پژوهشگاه نیرو

راه‌اندازی آزمایشگاه مرجع کیفیت توان
تجهیزات استخراج رمزارز (ماینر) – فاز صفر



مدیر پروژه: مهدی زراعتی مشکانی

واحد مجری: طرح جامع نیازسنجی، اولویت‌بندی، طراحی،

تجهیز، راه‌اندازی و توسعه آزمایشگاه‌های صنعت برق و انرژی

در حوزه تخصصی توزیع نیروی برق

NRI-ER-1005-PABAPN02-1-00-F

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

DOI: 10.30503/nripress.2020.284



DOI: 10.30503/nripress.2020.284

راه‌اندازی آزمایشگاه مرجع کیفیت توان تجهیزات استخراج رمزارز (ماینر) – فاز صفر

مدیر پروژه: مهدی زراعتی مشکانی

گروه پژوهشی پشتیبان:

برنامه‌ریزی و بهره‌برداری سیستم‌های قدرت

همکاران پروژه:

احمد اسماعیلی، نوذر ایرانی، نیکی مسلمی

واحد مجری:

طرح جامع نیازسنجی، اولویت‌بندی، طراحی، تجهیز، راه‌اندازی و توسعه آزمایشگاه‌های صنعت برق و انرژی در حوزه تخصصی توزیع نیروی برق

انتشارات پژوهشگاه نیرو

خرداد ۱۴۰۱

کد ثبت گزارش: NRI-ER-1005-PABAPN02-1-00-F

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

ایران. وزارت نیرو. پژوهشـــگاه نیرو. طرح جامع نیـازســـنجی، اولویـت‌بنـدی، طراحی، تجهیز، راه‌اندازی و توسعه آزمایشگاه‌های صنعت برق و انرژی در حوزه تخصصی توزیع نیروی برق

راه‌اندازی آزمایشگاه مرجع کیفیت توان تجهیزات استخراج رمزارز (ماینر) – فاز صفر مدیر پروژه: زراعتی مشکانی، مهدی. کارفرما: پژوهشگاه نیرو، ۱۴۰۱.

۲۴۸ ص.: مصور، نمودار، جدول

۱. اسـماعیلی، احمد، همکار پروژه. ۲. ایرانی، نوذر، مدیر واحد مجری. ۳. برنامه‌ریزی و بهره‌برداری سیستم‌های قدرت. ۴. نام کیفیت توان

انتشارات پژوهشگاه نیرو

طرح جامع نیازسنجی، اولویت‌بندی، طراحی، تجهیز، راه‌اندازی و توسعه آزمایشگاه‌های صنعت برق و انرژی در حوزه تخصصی توزیع نیروی برق

کلیه حقوق معنوی اثر متعلق به پدیدآورندگان، کلیه حقوق مادی متعلق به پژوهشگاه نیرو و نشر مطالب در حدود متعارف، با ذکر منبع بلامانع است.

نشانی: تهران،شهرک‌غرب،انتهای‌بلوارشهیددادمان،پژوهشگاه‌نیرو، کدپستی: ۱٤٦٨٦١٣١١٣

تلفن: ۹-۸۸۰۷۹٤۰۱

نمابر: ۸۸۰۷۸۲۹٦

وبگاه: www.nri.ac.ir

پست الکترونیک انتشارات: publications@nri.ac.ir

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

فرم تعهدنامه اصالت اثر

متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این گزارش حاصل کار پژوهشی اینجانب مهدی زراعتی مشکانی، مدیر پروژه راه‌اندازی آزمایشگاه مرجع کیفیت توان تجهیزات استخراج رمزارز (ماینر) – فاز صفر 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.

همکاران :

۱. احمد اسماعیلی

۲. نوذر ایرانی

۳. نیکی مسلمی

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

پیشگفتار

پروژه **راه‌اندازی آزمایشگاه مرجع کیفیت توان تجهیزات استخراج رمزارز (ماینر)** به کارفرمایی *پژوهشگاه نیرو، مرکز آبانیرو* و در گروه پژوهشی *برنامه‌ریزی و بهره‌برداری سیستم‌های قدرت* انجام شده است.

این پروژه در پنج مرحله تعریف و اجرا شده است که گزارش پایانی مربوط به تمامی مراحل در این سند ارائه می‌شود. هدف اصلی این پروژه فراهم ساختن مقدمات راه‌اندازی یک آزمایشگاه مرجع برای انجام آزمون‌های کیفیت توان بر روی تجهیزات استخراج رمزارز (ماینر) مطابق با استاندارد ملی شماره ۱-۲۲۸۴۰ می‌باشد. در بخش‌های مختلف این گزارش نحوه انجام آزمون‌های مورد نیاز، تجهیزات آزمایشگاه به‌همراه قیمت تقریبی آنها و همچنین سایر شرایط محیطی الزامی برای برآورده ساختن استانداردهای بین‌المللی تشریح می‌شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیشگفتار ۶

فصل ۱: بررسی ضرورت تجهیز و راه‌اندازی آزمایشگاه ۲۰

مقدمه ۲۱

۱-۱- لزوم آئین‌نامه‌ها و مقررات برای شبکه‌های AC ۲۲

۱-۱-۱- جریان‌های هارمونیکی ۲۲

۱-۱-۲- چرا منابع تغذیه کلیدزنی جریان‌های هارمونیکی تولید می‌کنند ۲۴

۱-۱-۳- اثرات جریان‌های هارمونیکی ۲۶

۱-۱-۴- هارمونیک‌های شبه‌ثابت و نوسانی ۲۶

۱-۱-۵- نوسانات ولتاژ و فلیکر ۲۷

۱-۲- مروری بر الزامات IEC 61000-3-12 / IEC 61000-3-2 و IEC 61000-3-11 / IEC 61000-3-3 ..... ۲۹

۱-۲-۱- استانداردهای IEC 61000-3-2 و IEC 61000-3-12 ..... ۳۰

۱-۲-۱-۱- تعریف کلاس ۳۰

۱-۲-۱-۲- الزامات منبع تغذیه AC ۳۱

۱-۲-۱-۳- الزامات اندازه‌گیری جریان هارمونیکی ۳۲

۱-۲-۲- استانداردهای IEC 61000-3-3 و IEC 61000-3-11 ..... ۳۲

۱-۲-۲-۱- حدود آزمون ۳۳

۱-۲-۲-۲- الزامات منبع تغذیه AC ۳۴

۱-۲-۲-۳- الزامات اندازه‌گیری نوسانات ولتاژ/فلیکر ۳۵

۱-۲-۲-۴- مراجع معیار و کاربرد آنها ۳۵

فصل ۲: مطالعه و تعیین آزمون‌ها و استانداردهای مرتبط با آزمون‌ها و مشخص نمودن لیست آزمون‌ها و دامنه شمول آنها ۳۷

مقدمه ۳۸

۲-۱- آزمون‌های مربوط به هارمونیک‌های جریان ۳۸

۲-۱-۱- آزمون‌های هارمونیک‌های جریان در ماینرهای با جریان ورودی کمتر یا مساوی ۱۶ A ۳۸

۲-۱-۱-۱- ساختار آزمون اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان ۳۸

۲-۱-۱-۲- روش اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان ۳۹
۲-۱-۱-۳- الزامات عمومی ۴۰
۲-۱-۱-۴- مدت مشاهده آزمون ۴۳
۲-۱-۲- آزمون‌های هارمونیک‌های جریان در ماینرهای با جریان ورودی بیشتر از ۱۶ A تا ۷۵ A ۴۳
۲-۱-۲-۱- شرایط اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان ۴۴
۲-۱-۲-۲- شرایط آزمون و شبیه‌سازی ۴۶
۲-۲- آزمون‌های مربوط به فلیکر و تغییرات ولتاژ ۵۰
۲-۲-۱- ارزیابی تغییرات ولتاژ، نوسانات ولتاژ و فلیکر ۵۰
۲-۲-۱-۱- ارزیابی تغییرات نسبی ولتاژ، d(t) ۵۰
۲-۲-۱-۲- ارزیابی مقدار کوتاه مدت فلیکر، $\boldsymbol{Pst}$ ۵۳
۲-۲-۱-۳- ارزیابی مقدار بلند مدت فلیکر، P_{lt} ۵۷
۲-۲-۲- آزمونهای فلیکر و تغییرات ولتاژ در ماینرهای با جریان ورودی کمتر یا مساوی ۱۶ A ۵۸
۲-۲-۲-۱- شرایط آزمون ۵۸
۲-۲-۳- آزمونهای فلیکر و تغییرات ولتاژ در ماینرهای با جریان ورودی بیشتر از ۱۶ A تا ۷۵ A ۶۱
۲-۲-۳-۱- الزامات ۶۲
۲-۲-۳-۲- کلیات ۶۲
۲-۲-۳-۳- روش‌های اندازه‌گیری و آزمون ۶۵
۲-۲-۳-۴- ارزیابی و اعلام حداکثر امپدانس مجاز سیستم توسط سازنده ۶۶
۲-۲-۳-۵- ارزیابی و اعلام حداقل جریان تغذیه مجاز توسط سازنده ۶۷
فصل ۳: لیست تجهیزات اصلی و تأییدیه‌های مورد نیاز ۶۸
مقدمه ۶۹
۳-۱- لیست تجهیزات اصلی مورد نیاز ۶۹
۳-۲- لیست مدارک مورد نیاز برای صدور گواهی تأیید صلاحیت آزمایشگاه ۶۹
۳-۲-۱- مدارک مورد نیاز آزمایشگاه ۶۹
۳-۲-۲- نمودار فرآیند تأیید صلاحیت آزمایشگاه‌ها بر اساس الزامات استاندارد ISO/IEC 17025 ..... ۷۰
فصل ۴: آزمایشگاه‌های کیفیت توان مشابه خارج از کشور ۷۴
مقدمه ۷۵

۴-۱- آزمایشگاه کیفیت توان الکتریکی Eletrobars Cepel (آمریکای جنوبی)..... ۷۵
۴-۲- آزمایشگاه کیفیت توان در دانشگاه Pittsburgh ۷۸
۴-۲-۱- تجهیزات آزمایشگاه ۷۸
۴-۳- آزمایشگاه D.L.S ۷۹
۴-۳-۱- آزمون کیفیت توان ۷۹
۴-۴- مؤسسه تحقیقاتی مرکزی توان (CPRI) ۸۱
۴-۵- شرکت تولیدکننده تجهیزات آزمایشگاهی KCC Scientific Converters..... ۸۲
۴-۶- شرکت تجهیزات آزمایشگاهی FLUKE..... ۸۲
۴-۷- شرکت Merus Power..... ۸۴
۴-۸- شرکت Megger ۸۴
۴-۹- آزمایشگاهPower Standard..... ۸۸
۴-۱۰- آزمایشگاه کیفیت توان پیشرفته کالج Mohawk و دانشگاه McMaster ۹۰
فصل ۵: آزمایشگاه‌های کیفیت توان مشابه داخل کشور..... ۹۴
مقدمه ۹۵
۵-۱- آزمایشگاه تحقیقاتی کیفیت توان سیستم‌های الکتریکی دانشگاه علم و صنعت ۹۵
۵-۲- آزمایشگاه کیفیت توان و الکترونیک قدرت دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی ۱۰۰
۵-۳- آزمایشگاه کیفیت توان دانشگاه امیرکبیر ۱۰۴
۵-۴- آزمایشگاه کیفیت توان دانشگاه شریف..... ۱۰۶
۵-۵- شرکت دانش‌بنیان آزمایشگاه صنایع انرژی (اپیل)..... ۱۰۸
۵-۶- شرکت مهندسین مشاور تدبیر انرژی سپهر ۱۰۹
۵-۷- امکانات موجود در آزمایشگاه‌های پژوهشگاه نیرو ۱۱۵
۵-۸- بررسی توجیه اقتصادی راه‌اندازی آزمایشگاه کیفیت توان ماینرها..... ۱۱۶
فصل ۶: تجهیزات اصلی مورد نیاز در آزمایشگاه کیفیت توان تجهیزات استخراج رمزارز..... ۱۱۸
مقدمه ۱۱۹

۱-۶- مشخصات فنی سیستم سنجش کیفیت توان ۱۱۹
۱-۱-۶- مشخصات فنی سیستم سنجش هارمونیک از منظر استاندارد IEC 61000-4-7 ..... ۱۱۹
۱-۲-۶- مشخصات فنی فلیکرمتر از منظر استاندارد IEC 61000-4-15 ..... ۱۲۰
۲-۶- کلاس‌های اندازه‌گیری شاخص‌های کیفیت توان طبق استاندارد IEC 61000-4-30 ..... ۱۲۱
۳-۶- مشخصات فنی منبع تغذیه AC از منظر پیوست A استاندارد IEC 61000-3-2 ..... ۱۲۲
۴-۶- مشخصات فنی امپدانس خط (LIN) از منظر استانداردهای IEC 61000-3-3 و IEC 61000-3-11 ..... ۱۲۳
فصل ۷: شناسایی تولیدکنندگان داخلی و خارجی تجهیزات آزمون ۱۲۴
مقدمه ۱۲۵
۱-۷- فهرست سیستم‌های سنجش کیفیت توان جستجو شده ۱۲۵
۲-۷- فهرست منابع تغذیه AC جستجو شده ۱۲۵
فصل ۸: تجهیزات اصلی مورد نیاز در آزمایشگاه کیفیت توان تجهیزات استخراج رمزارز ۱۲۹
مقدمه ۱۳۰
۱-۸- الزامات عمومی ۱۳۰
۱-۱-۸- بی‌طرفی ۱۳۰
۱-۲-۸- محرمانه بودن ۱۳۱
۲-۸- الزامات ساختاری ۱۳۲
۳-۸- محصولات و خدمات تأمین‌شده بیرونی ۱۳۳
۴-۸- الزامات فرآیند ۱۳۴
۱-۴-۸- بررسی درخواستها، مناقصه‌ها و قراردادها ۱۳۴
۲-۴-۸- انتخاب، تأیید و اعتبارسنجی روش‌ها ۱۳۶
۱-۲-۴-۸- انتخاب و تأیید روش‌ها ۱۳۶
۲-۲-۴-۸- اعتبارسنجی روش‌ها ۱۳۸
۳-۴-۸- نمونه‌برداری ۱۳۹
۴-۴-۸- اداره موارد آزمون یا کالیبراسیون ۱۴۰
۵-۴-۸- پروندههای فنی ۱۴۱
۶-۴-۸- ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری ۱۴۲

