفاده باید با موارد مذکور در استاندارد IEC 62236-3-1 و IEC 62236-3-2 سازگاری کامل داشته باشد.

۱ ۴ ۴ تأثیر روی محیط

در جدول ۱-۱۴، کلاس‌های آکوستیک مشخص شده‌اند. حداکثر سطح نویز آکوستیک ساطع شده توسط مبدل باید با یکی از این کلاس‌ها سازگاری داشته باشد.

جدول ۱-۱۴ : کلاس‌های نویز آکوستیک

کلاس	N1 (دسی‌بل)	N2 (دسی‌بل)	N3 (دسی‌بل)	N4 (دسی‌بل)	N5 (دسی‌بل)	N6 (دسی‌بل)	N7 (دسی‌بل)	N8 (دسی‌بل)
سطح نویز	۸۰	۷۵	۷۰	۶۵	۶۰	۹۵	۹۰	۸۵

در بخش دیگری از این استاندارد بیان شده که تمامی اجزا باید با مشخصه‌های تعریف‌کننده‌ی پارامترهای عملکردی و فیزیکی سازگاری داشته باشند تا امکان طراحی مجدد یا تهیه‌ی یک دستگاه جایگزین از تولیدکننده‌ای دیگر فراهم شود. تمامی تأمین‌کننده‌های اجزا باید یک سیستم کیفیت داشته باشند. همچنین مشخصه‌های ادوات نیمه‌رسانای مدارهای قدرت باید با مشخصات بیان شده در استاندارد IEC 60747 سازگار باشند. مشخصه‌های ترانسفورماتورها و راکتورهای مورد استفاده در مبدل‌ها باید با استاندارد IEC 60310 و خازن‌های مبدل‌ها باید با استانداردهای IEC 61881 و IEC 60384-4 سازگاری کامل داشته باشند.

نکته حائز اهمیت دیگر آن است که نقشه‌ی مبدل باید توسط سازنده ترسیم شده و شامل موارد زیر باشد:

- اجزا
- نقاط تثبیت‌کننده
- الزامات دسترسی
- نقاط موجود برای حمل و نقل
- اتصالات الکتریکی و داکت‌های هوایی یا نحوه اتصال به سیستم خنک‌سازی
- ابعاد و تلورانس
- جرم کلی مبدل و سیستم خنک‌سازی
- مرکز ثقل محاسبه‌شده‌ی مبدل

همچنین لازم است پارامترهای اصلی سیستم خنک‌سازی که شامل موارد زیر هستند، بیان شوند:

- نوع سیستم خنک‌سازی
- نرخ جریان در شرایط پایدار و گذرا
- دمای ورودی و خروجی

- فشار بهره‌برداری
- افت فشار
- میزان اتلاف توان
- اطلاعات مربوط به نحوه نگهداری

درجه حفاظت مبدل نیز باید توسط سازنده مطابق با استاندارد IEC 60529 تعیین و اعلام شود.

مشخصه‌های نامی خروجی مبدل مانند ولتاژ، جریان، جریان خاموشی، ضریب توان یا فرکانس اصلی شکل موج و سایر فرکانس‌های آن باید مشخص شده باشند. همین موارد به علاوه توان اکتیو و راکتیو، مقدار پیک جریان و زمان مجاز بهره‌برداری در هر نقطه کار باید برای نقاط مد نظر جهت بهره‌برداری بیان شوند. لازم به ذکر است که مشخص‌کردن مشخصه‌های اتصال کوتاه و مدار باز نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین بازدهی یک مبدل برای حداقل یکی از نقاط مورد نظر جهت بهره‌برداری بسیار مهم است و باید این مورد را نیز تعیین کرد. در صورتی که بین تغذیه و بار عایق الکتریکی وجود داشته باشد، باید به این نکته اشاره شود.

۱ ۴ ۵ الزامات فنی

حداقل فواصل ایمنی و خزشی مبدل باید با استاندارد IEC 62497-1 سازگاری کامل داشته باشند. مبنای تعیین حداقل فواصل ایمنی، ولتاژ ضربه نامی و محیط اطراف و مبنای تعیین حداقل فاصله‌ی خزشی، ولتاژ ضربه نامی، محیط اطراف و ماده‌ی عایقی هستند.

الزامات سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) مبدل‌ها در استاندارد IEC 62236-3-2 بیان شده است. میدان‌های مغناطیسی ناشی از مبدل که می‌توانند روی تجهیزات جانبی خود خودرو و یا تجهیزات موجود در اطراف جاده اثرگذار باشند، باید در محدوده‌های بیان‌شده در این استاندارد باشند. همچنین میدان‌های مغناطیسی و ولتاژهای القایی مجاز که وارد اتاقک راننده یا مسافر می شوند، باید توسط کاربر تعیین شوند. نکته حائز اهمیت دیگر نیز آن است که اثراتی که ایجاد خطا در مبدل روی سایر اجزا مانند موتور، ترانسفوماتور، فیلتر یا ... دارد، باید مورد توجه قرار گیرند. همچنین اثرات ناشی از خطای موتور، ترانسفوماتور، فیلتر و ... روی مبدل نیز باید در نظر گرفته شوند.

۱ ۴ ۶ آزمون‌ها

هدف از انجام آزمون‌ها، اثبات سازگاری و تطابق مبدل با مشخصه‌ها و الزامات مربوطه است. به طور کلی سه نوع آزمون روی مبدل‌ها انجام می‌شوند:

جدول ۱-۱۵: فهرست آزمون‌های لازم برای مبدل‌ها

آزمون	محل انجام	آزمون نوعی	آزمون معمولی	زیربخش استاندارد IEC 61287-1
بررسی بصری	W.S.[1]		❊	۱-۳-۵-۴
تأیید ابعاد و تلورانس	W.S.	❊		۲-۳-۵-۴
توزین	W.S.	❊		۳-۳-۵-۴
بررسی نشان‌گذاری	W.S.		❊	۴-۳-۵-۴
آزمون‌های بررسی عملکرد سیستم خنک‌سازی	W.S. / V[2]	❊		۵-۳-۵-۴
آزمون نشتی	W.S. / V		❊	۴-۵-۳-۵-۴
آزمون درجه‌ی حفاظت	W.S.	❊		۶-۳-۵-۴
آزمون دی‌الکتریک	W.S.		❊	۷-۳-۵-۴
آزمون مقاومت عایقی	W.S.		❊	۸-۳-۵-۴
آزمون حفاظت مکانیکی و الکتریکی و تجهیزات اندازه‌گیری	W.S.	❊	❊	۹-۳-۵-۴
آزمون بار سبک	W.S.		❊	۱۰-۳-۵-۴
آزمون کموتاسیون	W.S. / V	❊		۱۱-۳-۵-۴
اندازه‌گیری نویز آکوستیک	W.S.	❊		۱۲-۳-۵-۴
آزمون افزایش دما	W.S.	❊		۱۳-۳-۵-۴
تعیین تلفات توان	W.S.	❊		۱۴-۳-۵-۴
آزمون اضافه ولتاژ تغذیه و انرژی گذرا	W.S. / V	❊		۱۵-۳-۵-۴
تغییرات ناگهانی بار	W.S. / V	❊		۱۶-۳-۵-۴
بررسی الزامات ایمنی	W.S.	❊		۱۷-۳-۵-۴
آزمون‌های بررسی مقاومت در برابر ارتعاش و شوک	W.S.	❊		۱۸-۳-۵-۴
آزمون سازگاری الکترومغناطیسی	W.S. / V	❊		۱۹-۳-۵-۴
آزمون تغییر پله‌ای ولتاژ خط	W.S. / V	❊		۲۰-۳-۵-۴
آزمون قطع کوتاه‌مدت تغذیه	W.S. / V	❊		۲۱-۳-۵-۴
پخش‌شدن جریان	W.S. / V	❊		۲۲-۳-۵-۴

- آزمون‌های نوعی
- آزمون‌های معمولی
- آزمون‌های بررسی

آزمون‌های نوعی به منظور تأیید تطابق مبدل با م شخ صه‌ها و الزامات مورد توافق بین سازنده و کاربر انجام

۱- آزمون باید در کارگاه (Workshop) انجام شود

۲- آزمون علاوه بر کارگاه، در خودرو (Vehicle) نیز قابل انجام است

می‌شوند. آزمون‌های معمولی به این منظور انجام می‌شوند که تایید شود مبدل به شکل صحیح مونتاژ شده و تمام اجزای آن به شکل صحیح و ایمن کار می‌کنند. هدف از انجام آزمون‌های برر سی نیز، ا ستخراج اطلاعات ا ضافی پیرامون استفاده از مبدل است.

فهرست آزمون‌های نوعی و معمولی لازم برای تأیید مشخصه‌های کلی مبدل، در جدول ۱-۱۵ ارائه شده است.

- بررسی بصری

این آزمون، یک آزمون معمولی است. هدف از انجام این آزمون، تأییدکردن این نکته است که مبدل هیچ عیب فیزیکی ندارد. تمام اجزای الکتریکی و مکانیکی داخلی و بیرونی مبدل باید در این آزمون مورد بررسی بصری قرار گیرند. این آزمون همچین شامل بررسی مونتاژ صحیح کانکتورهای مکانیکی و الکتریکی نیز می‌شوند.

- تأیید ابعاد و تلورانس

این آزمون، یک آزمون نوعی است. ابعاد و تلورانس مبدل باید مورد بررسی قرار گیرند.

- توزین

این آزمون، یک آزمون نوعی ا ست. باید وزن کلی مبدل م شخص شده و تطبیق آن با معیار مورد توجه قرار گیرد.

- بررسی نشان‌گذاری‌ها

این آزمون، یک آزمون معمولی است. باید بررسی شود که نشان‌گذاری‌ها با استاندارد IEC 61287 سازگاری داشته باشند.

- آزمون‌های بررسی عملکرد سیستم خنک‌سازی

این آزمون، یک آزمون نوعی است. این آزمون در دو حالت قابل انجام است:

- مبدلی که سیستم خنک‌سازی در داخل آن تعبیه شده
- مبدلی که سیستم خنک‌سازی آن مجزا و بیرونی است

هدف از انجام این آزمون، اندازه‌گیری جریان ماده خنک‌ساز عبوری در سرتاسر اجزای مبدل و تأیید سازگاری آن با محدوده‌های خاص تعریف شده ا ست. همچنین در صورتی که سیستم خنک سازی مبدل مجزا و بیرونی باشد، هدف از انجام این آزمون تأیید این نکته است که افت فشار در بخش‌های مختلف مبدل در محدوده‌ی تعریف‌شده خواهد بود.

- آزمون نشتی

این آزمون، یک آزمون معمولی است. در صورتی که مایع خنک‌کننده به صورت مداربسته به کار گرفته شده باشد، آزمون نشتی با این هدف انجام می‌شود که اثبات شود هیچ نشتی‌ای در سیستم خنک‌سازی وجود ندارد.

- آزمون درجه حفاظت

این آزمون، یک آزمون نوعی است. این آزمون به منظور تعیین درجه حفاظت مبدل با توجه به استاندارد IEC 60529 انجام می‌شود.

- آزمون دی‌الکتریک

این آزمون، یک آزمون معمولی است. آزمون‌های دی‌الکتریک به منظور تأیید وضعیت صحیح مبدل مونتاژشده انجام می‌شوند. هدف از انجام آزمون دی‌الکتریک، بررسی وضعیت عایقی یا فواصل ایمنی و عایقی

نیست. ولتاژ آزمون در آزمون دی‌الکتریک باید مطابق با ضمیمه A استاندارد IEC 62497-1 باشد.

- آزمون حفاظت مکانیکی و الکتریکی و تجهیزات اندازه‌گیری

این آزمون، یک آزمون نوعی و معمولی اســـت. هدف از انجام آزمون معمولی، تأیید حفاظت مکانیکی و الکتریکی و عملکرد صـــحیح تجهیزات اندازه‌گیری اســـت. مدارهای قدرت مبدل حین این آزمون انرژی‌دهی نمی شوند. از سویی دیگر، هدف از انجام آزمون نوعی این است که حین انرژی داشتن مدار قدرت مبدل، حفاظت الکتریکی و مکانیکی و نیز عملکرد صحیح تجهیزات اندازه‌گیری تأیید شوند.

- آزمون بار سبک

این آزمون، یک آزمون معمولی است و به منظور تأیید عملکرد صحیح مدارهای قدرت مبدل حین بارگیری سبک انجام می‌شود. حین این آزمون، مبدل با ولتاژ نامی تغذیه شده و با جریان خروجی که مورد توافق سازنده و کاربر قرار گرفته اســـت، مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. بعد از انتخاب بار مناســـب، تمام خروجی‌های ســـیگنال و قدرت مبدل باید بررسی شوند.

- آزمون کموتاسیون

این آزمون، یک آزمون نوعی است و به منظور تأیید این‌که مبدل مقدار حداکثر جریان لحظه‌ای مشخص‌شده را کموتاسیون خواهد کرد، انجام می‌شود. ولتاژ ورودی به گونه‌ای انتخاب می‌شود که بدترین شرایط به نیمه‌رساناها اعمال شوند. در صورتی که جریان خروجی سوییچ‌شده برابر یا بیش از حداکثر مقدار تعیین‌شده برای مبدل باشد و آسیبی به مبدل و اجرای آن وارد نشود، آزمون با موفقیت به پایان رسیده است.

- اندازه‌گیری نویز آکوستیک

این آزمون، یک آزمون نوعی است. به منظور اندازه‌گیری نویز آکوستیک از روش تعریف شده در استاندارد IEC 60076-10 استفاده می شود، با این تفاوت که می‌توان به جای «ترانسفورماتور» از کلمه «مبدل» استفاده کرد.

- آزمون افزایش دما

این آزمون، یک آزمون نوعی است. سازنده باید فهرستی از اجزایی که لازم است دمای‌شان اندازه‌گیری شود، تهیه کند. افزایش دما باید در شـرایطی اندازه‌گیری شـود که مبدل در معرض پروفیل بار یا شـرایطی معادل با آن قرار داده شده باشد. شرایط آزمون نیز بین سازنده و کاربر مورد توافق قرار می‌گیرند. اندازه‌گیری دما به صورت مستقیم و با استفاده از سنسور (ترمومتر مقاومتی، ترموکوپل، دوربین مادون قرمز و ...) روی باس‌بارها، مقاومت‌ها، خازن‌ها، ترانسفورماتورهای خشک و القاگرها (IEC 60310)، اتصالات و هیت سینک‌ها قابل اندازه‌گیری است. همچنین می‌توان با اندازه‌گیری سایر پارامترهای فیزیکی مانند ولتاژ، جریان، مقاومت و ...، افزایش دما را به صورت غیرمستقیم نیز اندازه گرفت.

- تعیین تلفات توان

این آزمون، یک آزمون نوعی است و به منظور محاسبه‌ی بازدهی توان انجام می‌گیرد. تعیین تلفات مبدل با محاسبه و یا اندازه‌گیری قابل انجام است.

- آزمون اضافه ولتاژ تغذیه و انرژی گذرا

این آزمون، یک آزمون نوعی اســت و به منظور تأیید این‌که مبدل قادر به تحمل اضـافه ولتاژ و فراتاخت‌های گذرای انرژی است، انجام می‌شود. در صورت توافق با مشتری، این آزمون قابل جایگزینی با محاسبه نیز می‌باشد.

- تغییرات ناگهانی بار

این آزمون یک آزمون نوعی است و به صورت آزمون اتصال کوتاه و یا قطع بار قابل انجام است.

- بررسی الزامات ایمنی

این آزمون، یک آزمون نوعی اســت. بررســی الزامات ایمنی به این منظور انجام می‌شــود که تطابق طراحی مبدل با استانداردهای ایمنی موجود، چک گردد. حداقل این الزامات ایمنی در IEC 61991 ارائه شده‌اند.

- آزمون تحمل ارتعاشات و شوک

این آزمون، یک آزمون نوعی است. جزییات بیشتر پیرامون این آزمون در IEC 61373 ارائه شده است.

- آزمون سازگاری الکترومغناطیسی

این آزمون، یک آزمون نوعی ا ست و به منظور تأیید سازگاری مبدل با ا ستاندارد IEC 62236-3-2 انجام می‌شود.

- آزمون تغییر پله‌ای ولتاژ خط

این آزمون، یک آزمون نوعی اســت و به منظور تأیید عملکرد صــحیح مبدل تحت شــرایطی که ولتاژ خط تغییرات خاصی داشته باشد، انجام می‌شود. در صورت توافق سازنده و کاربر، این آزمون قابل جایگزینی با محاسبه نیز می‌باشد.

- آزمون قطع کوتاه‌مدت تغذیه

این آزمون، یک آزمون نوعی اســت. این آزمون به منظور تأیید این‌که قطع تغذیه ولتاژ خط باعث آســیب ر سیدن به مبدل و اجزای آن نمی شود و جریان مستقل از و ضعیت بار مبدل در محدوده‌ی خا صی باقی می‌ماند، انجام می‌شود.

- پخش‌شدن جریان

این آزمون، یک آزمون نوعی ا ست و با هدف تأیید تقسیم صحیح جریان در زیربخش‌های متصل به صورت موازی در مبدل انجام می‌شود.

۱ ۵ نتیجه‌گیری

در این فصل، ا ستانداردهای داخلی حوزه سیستم پیشرانه خودروهای برقی بین‌المللی برر سی شده ا ست. استانداردهای مورد بررسی در این فصل به شرح زیر است:

استاندارد ۱۲۶۱۷؛ ماشین‌های الکتریکی دوار برای وسایل نقلیه ریلی و خودروهای جاده‌ای،

- قســمت اول (دوگان اســتاندارد IEC 60349-1): ماشــین‌های الکتریکی به اســتثناء موتورهای جریان متناوب تغذیه‌شده با مبدل‌های الکتریکی
- قسمت دوم (دوگان استاندارد IEC 60349-2): موتورهای جریان متناوب تغذیه‌شده با مبدل الکترونیکی
- قسمت چهارم (دوگان ا ستاندارد IEC 60349-4): ماشین‌های الکتریکی سنکرون مغناطیس دائم متصل‌شده به یک مبدل الکترونیکی

استاندارد ۱-۲۱۸۴۵؛ کاربردهای راه‌آهن – مبدل‌های تغذیه نصب‌شده روی وسایل نقلیه ریلی – قسمت ۱: مشخصه‌ها و روش‌های آزمون

فصل دوم

استانداردهای بین‌المللی در حوزه موتورهای الکتریکی و سیستم محرکه آن در خودروهای برقی

مقدمه فصل دوم

در این فصل از گزارش به بررسی استانداردهای کشورهای خارجی و استانداردهای بین‌المللی در بخش موتورهای الکتریکی و سیستم محرکه آن پرداخته شده است. استانداردهای بین المللی شامل استانداردهای IEC، SAE، ISO ، IEEE و .... در این حوزه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

استانداردهای IEC 60349-1، IEC 60349-2 و IEC 60349-4 مرجع اصلی استخراج و تدوین استانداردهای ملی ۱۲۶۱۷ و استاندارد IEC 61287-1 مرجع اصلی استخراج و تدوین استاندارد ملی ۱-۲۱۸۴۵ هستند که در فصل اول به بررسی و شرح آن‌ها پرداخته شده است. در این فصل به بررسی استانداردهای بین المللی پرداخته شده است.

کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک[۱] (IEC) یک موسسه استاندارد غیرانتفاعی غیردولتی است که استانداردهای بین‌المللی کلیه فناوری‌های مرتبط با الکترونیک و الکتریسیته (که در کنار هم با نام الکتروتکنولوژی شناخته می‌شوند) را تهیه و منتشر می‌کند. IEC در سال ۱۹۰۶ برپایه صحبت‌های موسسه مهندسان الکترونیک بریتانیا، مؤسسه مهندسان برق آمریکا و دیگران که از سال ۱۹۰۰ در کنگره پاریس آغاز شده بود شکل گرفت. این سازمان در لندن تأسیس شد و در سال ۱۹۴۸ به ژنو انتقال یافت. امروزه IEC به عنوان پیشرو و رهبر جهانی برای رشته خود مطرح است و استانداردهای این سازمان به عنوان مرجع استانداردهای ملی در کشورهای عضو پذیرفته می‌شوند. ۱۰۰۰۰ متخصص الکتریک و الکترونیک از شرکت‌ها، دولت‌ها، دانشگاه‌ها و آزمایشگاه‌ها در امور مورد علاقه و تخصصشان با این سازمان همکاری دارند. IEC نقش مؤثری در توسعه و توزیع واحدهای اندازگیری از جمله هرتز، وبر و گاوس داشته‌است. موسسه IEC از ۱۱۰ کمیته فنی، ۱۰۲ زیرکمیته، ۷۰۴ گروه کاری، ۲۰۹ تیم پروژه‌ای و ۶۷۵ تیم نگهداری تشکیل شده است.

سازمان بین‌المللی استانداردسازی (ISO[۲]) که معمولاً به نام ایزو شناخته می‌شود، مؤسسه بین‌المللی تعیین استاندارد متشکل از نمایندگان موسسات استانداردسازی ملی است. این سازمان غیردولتی در سطح وسیع به وضع استانداردهای کلی و جزئی برای هماهنگ‌کردن استانداردهای متفاوت جهانی می‌پردازد. در عمل ایزو به صورت یک کنسرسیوم با ارتباطات قوی با دولت‌ها فعالیت می‌کند. این مؤسسه انواع استانداردهای تجاری و صنعتی جهانی را تعیین می‌نماید. مرکز ایزو در ژنو سویس قرار دارد. ایزو کار رسمی خود را از تاریخ بیست و سوم فوریه ۱۹۴۷ آغاز کرده‌است. این سازمان به ترویج جهانی استانداردهای اقتصادی و صنعتی می‌پردازد تا مبادلات صنایع و فنون مختلف را در یک راستا هماهنگ کند.

سازمان بین‌المللی استانداردسازی، با آن‌که یک سازمان غیردولتی است، به‌دلیل این که استانداردهای این مؤسسه تبدیل به قوانین می‌گردد از بیشتر سازمان‌های غیردولتی قدرتمندتر است. امروزه نزدیک به ۱۶۴ کشور در این سازمان به عضویت درآمده‌اند که ایران نیز یکی از آن‌هاست.

موسسه SAE با هدف پیشرفت دادن دانش در حوزه اتومبیل ایجاد شد. این موسسه بین‌المللی از بیش از ۱۲۸ هزار مهندس و متخصص در حوزه هوافضا، اتومبیل و صنایع خودروهای تجاری بهره می‌برد. این موسسه با استناد به استانداردهای مرجع مانند ISO و IEC، سعی در ارائه راه‌حل‌هایی بهینه و مناسب در حوزه خودروها و

۱- International Electrotechnical Commission

۲- The International Organization for Standardization

وسایل نقلیه دارد.

۲ ۱ استاندارد IEC 60349- 1

این استاندارد بین‌المللی [۵] با عنوان «ترکشن الکتریکی – ماشین‌های الکتریکی چرخان برای وسایل نقلیه ریلی و جاده‌ای – بخش ۱: تمام ماشـــین‌ها به جز موتورهای جریان متناوب تغذیه‌شـــونده با مبدل» به معرفی و دســـته‌بندی آزمون‌های لازم برای ماشـــین‌های مذکور در عنوان و حوزه تعریف اســـتاندارد می‌پردازد. جزئیات استاندارد مطابق با استاندارد ملی ۱-۱۲۶۱۷ است که در فصل اول تشریح شد.

۲ ۲ استاندارد IEC 60349- 2

این استاندارد بین‌المللی [۶] با عنوان «ترکشن الکتریکی – ماشین‌های الکتریکی چرخان برای وسایل نقلیه ریلی و جاده‌ای – بخش ۲: موتورهای جریان متناوب تغذیه‌شـــونده با مبدل» به معرفی و دســـته‌بندی آزمون‌های لازم برای ما شین‌های مذکور در عنوان و حوزه تعریف ا ستاندارد می‌پردازد. جزئیات ا ستاندارد مطابق با ا ستاندارد ملی ۲-۱۲۶۱۷ است که در فصل اول تشریح شد.

۲ ۳ استاندارد IEC 60349- 3

این ا ستاندارد [۷] با عنوان «ترک شن الکتریکی – ما شین‌های الکتریکی چرخان برای و سایل نقلیه ریلی و جاده‌ای – بخش ۳: تعیین تلفات موتورهای AC که با مبدل تغذیه می‌شـــوند، از طریق جمع‌کردن مولفه‌های تلفات» شناخته می شود. این ا ستاندارد برای تمام ما شین‌های سازگار با ا ستاندارد IEC 60349-2 قابل اعمال است.

تلفات کل موتورهای تغذیه شونده با مبدل با جمع مولفه‌های تلفات محاسبه می‌شوند. این مولفه‌ها به کمک آزمون‌های بی‌باری و بارداری استخراج می‌شوند. توان ورودی از جمع توان فرکانس‌های اصلی و سایر فرکانس‌ها به د ست می‌آید. تلفات فرکانس ا صلی به صورت م ستقیم قابل اندازه‌گیری نی ست، بنابراین با اندازه‌گیری جریان بار فرکانس اصلی و ورودی توان بی‌باری فرکانس اصلی محاسبه می‌شود.

۲ ۳ ۱ ابزار اندازه‌گیری

ورودی‌های توان هر فاز باید به صـــورت همزمان توســـط یک ابزار نمونه‌برداری دیجیتال اندازه‌گیری شـــوند. اندازه‌گیری در هر سه فاز ارجح ا ست، اما می‌توان از روش دو وات‌متری نیز ا ستفاده کرد. توان کل از حا صل‌ضرب ولتاژ و جریان در یک بازه‌ی زمان خاص و توان اصلی با استفاده از تبدیل فوریه به دست می‌آیند.

ذکر این نکته حائز اهمیت است که باید به دقت ابزار اندازه‌گیری و خطاهای شیف فاز در محدوده‌ی فرکانس مورد نظر، توجه شود. از آن‌جایی که ضریب توان هارمونیک‌ها بسیار کم است (کمتر از ۰/۱)، باید توجه خاصی به خطاهای زاویه فاز کمینه شود.

در حال حاضـــر برای بازه‌های فرکانســـی مختلف، وات‌مترهایی با ضـــریب توان ۰/۰۸ به صـــورت جدول ۱-۲ وجود دارند.

جدول ۲-۱: خطای انواع وات‌مترهای موجود

محدوده فرکانسی	خطا
کمتر از ۲ کیلوهرتز	۰/۵ ± درصد
بین ۲ و ۲۰ کیلوهرتز	۱/۰ ± درصد
بین ۲۰ و ۵۰ کیلوهرتز	۲/۰ ± درصد

معمولاً ت ضعیف‌کننده‌هایی با تجهیزات اندازه‌گیری همراه ه ستند، اما اگر از ت ضعیف‌کننده بیرونی ا ستفاده شده باشد، دقت آن باید مطابق جدول ۲-۲ باشد.

جدول ۲-۲: دقت تضعیف‌کننده‌های بیرونی

محدوده فرکانسی	خطای نسبی (٪)	خطای شیفت فاز (درجه)
کمتر از ۲ کیلوهرتز	۰/۵ ±	۰/۱ ±
بین ۲ تا ۲۰ کیلوهرتز	۱/۰ ±	۰/۲ ±
بین ۲۰ تا ۵۰ کیلوهرتز	۲/۰ ±	۰/۵ ±

با در نظر گرفتن تمام موارد مذکور، مجموع دقت مورد نیاز برای تجهیزات اندازه‌گیری توان باید مطابق جدول ۲-۳ باشد.

جدول ۲-۳: کل دقت مورد نیاز برای اندازه‌گیری توان

محدوده فرکانسی	ضریب توان بیش از ۰/۸ (٪)	ضریب توان بیش از ۰/۴ (٪)	ضریب توان کمتر از ۰/۱ (٪)
کمتر از ۲ کیلوهرتز	۱ ±	۲ ±	۱۰ ±
بین ۲ تا ۲۰ کیلوهرتز	۲ ±	۵ ±	۱۴ ±
بین ۲۰ تا ۵۰ کیلوهرتز	۴ ±	۸ ±	۲۰ ±

۲ ۳ ۲ مجموع تلفات

تلفات کل، جمع مولفه‌های زیر است:

۱ - تلفات فرکانس اصلی در شرایط بی‌باری (اعم از تلفات آهن و بخش‌های فلزی و همچنین تلفات ناشی از اصطکاک و مقاومت بادی و نیز توان جذب‌شده توسط فن‌های خنک‌کننده)

۲ - تلفات موتور در شرایط کار با فرکانس اصلی که با توجه به مقدار بار متغیر است (تلفات مس سیم‌پیچی‌های استاتور و روتور)

۳ - تلفات موتور در شرایط کار با فرکانسی جز فرکانس اصلی

۴ - تلفات مسی و جاروبک‌ها در مدار تحریک موتورهای سنکرون

۲ ۳ ۳ تعیین مولفه‌های تلفات

- موتورهای آسنکرون
  - تلفات بی‌باری در شرایط تغذیه با فرکانس اصلی

این نوع تلفات باید در شـرایطی تعیین شـود که موتور به صـورت بی‌بار و با ولتاژ و فرکانس اصـلی برای هر نقطه‌ی کار خاص مد نظر، در حال کار اسـت. این تلفات را می‌توان به صـورت توان ورودی فرکانس اصـلی منهای تلفات مسی استاتور قابل در نظر گرفت. لازم به ذکر است که از تلفات مسی روتور صرف‌نظر می‌شود.

- تلفات وابسته به بار در شرایط تغذیه از فرکانس اصلی

تلفات مسی فرکانس اصلی استاتور باید از جریان فرکانس اصلی در هر سیم‌پیچی برای نقطه‌ی کار خاص مورد نظر و نیز مقاومت سـیم‌پیچی که با توجه به دمای مرجع اصـلاح شـده اسـت، تعیین شـود. همچنین تلفات مسی روتور از رابطه ۲-۱ قابل محاسبه است:

$$s\times[P_f-(I^2R_{pf}+P_{of}-P_{fw})] \qquad (۱-۲)$$

که در آن s لغزش، P_f توان ورودی در فرکانس اصـلی، I^2R_{pf} تلفات مسـی اسـتاتور در فرکانس اصـلی، P_{of} تلفات بی‌باری در فرکانس اصلی و P_{fw} تلفات مربوط به اصطکاک و مقاومت بادی هستند.

- تلفات در شرایط تغذیه از فرکانسی به جز فرکانس اصلی

تلفات ناشـی از هارمونیک‌ها، تفاوت بین توان ورودی کل و توان فرکانس اصـلی موتور در شـرایط بار اسـت. لازم به ذکر است که دمای سیم‌پیچی استاتور باید به صورت تقریبی در حدود دمای مرجع باشد.

- موتورهای سنکرون
- تلفات بی‌باری در شرایط تغذیه از فرکانس اصلی

موتور باید به صـورت مدار باز توسـط یک ماشـین کالیبره در سـرعت خاصـی که قرار اسـت تلفات برای آن تعیین شـود، راه‌اندازی شـده و کار کند. همچنین تحریک باید توسـط یک منبع مسـتقل صـورت گیرد تا ولتاژ نشان‌داده شده در منحنی مشخصه در همان سرعت را تولید کند. تلفات معادل توان مکانیکی ورودی به شفت ژنراتور است.

- تلفات وابسته به بار در شرایط تغذیه از فرکانس اصلی

تلفات مسی فرکانس اصلی استاتور باید از جریان فرکانس اصلی در هر سیم‌پیچی برای نقطه‌ی کار خاص مورد نظر و نیز مقاومت سیم‌پیچی که با توجه به دمای مرجع اصلاح شده است، تعیین شود.

- تلفات در شرایط تغذیه از فرکانسی به جز فرکانس اصلی

تلفات ناشـی از هارمونیک‌ها، تفاوت بین توان ورودی کل و توان فرکانس اصـلی موتور در شـرایط بار اسـت. لازم به ذکر است که دمای سیم‌پیچی استاتور باید به صورت تقریبی در حدود دمای مرجع باشد. تلفات اضافی ناشی از بار با راه‌اندازی ماشین در حالتی که سیم‌پیچی‌های آن اتصال کوتاه شده‌اند، در نقطه‌ی کار خاص مورد نظر قابل تعیین اسـت. سـیسـتم تحریک نیز باید به گونه‌ای تنظیم شـود که در همان نقطه‌ی کار خاص، جریان فرکانس اصلی را در سیم‌پیچی استاتور ایجاد نماید.

همچنین تلفات به صـورت توان ورودی کل به شـفت ماشـین منهای جمع کل تلفات مسـی اسـتاتور قابل تعریف است.

- تلفات مدار تحریک

تلفات سیستم تحریک برابر حاصل ضرب جریان سیم‌پیچی و ولتاژ تحریک کل در نقطه‌ی خاص مورد نظر اسـت. ولتاژ باید برابر با مقدار لازم برای ایجاد جریان تحریک در سـیم‌پیچی در دمای مرجع باشـد. همچنین ریپل‌های سیستم تحریک باید مد نظر قرار داده شوند.

۲ ۴ استاندارد IEC 60349- 4

این استاندارد بین‌المللی [۸] با عنوان «ترکشن الکتریکی – ماشین‌های الکتریکی چرخان برای وسایل نقلیه ریلی و جاده‌ای – بخش ۴: ما شین‌های الکتریکی سنکرون آهنربای دائم مت صل به مبدل الکتریکی» به معرفی و دسته‌بندی آزمون‌های لازم برای ماشین‌های مذکور در عنوان و حوزه تعریف استاندارد می‌پردازد. جزئیات استاندارد مطابق با استاندارد ملی ۴-۱۲۶۱۷ است که در فصل اول تشریح شد.

۲ ۵ استاندارد IEC 61287- 1

این استاندارد [۹] با عنوان «وسایل نقلیه‌ی ریلی – مبدل‌های توان نصب‌شده روی خودروهای ریلی – بخش ۱: مشخصه‌ها و روش‌های آزمون» شناخته می‌شود و به معرفی، دسته‌بندی و تشریح آزمون‌های مربوط به مبدل‌ها مورد استفاده در خودروهای ریلی می‌پردازد. تشریح موارد بیان‌شده در این آزمون در فصل اول و ذیل معرفی استاندارد ملی ۱-۲۱۸۴۵ ارائه شده است.

۲ ۶ استاندارد SAE J2907

این ا ستاندارد [۱۳] به منظور ارائه‌ی رو شی برای د ستیابی به اندازه‌گیری پی‌درپی که به شکل دقیقی روی عملکرد زیرسیستم پیشرانه درایو الکتریکی تأثیرگذار هستند، تدوین شده است. خروجی زیرسیستم‌های مذکور، صرف‌نظر از پیچیدگی و تعداد منابع انرژی در خودروهای برقی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲ ۶ ۱ دامنه کاربرد

سیستم‌های درایو الکتریکی که در حوزه این ا ستاندارد قرار می‌گیرند شامل زیر سیستم‌های درایو ترکشن الکتریکی (ETDS[۱]) می‌شوند که متشکل از بخش‌های زیر است:

- موتور درایو با دسترسی به شفت خروجی (چه به صورت مستقیم و چه از طریق جعبه‌دنده)
- اینورتر توان به علاوه ادوات الکترونیکی برای کنترل آن که نرم‌افزاری متنا سب نیز تو سط سازنده ارائه شده است
- کابل‌ها و سنسورهای لازم برای بهره‌برداری، استخراج داده و نرم‌افزار رابط برای کاربر
- هر محفظه‌ای که برای پشتیبانی از سیستم تحت بهره‌برداری نیاز است
- کل سیستم خنک‌سازی که به صورت آزمایشگاهی استفاده از خودرو را شبیه‌سازی می‌کند

این سند تمام زیرسیستم‌های موتور درایو برقی ریلی و جاده‌ای را صرف‌نظر از نوع کاربردشان پوشش می‌دهد. برخی از کاربردهای مرسوم عبارتند از خودروهای برقی با پیل سوختی (FCEV[۲])، خودروهای برقی

۱- Electric Tarction Drive Subsystem

۲- Fuel Cell Electric Vehicle

مجهز به باتری (BEV[۱])، خودروهای برقی هیبرید (HEV[۲])، خودروهای برقی پلاگین (PHEV[۳]) و خودروهای برقی با محدوده گسترش‌یافته (EREV[۴]).

این استاندارد همچنین ETDSهای مورد استفاده از موتور سیکلت‌ها و اسکوترهای برقی و خودروهای برقی با سرعت کم را نیز پوشش می‌دهد.

۲ ۶ ۲ منابع

این استاندارد با استناد به چندین استاندارد بین‌المللی و ملی مربوط به کشورهای مختلف و نیز با تکیه بر الزامات بیان شده در آن‌ها تدوین شده است. به عبارتی دیگر، در این استاندارد، هیچ معیار، آزمون و نکته‌ای بیان نشده که در تضاد با استانداردهای زیر باشد و آن‌ها را نقض نماید.

- استاندارد SAE J1715: واژه‌شناسی خودروهای برقی هیبرید (HEV) و خودروهای برقی (EV)
- استاندارد SAE J2344: راهنمایی برای ایمنی خودروهای برقی
- استاندارد SAE J2908: آزمون توان خودرو برای پیشرانه‌های برق‌دار
- استاندارد UN/ECE R85: مقررات یکسان مربوط به تأیید موتورهای احتراق داخلی یا درایوهای الکتریکی که به عنوان پیشرانه‌ی خودروهای موتوری دسته M و N مورد استفاده قرار می‌گیرند
- استاندارد IEC EIC/TR 60785: گزارش فنی «ماشین‌های چرخان برای خودروهای برقی جاده‌ای»
- استاندارد IEC 60349-1: ترکشن الکتریکی - ماشین‌های الکتریکی چرخان برای خودروهای ریلی و جاده‌ای – بخش ۱: تمام ماشین‌ها به جز موتورهای AC که با مبدل تغذیه می‌شوند
- استاندارد IEC 60349-2: ترکشن الکتریکی – ماشین‌های الکتریکی چرخان برای خودروهای ریلی و جاده‌ای – بخش ۲: موتورهای AC که با مبدل تغذیه می‌شوند
- استاندارد IEC 60394-3: ترکشن الکتریکی – ماشین‌های الکتریکی چرخان برای خودروهای ریلی و جاده‌ای – بخش ۳: تعیین تلفات کل موتورهای AC که با مبدل تغذیه می‌شوند، با استفاده از جمع مولفه‌های تلفات
- استاندارد IEC 60394-4: ترکشن الکتریکی – ماشین‌های الکتریکی چرخان برای خودروهای ریلی و جاده‌ای – بخش ۴: ماشین‌های الکتریکی سنکرون مغناطیس دائم متصل به مبدل الکتریکی
- استاندارد IEC 60077-1: تجهیزات الکتریکی برای خودروهای ریلی – بخش ۱: شرایط کلی سرویس‌دهی و قوانین کلی
- استاندارد IEC 60077-2: تجهیزات الکتریکی برای خودروهای ریلی – بخش ۲: مولفه های الکتروتکنیکی – قوانین کلی

۱- Battery Electric Vehicle

۲- Hybrid Electric Vehicle

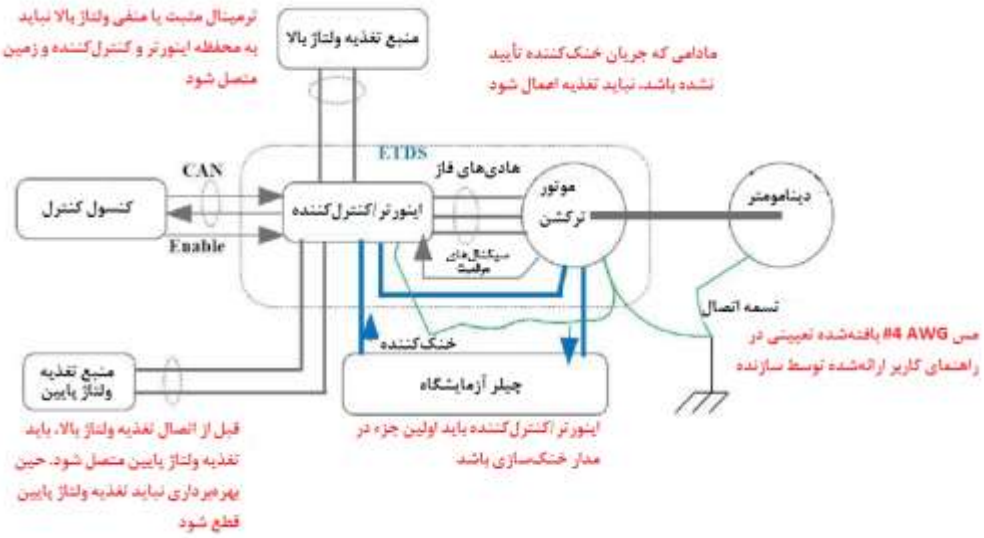
۳- Plug-In Hybrid Electric Vehicle

۴- Extended Range Electric Vehicle

- استاندارد Chinese GB/T 18488.2 بخش ۲: روش‌های آزمون سیستم‌های پیشرانه ماشین‌های الکتریکی برای خودروهای برقی
- اســـتاندارد JIS D 1302:2004: خوردوهای برقی – موتورهای الکتریکی – روش آزمون برای حداکثر توان
- استاندارد ISO 6469: ایمنی الکتریکی
- استاندارد UL 9540: ایمنی سیستم‌های ذخیره‌ساز انرژی
- استاندارد UL 1741: اینورترها، مبدل‌ها، کنترل‌کننده‌ها و تجهیزات اتصالات درونی سیستم برای استفاده با منابع تولید پراکنده انرژی
- استاندارد UL 1973: باتری‌ها برای استفاده در تجهیزات ایستا و ریلی الکتریکی سبک
- استاندارد UL 2200: مونتاژ ژنراتور با موتور ایستا
- استاندارد UL 810: استاندارد برای ایمنی خازن‌ها
- استاندارد IEEE Std 11: ماشین‌های الکتریکی چرخان برای خودروهای ریلی و جاده‌ای
- استاندارد IEEE Std 1812: راهنمای آزمون برای ماشین‌های مغناطیس دائم
- استاندارد IEEE Std 112: فرایند آزمون برای موتورها و ژنراتورهای القایی چندفاز
- استاندارد IEEE Std 115: فرایندهای آزمون برای ماشین‌های سنکرون – بخش ۱: آزمون پذیرش و عملکرد
- استاندارد IEEE Std 115: فرایندهای آزمون برای ماشین‌های سنکرون – بخش ۲: فرایند های آزمون و تعیین پارامترها برای تحلیل دینامیکی

۲ ۶ ۳ روند آزمون

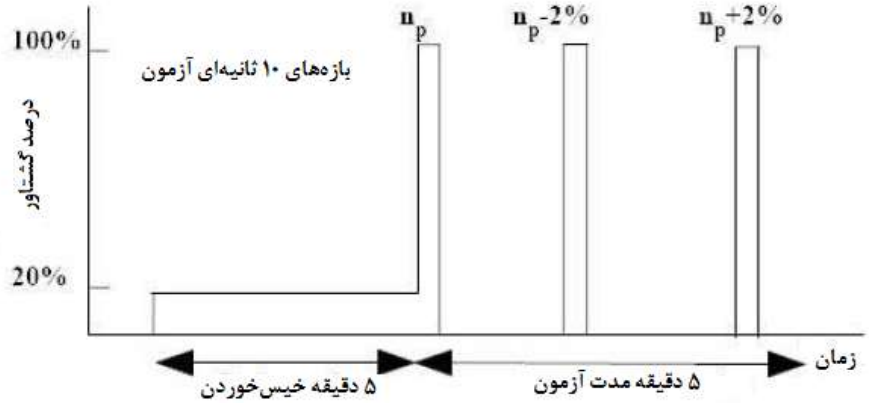
ETDS باید با توجه به مشخصاتی که توسط سازنده تعیین شده است، آماده شود. در این آزمون‌ها، ETDS با استفاده از تجهیزات ثابت کردن مناسب روی دینامومتر آزمایشگاه سوار شود. نحوه‌ی ثابت شدن باید به گونه‌ای انجام شود که شفت خروجی برای اتصال مبدل‌های گشتاور و سرعت در دسترس باشد. پورت‌های خنک سازی ETDS، ترمینال‌های تغذیه DC و اتصالات ورودی کنترل‌کننده نیز باید به راحتی در دسترس باشند. شکل ۲-۱، شمایی از ستاپ آزمون را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱: بستر آزمون

- شماره مدل و شماره سریال باید در جداولی که در ضمیمه استاندارد SAE J2907 ارائه شده‌اند ثبت شوند.
- مشخصات ETDS، اطلاعات سازنده و محل و تاریخ انجام آزمون نیز باید در جداول موجود در ضمیمه استاندارد SAE J2907 ثبت شوند.
- مشخصات سازنده‌ی سیستم خنک‌کننده ETDS نیز باید در جداول موجود در ضمیمه استاندارد SAE J2907 ثبت شوند.
- منبع تغذیه آزمایشگاه می‌تواند یک منبع تغذیه دوجهته تنظیم‌شده یا یک منبع تغذیه تک‌جهته همراه با ذخیره‌ساز انرژی باشد. ولتاژ سیستم ETDS باید در اتصال تغذیه DC اندازه‌گیری شود. در ETDSهایی که با ولتاژی کمتر از ۲۵۰ ولت کار می‌کنند، تلورانس پایداری منبع تغذیه نباید از ۲/۵ ولت و در ETDSهایی که با ولتاژی بیش از ۲۵۰ ولت کار می‌کنند، تلورانس پایداری منبع تغذیه نباید در بازه‌های زمانی ۱۰ ثانیه‌ای آزمون از ۱/۲۵ درصد ولتاژ تعیین‌شده توسط سازنده تجاوز کند.
- ETDS که به صورت کامل مونتاژ شده باشد باید حداقل به مدت ۴ ساعت در معرض دمای محیط (۲۵ درجه سانتی‌گراد) با تلورانس ۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شود.
- دینامومتر آزمایشگاه باید تقریباً روی سرعت ۵۰ دور در دقیقه تنظیم شود و با گام‌های مناسب گشتاور را از صفر به حداکثر برساند. دینامومتر باید به آرامی بچرخد تا گشتاور حس شده در بازه زمانی ۱۰ ثانیه‌ای آزمون با استفاده از فیلتر مناسب، صاف شود. بیشترین گشتاور باید در جدول موجود در ضمیمه استاندارد SAE J2907 ثبت شود.
- ETDS باید با سرعت مشخص شده توسط سازنده (ولتاژ ورودی، شرایط خنک سازی و گشتاور مناسب توصیه‌شده) کار کند تا امکان اندازه‌گیری حداکثر (خالص) توان فراهم شود.
- قبل از انجام آزمون اندازه‌گیری حداکثر (خالص) توان، ETDS باید به مدت ۵ دقیقه به گونه‌ای کار کند که توانی معادل حداقل ۲۰ درصد حداکثر توان اعلامی توسط سازنده را تحویل دهد. این

موضوع در شکل ۲-۲ نشان داده شده است.