۸-۴-۷- اطمینان از اعتبار نتایج ۱۴۲
۸-۴-۸- گزارش نتایج..... ۱۴۴
۸-۴-۸-۱- عمومی ۱۴۴
۸-۴-۸-۲- الزامات متداول گزارش‌ها (آزمون، کالیبراسیون یا نمونه‌برداری)..... ۱۴۴
۸-۴-۸-۳- الزامات خاص برای گزارش آزمون ۱۴۶
۸-۴-۸-۴- الزامات خاص برای گواهی‌های کالیبراسیون..... ۱۴۶
۸-۴-۸-۵- گزارش نمونه‌برداری – الزامات خاص ۱۴۷
۸-۴-۸-۶- گزارش اظهار انطباق..... ۱۴۸
۸-۴-۸-۷- گزارش نظرات و تفاسیر..... ۱۴۸
۸-۴-۸-۸- اصلاح گزارش‌ها ۱۴۹
۸-۴-۹- شکایات ۱۴۹
۸-۴-۱۰- کار غیرمنطبق..... ۱۵۰
۸-۴-۱۱- کنترل داده‌ها و مدیریت اطلاعات..... ۱۵۱
۸-۵- الزامات سیستم مدیریت ۱۵۲
۸-۵-۱- گزینه‌ها ۱۵۲
۸-۵-۱-۱- عمومی ۱۵۲
۸-۵-۱-۲- گزینه A ۱۵۲
۸-۵-۱-۳- گزینه B..... ۱۵۳
۸-۵-۲- مستندات سیستم مدیریت (گزینه A) ۱۵۳
۸-۵-۳- کنترل اسناد سیستم مدیریت (گزینه A)..... ۱۵۳
۸-۵-۴- کنترل پرونده‌ها (گزینه A)..... ۱۵۴
۸-۵-۵- اقدامات برای رسیدگی به ریسک‌ها و فرصت‌ها (گزینه A)..... ۱۵۴
۸-۵-۶- بهبود (گزینه A)..... ۱۵۵
۸-۵-۷- اقدامات اصلاحی (گزینه A) ۱۵۶
۸-۵-۸- ممیزی داخلی (گزینه A)..... ۱۵۷
۸-۵-۹- بررسی‌های مدیریت (گزینه A) ۱۵۷
۸-۶- تعیین محل استقرار و چیدمان تجهیزات در آزمایشگاه و دسترسی‌ها (مطابق الزامات استاندارد بین‌المللی ۱۷۰۲۵)..... ۱۵۸

۱-۶-۸- الزامات منابع ۱۵۸
۸-۶-۱-۱- عمومی ۱۵۹
۸-۶-۱-۲- کارکنان ۱۵۹
۲-۶-۸- تجهیزات ۱۶۰
۸-۷- تعیین شرایط محیطی آزمایشگاه به‌طوری‌که نتایج آزمون را بی‌اعتبار نسازد و چگونگی پایش، کنترل و ثبت (مطابق الزامات استاندارد بین‌المللی ۱۷۰۲۵) ۱۶۳
۸-۸- پیش‌بینی اقدامات لازم جهت برآورده ساختن الزامات استاندارد بین‌المللی ۱۷۰۲۵ در رابطه باقابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها ۱۶۳
فصل ۹: الزامات کلی مورد نیاز و زیرساخت‌های لازم به‌منظور راه‌اندازی آزمایشگاه ۱۶۶
مقدمه ۱۶۷
۱-۹- تعیین محل استقرار و چیدمان تجهیزات در آزمایشگاه و دسترسی‌ها ۱۶۷
۲-۹- تعیین شرایط محیطی آزمایشگاه به‌طوری‌که نتایج آزمون را بی‌اعتبار نسازد و چگونگی پایش، کنترل و ثبت ۱۶۸
۳-۹- پیش‌بینی اقدامات لازم در رابطه باقابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها ۱۷۰
فصل ۱۰: تدوین پیش‌نویس دستورالعملهای آزمون جریان‌های هارمونیکی ۱۷۲
مقدمه ۱۷۳
۱-۱۰- آزمون‌های هارمونیک‌های جریان در ماینرهای با جریان ورودی کمتر یا مساوی ۱۶ A ۱۷۳
۱-۱-۱۰- ساختار آزمون اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان ۱۷۳
۲-۱-۱۰- روش اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان ۱۷۶
۳-۱-۱۰- الزامات عمومی ۱۷۷
۱-۳-۱-۱۰- تکرارپذیری ۱۷۷
۲-۳-۱-۱۰- قابلیت تکثیر ۱۷۸
۳-۳-۱-۱۰- شروع و توقف ۱۷۹
۴-۳-۱-۱۰- اعمال محدودیت‌ها ۱۷۹
۵-۳-۱-۱۰- گزارش آزمون ۱۸۰
۴-۱-۱۰- مدت مشاهده آزمون ۱۸۰
۵-۱-۱۰- فرم ثبت نتایج آزمون ۱۸۰
۲-۱۰- آزمون‌های هارمونیک‌های جریان در ماینرهای با جریان ورودی بیشتر از ۱۶ A تا ۷۵ A ۱۸۲

۱-۲-۱۰- شرایط اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان ۱۸۳
۱۰-۲-۱-۱- عمومی ۱۸۳
۱۰-۲-۱-۲- روند اندازه‌گیری ۱۸۳
۱۰-۲-۱-۳- تکرارپذیری ۱۸۴
۱۰-۲-۱-۴- شروع و توقف ۱۸۴
۱۰-۲-۱-۵- اعمال محدودیت‌ها ۱۸۴
۱۰-۲-۱-۶- گزارش آزمون ۱۸۵
۱۰-۲-۱-۷- مدت مشاهده آزمون ۱۸۵
۲-۲-۱۰- شرایط آزمون و شبیه‌سازی ۱۸۵
۱۰-۲-۲-۱- عمومی ۱۸۵
۱۰-۲-۲-۲- الزامات برای اندازهگیری مستقیم ۱۸۶
۱۰-۲-۲-۳- الزامات شبیهسازی ۱۸۷
۱۰-۲-۲-۴- شرایط عمومی برای آزمون و شبیهسازی ۱۸۹
۳-۲-۱۰- فرم ثبت نتایج آزمون ۱۸۹
فصل ۱۱: تدوین پیش‌نویس دستورالعملهای آزمون نوسانات ولتاژ و فلیکر ۱۹۲
مقدمه ۱۹۳
۱-۱۱- ارزیابی تغییرات ولتاژ، نوسانات ولتاژ و فلیکر ۱۹۳
۱-۱-۱۱- ارزیابی تغییرات نسبی ولتاژ، d(t) ۱۹۳
۲-۱-۱۱- ارزیابی مقدار کوتاه مدت فلیکر، $\boldsymbol{Pst}$ ۱۹۵
۱۱-۱-۲-۱- کلیات ۱۹۵
۱۱-۱-۲-۲- فلیکرمتر ۱۹۶
۱۱-۱-۲-۳- روش شبیهسازی ۱۹۶
۱۱-۱-۲-۴- روش تحلیلی ۱۹۶
۱۱-۱-۲-۵- استفاده از منحنی $\boldsymbol{Pst = 1}$ ۲۰۰
۳-۱-۱۱- ارزیابی مقدار بلند مدت فلیکر، P_{lt} ۲۰۰
۲-۱۱- ۱۱ آزمونهای فلیکر و تغییرات ولتاژ در ماینرهای با جریان ورودی کمتر یا مساوی ۱۶ A ۲۰۰
۱-۲-۱۱- شرایط آزمون ۲۰۱

۱۱-۲-۱-۱- عمومی ۲۰۱
۱۱-۲-۱-۲- عدم قطعیت اندازه‌گیری ۲۰۲
۱۱-۲-۱-۳- ولتاژ تغذیه آزمون ۲۰۲
۱۱-۲-۱-۴- امپدانس‌های مرجع ۲۰۳
۱۱-۲-۱-۵- مدت مشاهده ۲۰۳
۱۱-۲-۱-۶- شرایط عمومی آزمون ۲۰۴
۱۱-۲-۲- فرم ثبت نتایج آزمون ۲۰۴
۱۱-۳- آزمونهای فلیکر و تغییرات ولتاژ در ماینرهای با جریان ورودی بیشتر از ۱۶ A تا ۷۵ A ۲۰۵
۱۱-۳-۱- الزامات ۲۰۵
۱۱-۳-۲- کلیات ۲۰۶
۱۱-۳-۳- روش‌های اندازه‌گیری و آزمون ۲۰۷
۱۱-۳-۳-۱- امپدانس آزمون $Ztest$ ۲۰۷
۱۱-۳-۳-۲- آزمون تجهیز در برابر $Ztest$ ۲۰۹
۱۱-۳-۳-۳- ارزیابی در برابر $Zref$ ۲۰۹
۱۱-۳-۴- ارزیابی و اعلام حداکثر امپدانس مجاز سیستم توسط سازنده ۲۱۰
۱۱-۳-۴-۱- مقایسه مقادیر انتشار محاسبه‌شده و اندازه‌گیری‌شده با محدودیتهای بند ۵-۲ به‌منظور بررسی انطباق با استاندارد ملی شماره ۱-۲۲۸۴۰ ..... ۲۱۰
۱۱-۳-۴-۲- محاسبه حداکثر امپدانس مجاز سیستم ۲۱۰
۱۱-۳-۵- ارزیابی و اعلام حداقل جریان تغذیه مجاز توسط سازنده ۲۱۱
۱۱-۳-۶- فرم ثبت نتایج آزمون ۲۱۲
پیوست الف: مدار اندازه‌گیری و منبع تغذیه ۲۱۳
پیوست ب: شرایط آزمون برای تجهیزات فناوری اطلاعات ۲۱۷
پیوست ج: مفاهیم عمومی و الزامات مشترک برای همه انواع ابزارهای اندازه‌گیری هارمونیک ۲۱۸
پیوست د: امپدانس مرجع ۲۳۲
پیوست ه: شرایط آزمون و روشها برای اندازه‌گیری تغییرات ولتاژ $dmax$ ناشی از کلیدزنی دستی ۲۳۹
پیوست و: نوسان نسبی ولتاژ ورودی $\Delta V/V$ برای $Pst = 1.0$ در خروجی [IEC/TR 61000-3-7:2008] ۲۴۰
ضمیمه ز: قابلیت ردیابی اندازهگیریها ۲۴۱

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

ضمیمه ح: گزینه‌های سیستم مدیریت ۲۴۴
مراجع ۲۴۶

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- بار مقاومتی ۲۳
شکل ۱-۲- بار سلفی ۲۳
شکل ۱-۳- جریان‌های غیرسینوسی ۲۴
شکل ۱-۴- مدار منبع تغذیه کلیدزنی [۶] ۲۴
شکل ۱-۵- ولتاژ خازن با شکل‌موج‌های ولتاژ و جریان یکسوساز [۶] ۲۵
شکل ۱-۶- جمع جریان‌های هارمونیک مؤلفه فرد ۲۵
شکل ۱-۷- جریان‌های هارمونیکی حالت دائمی ۲۷
شکل ۱-۸- جریان‌های هارمونیکی نوسانی ۲۷
شکل ۱-۹- بارهای یک شاخه ۲۸
شکل ۱-۱۰- نوسانات در دامنه ولتاژ ۲۸
شکل ۱-۱۱- مشخصه تغییر ولتاژ ۲۹
شکل ۱-۱۲- دیاگرام تجهیزات برای آزمون انتشار جریان هارمونیکی ۳۰
شکل ۱-۱۳- منحنی نوعی Pst=1 ..... ۳۳
شکل ۱-۱۴- دیاگرام تجهیزات برای آزمون نوسانات ولتاژ و فلیکر ۳۳
شکل ۱-۱۵- منبع با R و L اضافی و بار ۳۴
شکل ۲- ۱- شبکه مرجع برای منابع تغذیه تک‌فاز و سه‌فاز برگرفته از منبع چهار سیمه، سه‌فاز ۵۲
شکل ۲- ۲- ضریبهای شکل (F) برای مشخصه‌های ولتاژ دو پلهای و شیب‌دار ۵۴
شکل ۲- ۳- ضریبهای شکل (F) برای مشخصه‌های ولتاژ مثلثی و مستطیلی ۵۴
شکل ۲- ۴- ضریب‌های شکل (F) برای مشخصه‌های ولتاژ راهاندازی موتور با داشتن زمانهای مختلف ۵۵
شکل ۲- ۵- ارزیابی $\boldsymbol{Uhp(t)}$ ۵۶
شکل ۲- ۶- منحنی $\boldsymbol{Pst}$= 1 برای تغییرات ولتاژ مستطیلی با فواصل مساوی ۵۷
شکل ۲- ۷- فلوچارت نشان‌دهنده روشهای ارزیابی و آزمون ۶۳
شکل ۲- ۸- شبکه مرجع برای منابع تک‌فاز و سهفاز حاصل از یک منبع سه فاز چهار سیمه ۶۴
شکل ۴-۱: نمودار تک‌خطی تأسیسات آزمایشگاه Pittsburgh [۴] ۸۰
شکل ۴-۲: پنجره اندازه‌گیری الکتریکی Fluke PQ400 ..... ۸۳
شکل ۴-۳: یک ضبط کننده کیفیت توان سه‌فاز ۸۳
شکل ۴-۴: سیستم تحلیل‌کننده کیفیت توان PQA100 ..... ۸۵
شکل ۴-۵: تحلیل‌کننده کیفیت توان قابل‌حمل MPQ2000 ..... ۸۶
شکل ۴-۶: شبیه‌ساز کیفیت توان MPQSIM ۸۷
شکل ۴-۷: اندازه‌گیر امپدانس NIM1000 ..... ۸۷
شکل ۴-۸: سنسور کیفیت توان [۱۱] ۸۹
شکل ۴-۹: استانداردهای مورد تنظیم روی سنسور کیفیت توان [۱۱] ۸۹
شکل ۴-۱۰: قفسه‌های IED قابل‌حمل آزمایشگاه کیفیت توان پیشرفته ۹۰