شکل ۲-۲: پیش‌آماده‌سازی آزمون اندازه‌گیری حداکثر (خالص) توان

- موتور باید در نقطه پیک تعیین‌شـــده توســـط ســـازنده مورد بهره‌برداری قرار گیرد. حین آزمون، گشتاور و سرعت به صورت همزمان ثبت می‌شوند و سپس در ۱۰ ثانیه بعدی متوسط آن‌ها گرفته می‌شود.

۲ ۶ ۴ ابزار مورد استفاده در آزمون

فرایند تعیین حداکثر توان و گشـــتاور ETDS به گونه‌ای اســـت که تجهیزات آزمایشـــگاه باید کالیبره، قابل ردیابی و قادر به برآورده سازی الزامات ا ستاندارد SAE J2907 با شند. و ضعیت کالیبرا سیون تجهیزات باید ثبت شود.

سطوح توانی مواجه‌شده در آزمون‌های مربوط به ETDSها باید از نظر نامی در محدوده ۵۰ تا ۱۶۰ کیلووات با شد، اما در خودروهای با عملکرد بهتر، این محدوده ممکن ا ست تا ۲۵۰ کیلووات هم بر سد. دقت لازم برای ابزار اندازه‌گیری در جدول ۲-۴ نشان داده شده است.

جدول ۲-۴: دقت لازم ابزار آزمایشگاهی

سنسور / مبدل	تلورانس
ولتاژ	
ولتاژ DC	۰/۵ درصد
ولتاژ AC	۰/۵ درصد
جریان	
جریان DC	۰/۵ درصد
جریان AC	۰/۵ درصد
گشتاور و سرعت	
گشتاور (نیوتون‌متر)	۰/۵ درصد
سرعت (دور در دقیقه)	۰/۲ درصد
دما	
دمای اجزاء (درجه سانتی‌گراد)	۲ درجه سانتی‌گراد
دمای خنک‌کننده (درجه سانتی‌گراد)	۲ درجه سانتی‌گراد

سنسورهای آزمایشگاهی روی شفت درایو دینامومتر قرار داده می‌شوند تا امکان اندازه‌گیری گشتاور و سرعت شفت فراهم شود. علاوه بر این سنسورها، ممکن است سنسورهای دیگری در برخی بخش‌های دیگر نیز مورد نیاز باشند که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود:

- ورودی یا خروجی خنک‌کننده موتور: ۲ یا بیشتر ترموکوپل
- محفظه موتور: ۱ یا بیشتر ترموکوپل
- نرخ جریان خنک‌کننده: ۱ یا بیشتر فلومتر
- فشار خنک‌کننده: ۲ یا بیشتر مبدل فشار
- ولتاژ DC به اینورتر: تپ‌های ولتاژی
- جریان DC به اینورتر: ۱ مبدل جریان (CT)
- جریان ورودی موتور: ۳ مبدل جریان (CT) برای ماشین‌های سه‌فاز
- ولتاژ ورودی موتور: ۳ تپ ولتاژ یا ۲ تپ تفاضلی برای ماشین‌های سه‌فاز
- سرعت شفت: بسته به نیاز، از سنسور مطلق موقعیت یا سرعت یا تنها سنسور سرعت
- موقعیت شفت: از سنسور مطلق موقعیت یا سرعت
- گشتاور: از اندازه‌گیر گشتاور دینامومتر

دمای سیم‌پیچی‌های موتور نیز از طریق ترمیستور یا شناساگر مقاومتی دما (RTD[1]) نصب شده توسط سازنده قابل اندازه‌گیری است. دقت سنسور دمای نصب‌شده توسط سازنده، مورد قبول است.

۱- Resistance Temperature Detector

۲ ۷ استاندارد SAE J2908

۲ ۷ ۱ دامنه

این ا ستاندارد [۱۴] روش‌های آزمونی برای ارزیابی حداکثر توان سی ستم‌های پی شرانه خودروهای برقی به وسیله‌ی اندازه‌گیری مستقیم در محورها یا چرخ‌ها ارائه کرده است. آزمون‌های اضافه‌ای به خصوص برای PHEVها در این ا ستاندارد گنجانده شده ا ست تا توان محرکه الکتریکی و برای HEVها توان الکتریکی کمکی و ترمز بازتولیدی اندازه‌گیری شوند. آزمون‌های تعریف شده در این ا ستاندارد روی خودروهای مر سوم نیز قابل اجرا هستند.

۲ ۷ ۲ مراجع

این ا ستاندارد با ا ستناد به چندین ا ستاندارد بین‌المللی و ملی مربوط به ک شورهای مختلف و نیز با تکیه بر الزامات بیان شده در آن‌ها تدوین شده ا ست. به عبارتی دیگر، در این ا ستاندارد، هیچ معیار، آزمون و نکته‌ای بیان نشده که در تضاد با استانداردهای زیر باشد و آن‌ها را نقض نماید.

- استاندارد SAE J1349: کد تست توان موتور – سیستم اشتعال و جرقه‌زدن متراکم
- استاندارد SAE J1715: واژه‌شناسی خودروهای برقی هیبرید (HEV) و خودروهای برقی (EV)
- استاندارد SAE J1798: اعمال پیشنهادی برای مشخصات عملکردی ماژول‌های باتری خودروهای برقی
- استاندارد SAE J2758: تعیین حداکثر توان در دسترس از یک سیستم ذخیره‌ساز قابل شارژ در یک خودروی برقی هیبرید
- استاندارد ISO 20762: تعیین توان محرکه خودروهای برقی هیبرید

۲ ۷ ۳ تجهیزات خودرو و آزمایشگاه

- شرایط آزمایشگاه در جدول ۲-۵ ارائه شده است.

جدول ۲-۵: شرایط آزمون

پارامتر	شرایط استاندارد	محدودیت‌های آزمون
فشار جوی	۱۰۰ کیلوپاسکال	۹۰ تا ۱۰۵ کیلوپاسکال
دمای هوا در منطقه آزمون	۲۵ درجه سانتی‌گراد	۱۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد
رطوبت (برای پیشرانه‌های موتوری)	کمتر یا مساوی ۷۰٪	کمتر یا مساوی ۷۰٪

- قبل از انجام آزمون، مطابق با توصیه‌های سازنده یک خودروی جدید باید به شکل مناسبی وارد کار شود (از نظر مکانیکی به راه افتد) تا از تلفات اصطکاکی ناشی از یاتاقان‌های نو و سطوح پوششی در اجزای پیشرانه جلوگیری شود.
- به منظور انجام تمام آزمون‌های معرفی‌شده در این استاندارد، یک دینامومتر قطبی انتخاب مناسبی ا ست. به دلیل اینر سی گرد شی کم، باید دقت ویژه‌ای به دینامومتر شود تا از نو سان، بالاجهش یا مشکلات گذرایی که ممکن است باعث ایجاد اختلال در اندازه‌گیری شوند و یا آسیبی سخت‌افزاری

به ابزار آزمون، تجهیزات اندازه‌گیری یا اجزای خودرو وارد کنند، جلوگیری شود.

- یک دینامومتر شاسی برای تمام آزمون‌های معرفی شده در این استاندارد مناسب است. همچنین ابزاری به خودرو اضافه می شوند که به شکل دقیق نیروی محرکه پیشرانه را چه در محورها و چه در چرخ‌ها اندازه‌گیری کند.
- هنگام استفاده از یک دینامومتر شاسی، توان کل پیشرانه (گشتاور و سرعت) از طریق سنسورهای گشتاور محوری یا سنسور گشتاور که گشتاور بین رینگ چرخ و تایر را اندازه‌گیری می‌کنند، قابل اندازه‌گیری است. اندازه‌گیری مستقیم سرعت چرخ (محور) ضروری است چون سرعت دینامومتر شاسی به دلیل لغزش تایر، دقیق نخواهد بود.
- مشخصات سوخت لازم جهت استفاده، در استاندارد SAE J1349 آمده است.
- راننده و یا اپراتور باید قادر به قرائت وضعیت شارژ سیستم ذخیره ساز انرژی قابل شارژ (RESS SOC[1]) خودرو باشند. معمولاً این اطلاعات از طریق اسکن عیب‌یابانه[2] فراهم می شود. دقت قرائت باید حداقل ۱ درصد باشد.
- باید توجه ویژه‌ای به نحوه خروج دود از محل انجام آزمون صورت گیرد.
- به منظور خنک‌سازی خودرو از فن استفاده می‌شود. با این حال، اجازه خنک‌سازی شدید داده نمی‌شود. سرعت فن نباید هوایی با سرعت بیشتر از سرعت خودرو تولید کند.

۲ ۷ ۴ اندازه‌گیری‌ها

موارد بیان‌شده در جدول ۲-۶ باید در ابتدا و انتهای آزمون ثبت شوند.

جدول ۲-۶: پارامترهایی که باید در ابتدا و انتهای آزمون ثبت شوند

پارامتر	واحد	دقت
فشار جو	پاسکال	۱۰۰ پاسکال
دمای هوا در محیط آزمون	درجه سانتی‌گراد	۲ درجه سانتی‌گراد
رطوبت نسبی	٪	٪۵

موارد بیان‌شده در جدول ۲-۷ باید حین آزمون و با فرکانس ۱۰ هرتز ثبت شوند.

۱- Rechargable Energy Storage System State of Charge

۲- Diagnostic

جدول ۲-۷: موارد گزارش‌شده حین آزمون با فرکانس ۱۰ هرتز

پارامتر	واحد	دقت	نکته
سرعت چرخشی محور/چرخ	دور در دقیقه	۰/۰۵ معکوس ثانیه یا ۱٪ خوانش (هر کدام بزرگ‌تر بود)	نمام چرخ‌هایی که نیروی محرکه فراهم می‌کنند
گشتاور چرخشی محور/چرخ	نیوتون‌متر	۶ نیوتون‌متر یا ۰/۵٪ مقیاس کامل (هر کدام بزرگ‌تر بود)	تمام چرخ‌هایی که نیروی محرکه فراهم می‌کنند
سرعت دینامومتر شاسی	کیلومتر بر ساعت	۰/۵ کیلومتر بر ساعت یا ۰/۱٪ مقیاس کامل (هر کدام بزرگ‌تر بود)	در صورتی که از دینامومتر شاسی استفاده شود
ولتاژ ترمینال RESS	ولت	۰/۵٪ ولتاژ نامی	برای HEV، PHEV، BEV یا FCV
جریان RESS	آمپر	۰/۵٪ خوانش	برای HEV، PHEV، BEV یا FCV
جریان کمکی یا کل جریان درایو ترکشن	آمپر	۰/۵٪ خوانش	تمام سه گره جریانی مورد نیاز هستند: ۱) RESS، ۲) جریان DC/DC و ۳) جریان درایو ترکشن
سرعت چرخشی موتور	دور در دقیقه	۱٪ خوانش	در صورتی که به منظور اطلاعاتی قابل اعمال باشد

موارد بیان‌شده در جدول ۲-۸ که جزو پارامترهای خودرو هستند، باید گزارش شوند.

جدول ۲-۸: پارامترهای گزارش‌شده خودرو

پارامتر	واحد	دقت	نکته
SOC	٪	تعیین نشده	هنگام تعیین وضعیت اولیه سیستم ذخیره‌ساز انرژی قابل شارژ مورد استفاده قرار می‌گیرد
دمای خنک‌ساز موتور	درجه سانتی‌گراد	تعیین نشده	-
دمای باتری	درجه سانتی‌گراد	تعیین نشده	به منظور تعیین در صورتی که حالت حفاظتی فعال نباشد

در ادامه این استاندارد شرایط پیش‌آماده‌سازی انواع خودروهای برقی ارائه شده است.

۲ ۸ استاندارد ISO 21782- 1

این استاندارد بخش اول از سری استانداردهای ISO 21782-2 تحت عنوان «تعاریف و شرایط عمومی آزمون» می‌باشد که در آگوست سال ۲۰۱۹ منتشر گردیده است.

سری استانداردهای ISO 21782 به منظور قابلیت تکرارپذیری نتایج آزمون تهیه شده است که امکان مقایسه و ارزیابی منصفانه عملکرد و قابلیت اطمینان اجزای سیستم پیشرانه برقی شامل سیستم موتور (موتور، اینورتر، مبدل DC به DC و ترکیبات آن‌ها) را بوجود می‌آورد.

تا پیش از این، هیچگونه روند آزمون استانداردشده بین‌المللی جهت سیستم موتور شامل موتورها، اینورترها،

مبدل‌های DC به DC و ترکیب آن‌ها برای سیستم‌های پیشرانه برقی در خودروهای برقی در دسترس نبوده است. برخی استانداردهای بین‌المللی برای کاربرد صنعتی نیز موجود است که حالت کارکرد پایدار موتورها و اینترترها را در نظر می‌گیرد اما عملکرد دینامیکی را مدنظر ندارد.

۲ ۸ ۱ هدف و دامنه کاربرد

این استاندارد، فرآیندهای آزمون را برای عملکرد و بارگیری تجهیزات پیشرانه برقی کلاس B ولتاژ (موتور، اینورتر، مبدل DC به DC) و ترکیب آن‌ها (سیستم موتور) در خودروهای برقی، مشخص می‌نماید.

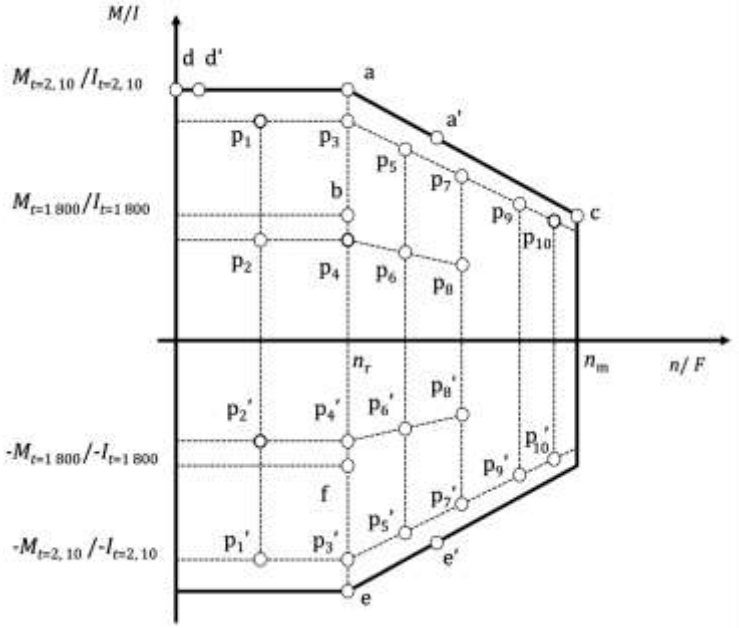
این ا ستاندارد همچنین ا صطلاحات و تعاریف ا ستفاده شده در سری ا ستانداردهای ایزو ۲۱۷۸۲ و شرایط عمومی آزمون را مشخص می‌کند.

۲ ۸ ۲ شرایط عمومی آزمون

نقاط کار: نقاط کارکرد مورد اشاره در آزمون‌ها در شکل ۲-۳ تعریف گردیده است. نقاط e`، f و p1` تا p10`، نقاط کار اختیاری است.

بدین منظور عبارت t_0 باید یکی از مقادیر ۲s و ۱۰s (همچنین می‌توان مقادیر ۳۰s و ۶۰s را انتخاب نمود) و یا ۱۸۰۰s باشد.

همچنین روابط محاسبه توان برای تجهیزات مختلف در پیوست الف استاندارد موجود است.



n: سرعت موتور (**min^{-1}**) ***F***: فرکانس (**Hz**) ***M***: گشتاور (**Nm**) ***I***: جریان (**A**)

n_m: سرعت/فرکانس بیشینه (**Hz**)/(**min^{-1}**) n_r: سرعت/فرکانس نامی (**Hz**)/(**min^{-1}**)

$M_{t=2,10}$ / $I_{t=2,10}$: مدت زمان بیشینه گشتاور/ جریان موتوری برای حالت t_0=2,10 (**A**) / (**Nm**)

$M_{t=1800}$ / $I_{t=1800}$: مدت زمان بیشینه گشتاور/ جریان موتوری برای حالت t_0=1800 (**A**) / (**Nm**)

$-M_{t=2,10}$ / $-I_{t=2,10}$: مدت زمان بیشینه گشتاور/ جریان بازتولیدی برای حالت t_0=2,10 (**A**) / (**Nm**)

$-M_{t=1800}$ / $-I_{t=1800}$: مدت زمان بیشینه گشتاور/ جریان بازتولیدی برای حالت t_0=1800 (**A**) / (**Nm**)

شکل ۲-۳: نقاط کارکرد آزمون‌های استاندارد **ISO 21782**

ولتاژ ورودی DC: این کمیت، می‌بایست در محدوده ۲± درصد از ولتاژ نامی ورودی DC سیستم یا اجزا باشد؛ مگر اینکه در بخش‌های مختلف سری استانداردهای ISO 21782 مقدار دیگری مشخص شده باشد یا طبق قرارداد کارفرما با مشتری، مورد رضایت طرفین باشد.

دما و رطوبت: تمامی آزمون‌ها باید در دمای اتاق (۵ ± ۲۳) درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی هوا بین ۲۵ تا ۷۵ درصد انجام شود؛ مگر مقادیری غیر از آن مشخص گردد.

دقت اندازه‌گیری: اندازه‌گیری‌ها باید مطابق دقت تعریف شده ذیل صورت بگیرند:

جریان: ۱٫۰± درصد

ولتاژ: ۰٫۵± درصد

گشتاور: ۰٫۲± درصد

سرعت موتور: ۰٫۵± درصد

دما: ۲± کلوین

رطوبت نسبی: ۵± درصد

تمامی مقادیر اندازه‌گیری به اســـتثنای مقادیر دما و رطوبت نســـبی، باید در یک فرکانس حداقل ۱۰ هرتز، انجام و ثبت گردند. برای مقادیر دما و رطوبت نسبی، فرکانس اندازه‌گیری یک هرتز کافی است.

۲ ۹ استاندارد ISO 21782- 2

این استاندارد [۱۰] بخش دوم از سری استانداردهای ISO 21782-2 تحت عنوان «آزمون عملکرد سیستم موتور» می‌باشد که در آگوست سال ۲۰۱۹ منتشر گردیده است.

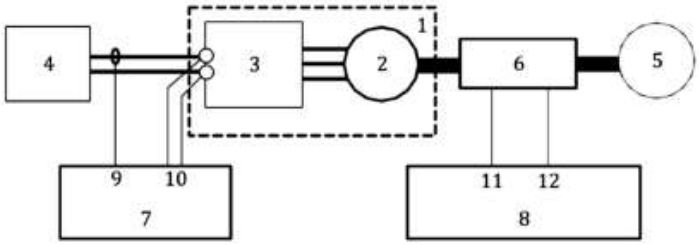
۲ ۹ ۱ هدف و دامنه کاربرد

این استاندارد، به معرفی آزمون‌های عملکرد برای سیستم موتور که بعنوان سیستم پیشرانه الکتریکی کلاس B ولتاژ مورد کاربرد در خودروهای برقی طراحی شده‌اند، می‌پردازد.

۲ ۹ ۲ اندازه‌گیری تلفات کل و بازدهی کل

برای اطمینان از عملکرد صحیح سیستم موتور، این آزمون مطابق شکل ۲-۴، در حالت ترکیب موتور و اینورتر، تلفات کل و بازدهی کل را بین توان ورودی اینورتر و توان خروجی موتور اندازه‌گیری می‌کند. شرایط آزمون نیز در

جدول ۲-۹، بیان شده است.



۱- تجهیز تحت آزمون ۲- موتور مورد آزمون ۳- اینورتر مورد آزمون ۴- تغذیه برق **DC** ۵- بار ۶- سنسور سرعت/ گشتاور
۷- دستگاه کیفیت سنج برق/ اندازه‌گیری توان ۸- گشتاور/سرعت‌سنج ۹- جریان ورودی اینورتر (**A**) ۱۰- ولتاژ ورودی اینورتر (**V**)
۱۱- گشتاور موتور (**Nm**) ۱۲- سرعت موتور (**min^{-1}**)

شکل ۲-۴: مدار آزمون تلفات کل و بازدهی کل برای سیستم موتور بر اساس استاندارد **ISO 21782-2**

جدول ۲-۹: شرایط آزمون تلفات و بازدهی کل برای سیستم موتور بر اساس استاندارد **ISO 21782-2**

شرایط آزمون	مقدار	نکات
ولتاژ ورودی DC	ولتاژ نامی مطابق مقادیر تعریف شده در قسمت ۳-۲۲- استاندارد ISO 21782-1:2019	برای مقدار تلرانس مجاز ولتاژ ورودی DC رجوع شود به قسمت ۵-۳- استاندارد ISO 21782-1:2019
شرایط هوای محیط	دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵-۴- استاندارد ISO 21782-1:2019	
دمای خنک‌کننده	حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتی که خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌های خنک‌کننده درصورت عدم وجود مشکل فنی، آزمون‌ها باید در دمای خنک‌کننده ۶۵ درجه سانتی‌گراد انجام شود. درغیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در حالت خنک‌کننده مایع
نرخ جریان هوای خنک‌کننده	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در حالت خنک‌کننده هوا
نقطه کارکرد	نقاط کار آزمون مطابق تعاریف شکل۱- استاندارد ISO 21782-1:2019 – "a"، "a`"، "b"، "p1" تا "P10" (اختیاری: "e"، "e`"، "f"، "p1" تا "p10")	
زمان کارکرد	برای نقاط کار "a"، "a`"، "p1"، "p3"، "p5"، "p7"، "p9"، "P10": ۲ s و ۱۰ s (۳۰ s و ۶۰ s اختیاری) برای نقطه کار "b" : ۱۸۰۰ s برای نقاط کار "p2"، "p4"، "p6"، "p8": ۱۸۰۰ s و یا حداکثر زمان مجاز برای حفاظت دمایی	برای نقاط کار بازتولیدی، همان زمان‌های کارکرد برای نقاط کار موتوری متناظر، اعمال می‌گردد.
زمان اندازه‌گیری	میانگین یک ثانیه قبل	

فرآیند آزمون: درصورت عدم وجود مشکل فنی، مسیر جریان خنک‌کننده بایستی بین اینورتر و موتور متصل باشد و خنک‌کننده باید از اینورتر به سمت موتور جریان داشته و آزمون‌ها باید در دمای خنک‌کننده‌ی ۶۵ درجه سانتی‌گراد انجام گردد. در غیر این صورت، ساختار خنک‌کننده یا تفاوت دمایی بایستی در گزارش آزمون مستند گردد.

در نقاط کار مشخص‌شده، توان ورودی و گشتاور خروجی و سرعت موتور می‌بایست اندازه‌گیری شده و ثبت گردند. هر مرتبه، میانگین یک ثانیه قبل داده‌ها باید استفاده گردند.

تلفات کل و بازدهی کل از طریق معادلات (۲-۲) و (۲-۳) قابل محاسبه است:

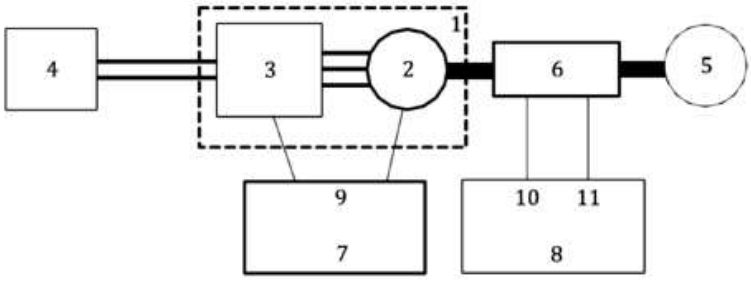
$$P_{sl} = P_{ii} - P_{mo} \quad (۲-۲)$$

$$\eta_s = \frac{P_{mo}}{P_{ii}} \times 100 \quad (۲-۳)$$

که در آن P_{ii} توان ورودی اینورتر، P_{mo} توان خروجی موتور، P_{sl} و η_s نیز بترتیب تلفات کل و بازدهی کل مربوط به سیستم موتور است.

۲ ۹ ۳ آزمون افزایش دما

در حالت ترکیب موتور و اینورتر، این آزمون مطابق شکل ۲-۵، بدنبال بررسی مشخصات افزایش دمای هر قسمت از سیستم موتور در محدوده دمایی مشخصی است به منظور اطمینان از اینکه عملکرد سیستم موتور مطابق طراحی است. شرایط آزمون نیز در جدول ۲-۱۰ بیان شده است.



۱- تجهیز تحت آزمون ۲- موتور مورد آزمون ۳- اینورتر مورد آزمون ۴- تغذیه برق **DC** ۵- بار ۶- سنسور سرعت/ گشتاور
۷- دماسنج ۸- گشتاور/سرعت‌سنج ۹- نقطه اندازه‌گیری دما (□) ۱۰- گشتاور موتور **(Nm)** ۱۱- سرعت موتور **(min^{-1})**

شکل ۲-۵: مدار آزمون افزایش دما در سیستم موتور بر اساس استاندارد **ISO 21782-2**

جدول ۲-۱۰: شرایط آزمون افزایش دما برای سیستم موتور بر اساس استاندارد **ISO 21782-2**

شرایط آزمون	مقدار	نکات
ولتاژ ورودی DC	ولتاژ نامی مطابق مقادیر تعریف شده در قسمت ۳-۲۲- استاندارد ISO 21782-1:2019	برای مقدار تلرانس مجاز ولتاژ ورودی DC رجوع شود به قسمت ۵-۳- استاندارد ISO 21782-1:2019
شرایط هوای محیط	دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵-۴- استاندارد ISO 21782-1:2019	
دمای خنک‌کننده	حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌هایی برای خنک‌کننده هستند. درصورت عدم وجود مشکل فنی، باید آزمون‌ها در دمای خنک‌کننده ۶۵ درجه سانتی‌گراد انجام شود. در غیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در حالت خنک‌کننده مایع
نرخ جریان هوای خنک‌کننده	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در حالت خنک‌کننده هوا
نقطه کارکرد	نقاط کار آزمون مطابق تعاریف شکل۱- استاندارد ISO 21782-1:2019 – “a”، “b”	می‌تواند پس از جمع‌بندی با مشتری، تعیین گردد.
زمان کارکرد	برای نقطه کار “a”: ۲ s و ۱۰ s (۳۰ s و ۶۰ s اختیاری) برای نقطه کار “b” : ۱۸۰۰ s	
زمان اندازه‌گیری	میانگین یک ثانیه قبل	

فرآیند آزمون: درصورت عدم وجود مشکل فنی، مسیر جریان خنک‌کننده بایستی بین اینورتر و موتور متصل باشد و خنک‌کننده باید از اینورتر به سمت موتور جریان داشته و آزمون‌ها باید در دمای خنک‌کننده‌ی ۶۵ درجه سانتی‌گراد انجام گردد. در غیر این صورت، ساختار خنک‌کننده و/یا تفاوت دمایی بایستی در گزارش آزمون مستند گردد.

سیستم موتور مورد آزمون باید در نقاط کار مشخصی کار کند و دمای نقاط اندازه‌گیری نیز باید ثبت شوند. در هر نقطه کار، دما باید پس از گذشت مدت زمان مشخص شده، یادداشت شود.

دمای سیم‌پیچ موتور مورد آزمون، باید در نقاطی که بعنوان بالاترین محسوب گردد، اندازه‌گیری شود. نقاط اندازه‌گیری درون سیم‌پیچ و سایر نقاط اندازه‌گیری، می‌تواند براساس قرارداد کارفرما با مشتری، اضافه گردد.

دمای اینورتر مورد آزمون باید در نقاط اندازه‌گیری بشرح زیر، اندازه گرفته شود:

- قسمت الکترودی عنصر نیمه‌هادی یا نقطه مشخصی از تجهیزات خنک‌کننده که بسیار نزدیک به این قسمت‌ها قرار دارند.
- ورودی و خروجی خنک‌کننده

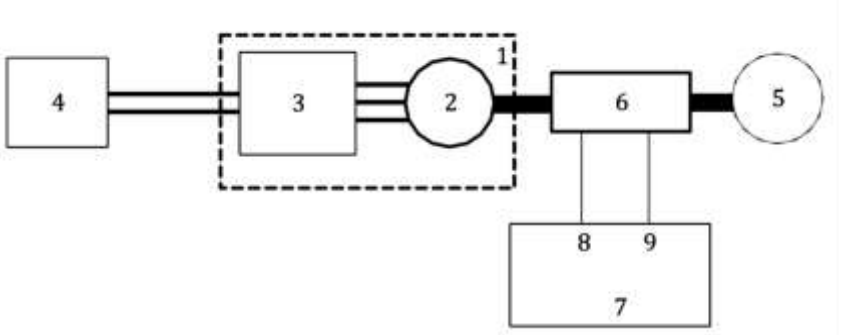
نقاط اندازه‌گیری دیگر، می‌تواند براساس قرارداد کارفرما با مشتری، اضافه گردد.

۲ ۹ ۴ آزمون مشخصه گشتاور

در حالت ترکیب موتور و اینورتر، این آزمون مطابق

شکل ۲-۶، مشخصات گشتاور که در مشخصات سیستم موتور تعیین شده است را اندازه‌گیری می‌کند، به منظور اطمینان از اینکه عملکرد سیستم موتور مطابق طراحی است. شرایط آزمون نیز در برخی موارد در

جدول ۲-۱۱ بیان شده است.



۱- تجهیز تحت آزمون ۲- موتور مورد آزمون ۳- اینورتر مورد آزمون ۴- تغذیه برق **DC** ۵- بار ۶- سنسور سرعت/ گشتاور
۷- گشتاور/سرعت‌سنج ۸- گشتاور موتور (**Nm**) ۹- سرعت موتور (**min^{-1}**)

شکل ۲-۶: مدار آزمون مشخصه گشتاور سیستم موتور بر اساس استاندارد **ISO 21782-2**

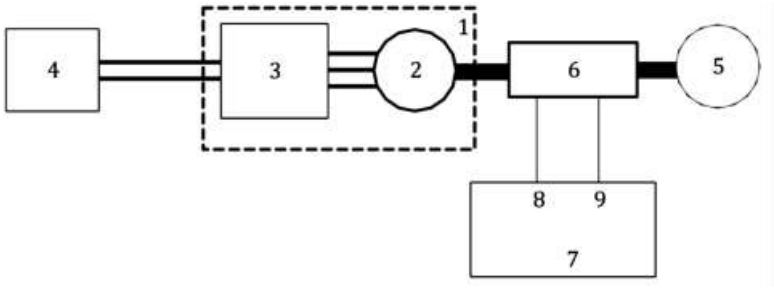
جدول ۲-۱۱: شرایط آزمون مشخصه گشتاور برای سیستم موتور بر اساس استاندارد **ISO 21782-2**

شرایط آزمون	مقدار	نکات
ولتاژ ورودی DC	ولتاژ نامی مطابق مقادیر تعریف شده در قسمت ۳-۲۲- استاندارد ISO 21782-1:2019	برای مقدار تلرانس مجاز ولتاژ ورودی DC رجوع شود به قسمت ۵-۳- استاندارد ISO 21782-1:2019
شرایط هوای محیط	دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵-۴- استاندارد ISO 21782-1:2019	
دمای خنک‌کننده	حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌هایی برای خنک‌کننده هستند. درصورت عدم وجود مشکل فنی، باید آزمون‌ها در دمای خنک‌کننده ۶۵ درجه سانتی‌گراد انجام شود. در غیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در حالت خنک‌کننده مایع
نرخ جریان هوای خنک‌کننده	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در حالت خنک‌کننده هوا
نقطه کارکرد	نقاط کار آزمون مطابق تعاریف شکل۱- استاندارد ISO 21782-1:2019 – "a"، "a`"، "c"، "d`"	
زمان کارکرد	برای نقاط کار "a"، "a`"، "c"، "d`": ۲ s و ۱۰ s (۳۰ s و ۶۰ s اختیاری)	
زمان اندازه‌گیری	میانگین یک ثانیه قبل	

فرآیند آزمون: سیستم موتور مورد آزمون باید در نقاط کار مشخص‌شده، کار کند و مقادیر گشتاور موتور و سرعت موتور باید ثبت گردد.

۲ ۹ ۵ آزمون ریپل گشتاور

در حالت ترکیب موتور و اینورتر، این آزمون مطابق شکل ۲-۷ ریپل گشتاور سیستم موتور را اندازه‌گیری می‌کند، به منظور اطمینان از اینکه عملکرد سیستم موتور مطابق طراحی است. شرایط آزمون نیز در جدول ۲-۱۲ بیان شده است.



۱- تجهیز تحت آزمون ۲- موتور مورد آزمون ۳- اینورتر مورد آزمون ۴- تغذیه برق **DC** ۵- بار ۶- سنسور سرعت/ گشتاور
۷- گشتاور/سرعت‌سنج ۸- گشتاور موتور (**Nm**) ۹- سرعت موتور (**min^{-1}**)

شکل ۲-۷: مدار آزمون ریپل گشتاور سیستم موتور بر اساس استاندارد **ISO 21782-2**

جدول ۲-۱۲: شرایط آزمون مشخصه گشتاور برای سیستم موتور بر اساس استاندارد **ISO 21782-2**

شرایط آزمون	مقدار	نکات
ولتاژ ورودی DC	ولتاژ نامی مطابق مقادیر تعریف شده در قسمت ۳-۲۲- استاندارد ISO 21782-1:2019	برای مقدار تلرانس مجاز ولتاژ ورودی DC رجوع شود به قسمت ۵-۳- استاندارد ISO 21782-1:2019
شرایط هوای محیط	دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵-۴- استاندارد ISO 21782-1:2019	
دمای خنک‌کننده	حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌هایی برای خنک‌کننده هستند. درصورت عدم وجود مشکل فنی، باید آزمون‌ها در دمای خنک‌کننده ۶۵ درجه سانتی‌گراد انجام شود. در غیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در حالت خنک‌کننده مایع
نرخ جریان هوای خنک‌کننده	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در حالت خنک‌کننده هوا
نقطه کارکرد	نقطه کار آزمون مطابق تعاریف شکل۱- استاندارد ISO 21782-1:2019 “d`” –	اگر دستیابی به سرعت `d عملا میسر نیست بایستی سرعت توسط کارفرما و مشتری و با در نظر گرفتن پهنای باند فرکانسی دستگاه گشتاور/سرعت سنج انتخاب شود.
زمان کارکرد	برای نقطه کار “d`”: ۲ s و ۱۰ s (۳۰ s و ۶۰ s اختیاری)	
زمان اندازه‌گیری	میانگین یک ثانیه قبل	

فرآیند آزمون: سیستم موتور مورد آزمون باید در نقاط کار مشخص شده، کار کند و شکل موج خروجی

مقادیر حاصل از گشتاور سنج باید ثبت گردد. ریپل گشتاور باید براساس مقادیر پیک تا پیک لحاظ گردد.

۲ ۹ ۶ گزارش آزمون

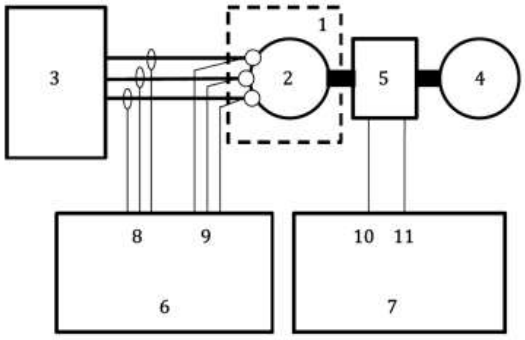
هر آزمون باید همراه یک گزارش آزمون، حاوی اطلاعات کافی از شـــرایط آزمون و نتایج، گزراش گردد. مثال‌های گزارش آزمون حاوی شرایط و نتایج، در پیوست الف استاندارد موجود است.

۲ ۱۰ استاندارد ISO 21782- 3

این ا ستاندارد [۱۱] بخش سوم از سری ا ستانداردهای ISO 21782 تحت عنوان «آزمون عملکرد موتور و اینورتر» می‌باشـد که در آگوسـت سـال ۲۰۱۹ منتشـر گردیده اسـت. این اسـتاندارد ابتدا به معرفی و تشـریح آزمون‌های مربوط به موتور و سپس آزمون‌های مربوط به اینورتر و چاپر می‌پردازد.

۲ ۱۰ ۱ هدف و دامنه کاربرد

این اسـتاندارد، به معرفی آزمون‌های عملکرد برای موتور و اینورتر که بعنوان سـیسـتم پیشـرانه الکتریکی کلاس B ولتاژ مورد کاربرد در خودروهای برقی طراحی شده‌اند، می‌پردازد.



۱- تجهیز تحت آزمون ۲- موتور ۳- اینورتر ۴- بار ۵- سنسور سرعت/ گشتاور ۶- دستگاه کیفیت‌سنج برق/ اندازه‌گیری توان ۷- گشتاور/سرعت‌سنج ۸- جریان ورودی اینورتر **(A)** ۹- ولتاژ ورودی اینورتر **(V)** ۱۰-گشتاور موتور **(Nm)** ۱۱- سرعت موتور **(min^{-1})**

شکل ۲-۸: مدار اندازه‌گیری تلفات و بازدهی برای موتور بر اساس استاندارد **ISO 21782-3**

۲ ۱۰ ۲ آزمون‌های موتور

- اندازه‌گیری تلفات و بازدهی

هدف این آزمون، مطابق شـکل ۲-۸، کارکردن موتور تحت شـرایط مشـخص و اندازه‌گیری تلفات و بازدهی موتور به منظور حصول اطمینان از عملکرد صحیح موتور است. شرایط آزمون نیز در جدول ۲-۱۳ بیان شده است. هر دو روش دو واتمتر و سه واتمتر می‌توانند جهت اندازه‌گیری توان سه‌فاز استفاده شوند (روش سه‌واتمتر ارجح است).

جدول ۲-۱۳: شرایط اندازه‌گیری تلفات و بازدهی برای موتور بر اساس استاندارد **ISO 21782-3**

شرایط آزمون		مقدار	نکات
ولتاژ ورودی اینورتر		ولتاژ نامی مطابق مقادیر تعریف شده در قسمت ۳-۲۲- استاندارد ISO 21782-1:2019	برای مقدار تلرانس مجاز ولتاژ ورودی اینورتر رجوع شود به قسمت ۵-۳- استاندارد ISO 21782-1:2019
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵-۴- استاندارد ISO 21782-1:2019	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌های خنک‌کننده درصورت عدم وجود مشکل فنی، باید آزمون‌ها در دمای خنک‌کننده ۶۵ درجه سانتی‌گراد انجام شود. درغیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
نقطه کارکرد		نقاط کار آزمون مطابق تعاریف شکل۱- استاندارد ISO 21782-1:2019 – "a"، "a`"، "b"، "$p_1$" تا "$P_{10}$" (اختیاری: "e"، "e`"، "f"، "p_1" تا "p_{10}")	
فرکانس سوئیچینگ		فرکانس باید براساس توافق کارفرما با مشتری، تعیین گردد.	
زمان کارکرد		برای نقاط کار "a"، "a`"، "p_1"، "p_3"، "p_5"، "p_7"، "p_9"، "P_{10}": ۲s و ۱۰s (۳۰s و ۶۰s اختیاری) برای نقطه کار "b" : ۱۸۰۰s برای نقاط کار "p_2"، "p_4"، "p_6"، "p_8": ۱۸۰۰s و یا حداکثر زمان مجاز برای حفاظت دمایی	برای نقاط کار بازتولیدی، همان زمان‌های کارکرد برای نقاط کار موتوری متناظر، اعمال می‌گردد.

فرآیند آزمون: موتور تحت آزمون باید در نقاط کار مشخصی و در زمان‌های کارکرد تعیین شده در جدول ۲-۱۳، کار کند. توان ورودی و گشتاور خروجی و سرعت موتور می‌بایست ثبت گردند. هر مرتبه، میانگین یک ثانیه قبل داده‌ها باید استفاده گردند. اطلاعات نحوه اندازه‌گیری توان ورودی در پیوست الف استاندارد موجود است.

تلفات و بازدهی از طریق معادلات (۲-۴) و (۲-۵) قابل محاسبه است:

$$\eta_{\mathrm{m}} = \frac{P_{\mathrm{mo}}}{P_{\mathrm{mi}}} \times 100 \qquad (۴-۲)$$

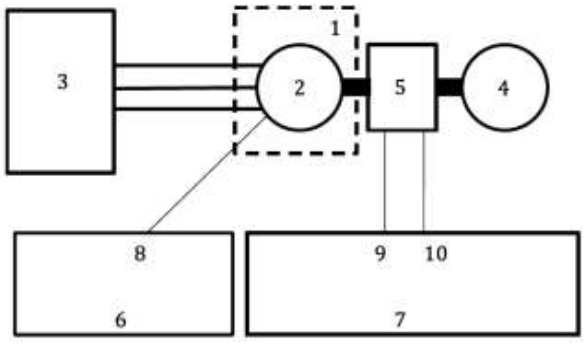
$$P_{\mathrm{ml}} = P_{\mathrm{mi}} - P_{\mathrm{mo}} \qquad (۵-۲)$$

که در آن P_{mi} و P_{mo} بترتیب توان‌های ورودی و خروجی موتور و P_{ml} و η_m نیز بترتیب تلفات و بازدهی موتور است.

اندازه‌گیری کارکرد بازتولیدی می‌تواند براساس قرارداد کارفرما و مشتری انجام شود.

- آزمون افزایش دما

هدف این آزمون، مطابق شکل ۲-۹، کارکردن موتور تحت شرایط مشخص و اندازه‌گیری افزایش دما در موتور بمنظور حصول اطمینان از عملکرد حرارتی صحیح موتور است. شرایط آزمون نیز در جدول ۲-۱۴ بیان شده است.



۱- تجهیز تحت آزمون ۲- موتور ۳- اینورتر ۴- بار ۵- سنسور سرعت/ گشتاور ۶- دماسنج ۷- گشتاور/سرعت‌سنج
۸- نقطه اندازه‌گیری دما (□) ۹- گشتاور موتور (**Nm**) ۱۰- سرعت موتور (**min^{-1}**)

شکل ۲-۹: مدار آزمون افزایش دمای موتور بر اساس استاندارد **ISO 21782-3**

جدول ۲-۱۴: شرایط آزمون افزایش دمای موتور بر اساس استاندارد **ISO 21782-3**

شرایط آزمون		مقدار	نکات
ولتاژ ورودی اینورتر		ولتاژ نامی مطابق مقادیر تعریف شده در قسمت ۳-۲۲- استاندارد ISO 21782-1:2019	برای مقدار تلرانس مجاز ولتاژ ورودی اینورتر رجوع شود به قسمت ۵-۳- استاندارد ISO 21782-1:2019
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵-۴- استاندارد ISO 21782-1:2019	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌هایی برای خنک‌کننده هستند. درصورت عدم وجود مشکل فنی، باید آزمون‌ها در دمای خنک‌کننده ۶۵ درجه سانتی‌گراد انجام شود. در غیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
نقطه کارکرد		نقاط کار آزمون مطابق تعاریف شکل۱- استاندارد ISO 21782-1:2019 – "a"، "b"	می‌تواند براساس توافق کارفرما با مشتری، تعیین گردد.
زمان کارکرد		برای نقطه کار "a": ۲s و ۱۰s برای نقطه کار "b" : ۱۸۰۰s	
فرکانس سوئیچینگ		فرکانس باید براساس توافق کارفرما با مشتری، تعیین گردد.	
زمان اندازه‌گیری		میانگین یک ثانیه قبل	

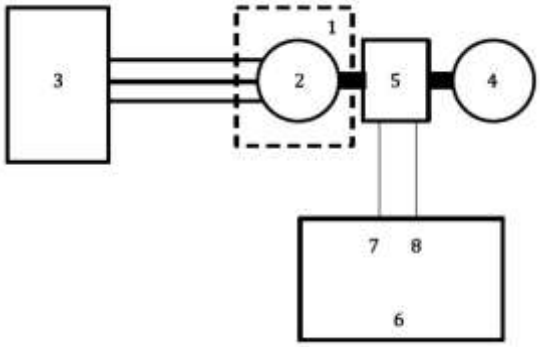
فرآیند آزمون: موتور مورد آزمون باید در نقاط کار مشخص‌شده کار کند و دمای نقاط اندازه‌گیری نیز باید ثبت شوند. برای هر نقطه مشخصه گشتاور- سرعت، دما باید پس از گذشت مدت زمان مشخص شده در جدول ۲-۱۴، یادداشت شود.

هر اینورتری که قابلیت کارکرد پیوسته در نقطه گشتاور حداکثر دارد، می‌تواند بکار گرفته شود.

دمای سیم‌پیچ موتور مورد آزمون، باید در نقاطی که بعنوان بالاترین محسوب گردد، اندازه‌گیری شود. نقاط اندازه‌گیری درون سیم‌پیچ و سایر نقاط اندازه‌گیری، می‌تواند طبق قرارداد کارفرما با مشتری، اضافه گردد.

- آزمون مشخصه گشتاور

هدف این آزمون، مطابق شکل ۲-۱۰، کارکردن موتور تحت شرایط مشخص و بررسی مشخصات گشتاور موتور به منظور حصول اطمینان از عملکرد صحیح موتور است. شرایط آزمون نیز در جدول ۲-۱۵ بیان شده است.



۱- تجهیز تحت آزمون ۲- موتور ۳- اینورتر ۴- بار ۵- سنسور سرعت / گشتاور ۶- گشتاور / سرعت سنج
۷- گشتاور موتور (**Nm**) ۸- سرعت موتور (**min^{-1}**)

شکل ۲-۱۰: مدار آزمون مشخصه گشتاور موتور بر اساس استاندارد **ISO 21782-3**

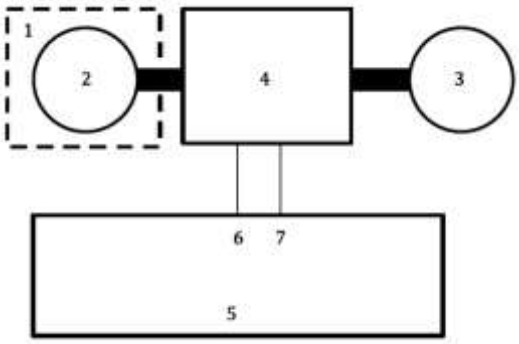
جدول ۲-۱۵: شرایط آزمون مشخصه گشتاور موتور بر اساس استاندارد **ISO 21782-3**

شرایط آزمون		مقدار	نکات
ولتاژ ورودی اینورتر		ولتاژ نامی مطابق مقادیر تعریف شده در قسمت ۳-۲۲- استاندارد ISO 21782-1:2019	برای مقدار تلرانس مجاز ولتاژ ورودی اینورتر رجوع شود به قسمت ۵-۳- استاندارد ISO 21782-1:2019
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵-۴- استاندارد ISO 21782-1:2019	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌هایی برای خنک‌کننده هستند. درصورت عدم وجود مشکل فنی، باید آزمون‌ها در دمای خنک‌کننده ۶۵ درجه سانتی‌گراد انجام شود. در غیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
نقطه کارکرد		نقاط کار آزمون مطابق تعاریف شکل ۱- استاندارد ISO 21782-1:2019 – "a"، "a`"، "c"، "d`"	
زمان کارکرد		برای نقاط کار "a"، "a`"، "c"، "d`": ۲s و ۱۰s (۳۰s و ۶۰s اختیاری)	

فرآیند آزمون: موتور مورد آزمون باید در نقاط کار مشخص‌شده و در مدت زمان تعریف شده در جدول ۲-۱۵ کار کند. توان ورودی، گشتاور خروجی و سرعت موتور باید ثبت گردد. هر میانگین یک ثانیه قبل داده‌های ثبت شده باید استفاده گردد.

- آزمون گشتاور دنده‌ای

هدف این آزمون، این است که مطابق شکل ۲-۱۱، موتور مغناطیس دائم در سرعت پایین روی دیناموتور موتور (نیرو سنج کشش) کار کند و شکل موج گشتاور به منظور اطمینان گشتاور دنده‌ای، اندازه‌گیری شود. شرایط آزمون نیز در جدول ۲-۱۶ بیان شده است.



۱- تجهیز تحت آزمون ۲- موتور ۳- دینامومتر ۴- سنسور سرعت/ گشتاور ۵- گشتاور/سرعت‌سنج ۶- گشتاور موتور (**Nm**) ۷- سرعت موتور (**min^{-1}**)

شکل ۲-۱۱: مدار آزمون گشتاور کاگینگ موتور بر اساس استاندارد **ISO 21782-3**

جدول ۲-۱۶: شرایط آزمون گشتاور دنده‌ای موتور بر اساس استاندارد **ISO 21782-3**

شرایط آزمون	مقدار	نکات
شرایط هوای محیط	دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵-۴- استاندارد ISO 21782-1:2019	

فرآیند آزمون: باید یک شفت موتور به نماینگر گشتاور همانند یک انکودر چرخان یا یک سیستم اندازه‌گیری مختص، متصل با شد. در طول اندازه‌گیری، در بی‌باری و در سرعتی در پایین‌ترین حد ممکن، شکل موج گشتاور دنده‌ای باید اندازه‌گیری گردد.

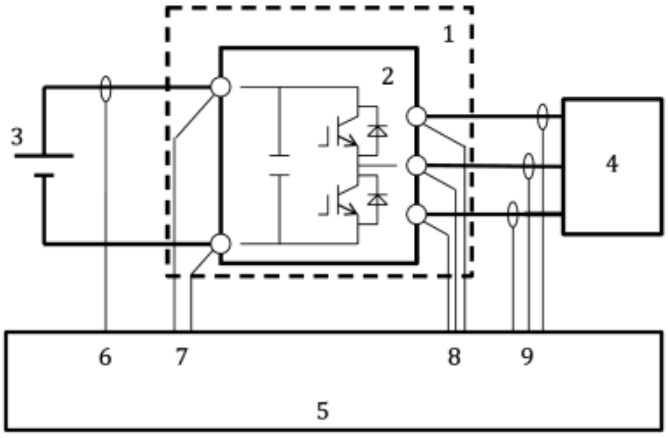
گشتاور دنده‌ای باید براساس مقدار پیک تا پیک شکل موج اندازه‌گیری شده، باشد.

- آزمون‌های اینورتر

چند نمونه بار AC که می‌تواند بعنوان بار اینورتر در این آزمون‌ها بکار گرفته شود، به شرح ذیل است:

- موتور واقعی: موتور مشخص‌شده براساس قرارداد کارفرما و مشتری

- شبیه‌ساز موتور: بار الکتریکی که بتواند شبیه‌ساز مشخصه الکتریکی موتور واقعی باشد.
- اندوکتانس AC (ACL): اندوکتانس سه‌فاز معادل برای اندوکتانس نشتی موتور
- بار اهمی-القایی RL: بار ACL همراه با مقاومت سری معادل برای مقاومت فاز موتور
- اندازه‌گیری تلفات، بازدهی و نرخ تبدیل



۱- تجهیز تحت آزمون ۲- اینورتر ۳- تغذیه برق **DC** ۴- بار **AC** ۵- دستگاه کیفیت‌سنج برق/ اندازه‌گیری توان ۶- جریان ورودی اینورتر (**A**) ۷- ولتاژ ورودی اینورتر (**V**) ۸- ولتاژ خروجی اینورتر (**V**) ۹- جریان خروجی اینورتر (**A**)

شکل ۲-۱۲: مدار اندازه‌گیری تلفات، بازدهی و نرخ تبدیل اینورتر بر اساس استاندارد **ISO 21782-3**

هدف این آزمون مطابق شکل ۲-۱۲، کارکردن اینورتر تحت شرایط مشخص‌شده و اندازه‌گیری تلفات و بازدهی اینورتر به منظور حصول اطمینان از عملکرد صحیح اینورتر است. شرایط آزمون نیز در

جدول ۲-۱۷ ۱۸۰بیان شده است.

هر دو روش دو واتمتر و سه واتمتر می‌توانند جهت اندازه‌گیری توان سه‌فاز استفاده شوند (روش سه واتمتر ارجح است).

جدول ۲-۱۷: شرایط اندازه‌گیری تلفات، بازدهی و نرخ تبدیل اینورتر بر اساس استاندارد **ISO 21782-3**

شرایط آزمون		مقدار	نکات
ولتاژ ورودی اینورتر		ولتاژ نامی مطابق مقادیر تعریف شده در قسمت ۳-۲۲- استاندارد ISO 21782-1:2019	برای مقدار تلرانس مجاز ولتاژ ورودی اینورتر رجوع شود به قسمت ۵-۳- استاندارد ISO 21782-1:2019
نقطه کارکرد		نقاط کار آزمون مطابق تعاریف شکل۱- استاندارد ISO 21782-1:2019 – "a"، "b"	درصورت عدم وجود موتور، باید از جریان معادل با فرکانس ۲۰۰ Hz استفاده شود. برای نقاط کارکرد بازتولیدی، زمان‌های کارکرد همانند نقاط کارکرد موتوری مشابه اعمال گردد.
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵-۴- استاندارد ISO 21782-1:2019	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌های خنک‌کننده درصورت عدم وجود مشکل فنی، باید آزمون‌ها در دمای خنک‌کننده ۶۵ درحه سانتی‌گراد انجام شود. درغیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	مطابق مشخصات طراحی	
فرکانس خروجی		فرکانس نامی براساس مقادیر تعریفی بخش ۳-۲۰- استاندارد ISO 21782-1:2019	می‌تواند براساس توافق با مشتری، تغییر نماید.
فرکانس سوئیچینگ		مطابق با فرکانس طراحی	می‌تواند براساس توافق با مشتری، تغییر نماید.
زمان کارکرد		برای نقطه کار "a": ۲s و ۱۰s (۳۰s و ۶۰s اختیاری) برای نقطه کار "b" : ۱۸۰۰s	

فرآیند آزمون: اینورتر تحت آزمون باید در نقاط جریان خروجی مشـخصـی و در زمان‌های کارکرد تعیین شده کار کند. توان ورودی و خروجی اینورتر می‌بایست ثبت گردند. هر مرتبه، میانگین یک ثانیه قبل داده‌ها باید استفاده گردند. اطلاعات نحوه اندازه‌گیری توان خروجی در پیوست الف استاندارد موجود است.

بازدهی، نرخ تبدیل و تلفات از طریق معادلات (۲-۶) تا (۲-۸) قابل محاسبه است.

$$\eta_{\mathrm{i}} = \frac{P_{\mathrm{io}}}{P_{\mathrm{ii}}} \times 100 \qquad (۶-۲)$$

$$\eta_{\mathrm{i\_conv}} = \frac{P_{\mathrm{io\_fund}}}{P_{\mathrm{ii\_mean}}} \times 100 \qquad (۷-۲)$$

$$P_{\mathrm{il}} = P_{\mathrm{ii}} - P_{\mathrm{io}} \qquad (۸-۲)$$

η_i: بازدهی اینورتر شامل هارمونیک‌ها و ریپل‌ها (برحسب درصد)

P_{ii} و P_{io}: بترتیب توان‌های ورودی و خروجی اینورتر (برحسب وات)

$\eta_{i\text{-}conv}$: نرخ تبدل اینورتر (برحسب درصد)

$P_{\mathrm{ii\text{-}mean}}$: متوسط توان ورودی اینورتر (برحسب وات)

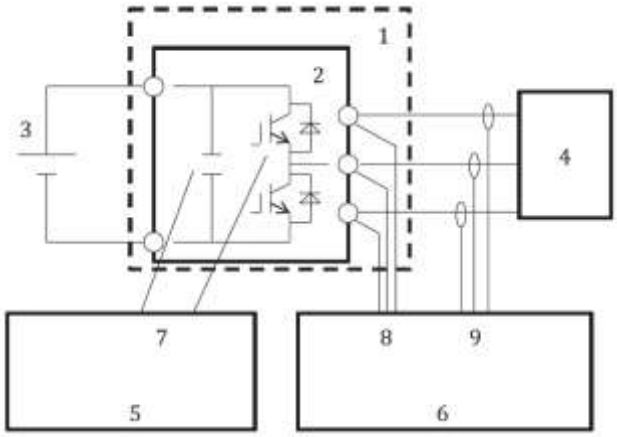
$P_{\mathrm{io\text{-}fund}}$: مولفه اصلی توان خروجی اینورتر (برحسب وات)

P_{il}: تلفات اینورتر (برحسب وات)

- آزمون افزایش دما

هدف این آزمون، مطابق شکل ۲-۱۳، کارکردن اینورتر تحت شرایط مشخص و اندازه‌گیری افزایش دما در اینورتر بمنظور حصول اطمینان از عملکرد حرارتی صحیح اینورتر است. شرایط آزمون نیز در

جدول ۲-۱۸ بیان شده است.



۱- تجهیز تحت آزمون ۲- اینورتر ۳- تغذیه برق **DC** ۴- بار **AC** ۵- دماسنج ۶- دستگاه کیفیت‌سنج برق/ اندازه‌گیری توان
۷-دمای نقاط اندازه‌گیری ۸- ولتاژ خروجی اینورتر (**V**) ۹- جریان خروجی اینورتر (**A**)

شکل ۲-۱۳: مدار آزمون افزایش دمای اینورتر بر اساس استاندارد **ISO 21782-3**

جدول ۲-۱۸: شرایط آزمون افزایش دمای اینورتر بر اساس استاندارد **ISO 21782-3**

شرایط آزمون		مقدار	نکات
ولتاژ ورودی اینورتر		ولتاژ نامی مطابق مقادیر تعریف شده در قسمت ۳-۲۲- استاندارد ISO 21782-1:2019	برای مقدار تلرانس مجاز ولتاژ ورودی اینورتر رجوع شود به قسمت ۵-۳- استاندارد ISO 21782-1:2019
جریان خروجی		نقاط تعریف شده در شکل ۱- استاندارد ISO 21782-1:2019 - "a" و "b"	
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵-۴- استاندارد ISO 21782-1:2019	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌های خنک‌کننده درصورت عدم وجود مشکل فنی، باید آزمون‌ها در دمای خنک‌کننده ۶۵ درجه سانتی‌گراد انجام شود. درغیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
فرکانس خروجی		فرکانس نامی براساس مقادیر تعریفی قسمت ۳-۲۰- استاندارد ISO 21782-1:2019	می‌تواند براساس توافق با مشتری، تغییر نماید.
فرکانس سوئیچینگ		مطابق با فرکانس طراحی	می‌تواند براساس توافق با مشتری، تغییر نماید.
زمان کارکرد		برای نقطه کار "a": ۲s و ۱۰s برای نقطه کار "b" : ۱۸۰۰s	

فرآیند آزمون: اینورتر باید تحت جریان $I_{t=t0}$ کار کند و دمای هر بخش اینورتر می‌بایست پس از گذشت مدت زمان مشخص شده (t_0) ثبت گردند.

دمای اینورتر مورد آزمون باید در نقاط اندازه‌گیری بشرح ذیل اندازه گرفته شوند:

- بخش الکترودی عناصر نیمه‌هادی یا نقاط مشخصی ازاجزای سیستم خنک سازی که نزدیک این بخش‌ها متصل‌اند.
- محل ورود و خروج خنک‌ساز

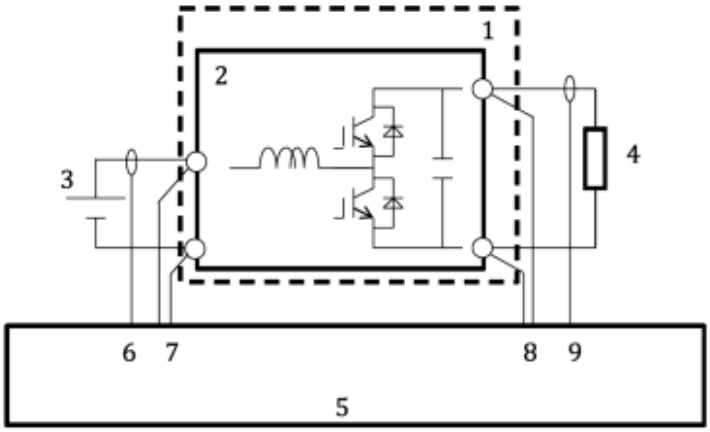
نقاط اندازه‌گیری اضافی می‌تواند براساس قرارداد کارفرما با مشتری، اضافه گردد.

چنانچه آزمون در حضور موتور متصل به اینورتر انجام شود، باید جریان $I_{t=1800}$ با گشتاور $M_{t=1800}$ تطابق داشته باشد و جریان $I_{t=2}$ نیز با گشتاور $M_{t=2}$ یا توان $M_{t=2}$ تطابق کند.

۲ ۱۰ ۳ آزمون‌های چاپر

- اندازه‌گیری تلفات، بازدهی و نرخ تبدیل

هدف این آزمون، مطابق شکل ۲-۱۴، کارکردن چاپر تحت شرایط مشخص‌شده و اندازه‌گیری تلفات و بازدهی چاپر بمنظور حصول اطمینان از عملکرد صحیح چاپر است. شرایط آزمون نیز در جدول ۲-۱۹ بیان شده است.



۱- تجهیز تحت آزمون ۲- چاپر ۳- تغذیه برق **DC** ۴- بار ۵- دستگاه کیفیت‌سنج برق/ اندازه‌گیری توان
۶- جریان ورودی چاپر **(A)** ۷- ولتاژ ورودی چاپر **(V)** ۸- ولتاژ خروجی چاپر **(V)** ۹- جریان خروجی چاپر **(A)**

شکل ۲-۱۴: مدار اندازه‌گیری تلفات، بازدهی و نرخ تبدیل چاپر بر اساس استاندارد **ISO 21782-3**

جدول ۲-۱۹: شرایط اندازه‌گیری تلفات، بازدهی و نرخ تبدیل چاپر بر اساس استاندارد **ISO 21782-3**

شرایط آزمون		مقدار	نکات
ولتاژ ورودی چاپر		ولتاژ نامی مطابق مقادیر تعریف شده در قسمت ۳-۲۲- استاندارد ISO 21782-1:2019	برای مقدار تلرانس مجاز ولتاژ ورودی چاپر رجوع شود به قسمت ۵-۳- استاندارد ISO 21782-1:2019
ولتاژ خروجی		حداکثر ولتاژ برای ظرفیت کارکرد نامحدود مطابق تعاریف بخش ۳-۱۳- استاندارد ISO 21782-1: 2019	
جریان خروجی		برای جریان ماکزیمم: $I_{t=2}$ برای جریان نامی: $I_{t=1800}$	
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵-۴- استاندارد ISO 21782-1:2019	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌های خنک‌کننده درصورت عدم وجود مشکل فنی، باید آزمون‌ها در دمای خنک‌کننده ۶۵ درجه سانتی‌گراد انجام شود. درغیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	مطابق مشخصات طراحی	
	هوا	مطابق مشخصات طراحی	
فرکانس سوئیچینگ		مطابق با فرکانس طراحی	می‌تواند براساس توافق با مشتری، تغییر نماید.
زمان کارکرد		برای جریان حداکثر: ۲s و ۱۰s (۳۰s و ۶۰s اختیاری) برای جریان نامی : ۱۸۰۰s	

فرآیند آزمون: چاپر تحت آزمون باید در نقاط جریان خروجی مشخصی و در زمان‌های کارکرد تعیین شده در جدول ۲-۱۹، کار کند. هر مرتبه، میانگین توان ورودی و خروجی چاپر در یک ثانیه قبل مدت زمان کارکرد باید ثبت گردد.

بازدهی، نرخ تبدیل و تلفات از طریق معادلات (۲-۹) تا (۲-۱۱) قابل محاسبه است.

$$\eta_c = \frac{P_{co}}{P_{ci}} \times 100 \qquad (۲-۹)$$

$$\eta_{c\_conv} = \frac{P_{co\_mean}}{P_{ci\_mean}} \times 100 \quad (۱۰-۲)$$

$$P_{cl} = P_{ci} - P_{co} \quad (۱۱-۲)$$

η_c: بازدهی چاپر شامل هارمونیک‌ها و ریپل‌ها (برحسب درصد)

P_{ci} و P_{co}: بترتیب توان‌های ورودی و خروجی چاپر (برحسب وات)

$\eta_{c\text{-}conv}$: نرخ تبدل چاپر (برحسب درصد

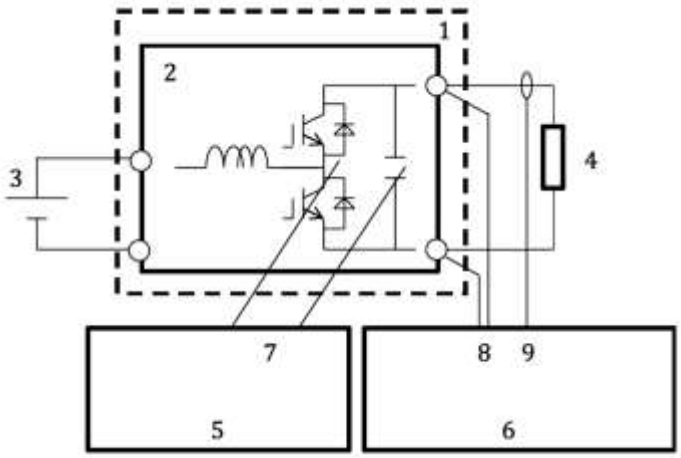
$P_{ci\text{-}mean}$: متوسط توان ورودی چاپر (برحسب وات)

$P_{co\text{-}mean}$: متوسط توان خروجی چاپر (برحسب وات)

P_{cl}: تلفات چاپر (برحسب وات)

- آزمون افزایش دما

هدف این آزمون، مطابق شـکل ۲-۱۵، کارکردن چاپر تحت شـرایط مشـخص و اندازه‌گیری افزایش دما در چاپر بمنظور حصول اطمینان از عملکرد حرارتی صحیح چاپر است. شرایط آزمون نیز در جدول ۲-۲۰ بیان شده است.



۱- تجهیز تحت آزمون ۲- چاپر ۳- تغذیه برق **DC** ۴- بار ۵- دماسنج ۶- دستگاه کیفیت‌سنج برق/ اندازه‌گیری توان ۷- دمای نقاط اندازه‌گیری (□) ۸- ولتاژ خروجی چاپر **(V)** ۹- جریان خروجی چاپر **(A)**

شکل ۲-۱۵: مدار آزمون افزایش دمای چاپر بر اساس استاندارد **ISO 21782-3**

جدول ۲-۲۰: شرایط آزمون افزایش دمای چاپر بر اساس استاندارد **ISO 21782-3**

شرایط آزمون		مقدار	نکات
ولتاژ ورودی چاپر		ولتاژ نامی مطابق مقادیر تعریف شده در قسمت ۳-۲۲- استاندارد ISO 21782-1:2019	
ولتاژ خروجی		حداکثر ولتاژ برای ظرفیت کارکرد نامحدود مطابق تعاریف بخش ۳-۱۳- استاندارد ISO 21782-1: 2019	
جریان خروجی		برای جریان ماکزیمم: $I_{t=2}$ برای جریان نامی: $I_{t=1800}$	
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵-۴- استاندارد ISO 21782-1:2019	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌های خنک‌کننده درصورت عدم وجود مشکل فنی، باید آزمون‌ها در دمای خنک‌کننده ۶۵ درجه سانتی‌گراد انجام شود. درغیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداکثر نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	حداکثر نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
فرکانس سوئیچینگ		مطابق با فرکانس طراحی	می‌تواند براساس توافق با مشتری، تغییر نماید.
زمان کارکرد		برای جریان ماکزیمم: ۲s و ۱۰s برای جریان نامی : ۱۸۰۰s	

فرآیند آزمون: چاپر باید تحت جریان $I_{t=t0}$ کار کند و دمای هر بخش چاپر می‌بایست پس از گذشت مدت زمان مشخص شده (t_0) ثبت گردند.

دمای چاپر مورد آزمون باید در نقاط اندازه‌گیری بشرح ذیل اندازه گرفته شوند:

- بخش الکترودی عناصر نیمه‌هادی یا نقاط مشخصی از اجزای سیستم خنک‌سازی که نزدیک این بخش‌ها متصل‌اند.
- محل ورود و خروج خنک‌ساز

نقاط اندازه‌گیری اضافی می‌تواند براساس قرارداد کارفرما با مشتری، اضافه گردد.

۲ ۱۰ ۴ گزارش‌های آزمون

هر آزمون باید همراه با یک گزارش آزمون، شـــامل اطلاعات کافی از نتایج و شـــرایط آزمون، گزارش گردد. نمونه گزارش‌های آزمون حاوی نتایج و شرایط در پیوست ب استاندارد آمده است.

۲ ۱۱ استاندارد ISO 21782- 6

این استاندارد بخش ششم [۱۲] از سری استانداردهای ISO 21782 تحت عنوان «آزمون بارگیری موتور و اینورتر» می‌باشـد که در آگوسـت سـال ۲۰۱۹ منتشـر گردیده اسـت. این اسـتاندارد ابتدا به معرفی و تشـریح آزمون‌های اسـتقامت موتور و سـپس آزمون‌های اسـتقامت اینورتر و چاپر، در شـرایط مختلف بارگزاری هر یک از تجهیزات مذکور می‌پردازد.

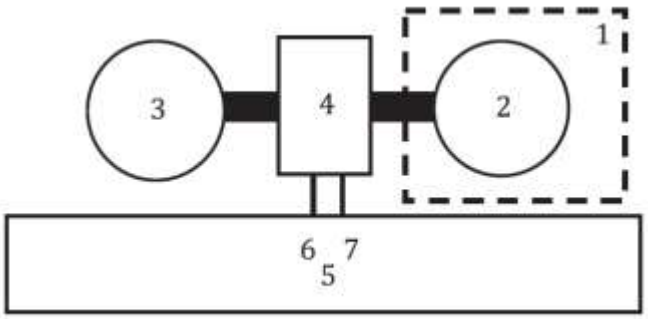
۲ ۱۱ ۱ هدف و دامنه کاربرد

این اسـتاندارد، به معرفی آزمون‌های بارگزاری و معیارهای آزمون برای موتور و اینورتر که بعنوان سـیسـتم پیشرانه الکتریکی کلاس B ولتاژ مورد کاربرد در خودروهای برقی طراحی شده‌اند، می‌پردازد.

۲ ۱۱ ۲ آزمون‌های استقامت عملکرد موتور

- آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید

هدف این آزمون، ارزیابی و درجه بندی قدرت تجهیزاتی (بیرینگ‌ها، حلقه انتهایی، محور اصـــلی موتور، اتصالات روتور، روتور و سنسور موقعیت) است؛ که از خستگی مکانیکی حاصل از تکرار زیاد سرعت حداکثری موتور، تاثیر می‌پذیرند. بعبارتی این آزمون، عملکردهای مکرر در حدهای بالایی مشخصات موتور را لحاظ می‌نماید.



۱- تجهیز تحت آزمون ۲- موتور ۳- دینامومتر ۴- سنسور سرعت/ گشتاور ۵- گشتاور/سرعت‌سنج ۶- گشتاور موتور (**Nm**) ۷- سرعت موتور (**min^{-1}**)

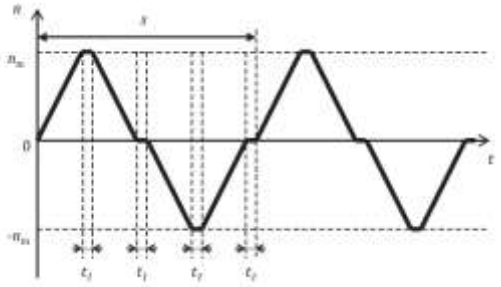
شکل ۲-۱۶: دیاگرام آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید موتور

مدار آزمون شامل دینامومتر در شکل ۲-۱۶ نشان داده شده است. شرایط آزمون نیز در جدول ۲-۱۳ آمده

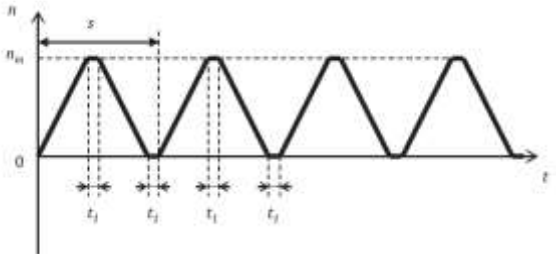
است.

جدول ۲-۲۱: شرایط آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید موتور

شرایط آزمون		مقدار	نکات
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵-۴- استاندارد ISO 21782-1:2019	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌های خنک‌کننده
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	



الف) الگوی آزمون موتور با چرخش دو جهته



ب) الگوی آزمون موتور با چرخش تک جهته

t: زمان (ثانیه) **n**: سرعت موتور ($\mathbf{min^{-1}}$) $\mathbf{n_m}$: سرعت حداکثری ($\mathbf{min^{-1}}$) **s**: یک سیکل **t1**: زمان نگهداری (ثانیه)

شکل ۲-۱۷: الگوی آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید موتور

فرآیند آزمون: الگوی انجام آزمون مطابق شکل ۲-۱۷ و با چرخش مکرر ساعتگرد و پادساعتگرد در سرعت حداکثری مشخصات موتور است. آزمون در بی باری است.

پس از انجام این آزمون، اســتقامت مکانیکی تجهیز، براســاس درجه بندی موجود در جدول ۲-۲۲ و جدول ۲-۲۳ مشخص می‌گردد.

جدول ۲-۲۲: تعداد سیکل‌ها در آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید موتور با چرخش دو جهته

درجه	تعداد دوره (سیکل)
S	۵۰۰,۰۰۰
A	۳۰۰,۰۰۰
B	۲۰۰,۰۰۰
C	۱۰۰,۰۰۰

جدول ۲-۲۳: تعداد سیکل‌ها در آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید موتور با چرخش تک جهته

درجه	تعداد دوره (سیکل)
S	۱,۰۰۰,۰۰۰
A	۶۰۰,۰۰۰
B	۴۰۰,۰۰۰
C	۲۰۰,۰۰۰

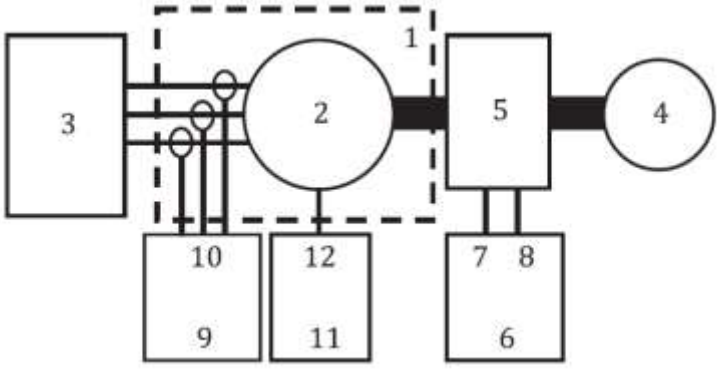
الزامات آزمون: آزمون می‌بایست از پایین‌ترین درجه آغاز شده و در صورت قبولی آزمون در آن درجه، به درجه بعدی ادامه پیدا می‌کند. هر مرتبه موتور، براساس مقایسه میزان تغییرات پارامترهای ذیل، قبل و بعد آزمون، بررسی می‌گردد.

- نیروی ضدمحرکه (back-EMF): حداکثر ۵٪ تفاوت در ۱۰٪ سرعت بیشینه
- اندازه گیری مکان و شکل موج سنسور موقعیت: حداکثر ۵٪ تفاوت در ۱۰٪ سرعت بیشینه
- مشخصه گشتاور-سرعت: حداکثر ۵٪ تفاوت در نقاط کار مشخص‌شده
- اندازه‌گیری ارتعاش: بدون هیچ افزایش واضح

همچنین در انتها می‌بایست موتور باز شده و تمامی تجهیزات آن جهت تشخیص هرگونه آسیب‌دیدگی مشخص مورد بررسی قرار گیرد.

- آزمون استقامت گشتاور بیشینه

هدف این آزمون، ارزیابی و درجه بندی قدرت تجهیزاتی (محور اصلی موتور، اتصالات روتور، محل اتصال دو محور و اتصالات استاتور) است؛ که از خستگی مکانیکی حاصل از تکرار زیاد گشتاور بیشینه موتور، تاثیر می‌پذیرند. بعبارتی این آزمون، عملکردهای مکرر در حدهای بالایی مشخصات موتور را لحاظ می‌نماید.



۱- تجهیز تحت آزمون ۲- موتور ۳- اینورتر ۴- بار ۵- نمایانگر سرعت/ گشتاو ۶- گشتاور/سرعت‌سنج ۷- گشتاور موتور (**Nm**) ۸- سرعت موتور (**min^{-1}**) ۹- کنتور توان ۱۰- جریان ورودی موتور (**A**) ۱۱- ترمومتر ۱۲- دمای موتور (سانتیگراد)

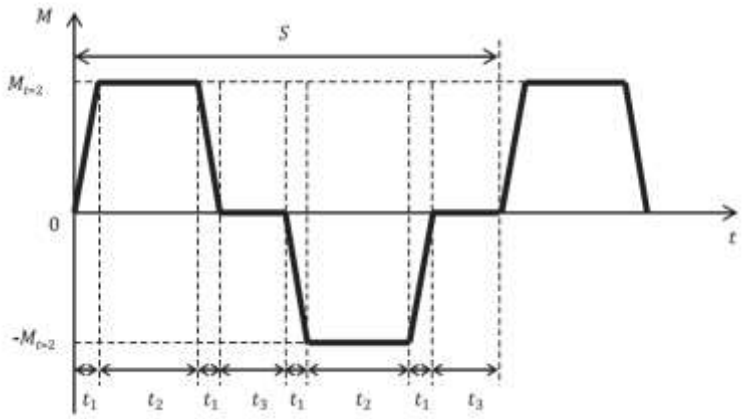
شکل ۲-۱۸: دیاگرام آزمون استقامت گشتاور بیشینه موتور

جدول ۲-۲۴: شرایط آزمون استقامت گشتاور بیشینه موتور

شرایط آزمون		مقدار	نکات
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵-۴- استاندارد ISO 21782-1:2019	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌های خنک‌کننده
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	

مدار آزمون در شکل ۲-۱۸ نشان داده شده است. شرایط آزمون نیز که موتور می‌بایست در سرعت ثابت و ولتاژ نامی عملکرد داشته باشد، در جدول ۲-۲۴ آمده است.

فرآیند آزمون: الگوی گشتاور برای یک سیکل مطابق شکل ۲-۱۹ است. همچنین دمای تمامی قسمت‌های موتور، با توجه به تعداد بالای سیکل کاری مطابق جدول ۲-۲۵، می‌بایست حین آزمون پایش گردد.



t: زمان (ثانیه) **M**: گشتاور (**NM**) $\mathbf{M_{t=2}}$: گشتاور موتوری بیشینه به مدت $\mathbf{t_0=2}$ (**NM**)

s: یک سیکل $\mathbf{t_1}$، $\mathbf{t_2}$، $\mathbf{t_3}$: پارامترهای زمانی $\mathbf{-M_{t=2}}$: گشتاور بازتولیدی بیشینه به مدت $\mathbf{t_0=2}$ (**NM**)

شکل ۲-۱۹: الگوی استقامت گشتاور بیشینه موتور

جدول ۲-۲۵: تعداد سیکل‌ها در آزمون استقامت گشتاور بیشینه موتور

درجه	تعداد دوره (سیکل)
S	۲,۰۰۰,۰۰۰
A	۱,۰۰۰,۰۰۰
B	۵۰۰,۰۰۰
C	۳۰۰,۰۰۰

الزامات آزمون: آزمون می‌بایست از پایین‌ترین درجه آغاز شده و در صورت قبولی آزمون در آن درجه، به درجه بعدی ادامه پیدا می‌کند. هر مرتبه موتور، براساس مقایسه میزان تغییرات پارامترهای ذیل، قبل و بعد آزمون، بررسی می‌گردد.

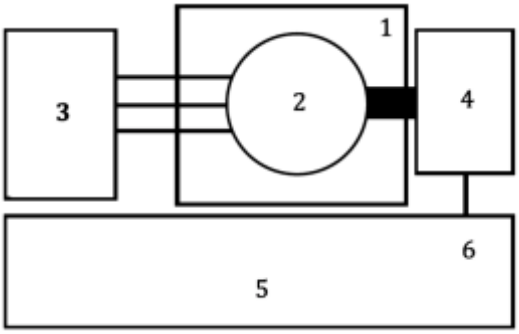
- نیروی ضدمحرکه (back-EMF): حداکثر ۵٪ تفاوت در ۱۰٪ سرعت بیشینه
- اندازه گیری مکان و شکل موج سنسور موقعیت: حداکثر ۵٪ تفاوت در ۱۰٪ سرعت بیشینه
- مشخصه گشتاور-سرعت: حداکثر ۵٪ تفاوت در نقاط کار مشخص شده
- اندازه‌گیری ارتعاش: بدون هیچ افزایش واضح

همچنین در انتها می‌بایست موتور باز شده و تمامی تجهیزات آن جهت تشخیص هرگونه آسیب‌دیدگی مشخص مورد بررسی قرار گیرد.

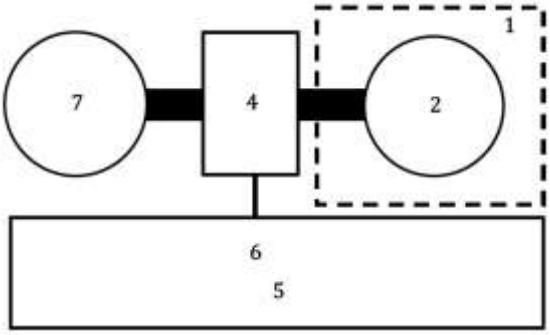
- آزمون اضافه سرعت

هدف این آزمون، ارزیابی و درجه بندی قدرت تجهیزاتی (ورقه فولادی مگنت، صفحه انتهایی، حلقه انتهایی،

وزن تعادل) ا ست؛ که از خ ستگی مکانیکی حا صل از عملکرد موتور در شرایط فراتر از سرعت چرخش بی شینه، تاثیر می‌پذیرند. مدار آزمون در شکل ۲-۲۰ نشان داده شده است.



الف) در حالت اتصال به اینوتر



ب) در حالت اتصال به دینامومتر

۱- تجهیز تحت آزمون ۲- موتور ۳- اینورتر ۴- سنسور سرعت ۵- سرعت‌سنج ۶- سرعت موتور ($\mathbf{min^{-1}}$) ۷- دینامومتر

شکل ۲-۲۰: دیاگرام‌های آزمون اضافه سرعت موتور

فرآیند آزمون: موتور باید تا ا ضافه سرعت تعیین شده، شتاب گیرد؛ سپس در همین سرعت به مدت ۲ دقیقه، عملکرد پیوسته داشته باشد. آزمون در بی‌باری انجام میشود و می‌بایست در صورت استفاده از دینامومتر، فازهای موتور باز باشد.

الزامات آزمون: پس از انجام آزمون، براساس مقایسه میزان تغییرات پارامترهای ذیل، قبل و بعد آزمون، نتیجه آزمون بررسی می‌گردد.

- نیروی ضدمحرکه (back-EMF): حداکثر ۵٪ تفاوت در ۱۰٪ سرعت بیشینه
- اندازه گیری مکان و شکل موج سنسور موقعیت: حداکثر ۵٪ تفاوت در ۱۰٪ سرعت بیشینه
- اندازه‌گیری ارتعاش: بدون هیچ افزایش واضح

همچنین در انتها می‌بایست موتور باز شده و تمامی تجهیزات آن جهت تشخیص هرگونه آسیب‌دیدگی مشخص مورد بررسی قرار گیرد.

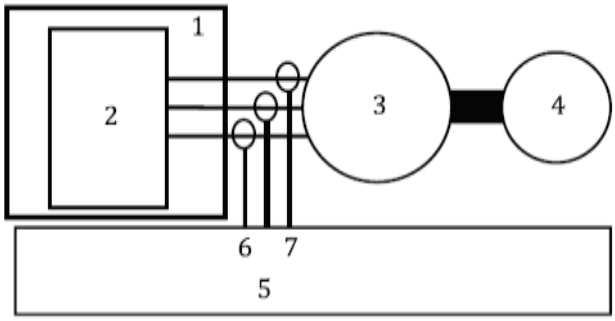
در نهایت براساس نتایج هر دو بازرسی، یک کد دو حرفی بصورت زیر، جهت درجه‌بندی استقامت موتور تعیین می‌گردد:

حرف اول (S,A,B,C,D): بیانگر استقامت اضافه سرعت

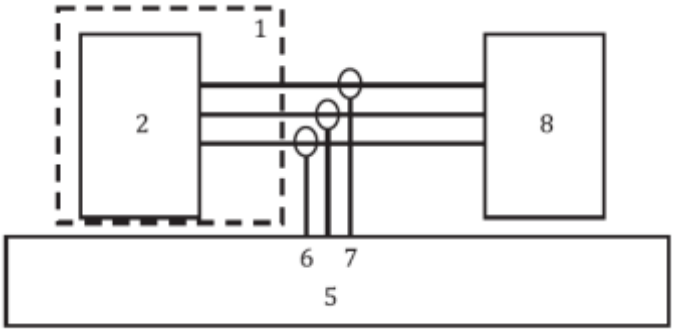
حرف دوم (A,B,C): بیانگر نحوه عملکرد موتور پس از آزمون

۲ ۱۱ ۳ آزمون استقامت عملکرد اینورتر (آزمون دوره‌ای)

روش آزمون، عملکردهای مکرر اینورتر با یک الگوی جریان نمونه خروجی آن را لحاظ میکند. هدف آزمون جلوگیری از خرابی در اجزای اصلی تبدیل توان است. مدار آزمون مطابق شکل ۲-۲۱ و شرایط آزمون مطابق جدول ۲-۲۶ است.



الف) با موتور حقیقی



ب) با شبیه‌ساز موتور

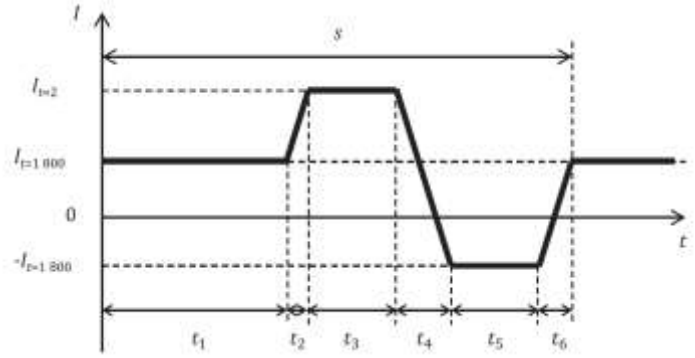
۱- تجهیز تحت آزمون ۲- اینورتر ۳- موتور حقیقی ۴- بار ۵- دستگاه اندازه‌گیر کیفیت توان ۶- جریان خروجی اینورتر (**A**) ۷- فرکانس خروجی اینورتر (**Hz**) ۸- شبیه‌ساز موتور

شکل ۲-۲۱: دیاگرام‌های آزمون استقامت عملکرد اینورتر

جدول ۲-۲۶: شرایط آزمون استقامت گشتاور بیشینه موتور

شرایط آزمون		مقدار	نکات
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵-۴- استاندارد ISO 21782-1:2019	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌های خنک‌کننده
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	

فرآیند آزمون: اینورتر باید با یک بار معادل (مثل شبیه‌ساز موتور) و بر اساس الگوی بار شکل ۲-۲۲ کار کند.



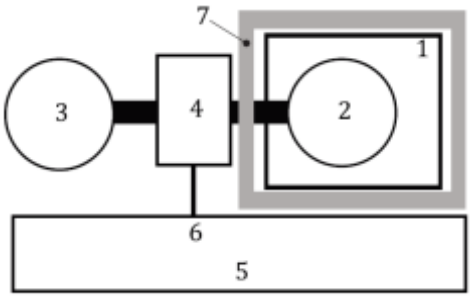
t: زمان (ثانیه) **I**: جریان (**A**) **s**: یک سیکل **t_1، t_2، t_3، t_4، t_5، t_6**: پارامترهای زمانی **$I_{t=2}$**: جریان موتوری بیشینه به مدت **t_0=2 (A)** **$I_{t=1800}$**: جریان موتوری بیشینه به مدت **t_0=2 (A)** **$-I_{t=1800}$**: جریان بازتولیدی بیشینه به مدت **t_0=2 (A)**

شکل ۲-۲۲: الگوی بار آزمون دوره‌ای برای آزمون استقامت اینورتر

الزامات آزمون: پس از اتمام آزمون، اینورتر باز شـــده و قطعات آن جهت اطمینان از عدم هرگونه آسیب‌دیدگی، بازرسی می‌گردند. بدین صورت که برای خازن باس DC باید حداکثر ۱۰٪ در مشخصات خازنی و امپدانسی، و برای عناصر نیمه‌هادی نیز حداکثر ۱۰٪ در مقاومت الکتریکی و مقاومت حرارتی آن تغییر مشاهده گردد.

۲ ۱۱ ۴ آزمون تایید استقامت شکست روتور (آزمون چرخش)

روش آزمون چرخش، با هدف شناخت استقامت مکانیکی موتور است. این آزمون مطابق شکل ۲-۲۳ بر روی روتور انجام میشود.



۱- تجهیز تحت آزمون ۲- روتور ۳- آزمایشگر چرخش ۴- نمایانگر سرعت ۵- سرعت‌سنج
۶- سرعت روتور ($\mathbf{min^{-1}}$) ۷- مانع حفاظتی برای شکستگی

شکل ۲-۲۳: دیاگرام آزمون چرخش روتور

فرآیند آزمون: این آزمون شامل مراحل ذیل است.

الف) قطر خارجی روتور اندازه‌گیری گردد.

ب) سرعت باید از ۱۲۰٪ سرعت بیشینه عملکرد، بصورت پله‌های ۱۰ درصدی سرعت بیشینه عملکرد، آغاز گردد.

ج) شتاب افزایشی باید مقدار $100\ min^{-1}/s$ باشد.

د) پس از آنکه سرعت بمدت یک دقیقه ادامه پیدا کرد، چرخش متوقف می شود و قطر خارجی اندازه‌گیری می‌شود.

هـ) تکرار مراحل (ب) تا (د) تاجاییکه روتور شکسته شود.

و) ضعیف‌ترین قسمت استقامت نیروی سانتریفیوژی در قطر خارجی روتور در راستای محور، علامت زده شود.

ز) اندازه‌گیری‌ها توسط یک میکرومتر انجام شود.

الزامات آزمون: پس از انجام آزمون، براساس سرعتی (بصورت درصدی از سرعت بیشینه عملکرد موتور)، که بعد از آن آسیب دائمی به روتور وارد می‌گردد، با حروف جدول ۲-۲۷ کلاس‌بندی می‌شود.

جدول ۲-۲۷: حروف کلاس‌بندی استقامت شکست روتور

درجه	سرعت قبل از وقوع آسیب جدی دائمی
S	بالاتر از ۲۰۰٪ از سرعت بیشینه عملکرد
A	۲۰۰٪ از سرعت بیشینه عملکرد
B	۱۹۰٪ از سرعت بیشینه عملکرد
C	۱۸۰٪ از سرعت بیشینه عملکرد
D	۱۷۰٪ از سرعت بیشینه عملکرد
E	۱۶۰٪ از سرعت بیشینه عملکرد
F	۱۵۰٪ از سرعت بیشینه عملکرد
G	۱۴۰٪ از سرعت بیشینه عملکرد
H	۱۳۰٪ از سرعت بیشینه عملکرد
I	۱۲۰٪ از سرعت بیشینه عملکرد

۲ ۱۱ ۵ گزارش آزمون

هر آزمون باید با یک گزارش حاوی اطلاعات کافی از شـــرایط و نتایج آزمون، ارائه گردد. نمونه گزارش‌هایی در این خصوص، در پیوست الف استاندارد ISO 21782-6 ارائه گردیده است.

۲ ۱۲ نتیجه‌گیری

در فصـل دوم، اسـتانداردهای بین‌المللی حوزه سـیسـتم پیشـرانه خودروهای برقی بررسـی شـده اسـت. استانداردهای مورد بررسی در این فصل به شرح زیر است:

- استاندارد IEC 60349-1، به معرفی و دسته‌بندی آزمون‌های مربوط به تمام ماشین‌های الکتریکی به جز موتورهای جریان متناب تغذیه‌شونده با مبدل پرداخته است.
- اسـتاندارد IEC 60349-2، به معرفی و دسـته‌بندی آزمون‌های مربوط به موتورهای جریان متناب تغذیه‌شونده با مبدل پرداخته است.
- استاندارد IEC 60349-3، به ارائه روش‌هایی جهت تعیین تلفات موتورهای AC مورد استفاده در وسایل نقلیه ریلی و جاده‌ای پرداخته است که از طریق مبدل تغذیه می‌شوند.
- اسـتاندارد IEC 60349-4، به معرفی و دسـته‌بندی آزمون‌های مربوط به ماشـین‌های سـنکرون آهنربای دائم متصل به مبدل الکترونیکی پرداخته است.
- استاندارد IEC 61287-1 نیز به مشخصات و روش‌های آزمون مبدل‌های توان الکترونیک قدرت نصب شده در وسایل نقلیه می‌پردازد.
- SAE J2907 این اسـتاندارد به بررسـی خصـوصـیات و عملکرد موتور و محرکه خودرو برقی می‌پردازد. این سند به منظور دستیابی به روشی برای به دست آوردن اندازه‌گیری‌های قابل تکرار که منعکس کننده دقیق عملکرد یک زیر سیستم درایو الکتریکی پیشرانه است، تدوین شده است.
- استاندارد SAE J 2908 مرتبط با رتبه‌بندی توان محرکه خودروهای برقی و هیبرید برقی می‌باشد.