شکل ۴–۱۱: نقاط اندازه‌گیری جریان روی ترانسفورماتور ۹۱
شکل ۴–۱۲: تنظیمات ترانسفورماتور در آزمایشگاه ۹۲
شکل ۴–۱۳: تأسیسات آزمایشگاهی فتوولتاییک در کالج Mohawk..... ۹۳
شکل ۴–۱۴: ایستگاه شارژ ماشین‌های برقی در کالج Mohawk ۹۳
شکل ۵–۱: منبع تغذیه قابل برنامه‌ریزی جهت تولید انواع پدیده‌های کیفیت توان ۹۷
شکل ۵–۲: نمونه سیگنال تولیدشده توسط منبع تغذیه قدرت قابل برنامه‌ریزی ۹۷
شکل ۵–۳: تحلیل‌کننده کیفیت توان مدل MULTI-HWT-1000 ..... ۹۹
شکل ۵–۴: تحلیل‌کننده هارمونیک مدل MULTI-HWT-1000..... ۱۰۰
شکل ۵–۵: نمونه‌ای از آزمایشات عملی..... ۱۰۱
شکل ۵–۶: اسیلوسکوپ مدل Tektronix ۱۰۲
شکل ۵–۷: منبع تغذیه قابل برنامهریزی مدل AFG-6000D..... ۱۰۳
شکل ۵–۸: منبع تغذیه DC مدل MCH-K305D..... ۱۰۴
شکل ۵–۹: نمایی از آزمایشگاه کیفیت توان دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی ۱۰۵
شکل ۵–۱۰: اسیلوسکوپ چهار کاناله ایزوله شرکت TEKTRONIX..... ۱۰۷
شکل ۵–۱۱ : تحلیلکننده کیفیت توان PQ3198 Hioki..... ۱۰۸
شکل ۵–۱۲: دستگاه‌های تحلیل‌کننده کیفیت توان ۱۱۰
شکل ۵–۱۳: طریقه نصب دستگاه تحلیل‌کننده کیفیت توان ۱۱۰
شکل ۵–۱۴: نصب دستگاه کیفیت توان در یک پست توزیع..... ۱۱۱
شکل ۵–۱۵: نمونه دستگاه کیفیت توان پرتابل..... ۱۱۱
شکل ۵–۱۶: دستگاه اندازه‌گیری توان ۱۱۲
شکل۵–۱۷: CTهای کلمپ ۱۱۳
شکل ۵–۱۸: نرم‌افزار تخصصی برق ۱۱۳
شکل ۵–۱۹: دیتالاگر..... ۱۱۳
شکل ۵–۲۰: دستگاه سنجش کیفیت توان آزمایشگاه ماشین‌های الکتریکی..... ۱۱۵
شکل ۱۰–۱– مدار اندازهگیری برای تجهیز تک‌فاز ۱۷۴
شکل ۱۰–۲– مدار اندازهگیری برای تجهیز سه‌فاز ۱۷۵
شکل ۱۱–۱– شبکه مرجع برای منابع تغذیه تک‌فاز و سه‌فاز برگرفته از منبع چهار سیمه، سه‌فاز ۱۹۵
شکل ۱۱–۲– ضریبهای شکل (F) برای مشخصه‌های ولتاژ دو پلهای و شیب‌دار..... ۱۹۷
شکل ۱۱–3– ضریبهای شکل (F) برای مشخصه‌های ولتاژ مثلثی و مستطیلی..... ۱۹۷
شکل ۱۱–۴– ضریب‌های شکل (F) برای مشخصه‌های ولتاژ راهاندازی موتور با داشتن زمانهای مختلف..... ۱۹۸
شکل ۱۱–۵– ارزیابی $\boldsymbol{Uhp(t)}$ ۱۹۹
شکل ۱۱–۶– منحنی 1 =$\boldsymbol{Pst}$ برای تغییرات ولتاژ مستطیلی با فواصل مساوی ۲۰۰
شکل ۱۱–۷– فلوچارت نشان‌دهنده روشهای ارزیابی و آزمون ۲۰۸
شکل ۱۱–۸– شبکه مرجع برای منابع تک‌فاز و سهفاز حاصل از یک منبع سه فاز چهار سیمه..... ۲۰۹
شکل الف– ۱– مدار اندازهگیری برای تجهیز تک‌فاز ۲۱۴
شکل الف– ۲– مدار اندازهگیری برای تجهیز سه‌فاز ۲۱۵

شکل ج– ۱– ساختار کلی ابزار اندازهگیری هارمونیک ۲۱۹
شکل ج– ۲– تنظیمات اندازهگیری برای اندازهگیریهای انتشار تک‌فاز ۲۲۵
شکل ج– ۳– تنظیمات اندازهگیری برای اندازهگیریهای انتشار سه‌فاز ۲۲۶
شکل ج– ۴– توصیف گروه‌های هارمونیک و هارمونیک میانی (برای منبع تغذیه ۵۰ Hz)..... ۲۲۹
شکل ج– ۵– تحقق یک فیلتر دیجیتال پایین‌گذر: $\mathbf{1} - \mathbf{z}$ تأخیر در عرض پنجره را مشخص می‌کند، α و β ضرایب فیلتر هستند.
(جدول ج–۲ برای مقادیر را ببینید)..... ۲۳۰
شکل ح–۱: نمایش طرح احتمالی فرآیندهای عملیاتی یک آزمایشگاه [۱] ۲۴۵

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲– ۱– مدت مشاهده آزمون ۴۳
جدول ۲– ۲– روش ارزیابی ۵۳
جدول ۲– ۳– پسوندها و کاربردهای آنها ۶۴
جدول ۶– ۱– الزامات دقت برای اندازه‌گیری‌های جریان، ولتاژ و توان ۱۲۱
جدول ۶– ۲– مشخصات یک نوع شبکه امپدانسی ۱۲۳
جدول ۷– ۱– مشخصات فنی و قیمت سیستم‌های سنجش کیفیت توان..... ۱۲۶
جدول ۷– ۲– مشخصات فنی و قیمت منابع تغذیه AC ۱۲۷
جدول ۱۰–۱– مدت مشاهده آزمون..... ۱۸۱
جدول ۱۰–۲– جدول ثبت هارمونیک‌های جریان در ماینرهای با جریان ورودی کمتر یا مساوی 16 A و توان کمتر یا مساوی 600 W ۱۸۱
جدول ۱۰–۳– جدول ثبت هارمونیک‌های جریان در ماینرهای با جریان ورودی کمتر یا مساوی 16 A و توان بیشتر از 600 W. ۱۸۲
جدول ۱۰–۴– جدول ثبت هارمونیک‌های جریان در ماینرهای تک‌فاز با جریان ورودی بیشتر از 16 A تا و خود 75 A ۱۹۰
جدول ۱۰–۵– جدول ثبت هارمونیک‌های جریان در ماینرهای سه‌فاز متعادل با جریان ورودی در هر فاز بیشتر از 16 A تا و خود 75 A در شرایط عادی ۱۹۰
جدول ۱۰–۶– جدول ثبت هارمونیک‌های جریان در ماینرهای سه‌فاز متعادل با جریان ورودی در هر فاز بیشتر از 16 A تا و خود 75 A در شرایط معین (a,b,c) ۱۹۱
جدول ۱۰–۷– جدول ثبت هارمونیک‌های جریان در ماینرهای سه‌فاز متعادل با جریان ورودی در هر فاز بیشتر از 16 A تا و خود 75 A در شرایط معین (d,e,f)..... ۱۹۱
جدول ۱۱–۱– روش ارزیابی..... ۱۹۶
جدول۱۱–۲– جدول ثبت فلیکر و تغییرات ولتاژ در ماینرهای با جریان ورودی کمتر یا مساوی 16 A ۲۰۵
جدول 11–۳– پسوندها و کاربردهای آنها ۲۰۶
جدول ۱۱–۴– جدول ثبت فلیکر و تغییرات ولتاژ در ماینرهای با جریان ورودی بیشتر از 16 A تا و خود 75 A ۲۱۲
جدول ج– ۱– الزامات دقت برای اندازه‌گیری‌های جریان، ولتاژ و توان ۲۲۳
جدول ج– ۲– ضرایب فیلتر هموارساز با توجه به عرض پنجره ۲۳۰
جدول د– ۱– امپدانس‌های مختلط منبع مصرفکنندگان خانگی در ۵۰ Hz ۲۳۳
جدول د– ۲– امپدانسهای مرجع برای اهداف آزمون ۲۳۴
جدول د– ۳– امپدانس‌های مرجع برای سیستمهای تغذیه ۱۰۰ ولت/۲۰۰ ولت و ۱۲۰ ولت/۲۴۰ ولت..... ۲۳۵
جدول د– ۴– امپدانس‌های مرجع برای سیستمهای تغذیه ۲۰۰ V تا ۲۴۰ V و جریان تغذیه کمتر از ۱۰۰ A..... ۲۳۵
جدول د– ۵– امپدانس‌های مرجع برای سیستمهای تغذیه ۲۰۰ ولت تا ۲۴۰ ولت با جریان تغذیه بیشتر از ۱۰۰ A در هر فاز ۲۳۶
جدول د– ۶– مقادیر مدول امپدانس تغذیه، برحسب اهم در ۵۰ Hz، مربوط به اتصال تجهیز سه‌فاز ۲۳۶
جدول د– ۷– مقادیر مدول امپدانس تغذیه، برحسب اهم در ۵۰ Hz، مربوط به اتصال تجهیز تک‌فاز..... ۲۳۷
جدول د– ۸– امپدانس مرجع برای سیستمهای تغذیه ۱۲۰ ولت تا ۲۴۰ ولت با جریان تغذیه بیشتر از ۱۰۰ A..... ۲۳۷
جدول و– ۱– نوسان نسبی ولتاژ ورودی $\Delta V/V$ برای $\boldsymbol{Pst = 1.0}$ در خروجی ۲۴۰

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

فصل ۱: بررسی ضرورت تجهیز و راه‌اندازی آزمایشگاه

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

مقدمه

در سال‌های اخیر کیفیت توان برق تحویلی به مشترکین تبدیل به یک نگرانی بحرانی شده است. این نگرانی با بیشتر شدن تمایل مثبت صنعت به بهبود راندمان محصولات الکتریکی و گسترش تجهیزات الکترونیکی در محیط‌های خانگی و تجاری افزایش یافته است. از طرفی فناوری تبدیل توان کلیدزنی[1] که استفاده مؤثرتر از انرژی الکتریکی را میسر می‌سازد، عاملی است که می‌تولند بر روی کیفیت توان اثر منفی گذارد. منابع تغذیه کلیدزنی جریان‌های با هارمونیک بالا از شبکه AC می‌کشند، که می‌تواند باعث اثرات نامطلوب مختلفی در سیستم توزیع توان AC شود. این اثرات برای محصولات الکترونیکی متصل به شبکه AC می‌تواند عملکرد نامناسب و حتی خرابی تجهیز باشد. به‌علاوه، سیستم توزیع برق ممکن است متحمل جریان‌های بیش از اندازه در سیم خنثی شده و انتقال توان به بارهای متصل به سیستم راندمان کمی خواهد داشت.

همچنین ممکن است به‌علت نوسانات ولتاژ ناشی از تجهیزاتی نظیر بالاست‌های الکترونیکی و کلیدهای دیمر[2] روشنایی، کیفیت توان شبکه‌های AC بدتر شود. ورودی AC با کنترل فاز این تجهیزات ممکن است باعث تغییرات بزرگ جریان RMS در شبکه AC شود، که نوسانات ولتاژ RMS قابل توجهی را به‌دنبال دارد. به‌اضافه، دامنه و فرکانس این نوسانات می‌تواند باعث سوسو زدن لامپ‌های رشته‌ای شود که برای انسان‌ها آزار دهنده است.

نگرانی‌ها در رابطه با عواقب این پدیده در شبکه‌های AC افزایش یافته است. این موضوع باعث انجام اقداماتی از جانب کمیسیون‌های تنظیم مقررات در سطح جهان برای به‌روزرسانی الزامات استانداردها و پیاده‌سازی قوانینی برای محصولات الکتریکی و الکترونیکی شده است. در حقیقت، اتحادیه اروپا آنقدر این عواقب را جدی می‌داند که انطباق با استانداردهای انتشار هارمونیک را الزامی کرده است. آخرین نسخه منتشر شده این استانداردها IEC 61000-3-2 (2018) و IEC 61000-3-3 (2017) هستند که محدودیت‌هایی برای انتشار جریان هارمونیکی و نوسانات ولتاژ و فلیکر مقرر می‌کنند [۱] و [۲].

در ایران نیز از سال‌ها قبل موضوع کیفیت توان شبکه‌های برق مورد توجه قرار گرفته و استاندارد شماره ۱۳ صنعت برق با موضوع مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی (کیفیت برق) در ۹ قسمت تدوین و ابلاغ شده است [۴]. اخیراً با افزایش استقبال از رمز ارزها و رشد چشم‌گیر ارزش آنها، استفاده از تجهیزات استخراج رمز ارز (ماینر) به‌طور قابل

[1] Switch-Mode
[2] Dimmer

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

توجهی در حال افزایش است. این تجهیزات ممکن است به‌صورت تکی و یا به‌طور تجمعی در قالب مزارع استخراج رمز ارز به شبکه توزیع برق اتصال پیدا کنند.

با توجه به مقدار مصـــرف برق بالای این تجهیزات و ماهیت ســـاختار آنها، ممکن اســـت اثرات مخربی بر روی پارامترهای کیفیت توان در شـبکه‌های توزیع برق داشـته باشـند. از طرف دیگر، اخیراً با ابلاغ مصـوبه جدید وزارت نیرو تحت عنوان "اصلاح مقررات تأمین برق مراکز استخراج رمز ارزها"، شـرایط صـدور مجوز برای اتصـال مزارع اسـتخراج تسهیل شده است که در صورت اقبال عمومی می‌تواند باعث افزایش تعداد آنها در شبکه‌های توزیع برق شود. با افزایش ضریب نفوذ این دستگاه‌ها در شبکه برق، نگرانی‌هایی در زمینه اثرات بالقوه آنها بر روی این شبکه‌ها به‌وجود آمده است.

موضـــوع تعیین حدود انتشـــار پدیده‌های کیفیت توان الکتریکی برای فرآیند اســـتخراج رمز ارز در قالب پروژه‌ای در پژوهشگاه نیرو به تصویب و انجام رسید. نتایج پروژه مذکور در قالب استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ ابلاغ شده است. با تصـویب و ابلاغ اسـتانداردهای کیفیت توان تجهیزات اسـتخراج فرآورده‌های پردازشـی رمزنگاری‌شـده رمزارزها (ماینرها)، نیاز به وجود یک آزمایشـگاه مرجع کیفیت توان به‌منظور تسـت و صـدور مجوز برای هر دو بخش تجهیزات و مزارع استخراج رمز ارزها ضروری است [۵].