این سند روش های آزمایشی را برای ارزیابی حداکثر قدرت سیستم های انتقال قدرت خودرو برقی ارائه می دهد.

- استانداردهای ISO 2178-2 که خلاصه‌ای محتوای آن‌ها به ترتیب در جدول ۲-۲۸، جدول ۲-۲۹ و جدول ۲-۳۰ ارائه شده است.

جدول ۲-۲۸: محتوای بخش ۱ (**ISO 21782-1**)؛ تعاریف و شرایط عمومی آزمون

عناوین بخش ۱	توضیحات
مقدمه	پشت‌زمینه و اهداف سری استانداردهای ایزو ۲۱۷۸۲
عبارات و تعاریف	عبارات مورد استفاده در سری استانداردهای ۲۱۷۸۲
کلمات مختصر	کلمات مختصر مورد استفاده در سری استانداردهای ۲۱۷۸۲
شرایط عمومی آزمون	تعاریف شرایط عمومی: نقطه کار جریان، ولتاژ و توان ولتاژ ورودی DC دما و رطوبت دقت اندازه‌گیری

جدول ۲-۲۹: محتوای بخش ۲ (**ISO 21782-2**)؛ آزمون عملکرد سیستم موتور

عناوین بخش ۲	توضیحات	موتور	اینورتر	چاپر	سیستم موتور
اندازه‌گیری تلفات کل و بازدهی کل	این آزمون، تلفات کل و بازدهی کل بین توان ورودی اینورتر و توان خروجی موتور را اندازه‌گیری می‌کند.				۱-۵
آزمون افزایش دما	این آزمون، ویژگی‌های افزایش دمای هر بخش از سیستم موتور در محدوده مشخصی را بررسی می‌کند.				۲-۵
آزمون مشخصه گشتاور	این آزمون، مشخصات گشتاور که در مشخصات سیستم موتور تعیین شده است، اندازه می‌گیرد.				۳-۵
آزمون ریپل گشتاور	این آزمون، ریپل گشتاور موتور را اندازه-گیری می‌نماید.				۴-۵

جدول ۲-۳۰: محتوای بخش ۳ (**ISO 21782-3**)؛ آزمون عملکرد موتور و اینورتر

عناوین بخش ۳	توضیحات	موتور	اینورتر	چاپر	سیستم موتور
اندازه‌گیری تلفات و بازدهی	این آزمون، تلفات و بازدهی بین توان ورودی و توان خروجی را اندازه‌گیری می‌کند.	۵-۱-۱	۵-۲-۱	۵-۳-۱	
	این آزمون، نرخ تبدیل بین توان ورودی و توان خروجی را اندازه‌گیری می‌کند.		۵-۲-۱	۵-۳-۱	
آزمون افزایش دما	این آزمون، ویژگی‌های افزایش دمای هر بخش از اجزا در محدوده مشخصی را بررسی می‌کند.	۵-۱-۲	۵-۲-۲	۵-۳-۲	
آزمون مشخصه گشتاور	این آزمون، مشخصات گشتاور که در مشخصات موتور تعیین شده است، اندازه می‌گیرد.	۵-۱-۳			
آزمون گشتاور کاگینگ	این آزمون، گشتاور کاگینگ موتور مغناطیس دائم را اندازه‌گیری می‌کند.	۵-۱-۴			

فصل سوم

تعیین مشخصات کیفی، عملکردی و ایمنی سیستم پیشرانه بر اساس استانداردهای موجود حوزه موتورهای الکتریکی و سیستم محرکه آن در خودروهای برقی

مقدمه فصل سوم

در فصل‌های گذشته، مطالعه مروری بر روی استانداردهای داخلی و خارجی مرتبط با سیستم‌های پیشرانه خودروهای برقی مورد مطالعه قرار گرفت. در فصل پیش رو نیز هدف مقایسه این استانداردها و اولویت‌بندی آنها جهت معادل سازی در داخل کشور در دستور کار قرار دارد که این موضوع در طول جلساتی که با خبرگان این موضوع برگزار می‌شود، مورد مباحثه قرار می‌گیرد.

۳ ۱ چارچوب پیشنهادی برای تدوین استاندارد

طبق بررسی‌های صورت‌گرفته در استانداردهای IEC و SAE، لازم است تا استانداری مطابق با چارچوب پیشنهادی زیر مخصوص سیستم‌های پیشرانه و الکتروموتورهای خودروهای برقی تدوین شود:

۱. عنوان و شماره استاندارد
۲. حوزه کاربرد و اهداف
۳. معرفی استانداردهای مرجع مورد استفاده
۴. معرفی عبارت‌ها و نمادهای اختصاری و برخی اصطلاحات تخصصی به کار رفته در استاندارد
۵. محتوای اصلی استاندارد
   - بیان الزامات فنی، بهره‌برداری و ایمنی مربوطه (در صورتی که استاندارد مربوط به بیان الزمات باشد)
   - دسته‌بندی و معرفی آزمون‌های مرتبط با نحوه تأیید الزامات مربوطه (در صورتی که استاندارد مربوط به دسته‌بندی و معرفی آزمون‌ها باشد)
   - تشریح نحوه انجام آزمون‌های معرفی‌شده (در صورتی که استاندارد مربوط به تشریح نحوه آزمون باشد)
   - ارائه چارچوبی به منظور ارائه گزارش نتایج آزمون‌ها و نحوه تأیید یا رد آن‌ها (در صورتی که استاندارد مربوط به تشریح نحوه انجام آزمون باشد)
   - ارائه ساختاری جهت صدور گواهینامه معتبر (در صورتی که استاندارد مربوط به نحوه صدور یا اخذ گواهینامه معتبر باشد)

در ادامه به تشریح بیشتر هر یک از این بخش‌ها پرداخته خواهد شد.

۳ ۱ ۱ عنوان و شماره استاندارد

مطابق تمام استانداردهای تدوین‌شده در تمامی حوزه‌ها و توسط تمام سازمان‌ها، لازم است تا عنوان استانداردی که تدوین شده به شکلی مختصر و مفید و به گونه‌ای که قابل فهم باشد، در ابتدای استاندارد بیان شود.

۳ ۱ ۲ حوزه کاربرد و اهداف

در تمامی استانداردهای تدوین‌شده توسط تمامی سازمان‌ها (به ویژه IEC و SAE)، بخشی ارائه شده است که در آن تجهیزات یا موادی که در حوزه بررسی استاندارد مربوطه تعریف می‌شوند، به شکل دقیق معرفی شده‌اند. همچنین لازم است تا بیان شود هدف از تدوین استاندارد مربوطه چیست و این استاندارد برای چه کاربردی

تدوین شده است. به عنوان مثال یک استاندارد ممکن است مختص تعاریف، واژه شناسی، بیان الزامات، معرفی و دسته‌بندی آزمون‌ها، تشریح آزمون‌ها، ارائه روش خاصی برای اندازه‌گیری خاص یا موارد دیگری باشد. هر یک از این موارد باید در بخش حوزه کاربرد و اهداف استاندارد به طور شفاف و دقیق بیان شود.

۳ ۱ ۳ معرفی استانداردهای مرجع مورد استفاده

از آن‌جایی که یک استاندارد، یک گزارش و حتی بیان یک ادعا در صورتی اعتبار پیدا می‌کند که از مراجع معتبری استخراج شده باشد، هنگام تدوین یک استاندارد نیز نمی‌توان بدون استفاده از استانداردهای مرجع مربوط به حوزه خاص و ارجاع به آن‌ها، ادعای معتبری ارائه کرد. به همین دلیل لازم است تا در بخش سوم استاندارد تدوین‌شده، استانداردهای مرجعی که به منظور تدوین استاندارد مربوطه از آن‌ها استفاده شده است، معرفی شوند.

۳ ۱ ۴ معرفی عبارت‌ها و نمادهای اختصاری و برخی اصطلاحات تخصصی به کار رفته در استاندارد

از آن‌جایی که ممکن است در تدوین هر متن، گزارش یا استاندارد تخصصی از عبارت‌ها، نمادهای اختصاری یا برخی اصطلاحات تخصصی استفاده شود که خواننده از معنای آن‌ها اطلاعات دقیقی نداشته باشد، لازم است تا با ارائه فهرستی در این بخش از استاندارد تدوین‌شده، تمامی این عبارات، نمادهای اختصاری و اصطلاحات معرفی و تشریح شوند. در تمامی استانداردهای IEC و SAE تدوین‌شده و معتبر، چنین بخشی وجود دارد.

۳ ۱ ۵ محتوای اصلی استاندارد

پس از ارائه بخش‌های قبلی که مفصل تشریح شدند، باید بدنه اصلی استاندارد ارائه شود. این بخش وابستگی شدیدی به دامنه کاربرد و اهداف تدوین استاندارد دارد و بسته به این‌که استاندارد مربوطه به دنبال چه هدفی باشد، می‌تواند به بیان الزامات فنی، بهره‌برداری و ایمنی، دسته‌بندی و معرفی آزمون‌های مرتبط با نحوه تأیید الزامات مربوطه، تشریح نحوه انجام آزمون‌های مربوطه، ارائه چارچوبی به منظور ارائه گزارش نتایج آزمون‌ها و نحوه رد یا تأیید آن‌ها، ارائه ساختاری جهت صدور گواهینامه معتبر و یا ترکیبی از چند مورد از این موارد، بپردازد. در ادامه توضیح داده خواهد شد که منظور از هر یک از این موارد چیست.

- الزامات فنی، بهره‌برداری و ایمنی

هر تجهیزی باید برخی الزامات فنی که معمولاً از طریق استانداردهای بین‌المللی و ملی یا از طریق توافقنامه‌ای بین سازنده و مشتری تعیین می‌شوند را داشته باشد. به عنوان مثال اگر یک استاندارد بین‌المللی یا ملی و یا توافقنامه‌ای بین مشتری و سازنده بیان کرده باشد که بازدهی الکتروموتوری خاص از ۵۰ در صد کمتر نشود، سازنده ملزم به ارائه تجهیزی است که با این الزام سازگاری کامل داشته باشد. این الزامات در این بخش بیان خواهند شد. البته لازم به ذکر است که اگر الزامات مربوطه از قبل در استاندارد دیگری بیان شده باشند، در این بخش امکان ارجاع به آن استاندارد و بند مربوطه نیز وجود دارد.

همچنین تجهیزات ساخته شده باید با برخی الزامات مربوط به بهره‌برداری خاص که توسط استانداردهای بین‌المللی و ملی یا از طریق توافقنامه‌ای بین سازنده و مشتری قابل تعیین هستند؛ سازگاری کامل داشته باشد. به عنوان مثال ممکن است سازنده ملزم شده باشد که تجهیز را به گونه‌ای بسازد که دمای بخش‌های مسی در دسترس آن از ۷۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر نشود. یا ممکن است سازنده ملزم شده باشد که تجهیزش در شرایط پر گرد و غبار یا در دماهای بسیار بالا یا پایین، عملکردی مناسب و بدون خطا با ویژگی‌ها و الزامات فنی خاص داشته

باشـد. در این صـورت، سـازنده ملزم اسـت تا تجهیزش را سـازگار با این الزامات تهیه کند. این الزامات نیز در این بخش بیان خواهند شـد. البته لازم به ذکر اسـت که اگر الزامات مربوطه از قبل در اسـتاندارد دیگری بیان شـده باشند، در این بخش امکان ارجاع به آن استاندارد و بند مربوطه نیز وجود دارد.

مشـابه با الزامات فنی و بهره‌برداری، الزامات ایمنی نیز در این بخش از اسـتاندارد قابل بیان هسـتند و اگر الزامات ایمنی مربوطه در استاندارد دیگری ارائه شده باشند، در این بخش می‌توان به استاندارد مربوطه ارجاع داد.

- دسته‌بندی و معرفی آزمون‌های مرتبط با نحوه تأیید الزامات

در صورتی که استاندارد در دست تدوین مربوط به دسته‌بندی و معرفی آزمون‌ها باشد، لازم است تا معرفی مختصـری پیرامون آزمون‌های مهم (اعم از اجباری و اختیاری) که و دسـته‌بندی آن‌ها انجام شـود. همچنین لازم اسـت به همراه معرفی و دسـته‌بندی آزمون‌ها، بیان شـود که الزامات مربوط به هر یک از این آزمون‌ها و همچنین نحوه انجام آن‌ها در چه استانداردی و چه بخشی از آن استاندارد بیان شده‌اند. محل ارائه موارد مذکور، این بخش از استاندارد در دست تدوین است.

- تشریح نحوه انجام آزمون‌ها

در صورتی که استاندارد در دست تدوین مربوط به تشریح نحوه انجام آزمون‌ها باشد، لازم است تا الزامات مربوطه، تجهیزات لازم جهت انجام آزمون، شـرایط محیطی و فنی لازم جهت انجام آزمون، نحوه آماده‌سـازی تجهیزات، نحوه قرارگیری و فواصـل آن‌ها، نکات ایمنی، مراحل و روند اجرای آزمون و نحوه اندازه‌گیری خروجی‌ها به طور کامل در این بخش ارائه و بیان شوند.

- ارائه چارچوبی به منظور ارائه گزارش نتایج آزمون و نحوه رد یا تأیید آن‌ها

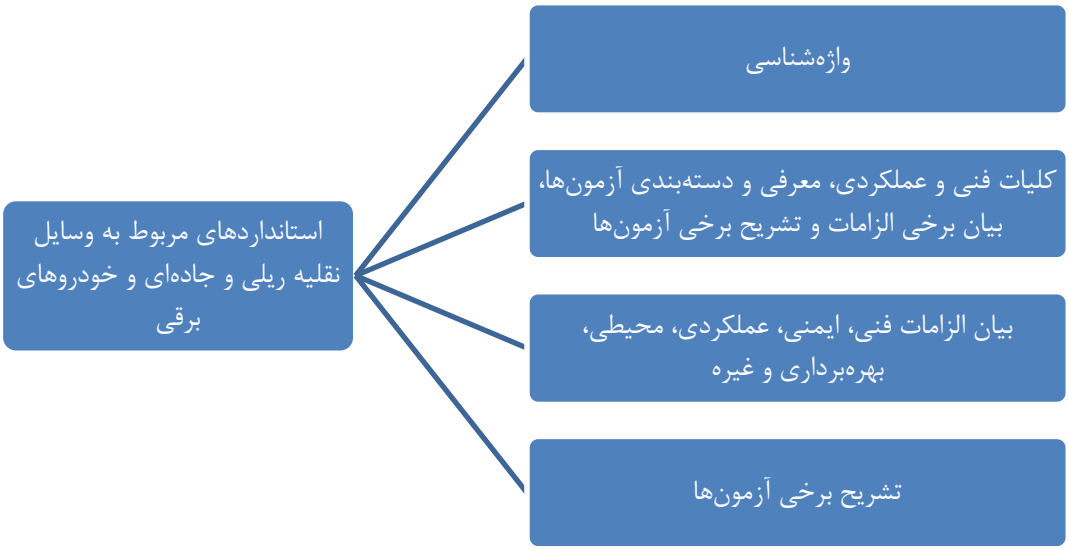
در صـورتی که اسـتاندارد در دسـت تدوین مربوط به ارائه چارچوبی در راسـتای ارائه گزارش نتایج آزمون و نحوه رد یا تأیید آن‌ها با توجه به الزامات مربوطه باشد، لازم است تا در این بخش ساختار مورد نظر به شکل دقیق بیان شـود. به عنوان مثال باید به طور دقیق بیان شـود که چارچوب گزارش نهایی باید به چه شـکل باشـد، چه خروجی‌ها و رویدادهایی باید گزارش شوند و نحوه گزارش آن‌ها (کمی، کیفی، رخدادن اتفاقی خاص و ...) نیز باید به شکلی شفاف بیان شده باشد و همچنین نحوه تأیید یا رد نتایج با توجه به الزامات مربوطه چگونه است.

- ارائه ساختاری جهت صدور گواهینامه معتبر

در صـورتی که اسـتاندارد با هدف ارائه سـاختاری در راسـتای صـدور گواهینامه معتبر برای تجهیز تولیدی توسط یک سازنده تدوین شده باشد، لازم است تا شرایط صدور و ساختار گواهینامه مربوطه در این بخش تشریح شود.

۳ ۲ استانداردهای IEC و SAE

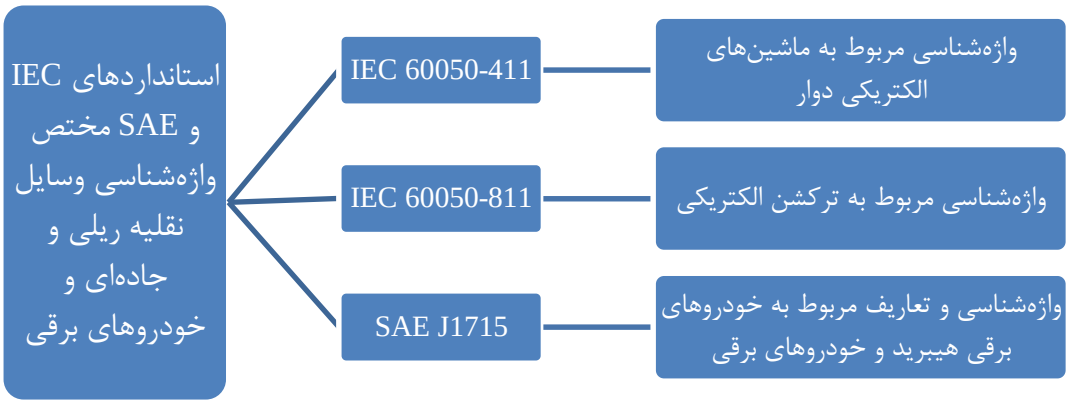
به طور کلی استانداردهای موجود که به طور خاص مسائل مربوط به موتور، درایو و پیشرانه خودروهای برقی را مورد بررسـی قرار می‌دهند، در چهار دسـته‌ی کلی قابل تقسـیم هسـتند: (۱) واژه‌شـناسـی، (۲) کلیات فنی و عملکردی، معرفی و دسـته‌بندی آزمون‌ها، بیان برخی الزامات و تشـریح برخی آزمون‌ها، (۳) بیان الزامات فنی، ایمنی، عملکردی، محیطی، بهره‌برداری و غیره و (۴) تشریح برخی آزمون‌ها



شکل ۳-۱: دسته‌بندی کلی استانداردهای مربوط به وسایل نقلیه ریلی و جاده‌ای و خودروهای برقی

- **واژه‌شناسی**

استانداردهای IEC و SAE که به طور خاص به واژه‌شناسی پیرامون وسایل نقلیه ریلی و جاده‌ای و خودروهای برقی می‌پردازند، در شکل زیر نشان داده شده‌اند.



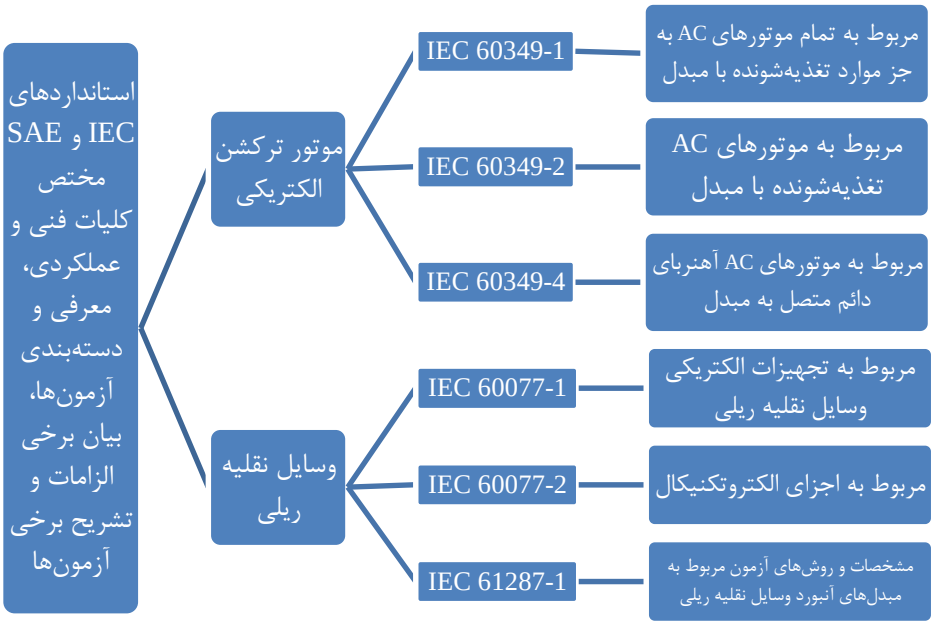
شکل ۳-۲: استانداردهای **IEC** و **SAE** مختص واژه‌شناسی وسایل نقلیه ریلی و جاده‌ای و خودروهای برقی

استانداردهای IEC سری ۶۰۰۵۰ به بررسی واژه‌شناسی الکتروتکنیکال و بین‌المللی حوزه‌های مختلف می‌پردازند. در استانداردهای IEC 60050-411 و IEC 60050-811 به ترتیب واژه‌شناسی الکتروتکنیکال ما شین‌های الکتریکی دوار و ترک شن‌های الکتریکی ارائه شده‌اند. در بخش ابتدایی این ا ستانداردها عنوان، دامنه کاربرد و هدف بیان شده و در ادامه ا صطلاحات و عناوین الکتروتکنیکال در حوزه تحت پو شش به تف صیل مورد بررسی قرار گرفته‌اند. استاندارد SAE J1715 نیز به واژه‌شناسی حول اصطلاحات و مفاهیم مربوط به خودروهای برقی (EV) و خودروهای برقی هیبرید (HEV) پرداخته است. ساختار این استاندارد نیز مشابه استانداردهای IEC است. ابتدای این استاندارد، عنوان، دامنه کاربرد و هدف از تدوین استاندارد بیان شده است. در ادامه، مراجع اصلی تدوین و استانداردهای مرتبط با این استاندارد معرفی شده‌اند و سپس مفاهیم و اصطلاحات حوزه

خودروهای برقی و خودروهای برقی هیبرید به تفصیل تشریح شده‌اند.

- کلیات فنی و عملکردی، معرفی و دســـته‌بندی آزمون‌ها، بیان برخی الزامات و تشـــریح نحوه انجام برخی آزمون‌های مربوطه

دســته‌ای دیگر از اســتانداردهای IEC به بیان کلیات فنی و عملکردی، معرفی و دســتهبندی آزمون‌ها، بیان برخی الزامات یا تشــریح نحوه انجام برخی آزمون‌های مربوطه می‌پردازند. این اســتانداردها در شــکل زیر معرفی شده‌اند.



شکل ۳-۳: استانداردهای **IEC** و **SAE** مختص کلیات فنی و عملکردی، معرفی و دسته‌بندی آزمون‌ها، بیان برخی الزامات و تشریح برخی آزمون‌ها

ا ستانداردهای IEC سری ۶۰۳۴۹ با عنوان «ترک شن الکتریکی – ما شین‌های الکتریکی دوار برای و سایل نقلیه ریلی و جاده‌ای» که از چهار بخش ت شکیل شده‌اند، به منظور (۱) تأیید عملکرد ما شین الکتریکی در قالب آزمون‌ها و (۲) فراهم‌کردن مبنایی به منظور ارزیابی میزان منا سب بودن ما شین در را ستای انجام وظایفی خاص ارائه شده‌اند.

بخش اول این سری از ا ستانداردها (IEC 60349-1) مختص تمام ما شین‌های دواری ا ست که بخ شی از وســایل نقلیه ریلی و جاده‌ای به حســاب می‌آیند، به جز موتورهای جریان متناوبی که با مبدل تغذیه می‌شــوند. بخش دوم این دســته اســتانداردها (IEC 60349-2) مختص موتورهای جریان متناوبی اســت که با مبدل تغذیه می شوند. در نهایت بخش چهارم این سری ا ستانداردهای (IEC 60349-4) IEC مختص ما شین‌های الکتریکی سنکرون آهنربای دائمی است که به مبدل متصل هستند.

در استانداردهای IEC 60349-1، IEC 60349-2 و IEC 60349-4، ابتدا به ذکر کردن عنوان استاندارد و حوزه، هدف و دامنه کاربرد هر یک اشاره شده است. در بخش بعدی، استانداردهای دیگری که در بخش‌های بعدی به آن‌ها ارجاع داده می‌شود، ذکر شده‌اند. بخش سوم این سری از استانداردهای IEC، به معرفی اصطلاحات مورد ا ستفاده در حوزه کاربرد ا ستاندارد پرداخته ا ست. در بخش بعدی این ا ستانداردها، شرایط محیطی بهره‌برداری

ماشین‌های تحت پوشش استاندارد مربوطه بیان شده‌اند. شرایط محیطی بیان شده در این بخش، مطابق استاندارد IEC 62498-1 خواهد بود. درباره محتویات این استاندارد (IEC 62498-1) در ادامه توضیح داده خواهد شد.

در ادامه‌ی استانداردهای IEC 60349-1، IEC 60349-2 و IEC 60349-4، مشخصه‌های لازم برای تجهیزات تحت پوشش استاندارد معرفی شده‌اند؛ به عبارت دیگر، مشخصه‌های هر تجهیزی که ذیل دامنه کاربرد این استانداردها تعریف شود، باید با مشخصه‌های تعریف‌شده در این بخش سازگاری داشته باشند. در بخش بعدی این استانداردها، مواردی که باید روی نیم‌پلیت تجهیزات تحت پوشش ذکر شده باشند و همچنین علامت‌گذاری ترمینال‌ها بیان شده است. سپس انواع آزمون‌هایی که انجام آن‌ها روی تجهیزات تحت پوشش این استاندارد ضروری است، معرفی شده و به صورت خلاصه در یک جدول ارائه شده‌اند. پس از معرفی انواع آزمون‌ها، در بخش‌های بعدی و همچنین ضمیمه‌های این استانداردها، توضیحات بیشتری پیرامون نحوه انجام برخی آزمون‌های نوعی، روتین و بررسی و محدودیت‌های دارای اهمیت بیان شده است. ضمیمه‌ی این استانداردها نیز شامل روش اندازه‌گیری دما، روش‌های تعیین تلفات و بازدهی، روش اندازه‌گیری نویز و محدودیت‌های مربوطه و توافق‌نامه بین مشتری و سازنده است.

استانداردهای IEC 60077-1 و IEC 60077-2 با عنوان کلی «وسایل نقلیه ریلی – تجهیزات الکتریکی برای وسایل نقلیه ریلی» با هدف تعریف شرایط عمومی سرویس‌دهی و الزامات مربوط به تجهیزات نصب‌شده، اعم از مدارهای قدرت، مدارهای جانبی، مدارهای کنترلی و غیره، روی وسایل نقلیه ریلی تدوین شده‌اند. از دیگر اهداف این استانداردها منظم‌کردن قوانین و الزامات مربوط به تجهیزات مورد استفاده در وسایل نقلیه ریلی است. مطابق اغلب استانداردهای IEC، این استاندارد نیز با بیان عنوان، دامنه کاربرد، هدف، مراجع مورد استفاده و همچنین تعریف اصطلاحات این حوزه آغاز شده است. بخش چهارم این استاندارد به دسته‌بندی شرایط و قوانین کلی پرداخته است. بخش پنجم این استاندارد تعریف‌کننده‌ی مشخصه‌های بهره‌برداری از این تجهیزات است. بخش ششم این استاندارد بیان‌کننده اطلاعاتی پیرامون محصول است که باید توسط سازنده ارائه شوند. بخش هفتم این استاندارد شرایط عمومی سرویس‌دهی این تجهیزات را بیان کرده است. بخش هشتم بیانگر الزامات ساخت و تولید تجهیزات وسایل نقلیه ریلی است. در نهایت، بخش نهم این استاندارد انواع آزمون‌های لازم را معرفی و دسته‌بندی کرده است.

- الزامات فنی، ایمنی، عملکردی، بهره‌برداری و غیره

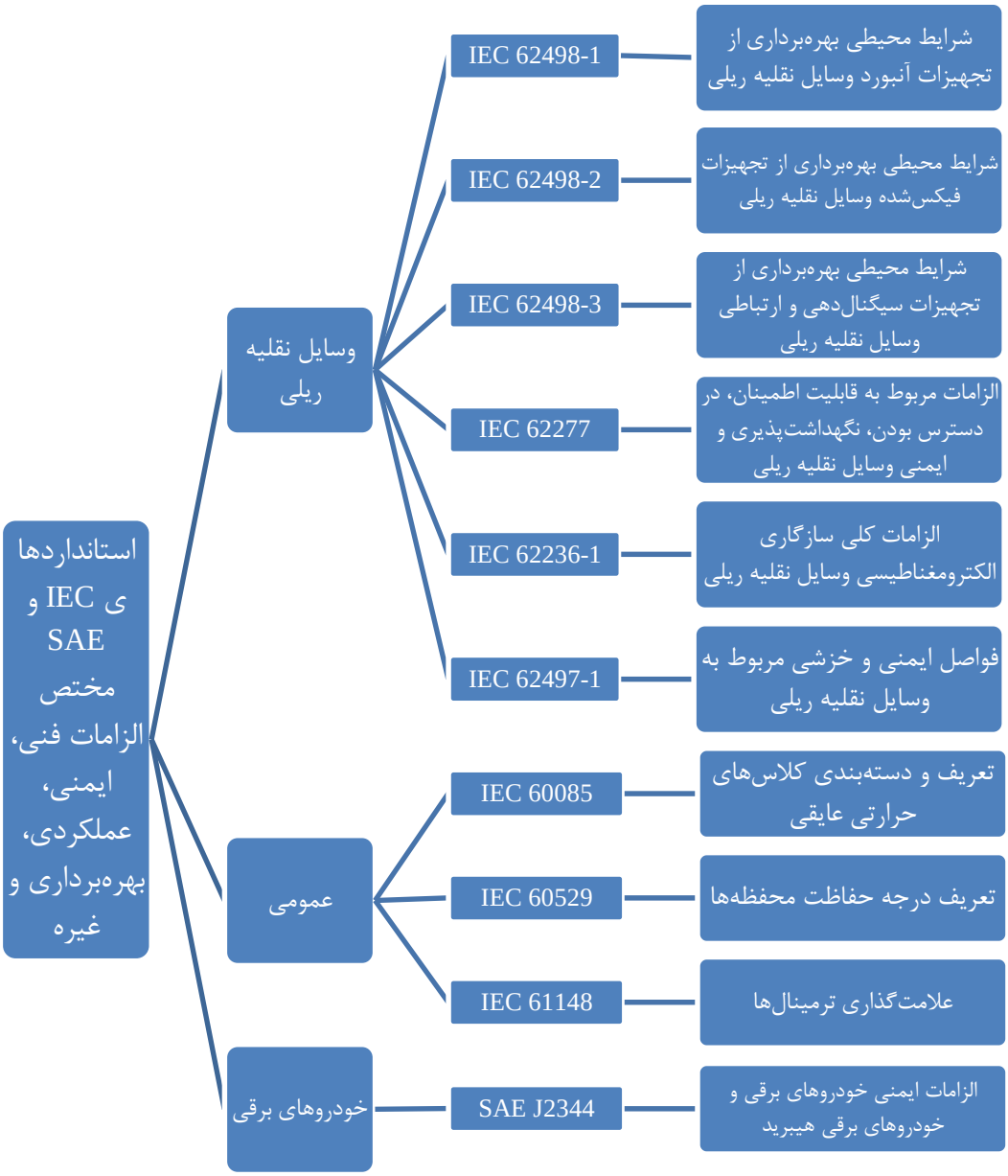
دسته‌ای دیگر از استانداردهای IEC و SAE به بیان الزامات فنی، ایمنی، عملکردی، بهره‌برداری و غیره می‌پردازند که برخی از آن‌ها مختص وسایل نقلیه ریلی و جاده‌ای هستند و برخی به طور عمومی برای تمام ادوات و تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این استانداردها در زیر نشان داده شده‌اند.

استاندارد IEC 60085 به تعریف و بررسی تخصصی انواع عایق‌های حرارتی و الکتریکی مورد استفاده در انواع تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی پرداخته است. طبعاً ترکشن‌های الکتریکی و موتور درایوهای پیشرانه‌های وسایل نقلیه ریلی و جاده‌ای نیز از این موضوع مستثنی نیستند. در بخش ابتدایی این استاندارد عنوان، دامنه کاربرد و هدف مورد بررسی قرار گرفته و سپس به معرفی و تشریح انواع عایق‌های حرارتی و الکتریکی پرداخته شده است.

استاندارد IEC 60529 به تعریف درجه حفاظت محفظه انواع تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی (کد IP) و دسته‌بندی محفظه‌ی هر تجهیز بر اساس معیارهایی تعریف شده پرداخته است. در بخش ابتدایی این استاندارد

عنوان، دامنه کاربرد و هدف مورد بررسی قرار گرفته و سپس به معرفی و تشریح انواع معیارها و دسته‌بندی درجه حفاظت محفظه‌ی تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی پرداخته شده است.

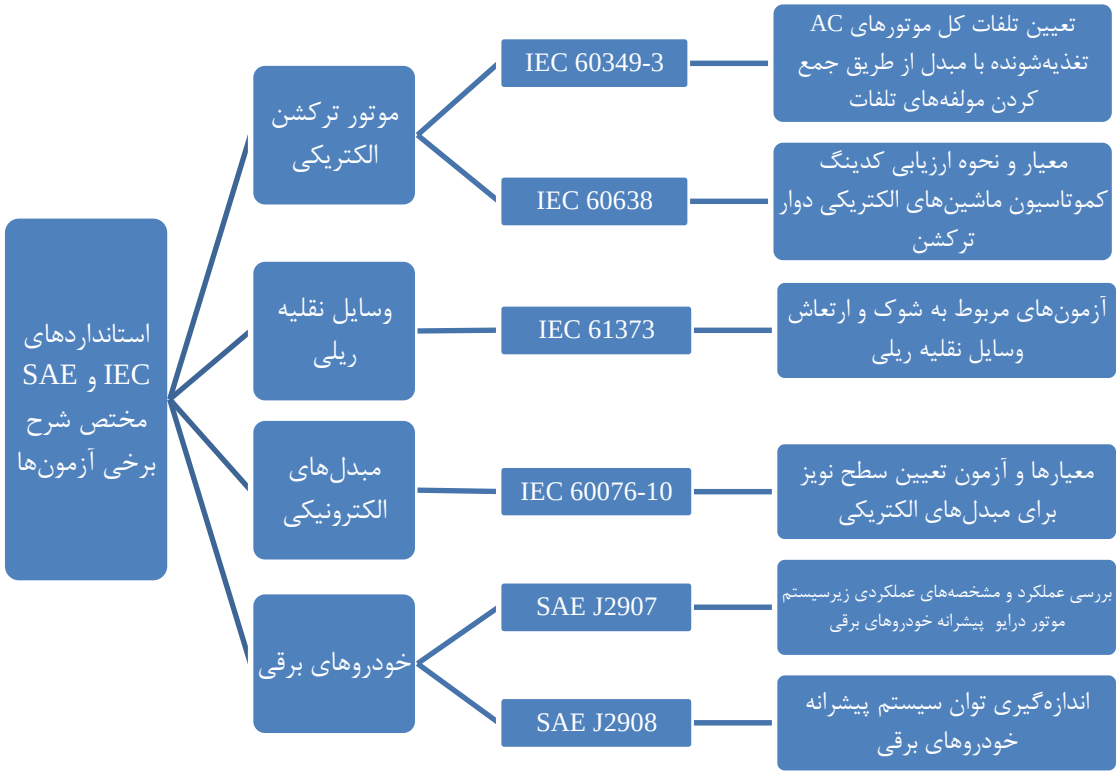
اســـتاندارد SAE J2344 با عنوان «راهنمای ایمنی خودروهای برقی»، با هدف بیان نکات فنی لازم برای ایمنی خودروهای برقی و بخش‌های مختلف آن‌ها تدوین شـــده اســـت. این اســـتاندارد نیز مطابق معمول با بیان عنوان، دامنه کاربرد، هدف و بیان مراجع و استانداردهای مرتبط آغاز شده است. بعد از این بخش‌ها، اصطلاحات و مفاهیم مورد اســـتفاده در این اســـتاندارد تعریف شـــده‌اند. پس از این مقدمات، راهنمایی برای فراهم‌کردن ایمنی بخش‌های مختلف خودروهای برقی ارائه شـــده اســـت. در بخش‌های پایانی اســـتاندارد نیز نحوه بهره‌برداری از این تجهیزات، پاسخگویی به شرایط اضطراری پیش‌آمده برای آن‌ها و نکاتی پیرامون تعمیر و نگهداری پرداخته شده است.



شکل ۳-۴: استانداردهای **IEC** و **SAE** مختص الزامات فنی، ایمنی، عملکردی، بهره‌برداری و غیره

- شرح برخی آزمون‌ها

دسته‌ای دیگر از استانداردهای IEC و SAE به منظور تشریح برخی آزمون‌های خاص و یا روش‌های خاصی جهت برخی اندازه‌گیری روی وسایل نقلیه ریلی، ترکشن الکتریکی و یا خودروهای برقی تدوین شده‌اند. این استانداردها در شکل زیر قابل مشاهده هستند.



شکل ۳-۵: استانداردهای **IEC** و **SAE** متخص شرح برخی آزمون‌ها

بخش سوم سری استانداردهای IEC 60349 (IEC 60349-3) در راستای ارائه روش‌هایی برای تعیین مجموع تلفات موتورهای جریان متناوب تغذیه‌شونده با مبدل تدوین شده است. همانند اغلب استانداردهای تدوین شده تو سط IEC، در ابتدای ا ستاندارد IEC 60349-3 نیز عنوان، دامنه کاربرد و هدف بیان شده ا ست. بخش دوم این استاندارد به معرفی تجهیزات لازم برای اندازه‌گیری و محدوده‌ی دقت آن‌ها پرداخته است. در بخش پایانی نیز رو شی جهت محا سبه مولفه‌های تلفات ارائه شده ا ست. ضمیمه‌ی این ا ستاندارد شامل مدار معادل آسنکرون و تلفات پراکندگی بار می‌باشد.

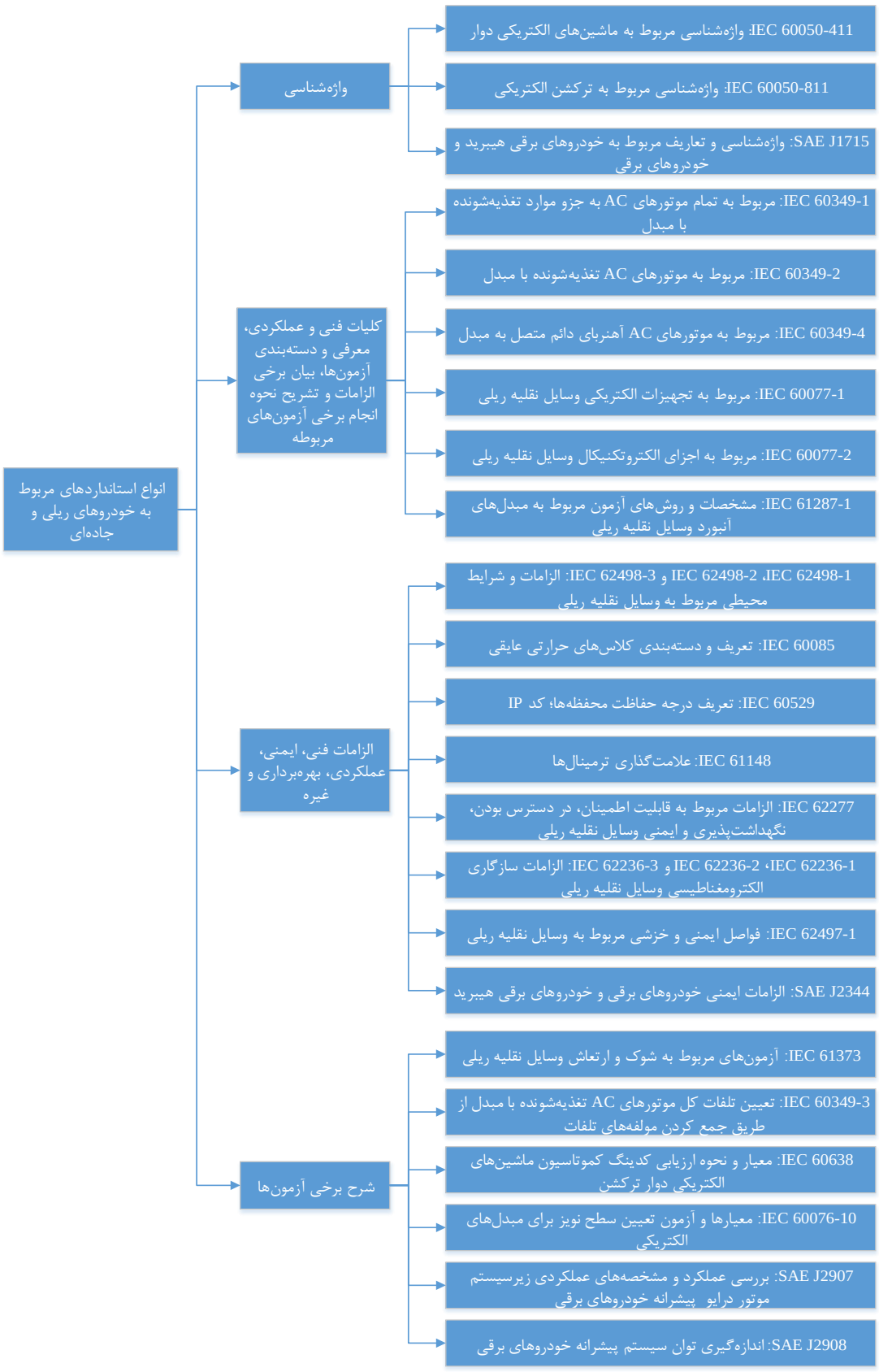
استاندارد IEC 61373 به تفصیل در راستای تشریح آزمون‌های مربوط به شرایط و چگونگی انجام آزمون‌های شوک و ارتعاش روی بخش‌های مختلف وسایل نقلیه ریلی و جاده‌ای تدوین شده است. در این ا ستاندارد ابتدا عنوان، دامنه کاربرد و هدف تدوین بیان شده ا ست. در ادامه مراجع ا صلی مورد ا ستفاده در تدوین ا ستاندارد بیان شده‌اند. بخش سوم به تعریف ا صطلاحات و عبارت‌های مورد ا ستفاده در این ا ستاندارد پرداخته است. در ادامه، کلیاتی پیرامون بحث ارتعاشات و لزوم تحمل تجهیزات مورد استفاده در وسایل نقلیه ریلی و جاده‌ای در برابر شوک‌ها و ارتعا شات ت صادفی ذکر شده ا ست و سپس ترتیب انجام آزمون‌ها ارائه شده ا ست. در

بخش ششم این استاندارد، اطلاعات پایه‌ای مورد نیاز برای انجام آزمون‌ها معرفی شده‌اند. بخش هفتم نحوه اندازه‌گیری‌های اولیه و آماده سازی شرایط آزمون را تشریح کرده است. بخش هشتم این استاندارد شرایط لازم برای انجام آزمون ارتعاش را بیان می‌کند. بخش نهم به تشریح آزمون شبیه‌سازی‌شده طول عمر طولانی در صورت تجربه‌ی سطوح ارتعاش بالا پرداخته است. بخش دهم این استاندارد شرایط آزمون شوک را مورد بررسی قرار می‌دهد. بخش یازدهم به تشریح شرایط جابجایی و انتقال ادوات می‌پردازد و بخش دوازدهم، چگونگی انجام اندازه‌گیری‌های نهایی را بیان می‌کند. فصل سیزدهم این استاندارد، معیار پذیرش یا معیار گذراندن موفقیت آزمون برای تجهیزات را معرفی کرده و بخش چهاردهم، نحوه گزارش‌کردن خروجی این آزمون ها را بیان کرده است.

استاندارد IEC 60638 با عنوان «معیاری برای ارزیابی و کدگذاری کموتاسیون ماشین‌های الکتریکی چرخان برای ترکشن‌ها» که روی تمام ماشین‌های تحت پوشش مجموعه استاندارد IEC 60349 قابل اعمال است، تدوین شده است. این استاندارد نیز مانند سایر استانداردهای IEC با بیان عنوان، دامنه کاربرد، هدف و معرفی تعداد از استانداردهای مرجع مورد استفاده، آغاز می‌شود. در بخش سوم تا پنجم این استاندارد، کلیاتی اعم از تعاریف و معیارها پیرامون بحث کموتاسیون مطرح شده است. بخش‌های ششم تا هشتم این استاندارد به بیان قوانین اجرای مشاهدات، تفسیر نکات ثبت شده و فرکانس لازم برای اجرای مشاهده پرداخته‌اند. بخش‌های نهم تا سیزدهم این استاندارد نیز مشروحی از نحوه ثبت جرقه‌زنی، شرایط کموتاتور، شرایط جاروبک و مثالی از نحوه ثبت مشاهدات پرداخته‌اند.

استاندارد SAE J2907 با عنوان «مشخصه‌های عملکردی پیشرانه‌های برقی زیر سیستم موتور درایو» با هدف ارائه‌ی روشی به منظور اندازه‌گیری‌های مکرری که به صورت دقیق بیانگر مشخصه‌های عملکردی پیشرانه خودروهای برقی باشند، تدوین شده است. این استاندارد نیز با عنوان، دامنه کاربرد، هدف، مراجع و تعاریف عبارت‌ها و اصطلاحات مورد استفاده در این استاندارد آغاز می شود. بخش بعدی این استاندارد به تشریح روند آزمون‌های لازم جهت تعیین حداکثر گشتاور و حداکثر توان (توان خالص) پرداخته شده است. بخش پنجم این استاندارد به بیان نکاتی پیرامون ابزار لازم جهت اندازه‌گیری‌های تشریح‌شده در بخش قبل پرداخته است. بخش‌های پایانی این استاندارد نیز حاوی نحوه انجام برخی محاسبات، ثبت داده‌های آزمون و برخی نکات جانبی هستند.

استاندارد SAE J2908 با عنوان «آزمون توان پیشرانه خودروهای برقی» به ارائه روش‌های آزمون جهت ارزیابی حداکثر توان سیستم‌های پیشرانه خودروهای برقی از طریق اندازه‌گیری مستقیم در چرخ‌ها یا محورها پرداخته است. این استاندارد نیز با عنوان، دامنه کاربرد، هدف، مراجع و تعاریف عبارت‌ها و اصطلاحات مورد استفاده در این استاندارد آغاز می‌شود. بخش بعدی این استاندارد به بیان الزاماتی پیرامون تجهیزات خودرو و آزمایشگاه می‌پردازد. بخش پنجم این استاندارد درباره نحوه و الزامات اندازه‌گیری و دقت تجهیزات بحث می‌کند. بخش ششم این استاندارد شرایط آماده‌سازی و گرم‌کردن خودرو را مورد تشریح و بررسی قرار داده است. سرانجام در بخش‌های هفتم، هشتم، نهم و دهم، نحوه آزمون و روند ارزیابی حداکثر توان مورد نظر ارائه شده است.



شکل ۳-۶: دسته‌بندی کلی آزمون‌های **IEC** و **SAE** مرتبط با وسایل نقلیه ریلی و جاده‌ای و خودروهای برقی

جدول ۳-۱: آزمون‌های مختلف موجود در استاندارد **IEC 60349-1:2010** (تمام ماشین‌های **AC** به جز مواردی که با مبدل تغذیه می‌شوند)

نوع ماشین الکتریکی	دسته بندی آزمون	نوع آزمون	آزمون																	
			افزایش دما	soundness	مشخصات		کموتاسیون		گذرا	راه اندازی	نویز		سرعت زیاد		دی الکتریک	لرزش		جابجایی کموتاتور
			ت. ن.	ت. ر.	ت. ن.	ت. ر.	ت. ن.	ت. ر.	ت. ن.	ت. ن.	(اختیاری) ت. ن.	ت. ن.	ت. ر.	ت. ن.	ت. ر.	ت. ن.	ت. ر.	ت. ر.
موتورهای پیشران	کموتاتور		*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*
	روتور سیم‌پیچی		*	*	*	*					*		*	*	*	*	*	*
	روتور قفسی		*		*	*					*	*		*	*	*	*	
مولدهای اصلی	DC		*	*	*	*	*	*			*		*	*	*	*	*	*
	AC		*	*	*	*			*		*		*	*	*	*	*	
مجموعه‌های موتور- مولد اصلی	موتور		*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*
	مولد		*	*	*	*	*	*	*		*		*	*	*	*	*	*
موتورهای جانبی	کموتاتور		*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*
	روتور سیم‌پیچی		*	*	*	*				*	*		*	*	*	*	*	
	روتور قفسی		*	*	*	*				*	*	*		*	*	*	*	
مولدهای جانبی	DC		*	*	*	*	*	*			*		*	*	*	*	*	*
	AC		*	*	*	*			*		*		*	*	*	*	*	
مجموعه‌های موتور – مولد جانبی	موتور		*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*
	مولد		*	*	*	*	*	*	*		*		*	*	*	*	*	*

ت.ن : تست نوع (Type test)

ت.ر: تست روتین (routine test)

جدول ۳-۲: آزمون‌های مختلف موجود در استاندارد **IEC 60349-2:2010** (ماشین‌های **AC** تغذیه‌شونده با مبدل الکتریکی)

نوع ماشین الکتریکی	نوع آزمون	آزمـــــــــــون																			
		افزایش دما		آزمون حرارتی کوتاه مدت		مشخصات		سرعت زیاد		دی الکتریک		لرزش		نویز							
		ت. ن.	ت. ر.	ت. ن.	ت. ر.	ت. ن.	ت. ر.	ت. ن.	ت. ر.	ت. ن.	ت. ر.	ت. ن.	ت. ر.	ت. ن.	ت. ر						
موتور آسنکرون		*		❋	❋	*	*	*	*		❋	*	❋	*							
موتور سنکرون		*			*	*	*	*	*		❋	*	❋	*							
ت.ن : تست نوع (Type test) ت.ر: تست روتین (routine test)																					

جدول ۳-۳ : آزمون‌های مختلف موجود در استاندارد **IEC 60349-4:2012** (ماشین‌های سنکرون مغناطیس دائم متصل به مبدل الکتریکی)

نوع آزمون	آزمـــــــــــون									
	افزایش دما با مبدل	آزمون افزایش دما برای تست نوعی کاهش‌یافته مبدل یا سینوسی	مشخصات	تست بی‌باری	تست جریان بار	سرعت زیاد	دی الکتریک	لرزش	نویز	بررسی
تست نوعی	*	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	
تست نوعی کاهش‌یافته		*		❋	❋	❋	❋	❋		
تست روتین				❋	❋	❋	❋	❋		
بررسی										❋

۳ ۳ استانداردهای ISO

سری استانداردهای ISO 21782 با عنوان «وسایل نقلیه جاده‌ای با پیشرانه الکتریکی- مشخصات آزمون برای اجزای سیستم پیشرانه الکتریکی »، به بررسی و تشریح انواع آزمون‌های مربوط به عملکرد و بارگیری تجهیزات پیشرانه برقی (موتور، اینورتر، مبدل DC به DC) و ترکیب آن‌ها (سیستم موتور) مورد کاربرد در وسایل نقلیه جاده‌ای با پیشرانه الکتریکی، می‌پردازند.

این سری استاندارد، توسط زیرگروه «خودروهای برقی» در کمیته فنی «وسایل نقلیه جاده‌ای» و در ۷ بخش به شرح جدول ۳-۴، تدوین شده که فقط ۴ بخش آن تا سال ۲۰۱۹ انتشار یافته است (بخش‌های ۴، ۵ و ۷ همچنان در حال تدوین است).

جدول ۳-۴: مشخصات استانداردهای سری **ISO 21782**

شماره	عنوان	تاریخ انتشار	تعداد صفحه
۱	تعاریف و شرایط عمومی آزمون	آگوست ۲۰۱۹	۱۴
۲	آزمون عملکرد سیستم موتور	آگوست ۲۰۱۹	۱۲
۳	آزمون عملکرد موتور و اینورتر	آگوست ۲۰۱۹	۲۵
۴	آزمون عملکرد مبدل DC به DC	-	۹
۵	آزمون بارگیری سیستم موتور	-	۱۵
۶	آزمون بارگیری موتور و اینورتر	آگوست ۲۰۱۹	۲۲
۷	آزمون بارگیری مبدل DC به DC	-	۶

رویکرد این سری استانداردها به این صورت است که به هریک از اجزای اصلی سیستم پیشرانه الکتریکی (شامل موتور، اینورتر و چاپر) بصورت جداگانه و همچنین بصورت ترکیبی (در قالب سیستم موتور) نگاه میکند و به معرفی آزمون‌های مربوط به هر بخش می‌پردازد. ساختار این سری استانداردها نیز بدین صورت است که ابتدا در استاندارد اول (ISO 21782-1)، شرایط عمومی آزمون‌ها بصورت کلی مشخص گردیده و سپس در استانداردهای بعدی، جهت تشریح نحوه انجام هر آزمون، به شرایط عمومی مذکور ارجاع داده می‌شود و موارد مختص هر آزمون را نیز ذکر می‌کند. شرایط عمومی آزمون در این استاندارد شامل موارد زیر است:

- نقاط مختلف کاری هر تجهیز (موتور یا اینورتر) – در حالت توان تولیدی (ژنراتوری) نیز بصورت نقاط کار اختیاری اشاره شده است.
- ملاحظات مربوط به مدار آزمون و جهت‌های قراردادی کمیت‌های الکتریکی مورد اندازه‌گیری
- دما و رطوبت هوا هنگام انجام آزمون
- ولتاژ تغذیه DC
- دقت اندازه‌گیری کمیت‌های مختلف

همچنین مقدمه‌ای بر سری استاندارد ISO 21782، هدف و چگونگی بخش‌بندی آن، همچنین عبارات و اصطلاحات تخصصی بکار رفته در هر یک از آن استانداردها، در استاندارد ISO 21782-1 ذکر شده است. روابط

مورد نیاز جهت اندازه‌گیری و محاسبه انواع توان در هر یک از تجهیزات سیستم پیشرانه الکتریکی در خودروهای برقی نیز، در پیوست همین استاندارد آمده است.

در سه استاندارد بعدی، آزمون‌های عملکرد مربوط به هریک از تجهیزات، مطابق جدول ۳-۵ آمده است. طبق این استانداردها، آزمون‌های عملکرد برای مبدل‌ها، در فرکانس نامی؛ ولی برای موتور و سیستم موتوری، در سرعت‌های متفاوتی تعریف شده است.

چک‌لیست‌های گزارش آزمون نیز در پیوست هر بخش آمده است. همچنین در پیوست استاندارد ISO 21782-3، ملاحظاتی درخصوص نحوه اندازه‌گیری تلفات و بازدهی توان در اینورتر و موتور (شامل افت ولتاژ حین اندازه‌گیری و فیلتر پایین‌گذر در مدار اندازه‌گیری ولتاژ PWM) بیان شده است.

جدول ۳-۵: آزمون‌های عملکرد مورد اشاره در استاندارد **ISO 21782** بخش‌های ۲ تا ۴

عنوان آزمون	توضیحات	شماره استاندارد ISO 21782			
		موتور	اینورتر	چاپر	سیستم موتور
اندازه‌گیری تلفات و بازدهی	این آزمون، تلفات و بازدهی بین توان ورودی و توان خروجی را اندازه‌گیری می‌کند.	21782-3	21782-3	21782-3 21782-4	21782-2
	این آزمون، نرخ تبدیل بین توان ورودی و توان خروجی را اندازه‌گیری می‌کند.		21782-3	21782-3	
آزمون افزایش دما	این آزمون، ویژگی‌های افزایش دمای هر بخش از اجزا در محدوده مشخصی را بررسی می‌کند.	21782-3	21782-3	21782-3 21782-4	21782-2
آزمون مشخصه گشتاور	این آزمون، مشخصات گشتاور که در مشخصات موتور تعیین شده است، اندازه می‌گیرد.	21782-3			21782-2
آزمون گشتاور کاگینگ	این آزمون، گشتاور کاگینگ موتور مغناطیس دائم را اندازه‌گیری می‌کند.	21782-3			
آزمون ریپل گشتاور	این آزمون، ریپل گشتاور موتور را اندازه‌گیری می‌نماید.				21782-2

در سه استاندارد آخر نیز، آزمون‌های بارگذاری مربوط به هریک از تجهیزات (آزمون‌های مخرب)، مطابق جدول ۳-۶ آمده است. طبق این استانداردها، جهت انجام آزمون‌های استقامت یا مخرب، تنش‌های ناشی از تغییرات دوره‌ای یا شدید بار؛ برای موتور و سیستم موتوری طبق الگوهای مشخص‌شده گشتاور و سرعت، و برای مبدل‌ها طبق الگوهای مشخص‌شده جریان، در نقاط کاری تعریف شده اعمال می‌گردد. در پیوست این استانداردها نیز، چک‌لیست‌ها و نحوه گزارش‌نویسی آمده است.

جدول ۳-۶: آزمون‌های شکست تجهیزات، مورد اشاره در استاندارد **ISO 21782** بخش‌های ۵ تا ۷

عنوان آزمون	توضیحات	شماره استاندارد ISO 21782			
		موتور	اینورتر	چاپر	سیستم موتور
آزمون‌های استقامت کارکرد موتور	آزمون دوره‌ای استقامت شتاب افزایشی و کاهشی سرعت	21782-6			21782-5
	آزمون دوره‌ای استقامت الگوی گشتاور شامل گشتاور بیشینه	21782-6			
	آزمون اضافه سرعت	21782-6			21782-5
آزمون‌های استقامت کارکرد مبدل	آزمون دوره‌ای استقامت الگوی جریان خروجی شامل جریان بیشینه		21782-6	21782-7	
آزمون اضافه ولتاژ	آزمون استقامت تجهیزات در برابر موج ولتاژ				21782-5
آزمون تایید قدرت شکست	محتوای این آزمون عمدتا آزمون چرخش، تحلیل داده قدرت مکانیکی موتور است.	21782-6			

۳ ۳ ۱ آزمون دوره‌ای استقامت شتاب و کاهش سرعت

هدف این آزمون، ارزیابی و درجه بندی ا ستقامت اجزا (بیرینگ‌ها، وا شرها، شفت موتور، پایه روتور، روتور و سن سور موقعیت) در برابر خ ستگی مکانیکی نا شی از تکرار متناوبی سرعت ماکزیمم موتور ا ست. این آزمون به منظور کارکرد موتور فراتر از آستانه مشخص‌شده آن است. مدار آزمون، شرایط آزمون و فرآیند آزمون شامل الگوی تغییرات سرعت موتور، بطور کامل بیان شده است. همچنین ملزومات آزمون و معیارهای تحلیل و بازدید اجزا و نحوه درجه‌بندی استقامت موتور نیز مشخص شده است.

۳ ۳ ۲ آزمون دوره‌ای استقامت الگوی گشتاور شامل گشتاور بیشینه

هدف این آزمون، ارزیابی و درجه‌بندی استقامت اجزا (شفت موتور، پایه روتور، روتور و پایه استاتور) در برابر خستگی مکانیکی نا شی از تکرار متناوبی گشتاور ماکزیمم موتور ا ست. این آزمون به منظور کارکرد موتور فراتر از آ ستانه م شخص شده آن ا ست. مدار آزمون، شرایط آزمون و فرآیند آزمون شامل الگوی تغییرات گ شتاور موتور، بطور کامل بیان شده است. همچنین ملزومات آزمون و معیارهای تحلیل و بازدید اجزا و نحوه درجه‌بندی استقامت موتور نیز مشخص شده است.

۳ ۳ ۳ آزمون اضافه سرعت

هدف این آزمون، ارزیابی و درجه بندی استقامت اجزای روتور (ورق فولادی مغناطیسی، پلیت انتهایی، حلقه انتهایی و تعادل وزن) در برابر خستگی مکانیکی نا شی از کارکرد موتور فراتر از بیشینه سرعت چرخشی آن است. مدار آزمون، شرایط آزمون و فرآیند آزمون، بطور کامل بیان شده است. همچنین ملزومات آزمون و معیارهای

تحلیل و بازدید اجزا و نحوه درجهبندی استقامت موتور نیز مشخص شده است.

۳ ۳ ۴ آزمون استقامت کارکرد اینورتر

هدف این آزمون جلوگیری از خرابی قطعات ا صلی انتقال توان در اینورتر ا ست. این آزمون ب صورت کارکرد اینورتر با الگوی تکراری جریان خروجی آن است. مدار آزمون، شرایط آزمون و فرآیند آزمون، بطور کامل بیان شده است. همچنین ملزومات آزمون و معیارهای تحلیل و بازدید اجزای موتور نیز مشخص شده است.

۳ ۳ ۵ آزمون تایید قدرت شکست روتور

هدف آزمون چرخش روتور که یک آزمون اختیاری اســت، شــناخت اســتقامت مکانیکی روتور اســت. مدار آزمون، شــرایط آزمون و فرآیند آزمون، بطور کامل بیان شــده اســت. همچنین ملزومات آزمون و نحوه درجهبندی استقامت موتور نیز مشخص شده است.

۳ ۴ جمعبندی استانداردهای پیرامون موتور، درایو و پیشرانه وسایل نقلیه ریلی و جادهای

در این زیربخش با جمعبندی تمام اســتانداردهای مورد بررســی اعم از IEC، SAE و ISO یک جدول مقایسهای مطابق با جدول ۳-۷ تهیه شده است.

آزمونهای بیانشده در استانداردهای ISO که در زیر به عناوین آنها اشاره میشود:

- آزمون اندازهگیری تلفات و بازدهی
- آزمون افزایش دما
- آزمون تعیین مشخصه گشتاور و گشتاور کاگینگ
- آزمون ریپل گشتاور
- آزمونهای استقامت کارکرد
- آزمون اضافه ولتاژ
- آزمون تأیید قدرت شکست
- آزمون اضافه سرعت

برای بخش های مختلف خودرو های برقی اعم از موتور، مبدل، اینورتر و چاپر تعریف شــدهاند که برای ا ستاندارد سازی یک خودروی برقی و سی ستم پی شرانه آن و همچنین سنجش عملکرد آن ب سیار حائز اهمیت هستند. این در حالی است که این آزمونهای خاص خودروهای برقی تنها در استانداردهای ISO مورد بررسی قرار گرفتهاند و ســایر آزمونهای مرســوم و کلی مربوط به ســیســتم موتور و پیشــرانه وســایل نقلیه ریلی و جادهای در استانداردهای ملیشده IEC مورد بررسی قرار گرفتهاند.

نهایتاً با توجه به اینکه ا ستانداردهای ISO از منظر برر سی آزمونهای حائز اهمیت در حوزه سی ستمهای پیشــرانه خودروهای برقی و همچنین معرفی ســتاپ آزمون، تجهیزات مورد نیاز و روند اجرای آزمون جامعتر و کاملتر هستند، پیشنهاد میشود که معادلسازی ملی این استانداردها در دستور کار قرار گیرد.

جدول ۳-۷: خلاصه وضعیت آزمون‌های مورد بررسی در استانداردهای **IEC**، **SAE** و **ISO**

آزمون	استاندارد												
	IEC 60349-2	IEC 60349-3	IEC 60349-4	IEC 61287-1	IEC 60077-1	SAE J2907	SAE J2908	ISO 21782-2	ISO 21782-3	ISO 21782-4	ISO 21782-5	ISO 21782-6	ISO 21782-7
افزایش دما	م.		PM	ا.	ت.			س.م.	م. ا. چ.	چ.			
حرارتی کوتاه مدت	م.												
مشخصات	م.		PM										
سرعت زیاد	م.		PM										
دی الکتریک	م.		PM	ا.	ت.								
لرزش	م.		PM	ا.	ت.								
نویز	م.		PM	ا.	ت.								
تعیین تلفات		م.		ا.				س.م.	م. ا. چ.	چ			
بی‌باری			PM										
جریان بار			PM										
بررسی بصری			PM	ا.									
تأیید ابعاد و تلورانس‌ها				ا.									
وزن‌کشی				ا.									

آزمون	استاندارد												
	IEC 60349-2	IEC 60349-3	IEC 60349-4	IEC 61287-1	IEC 60077-1	SAE J2907	SAE J2908	ISO 21782-2	ISO 21782-3	ISO 21782-4	ISO 21782-5	ISO 21782-6	ISO 21782-7
بررسی علائم				ا.									
عملکرد سیستم خنک‌کننده				ا.									
نشتی				ا.	ت.								
درجه حفاظت				ا.									
مقاومت عایقی				ا.									
بار سبک				ا.									
کموتاسیون				ا.									
اضافه ولتاژ تغذیه				ا.							س.م.		
تغییرات ناگهانی بار				ا.									
سازگاری الکترومغناطیسی				ا.	ت.								
تغییر پله‌ای ولتاژ خط				ا.									
قطع کوتاه مدت ولتاژ تغذیه				ا.									
تقسیم جریان				ا.									
تأیید الزامات ساختاری					ت.								

آزمون	استاندارد												
	IEC 60349-2	IEC 60349-3	IEC 60349-4	IEC 61287-1	IEC 60077-1	SAE J2907	SAE J2908	ISO 21782-2	ISO 21782-3	ISO 21782-4	ISO 21782-5	ISO 21782-6	ISO 21782-7
تأیید محدودیت‌های عملکردی					ت.								
تأیید فواصل ایمنی و خزشی					ت.								
دوام مکانیکی					ت.								
دوام الکتریکی					ت.								
آب و هوایی					ت.								
تعیین گشتاور بیشینه						پ.							
تعیین حداکثر توان خالص						پ.							
تعیین حداکثر توان ۳۰ دقیقه‌ای						پ.							
ارزیابی حداکثر توان با اندازه‌گیری مستقیم							پ.						
مشخصه گشتاور								س.م.	م.				
گشتاور کاگینگ									م.				
ریپل گشتاور								س.م.					
استقامت کارکرد موتور											س.م	م.	

آزمون	استاندارد												
	IEC 60349-2	IEC 60349-3	IEC 60349-4	IEC 61287-1	IEC 60077-1	SAE J2907	SAE J2908	ISO 21782-2	ISO 21782-3	ISO 21782-4	ISO 21782-5	ISO 21782-6	ISO 21782-7
استقامت کارکرد مبدل												ا.	چ.
تأیید قدرت شکست												م.	

م: موتور AC تغذیه شونده با مبدل | PM: موتور سنکرون آهنربای دائم | ا: اینورتر | ت: تجهیزات و مدارهای همراه | پ: سیستم پیشرانه خودرو برقی و هیبرید | چ: چاپر | س.م: سیستم موتور

DOI:

۳ ۵ مذاکرات صورت‌گرفته در جلسات خبرگان پروژه

به منظور تبادل نظرات و استفاده از نظرات خبرگان حوزه خودروهای برقی، جلساتی با حضورخبرگان مرتبط با موضـوع پروژه از نمایندگان شـرکت‌های مختلف فعال در این حوزه و همچنین ارگان‌های دولتی، دانشـگاه‌ها و پژوهشـگاه نیرو برگزار شـد که در این زیربخش خلاصـه‌ای از مهم‌ترین مطالب مورد بحث در جلسـه ارائه خواهند شد.

ردیف	نام و نام خانوادگی	سازمان	سمت
۱	آقای دکتر زینی	معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری	مدیر طرح‌های کلان ستاد توسعه فناوری‌های حوزه فضایی و حمل و نقل پیشرفته
۲	آقای مهندس لولی	سازمان ملی استاندارد	معاون دفتر نظارت بر استاندارد خدمات و معیارهای مصرف انرژی
۳	آقای مهندس زنگی	سازمان ملی استاندارد	رئیس گروه تدوین استانداردهای ملی
۴	آقای مهندس گودرزی	مرکز آزمون، بازرسی و استاندارد نیرو (آبانیرو) پژوهشگاه نیرو	مجری طرح نیازسنجی، اولویتبندی، تدوین، بازنگری و اتفاقیه استانداردهای حوزه توزیع
۵	آقای مهندس میرزاخانی	سازمان ملی استاندارد	مدیر آزمایشگاه الکتروموتور پژوهشگاه استاندارد
۶	آقای مهندس حمزه‌ای	سازمان ملی استاندارد	کارشناس دفتر نظارت بر استاندارد خدمات و معیارهای مصرف انرژی
۷	آقای مهندس آزاد	سازمان ملی استاندارد	کارشناس خودرو دفتر نظارت بر اجرای استاندارد و صنایع فلزی
۸	آقای دکتر دهمرده	دانشکده خودرو دانشگاه علم و صنعت ایران	عضو هیئت علمی
۹	آقای دکتر سعیدی گوگرچین	دانشکده مهندسی خودرو دانشگاه علم و صنعت ایران	عضو هیئت علمی
۱۰	آقای دکتر شاهجهان	مرکز تحقیقات فناوری خودرو دانشگاه امیرکبیر	عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی برق و عضو شورای پژوهشی مرکز فناوری خودرو
۱۱	آقای دکتر فیض	دانشگاه تهران	عضو هیئت علمی
۱۲	آقای دکتر سرپاک	برق منطقه‌ای تهران	مشاور مدیرعامل
۱۳	آقای مهندس سالک	شرکت مادر تخصصی تولید	رئیس گروه توسعه فناوری‌های نوین توزیع
۱۴	آقای مهندس اکبری سیار	دفتر حمایت‌های فنی بهره‌وری و استانداردهای سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق	مدیر دفتر
۱۵	خانم مهندس وثوقی فرد	دفتر حمایت‌های فنی بهره‌وری و استانداردهای سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق	کارشناس دفتر
۱۶	آقای مهندس صاحب الزمانی	شرکت کیا الکتروموتور پارت (و شرکت الکتروزن)	مدیرعامل (و نماینده شرکت الکتروزن)
۱۷	آقای دکتر امیری	شرکت مگو مینا	نماینده مرکز توسعه خودرو برقی و زیرساخت‌ها
۱۸	آقای مهندس خانزاده	شرکت پارس ژنراتور مینا	نماینده
۱۹	آقایان مهندس بخشی، مهندس کیانی دهکیانی، مهندس محمودی و مهندس طیبوری	مجتمع آزمایشگاهی چرخه طبیعت سبز	نماینده
۲۰	آقای مهندس فرمانبر	شرکت جملو	نماینده
۲۱	آقای مهندس بخشی	شرکت شیان‌موتور	مدیر عامل
۲۲	آقای مهندس اسکندریور	شرکت برنا الکترونیک	نماینده
۲۳	آقای مهندس ابراهیم‌زاده	شرکت موتوژن	مدیر تضمین کیفیت و مجتمع آزمایشگاهی موتوژن
۲۴	خانم مهندس هور	مرکز آزمون، بازرسی و استاندارد نیرو (آبانیرو) پژوهشگاه نیرو	مدیر توسعه، ترویج و تدوین استانداردها
۲۵	آقای مهندس اسکویی	مرکز توسعه فناوری خودروبرقی پژوهشگاه نیرو	رئیس مرکز
۲۶	خانم مهندس علی‌بخشی	مرکز توسعه فناوری خودروبرقی پژوهشگاه نیرو	معاون رئیس مرکز
۲۷	آقای مهندس امینی	مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی پیشرفته پژوهشگاه نیرو	رئیس مرکز
۲۸	آقای مهندس ابراهیمی راد	مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی پیشرفته پژوهشگاه نیرو	مدیر طرح انتقال و توسعه دانش و فناوری الکتروموتورهای القایی پربازده و درایو
۲۹	آقای دکتر نیکزاد	مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی پیشرفته پژوهشگاه نیرو	همکار مرکز
۳۰	آقای مهندس پیرامی	مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی پیشرفته پژوهشگاه نیرو	مدیر پروژه تدوین استاندارد ملی برای پیشرانه‌های خودروهای برقی
۳۱	خانم‌ها مهندس هاشمی و مهندس محمد ابراهیم	مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی پیشرفته پژوهشگاه نیرو	همکار پروژه

شکل ۳-۷: اعضای پنل خبرگان پروژه "تدوین استاندارد ملی برای پیشرانه خودروهای برقی"

۳ ۵ ۱ جلسه اول مورخ ۱۳۹۹/۱۱/۰۱

اولین جلسـه پنل خبرگان پروژه "تدوین اسـتاندارد ملی برای پیشـرانه های خودروهای برقی" در تاریخ ۱۳۹۹/۱۱/۰۱ از ساعت ۱۰ الی ۱۲ برگزار شد. افراد زیر در جلسه مذکور حضور داشتند:

- مسعود سرپاک (شرکت برق منطقه‌ای)
- علی‌نقی فرمانبر (شرکت جمکو)
- محمد امیری (مرکز خودرو برقی شرکت مکو (مپنا))
- محمدرضا نیکزاد (عضو هیئت علمی دانشگاه لرستان و ناظر پروژه)
- حسن ابراهیمی راد و امین بیرامی ایناللو (پژوهشگاه نیرو)

یکی از موضوعات مطرح‌شده در جلسه، طبقه‌بندی کاربردهای خودرویی موتورهای الکتریکی (موتور سیکلت، اتوبوس برقی، سواری، خودروی هیبریدی و ...) بود که این مساله با توجه به تفاوت‌های توان، سیستم کولینگ، مسائل مرتبط با لرزش، تنش مکانیکی، دمای کار و ... می‌تواند استاندارد لازم برای هر یک از کاربردها را متفاوت از دیگری بنماید.

در این راستا دو رویکرد جهت کلاس‌بندی خودروها (بر پایه استانداردهای موجود و بر پایه فراوانی) مطرح شد. اما با توجه به اینکه استانداردهای موجود که تاکنون برر سی شده است، محدود به کاربرد خودرویی خاص نبوده و عمدتا روش‌های آزمون و الزامات فنی و بهره‌برداری کلی را مطرح کرده‌اند، مقرر گردید، کلاس‌بندی کلی خودروها بررسی شود تا در جلسات بعدی در خصوص محدود کردن دامنه کاربرد استاندارد، مذاکره شود.

مورد دیگری که مطرح شد، این است که در استانداردهای موجود، چارچوب مشخصی برای الکتروموتور و درایو وجود ندارد و محدودیت‌های فنی، بر اساس خوداظهاری تولیدکننده است و نمی‌توان با تدوین یک استاندارد محدودکننده، دست تولیدکننده را از نظر انتخاب مشخصات فنی محصول، محدود کرد و نمی‌توان گفت که الزام‌آور بودن این استانداردها، حتما به نفع صنعت خواهد بود. در کشورهای خارجی نیز عمدتا، فرآیند تولید خودروها بر اساس رگولاسیون‌های موجود در کنار استانداردها انجام می‌شود.

مقرر گردید که در قدم اول، الزامات فنی و عملکردی سخت‌گیرانه در متن استاندارد مد نظر قرار نگیرد و همانند استانداردهای بین‌المللی موجود، روش‌های دقیق آزمون و الزامات ایمنی و موارد مشابه که در طراحی و ساخت، تولیدکننده را محدود نکند، در اولویت قرار گیرد. همچنین در این خصوص مقرر گردید از نظرات کارشناسان زبده واحدهای طراحی و توسعه خودرویی استفاده گردد و با توجه به اینکه بهره‌بردار اصلی این استانداردها، صنعت بزرگ خودرو سازی است و می‌تواند موانعی در اجرایی شدن این استانداردها ایجاد شود، موافقت مدیران استاندارد جهت تدوین و اجباری نمودن این استاندارد، اخذ گردد.

مورد سومی که مطرح گردید، مساله نبود مراجع آزمایشگاهی جامع جهت تست محصولات بر اساس آخرین استانداردهای آزمون بود و اینکه اگر استاندارد جدید بر اساس آخرین استانداردهای موجود تدوین و یا حتی همان استانداردهای بین‌المللی در ایران اجباری شود، آزمایشگاهی در ایران وجود ندارد که تجهیزات کافی برای این تست‌ها را در اختیار داشته باشد و تامین این دستگاه‌ها، هزینه بالایی دارد.

در این خصوص مطرح گردید که پروژه دیگری در مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی پیشرفته بصورت موازی در حال انجام است که به جمع‌آوری و تشکیل شبکه آزمایشگاهی جهت تست سیستم‌های پیشرانه خودورهای برقی می‌پردازد و ضعف‌ها و خلاهای آزمایشگاهی کشور در این حوزه، مشخص و برنامه‌ریزی‌های آتی جهت تکمیل امکانات صورت خواهد پذیرفت. همچنین مطرح گردید که در تدوین استاندارد جدید، امکان انجام تست‌ها با روش‌های جایگزین و با استفاده از امکانات موجود، مد نظر قرار گیرد.

۳ ۵ ۲ جلسه دوم مورخ ۱۳۹۹/۱۲/۱۹

دومین جلسه پنل خبرگان پروژه "تدوین استاندارد ملی برای پیشرانه های خودروهای برقی" در تاریخ ۱۳۹۹/۱۲/۱۹ از ساعت ۱۰ الی ۱۲ برگزار شد. افراد زیر در جلسه مذکور حضور داشتند:

- مسعود سرپاک (شرکت برق منطقه‌ای)
- مهران حمزه‌ای (سازمان ملی استاندارد)
- محمد امیری (مرکز خودرو برقی شرکت مکو (مپنا))
- محمدرضا نیکزاد (عضو هیئت علمی دانشگاه لرستان و ناظر پروژه)
- حسن ابراهیمی راد، امین بیرامی ایناللو و سیده‌مهسا هاشمی (پژوهشگاه نیرو)

با توجه به تحولات جدید در جهان و کاهش هزینه خودروهای برقی (کاهش ۹۰ درصدی قیمت در چند سال گذشته)، این فناوری به سرعت فراگیر می‌شود. بنابراین بایستی دستورالعمل‌ها و استانداردهای لازم، به موقع تدوین شود. با توجه به اینکه هدف پروژه حاضر، تدوین یک استاندارد است، جهت دستیابی به هدف فوق، نیاز به طی یک فرآیند طولانی و تشکیل کمیته استاندارد است و جهت تسریع روند فوق، بایستی اقدامات لازم بطور موازی پیش برده شود و صورتجلسات در جلسات بعدی حتما به امضای نمایندگان برسد.

همچنین پیشنهاد گردید که حتما از نمایندگان و کارشناسان خودرویی سازمان استاندارد و دفتر تدوین استاندارد نیز در جلسات حضور داشته باشند تا از چارچوب تدوین استاندارد نیز، پیشرفت پروژه مورد نظارت و هدایت قرار گیرد. از طرفی کارشناسان خودرویی سازمان با توجه به شناخت و ارتباطاتی که دارند، می‌توانند از شرکت‌های خودروساز نیز نمایندگانی مرتبط با موضوع را به گروه دعوت نمایند. همچنین از تولیدکنندگان و ذی‌نفعان تدوین استاندارد فوق نیز دعوت گردد و جهت حضور افراد بیشتری در جلسات، بهتر است جلسات بصورت مجازی برگزار گردد.

در این رابطه اعلام گردید که علاوه بر آقای مهندس حمزه‌ای که به نمایندگی از دفتر نظارت بر استاندارد خدمات و معیارهای مصرف در جلسه حضور دارند، نمایندگانی دیگر از دفتر گروه تدوین استانداردهای ملی (آقای مهندس رثایی)، دفتر نظارت بر استاندارد خدمات و معیارهای مصرف (آقای مهندس ابویی)، دفتر نظارت بر اجرای استاندارد و صنایع فلزی (آقای مهندس آزاد، کارشناس خودرو) و از پژوهشکده استاندارد (آقای مهندس میرزاخانی) در پنل خبرگان پروژه حضور دارند تا روند تدوین و ثبت استاندارد نیز تسریع شود.

همچنین نمایندگان شرکت‌های تولیدی الکتروموتور و درایو نیز در گروه حضور دارند که جهت امکان شرکت اعضای بیشتر گروه در جلسات، مقرر گردید حتی‌الامکان جلسات بصورت مجازی برگزار گردد.

همچنین موضوع مطالعه استاندارد برای سیستم پیشرانه برای مجموعه درایو + الکتروموتور + گیربکس مطرح شد که با توجه عدم هماهنگی مجموعه فوق، عمر لاستیک‌ها به علت لرزش (در صد ریپل بالا در خروجی گیربکس) کاهش می‌یابد و این مساله در استانداردهای تحت مطالعه در نظر گرفته نشده است و فقط الکتروموتور و درایو مورد توجه قرار گرفته است.

در این خصوص ذکر شد که در حال حاضر در سطح بین‌المللی نیز استانداردی برای این موضوع وجود ندارد و استانداردهای موجود فقط به مجموعه درایو + الکتروموتور می‌پردازد. همچنین استانداردهای موجود، محدودیت فنی برای مواردی مانند ریپل گشتاور مطرح نکرده است که مانع خوردگی لاستیک‌ها شود، زیرا به علت تنوع

سیستم‌ها، دست تولیدکننده بسته می‌شود. در واقع تعیین‌کننده این موارد، خود طراح و تولیدکننده است و استانداردها روشی را برای اندازه‌گیری مشخصات معرفی می‌کند. حتی استانداردهای ۸۵گانه خودرویی نیز که زیربخش R100 آن مربوط به خودروهای برقی است، به ایمنی خودرو می‌پردازد و دست خودروساز را در طراحی پارامترها نبسته است.

اما با توجه به اینکه استانداردی مانند ISO21782 وجود دارد که مجموعه الکتروموتور و درایو و هر یک را بصورت مجزا مورد آزمون قرار می‌دهد و همچنین مورد مشابه در آسانسورها که مجموعه مدار قدرت و فرمان بایستی صحت‌سنجی شود، بنابراین چنین موضوعی نیز در پیشنهادات پروژه جهت مطالعات بعدی ارائه می‌شود.

با توجه به اینکه تعداد استانداردها زیاد است و اکثر آنها در مباحث مربوطه، همپوشانی دارند، بهتر است استانداردها محدودتری در نظر گرفته شود. بخصوص که روش‌های آزمون مربوطه در چند استاندارد ارائه شده است. مقرر گردید مقایسه استانداردها بصورت جدول ارائه گردد. بطوریکه جدول فوق، مفاد استانداردها شامل الزامان فنی و ایمنی و آزمون‌های مربوطه در کنار یکدیگر ارائه دهد تا امکان تصمیم‌گیری و انتخاب استاندارد جامع‌تر وجود داشته باشد.

در رابطه با اجباری شدن استاندارد نیز مطرح شد که آزمایشگاه مجهزی جهت انجام آزمون‌ها و صدور گواهی وجود ندارد و سازمان استاندارد نیز تمایل به اجباری نمودن این استانداردها ندارد و بایستی بصورت تشویقی اجرای آنها دنبال شود.

چالش‌های زیر ساختی صنعت خودروی برقی کشور از جمله برای وزارت نیرو با توجه به ارزان شدن قیمت این خودروها مطرح شد و اینکه این چالش‌ها را می‌توان با مدیریت انرژی باتری این خودورها در زمان‌های خاموشی در شبکه و پیک‌سایی تبدیل به فرصت کرد.

با توجه به اینکه هدف پروژه حاضر، پرداختن به زیرساخت‌های صنعت خودوری برقی کشور نبوده و محدود به سیستم پیشرانه الکتریکی این خودروها است، مطرح گردید که این چالش‌ها در بخش پیشنهادات پروژه ارائه گردد. در رابطه با زیرساخت‌های این صنعت، مرکزی در پژوهشگاه تحت عنوان مرکز توسعه فناوری خودور برقی در حال فعالیت است.

۳ ۵ ۳ جلسه سوم مورخ ۱۴۰۰/۰۲/۱۲

سومین جلسه پنل خبرگان پروژه "تدوین استاندارد ملی برای پیشرانه های خودروهای برقی" در تاریخ ۱۴۰۰/۰۲/۱۲ از ساعت ۱۱ الی ۱۳ برگزار شد. افراد زیر در جلسه مذکور حضور داشتند:

- ایرج ابوئی (سازمان ملی استاندارد، معاون دفتر نظارت بر اجرای استاندارد معیارهای مصرف انرژی و محیط زیست)
- حامد رثائی (سازمان ملی استاندارد، رئیس گروه تدوین استانداردهای ملی)
- مهندس آزاد (سازمان ملی استاندارد، کارشناس دفتر نظارت بر اجرای استاندارد و صنایع فلزی)
- مسعود سرپاک (شرکت برق منطقه‌ای)
- علی نقی فرمانبر (شرکت جمکو)
- آیسان موسوی (معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری)
- محمدرضا نیکزاد (عضو هیئت علمی دانشگاه لرستان و ناظر پروژه)

- حسن ابراهیمی راد، امین بیرامی ایناللو و سیده‌مهسا هاشمی (پژوهشگاه نیرو)

پس از ارائه خلاصه‌ای از جلسات قبل، اشاره گردید که این جلسه باید این خروجی را داشته باشد که از بین استانداردهای بین‌المللی بررسی‌شده و ارائه‌شده، کدام یک از استانداردها معادل‌سازی شوند و اینکه از نظر سازمان استاندارد، امکان تلفیق استانداردها نیز وجود دارد یا خیر.

در این رابطه مطرح شد که در ارتباط با تلفیق استانداردها ترجیح سازمان استاندارد بر این است که استانداردها مجزا باشند. به عنوان مثال اگر چنین عملی نیاز بود، خود استاندارد IEC این تلفیق را انجام میداد و اینکه در صورت تلفیق، استاندارد جدید طولانی می شود و ارجاع به بندها و اشکال نیز به هم می‌ریزد. اما باز هم در صورت تمایل و نیاز به تلفیق، کارگروه و کمیته سازمان استاندارد درباره پذیرفته شدن استاندارد تصمیم‌گیری می‌کند. همچنین مقرر گردید با توجه به عدم حضور نماینده سازمان استاندارد در جلسات قبلی، جدول و لیست استانداردهای مورد بررسی برای ایشان ارسال گردد.

همچنین بحث شد که موارد مطرح‌شده، می‌بایست در کمیته تدوین استاندارد و دفاتر تخصصی مطرح گردند و مراجع و منابع مربوطه مورد بررسی قرار گیرند. مشخصات اسمی محصولات توسط سازنده اعلام می‌شوند و خود سازنده بر اساس پروانه استاندارد اعلام می‌نماید.

به اشتراکات موجود در استانداردها اشاره شد و اینکه در استانداردهای ISO، رویه آزمون‌ها کامل‌تر بیان شده است و می‌تواند برای کارخانه تولیدکننده الکتروموتور راهگشا باشد. در این خصوص لازم است تا همپوشانی بین استانداردهای مطرح‌شده بررسی شود و استاندارد جامع‌تر در اولویت قرار گیرد. به عنوان مثال استاندارد ISO احتمالا در ارجاعات و منابع، استانداردهای IEC را در نظر گرفته باشد و در صورتیکه استاندارد ISO معادل‌سازی شود، در واقع استاندارد IEC مربوطه نیز در نظر گرفته شده است.

در صورت نیاز به تلفیق چند استاندارد، بحث اشتراکات بین استانداردها مطرح می‌شود، در غیر اینصورت هر کدام از استانداردها به موضوع مجزایی اشاره دارند. به عنوان مثال برای روش آزمون باید استاندارد واحدی (مجزا از الزامات فنی و ایمنی) در نظر گرفته شود. در مورد برخی از استانداردهای ISO و IEC مورد مطالعه نیز که چند زیربخش دارند، خود ISO و IEC اینکار را نکرده است.

اما با توجه اینکه امکان مطالعه و هم‌پوشانی برخی از استانداردهای موجود در استاندارد دیگر وجود دارد، مقرر گردید تا این هم‌پوشانی‌ها بررسی گردد.

مطرح گردید که استانداردهای بیان شده بر اساس چه مبنایی انتخاب شده است؟ به عنوان مثال استاندارد R85 که اجباری می‌باشد، در بررسی‌ها در نظر گرفته نشده است. همچنین مستندات استانداردهای بررسی‌شده برای نمایندگان استاندارد ارائه گردد که در مورد استانداردها تصمیم‌گیری شود. و اینکه به دست آوردن توان موتور اصلا ملاک و اولویت نیست. توان فقط به عنوان یکی از مشخصات است که بر اساس آن یک سری استانداردها اجباری می شوند. خود توان ملاک نیست و توان، ملاک دسته‌بندی برای سایر استانداردها می شود. استانداردهای اجباری، از دید خودرو هستند و سایر استانداردهای حوزه الکتروموتور و درایو در حوزه تشویقی قرار دارند.

در این مورد پاسخ داده شد که این استانداردهای IEC، ISO و SAE که مورد بررسی قرار گرفته‌اند، مهم‌ترین استانداردهای مطرح در دنیا برای سیستم پیشرانه خودروهای برقی هستند. این استانداردها بطور خاص

به سیستم پیشرانه پرداخته¬اند.

استاندارد R85 نیز که در دستور کار پروژه جهت بررسی قرار دارد، در واقع استاندارد نبوده و دستورالعمل است که در آن به استانداردهای مربوطه ارجاع داده می‌شود. همانطور که مطرح شد، توان الکتروموتور ملاک نیست، اما نحوه اندازه‌گیری و ارزیابی آن توسط استاندارد معین می‌گردد. در این بخش روشن گردید که هدف تدوین استانداردهای سیستم پیشرانه (همانند موارد بین‌المللی اشاره‌شده) بصورت خاص است نه دستورالعمل‌های اجباری از دید بکارگیری در خودرو که مبحث متفاوتی است.

استانداردهای IEC، ISO و SAE که برای سیستم پیشرانه ارائه شده است و ادعای سازنده الکتروموتور از جمله مشخصات توان، گشتاور، راندمان و ...، می‌بایست بر اساس همین استانداردها تایید شود. در واقع این استانداردها، چارچوب را برای تولیدکنندگان مشخص می¬کند.

در رابطه با پاسخ بند ۳، مجدد مطرح گردید که تدوین چند استاندارد ملی، دردی از صنعت دوا نمی‌کند و صنعت را سر در گم می‌کند. در واقع این. در بسیاری از موارد برای شرکت تولیدکننده، استفاده از استاندارد بین‌المللی در مقایسه با نسخه ملی‌شده، راحت‌تر است. پیشنهاد شد که یک دستورالعمل به عنوان سند بالادستی که کلیه موارد مهم در رابطه با یک مجموعه از جمله الکتروموتور و اینورتر را تحت پوشش قرار دهد، تدوین گردد و نقشه راه و دستورالعمل برای تولیدکننده الکتروموتور تهیه گردد و در آن به استانداردهای مربوطه ارجاع داده شود. همچنین امکانات داخل کشور نیز بررسی شود که قابل اجرا بودن دستورالعمل نیز مورد بررسی قرار بگیرد. و اینکه عنوان و اسکوپ کار برای دستورالعمل مذکور خیلی مهم است. معیار بر اساس اظهار تولیدکننده است، اما تولیدکننده و دستگاه نظارت باید با یک روش واحد آزمون را انجام دهند. در نهایت خروجی این مساله باید در کمیته برنامه‌ریزی خودرو بررسی شود.

پاسخ داده شد که هدف پروژه پیش رو، تدوین همان استاندارد واحد برای آزمون‌ها و بررسی مشخصات سیستم پیشرانه است که هدف آن با هدف یک دستورالعمل متفاوت است. اگر دستورالعمل برای ارزیابی مشخصات سیستم پیشرانه خودرو برقی، اجباری شود، تولیدکننده را در طراحی و نوآوری محدود می‌کند، که کشورهای خارجی نیز اینکار را نمی‌کنند. خروجی این پروژه می‌تواند این باشد که به شرکت‌های تولیدکننده پیشنهاد بدهد که برای بدست آوردن مشخصات مربوطه از کدام استاندارد استفاده کند. تلورانس مقادیر اندازه‌گیری‌شده با مقادیر ادعاشده توسط تولیدکننده نیز باید مطرح گردد.

اما اینکه آیا چنین دستورالعملی برای ارزیابی بکارگیری این سیستم در خودرو و اجبار برای محدوده مشخصات فنی و ایمنی مربوطه نیاز است، مورد تایید تیم پروژه نیز می‌باشد که بایستی بالاتر از هدف پروژه حاضر مورد بررسی قرار گیرد و بصورت هماهنگ با کلیه سیستم‌های خودرو، تدوین چنین دستورالعملی صورت پذیرد.

نظر نماینده کارفرمای پروژه نیز بررسی و مرور استانداردها و مذاکره بر روی بندها در کمیته مربوطه است.