لذا با توجه به عدم وجود چنین آزمایشـگاهی در کشـور، این پروژه با هدف انجام مطالعات فنی و اقتصـادی به‌منظور طراحی، تجهیز و راه‌اندازی آزمایشـگاه مرجع کیفیت توان تجهیزات اسـتخراج رمز ارز تعریف شـد تا زیرسـاخت‌های لازم برای پیاده‌سازی و اجرای استانداردهای ابلاغی از سوی مراجع ذی‌صلاح از جمله استاندارد شماره ۱۳ صنعت برق ایران و استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ فراهم شود. بنابراین، کلیه اقدامات و تمهیدات لازم برای راه‌اندازی آزمایشگاه از جمله مشخص کردن رویه آزمون‌های کیفیت توان تجهیزات استخراج رمزارزها، تهیه طرح راه‌اندازی آزمایشگاه، انتخاب و سفارش تجهیزات مورد نیاز و تجهیز و راه‌اندازی آزمایشگاه در این پروژه مورد توجه قرار می‌گیرد.

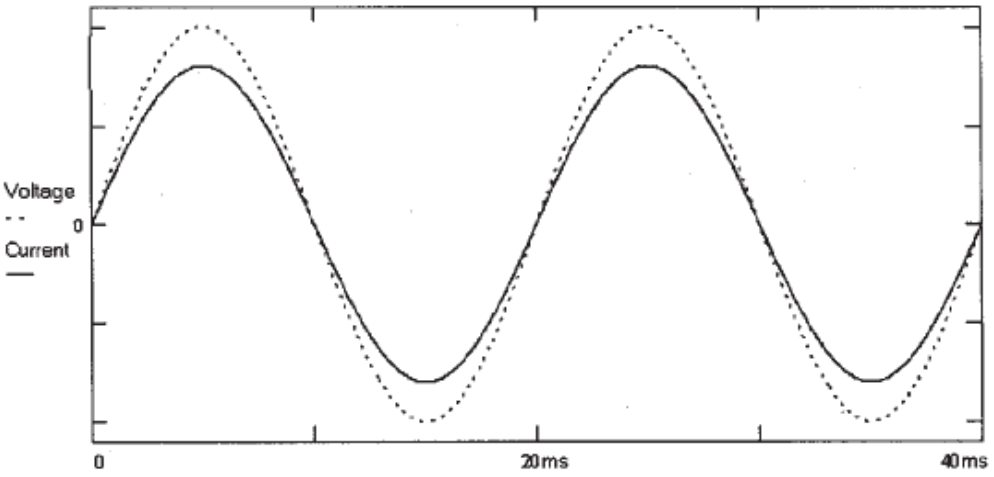
۱-۱- لزوم آئین‌نامه‌ها و مقررات برای شبکه‌های AC

۱-۱-۱- جریان‌های هارمونیکی

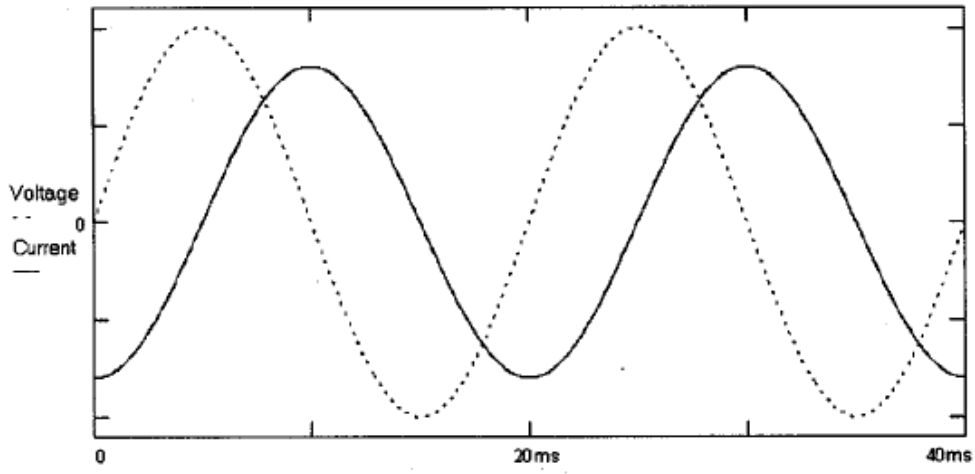
تا چند دهه قبل، در صنایع بزرگ جریان‌های هارمونیکی ناشی از بارهای غیرخطی یک نگرانی بزرگ برای سیستم توزیع برق به‌حساب می‌آمدند. این محیط‌های صـنعتی کاربران اصـلی تجهیزات الکتریکی نظیر ادوات کنترل زاویه فاز و یکسوسازها بودند. تا چند سال پیش اغلب محیط‌های خانگی و تجاری از تجهیزات الکترونیکی ساده مقاومتی و سلفی

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

یا بارهایی نظیر لامپ‌های رشته‌ای، موتورها و گرمکن‌ها استفاده می‌کردند. این بارها زمانی که ولتاژ سینوسی شبکه AC وصل می‌شوند، یک شکل‌موج جریان سینوسی مطابق با شکل‌های ۱-۱ و ۱-۲ می‌کشند که محتوای هارمونیکی کم یا صفر دارد.



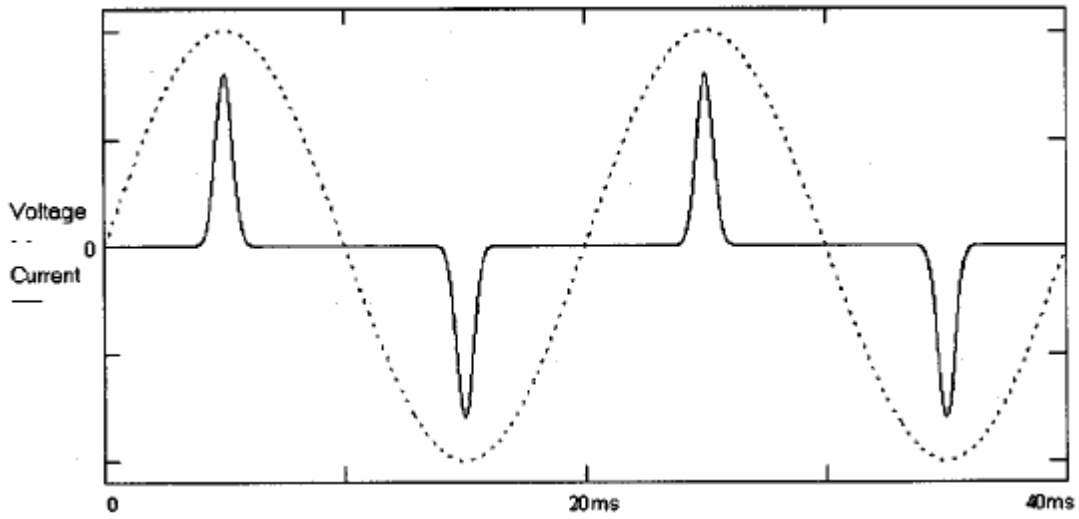
شکل ۱-۱- بار مقاومتی



شکل ۱-۲- بار سلفی

گسترش تجهیزات الکترونیکی در سال‌های اخیر از جمله کامپیوترها، پرینترها، تلویزیون‌ها، و تجهیزات صوتی مشکل جریان هارمونیکی را به محیط‌های خانگی و تجاری نیز کشانده است. این تجهیزات یک مدار ورودی AC دارند که جریان‌های غیرسینوسی همانند شکل ۱-۳ می‌کشد. معمولاً، این مدار ورودی شامل یک منبع تغذیه کلیدزنی با یک طبقه ورودی یکسوساز دیود-خازن است. ادواتی نظیر دیمرهای لامپ و بالاست‌های الکترونیکی نیز به‌دلیل داشتن مدارهای کنترل زاویه فاز مورد استفاده برای تنظیم توان ورودی، جریان‌های غیرسینوسی می‌کشند.

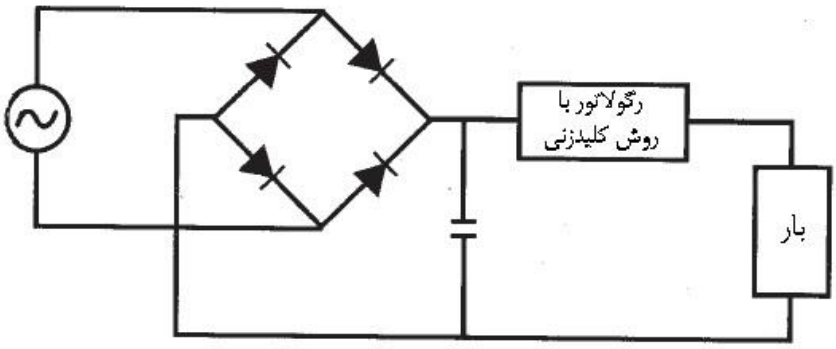
DOI: 10.30503/nripress.2020.284



شکل ۱-۳- جریان‌های غیرسینوسی

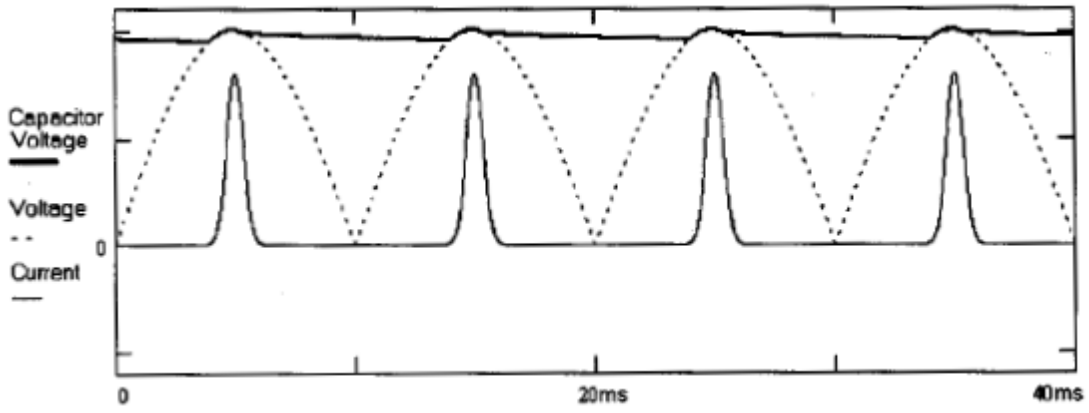
۲-۱-۱- چرا منابع تغذیه کلیدزنی جریان‌های هارمونیکی تولید می‌کنند

اگرچه فناوری منبع تغذیه کلیدزنی مقادیر راندمان بالا در یک اندازه کوچک را پیشنهاد می‌دهد، منابع تغذیه‌ای که از این فناوری استفاده می‌کنند نمونه‌ای از یک تولیدکننده هارمونیک در شبکه AC هستند. منابع تغذیه کلیدزنی معمولاً یک یکسوساز دیود–خازن نظیر شکل ۱–۴ دارند، که یک منبع DC ولتاژ بالا با استفاده از ولتاژ ورودی AC ایجاد می‌کنند. سپس این ولتاژ DC مدوله یا برش خورده می‌شود تا یک ولتاژ قابل تنظیم برای بار فراهم سازد. زمانی که ولتاژ AC در ابتدا اعمال می‌شود، شارژ خازن با یک جریان هجومی بزرگ AC همراه شده و خازن تا مقدار پیک ولتاژ یکسوشده شارژ می‌شود. زمانی که جریان هجومی فروکش کرد، تنها وقتی که ولتاژ AC بزرگتر از ولتاژ خازن باشد دیودها جریان AC را هدایت کرده وخازن را شارژ می‌کنند. زمانی که ولتاژ AC کوچکتر از ولتاژ خازن باشد، مسیر جریان AC توسط دیودها بسته می‌شود. شکل ۱–۵ شکل‌موج ولتاژ خازن و شکل‌موج‌های ولتاژ و جریان یکسوساز را نشان می‌دهد.



شکل ۱–٤- مدار منبع تغذیه کلیدزنی [۶]

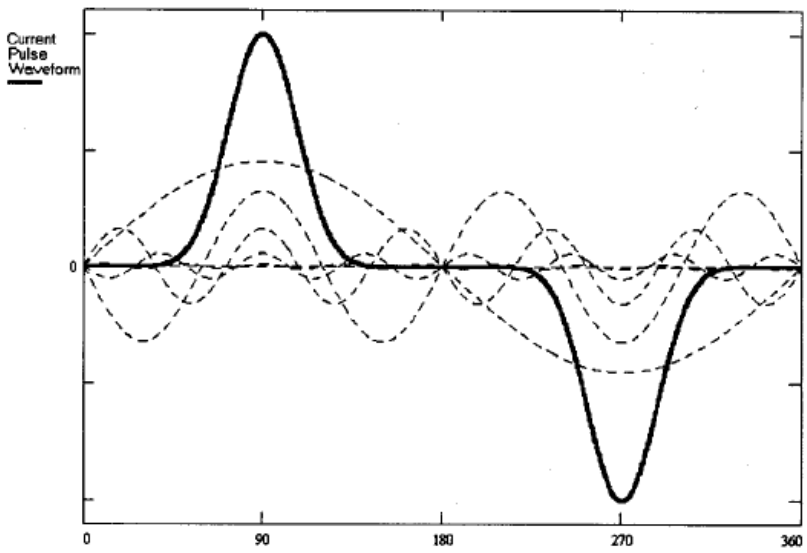
DOI: 10.30503/nripress.2020.284



شکل ۱-۵- ولتاژ خازن با شکل‌موج‌های ولتاژ و جریان یکسوساز [۶]

شارژ خازن در پیک شکل‌موج ولتاژ AC باعث عبور جریان AC از طریق خازن به‌صورت پالس‌های باریک متوالی جریان می‌شود. این موضوع یک جریان منبع AC غیرخطی ایجاد می‌کند که هارمونیک زیادی دارد. همان‌طور که در شکل ۱-۶ نشان داده شده است، این شکل‌موج جریان از هارمونیک‌های مرتبه فرد تشکیل شده است که مضارب صحیح فرکانس اصلی هستند.