پیشنهاد گردید استانداردی در حد ۶-۷ صفحه با عنوان "سیستم‌های پیشرانه‌های خودرو برقی، ویژگی‌ها، معیارها و روش‌های آزمون" تهیه گردد که در آن، روش انجام آزمون‌ها و ارزیابی مشخصات به استانداردها ارجاع داده شود. هدف و دامنه کاربرد و همچنین منابع و مراجع ذکر گردد، که می‌توانند تعداد زیادی استاندارد باشد. در جاهایی هم که استانداردها هم‌پوشانی دارند، تصمیم‌گیری شود که از کدام استاندارد که بهتر توضیح داده است، استفاده شود. فقط باید بررسی گردد که دستگاه‌های نظارتی مشکلی ندارند که استانداردها بطور زبان اصلی مطرح گردند؟

مقرر گردید این پیشنهاد ظاهرا راه حل بهتری است مورد بررسی قرار گیرد. اما تدوین چنین استانداردی که ماموریت آن بیشتر مشابه یک دستورالعمل است، بایستی بررسی شود. با توجه به مذاکراتی که صورت گرفت، مقرر گردید در خصوص قالب خروجی پروژه (استاندارد یا دستورالعمل) در طی جلسه‌ای با معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری (کارفرمای پروژه) تصمیم‌گیری شود.

۳ ۶ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

پس از برگزاری جلسات و مذاکرات با خبرگان موضوع، مقرر گردید تا در گام اول، تمامی استانداردهای مهم سیستم‌های پیشرانه خودروهای برقی، معادل سازی شوند. سپس در گام‌های بعدی که در پروژه‌های آتی دنبال می‌شود، تدوین دستورالعمل بهره‌برداری از این استانداردها برای شرکت‌های تولیدکننده در دستور کار قرار می‌گیرد. با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته بر روی استانداردهای ملی و بین‌المللی نیز مهم‌ترین استانداردهای IEC مرتبط با موضوع، قبلا معادل‌سازی داخلی شده است. استانداردهای SAE نیز بگونه‌ای جمع‌بندی استانداردهای IEC و ISO می‌باشد که لزومی به ترجمه این استانداردها وجود ندارد. اما طبق بررسی‌های صورت‌گرفته، استانداردهای ISO مرتبط با موضوع که در فصل‌های قبل به تفصیل بررسی شدند و همچنین در بخش‌های ابتدایی این فصل نیز مطالعه مقایسه‌ای که در کنار سایر استانداردها بر روی آنها انجام شد، نشان داد که این استانداردها، در بسیاری از موارد، بخصوص تشریح رویه آزمون‌ها و همچنین ارائه آزمون‌های تکمیلی، کامل‌تر از سایر استانداردها هستند. با توجه به اینکه این استانداردها قبلا معادل سازی داخلی نشده‌اند، در این پروژه، تمرکز بر روی تهیه پیشنویس معادل این استانداردها قرار گرفت.

DOI:

فصل چهارم

پیش‌نویس‌های تدوین شده برای استانداردهای ملی برای پیشرانه الکتریکی در خودروهای برقی

مقدمه فصل چهارم

در فصل‌های پیشین به استانداردهای داخلی و جهانی در این حوزه پرداخته شد. با بررسی و مطالعات این استانداردها، عدم وجود استانداردهای داخلی برای قوای محرکه خودروهای برقی با توجه به روند رو به رشد این حوزه در داخل کشور مطرح گردید. لذا با برگزاری جلسات هم اندیشی و انجام مطالعات در استانداردهای روز دنیا تصمیم بر آن شد که پیش‌نویس استاندارد ملی بری این موضوع ارائه گردد. در ادامه این فصل پیش‌نویس‌های که با معادل سازی سری استانداردهای ۲۱۷۸۲ موسسه ISO تهیه‌گردیده، ارائه شده‌اند. این سری پیش‌نویس‌ها برگرفته از سری استانداردهای ISO 21782:2019 می‌باشند که عنوان «خودروهای برقی» به جهت سهولت، جایگزین عبارت «وسایل نقلیه جاده‌ای با پیشرانه الکتریکی» در استاندارد مذکور، شده است.

۴ ۱ پیش‌نویس شماره ۱- مشخصات آزمون برای اجزای پیشرانه الکتریکی- بخش اول: تعاریف و شرایط عمومی آزمون

۴ ۱ ۱ مقدمه

تا پیش از تدوین سری استانداردهای ۲۱۷۸۲، روند آزمون استانداردشده بین‌المللی یا داخلی جهت بررسی عملکرد سیستم موتور شامل موتورها، اینورترها، مبدل‌های DC/DC و ترکیب آنها برای سیستم‌های پیشرانه الکتریکی خودروهای برقی؛ در دسترس نبوده است. برخی استانداردهای بین‌المللی برای کاربرد صنعتی نیز موجود است که حالت کارکرد پایدار/ثابت موتورها و اینورترها را در نظر می‌گیرد اما عملکرد دینامیکی (شتاب افزایشی/کاهشی) را مدنظر ندارد.

این سری پیش‌نویس‌ها به منظور قابلیت تکرارپذیری نتایج آزمون تهیه شده است که امکان مقایسه و ارزیابی منصفانه عملکرد و قابلیت اطمینان اجزای سیستم پیشرانه الکتریکی همانند سیستم موتور (موتور، اینورتر، مبدل DC/DC و ترکیبات آنها) را بوجود می‌آورد.

در ادامه در جدول ۴-۱ تا جدول ۴-۴ نگاهی اجمالی بر این سری پیش‌نویس‌ها شده است.

جدول ۴-۱ : محتوای بخش اول (مطابق **ISO 21782-1**): تعاریف و شرایط عمومی آزمون

عناوین بخش ۱	توضیحات
مقدمه	پس‌زمینه و هدف سری پیش‌نویس‌ها
اصطلاحات و تعاریف	عبارات مورد استفاده در سری پیش‌نویس‌ها
علائم اختصاری	کلمات اختصاری مورد استفاده در سری پیش‌نویس‌ها
شرایط عمومی آزمون	تعاریف شرایط عمومی: نقطه کار جریان، ولتاژ و توان ولتاژ ورودی DC دما و رطوبت دقت اندازه‌گیری

جدول ۴-۲ : محتوای بخش دوم (مطابق **ISO 21782-2**): آزمون عملکرد سیستم موتور

عناوین بخش ۲	توضیحات	موتور	اینورتر	چاپر	سیستم موتور
اندازه‌گیری تلفات کل و بازدهی کل	این آزمون، تلفات کل و بازدهی کل بین توان ورودی اینورتر و توان خروجی موتور را اندازه‌گیری می‌کند.				۱-۵
آزمون افزایش دما	این آزمون، ویژگی‌های افزایش دمای هر بخش از سیستم موتور در محدوده مشخصی را بررسی می‌کند.				۲-۵
آزمون مشخصه گشتاور	این آزمون، مشخصه گشتاور که در مشخصات سیستم موتور تعیین شده است، اندازه می‌گیرد.				۳-۵
آزمون ریپل گشتاور	این آزمون، ریپل گشتاور موتور را اندازه‌گیری می‌نماید.				۴-۵

جدول ۴-۳ : محتوای بخش سوم (مطابق **ISO 21782-3**): آزمون عملکرد موتور و اینورتر

عناوین بخش ۳	توضیحات	موتور	اینورتر	چاپر	سیستم موتور
اندازه‌گیری تلفات و بازدهی	این آزمون، تلفات و بازدهی بین توان ورودی و توان خروجی را اندازه‌گیری می‌کند.	۱-۱-۵	۱-۲-۵	۱-۳-۵	
	این آزمون، نسبت تبدیل بین توان ورودی و توان خروجی را اندازه‌گیری می‌کند.		۱-۲-۵	۱-۳-۵	
آزمون افزایش دما	این آزمون، ویژگی‌های افزایش دمای هر بخش از اجزا در محدوده مشخصی را بررسی می‌کند.	۲-۱-۵	۲-۲-۵	۲-۳-۵	
آزمون مشخصه گشتاور	این آزمون، مشخصه گشتاور که در مشخصات موتور تعیین شده است، اندازه می‌گیرد.	۳-۱-۵			
آزمون گشتاور کاگینگ (دندانه‌ای)	این آزمون، گشتاور کاگینگ موتور مغناطیس دائم را اندازه‌گیری می‌کند.	۴-۱-۵			

جدول ۴-۴ : محتوای بخش چهارم (مطابق **ISO 21782-6**): آزمون بارگیری موتور و اینورتر

عناوین بخش ۶	توضیحات	موتور	اینورتر	چاپر	سیستم موتور
آزمون‌های استقامت کارکرد موتور	آزمون دوره‌ای استقامت شتاب افزایشی/کاهشی زیاد	۱-۱-۴			
	آزمون دوره‌ای استقامت الگوی گشتاور شامل گشتاور بیشینه	۲-۱-۴			
	آزمون اضافه سرعت	۳-۱-۴			
آزمون‌های استقامت کارکرد اینورتر	آزمون دوره‌ای استقامت الگوی جریان خروجی شامل جریان بیشینه		۱-۲-۴		
آزمون تایید قدرت شکست	محتوای این آزمون عمدتا آزمون چرخش، تحلیل داده قدرت مکانیکی موتور است.	۱-۳-۴			

۴ ۱ ۲ هدف و دامنه کاربرد

این پیش‌نویس اســـتاندارد، فرآیندهای آزمون را برای عملکرد و بارگیری تجهیزات پیشـــرانه برقی کلاس B ولتاژ (موتور، اینورتر، مبدل DC به DC) و ترکیب آنها (سیستم موتور) مورد کاربرد در خودروهای برقی[1]، مشخص می‌نماید.

این پیش‌نویس همچنین اصطلاحات و تعاریف استفاده شده در این سری پیش‌نویس‌های تهیه شده و شرایط عمومی آزمون را مشخص می‌کند.

۴ ۱ ۳ اصطلاحات و تعاریف

۱. چاپر

مبدل توان الکترونیکی DC بدون هیچ لینک AC میانی که با تغییر دوره‌های هدایت و عدم هدایت در یک نسبت قابل تنظیم؛ یک ولتاژ خروجی متغیر فراهم می‌آورد.

۲. نسبت تبدیل

نسبت موج پایه توان خروجی یا توان DC خروجی به توان DC ورودی

۳. سلف لینک DC

تجهیزی که توسط مدار چاپر بوست می‌شود، یک ذخیره‌ساز انرژی مغناطیسی و در پاسخ به عملکرد عناصر سوئیچینگ تخلیه می‌گردد.

۴. بازدهی

نسبت توان خروجی به توان ورودی

۵. موتور القایی (IM)

موتور الکتریکی AC که در آن، جریان الکتریکی روتور مورد نیاز برای تولید گشـــتاور، از طریق القای الکترومغناطیس از میدان مغناطیسی سیم‌پیچ استاتور، حاصل می‌شود.

مثال: موتور آسنکرون

۶. اینورتر

مبدل انرژی الکتریکی که جریان الکتریکی مســـتقیم را به جریان‌های متناوب تک‌فاز یا چندفاز تبدیل می‌کند.

---

[1]- در سری استاندارد ISO 21782 از عنوان کلی «وسایل نقلیه‌ای جاده‌ای با پیشرانه الکتریکی» استفاده شده است؛ که در این سری پیش‌نویس به جهت سهولت، عنوان «خودروهای برقی» جایگزین شده است.

۷. جریان بیشینه برای مدت زمان t_0 ($I_{t=t0}$)

جریان بیشینه تعریف شده برای بازه زمانی t_0 که می‌تواند دائماً در مدت زمان t_0 پس از شروع از شرایط حالت پایدار دمای اتاق (RT) و شرایط خنک‌سازی نامی تا رسیدن اینورتر و چاپر به حد بیشینه تعریف‌شده دما، بدست آید.

۸. سرعت عملکرد بیشینه

حد بالایی سرعت چرخش برای مشخصه سرعت گشتاور موتور

۹. توان بیشینه برای مدت زمان t_0 ($P_{t=t0}$)

توان بیشینه تعریف شده برای بازه زمانی t_0 که می‌تواند دائماً در مدت زمان t_0 پس از شروع از شرایط حالت پایدار دمای اتاق (RT) و شرایط خنک‌سازی نامی تا رسیدن موتور، اینورتر و چاپر به حد بیشینه تعریف‌شده دما، بدست آید.

۱۰. سرعت بیشینه (n_m)

بالاترین سرعت تعریف شده که می‌تواند حداکثر توان را برقرار سازد.
یادداشت: سرعت بیشینه می‌تواند توسط نرم‌افزار کنترلی یا خواسته کارفرما محدود گردد.

۱۱. سیستم موتور

سیستم پیشرانه الکتریکی برای خودرو برقی، متشکل از ترکیبی از تجهیزاتی همچون موتور، اینورتر و در صورت لزوم مبدل DC/DC

۱۲. گشتاور بیشینه برای مدت زمان t_0 ($M_{t=t0}$)

بالاترین گشتاور تعریف شده برای بازه زمانی t_0 که می‌تواند دائماً در مدت زمان t_0 تا حد توان در سرعت بالاتر، پس از شروع از شرایط حالت پایدار دمای اتاق (RT) و شرایط خنک سازی نامی تا رسیدن موتور به حد بیشینه تعریف‌شده دما، بدست آید.

۱۳. ولتاژ بیشینه برای ظرفیت عملکرد نامحدود

بالاترین مقدار در ناحیه ولتاژی عملکرد عادی تجهیز (OS1)
یادداشت: برای تعریف دقیق OS1 به استاندارد ISO 21498-1 رجوع شود.

۱۴. ولتاژ کمینه برای ظرفیت عملکرد نامحدود

کمترین مقدار در ناحیه ولتاژی عملکرد عادی تجهیز (OS1)
یادداشت: برای تعریف دقیق OS1 به استاندارد ISO 21498-1 رجوع شود.

۱۵. نیروی محرکه الکتریکی القاشده در حالت بی‌باری (E_0)

ولتاژ تولیدشـــده در آرمیچر زمانیکه موتور در ســـرعت نامی (n_r) بصـــورت ژنراتوری می‌چرخد؛ درحالیکه ترمینال موتور سنکرون باز باشد.

۱۶. آزمون بارگیری

یک روش آزمون که زوال تجهیز در اثر عملکرد مجزای آن را در نظر می‌گیرد.

۱۷. فرکانس خروجی

فرکانس جریان خروجی اینورتر

۱۸. مبدل توان

تجهیزی که انرژی الکتریکی را از DC به AC و یا از AC به DC تبدیل می‌کند.
مثال: تبدیل فرکانس AC، تبدیل توان DC و غیره.

۱۹. موتور مغناطیس دائم (PM)

موتوری که از آهنربای دائم، بعنوان قطب‌های میدان مغناطیسی بهره می‌برد.

۲۰. فرکانس نامی (f_r)

فرکانس خروجی در نقطه کار مربوط به سرعت نامی (n_r) موتور کوپل شده

۲۱. سرعت نامی (n_r)

تلاقی دو نمودار گشتاور بیشینه برای مدت زمان t_0 ($M_{t=t0}$) و منحنی توان ایزو

۲۲. ولتاژ نامی (u_r)

مقدار میانی در ناحیه ولتاژی عملکرد عادی تجهیز (OS1)
یادداشت: برای تعریف دقیق OS1 به استاندارد ISO 21498-1 رجوع شود.

۴ ۱ ۴ علائم اختصاری

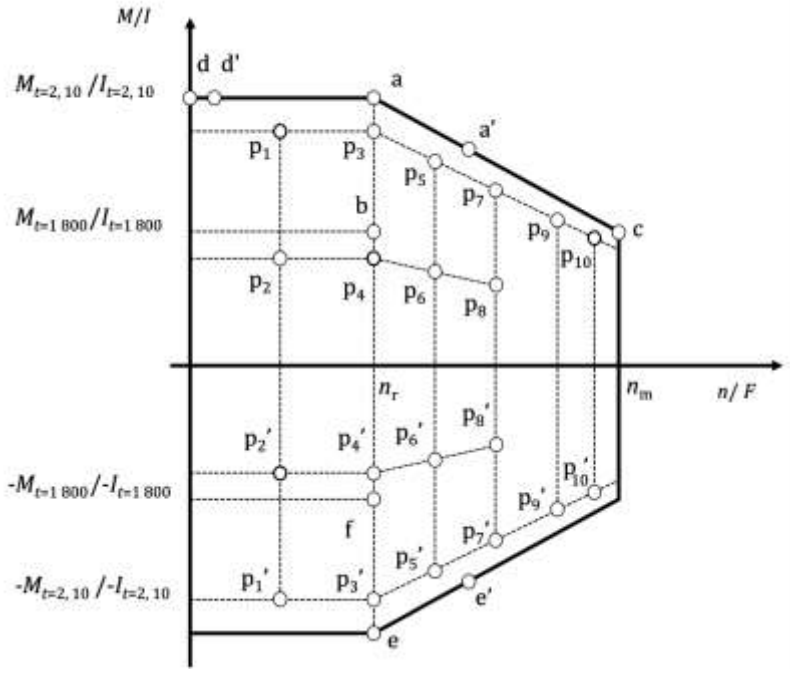
AC: جریان متناوب
ACL: اندوکتانس سه فاز معادل با اندوکتانس نشتی موتور
DC: جریان مستقیم
DUT: تجهیز تحت آزمون
EMF: نیروی محرکه الکتریکی
PWM: مدولاسیون پهنای باند
RL: ACL همراه با مقاومت سری معادل با مقاومت فاز موتور
RT: دمای اتاق

۴ ۱ ۵ شرایط عمومی آزمون

۱_ نقاط کار

نقاط کار که در آزمون‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، در شکل ۴-۱، جدول ۴-۵ و

جدول ۴-۶ تعریف شده‌اند. عبارت t_0 باید یکی از مقادیر ۲s، ۱۰s و یا ۱۸۰۰s باشد. در عمل می‌توان به‌جای مقادیر ۲s و ۱۰s، مقادیر ۳۰s و ۶۰s را انتخاب نمود.



***n*: سرعت موتور (min^{-1})** ***F*: فرکانس (Hz)**

***M*: گشتاور (Nm)** ***I*: جریان (A)**

***n_m*: سرعت/فرکانس بیشینه (min^{-1})/(Hz)** ***n_r*: سرعت/فرکانس نامی (min^{-1})/(Hz)**

***$M_{t=2,10}$ / $I_{t=2,10}$*: بیشینه گشتاور/ جریان موتوری برای زمان t_0=2,10 (Nm) / (A)**

***$M_{t=1800}$ / $I_{t=1800}$*: بیشینه گشتاور/ جریان موتوری برای حالت t_0=1800 (Nm) / (A)**

***$-M_{t=2,10}$ / $-I_{t=2,10}$*: بیشینه گشتاور/ جریان بازتولیدی برای حالت t_0=2,10 (Nm) / (A)**

***$-M_{t=1800}$ / $-I_{t=1800}$*: بیشینه گشتاور/ جریان بازتولیدی برای حالت t_0=1800 (Nm) / (A)**

***a, a`, b, c, d, d`, e, p_1-p_{10}*: نقاط کار مطابق مقادیر تعریف شده در جدول ۴-۵**

***e`, f, $p_1$`-p_{10}`*: نقاط کار اختیاری مطابق مقادیر تعریف شده در**

جدول ۴-۶

شکل ۴-۱: نقاط کارکرد

جدول ۴-۵ : تعاریف مربوط به نقاط کار

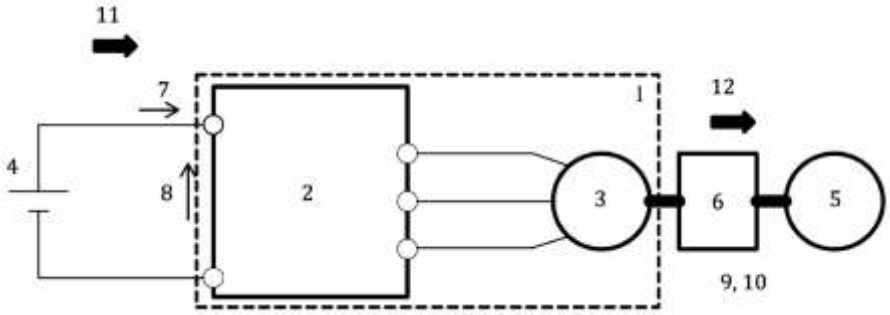
نقطه کار	سرعت موتور(min^{-1}) / فرکانس(Hz)	گشتاور (Nm) / جریان(A)	توان خروجی(W)
a	سرعت/فرکانس نامی	$M_{t=2,\ 10}$ / $I_{t=2,10}$	$P_{t=2,\ 10}$
a'	—	—	$P_{t=2,\ 10}$ (اگر "a" توان حداکثر نباشد)
b	سرعت/فرکانس نامی	$M_{t=1800}$ / $I_{t=1800}$	—
c	سرعت/فرکانس حداکثر	—	$P_{t=2,\ 10}$
d	سرعت/فرکانس صفر	$M_{t=2,\ 10}$ / $I_{t=2,10}$	—
d'	سرعت/فرکانس اندک	$M_{t=2,\ 10}$ / $I_{t=2,10}$	—
e	سرعت/فرکانس نامی	$-M_{t=2,\ 10}$ / $-I_{t=2,10}$	—
f	سرعت/فرکانس نامی	$-M_{t=1800}$ / $-I_{t=1800}$	—
p_1	۰/۵ × سرعت/فرکانس نامی	0.8 x $M_{t=2,\ 10}$ / $I_{t=2,10}$	—
p_2	۰/۵ × سرعت/فرکانس نامی	0.4 x $M_{t=2,\ 10}$ / $I_{t=2,10}$	—
p_3	سرعت/فرکانس نامی	0.8 x $M_{t=2,\ 10}$ / $I_{t=2,10}$	—
p_4	سرعت/فرکانس نامی	0.4 x $M_{t=2,\ 10}$ / $I_{t=2,10}$	—
p_5	۰/۲۵ × (سرعت/فرکانس حداکثر − سرعت/فرکانس نامی) + سرعت/فرکانس نامی	—	0.8 × $P_{t=2,\ 10}$
p_6	۰/۲۵ × (سرعت/فرکانس حداکثر − سرعت/فرکانس نامی) + سرعت/فرکانس نامی	—	0.4 × $P_{t=2,\ 10}$
p_7	۰/۵ × (سرعت/فرکانس حداکثر − سرعت/فرکانس نامی) + سرعت/فرکانس نامی	—	0.8 × $P_{t=2,\ 10}$
p_8	۰/۵ × (سرعت/فرکانس حداکثر − سرعت/فرکانس نامی) + سرعت/فرکانس نامی	—	0.4 × $P_{t=2,\ 10}$
p_9	۰/۷۵ × (سرعت/فرکانس حداکثر − سرعت/فرکانس نامی) + سرعت/فرکانس نامی	—	0.8 × $P_{t=2,\ 10}$
p_{10}	۰/۹ × (سرعت/فرکانس حداکثر − سرعت/فرکانس نامی) + سرعت/فرکانس نامی	—	0.8 × $P_{t=2,\ 10}$

جدول ۴-۶ : تعاریف مربوط به نقاط کار اختیاری

نقطه کار	سرعت موتور(min^{-1}) / فرکانس(Hz)	گشتاور (Nm) / جریان(A)	توان خروجی(W)
e'	—	—	$-P_{t=2,\ 10}$ (اگر "e" توان حداکثر نباشد)
p_1`	۰٫۵ × سرعت/فرکانس نامی	$0.8 \times -M_{t=2,\ 10} / -I_{t=2,\ 10}$	—
p_2`	۰٫۵ × سرعت/فرکانس نامی	$0.4 \times -M_{t=2,\ 10} / -I_{t=2,\ 10}$	—
p_3`	سرعت/فرکانس نامی	$0.8 \times -M_{t=2,\ 10} / -I_{t=2,\ 10}$	—
p_4`	سرعت/فرکانس نامی	$0.4 \times -M_{t=2,\ 10} / -I_{t=2,\ 10}$	—
p_5`	۰٫۲۵ × (سرعت/فرکانس حداکثر − سرعت/فرکانس نامی) + سرعت/فرکانس نامی	—	$0.8 \times -P_{t=2,\ 10}$
p_6`	۰٫۲۵ × (سرعت/فرکانس حداکثر − سرعت/فرکانس نامی) + سرعت/فرکانس نامی	—	$0.4 \times -P_{t=2,\ 10}$
p_7`	۰٫۵ × (سرعت/فرکانس حداکثر − سرعت/فرکانس نامی) + سرعت/فرکانس نامی	—	$0.8 \times -P_{t=2,\ 10}$
p_8`	۰٫۵ × (سرعت/فرکانس حداکثر − سرعت/فرکانس نامی) + سرعت/فرکانس نامی	—	$0.4 \times -P_{t=2,\ 10}$
p_9`	۰٫۷۵ × (سرعت/فرکانس حداکثر − سرعت/فرکانس نامی) + سرعت/فرکانس نامی	—	$0.8 \times -P_{t=2,\ 10}$
p_{10}`	۰٫۹ × (سرعت/فرکانس حداکثر − سرعت/فرکانس نامی) + سرعت/فرکانس نامی	—	$0.8 \times -P_{t=2,\ 10}$

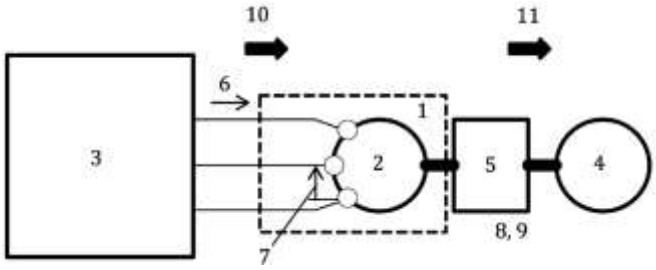
۲- پیش‌شرط‌هایی برای اندازه‌گیری جریان، ولتاژ و توان

جریان، ولتاژ و توان مورد استفاده در آزمون‌ها، در شکل ۴-۲ تا شکل ۴-۵ تعریف شده‌اند



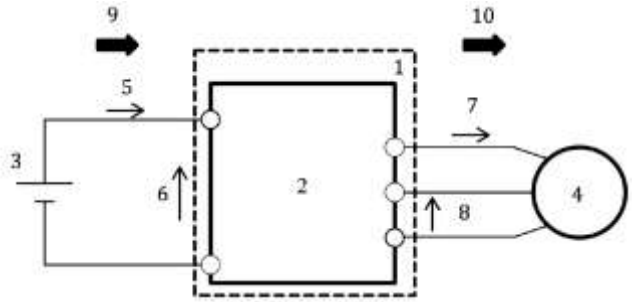
۱- تجهیز تحت آزمون (**DUT**)
۲- اینورتر
۳- موتور
۴- تغذیه برق **DC**
۵- بار
۶- گشتاور/سرعت سنج
۷- جریان ورودی اینورتر (**A**)
۸- ولتاژ ورودی اینورتر (**V**)
۹- گشتاور موتور (**Nm**)
۱۰- سرعت موتور ($\mathbf{min^{-1}}$)
۱۱- توان ورودی اینورتر (**W**)
۱۲- توان خروجی موتور (**W**)

شکل ۴-۲: پیش‌شرط‌های اندازه‌گیری جریان، ولتاژ و توان در سیستم موتور



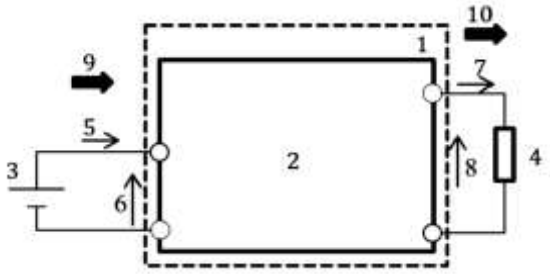
۱- تجهیز تحت آزمون (**DUT**)
۲- موتور
۳- اینورتر
۴- بار
۵- گشتاور/سرعت سنج
۶- جریان ورودی موتور (**A**)
۷- ولتاژ ورودی موتور (**V**)
۸- گشتاور موتور (**Nm**)
۹- سرعت موتور ($\mathbf{min^{-1}}$)
۱۰- توان ورودی موتور (**W**)
۱۱- توان خروجی موتور (**W**)

شکل ۴-۳: پیش‌شرط‌های اندازه‌گیری جریان، ولتاژ و توان در موتور



۱- تجهیز تحت آزمون (**DUT**)
۲- اینورتر
۳- تغذیه برق **DC**
۴- بار **AC**
۵- جریان ورودی اینورتر (**A**)
۶- ولتاژ ورودی اینورتر (**V**)
۷- جریان خروجی اینورتر (**A**)
۸- ولتاژ خروجی اینورتر (**V**)
۹- توان ورودی اینورتر (**W**)
۱۰- توان خروجی اینورتر (**W**)

شکل ۴-۴: پیش‌شرط‌های اندازه‌گیری جریان، ولتاژ و توان در اینورتر



۱- تجهیز تحت آزمون (**DUT**) ۲- چاپر ۳- تغذیه برق **DC**
۴- بار ۵- جریان ورودی چاپر (**A**) ۶- ولتاژ ورودی چاپر (**V**)
۷- جریان خروجی چاپر (**A**) ۸- ولتاژ خروجی چاپر (**V**) ۹- توان ورودی چاپر (**W**)
۱۰- توان خروجی چاپر (**W**)

شکل ۴-۵: پیش‌شرط‌های اندازه‌گیری جریان، ولتاژ و توان در چاپر

۳- ولتاژ ورودی DC

ولتاژ ورودی DC می‌بایست در محدوده ۲± ٪ از ولتاژ نامی ورودی DC سیستم یا اجزا باشد؛ مگر اینکه در بخش‌های مختلف این سری از پیش‌نویس‌ها، مقدار دیگری مشخص شده باشد یا طبق قرارداد کارفرما با مشتری، مورد توافق طرفین باشد.

۴- دما و رطوبت

تمامی آزمون‌ها باید در دمای اتاق (RT) محدوده (۵ ± ۲۳) درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی هوا بین ۲۵٪ تا ۷۵٪ انجام شود؛ مگر مقادیری غیر از آن مشخص گردد.

۵- دقت اندازه‌گیری

اندازه‌گیری‌ها باید مطابق دقت تعریف شده ذیل صورت گیرند:

جریان: ٪ ۱٫۰±
ولتاژ: ٪ ۰٫۵±
گشتاور: ٪ ۰٫۲±
سرعت موتور: ٪ ۰٫۵±
دما: ۲K ±
رطوبت نسبی: ٪ ۵±

تمامی مقادیر اندازه‌گیری به اســـتثنای مقادیر دما و رطوبت نســـبی، باید در یک فرکانس حداقل ۱۰ هرتز، انجام و ثبت گردند. برای مقادیر دما و رطوبت نسبی، فرکانس اندازه‌گیری یک هرتز کافی است.

۴ ۲ پیش‌نویس شماره ۲- مشخصات آزمون برای اجزای پیشرانه الکتریکی- بخش دوم:

آزمون عملکرد سیستم موتور

۴ ۲ ۱ هدف و دامنه کاربرد

این پیش‌نویس ا ستاندارد، به معرفی آزمون‌های عملکرد برای سی ستم موتور که بعنوان سی ستم پی شرانه الکتریکی کلاس B ولتاژ مورد کاربرد در خودروهای برقی طراحی شده‌اند، می‌پردازد.

۴ ۲ ۲ مراجع اصولی

مستندات ذیل در این پیش‌نویس به آن‌ها ارجاع داده می‌شود به صورتی که قسمتی و یا همه محتوای آن‌ها الزمات این پیش‌نویس را تشکیل می‌دهد.

پیش‌نویس شماره ۱۱ ستاندارد خودروهای برقی- م شخ صات آزمون برای اجزای پی شرانه الکتریکی- بخش اول: تعارف و شرایط عمومی آزمون

۴ ۲ ۳ اصطلاحات و تعاریف

برای اهداف این پیش‌نویس، اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در پیش‌نویس شماره ۱ اعمال می‌شود.

۴ ۲ ۴ علائم اختصاری

برای اهداف این پیش‌نویس، علائم اختصاری ارائه شده در پیش‌نویس شماره ۱ اعمال می‌شود.

۴ ۲ ۵ آزمون‌ها

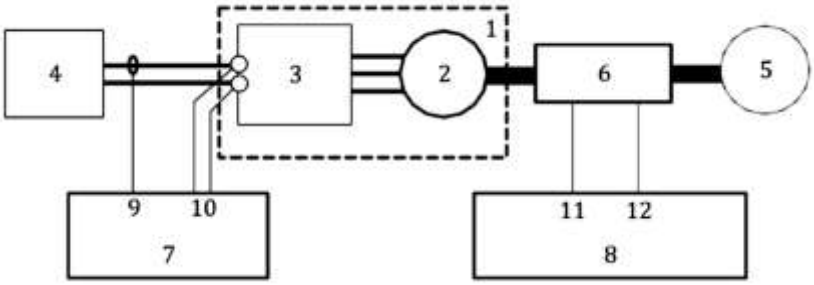
۱- اندازه‌گیری تلفات کل و بازدهی کل

۱. کلیات

برای اطمینان از اینکه عملکرد سیستم موتور مطابق طراحی آن ا ست، این آزمون در حالت عملکرد ترکیبی موتور و اینورتر، تلفات کل و بازدهی کل را بین توان ورودی اینورتر و توان خروجی موتور اندازه‌گیری می‌کند.

۲. دیاگرام آزمون

در شکل ۴-۶ دیاگرام آزمون ترسیم شده است.



۱- تجهیز تحت آزمون (DUT)
۲- موتور مورد آزمون
۳- اینورتر مورد آزمون
۴- تغذیه برق DC
۵- بار
۶- نمایانگر سرعت/ گشتاور
۷- دستگاه کیفیت‌سنج/ اندازه‌گیری توان
۸- گشتاور/سرعت‌سنج
۹- جریان ورودی اینورتر (A)
۱۰- ولتاژ ورودی اینورتر (V)
۱۱- گشتاور موتور (Nm)
۱۲- سرعت موتور (min^{-1})

شکل ۴-۶: دیاگرام آزمون تلفات کل و بازدهی کل برای سیستم موتور

۳. شرایط آزمون

شرایط آزمون در جدول ۴-۷ تشریح شده است.

جدول ۴-۷: شرایط آزمون تلفات کل و بازدهی کل برای سیستم موتور

شرایط آزمون		مقدار	نکات
ولتاژ ورودی DC		ولتاژ نامی مطابق مقادیر تعریف شده در قسمت ۳، شماره ۲۲ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۳,۲۲ استاندارد ISO 21782-1:2019)	برای مقدار تلرانس مجاز ولتاژ ورودی DC رجوع شود به قسمت ۵ شماره ۳ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۵,۳ استاندارد ISO 21782-1:2019)
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵ شماره ۴ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۵,۴ استاندارد ISO 21782-1:2019)	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌هایی برای خنک‌کننده هستند. درصورت عدم وجود مشکل فنی، باید آزمون‌ها در دمای خنک‌کننده □ ۶۵ انجام شود. در غیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
نقطه کار		نقاط کار آزمون تعریف شده مطابق با تعاریف شکل ۴-۱ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با شکل ۱ استاندارد ISO 21782-1:2019) “a” – “a`”، “b”، “p1” تا “p10” (اختیاری: “e”، “e`”، “f”، “p1” تا “p10”)	
زمان کارکرد		برای نقاط کار “a”، “a`”، “p1”، “p3”، “p5”، “p7”، “p9”، “p10”: ۲s و ۱۰s (۳۰s و ۶۰s اختیاری) برای نقطه کار “b” : ۱۸۰۰ s برای نقاط کار “p2”، “p4”، “p6”، “p8”: ۱۸۰۰s و یا حداکثر زمان مجاز برای حفاظت دمایی	برای نقاط کار بازتولیدی، همان زمان‌های کارکرد برای نقاط کار موتوری متناظر، اعمال می‌گردد.
زمان اندازه‌گیری		میانگین یک ثانیه قبل	

۴. فرآیند آزمون

درصورت عدم وجود مشکل فنی، مسیر جریان خنک‌کننده بایستی بین اینورتر و موتور متصل باشد و خنک‌کننده باید از اینورتر به سمت موتور جریان داشته و آزمون‌ها باید در دمای خنک‌کننده‌ی □۶۵ انجام گردد. در غیر این صورت، ساختار خنک‌کننده و/یا تفاوت دمایی بایستی در گزارش آزمون مستند گردد.

در نقاط کار مشخص‌شده، توان ورودی و گشتاور خروجی و سرعت موتور می‌بایست اندازه‌گیری شده و ثبت گردند. هر مرتبه، میانگین یک ثانیه قبل داده‌ها باید استفاده گردند.

تلفات کل و بازدهی کل از طریق معادلات (۴-۱) و (۴-۲) قابل محاسبه است:

$$P_{sl} = P_{ii} - P_{mo} \quad (۴-۱)$$

$$\eta_s = \frac{P_{mo}}{P_{ii}} \times 100 \quad (۴-۲)$$

که در آن P_{ii} توان ورودی اینورتر، P_{mo} توان خروجی موتور، P_{sl} و η_s نیز بترتیب تلفات کل و بازدهی کل مربوط به سیستم موتور است.

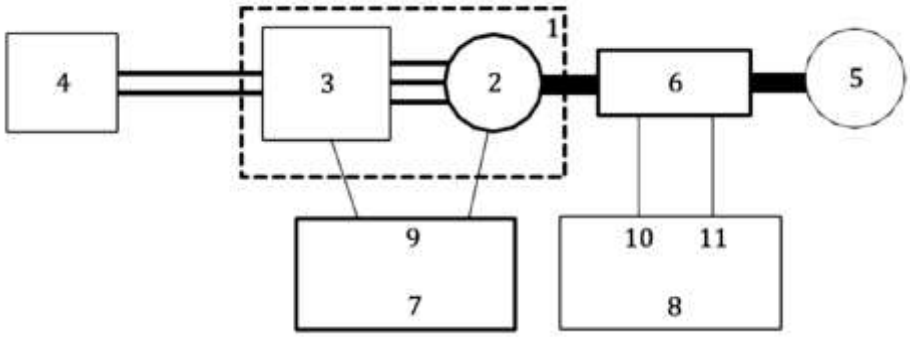
۲- آزمون افزایش دما

۱. کلیات

در حالت عملکرد ترکیبی موتور و اینورتر، این آزمون بدنبال بررسی مشخصات افزایش دمای هر قسمت از سیستم موتور در محدوده دمایی مشخصی است به منظور اطمینان از اینکه عملکرد سیستم موتور مطابق طراحی است.

۲. دیاگرام آزمون

دیاگرام آزمون در شکل ۴-۷ نشان داده شده است.



۱- تجهیز تحت آزمون (DUT)
۲- موتور مورد آزمون
۳- اینورتر مورد آزمون
۴- تغذیه برق DC
۵- بار
۶- نمایانگر سرعت/ گشتاور
۷- دماسنج
۸- گشتاور/سرعت‌سنج
۹- نقطه اندازه¬گیری دما (□)
۱۰- گشتاور موتور (Nm)
۱۱- سرعت موتور (min^{-1})

شکل ۴-۷: دیاگرام آزمون افزایش دما در سیستم موتور

۳. شرایط آزمون

شرایط آزمون در جدول ۴-۸بیان شده است.

جدول ۴-۸: شرایط آزمون افزایش دما برای سیستم موتور

شرایط آزمون		مقدار	نکات
ولتاژ ورودی DC		ولتاژ نامی مطابق مقادیر تعریف شده در قسمت ۳، شماره ۲۲ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۳,۲۲ استاندارد ISO 21782-1:2019)	برای مقدار تلرانس مجاز ولتاژ ورودی DC رجوع شود به قسمت ۵ شماره ۳ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۵,۳ استاندارد ISO 21782-1:2019)
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵ شماره ۴ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۵,۴ استاندارد ISO 21782-1:2019)	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌هایی برای خنک‌کننده هستند. درصورت عدم وجود مشکل فنی، باید آزمون‌ها در دمای خنک‌کننده □ ۶۵ انجام شود. در غیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
نقطه کار		نقاط کار آزمون تعریف شده مطابق با تعاریف شکل ۴-۱ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با شکل ۱ استاندارد ISO 21782-1:2019) – “a”، “b”	می‌تواند پس از جمع‌بندی با مشتری، تعیین گردد.
زمان کارکرد		برای نقطه کار “a”: ۲ s و ۱۰ s (۳۰ s و ۶۰ s اختیاری) برای نقطه کار “b” : ۱۸۰۰ s	
زمان اندازه‌گیری		میانگین یک ثانیه قبل	

۴. فرآیند آزمون

درصورت عدم وجود مشکل فنی، مسیر جریان خنک‌کننده بایستی بین اینورتر و موتور متصل باشد و خنک‌کننده باید از اینورتر به سمت موتور جریان داشته و آزمون‌ها باید در دمای خنک‌کننده‌ی □۶۵ انجام گردد. در غیر این صورت، ساختار خنک‌کننده و/یا تفاوت دمایی بایستی در گزارش آزمون مستند گردد.

سیستم موتور مورد آزمون باید در نقاط کار مشخصی کار کند و دمای نقاط اندازه‌گیری نیز باید ثبت شوند. در هر نقطه کار، دما باید پس از گذشت مدت زمان مشخص شده، یادداشت شود.

دمای سیم‌پیچ موتور مورد آزمون، باید در نقاطی که بعنوان بالاترین محسوب گردد، اندازه‌گیری شود. نقاط اندازه‌گیری درون سیم‌پیچ و سایر نقاط اندازه‌گیری، می‌تواند براساس قرارداد کارفرما با مشتری، اضافه گردد.

دمای اینورتر مورد آزمون باید در نقاط اندازه‌گیری بشرح زیر، اندازه گرفته شود:

- قسمت الکترودی عنصر نیمه‌هادی یا نقطه مشخصی از تجهیزات خنک‌کننده که بسیار نزدیک به این قسمت‌ها قرار دارند.
- ورودی و خروجی خنک‌کننده

نقاط اندازه‌گیری دیگر، می‌تواند براساس قرارداد کارفرما با مشتری، اضافه گردد.

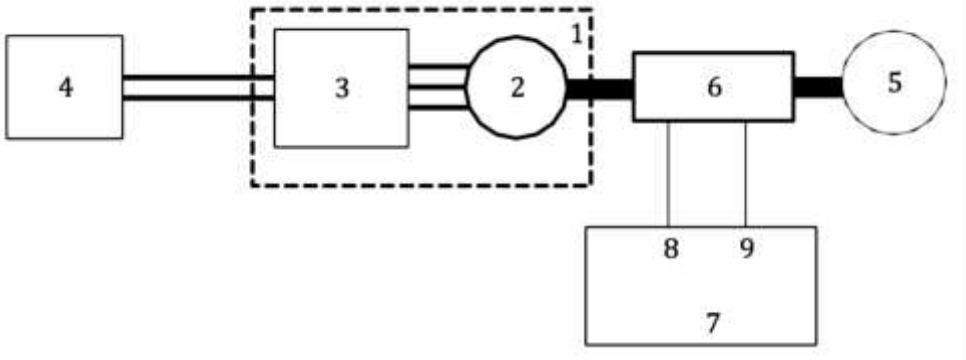
۳- آزمون مشخصه گشتاور

۱. کلیات

در حالت عملکرد ترکیبی موتور و اینورتر، این آزمون مشخصات گشتاور که در مشخصات سیستم موتور تعیین شده است را اندازه‌گیری می‌کند، به منظور اطمینان از اینکه عملکرد سیستم موتور مطابق طراحی است.

۲. دیاگرام آزمون

دیاگرام آزمون مطابق شکل ۴-۸ است.



۱- تجهیز تحت آزمون (DUT) **۲- موتور مورد آزمون** **۳- اینورتر مورد آزمون**
۴- تغذیه برق DC **۵- بار** **۶- نمایانگر سرعت/ گشتاور**
۷- گشتاور/سرعت‌سنج **۸- گشتاور موتور (Nm)** **۹- سرعت موتور (min^{-1})**

شکل ۴-۸: دیاگرام آزمون مشخصه گشتاور سیستم موتور

۳. شرایط آزمون

شرایط آزمون در جدول ۴-۹ بیان شده است.

جدول ۴-۹: شرایط آزمون مشخصه گشتاور برای سیستم موتور

شرایط آزمون		مقدار	نکات
ولتاژ ورودی DC		ولتاژ نامی مطابق مقادیر تعریف شده در قسمت ۳شماره ۲۲ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۳,۲۲ استاندارد ISO 21782-1:2019)	برای مقدار تلرانس مجاز ولتاژ ورودی DC رجوع شود به قسمت ۵ شماره ۳ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۵,۳ استاندارد ISO 21782-1:2019)
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵ شماره ۴ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۵,۴ استاندارد ISO 21782-1:2019)	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌هایی برای خنک‌کننده هستند. درصورت عدم وجود مشکل فنی، باید آزمون‌ها در دمای خنک‌کننده □ ۶۵ انجام شود. در غیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
نقطه کار		نقاط کار آزمون مطابق تعاریف شکل ۴-۱ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با شکل ۱ استاندارد ISO 21782-1:2019) “a” – “a`” ،“c” ،“d`”	
زمان کارکرد		برای نقاط کار “a”، “a`”، “c”، “d`”: ۲ s و ۱۰ s (۳۰ s و ۶۰ s اختیاری)	
زمان اندازه‌گیری		میانگین یک ثانیه قبل	

۴. فرآیند آزمون

سیستم موتور مورد آزمون باید در نقاط کار مشخص شده، کار کند و مقادیر گشتاور موتور و سرعت موتور باید ثبت گردد.

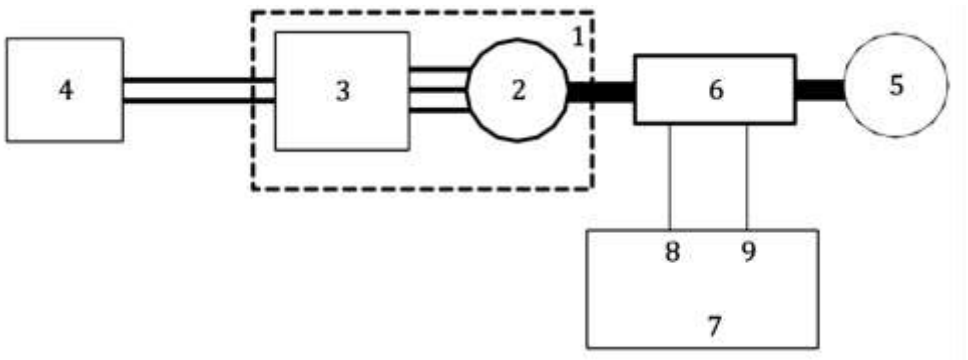
۴- آزمون ریپل گشتاور

۱. کلیات

در حالت عملکرد ترکیبی موتور و اینورتر، این آزمون رپیل گشتاور سیستم موتور را اندازه‌گیری می‌کند، به منظور اطمینان از اینکه عملکرد سیستم موتور مطابق طراحی است.