دامنه‌های هارمونیک مؤلفه اصلی و فرد جریان در زوایای ۹۰ درجه و ۲۷۰ درجه از مؤلفه اصلی با هم جمع می‌شوند، که شکل‌موج پالس جریان ایجاد می‌کند. اگر فرکانس مؤلفه اصلی ۵۰ Hz باشد، هارمونیک سوم در ۱۵۰ Hz، هارمونیک پنجم در ۲۵۰ Hz و ... خواهد بود.



شکل ۱-٦- جمع جریان‌های هارمونیک مؤلفه فرد

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۳-۱-۱- اثرات جریان‌های هارمونیکی

تجهیزات و ادوات الکترونیکی که شـکل‌موج‌های جریان غیرخطی تولید می‌کنند اثرات مخرب زیادی بر روی توزیع توان AC دارند. چون بیشتر این ادوات از سیستم توزیع برق AC تغذیه می‌شوند، مشکلات زیر می‌تواند اتفاق بیفتد.

- عبور جریان‌های بزرگ راکتیو که توان حقیقی تحویل نمی‌دهد و باید توسط سیستم توزیع AC تأمین شود.
- عبور جریان زیاد از سیم خنثی در سیستم‌های سه‌فاز ستاره که ممکن است از ظرفیت مجاز عبور جریان هادی‌ها بیشتر شود.
- عدم عملکرد مناسب تجهیزات متصل به یک مدار یکسان به‌دلیل اعوجاج شدید ولتاژ ناشی از اثر متقابل جریان‌های هارمونیکی با امپدانس‌ها در سیستم توزیع. برای مثال، ولتاژ پیک برش‌خورده توانایی منابع تغذیه کامپیوتر برای گذر از کمبود ولتاژ لحظه‌ای شبکه AC را محدود می‌کند.

سازندگان تجهیزات عموماً از مدار تصحیح ضریب توان (PFC[1]) برای حداقل کردن اثرات بارهای غیرخطی و مضرات مربوط به آنها استفاده می‌کنند. آزمودن تجهیزات مطابق با دستورالعمل‌های جریان هارمونیکی کمک می‌کند تا اطمینان حاصل شود که این مدارهای تصحیح ضریب توان به‌طور مناسب طراحی شده‌اند و کار می‌کنند.

۴-۱-۱- هارمونیک‌های شبه‌ثابت[2] و نوسانی

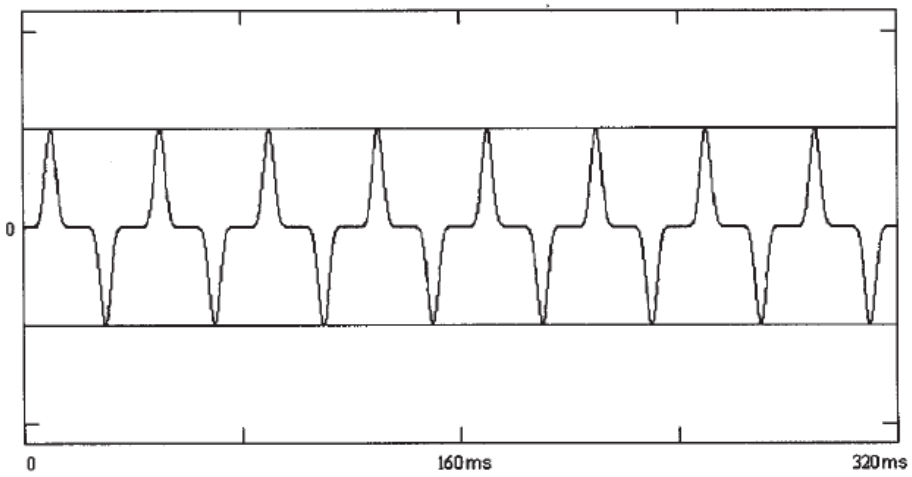
اعوجاج جریان هارمونیکی ناشی از یک بار غیرخطی بر روی شبکه AC می‌تواند در یکی از دو دسته کلی شبه‌ثابت یا نوسانی طبقه‌بندی شود. جریان‌های هارمونیکی شبه‌ثابت یا حالت دائمی توسط آن دسته از تجهیزات الکترونیکی تولید می‌شوند که سطوح نامتغیری از اعوجاج جریان ایجاد می‌کنند و دامنه هر هارمونیک در طول زمان ثابت باقی می‌ماند. این تجهیزات به‌صورت یک بار غیرمتغیر بر روی شبکه AC ظاهر می‌شوند. شکل‌موج جریان نمونه این دسته در شکل ۱–۷ نمایش داده شده است. مثال‌های این دسته عبارتند از ابزار آزمون و اندازه‌گیری نظیر اسیلوسکوپ‌ها، مولتی‌مترها، بالاست‌های الکترونیکی و تجهیزات نمایش ویدیو.

در مقابل، جریان‌های هارمونیکی نوسانی توسط تجهیزات الکترونیکی ایجاد می‌شوند که بارگذاری متغیر با زمان بر روی شبکه‌های AC اعمال می‌کنند. این تجهیزات سطوح متغیری از مصرف جریان تولید می‌کنند که دامنه هریک از

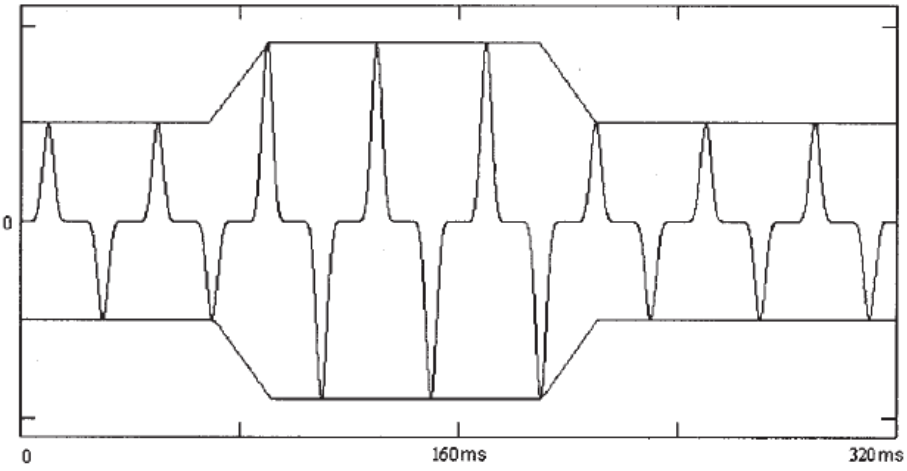
[1] Power Factor Correction
[2] Quasi-Stationary

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

هارمونیک‌ها همانند شـــکل ۱–۸ در طول زمان تغییر می‌کنند. مثال‌های این دســـته عبارتند از اجاق‌های مایکروویو، ماشین‌های ظرف‌شویی، پرینترهای لیزری و دستگاه‌های فتوکپی.



شکل ۱–۷- جریان‌های هارمونیکی حالت دائمی



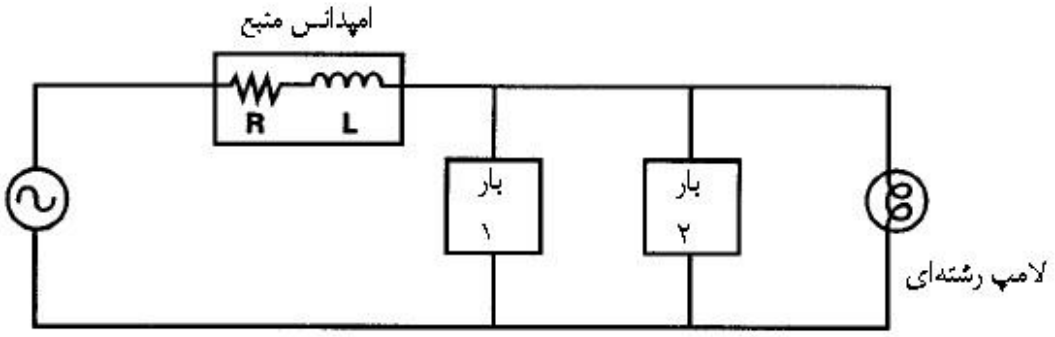
شکل ۱–۸- جریان‌های هارمونیکی نوسانی

۵-۱-۱- نوسانات ولتاژ و فلیکر

علاوه بر بارهایی که باعث عبور جریان‌های هارمونیکی بر روی شـــبکه AC می‌شـــوند، همچنین بارهایی نظیر ترموسـتات‌ها و تایمرها وجود دارند که دارای کنترل‌های روشـن/خاموش خودکار هسـتند. وسـایل آشـپزخانه، بخاری‌ها، تهیه هوا، دســـتگاه‌های کپی، و تجهیزات دیگر دارای این نوع از کنترل‌ها هســـتند. این بارها در بیشـــتر موارد ماهیتاً مقاومتی هسـتند، که به معنی آن اسـت که جریان‌های سـینوسـی می‌کشـند و هیچ هارمونیکی جز در حالت گذرا ایجاد نمی‌کنند.

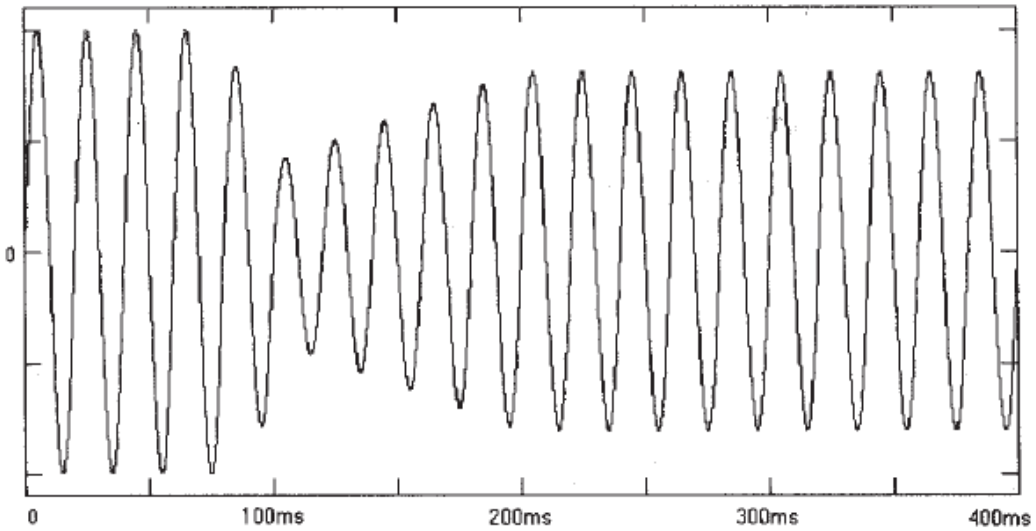
DOI: 10.30503/nripress.2020.284

وقتی کنترل‌های خودکار بین روشن و خاموش تغییر وضعیت می‌دهند، باعث تغییرات زیاد بار منبع تغذیه می‌شوند. همان‌طور که در شکل ۱-۹ نشان داده شده است، زمانی که بار نوسانی در یک شاخه همراه با بارهای دیگر باشد، این تغییرات باعث نوسانات ولتاژ RMS می‌شود که بر روی تمام بارها در آن شاخه اثر می‌گذارد. به‌ویژه، نوسانات در دامنه ولتاژ باعث تغییرات در نور خروجی همه لامپ‌های رشته‌ای در همان شاخه می‌شود. چون خروجی یک لامپ رشته‌ای متناسب با مربع ولتاژ اعمالی است، تغییرات در شدت نور حتی برای تغییرات کوچک در ولتاژ می‌تواند قابل توجه باشد.



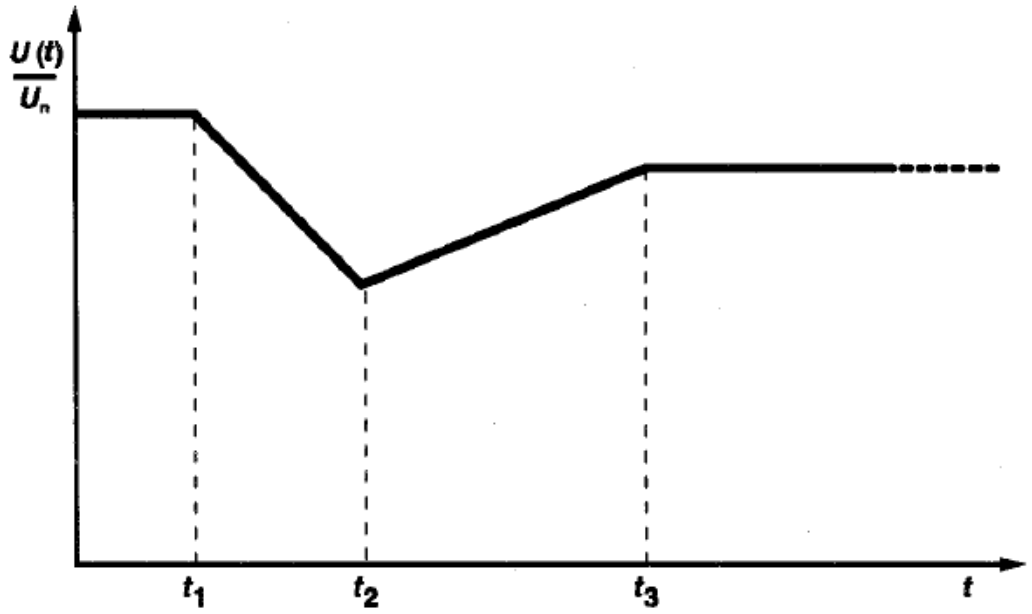
شکل ۱-۹- بارهای یک شاخه

این اثر نوسان در نور خروجی همان‌طور که توسط دید انسان ادراک می‌شود با عنوان فلیکر (سوسو زدن) شناخته می‌شود. از آنجا که فلیکر اذیت‌کننده است، و برای سلامتی بعضی از افراد خطر دارد (برای مثال افرادی که صرع دارند)، هدف استاندارد تنظیم تولید فلیکر در یک سطح قابل قبول است. شکل ۱-۱۰ یک نوسان ولتاژ RMS بر روی شبکه AC را نشان می‌دهد. شکل ۱-۱۱ از استاندارد IEC برداشت شده که این مشخصه تغییر ولتاژ را تعریف می‌کند. مشخصه تغییر ولتاژ، تغییرات در سطوح ولتاژ RMS ($U(t)$) را برحسب درصد ولتاژ نامی خط (U_n) تعریف می‌کند.