۲. دیاگرام آزمون

دیاگرام آزمون مطابق شکل ۴-۹ است.



۱- تجهیز تحت آزمون (DUT) **۲- موتور مورد آزمون** **۳- اینورتر مورد آزمون**
۴- تغذیه برق DC **۵- بار** **۶- نمایانگر سرعت/ گشتاور**
۷- گشتاور/سرعت‌سنج **۸- گشتاور موتور (Nm)** **۹- سرعت موتور (min^{-1})**

شکل ۴-۹: دیاگرام آزمون ریپل گشتاور سیستم موتور

۳. شرایط آزمون

شرایط آزمون در جدول ۴-۱۰ بیان شده است.

جدول ۴-۱۰: شرایط آزمون ریپل گشتاور برای سیستم موتور

شرایط آزمون		مقدار	نکات
ولتاژ ورودی DC		ولتاژ نامی مطابق مقادیر تعریف شده در قسمت ۳ شماره ۲۲ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۳,۲۲ استاندارد ISO 21782-1:2019)	برای مقدار تلرانس مجاز ولتاژ ورودی DC رجوع شود به قسمت ۵ شماره ۳ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۵,۳ استاندارد ISO 21782-1:2019)
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵ شماره ۴ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۵,۴ استاندارد ISO 21782-1:2019)	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	- در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. - اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌هایی برای خنک‌کننده هستند. - درصورت عدم وجود مشکل فنی، باید آزمون‌ها در دمای خنک‌کننده □ ۶۵ انجام شود. در غیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
نقطه کار		نقطه کار آزمون مطابق تعاریف شکل ۴-۱ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با شکل ۱ استاندارد ISO 21782-1:2019) – "d`"	اگر دستیابی به سرعت `d عملا میسر نیست بایستی سرعت توسط کارفرما و مشتری و با در نظر گرفتن پهنای باند فرکانسی دستگاه گشتاور/سرعت سنج انتخاب شود.
زمان کارکرد		- برای نقطه کار "d`": ۲ s و ۱۰ s (۳۰ s و ۶۰ s اختیاری)	
زمان اندازه‌گیری		- میانگین یک ثانیه قبل	

۴. فرآیند آزمون

سیستم موتور مورد آزمون باید در نقاط کار مشخص شده، کار کند و شکل موج خروجی مقادیر حاصل از گشتاور سنج باید ثبت گردد. ریپل گشتاور باید براساس مقادیر پیک تا پیک لحاظ گردد.

۴ ۲ ۶ گزارش آزمون

هر آزمون باید همراه یک گزارش آزمون، حاوی اطلاعات کافی از نتایج و شرایط آزمون، گزارش گردد[۱].

۴ ۳ پیش‌نویس شماره ۳- خودروهای برقی- مشخصات آزمون برای اجزای پیشرانه الکتریکی- بخش سوم: عملکرد موتور و اینورتر

۴ ۳ ۱ هدف و دامنه کاربرد

این پیش‌نویس استاندارد، به معرفی آزمون‌های عملکرد برای موتور و اینورتر که بعنوان سیستم پیشرانه الکتریکی کلاس B ولتاژ مورد کاربرد در خودروهای برقی طراحی شده‌اند، می‌پردازد.

۴ ۳ ۲ مراجع اصولی

مستندات ذیل در این پیش‌نویس به آن‌ها ارجاع داده می‌شود به صورتی که قسمتی و یا همه محتوای آن‌ها الزمات این پیش‌نویس را تشکیل می‌دهد.

پیش‌نویس شماره ۱۱ ستاندارد خودروهای برقی- مشخصات آزمون برای اجزای پیشرانه الکتریکی- بخش اول: تعارف و شرایط عمومی آزمون

۴ ۳ ۳ اصطلاحات و تعاریف

برای اهداف این پیش‌نویس، اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در پیش‌نویس شماره ۱ اعمال می‌شود.

۴ ۳ ۴ علائم اختصاری

برای اهداف این پیش‌نویس، علائم اختصاری ارائه شده در پیش‌نویس شماره ۱ اعمال می‌شود.

۴ ۳ ۵ آزمون‌های موتور

۱- اندازه‌گیری تلفات و بازدهی

۱. کلیات

---

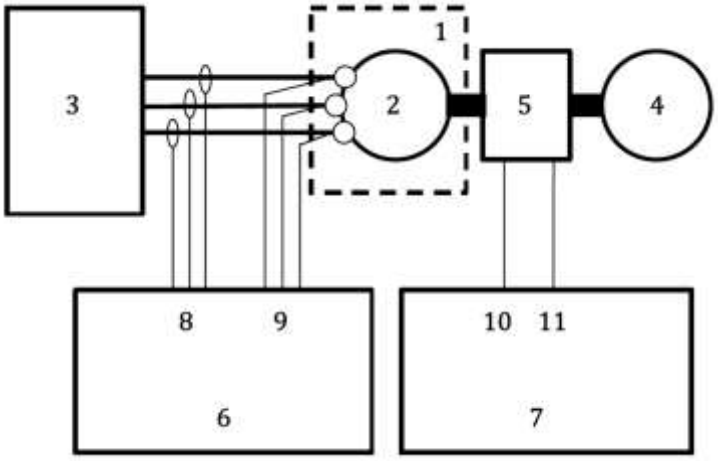
[۱]- مثال‌های گزارش آزمون حاوی شرایط و نتایج، در پیوست الف استاندارد ISO 21782-2:2019 موجود است.

هدف این آزمون، عملکرد موتور تحت شرایط مشخص و اندازه‌گیری تلفات و بازدهی موتور به منظور حصول اطمینان از عملکرد مطابق طراحی موتور است.

۲. دیاگرام آزمون

دیاگرام آزمون مطابق شکل ۲-۸ است.

هر دو روش دو واتمتر و سه‌واتمتر می‌توانند جهت اندازه‌گیری توان سه‌فاز ا ستفاده شوند. روش سه‌واتمتر ارجح است.



۱- تجهیز تحت آزمون (DUT)
۲- موتور
۳- اینورتر
۴- بار
۵- نمایانگر سرعت/ گشتاور
۶- دستگاه کیفیت‌سنج/ اندازه‌گیری توان
۷- گشتاور/سرعت‌سنج
۸- جریان ورودی اینورتر (A)
۹- ولتاژ ورودی اینورتر (V)
۱۰-گشتاور موتور (Nm)
۱۱- سرعت موتور (min^{-1})

شکل ۴-۱۰: دیاگرام برای اندازه‌گیری تلفات و بازدهی موتور

۳. شرایط آزمون

شرایط آزمون در جدول ۴-۱۱بیان شده است.

جدول ۴-۱۱: شرایط برای اندازه‌گیری تلفات و بازدهی موتور

شرایط آزمون		مقدار	نکات
ولتاژ ورودی اینورتر		ولتاژ نامی مطابق مقادیر تعریف شده در قسمت ۳ شماره ۲۲ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۳,۲۲ استاندارد ISO 21782-1:2019)	برای مقدار تلرانس مجاز ولتاژ ورودی اینورتر رجوع شود به قسمت ۵شماره ۳ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۵,۳ استاندارد ISO 21782-1:2019)
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵ شماره ۴ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۵,۴ استاندارد ISO 21782-1:2019)	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌های خنک‌کننده درصورت عدم وجود مشکل فنی، باید آزمون‌ها در دمای خنک‌کننده □ ۶۵ انجام شود. درغیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
نقطه کار		نقاط کار آزمون مطابق تعاریف شکل ۴-۱ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با شکل ۱ استاندارد ISO 21782-1:2019) – "a"، "a`"، "b"، "$p_1$" تا "$P_{10}$" (اختیاری: "e"، "e`"، "f"، "p_1" تا "p_{10}")	
فرکانس سوئیچینگ		فرکانس باید براساس توافق کارفرما با مشتری، تعیین گردد.	
زمان کارکرد		برای نقاط کار "a"، "a`"، "p_1"، "p_3"، "p_5"، "p_7"، "p_9"، "P_{10}": ۲s و ۱۰s (۳۰s و ۶۰s اختیاری) برای نقطه کار "b" : ۱۸۰۰s برای نقاط کار "p_2"، "p_4"، "p_6"، "p_8": ۱۸۰۰s و یا حداکثر زمان مجاز برای حفاظت دمایی	برای نقاط کار بازتولیدی، همان زمان‌های کارکرد برای نقاط کار موتوری متناظر، اعمال می‌گردد.

۴. فرآیند آزمون

موتور تحت آزمون باید در نقاط کار مشخصی و در زمان‌های کارکرد تعیین شده در جدول ۴-۱۱ کار کند.

توان ورودی و گشـــتاور خروجی و ســـرعت موتور باید ثبت گردد[1]. هر مرتبه باید میانگین یک ثانیه قبل داده‌ها استفاده شود. اندازه‌گیری عملکرد بازتولیدی می‌تواند طبق قرارداد کارفرما و مشتری انجام شود. تلفات و بازدهی از طریق معادلات (۴-۳) و (۴-۴) قابل محاسبه است:

$$\eta_{\mathrm{m}} = \frac{P_{\mathrm{mo}}}{P_{\mathrm{mi}}} \times 100 \qquad (۳-۴)$$

$$P_{\mathrm{ml}} = P_{\mathrm{mi}} - P_{\mathrm{mo}} \qquad (۴-۴)$$

که در آن P_{mi} و P_{mo} بترتیب توان‌های ورودی و خروجی موتور و P_{ml} و η_m نیز بترتیب تلفات و بازدهی موتور است.

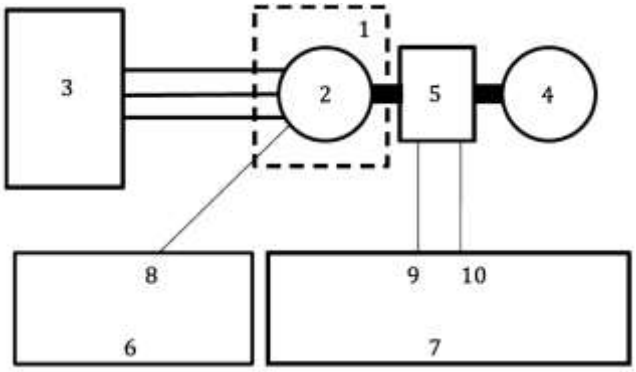
۲- آزمون افزایش دما

۱. کلیات

هدف این آزمون، عملکرد موتور تحت شـرایط مشـخص و اندازه‌گیری افزایش دما در موتور بمنظور حصـول اطمینان از عملکرد حرارتی مطابق طراحی موتور است.

۲. دیاگرام آزمون

دیاگرام آزمون مطابق شکل ۴-۱۱ است.



۱- تجهیز تحت آزمون (DUT)
۲- موتور
۳- اینورتر
۴- بار
۵- نمایانگر سرعت/ گشتاور
۶- دماسنج
۷- گشتاور/سرعت‌سنج
۸- نقطه اندازه‌گیری دما (°C)
۹- گشتاور موتور (Nm)
۱۰- سرعت موتور ($\mathbf{min^{-1}}$)

شکل ۴-۱۱: دیاگرام آزمون افزایش دمای موتور

۳. شرایط آزمون

شرایط آزمون در جدول ۴-۱۲ بیان شده است.

---

[1]- اطلاعات نحوه اندازه‌گیری توان ورودی در پیوست الف استاندارد ISO 21782-3:2019 موجود است.

جدول ۴-۱۲: شرایط آزمون افزایش دمای موتور

شرایط آزمون		مقدار	نکات
ولتاژ ورودی اینورتر		ولتاژ نامی مطابق مقادیر تعریف شده در قسمت ۳ شماره ۲۲ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۳,۲۲ استاندارد ISO 21782-1:2019)	برای مقدار تلرانس مجاز ولتاژ ورودی اینورتر رجوع شود به قسمت ۵ شماره ۳ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۵,۳ استاندارد ISO 21782-1:2019)
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵ شماره ۴ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۵,۴ استاندارد ISO 21782-1:2019)	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌هایی برای خنک‌کننده هستند. درصورت عدم وجود مشکل فنی، باید آزمون‌ها در دمای خنک‌کننده □ ۶۵ انجام شود. در غیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
نقطه کار		نقاط کار آزمون مطابق تعاریف شکل ۴-۱ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با شکل ۱ استاندارد ISO 21782-1:2019) – "a"، "b"	می‌تواند براساس توافق کارفرما با مشتری، تعیین گردد.
زمان کارکرد		برای نقطه کار "a": ۲s و ۱۰s برای نقطه کار "b" : ۱۸۰۰s	
فرکانس سوئیچینگ		فرکانس باید براساس توافق کارفرما با مشتری، تعیین گردد.	
زمان اندازه‌گیری		میانگین یک ثانیه قبل	

۴. فرآیند آزمون

موتور مورد آزمون باید در نقاط کار مشخص‌شده کار کند و دمای نقاط اندازه‌گیری نیز باید ثبت شوند. برای هر نقطه مشخصه گشتاور- سرعت، دما باید پس از گذشت مدت زمان مشخص شده در جدول ۴-۱۲، یادداشت شود.

هر اینورتری که قابلیت کارکرد پیوسته در نقطه گشتاور بیشینه دارد، می‌تواند بکار گرفته شود.

دمای سیم‌پیچ موتور مورد آزمون، باید در نقاطی که بعنوان بالاترین محسوب گردد، اندازه‌گیری شود. نقاط اندازه‌گیری درون سیم‌پیچ و سایر نقاط اندازه‌گیری، می‌تواند طبق قرارداد کارفرما با مشتری، اضافه گردد.

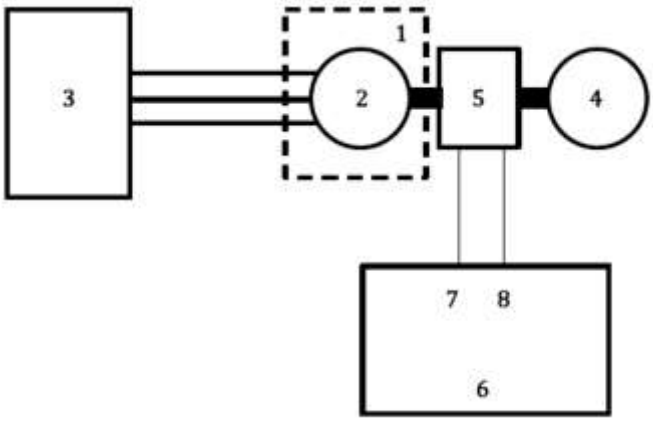
۳- آزمون مشخصه گشتاور

۱. کلیات

هدف این آزمون، عملکرد موتور تحت شرایط مشخص و بررسی مشخصات گشتاور موتور به منظور حصول اطمینان از عملکرد مطابق طراحی موتور است.

۲. دیاگرام آزمون

دیاگرام آزمون مطابق شکل ۴-۱۲ است.



۱- تجهیز تحت آزمون (DUT)
۲- موتور
۳- اینورتر
۴- بار
۵- نمایانگر سرعت / گشتاور
۶- گشتاور / سرعت سنج
۷- گشتاور موتور (Nm)
۸- سرعت موتور (min^{-1})

شکل ۴-۱۲: دیاگرام آزمون مشخصه گشتاور موتور

۳. شرایط آزمون

شرایط آزمون در جدول ۴-۱۳ بیان شده است.

جدول ۴-۱۳: شرایط آزمون مشخصه گشتاور موتور

شرایط آزمون		مقدار	نکات
ولتاژ ورودی اینورتر		ولتاژ نامی مطابق مقادیر تعریف شده در قسمت ۳ شماره ۲۲ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۳,۲۲ استاندارد ISO 21782-1:2019)	برای مقدار تلرانس مجاز ولتاژ ورودی اینورتر رجوع شود به قسمت ۵ شماره ۳ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۵,۳ استاندارد ISO 21782-1:2019)
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵ شماره ۴ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۵,۴ استاندارد ISO 21782-1:2019)	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌هایی برای خنک‌کننده هستند. درصورت عدم وجود مشکل فنی، باید آزمون‌ها در دمای خنک‌کننده □ ۶۵ انجام شود. در غیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
نقطه کار		نقاط کار آزمون مطابق تعاریف شکل ۴-۱ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با شکل ۱ استاندارد ISO 21782-1:2019) “a” – “a`”، “c”، “a``”، “d```”	
زمان کارکرد		برای نقاط کار “a”، “a`”، “c”، “a``”، “d```”: ۲s و ۱۰s (۳۰s و ۶۰s اختیاری)	

۴. فرآیند آزمون

موتور مورد آزمون باید در نقاط کار مشخص‌شده و در مدت زمان تعریف شده مطابق جدول ۴-۱۳ کار کند. توان ورودی، گشتاور خروجی و سرعت موتور باید ثبت گردد. هر میانگینی از یک ثانیه قبل داده‌های ثبت شده، باید استفاده گردد.

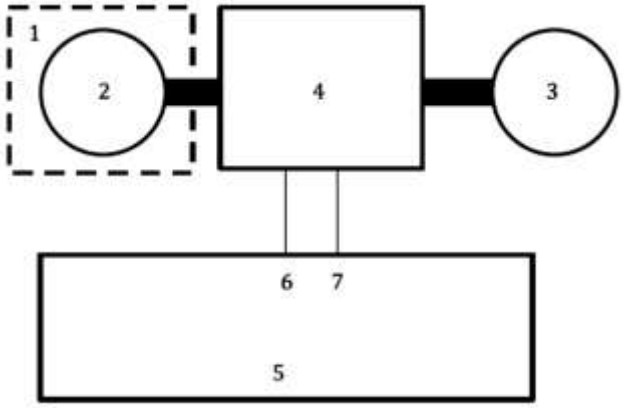
۴- آزمون گشتاور دندانه‌ای (کاگینگ)

۱. کلیات

هدف این آزمون، این اســـت که موتور مغناطیس دائم در ســـرعت پایین روی دینامومتر موتور (نیروســـنج کششی) کار کند و شکل موج گشتاور به منظور حصول اطمینان از اینکه گشتاور کاگینگ مطابق طراحی است، اندازه‌گیری شود.

۲. دیاگرام آزمون

دیاگرام آزمون مطابق شکل ۴-۱۳ است.



۱- تجهیز تحت آزمون **۲- موتور** **۳- دینامومتر**
۴- نمایانگر سرعت/ گشتاور **۵- گشتاور/سرعت‌سنج** **۶- گشتاور موتور (Nm)**
۷- سرعت موتور (min^{-1})

شکل ۴-۱۳: دیاگرام آزمون گشتاور کاگینگ موتور

۳. شرایط آزمون

شرایط آزمون در جدول ۴-۱۴ بیان شده است.

جدول ۴-۱۴: شرایط آزمون گشتاور کاگینگ موتور

شرایط آزمون	مقدار	نکات
شرایط هوای محیط	دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵ شماره ۴ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۵,۴ استاندارد ISO 21782-1:2019)	

۴. فرآیند آزمون

۱) باید شـــفت موتور به یک نمایانگر گشـــتاور همانند انکودر چرخان یا یک ســـیســـتم اندازه‌گیری مختص، متصل باشد. در طول اندازه‌گیری، در بی‌باری و در سرعتی در پایین‌ترین حد ممکن، شکل موج گشتاور کاگینگ باید اندازه‌گیری گردد.

۲) گشتاور کاگینگ باید براساس مقدار پیک تا پیک شکل موج اندازه‌گیری شده، باشد.

۴ ۳ ۶ آزمون‌های اینورتر

۱- اندازه‌گیری تلفات، بازدهی و نسبت تبدیل

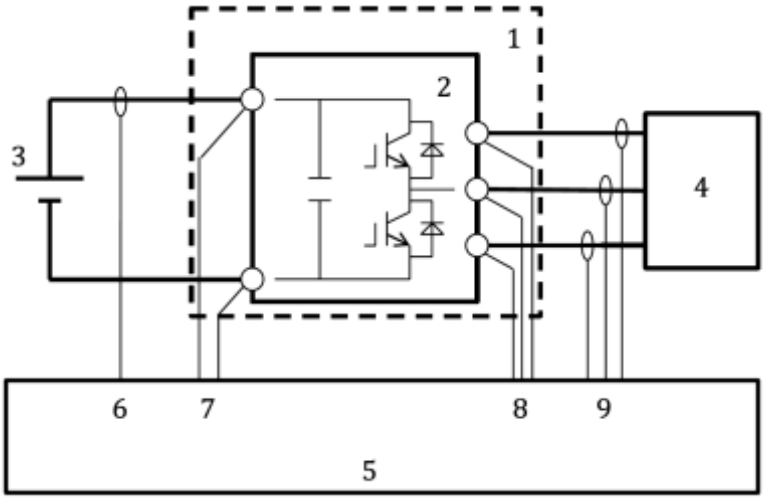
۱. کلیات

هدف این آزمون، عملکرد اینورتر تحت شرایط مشخص شده و اندازه‌گیری تلفات و بازدهی اینورتر به منظور حصول اطمینان از عملکرد مطابق طراحی اینورتر است.

۲. دیاگرام آزمون

دیاگرام آزمون مطابق شکل ۴-۱۴ است.

هر دو روش دو واتمتر یا سه‌واتمتر می‌توانند جهت اندازه‌گیری توان سه‌فاز ا ستفاده شوند. روش سه‌واتمتر ارجح است.



۱- تجهیز تحت آزمون (DUT) **۲- اینورتر** **۴- تغذیه برق DC**

۴- بار AC **۵- دستگاه کیفیت‌سنج/ اندازه‌گیری توان** ۶- جریان ورودی اینورتر (**A**)

۷- ولتاژ ورودی اینورتر (V) **۸- ولتاژ خروجی اینورتر (V)** ۹- جریان خروجی اینورتر (**A**)

شکل ۴-۱۴: دیاگرام اندازه‌گیری تلفات، بازدهی و نسبت تبدیل اینورتر

چند نمونه بار AC به شرح ذیل است:

- موتور واقعی: موتور مشخص‌شده براساس قرارداد کارفرما و مشتری
- شبیه‌ساز موتور: بار الکتریکی که بتواند شبیه‌ساز مشخصه الکتریکی موتور واقعی باشد.
- اندوکتانس AC (ACL): اندوکتانس سه‌فاز معادل برای اندوکتانس نشتی موتور
- بار اهمی-القایی RL: بار ACL همراه با مقاومت سری معادل برای مقاومت فاز موتور

۳. شرایط آزمون

شرایط آزمون در جدول ۴-۱۵ بیان شده است.

جدول ۴-۱۵: شرایط اندازه‌گیری تلفات، بازدهی و نسبت تبدیل اینورتر

شرایط آزمون		مقدار	نکات
ولتاژ ورودی اینورتر		ولتاژ نامی مطابق مقادیر تعریف شده در قسمت ۳ شماره ۲۲ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۳,۲۲ استاندارد ISO 21782-1:2019)	برای مقدار تلرانس مجاز ولتاژ ورودی اینورتر رجوع شود به قسمت ۵ شماره ۳ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۵,۳ استاندارد ISO 21782-1:2019)
نقطه کار		نقاط کار آزمون مطابق تعاریف شکل ۴-۱ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با شکل ۱ استاندارد ISO 21782-1:2019) – "a"، "b"	درصورت عدم وجود موتور، باید از جریان معادل با فرکانس ۲۰۰ Hz استفاده شود. برای نقاط کارکرد بازتولیدی، زمان‌های کارکرد همانند نقاط کارکرد موتوری مشابه اعمال گردد.
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵ شماره ۴ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۵,۴ استاندارد ISO 21782-1:2019)	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌های خنک‌کننده درصورت عدم وجود مشکل فنی، باید آزمون‌ها در دمای خنک‌کننده □ ۶۵ انجام شود. درغیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	مطابق مشخصات طراحی	
فرکانس خروجی		فرکانس نامی براساس مقادیر تعریفی بخش ۳ شماره ۲۰ پیش‌نویس شماره ۱ (برگرفته از استاندارد ISO 21782-1:2019)	می‌تواند براساس توافق با مشتری، تغییر نماید.
فرکانس سوئیچینگ		مطابق با فرکانس طراحی	می‌تواند براساس توافق با مشتری، تغییر نماید.
زمان کارکرد		برای نقطه کار "a": ۲s و ۱۰s (۳۰s و ۶۰s اختیاری) برای نقطه کار "b" : ۱۸۰۰s	

۴. فرآیند آزمون

۱) اینورتر تحت آزمون باید در نقاط جریان خروجی مشخصی و در زمان‌های کارکرد تعیین شده در

جدول ۴-۱۵ کار کند. توان ورودی و خروجی اینورتر می‌بایســت ثبت گردند[۱]. هر مرتبه، میانگین یک ثانیه قبل داده‌ها باید استفاده گردند.

۲) بازدهی، نسبت تبدیل و تلفات از طریق معادلات (۴-۵) تا (۴-۷) قابل محاسبه است.

$$\eta_{\mathrm{i}} = \frac{P_{\mathrm{io}}}{P_{\mathrm{ii}}} \times 100 \qquad (۵-۴)$$

$$\eta_{\mathrm{i\_conv}} = \frac{P_{\mathrm{io\_fund}}}{P_{\mathrm{ii\_mean}}} \times 100 \qquad (۶-۴)$$

$$P_{\mathrm{il}} = P_{\mathrm{ii}} - P_{\mathrm{io}} \qquad (۷-۴)$$

که در آن:

η_i: بازدهی اینورتر شامل هارمونیک‌ها و ریپل‌ها (برحسب %)

P_{ii} و P_{io}: بترتیب توان‌های ورودی و خروجی اینورتر (برحسب W)

$\eta_{i\text{-}conv}$: نسبت تبدل اینورتر (برحسب %)

$P_{\mathrm{ii\text{-}mean}}$: متوسط توان ورودی اینورتر (برحسب W)

$P_{\mathrm{io\text{-}fund}}$: مولفه اصلی توان خروجی اینورتر (برحسب W)

P_{il}: تلفات اینورتر (برحسب W)

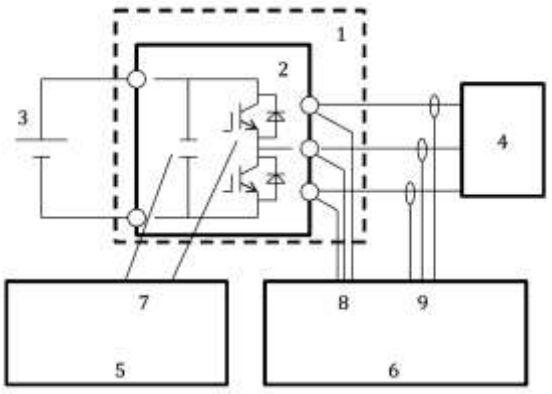
۲- آزمون افزایش دما

۱. کلیات

هدف این آزمون، عملکرد اینورتر تحت شرایط مشخص و اندازه‌گیری افزایش دما در اینورتر بمنظور حصول اطمینان از عملکرد حرارتی مطابق طراحی اینورتر است.

۲. دیاگرام آزمون

دیاگرام آزمون مطابق شکل ۴-۱۵ است.



[۱]- اطلاعات نحوه اندازه‌گیری توان خروجی در پیوست الف استاندارد ISO 21782-3:2019 موجود است.

۱- تجهیز تحت آزمون (DUT) **۲- اینورتر** **۳- تغذیه برق DC**
۴- بار AC **۵- دماسنج** **۶- دستگاه کیفیت‌سنج برق/ اندازه‌گیری توان**
۷-دمای نقاط اندازه‌گیری (℃) **۸- ولتاژ خروجی اینورتر (V)** **۹- جریان خروجی اینورتر (A)**

شکل ۴-۱۵: دیاگرام آزمون افزایش دمای اینورتر

۳. شرایط آزمون

شرایط آزمون در جدول ۴-۱۶ بیان شده است.

جدول ۴-۱۶: شرایط آزمون افزایش دمای اینورتر

شرایط آزمون		مقدار	نکات
ولتاژ ورودی اینورتر		حداکثر ولتاژ برای ظرفیت کارکرد نامحدود مطابق تعاریف بخش ۳ شماره ۱۳ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با ۳-۱۳ استاندارد ISO 21782-1:2019)	
جریان خروجی		شکل ۴-۱ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با شکل ۱ استاندارد ISO 21782-1:2019) - "a" و "b"	
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵ شماره ۴ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با ۵,۴ استاندارد ISO 21782-1:2019)	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌های خنک‌کننده درصورت عدم وجود مشکل فنی، باید آزمون‌ها در دمای خنک‌کننده □ ۶۵ انجام شود. درغیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
فرکانس خروجی		فرکانس نامی (f_r) براساس مقادیر تعریفی قسمت ۳ شماره ۲۰ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با ۳,۲۰ استاندارد ISO 21782-1:2019)	می‌تواند براساس توافق با مشتری، تغییر نماید.
فرکانس سوئیچینگ		مطابق با فرکانس طراحی	می‌تواند براساس توافق با مشتری، تغییر نماید.
زمان کارکرد		برای نقطه کار "a": ۲s و ۱۰s برای نقطه کار "b" : ۱۸۰۰s	

۴. فرآیند آزمون

۱) اینورتر باید تحت جریان $I_{t=t0}$ کار کند و دمای هر بخش اینورتر می‌بایست پس از گذشت مدت زمان مشخص شده (t_0) ثبت گردند.

۲) دمای اینورتر مورد آزمون باید در نقاط اندازه‌گیری بشرح ذیل اندازه گرفته شوند:

- بخش الکترودی عناصر نیمه‌هادی یا نقاط مشخصی ازاجزای سیستم خنک سازی که نزدیک این بخش‌ها متصلند.
- محل ورود و خروج خنک‌ساز

نقاط اندازه‌گیری اضافی می‌تواند براساس قرارداد کارفرما با مشتری، اضافه گردد.

چنانچه آزمون در حضور موتور متصل به اینورتر انجام شود، باید جریان $I_{t=1800}$ با گشتاور $M_{t=1800}$ تطابق داشته باشد و جریان $I_{t=2}$ نیز با گشتاور $M_{t=2}$ یا توان $M_{t=2}$ تطابق کند.

۴ ۳ ۷ آزمون‌های چاپر

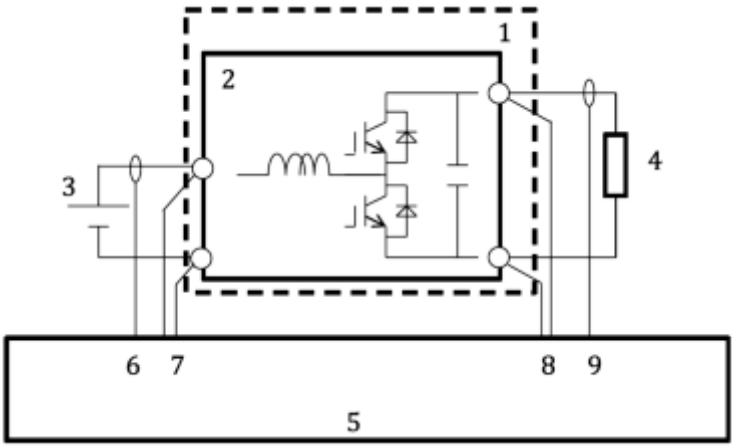
۱- اندازه‌گیری تلفات، بازدهی و نسبت تبدیل

۱. کلیات

هدف این آزمون، عملکرد چاپر تحت شرایط مشخص شده و اندازه‌گیری تلفات و بازدهی چاپر بمنظور حصول اطمینان از عملکرد مطابق طراحی چاپر است.

۲. دیاگرام آزمون

دیاگرام آزمون مطابق شکل ۴-۱۶ است.



۱- تجهیز تحت آزمون (DUT) **۲- چاپر** **۴- تغذیه برق DC**

۴- بار **۵- دستگاه کیفیت‌سنج برق/ اندازه‌گیری توان** ۶- جریان ورودی چاپر **(A)**

۷- ولتاژ ورودی چاپر (V) **۸- ولتاژ خروجی چاپر (V)** ۹- جریان خروجی چاپر **(A)**

شکل ۴-۱۶: دیاگرام اندازه‌گیری تلفات، بازدهی و نسبت تبدیل چاپر

۳. شرایط آزمون

شرایط آزمون در جدول ۴-۱۷ بیان شده است.

جدول ۴-۱۷: شرایط اندازه‌گیری تلفات، بازدهی و نسبت تبدیل چاپر

شرایط آزمون		مقدار	نکات
ولتاژ ورودی چاپر		ولتاژ نامی مطابق مقادیر تعریف شده در قسمت ۳ شماره ۲۲ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۳,۲۲ استاندارد ISO 21782-1:2019)	برای مقدار تلرانس مجاز ولتاژ ورودی چاپر رجوع شود به قسمت ۵ شماره ۳ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۵,۳ استاندارد ISO 21782-1:2019)
ولتاژ خروجی		حداکثر ولتاژ برای ظرفیت کارکرد نامحدود مطابق تعاریف بخش ۳ شماره ۱۳ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۳,۱۳ استاندارد ISO 21782-1: 2019)	می‌تواند براساس توافق با مشتری، تغییر نماید.
جریان خروجی		برای جریان حداکثر: $I_{t=2}$ برای جریان نامی: $I_{t=1800}$	
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵ شماره ۴ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۵,۴ استاندارد ISO 21782-1:2019)	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌های خنک‌کننده درصورت عدم وجود مشکل فنی، باید آزمون‌ها در دمای خنک‌کننده □ ۶۵ انجام شود. درغیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	مطابق مشخصات طراحی	
	هوا	مطابق مشخصات طراحی	
فرکانس سوئیچینگ		مطابق با فرکانس طراحی	می‌تواند براساس توافق با مشتری، تغییر نماید.
زمان کارکرد		برای جریان حداکثر: ۲s و ۱۰s (۳۰s و ۶۰s اختیاری) برای جریان نامی : ۱۸۰۰s	

۴. فرآیند آزمون

۱) چاپر تحت آزمون باید در نقاط جریان خروجی مشخصی و در زمان‌های کارکرد تعیین شده درجدول

۴-۱۷ ، کار کند. هر مرتبه، میانگین توان ورودی و خروجی چاپر در یک ثانیه قبل مدت زمان کارکرد باید ثبت گردد.

۲) بازدهی، نسبت تبدیل و تلفات از طریق معادلات (۴-۸) تا (۴-۱۰) قابل محاسبه است.

$$\eta_c = \frac{P_{co}}{P_{ci}} \times 100 \quad (۴-۸)$$

$$\eta_{c\_conv} = \frac{P_{co\_mean}}{P_{ci\_mean}} \times 100 \quad (۴-۹)$$

$$P_{cl} = P_{ci} - P_{co} \quad (۴-۱۰)$$

که در آن:

η_c: بازدهی چاپر شامل هارمونیک‌ها و ریپل‌ها (برحسب %)

P_{ci} و P_{co}: بترتیب توان‌های ورودی و خروجی چاپر (برحسب W)

$\eta_{c\text{-}conv}$: نسبت تبدیل چاپر (برحسب %)

$P_{ci\text{-}mean}$: متوسط توان ورودی چاپر (برحسب W)

$P_{co\text{-}mean}$: متوسط توان خروجی چاپر (برحسب W)

P_{cl}: تلفات چاپر (برحسب W)

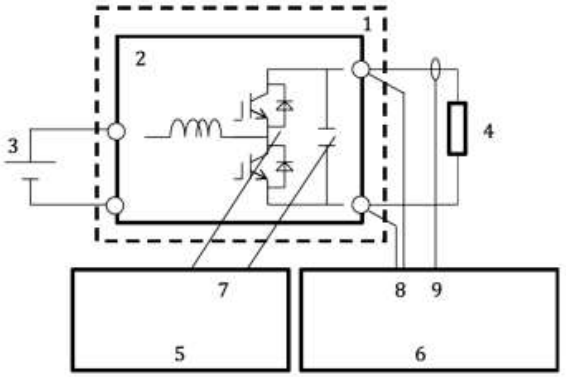
۲- آزمون افزایش دما

۱. کلیات

هدف این آزمون، عملکرد چاپر تحت شـرایط مشـخص و اندازه‌گیری افزایش دما در چاپر بمنظور حصـول اطمینان از عملکرد حرارتی مطابق طراحی چاپر است.

۲. دیاگرام آزمون

دیاگرام آزمون مطابق شکل ۴-۱۷ است.



۱- تجهیز تحت آزمون (DUT) **۲- چاپر** **تغذیه برق DC**

۴- بار **۵- دماسنج** **۶- دستگاه کیفیت‌سنج برق/ اندازه‌گیری توان**

۷- دمای نقاط اندازه‌گیری (°C) **۸- ولتاژ خروجی چاپر (V)** **۹- جریان خروجی چاپر (A)**

شکل ۴-۱۷: دیاگرام آزمون افزایش دمای چاپر

۳. شرایط آزمون

شرایط آزمون در جدول ۴-۱۸ بیان شده است.

جدول ۴-۱۸: شرایط آزمون افزایش دمای چاپر

شرایط آزمون		مقدار	نکات
ولتاژ ورودی چاپر		حداقل ولتاژ برای ظرفیت کارکرد نامحدود مطابق تعاریف بخش ۳ شماره ۱۴ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۳,۱۴ استاندارد ISO 21782-1:2019)	
ولتاژ خروجی		حداکثر ولتاژ برای ظرفیت کارکرد نامحدود مطابق تعاریف بخش ۳ شماره ۱۳ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۳,۱۳ استاندارد ISO 21782-1:2019)	
جریان خروجی		برای جریان حداکثر: $I_{t=2}$ برای جریان نامی: $I_{t=1800}$	
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت مطابق تعریف در قسمت ۵ شماره ۴ پیش‌نویس شماره ۱ (مطابق با بخش ۵,۴ استاندارد ISO 21782-1:2019)	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌های خنک‌کننده درصورت عدم وجود مشکل فنی، باید آزمون‌ها در دمای خنک‌کننده □ ۶۵ انجام شود. درغیر این صورت مقدار تفاوت، در گزارش آزمون ذکر گردد.
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداکثر نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	حداکثر نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
فرکانس سوئیچینگ		مطابق با فرکانس طراحی	می‌تواند براساس توافق با مشتری، تغییر نماید.
زمان کارکرد		برای جریان حداکثر: ۲s و ۱۰s برای جریان نامی : ۱۸۰۰s	

۴. فرآیند آزمون

۱) چاپر باید تحت جریان $I_{t=t0}$ کار کند و دمای هر بخش چاپر می‌بایست پس از گذشت مدت زمان مشخص شده (t_0) ثبت گردند.

۲) دمای چاپر مورد آزمون باید در نقاط اندازه‌گیری بشرح ذیل اندازه گرفته شوند:

- بخش الکترودی عناصر نیمه‌هادی یا نقاط مشخصی از اجزای سیستم خنک‌سازی که نزدیک این بخش‌ها متصلند.
- محل ورود و خروج خنک‌ساز

نقاط اندازه‌گیری اضافی می‌تواند براساس قرارداد کارفرما با مشتری، اضافه گردد.

۴ ۳ ۸ گزارش‌های آزمون

هر آزمون باید همراه با یک گزارش آزمون، شامل اطلاعات کافی از نتایج و شرایط آزمون، گزارش گردد[۱].

۴ ۴ پیش‌نویس شماره ۴- خودرو برقی- مشخصات آزمون برای اجزای پیشرانه الکتریکی- بخش ششم: آزمون عملکرد تحت بار موتور و اینورتر

۴ ۴ ۱ هدف و دامنه کاربرد

این پیش‌نویس استاندارد، به معرفی آزمون‌های عملکرد تحت بار و معیارهای آزمون برای موتور و اینورتر که بعنوان سیستم پیشرانه الکتریکی کلاس B ولتاژ مورد کاربرد در خودروهای برقی طراحی شده‌اند، می‌پردازد.

۴ ۴ ۲ مراجع اصولی

مستندات ذیل در این پیش‌نویس به آن‌ها ارجاع داده می‌شود به صورتی که قسمتی و یا همه محتوای آن‌ها الزامات این پیش‌نویس را تشکیل می‌دهد.

پیش‌نویس شماره ۱۱ استاندارد خودروهای برقی- مشخصات آزمون برای اجزای پیشرانه الکتریکی- بخش اول: تعارف و شرایط عمومی آزمون

۴ ۴ ۳ اصطلاحات و تعاریف

برای اهداف این پیش‌نویس، اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در پیش‌نویس شماره ۱ اعمال می‌شود.

۴ ۴ ۴ آزمون‌های استقامت عملکرد موتور

۱- آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید

۱. کلیات

هدف این آزمون، ارزیابی و درجه‌بندی قدرت تجهیزاتی (یاتاقان‌ها، حلقه انتهایی، خار محور موتور، اتصالات

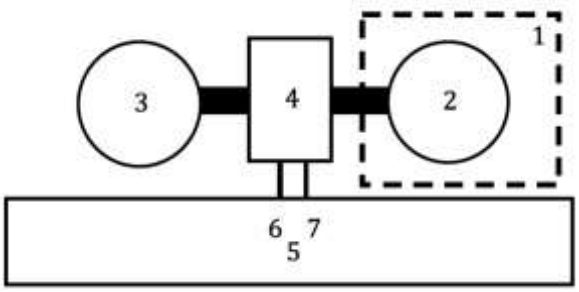
---

[۱]- نمونه گزارش‌های آزمون حاوی نتایج و شرایط در پیوست ب استاندارد ISO 21782-3:2019 آمده است.

روتور، روتور و سنسور موقعیت) است که از فرسودگی مکانیکی حاصل از تکرار تناوبی سرعت بیشینه موتور، تاثیر می‌پذیرند. این آزمون با در نظر گرفتن عملکردهای مکرر در حدهای بالایی مشخصه موتور انجام می‌پذیرد. در غیر اینصورت، روش آزمون می‌تواند توسط کارفرما و مشتری انتخاب گردد.

۲. دیاگرام آزمون

دیاگرام آزمون در شکل ۴-۱۸ نشان داده شده است. کارکرد موتور تحت آزمون، همراه با عملکرد متقابل دینامومتر خواهد بود.



۱- تجهیز تحت آزمون (DUT) **۲- موتور** ۳- دینامومتر
۴- نمایانگر سرعت/ گشتاور **۵- گشتاور/سرعت‌سنج** ۶- گشتاور موتور **(Nm)**
۷- سرعت موتور (min^{-1})

شکل ۴-۱۸: دیاگرام آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید موتور

۳. شرایط آزمون

شرایط آزمون در جدول ۴-۱۹ تشریح شده است.

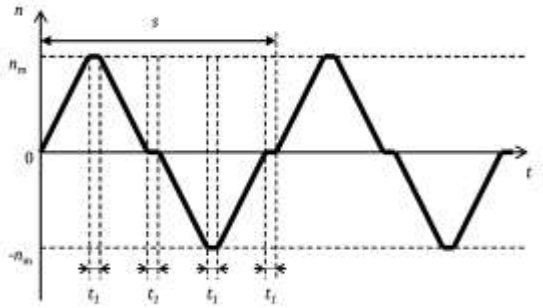
جدول ۴-۱۹: شرایط آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید موتور

شرایط آزمون		مقدار	نکات
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت هوا مطابق تعریف در قسمت ۵-۴- پیش‌نویس شماره ۱	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌های خنک‌کننده
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	

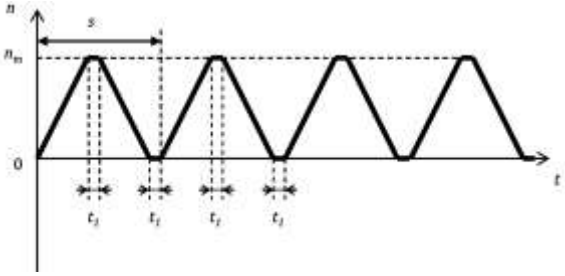
۴. فرآیند آزمون

الگوی انجام آزمون در شکل ۴-۱۹ نشان داده شده است. چرخش مکرر ساعتگرد و پادساعتگرد در سرعت بیشینه مشخصه موتور انجام می‌شود. آزمون در بی باری است.

تعداد سیکل‌ها باید طبق توافق کارفرما و مشتری، براساس جدول ۴-۲۰ و جدول ۴-۲۱ انتخاب شود.



الف) الگوی آزمون برای موتور با چرخش دو جهته



ب) الگوی آزمون برای موتور با چرخش تک جهته

t: زمان (ثانیه) **n: سرعت موتور (min-1)** **n_m: سرعت بیشینه (min^{-1})**

s: یک سیکل **t_1: زمان نگهداری (ثانیه)**

شکل ۴-۱۹: الگوی آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید موتور

نرخ شتاب افزایشی در شکل ۴-۱۹ معادل با نرخ شتاب وسیله نقلیه هدف است و انتخاب آن با توافق بین کارفرما و مشتری است. زمان t_1 در سرعت بیشینه و سرعت صفر باید تا کمترین مقدار ممکن (مثلا یک ثانیه) کاهش یابد. در حالت موتور با چرخش تک جهته، باید همانند شکل ۴-۱۹ (ب)، تنها سرعت مثبت لحاظ گردد.

هدف این آزمون، ارزیابی استقامت مکانیکی است. درجه‌بندی استقامت، در حالت موتور با چرخش دو جهته مطابق جدول جدول ۴-۲۰ و در حالت موتور با چرخش تک جهته مطابق جدول ۴-۲۱، نمایش داده می‌شود.

جدول ۴-۲۰: تعداد دوره‌ها در آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید برای موتور با چرخش دو جهته

درجه	تعداد دوره (سیکل)
S	۵۰۰,۰۰۰
A	۳۰۰,۰۰۰
B	۲۰۰,۰۰۰
C	۱۰۰,۰۰۰

جدول ۴-۲۱: تعداد دوره‌ها در آزمون استقامت شتاب افزایشی/کاهشی شدید برای موتور با چرخش تک جهته

درجه	تعداد دوره (سیکل)
S	۱,۰۰۰,۰۰۰
A	۶۰۰,۰۰۰
B	۴۰۰,۰۰۰
C	۲۰۰,۰۰۰

۵. الزامات آزمون

۱) کلیات

آزمون دوره‌ای، باید از درجه C که در جدول ۴-۲۰ و جدول ۴-۲۱ بیان شـــده، در حالت باز بودن فازهای موتور آغاز گردد. تأیید با برق‌دار کردن و جدا سازی قطعات باید پس از آزمایش ا ستقامت شتاب/ شتاب زیاد انجام شـــود تا تجزیه و تحلیل و تأیید شـــود که تغییرات قبل و بعد از برق‌دار کردن داخل معیارهای مربوطه در جدول ۴-۲۲ قرار دارد. چنانچه طبق توافق میان کارفرما و مشتری، تایید گردد که این موتور، بوضوح متعلق به یک معیار بالاتر از درجه C ا ست؛ آزمون دوره‌ای تا درجه بالایی بعدی ادامه می‌یابد. در صورت د ستیابی به تعداد دوره مورد نظر، جداسازی باید انجام شود و معیارهای آن در جدول ۴-۲۳ ارائه شده است. چنانچه درطی یک آزمون دوره‌ای شکست تجهیز رخ دهد، موتور می‌بایست طبق توافق میان کارفرما و مشتری، از هم باز شده و بررسی گردد. نهایتا درجه‌بندی موتور باید براســـاس نتایج مرحله برق‌دار کردن و تحلیل پس از تســـت، انتخاب گردد. درصـــورتی که تغییرات قبل و بعد از مرحله برق‌دار کردن در محدوده معیارهای موجود در جدول ۴-۲۳ نبوده و یا هرگونه خرابی یا ناهنجاری در تحلیل پس از آزمون مشاهده گردد، موتور باید در یک درجه پایین‌تر جای گیرد.

۲) برق‌دار کردن

پیش از انجام این آزمون، داده‌های آزمون که در جدول ۴-۲۲ آمده اســت باید تهیه گردند تا بتوان داده‌های قبل و بعد از این آزمون را مقایسه نمود.

- اندازه‌گیری نیروی ضدمحرکه الکتریکی (back-EMF)

نیروی ضدمحرکه الکتریکی موتور در ۱۰٪ سرعت بیشینه توسط محرک خارجی، اندازه‌گیری می شود. این

مقدار می‌بایست قبل و بعد از آزمون، حداکثر ۵٪ تفاوت داشته باشد.

یادداشت: اگر نوع تجهیز تحت آزمون، غیر از موتور مغناطیس دائم باشد؛ از این اندازه‌گیری میتوان صرف‌نظر نمود.

- اندازه گیری موقعیت مبدا و شکل موج سنسور موقعیت

اختلاف در شکل موج نیروی ضدمحرکه الکتریکی فاز مرجع و موقعیت مبدا سنسور موقعیت در ۱۰٪ سرعت بیشینه توسط محرک خارجی، باید اندازه‌گیری شود. این مقدار می‌بایست قبل و بعد از آزمون، حداکثر ۵° تفاوت در زاویه الکتریکی داشته باشد.

- مشخصه گشتاور-سرعت

گشتاور موتور، ولتاژ ورودی موتور، جریان خروجی اینورتر و سرعت موتور، می‌بایست به کمک میز آزمون بار در نقاط کار a و c مشخص شده در شکل۱ پیش‌نویس شماره ۱، اندازه‌گیری گردند.

مقدار اختلاف در گشتاور قبل و بعد از آزمون، می‌بایست حداکثر ۵٪ باشد.

- اندازه‌گیری ارتعاش

ارتعاشات تولید شده موتور حین شتاب افزایشی بوسیله اینورتر تا سرعت بیشینه، می‌بایست اندازه‌گیری شوند. نرخ شتاب باید به اندازه کافی آهسته باشد. داده‌های ارتعاش قبل و بعد از آزمون باید مقایسه گردند تا مشخص گردد که هیچ افزایش قابل توجهی ایجاد نشده است. تغییرات در مقادیر ارتعاش باید طبق یک توافق میان کارفرما و مشتری مورد قضاوت قرار گیرد. معیارهای برقدار کردن در جدول ۴-۲۲ آمده است.

جدول ۴-۲۲: معیارهای برق‌دار کردن

موارد اندازه‌گیری	شرایط	معیار
نیروی ضدمحرکه الکتریکی (back-EMF)	۱۰٪ سرعت بیشینه	حداکثر ۵٪ اختلاف قبل و بعد از آزمون
موقعیت مبدا و شکل موج سنسور موقعیت	سرعت مشخص شده	حداکثر ۵° اختلاف زاویه الکتریکی قبل و بعد از آزمون
مشخصه گشتاور-سرعت	نقاط کار a و c	حداکثر ۵٪ اختلاف گشتاور قبل و بعد از آزمون
ارتعاش	حین شتاب افزایشی به سرعت بیشینه توسط اینورتر (نرخ شتاب: به اندازه کافی آهسته)	بدون هیچ افزایش قابل توجهی

۳) جداسازی قطعات

موتور باید باز شود و هر قسمت آن باید بازرسی گردد. موارد و معیارهای مربوطه در جدول ۴-۲۳ آمده است.

تفاوت‌هایی که بر عملکرد موتور تاثیر معکوس دارند، نباید پس از جداسازی قطعات آن نیز اتفاق بیفتد. جزئیات معیارها می‌بایست مورد توافق کارفرما و مشتری باشد.

یادداشت: جداسازی قطعات اختیاری بوده و در صورت وجود ناهنجاری‌ها در معاینات غیرمخرب، مورد توافق کارفرما و مشتری است.

جدول ۴-۲۳: معیارهای جداسازی قطعات

قسمت‌ها و بخش‌ها	جزئیات بازرسی	معیار
یاتاقان	خراش سمت انتقالی افت گریس خزش	خراش منجر به نویز نگردد. افت گریس < مقدار مرجع بدون خزش
حلقه انتهایی	تغییر شکل ترک	بدون تغییر شکل بزرگ بدون ترک
خار محور موتور	تغییر شکل سایش	بدون تغییر شکل بزرگ بدون سایش زیاد
اتصالات روتور (آهنربا، قفسه و غیره)	کنده‌شدن پوست از تغییر شکل چسبنده	بدون کنده‌شدن پوست
محیط خارجی روتور	تغییر شکل سایش	بدون تغییر شکل زیاد بدون سایش زیاد (براساس اندازه بیرونی)
سنسور موقعیت	انحراف از موقعیت (تعداد قطب‌ها نیز اشاره شده است)	جابجایی مجاز پرتابه متمرکز بودن مجاز

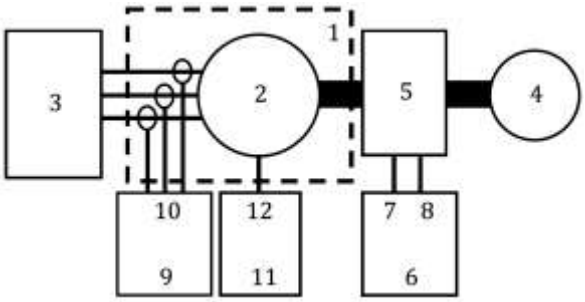
۲- آزمون استقامت گشتاور بیشینه

۱. کلیات

هدف این آزمون، ارزیابی و درجه‌بندی قدرت تجهیزاتی (خار محور موتور، اتصالات روتور، بخش‌های محکم‌کننده محور و اتصالات استاتور) است؛ که از فرسودگی مکانیکی حاصل از تکرار تناوبی گشتاور بیشینه موتور، تاثیر می‌پذیرند. این آزمون با لحاظ نمودن عملکردهای مکرر در حدهای بالایی مشخصه موتور انجام می‌پذیرد. در غیر اینصورت، روش آزمون می‌تواند توسط کارفرما و مشتری انتخاب گردد.

۲. دیاگرام آزمون

دیاگرام آزمون در شکل ۴-۲۰ نشان داده شده است.



۱- تجهیز تحت آزمون (DUT) **۲- موتور** **۳- اینورتر**
۴- بار **۵- نمایانگر سرعت/ گشتاور** **۶- گشتاور/سرعت‌سنج**
۷- گشتاور موتور (Nm) **۸- سرعت موتور (min^{-1})** **۹- کنتور توان**
۱۰- جریان ورودی موتور (A) **۱۱- ترمومتر** **۱۲- دمای موتور (سانتیگراد)**

شکل ۴-۲۰: دیاگرام آزمون استقامت گشتاور بیشینه موتور

موتور تحت آزمون باید در سرعت ثابت و در ولتاژ نامی ذکرشده در پیش‌نویس شماره ۱، بروی میز آزمایش موتور، کار کند.

۳. شرایط آزمون

شرایط آزمون در جدول ۴-۲۴ بیان شده است.

جدول ۴-۲۴: شرایط آزمون استقامت گشتاور بیشینه موتور

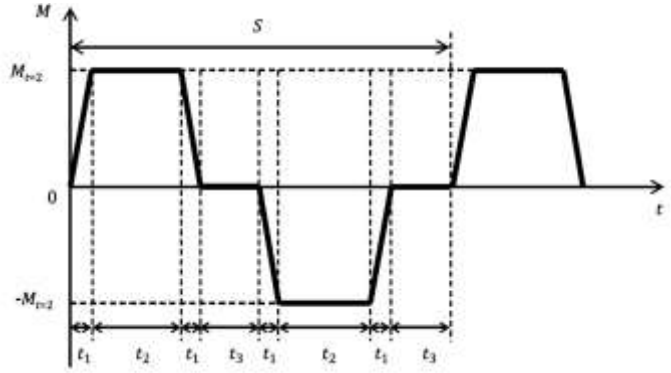
شرایط آزمون		مقدار	نکات
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت هوا مطابق تعریف در قسمت ۵ شماره ۴ پیش‌نویس شماره ۱ (بخش ۵,۴ استاندارد ISO 21782-1:2019)	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌های خنک‌کننده
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	

۴. فرآیند آزمون

الگوی آزمون مطابق شکل ۴-۲۱ است. سرعت ثابت باید بین نقاط کار d و a مطابق شکل ۴-۱ پیش‌نویس شماره ۱ تنظیم شود. گشتاور موتور باید روی مقادیر $M_{t=2}$ و $-M_{t=2}$- همانند شکل ۴-۲۱ عمل کند. پارامترهای زمانی t_1، t_2 و t_3 در شکل ۴-۲۱ باید مطابق جدول ۴-۲۵ با شند. آزمون‌ها باید با تکرار تعداد سیکل‌ها برا ساس درجه‌بندی مربوطه نشان داده شده در جدول ۴-۲۶ باشند. دمای هر قسمت موتور باید بگونه‌ای کنترل گردند که بطور قابل توجهی برابر با دمای اشباع حین عملکرد در بار پیوسته مجاز، همانند شکل ۴-۲۲ گردند.

یادداشت: به منظور محافظت از گشتاور سنج، می‌توان آزمون را پس از رسیدن به گشتاور بیشینه، بدون آن انجام داد. در آن صورت،

گشتاور سنج می‌تواند با توان سنج برای اندازه‌گیری جریان‌های ورودی موتور، تعویض گردد.



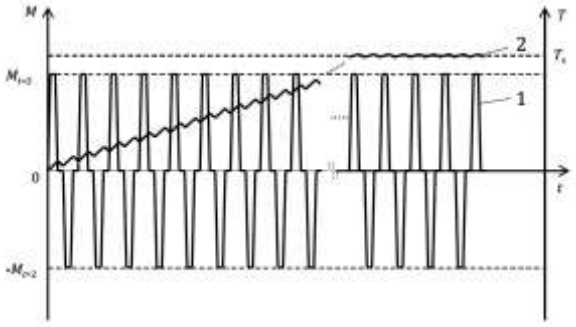
t: زمان (ثانیه) **M: گشتاور (Nm)** **$M_{t=2}$: گشتاور موتوری بیشینه به مدت t_0=2 (Nm)**

s: یک سیکل **t_1، t_2، t_3: پارامترهای زمانی** **$-M_{t=2}$: گشتاور بازتولیدی بیشینه به مدت t_0=2 (Nm)**

شکل ۴-۲۱: الگوی استقامت گشتاور بیشینه موتور

جدول ۴-۲۵: توصیف پارامترهای زمانی در شکل ۴-۲۱

پارامترهای زمانی	الزامات
t1	باید به حداقل مقدار ممکن (به لحاظ فنی) کاهش پیدا کند.
t2	باید کمتر از یک ثانیه باشد.
t3	باید بگونه‌ای کنترل گردد که میانگین توان خروجی، برابر با همان مقدار بار پیوسته مجاز موتور شود.



t: زمان (ثانیه) **$M_{t=2}$: گشتاور موتوری بیشینه به مدت $t_{0=2}$ (Nm)** **1: گشتاور موتور**

M: گشتاور (Nm) **$-M_{t=2}$: گشتاور بازتولیدی بیشینه به مدت $t_{0=2}$ (Nm)** **2: دمای موتور**

T: دما (سانتیگراد) **T_s: دمای اشباع حین عملکرد توان خروجی نامی**

شکل ۴-۲۲: نمای زمانی بلند مدت از شکل ۴-۲۱

جدول ۴-۲۶: تعداد سیکل‌ها در آزمون استقامت گشتاور بیشینه موتور

درجه	تعداد دوره (سیکل)
S	۲,۰۰۰,۰۰۰
A	۱,۰۰۰,۰۰۰
B	۵۰۰,۰۰۰
C	۳۰۰,۰۰۰

۵. الزامات آزمون

۱) کلیات

آزمون دوره‌ای باید از درجه C که در جدول ۴-۲۶ اشاره گردید، آغاز شود. تایید با برق‌دار کردن و جداسازی قطعات، می‌بایست پس از آزمون استقامت گشتاور بیشینه صورت پذیرد. پیش از شروع آزمون، می‌بایست درخصوص درجه مورد نظر توسط کارفرما و مشتری تصمیم‌گیری شود. پس از هر درجه، باید مرحله برق‌دار کردن بمنظور تایید اینکه تغییرات قبل و بعد از آزمون، داخل معیارهای مربوطه در جدول ۴-۲۷ قرار دارد؛ انجام شود. البته کارفرما و مشتری می‌توانند توافق کنند که مرحله برقدار کردن، تنها پس از درجه مورد هدف انجام شود. پس از دستیابی به درجه مورد هدف، باید مرحله جداسازی قطعات انجام شود تا تطابق با معیارهای مربوطه در جدول ۴-۲۸ تایید گردد.

۲) برق‌دار کردن

پیش از انجام این آزمون، داده‌های آزمون که در جدول ۴-۲۷ آمده است باید تهیه گردند تا بتوان داده‌های قبل و بعد از این آزمون را مقایسه نمود.

- اندازه‌گیری نیروی ضدمحرکه الکتریکی (back-EMF)

نیروی ضدمحرکه الکتریکی موتور در ۱۰٪ سرعت بیشینه توسط محرک خارجی، اندازه‌گیری می شود. این مقدار می‌بایست قبل و بعد از آزمون، حداکثر ۵٪ تفاوت داشته باشد.

یادداشت: اگر نوع تجهیز تحت آزمون، غیر از موتور مغناطیس دائم باشد؛ از این اندازه‌گیری میتوان صرف‌نظر نمود.

- بررسی موقعیت مبدا و شکل موج سنسور موقعیت

اختلاف در شکل موج نیروی ضدمحرکه الکتریکی فاز مرجع و موقعیت مبدا سنسور موقعیت در ۱۰٪ سرعت بیشینه توسط محرک خارجی، باید اندازه‌گیری شود. این مقدار می‌بایست قبل و بعد از آزمون، حداکثر ۵° تفاوت در زاویه الکتریکی داشته باشد.

- مشخصه گشتاور-سرعت

گشتاور موتور، ولتاژ ورودی موتور، جریان خروجی اینورتر و سرعت موتور، می‌بایست به کمک میز آزمون بار در نقاط کار a و c مشخص شده در شکل ۴-۱ پیش‌نویس شماره ۱، اندازه‌گیری گردند. مقدار اختلاف در گشتاور قبل و بعد از آزمون، می‌بایست حداکثر ۵٪ باشد.

- اندازه‌گیری ارتعاش

ارتعاشات تولید شده موتور حین شتاب افزایشی بوسیله اینورتر تا سرعت بیشینه، می‌بایست اندازه‌گیری شوند. نرخ شتاب باید به اندازه کافی آهسته باشد. داده‌های ارتعاش قبل و بعد از آزمون باید مقایسه گردند تا هیچ افزایش قابل توجهی ایجاد نشده باشد. تغییرات در مقادیر ارتعاش باید مورد توافق میان کارفرما و مشتری باشد.

معیارهای برق‌دار کردن در جدول ۴-۲۷ آمده است.

جدول ۴-۲۷: معیارهای برق‌دار کردن

موارد اندازه‌گیری	شرایط	معیار
نیروی ضدمحرکه الکتریکی (back-EMF)	۱۰٪ سرعت بیشینه	حداکثر ۵٪ اختلاف قبل و بعد از آزمون
موقعیت مبدا و شکل موج سنسور موقعیت	سرعت مشخص شده	حداکثر 5° اختلاف زاویه الکتریکی قبل و بعد از آزمون
مشخصه گشتاور-سرعت	نقاط کار a و c	حداکثر ۵٪ اختلاف گشتاور قبل و بعد از آزمون
ارتعاش	حین شتاب افزایشی به سرعت بیشینه توسط اینورتر (نرخ شتاب: به اندازه کافی آهسته)	بدون هیچ افزایش قابل توجهی

۳) جداسازی قطعات

پس از آزمون‌های مرحله برق‌دار کردن، موتور باید باز شود و هر قسمت آن باید بازرسی گردد. موارد بازرسی بصورت بازدید خارجی (تغییر شکل و آسیب) و ابعاد هستند. این موارد در جدول ۴-۲۸ آمده است.

تفاوت‌هایی که بر عملکرد موتور تاثیر معکوس دارند، نباید پس از جداسازی قطعات آن نیز اتفاق بیفتد. جزئیات معیارها می‌بایست مورد توافق کارفرما و مشتری باشد.

یادداشت: جداسازی قطعات اختیاری بوده و در صورت وجود ناهنجاری‌ها در معاینات غیرمخرب، مورد توافق کارفرما و مشتری است.

جدول ۴-۲۸: معیارهای جداسازی قطعات

قسمت‌ها و بخش‌ها	جزئیات بازرسی	معیار
خار محور موتور	تغییر شکل سایش	بدون تغییر شکل بزرگ بدون سایش زیاد
اتصالات آهنربایی روتور (چسبنده)	کنده‌شدن پوست از تغییر شکل چسبنده	بدون کنده‌شدن پوست
بخش‌های محکم‌کننده محور (زبانه و پشته، ...)	تغییر شکل سایش	بدون تغییر شکل بزرگ بدون سایش زیاد
اتصالات استاتور (تزریق حرارتی، پیچ)	سایش انحراف شل‌شدگی	بدون سایش زیاد بدون انحراف زیاد بدون شل‌شدگی

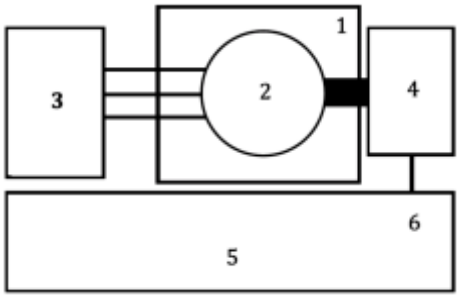
۳- آزمون سرعت بیش از حد

۱. کلیات

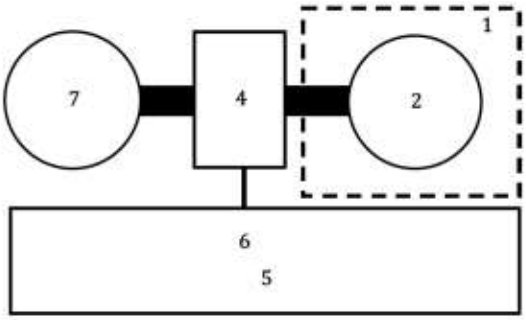
هدف این آزمون، ارزیابی و درجه‌بندی قدرت تجهیزاتی از روتور (ورقه‌های فولادی مغناطیس، صفحه انتهایی، حلقه انتهایی و وزن تعادل) است؛ که از فرسودگی مکانیکی وابسته به شرایط کارکرد فراتر از سرعت چرخش بیشینه موتور، تاثیر می‌پذیرند.

۲. دیاگرام آزمون

دیاگرام‌های آزمون مطابق شکل ۴-۲۳ است.



الف) در حالت اتصال به اینوتر



ب) در حالت اتصال به دینامومتر

۱- تجهیز تحت آزمون (DUT) **۲- موتور** ۳- اینورتر

۴- نمایانگر سرعت **۶- سرعت موتور (min^{-1})** ۵- سرعت‌سنج

۷- دینامومتر

شکل ۴-۲۳: دیاگرام‌های آزمون سرعت بیش از حد موتور

۳. شرایط آزمون

شرایط آزمون در جدول ۴-۲۹ بیان شده است.

جدول ۴-۲۹: شرایط آزمون سرعت بیش از حد موتور

شرایط آزمون	مقدار	نکات
شرایط هوای محیط	دمای اتاق (RT) و رطوبت هوا مطابق تعریف در قسمت ۵ شماره ۴ پیش‌نویس شماره ۱ (بخش ۵,۴ استاندارد ISO 21782-1:2019)	

۴. فرآیند آزمون

برای آزمون، باید مقدار سرعت بیش از حد، با توافقی میان کارفرما و مشتری از مقادیر لیست شده در جدول ۴-۳۱ انتخاب گردد. موتور باید تا سرعت بیش از حد انتخابی شتاب گیرد و سپس بصورت پیوسته، به مدت ۲ دقیقه در این سرعت از طریق دینامومتر یا اینورتر کار کند. هنگام استفاده از دینامومتر، باید فازهای موتور باز باشند. موتور در حالت بدون بار است. پس از آزمون، باید عملکرد موتور با بازرسی مراحل برق‌دار کردن و جداسازی قطعات چک شود.

۵. الزامات آزمون

۱) کلیات

تایید با برق‌دار کردن و جداسازی قطعات باید پس از آزمون سرعت بیش از حد، صورت گیرد. معیارهای برق‌دار کردن در جدول ۴-۳۰ و جداسازی قطعات در جدول ۴-۳۱ و جدول ۴-۳۲ باید برآورده شوند.

یادداشت: حداقل درجه مورد هدف، درجه **C** است.

۲) برق‌دار کردن

پیش از انجام این آزمون، داده‌های آزمون که در جدول ۴-۳۰ آمده است باید تهیه گردند تا بتوان داده‌های قبل و بعد از این آزمون را مقایسه نمود.

- اندازه‌گیری نیروی ضدمحرکه الکتریکی (back-EMF)

نیروی ضدمحرکه الکتریکی موتور در ۱۰٪ سرعت بیشینه توسط محرک خارجی، اندازه‌گیری می شود. این مقدار می‌بایست قبل و بعد از آزمون، حداکثر ۵٪ تفاوت داشته باشد.

یادداشت: اگر نوع تجهیز تحت آزمون، غیر از موتور مغناطیس دائم باشد؛ از این اندازه‌گیری میتوان صرف‌نظر نمود.

- بررسی موقعیت مبدا و شکل موج سنسور موقعیت

اختلاف در شکل موج نیروی ضدمحرکه الکتریکی فاز مرجع و موقعیت مبدا سنسور موقعیت در ۱۰٪ سرعت

بیشینه توسط محرک خارجی، باید اندازه‌گیری شود. این مقدار می‌بایست قبل و بعد از آزمون، حداکثر ۵° تفاوت در زاویه الکتریکی داشته باشد.

- اندازه‌گیری ارتعاش

ارتعاشات تولید شده موتور حین شتاب افزایشی بوسیله اینورتر تا سرعت بیشینه، می‌بایست اندازه‌گیری شوند. نرخ شتاب باید به اندازه کافی آهسته باشد. داده‌های ارتعاش قبل و بعد از آزمون باید مقایسه گردند تا هیچ افزایش قابل توجهی ایجاد نشده باشد. تغییرات در مقادیر ارتعاش باید مورد توافق میان کارفرما و مشتری باشد.

جدول ۴-۳۰: معیارهای برق‌دار کردن

موارد اندازه‌گیری	شرایط	معیار
نیروی ضدمحرکه الکتریکی (back-EMF)	۱۰٪ سرعت بیشینه	حداکثر ۵٪ اختلاف قبل و بعد از آزمون
موقعیت مبدا و شکل موج سنسور موقعیت	سرعت مشخص شده	حداکثر ۵° اختلاف زاویه الکتریکی قبل و بعد از آزمون
ارتعاش	حین شتاب افزایشی به سرعت بیشینه توسط اینورتر (نرخ شتاب: به اندازه کافی آهسته)	بدون هیچ افزایش قابل توجهی

۳) جداسازی قطعات

پس از آزمون‌های مرحله برق‌دار کردن، موتور باید باز شود و هر قسمت آن باید بازرسی گردد. هیچگونه تغییر شکل، ترک و یا آسیب مشهود در قسمت روتور (ورقه‌های فولادی مغناطیس، صفحه انتهایی، حلقه انتهایی و وزن تعادل) نباید مشاهده گردد.

تفاوت‌هایی که بر عملکرد موتور تاثیر معکوس دارند، نباید پس از جداسازی قطعات آن نیز اتفاق بیفتد. جزئیات معیارها می‌بایست مورد توافق کارفرما و مشتری باشد.

یادداشت: جداسازی قطعات اختیاری بوده و در صورت وجود ناهنجاری‌ها در معاینات غیرمخرب، مورد توافق کارفرما و مشتری است.

نتایج آزمون باید با دو کاراکتر از حروف الفبای لاتین بصورت زیر بیان گردند:

- حرف لاتین اول: معرف قدرت سرعت بیش از حد مطابق جدول ۴-۳۱
- حرف لاتین دوم: معرف عملکرد موتور پس از آزمون مطابق جدول ۴-۳۲

مثال: AA معرف این است که موتور پس از عملکرد پیوسته به مدت ۲ دقیقه در ۱۴۰٪ سرعت عملکرد بیشینه، عملکرد نرمال دارد.

جدول ۴-۳۱: حرف لاتین اول

درجه	سرعت بیش از حد
S	٪۱۵۰ سرعت عملکرد بیشینه
A	٪۱۴۰ سرعت عملکرد بیشینه
B	٪۱۳۰ سرعت عملکرد بیشینه
C	٪۱۲۰ سرعت عملکرد بیشینه
D	٪۱۱۰ سرعت عملکرد بیشینه

جدول ۴-۳۲: حرف لاتین دوم

درجه	سرعت بیش از حد
A	عملکرد الکتریکی و عملکرد مکانیکی، با مقادیر مورد قبول سازنده تطابق دارد.
B	ارتعاش موتور پس از آزمون، افزایش می‌یابد؛ اگرچه هیچگونه تغییر شکل، ترک و یا آسیب محلی مشهود در قسمت روتور (ورقه‌های فولادی مغناطیس، صفحه انتهایی، حلقه انتهایی و وزن تعادل) وجود ندارد.
C	سیگنال سنسور موقعیت، معیوب است و موتور نمی‌تواند عملکرد داشته باشد. تغییر شکل، ترک و یا آسیب محلی مشهود در قسمت روتور (ورقه‌های فولادی مغناطیس، صفحه انتهایی، حلقه انتهایی و وزن تعادل) یافت می‌شود.

۴ ۴ ۵ آزمون استقامت عملکرد اینورتر

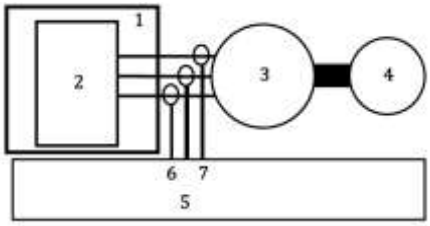
۱- آزمون دوره‌ای

۱. کلیات

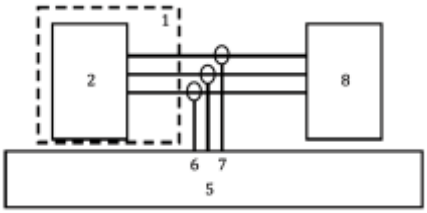
روش آزمون استقامت عملکرد می‌تواند براساس یک قرارداد میان کارفرما و مشتری، صورت پذیرد. روش‌های آزمون مبتنی بر عملکردهای مکرر با یک الگوی جریان نمونه خروجی اینورتر، ا ست. آزمون، شامل زمان و اهداف آزمون، قصد دارد تا از خرابی در بخش‌های اصلی تبدیل توان، جلوگیری نماید.

۲. دیاگرام آزمون

دیاگرام‌های آزمون مطابق شکل ۴-۲۴ است.



الف) با موتور حقیقی



ب) با شبیه‌ساز موتور

۱- تجهیز تحت آزمون (DUT) **۲- اینورتر** **۳- موتور حقیقی**

۴- بار **۵- دستگاه اندازه‌گیر کیفیت توان** **۶- جریان خروجی اینورتر (A)**

۷- فرکانس خروجی اینورتر (Hz) ۸- شبیه‌ساز موتور

شکل ۴-۲۴: دیاگرام‌های آزمون استقامت عملکرد اینورتر

۳. شرایط آزمون

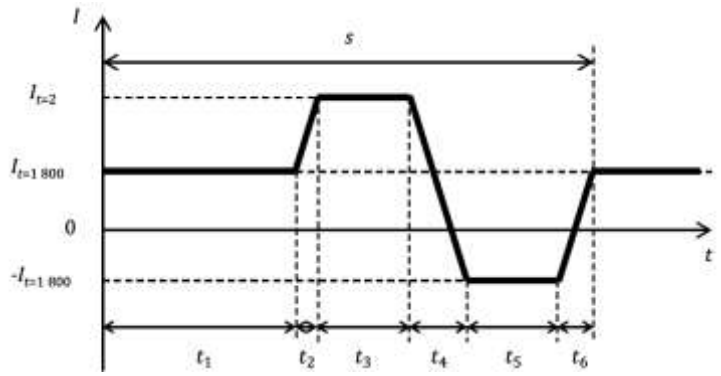
شرایط دمایی اینورتر در جدول ۴-۳۳ بیان شده است. شرایط می‌بایست بر اساس توافقی میان کارفرما و مشتری انتخاب گردد؛ مگر خلاف آن ذکر گردد. چنانچه یک آزمون شتاب افزایشی همراه با شرایط دمایی افزایش‌یافته، انجام گیرد؛ می‌بایست میان کارفرما و مشتری مورد توافق باشد.

جدول ۴-۳۳: شرایط آزمون دوره‌ای اینورتر

شرایط آزمون		مقدار	نکات
شرایط هوای محیط		دمای اتاق (RT) و رطوبت هوا مطابق تعریف در قسمت ۵ شماره ۴ پیش‌نویس شماره ۱ (بخش ۵,۴ استاندارد ISO 21782-1:2019)	
دمای خنک‌کننده		حداکثر دما برای ظرفیت کارکرد نامحدود	در صورتیکه خنک‌کننده مایع باشد. اتیلن گلیکل و پروپیلن گلیکل، مثال‌های خنک‌کننده
نرخ جریان خنک‌کننده	مایع	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	
	هوا	حداقل نرخ جریان برای ظرفیت کارکرد نامحدود	

۴. فرآیند آزمون

اینورتر باید با یک بار معادل (مثل شبیه‌ساز موتور) آزموده شود. اینورتر باید طبق الگوی بار نشان داده شده در شکل ۴-۲۵ و جدول ۴-۳۴ کار کند.



t: زمان (s) **$I_{t=2}$: جریان موتوری بیشینه به مدت $t_{0=2}$ (A)** **t_1، t_2، t_3، t_4، t_5، t_6: پارامترهای زمانی**

s: یک سیکل **$I_{t=1800}$: جریان موتوری بیشینه به مدت $t_{0=2}$ (A)**

I: جریان (A) **$-I_{t=1800}$: جریان بازتولیدی بیشینه به مدت $t_{0=2}$ (A)**

شکل ۴-۲۵: الگوی بار آزمون دوره‌ای برای آزمون استقامت اینورتر

جدول ۴-۳۴: پارامترهای دوره‌ای برای آزمون استقامت اینورتر

پارامترهای زمانی	جریان خروجی اینورتر	نقاط کار	زمان عملکرد (s)
t1	It=1800	b	۱۲۰
t2	تبدیل از It=1800 به It=2	a به b	۳
t3	It=2	a	۲
t4	تبدیل از It=2 به -It=1800	f به a	۴
t5	-It=1800	f	۳۰
t6	تبدیل از -It=1800 به It=1800	b به f	۳
زمان تجمعی یک سیکل (دوره)			۱۶۲
تعداد سیکل (دوره)			۳,۰۰۰ سیکل (دوره)

یادداشت: می‌توان **t_6** را تغییر داد تا از توان نامی اینورتر، فراتر نرود.

۵. الزامات آزمون

تایید با جداسازی قطعات باید پس از آزمون دوره‌ای، صورت گیرد. معیارهای جداسازی قطعات در باید برآورده شوند. همچنین با توافقی میان کارفرما و مشتری، باید تایید شود که هیچ مشکلی درخصوص طراحی و یا ساخت اینورتر، پیدا نشد.

۶. جداسازی قطعات

می‌بایست طبق جدول ۴-۳۵ قطعات اینورتر باز شده و بازرسی گردد.

جدول ۴-۳۵: معیار جداسازی قطعات اینورتر

قسمت‌ها و بخش‌ها	معیار
عنصر نیمه‌هادی مدار قدرت	حداکثر ۱۰٪ اختلاف در مقاومت الکتریکی و مقاومت حرارتی
خازن باس DC	حداکثر ۱۰٪ اختلاف در مشخصه کاپاسیتانس و امپدانس در فرکانسی که بطور معمول استفاده می‌شود.

یادداشت: در صورت استفاده از ترانزیستور دوقطبی با گیت ایزوله (**IGBT**)، مقاومت میان پایه‌های کلکتور و امیتر اندازه گرفته می‌شود. در صورت استفاده از ترانزیستور اثر میدان (**FET**)، مقاومت میان پایه‌های سورس و درین اندازه گرفته می‌شود.

۴ ۴ ۶ آزمون تایید قدرت شکست روتور

۱- آزمون چرخش

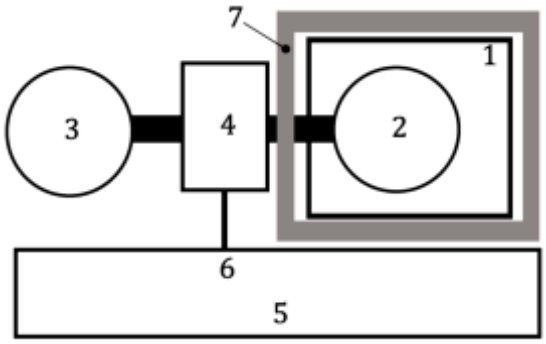
۱. کلیات

روش آزمون چرخش می‌تواند براساس یک توافق میان کارفرما و مشتری، صورت پذیرد. روش آزمون، قصد دارد تا قدرت مکانیکی موتور را شناسایی کند.

یادداشت: آزمون چرخش، اختیاری است و با توافق میان کارفرما و مشتری، انجام می‌گردد.

۲. دیاگرام آزمون

دیاگرام آزمون در شکل ۴-۲۶ نشان داده شده است.



۱- تجهیز تحت آزمون (DUT) **۲- روتور** **۳- آزمون‌گر چرخش**

۴- نمایانگر سرعت **۵- سرعت‌سنج** ۶- سرعت روتور (**min^{-1}**)

۷- حصار حفاظتی در برابر شکستگی

شکل ۴-۲۶: دیاگرام آزمون چرخش روتور

۳. شرایط آزمون

شرایط آزمون در جدول ۴-۳۶ بیان شده است.

جدول ۴-۳۶: شرایط آزمون چرخش روتور

شرایط آزمون	مقدار	نکات
شرایط هوای محیط	دمای اتاق (RT) و رطوبت هوا مطابق تعریف در قسمت ۵ شماره ۴ پیش‌نویس شماره ۱ (بخش ۵,۴ استاندارد ISO 21782-1:2019)	

۴. فرآیند آزمون

این آزمونی است که بر روی روتور انجام شده و تعداد تجهیزات مورد آزمایش، همین یکی است. آزمون چرخش باید بصورت زیر انجام شود:

الف) اندازه‌گیری قطر بیرونی روتور

ب) سرعت باید از ۱۲۰٪ سرعت عملکرد بیشینه، بصورت پله‌های ۱۰٪ سرعت عملکرد بیشینه، افزایش یابد.

ج) شتاب افزایشی تا سرعت مورد نظر باید مقدار $100\ min^{-1}/s$ باشد.

د) پس از آنکه سرعت به مدت یک دقیقه ادامه پیدا کرد، چرخش متوقف گردد و قطر بیرونی اندازه‌گیری شود.

هـ) تکرار مراحل ب) تا د) تا زمانیکه روتور شکسته شود.

نقاط اندازه‌گیری، روش اندازه‌گیری و محیط اندازه‌گیری باید توسط کافرما و مشتری انتخاب شود. اگر توافقی موجود نباشد، این آزمون باید مطابق روش ذیل باشد.

۱. ضعیف‌ترین قسمت قدرت نیروی گریز از مرکز قطر بیرونی روتور در راستای محوری، علامت زده شود. تعداد علامت‌ها، تعدادی است که می‌تواند بعنوان تغییرشکل پلاستیکی تعیین گردد.

۲. اندازه‌گیری‌ها با یک میکرومتر انجام می‌شوند.

۳. الزامات آزمون

درجه‌بندی لیست شده در جدول ۴-۳۷ که سرعت قبل از وقوع تغییر شکل دائمی غیرعادی روی روتور، بصورت درصدی از سرعت عملکرد بیشینه را طبقه‌بندی می‌کند؛ باید نمایش داده شود.

جدول ۴-۳۷: حروف لاتین معرف قدرت شکست روتور

درجه	سرعت قبل از تغییر شکل غیرعادی دائمی
S	بالای ۲۰۰٪ از سرعت عملکرد بیشینه
A	۲۰۰٪ از سرعت عملکرد بیشینه
B	۱۹۰٪ از سرعت عملکرد بیشینه
C	۱۸۰٪ از سرعت عملکرد بیشینه
D	۱۷۰٪ از سرعت عملکرد بیشینه
E	۱۶۰٪ از سرعت عملکرد بیشینه
F	۱۵۰٪ از سرعت عملکرد بیشینه
G	۱۴۰٪ از سرعت عملکرد بیشینه
H	۱۳۰٪ از سرعت عملکرد بیشینه
I	۱۲۰٪ از سرعت عملکرد بیشینه

۴ ۴ ۷ گزارش آزمون

هر آزمون باید همراه یک گزارش آزمون، حاوی اطلاعات کافی از نتایج و شرایط آزمون، گزارش گردد[۱].

۴ ۵ جمع‌بندی

در این فصل از گزارش پیش‌نویس‌های استاندارد مشخصات آزمون برای اجزای سیستم پیشرانه الکتریکی برای خودرو برقی با معادل‌سازی استاندارد ۲۱۷۸۲ موسسه ISO ارائه گردید.

[۱]- مثال‌های گزارش آزمون حاوی شرایط و نتایج، در پیوست الف استاندارد ISO 21782-6:2019 موجود است.

فصل پنجم

جمع‌بندی و نتیجه

طی سالیان اخیر با روند رو به رشد واردات خودروهای برقی استانداردهای گوناگونی در حوزه‌های خودروهای برقی تدوین شده است. عموماً این استانداردها در حوزه تغذیه الکتریکی و مسائل مربوط به آن بوده‌اند. لذا با توجه به توسعه این حوزه از وسایل نقلیه در کشور و تلاش‌های روز افزون جهت استفاده از آن‌ها در ناوگان حمل و نقل کشور، الزام تدوین استانداردهای داخلی مرتبط با سیستم قوای محرکه بر اساس جدیدترین و بروزترین استانداردهای دنیا بیش‌تر از قبل احاس می شود . در راستای محقق سازی این هدف، پروژه تدوین استاندارد ملی برای پیشرانه‌های خودرو برق در سه مرحله تعریف و گزارش آن در چهار فصل ارائه گردید.

در این پروژه در مرحله اول به جمع‌آوری و بررسی استانداردهای داخلی استانداردهای بین المللی موجود در حوزه سیستم پیشرانه خودروهای برقی (موتورهای الکتریکی و سیستم درایو آن‌ها) پرداخته شد. ابتدا استانداردهای داخلی موجود در این حوزه بررسی گردید. بر طبق مطالعات انجام شده استانداردهای سری ۱۲۶۱۷- ماشین‌های الکتریکی دوار برای وسایل نقلیه ریلی و خودروهای جاده‌ای (قسمت‌های اول، دوم و چهارم) و ۲۱۸۴۵- مبدل‌های تغذیه نصب‌شده روی وسایل نقلیه ریلی (قسمت اول) در داخل کشور تدوین و در این گزارش به مرور آن‌ها پرداخته شده است. در بخش استانداردهای بین‌المللی برای این حوزه از صنعت نیز به مطالعه ا ستانداردهای IEC، SAE، ISO و IEEE و .... پرداخته شد. بسیاری از ا ستانداردهای بین المللی مرجع ا صلی ا ستانداردهای داخلی می‌با شند. ا ستانداردهای مو سسه IEC : سری ۶۰۳۴۹، ۶۱۲۸۷، ا ستانداردهای مو سسه SAE: J۲۹۰۷، J۲۹۰۸، استانداردهای موسسه ISO: سری ۲۱۷۸۲ در این بخش از گزارش مرور و بررسی شدند.

در مرحله دوم از پروژه به تعیین مشخصات کیفی، عملکردی و ایمنی سیستم پیشرانه بر اساس استانداردهای موجود حوزه موتورهای الکتریکی و سیستم محرکه آن در خودروهای برقی پرداخته شد. این مرحله در قالب فصل سوم گزارش آورده شده است. در این مرحله هدف مقایسه استانداردهای موجود و اولویت‌بندی آنها جهت معادل سازی در داخل کشور بوده است. ابتدا بر اساس استانداردهای بین المللی چهارچوب مشخصی برای پیش‌نویس ا ستانداردهای پیشنهادی در این حوزه ارائه گردید. همچنین با برر سی ا ستانداردهای موجود در جهان در این حوزه و جمع‌بندی آنها در جدول ؟، این نتیجه بدست آمد که استاندارد ISO به نسبت دیگر استانداردهای موجود برای بخش های مختلف خودرو برقی از جمله موتور، مبدل، اینورتر و چاپر ، آزمون های متعدد از قبیل اندازه‌گیری تلفات و بازدهی، افزایش دما، تعیین م شخ صه گ شتاور و گ شتاور دندانه‌ای، ریپل گ شتاور،ا ستقامت، ا ضافه ولتاژ، قدرت شک ست و ا ضافه سرعت برای برر سی عملکرد آن‌ها ارائه داده ا ست. از طرفی با هدف تبادل نظرات و ا ستفاده از نقطه نظرات خبرگان این حوزه در سطح کشور، جلسات هم‌اندیشی با مو ضوع پروژه با دعوت از نمایندگان نهادهای دولتی، دان شگاه‌ها، پژوه شگاه نیرو و شرکت‌های فعال در این حوزه برگزار گردید. ماح صل برگزاری این جلسات مفاد زیر است:

۱. معادل‌سازی تمام استانداردهای مهم سیستم‌های پیشرانه خودروهای برقی

۲. تدوین دستورالعمل بهره‌برداری از این استانداردها برای شرکت‌های تولیدکننده در قالب پروژه‌های بعدی

در نتیجه بر طبق مطالعات مقایسه‌ای انجام شده و با توجه به نظرات خبرگان، مقرر گردید با توجه به اینکه استاندارد های ISO از نظر آزمون‌ها ساختار جامع‌تر و کاملتری داشته، در تدوین پیش‌نویس استانداردهای ملی از معادل سازی استانداردهای ISOسری ۲۱۷۸۲ استفاده گردد.

در مرحله سوم، پیش‌نویس ا ستانداردهای م شخص شده حا صل از معادل سازی ا ستانداردهای ISO سری ۲۱۷۸۲ منتشر شده نیز به جهت بررسی و ارائه، تدوین گردیده‌اند.

فهرست منابع

[۱]. استاندارد ۱۲۶۱۷؛ ماشین‌های الکتریکی دوار برای وسایل نقلیه ریلی و خودروهای جاده‌ای، قسمت اول (دوگان استاندارد IEC 60349-1): ماشین‌های الکتریکی به استثناء موتورهای جریان متناوب تغذیه شده با مبدل‌های الکتریکی

[۲]. استاندارد ۱۲۶۱۷؛ ماشین‌های الکتریکی دوار برای وسایل نقلیه ریلی و خودروهای جاده‌ای، قسمت دوم (دوگان استاندارد IEC 60349-2): موتورهای جریان متناوب تغذیه‌شده با مبدل الکترونیکی

[۳]. استاندارد ۱۲۶۱۷؛ ماشین‌های الکتریکی دوار برای وسایل نقلیه ریلی و خودروهای جاده‌ای، قسمت چهارم (دوگان استاندارد IEC 60349-4): ماشین‌های الکتریکی سنکرون مغناطیس دائم متصل شده به یک مبدل الکترونیکی

[۴]. استاندارد ۱-۲۱۸۴۵؛ کاربردهای راه‌آهن – مبدل‌های تغذیه نصب‌شده روی وسایل نقلیه ریلی – قسمت ۱: مشخصه‌ها و روش‌های آزمون

[5]. IEC 60349-1:2010: Electric traction - Rotating electrical machines for rail and road vehicles - Part 1: Machines other than electronic converter-fed alternating current motors

[6]. IEC 60349-2:2010: Electric traction - Rotating electrical machines for rail and road vehicles - Part 2: Electronic converter-fed alternating current motors

[7]. 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

[8]. IEC 60349-4:2012: Electric traction - Rotating electrical machines for rail and road vehicles - Part 4: Permanent magnet synchronous electrical machines connected to an electronic converter

[9]. ISO 21782-1:2019: Electrically propelled road vehicles — Test specification for electric propulsion components — Part 1: General test conditions and definitions

[10]. ISO 21782-2:2019: Electrically propelled road vehicles — Test specification for electric propulsion components — Part 2: Performance testing of the motor system

[11]. ISO 21782-3:2019: Electrically propelled road vehicles — Test specification for electric propulsion components — Part 3: Performance testing of the motor and the inverter

[12]. ISO 21782-6:2019: Electrically propelled road vehicles — Test specification for electric propulsion components — Part 6: Operating load testing of motor and inverter

[13]. SAE J2907:2017: Performance Characterization of Electrified Powertrain Motor-drive Subsystem

[14]. SAE J2908:2017: Vehicle Power Test for Electrified Powertrains

www.nri.ac.ir

تهران - شهرک قدس - انتهای بلوار شهید دادمان (پونک باختری) - صندوق پستی ۵۱۷-۱۴۶۶۵
تلفن : ۸۸۰۷۹۴۰۰ - فاکس : ۸۸۰۷۸۲۹۶