شکل ۱-۱۰- نوسانات در دامنه ولتاژ

DOI: 10.30503/nripress.2020.284



شکل ۱-۱۱- مشخصه تغییر ولتاژ

استانداردهای IEC 61000-3-3 و IEC 61000-3-11 در مورد نوسانات ولتاژ و فلیکر هستند [۸]. انطباق با این استانداردها تضمین می‌کند که اعوجاجات ولتاژ در سیستم توزیع برق برای دیگر تجهیزات متصل به شبکه تداخل ایجاد نمی‌کند یا باعث سوسو زدن لامپ‌های رشته‌ای نمی‌شود به‌گونه‌ای که باعث اذیت یا خطر سلامتی برای یک انسان شود.

۱-۲- مروری بر الزامات IEC 61000-3-12 / IEC 61000-3-2 و IEC 61000-3-3 / IEC 61000-3-11

این استانداردها به‌عنوان بخشی از یک رویکرد جامع با هدف تدوین دستورالعمل‌هایی برای انطباق EMC توسعه داده شده‌اند که آخرین نسخه آنها به شرح زیر است:

- IEC 61000-3-12 (2011) / IEC 61000-3-2 (2018): حدود جریان‌های هارمونیکی ایجاد شده توسط تجهیزات متصل به سیستم‌های تغذیه فشار ضعیف عمومی را مشخص می‌کنند [۹].
- IEC 61000-3-11 (2017) / IEC 61000-3-3 (2017): حدود نوسانات ولتاژ و فلیکر تولیدی توسط تجهیزات متصل به سیستم‌های تغذیه فشار ضعیف عمومی را مشخص می‌کنند.

حدود مشخص‌شده قابل اعمال به سیستم‌های توزیع با ولتاژهای نامی ۲۳۰V (تک‌فاز) و ۴۰۰V (سه‌فاز) در ۵۰Hz و ۶۰Hz، و برای همه تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی با جریان‌های تا ۱۶A (مطابق استانداردهای IEC 61000-3-

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

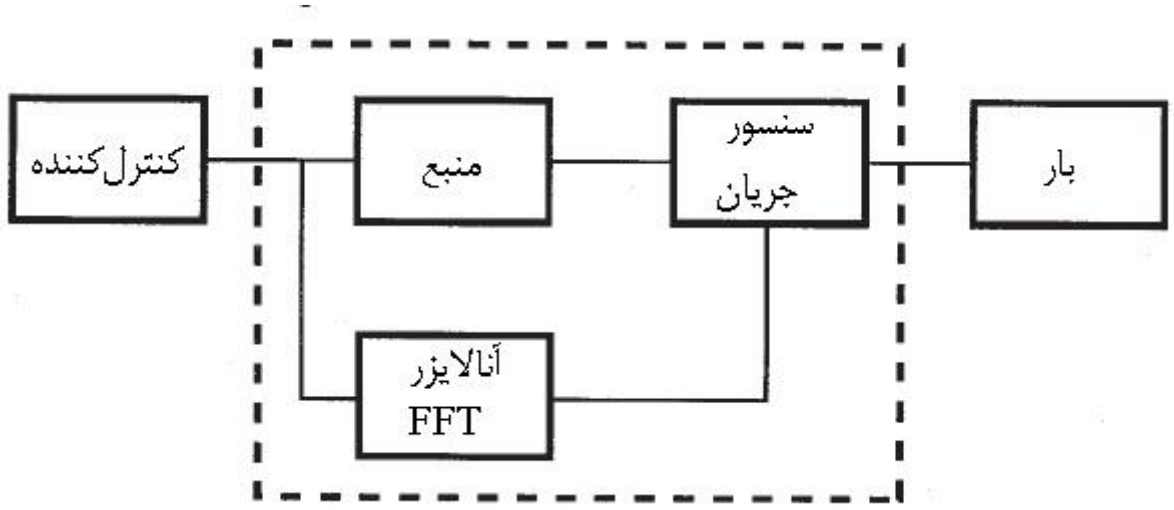
2 و IEC 61000-3-3) و جریان‌های ۱۶A تا ۷۵A (مطابق استانداردهای IEC 61000-3-11 و IEC 61000-3-12) هستند.

۱-۲-۱- استانداردهای IEC 61000-3-2 و IEC 61000-3-12

استانداردهای IEC 61000-3-2 و IEC 61000-3-12 الزامات اندازه‌گیری، الزامات منبع توان AC، و حدود مجاز برای آزمون انتشار جریان‌های هارمونیکی را برای تجهیزات الکترونیکی و الکتریکی به‌ترتیب، تا ۱۶A و از ۱۶A تا ۷۵A تعریف می‌کنند. تکنیک‌های اضافی آزمون و اندازه‌گیری جریان هارمونیکی برای این استانداردها در IEC 61000-4-7 پوشش داده شده‌اند. استاندارد IEC 61000-3-2 نیز تعاریفی برای عبارات پرکاربرد مورد استفاده در استانداردها ارائه داده و شرایط آزمون برای انواع خاص تجهیزات در پیوست C آن توضیح داده شده است.

انطباق با این استانداردها تضمین می‌دهد که تجهیزات تحت آزمون جریان‌های هارمونیکی در سطوحی تولید نخواهند کرد که باعث انحراف غیرقابل قبول شرایط شبکه اصلی شود.

بلوک دیاگرام شکل ۱–۱۲ تجهیزات مورد نیاز برای پیاده‌سازی آزمون‌ها بر اساس IEC 61000-3-2 را نمایش می‌دهد.



شکل ۱–۱۲- دیاگرام تجهیزات برای آزمون انتشار جریان هارمونیکی

۱-۲-۱-۱- تعریف کلاس

برای تعیین محدودیت‌ها برای انواع مشابه اعوجاج جریان هارمونیکی، تجهیز تحت آزمون باید در یکی از چهار کلاس تعریف‌شده طبقه‌بندی شود.

کلاس A: تجهیز سه‌فاز متعادل، و همه تجهیزات دیگر به استثنای مواردی که در سه کلاس دیگر طبقه‌بندی می‌شوند.

کلاس B: ابزار الکتریکی قابل حمل، که در طول عملکرد عادی به‌صورت دستی برای تنها مدت کوتاهی (چند دقیقه) استفاده می‌شوند.

کلاس C: تجهیز روشنایی، شامل ادوات دیمر.

کلاس D: تجهیزاتی که جریان ورودی با شکل موج خاص (مثلاً، تجهیزات با مدار ورودی AC خازن-یکسوساز آفلاین و منابع تغذیه کلیدزنی) و توان اکتیو ورودی کمتر از ۶۰۰W دارند.

استانداردهای IEC 61000-3-2 و IEC 61000-3-12 شرایط آزمون اندازه‌گیری هارمونیک را تنها برای بعضی از انواع تجهیزات تشریح می‌کنند. هدف، آزمایش تمامی تجهیزات تحت شرایطی است که حداکثر دامنه‌های هارمونیکی را در شرایط عملکرد عادی برای هر مؤلفه‌ی هارمونیکی تولید می‌کنند. یک عنصر اساسی برای آزمون انطباق موفق، کیفیت منبع تغذیه AC و ابزار اندازه‌گیری هارمونیک است.

۱-۲-۱-۲- الزامات منبع تغذیه AC

به‌طور کلی، منبع تغذیه AC مورد استفاده برای آزمون تجهیزات در زمینه انتشار جریان هارمونیکی باید امپدانس خروجی کم داشته باشد تا اعوجاج ولتاژ خروجی را حداقل کند و ظرفیت ولتاژ خروجی کافی برای تأمین ولتاژهای آزمون مناسب، ظرفیت جریان پیک کافی برای تغذیه تجهیز تحت آزمون بدون قطعی، و توانایی تنظیم رابطه ولتاژ، فرکانس و فاز خروجی (برای آزمون سه‌فاز) را داشته باشد. الزامات خاص عبارتند از:

ظرفیت ولتاژ خروجی: ۲۳۰ Vrms (تک‌فاز)، ۴۰۰ Vrms (سه‌فاز)

دقت ولتاژ و فرکانس: ٪۲± ۲۳۰ Vrms، ٪۰.۵ ± ۵۰Hz

دقت زاویه فاز: ۱.۵° ±۱۲۰°بین ولتاژ مؤلفه اصلی هر فاز

محتوای هارمونیکی ولتاژ خروجی (برحسب درصد ولتاژ مؤلفه اصلی): ٪۰.۹ (هارمونیک سوم)، ٪۰.۴ (هارمونیک پنجم)، ٪۰.۳ (هارمونیک هفتم)، ٪۰.۲ (هارمونیک نهم)، ٪۰.۱ (هارمونیک‌های زوج از ۲ تا ۱۰)، ٪۰.۱ (همه هارمونیک‌ها از ۱۱ تا ۴۰)

مقدار پیک ولتاژ خروجی: ۱.۴۰ تا ۱.۴۲ برابر مقدار rms که در محدوده ۸۷° تا ۹۳° بعد از عبور از صفر به آن می‌رسد

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۱-۲-۱-۳- الزامات اندازه‌گیری جریان هارمونیکی

استاندارد IEC 61000-4-7 برخی از الزامات ابزار مورد استفاده برای اندازه‌گیری جریان‌های هارمونیکی در مدارهای با تغذیه AC را تشریح می‌کند. این استاندارد ابزار اندازه‌گیری جریان هارمونیکی را برحسب کلاس دقت (I یا II) و مشخصات سیگنال پارامتر مورد اندازه‌گیری تعریف می‌کند. سطوح دقت کلاس I برای اندازه‌گیری‌های جریان هارمونیکی با هدف بررسی انطباق با استاندارد مورد نیاز هستند [۳].

مطابق دستورالعمل‌های اندازه‌گیری، شرایط آزمون باید به‌گونه‌ای باشد که بدترین حالت سطوح هارمونیکی را به‌وجود آورد. هدف استانداردها آزمایش تجهیز تحت شرایط عادی است، و بنابراین شرایط جریان هجومی که معمولاً در زمان روشن و خاموش کردن تجهیز اتفاق می‌افتد را درنظر نمی‌گیرند. یک بازه زمانی انتظار کمتر از ۱۰ ثانیه جزو الزامات اندازه‌گیری هارمونیکی مورد نظر قرار می‌گیرد. الزامات عمومی اندازه‌گیری هارمونیک عبارتند از:

- مجموع خطای اندازه‌گیری برای هارمونیک‌های حالت دائمی نباید بیشتر از ۵٪ از حدود مجاز یا ۰.۲٪ جریان نامی تجهیز تحت آزمون باشد.
- امپدانس ورودی ابزار اندازه‌گیری (مثلاً، یک Aمتر) باید به‌گونه‌ای باشد که افت ولتاژ در مدار ورودی از ۰.۱۵ ولت بیشتر نشود.

در مورد هارمونیک‌های نوسانی، یک فیلتر هموارساز با پاسخی معادل یک فیلتر پائین‌گذر مرتبه اول با ثابت زمانی ۱۰٪±۱.۵ ثانیه باید در خروجی‌های DFT قرار بگیرد.

۱-۲-۲- استانداردهای IEC 61000-3-3 و IEC 61000-3-11

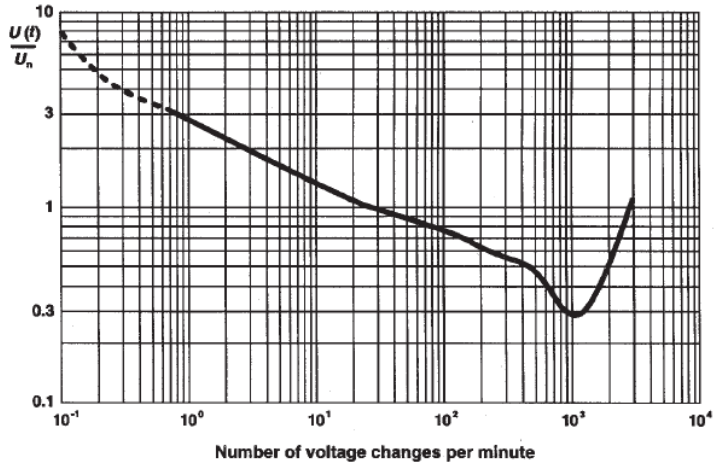
استانداردهای IEC 61000-3-3 و IEC 61000-3-11 الزامات اندازه‌گیری، الزامات منبع تغذیه AC، الزامات امپدانس خط و محدوده‌های نوسان ولتاژ و فلیکر را برای ارزیابی تجهیزات الکترونیکی و الکتریکی به‌ترتیب با جریان کمتر از ۱۶ A و جریان از ۱۶ A تا ۷۵ A تعریف می‌کنند. انطباق با این استانداردها تضمین می‌کند که نوسانات ولتاژ با سایر تجهیزات متصل به شبکه AC تداخل نداشته یا باعث سوسو زدن آشکار لامپ‌های رشته‌ای به‌گونه‌ای نمی‌شود که سبب اذیت یا خطر سلامتی برای انسان‌ها شود.

دامنه و فرکانس رخ دادن این نوسانات ولتاژ به‌طور مستقیم سطح فلیکر ادارک‌شده توسط چشم انسان را تعیین می‌کند. شکل ۱-۱۳ یک منحنی نمونه است که رابطه بین تغییرات دامنه نسبی ($U(t)/U_n$) را برحسب فرکانس رخداد

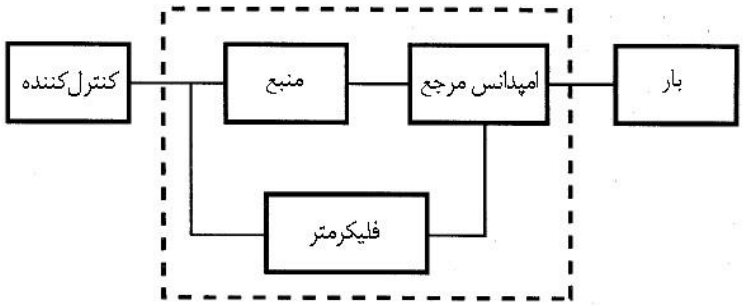
DOI: 10.30503/nripress.2020.284

برای سطح ثابتی از تحریک‌پذیری[1] یا P_{st} نشان می‌دهد. بنابراین الزامات اندازه‌گیری فلیکر این استانداردها، میزان آزار یک انسان نوعی را که ممکن است به‌دلیل نوسانات ولتاژ تجربه کند برحسب دامنه و فرکانس مشخص می‌کند. منابع معمول فلیکر تجهیزاتی هستند که شرایط بارگذاری متغیر با زمان ایجاد می‌کنند. از جمله می‌توان به اجاق‌های مایکروویو و پرینترهای لیزری اشاره کرد.

بلوک دیاگرام شکل ۱-۱۴ توابع مورد نیاز برای پیاده‌سازی استانداردهای IEC 61000-3-3 و IEC 61000-3-12 را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱۳- منحنی نوعی Pst=۱



شکل ۱-۱٤- دیاگرام تجهیزات برای آزمون نوسانات ولتاژ و فلیکر

۱-۲-۱- حدود آزمون

اگر پارامترهای آزمون زیر در محدوده تعریف‌شده باشند، انطباق تأیید می‌شود:

فلیکر کوتاه مدت (P_{st}): شدت فلیکر در بازه زمانی کوتاهی (۱۰ دقیقه) ارزیابی می‌شود. $P_{st} = 1$ آستانه متداول تحریک‌پذیری و از این جهت محدوده مجاز است.

[1] Irritability

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

فلیکر بلند مدت (P_{lt}): شـدت فلیکر در یک دوره طولانی (معمولاً ۲ سـاعت) با اسـتفاده از مقادیر P_{st} متوالی ارزیابی می‌شود. $P_{lt} = 0.65$، آستانه متداول تحریک‌پذیری و از این جهت محدوده مجاز است.

برای تغییرات ولتاژی که توسط کلیدزنی دستی تجهیز ایجاد می‌شوند یا مواردی که با فراوانی کمتر از یک بار در ساعت رخ می‌دهند، P_{st} و P_{lt} قابل کاربرد نیستند. با این وجود، پارامترهای تغییر ولتاژ (D) زیر، با محدوده‌هایی ضرب‌شده در مقدار ۱.۳۳ قابل اعمال هستند.

تغییر ولتاژ حالت دائمی نسـبی (Dc): تفاوت بین دو ولتاژ حالت دائمی مجاور نسـبت به ولتاژ نامی. Dc باید کوچکتر از ۳٪ باشد.

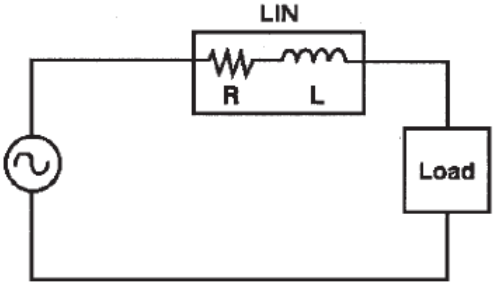
مشخصه تغییر ولتاژ نسبی (D(t)): تغییر در ولتاژ RMS، نسبت به ولتاژ نامی، به‌صورت تابعی از زمان و بین بازه‌های زمانی که ولتاژ برای حداقل ۱ ثانیه در وضـعیت حالت دائمی اسـت. D(t) نباید برای بیش از ۲۰۰ میلی‌ثانیه به‌طور پیوسته بزرگتر از ۳٪ در طول یک رخداد تغییر ولتاژ باشد.

حداکثر تغییر ولتاژ نسبی (Dmax): تفاوت بین حداکثر و حداقل مقادیر RMS مشخصه تغییر ولتاژ نسبت به ولتاژ نامی. Dmax باید کوچکتر از ۴٪ باشد.

۱-۲-۲-۲- الزامات منبع تغذیه AC

از آنجا که فلیکر با پایش تغییرات ولتاژ تعیین می‌شود، الزامات برای این اسـتانداردها شـامل انجام اندازه‌گیری‌ها در زمانی اسـت که تجهیز تحت آزمون از طریق یک خط یا امپدانس مرجع مشـخص تغذیه می‌شـود. این امپدانس مرجع مطابق با IEC/TR 60725 تعریف می‌شود. برای سیستم‌های توزیع توان ۲۳۰V/ ۵۰ Hz، مقدار مرجع ۰.۴+۰.۲۵j Ω (فاز به خنثی) است [۷].

به‌طور معمول، این امپدانس مرجع (مقاومت و سلف سری) به‌صورت یک قسمت مجزا ایجاد می‌شود که بین منبع AC و تجهیز تحت آزمون مطابق با شکل ۱–۱۵ قرار می‌گیرد. بعضی از منابع AC کنترل امپدانس منبع داخلی دارند.



شکل ۱–۱۵– منبع با R و L اضافی و بار

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

ظرفیت ولتاژ خروجی: ۲۳۰Vrms (تک‌فاز)، ۴۰۰ Vrms (سه‌فاز)

دقت ولتاژ و فرکانس: ، ٪۲± ۲۳۰ Vrms، ٪۰.۵ ± ۵۰Hz

THD ولتاژ: ٪۳

حداکثر فلیکر کوتاه مدت منبع: ۰.۴

۱-۲-۲-۳- الزامات اندازه‌گیری نوسانات ولتاژ/فلیکر

اندازه‌گیری نوسانات ولتاژ RMS بر روی شبکه AC ناشی از تجهیز تحت آزمون اساس اندازه‌گیری‌های فلیکر است. روش‌های مختلفی برای ارزیابی شدت فلیکر (P_{st}) وجود دارند که از اندازه‌گیری مستقیم توسط ابزاری به‌نام فلیکرمتر تا استفاده از تحلیل ریاضی یا یک گراف P_{st} ارائه‌شده توسط استاندارد را شامل می‌شود. روش مستقیم با استفاده از فلیکرمتر روش مرجع برای آزمون سطح استاندارد است. این ابزار باید با مشخصات داده‌شده در استاندارد مرجع IEC 61000-4-15 مطابقت داشته باشد [۱۰].

همچنین اندازه‌گیری نوسانات ولتاژ بخش مهمی از پاسخ به این پرسش است که آیا تجهیز الکتریکی باعث اختلالات ولتاژ بیش از حد بر روی شبکه AC می‌شود یا خیر. در حالی که اندازه‌گیری‌های فلیکر ارزیابی دقیقی از اثر تغییرات ولتاژ مداوم فراهم می‌کند، اندازه‌گیری‌های نوسان ولتاژ شاخص بهتری از اثر تغییرات بزرگ ناگهانی ولتاژ ارائه می‌دهد. هر دو این تغییرات می‌توان از نظر دید انسان آزار دهنده باشد و برای سایر بارهای متصل به آن مدار مخرب است. تغییرات ولتاژ نسبی باید با دقت کلی بهتر از ٪۸± اندازه‌گیری شوند.

۱-۲-۲-٤- مراجع معیار[1] و کاربرد آنها

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، IEC 61000-4-7 یکی از مراجع معیار برای IEC 61000-3-2 می‌باشد، در حالی که IEC/TR 60725 و IEC 61000-4-15 مراجع معیار برای IEC 61000-3-3 هستند. یک مرجع معیار ممکن است اشاره به استاندارد دیگر داشته باشد یا یک پیوست مفصل باشد. عنوان "معیار" به این معنی است که مرجع شامل الزاماتی است که باید برای انطباق رعایت شوند. عنوان ممکن دیگر برای یک مرجع "آموزنده[2]" است که به معنی آن است که مرجع حاوی اطلاعات مفید مرتبط با استاندارد است، اما محتوای آن برای انطباق الزامی نیست.

[1] Normative References
[2] Informative

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

برای تفسیر اثر و محدوده مراجع معیار، قانون کلی که به‌کار گرفته می‌شود این است که خاص‌ترین[1] استاندارد در زمان ارزیابی قابلیت اجرای الزامات در مراجع معیار بیش‌ترین وزن را دارد، به‌ویژه اگر الزامی با استاندارد خاص‌تر تناقض داشته باشد.

به‌عنوان مثالی برای چگونگی اعمال این قانون، حللت زیر را درنظر بگیرید: IEC 61000-4-7 یک مرجع عمومی است که الزامات برای تکنیک‌های ابزار دقیق و اندازه‌گیری را ارائه می‌دهد که برای ارزیابی سیگنال‌های هارمونیکی و هارمونیک میانی مدار اصلی استفاده می‌شوند. هارمونیک‌های میانی سیگنال‌هایی هستند که در فرکانس‌هایی به‌جز مضارب صحیح فرکانس منبع به‌وجود می‌آیند. چون هر دو اندازه‌گیری ولتاژ و جریان توضیح داده می‌شوند، یک تفسیر محتمل آن است که ابزار دقیق مورد استفاده برای آزمون انطباق با یک استاندارد که به IEC 61000-4-7 ارجاع می‌دهد باید با همه الزامات در IEC 61000-4-7 مطابقت داشته باشد. با این وجود، ابزار دقیق ممکن است برای پوشش یک نیاز و کاربرد خاص (مثلاً، هارمونیک‌های حالت دائمی در ولتاژ تغذیه) یا برآورده ساختن الزامات چندین مورد (مثلاً، اندازه‌گیری‌های ولتاژ و جریان، هارمونیک‌ها و هارمونیک‌های میانی) ساخته شده باشد.

IEC 61000-3-2 تنها حدود جریان‌های هارمونیکی را مشخص می‌کند. هارمونیک‌های ولتاژ توسط این استاندارد تنظیم نشده و هیچ بحث یا تنظیمی در مورد هارمونیک‌های میانی ندارد. با استفاده از قانون فوق‌الذکر که خاص‌ترین استاندارد بیش‌ترین وزن را دارد، ابزاری که فقط الزامات IEC 61000-4-7 را برای اندازه‌گیری جریان هارمونیکی برآورده می‌سازد انطباق کامل با IEC 61000-3-2 را خواهد داشت. پیوست‌های معیار A و B در IEC 61000-3-2 به‌ترتیب، الزامات برای مدار اندازه‌گیری و منبع تغذیه و تجهیز اندازه‌گیری را بیان می‌کنند. این الزامات اضافی باید برآورده شوند، و در مواردی که اختلاف‌هایی نسبت به الزامات تشریح‌شده در IEC 61000-4-7 وجود دارد، الزامات در پیوست‌ها اولویت دارند.

[1] The Most Specific

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

فصل ۲:

مطالعه و تعیین آزمون‌ها و استانداردهای مرتبط با آزمون‌ها و مشخص نمودن لیست آزمون‌ها و دامنه شمول آنها

مقدمه

بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰، آزمون‌های کیفیت توان الزامی برای تجهیزات استخراج رمزارز (ماینر) به دو دسته آزمون‌های هارمونیک‌های جریان و آزمون‌های فلیکر و تغییرات ولتاژ تقسیم می‌شوند. در این فصل به‌طور مجزا به تشریح نحوه انجام هریک از این آزمون‌ها، مدارهای مربوطه و مشخصات تجهیزات آزمون پرداخته می‌شود. به‌علاوه، در صورت لزوم توضیحات تکمیلی در قالب چندین پیوست ارائه شده‌اند که در متن به آنها ارجاع داده شده است. برای تدوین این فصل از استانداردهای مختلف IEC استفاده شده است که در ابتدای هر بخش به استاندارد مربوطه اشاره می‌شود.

۱-۲- آزمون‌های مربوط به هارمونیک‌های جریان

در این بخش، آزمون‌های مربوط به هارمونیک‌های جریان ماینرها، بر مبنای دسته‌بندی مورد اشاره در زیربند ۶-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ ارائه می‌شوند. توجه داشته باشید که این روش‌ها برای انواع تجهیزات الکتریکی مشترک بوده و به همین دلیل در اکثر موارد از عبارت تجهیز تحت آزمون استفاده می‌شود. تنها در موارد خاص که روش یا نیازمندی مختص ماینرها باشد، در متن تصریح شده است.

۱-۱-۲- آزمون‌های هارمونیک‌های جریان در ماینرهای با جریان ورودی کمتر یا مساوی ۱۶ A

همان‌طور که در زیربند ۶-۱-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ نیز اشاره شده است، آزمون‌های مربوط به جریان هارمونیکی این نوع ماینرها بر اساس استاندارد IEC 61000-3-2 انجام می‌شوند. از آنجا که ساختار ماینرها تا حدود زیادی با تجهیزات فناوری اطلاعات (ITE[1]) شباهت دارد، شرایط اختصاصی این آزمون نیز در همان استاندارد تشریح شده است که در این گزارش به آن پرداخته می‌شود.

۱-۱-۱-۲- ساختار آزمون اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان

مؤلفه‌های هارمونیکی باید طبق الزامات داده‌شده در پیوست الف برای مدار آزمون و منبع تغذیه اندازه‌گیری شوند. همچنین ساختار کلی ابزار اندازه‌گیری هارمونیک، در پیوست ج توضیح داده شده است.

شرایط خاص آزمون برای اندازه‌گیری جریان‌های هارمونیکی مربوط به بعضی از انواع تجهیزات نیز در ضمیمه B استاندارد IEC 61000-3-2 آورده شده است که در آن مستقیماً به ماینرها اشاره‌ای نشده است. برای تجهیزاتی از جمله

[1] Information Technology Equipment

ماینرها که اشاره‌ای به آنها نشده است، آزمون‌های کیفیت توان با کنترل‌های عملکرد کاربر یا تنظیم برنامه‌های خودکار در حالتی انجام می‌شود که انتظار می‌رود حداکثر جریان هارمونیکی کل (THC[1]) در شرایط بهره‌برداری عادی تولید شود. این موضوع تنظیمات تجهیز در طول آزمون‌های کیفیت توان را تعریف کرده و الزامی برای اندازه‌گیری THC یا انجام تحقیقات برای یافتن بدترین حالت نیست. به‌علاوه همان‌طور که اشاره شد، به‌دلیل شباهت ساختار ماینرها با ITE، پیوست ب این گزارش به معرفی شرایط آزمون مربوط به این نوع تجهیزات اختصاص داده شده است.

حدود هارمونیک جریان مشخص‌شده در زیربند ۵-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ به جریان‌های خط اعمال می‌شود و به جریان در هادی خنثی اعمال نمی‌شود. اما برای تجهیز تک‌فاز، می‌توان جریان در هادی خنثی را به‌جای جریان‌های خط اندازه‌گیری کرد.

۲-۱-۱-۲- روش اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان

آزمون باید طبق الزامات عمومی زیربند ۲-۱-۱-۳ انجام شود. مدت آزمون باید طبق زیربند ۲-۱-۱-۴ تعریف شود. اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان به‌صورت زیر باید انجام شود.

- برای هر مرتبه هارمونیکی، مقدار RMS هارمونیک جریان هموار شده[2] ۱/۵ ثانیه را در هر پنجره زمانی تبدیل فوریه گسسته (DFT[3]) طبق تعریف استاندارد IEC 61000-4-7 (که در زیربند ج-۳-۵ توضیح داده شده است) اندازه‌گیری کنید.
- میانگین مقادیر حسابی اندازه‌گیری شده از پنجره‌های زمانی DFT در مدت مشاهده آزمون طبق تعریف زیربند ۴-۱-۱-۲ محاسبه کنید.

مقدار توان ورودی مورد استفاده برای محاسبه محدودیت‌ها باید به‌صورت زیر تعیین شود:

- توان اکتیو ورودی هموار شده ۱/۵ ثانیه در هر پنجره زمانی DFT را اندازه‌گیری کنید.
- حداکثر مقادیر توان اندازه‌گیری‌شده از پنجره‌های زمانی DFT در کل مدت آزمون مشخص کنید.

نکته: توان اکتیو ورودی تغذیه بخش هموارسازی ابزار اندازه‌گیری طبق تعریف استاندارد IEC 61000-4-7 همان توان ورودی اکتیو در هر پنجره زمانی DFT است.

[1] Total Harmonic Current
[2] Smoothed
[3] Discrete Fourier Transform

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

مؤلفه‌های هارمونیک جریان و توان اکتیو ورودی باید تحت شرایط یکسان آزمون اندازه‌گیری شوند. اما نیاز به اندازه‌گیری هم‌زمان این دو پارامتر نیست.

سازنده ابزار اندازه‌گیری ممکن است هر مقدار توانی را در بازه ٪۱۰± مقدار اندازه‌گیری‌شده واقعی مشخص کند و از آن برای تعیین محدوده‌های آزمون ارزیابی انطباق استفاده کند. مقادیر اندازه‌گیری‌شده و مشخص‌شده توان، همان‌طور که در زیربند ۲-۱-۱-۲ تعریف شد، باید در گزارش آزمون ثبت شود.

اگر مقدار توان اندازه‌گیری‌شده طی آزمون‌های انتشار (غیر از آزمون ارزیابی انطباق سازنده)، که مطابق با عبارات زیربند ۲-۱-۱-۲ اندازه‌گیری شده است، کمتر از ٪۹۰ و بیشتر از ٪۱۱۰ مقدار توان مشخص‌شده توسط سازنده در گزارش آزمون نباشد (زیربند ۲-۱-۱-۳ قسمت ه را ببینید)، مقدار مشخص‌شده باید برای تعیین محدودیت‌ها استفاده شود. اگر مقدار اندازه‌گیری‌شده خارج از محدوده تلرانس مشخص‌شده باشد، توان اندازه‌گیری‌شده برای تعیین محدودیت‌ها استفاده خواهد شد.

۲-۱-۱-۳- الزامات عمومی

الف) تکرارپذیری[1]

تکرارپذیری به معنی نزدیک بودن نتایج اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان بر روی تجهیزات تحت آزمون یکسان با سیستم‌های آزمون یکسان و تحت شرایط آزمون یکسان می‌باشد. تکرارپذیریِ مقدار متوسط مؤلفه‌های هارمونیکی جریان تحت شرایط زیر در کل دوره مشاهده آزمون باید بهتر از ٪۵± از حد مجاز باشد:

- تجهیزات تحت آزمون، یکسان (نه تجهیزی از نوع دیگر ولی مشابه) باشند.
- سیستم آزمون یکسان باشد.
- مکان یکسان باشد.
- شرایط آزمون یکسان باشند.
- شرایط آب و هوایی در صورت مرتبط بودن یکسان باشند.

این الزام تکرارپذیری، هدف تعریف بازه زمانی مشاهدات لازم را برآورده می‌سازد (به زیربند ۲-۱-۱-۴ مراجعه کنید). هدف این الزام ارائه یک معیار قبول/شکست برای ارزیابی انطباق با الزامات این دستورالعمل نیست.

[1] Repeatability

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

ب) قابلیت تکثیر[1]

قابلیت تکثیر به معنی نزدیک بودن نتایج اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان بر روی تجهیزات تحت آزمون یکسان با سیستم‌های آزمون متفاوت و تحت شرایط آزمون یکسان می‌باشد. قابلیت تکثیر اندازه‌گیری‌ها بر روی تجهیز مورد آزمون یکسان با سیستم‌های آزمون مختلف نمی‌تواند به‌طور قطعی محاسبه شود تا در تمام ترکیبات احتمالی تجهیز مورد آزمون، اندازه‌گیری هارمونیک و منبع تغذیه آزمون اعمال شود. اما می‌توان تخمین زد که قابلیت تکثیر بهتر از (۱٪+۱۰ میلی A)± باشد، که در آن ۱٪ یعنی ۱٪ از مقدار متوسط کل جریان ورودی گرفته‌شده در کل دوره مشاهده آزمون است. بنابراین، تفاوت‌هایی در نتایج که کمتر از این مقدار جریان باشند قابل اغماض تلقی می‌شود، اما در بعضی موارد مقدار بالاتری می تواند رخ دهد.

برای جلوگیری از تردید در چنین مواردی، نتایج آزمونی که در مکان‌های مختلف یا در موقعیت‌های متفاوت به‌دست آمده و نشان می‌دهند که همه محدودیت‌های مربوطه برآورده می‌شوند، برای اثبات انطباق مورد پذیرش خواهند بود، حتی اگر نتایج تفاوت بیشتری نسبت به مقادیری که برای تکرارپذیری و تکثیرپذیری در بالا داده شد داشته باشند.

نکته: تغییرپذیری[2] به معنی نزدیک بودن نتایج اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان بر روی نمونه‌های مختلف یک نوع از تجهیز تحت آزمون که تفاوت عمدی[3] ندارند با سیستم‌های آزمون متفاوت و تحت شرایط آزمون یکسان می‌باشد. تغییرپذیری اندازه‌گیری‌ها در تجهیزات تحت آزمون مختلف از یک نوع، بدون هیچ‌گونه اختلاف عمدی، می‌تولند توسط تلرانس عملی قطعه و دیگر عوامل مانند عکس‌العمل‌های احتمالی بین مشخصات تجهیز مورد آزمون و ابزار اندازه‌گیری یا منبع تغذیه افزایش یابد. اثر این عوامل را به همان دلایل قابلیت تکثیر نمی‌توان در این دستورالعمل تعیین کرد. پاراگراف بالا در مورد تغییرپذیری نیز به‌کار می‌رود.

ج) شروع و توقف

وقتی بخشی از تجهیز، به‌صورت دستی یا به‌طور خودکار به‌کار افتاد یا از کار خارج شد، جریان‌های هارمونیکی و توان برای ۱۰ ثانیه اول بعد از وقوع کلیدزنی درنظر گرفته نمی‌شوند.

[1] Reproducibility
[2] Variability
[3] Intentional

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

تجهیز تحت آزمون در بیش از ۱۰٪ مدت آزمون نباید در حالت آماده به‌کار[1] باشد. حالت آماده به‌کار، حالتی غیرفعال و با مصرف انرژی کم است که می‌تواند برای مدت نامحدود ادامه یابد.

د) اعمال محدودیت‌ها

میانگین مقادیر هریک از مؤلفه‌های هارمونیکی جریان در مدت کل آزمون باید کمتر یا مساوی مقادیر مجاز باشد.

برای هر مرتبه هارمونیکی، همه مقادیر RMS هارمونیک‌های جریان هموار شده ۱/۵ ثانیه، طبق تعریف زیربند ۲-۱-۲ باید الزامات زیر را برآورده سازد:

- کمتر یا برابر با ۱۵۰٪ حد مجاز باشد، یا
- درصورت وجود شرایط زیر به‌طور همزمان، کمتر یا برابر با ۲۰۰٪ حد مجاز باشد.

۱. تجهیز تحت آزمون متعلق به کلاس A باشد (مربوط به ماینرهای با جریان ورودی بیشتر از ۱۶ A)
۲. وجود هارمونیک‌های بیش از ۱۵۰٪ از حد مجاز در کمتر از ۱۰٪ از کل مدت آزمون یا مجموعاً ۱۰ دقیقه (در طول مدت آزمون)، هرکدام کوچکتر باشد، طول بکشد.
۳. میانگین مقادیر هارمونیک‌های جریان در کل مدت آزمون کمتر از ۹۰٪ حد مجاز باشد.

هارمونیک‌های جریان اندازه‌گیری‌شده کمتر از ۰/۶٪ جریان ورودی تحت شرایط آزمون، یا کمتر از ۵ mA ، هرکدام بزرگتر باشند، نادیده گرفته می‌شوند.

برای هارمونیک ۲۱ام و هارمونیک‌های فرد بالاتر، مقدار میانگین به‌دست آمده برای هر هارمونیک فرد در طول مدت آزمون، که از مقادیر RMS هموار شده ۱/۵ ثانیه مطابق با زیربند ۲-۱-۱-۲ محاسبه شده است، با شرایط زیر می‌تواند تا ۵۰٪ از حد مجاز بیشتر شود:

۱. جریان هارمونیک فرد جزئی (POHC[2]) اندازه‌گیری‌شده از جریان هارمونیک فرد جزئی که می‌توان از حدود مجاز با استفاده از رابطه زیر محاسبه کرد فراتر نرود.

$$POHC = \sqrt{\sum_{h=21,23}^{39} I_h^2}$$

[1] Stand-By Mode
[2] Partial Odd Harmonic Current

۲. تمام مقادیر RMS هریک از مؤلفه‌های هارمونیکی هموار شده ۱/۵ ثانیه باید کمتر یا مساوی ۱۵۰٪ حد مجاز باشند.

این معافیت‌ها (استفاده از جریان هارمونیک فرد جزئی برای مقادیر متوسط و حد ۲۰۰٪ کوتاه مدت برای مقادیر هموار شده ۱/۵ ثانیه) از یکدیگر جدا هستند و نمی‌توانند با هم استفاده شوند.

ه) گزارش آزمون

گزارش آزمون ممکن است بر اساس اطلاعاتی باشد که سازنده به مرکز آزمون ارائه کرده است یا سندی شامل جزئیات آزمون‌های خود سازنده باشد. این گزارش باید شامل تمام اطلاعات مرتبط برای شرایط آزمون، مدت زمان مشاهده آزمون و زمان بررسی محدودیت‌ها، توان اکتیو یا جریان مؤلفه‌ی اصلی و ضریب توان باشد.

۲-۱-۱-٤- مدت مشاهده آزمون

دوره‌های مشاهده (T_{obs}) برای چهار گروه از تجهیزات با رفتار متفاوت در جدول ۲-۱ آمده است.

جدول ۲- ۱- مدت مشاهده آزمون

نوع رفتار تجهیز	مدت مشاهده
شبه ثابت[1]	T_{obs} مدت زمان کافی برای تأمین الزامات تکرارپذیری در زیربند ۲-۱-۱-۳ قسمت الف
سیکل کوتاه ($T_{cycle} \leq 2.5$ min)	۱۰ سیکل$\geq T_{obs}$ (روش مرجع) یا T_{obs} مدت زمان کافی یا سنکرون‌سازی برای تأمین الزامات تکرارپذیری در زیربند ۲-۱-۱-۳ قسمت الف
تصادفی	T_{obs} مدت زمان کافی برای تأمین الزامات تکرارپذیری در زیربند ۲-۱-۱-۳ قسمت الف
سیکل بلند ($T_{cycle} > 2.5$ min)	سیکل برنامه کامل تجهیز (روش مرجع) یا برای نمونه یک دوره ۲/۵ دقیقه که سازنده به‌عنوان دوره کاری با بالاترین THC درنظر گرفته است
سنکرون‌سازی یعنی کل دوره مشاهده به اندازه کافی نزدیک به یک مضرب صحیح دقیق از سیکل‌های تجهیز باشد به‌گونه‌ای که الزامات تکرارپذیری در زیربند ۲-۱-۱-۳ قسمت الف برآورده شود.	

۲-۱-۲- آزمون‌های هارمونیک‌های جریان در ماینرهای با جریان ورودی بیشتر از ١٦ A تا ٧٥ A

همان‌طور که در زیربند ۶-۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ نیز اشاره شده است، آزمون‌های مربوط به جریان هارمونیکی این نوع ماینرها بر اساس بند ۷ استاندارد IEC 61000-3-12 انجام می‌شوند. این استاندارد برای تجهیزاتی است که به سیستم‌های فشار ضعیف وصل می‌شوند و در سطح فشارضعیف با شبکه عمومی ارتباط دارند. این

[1] Quasi-Stationary

استاندارد به تجهیزاتی که تنها به سیستم‌های فشارضعیف خصوصی وصل می‌شوند و فقط در سطح فشار متوسط یا فشار قوی با شبکه عمومی ارتباط دارند اعمال نمی‌شود.

نکته: حوزه این استاندارد به تجهیزات متصل به سیستم‌های فشار ضعیف عمومی محدود می‌شود چون انتشار هارمونیک از تجهیزات نصب‌شده در سیستم‌های فشار ضعیف خصوصی می‌تواند به‌صورت مجتمع در نقطه اتصال مشترک MV با استفاده از رویه‌های تعریف‌شده در IEC/TR 61000-3-6 و/یا به‌وسیله توافق‌نامه‌های قراردادی بین بهره‌بردار شبکه توزیع و مشترک کنترل شود. انتظار می‌رود که بهره‌برداران سیستم‌های خصوصی محیط EMC را به روشی مدیریت کنند که انطباق با دستورالعمل‌های داده‌شده در IEC/TR 61000-3-6 و/یا توافق‌نامه‌های قراردادی تضمین شود [۱۱].

۲-۱-۲-۱- شرایط اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان

مقدار میانگین جریان RMS ورودی بایستی با استفاده از روش متوسط‌گیری تعریف‌شده در زیربند ۲-۱-۲-۱ قسمت ب برای هارمونیک‌های جریان اندازه‌گیری شود. اندازه‌گیری باید تحت شرایط مشخص‌شده در زیربند ۲-۱-۲-۲ قسمت د انجام شوند.

سازنده ممکن است هر مقدار جریان RMS در محدوده ۱۰٪± مقدار واقعی اندازه‌گیری‌شده را مشخص کند و از آن به‌عنوان جریان مرجع برای آزمون ارزیابی انطباق سازنده اصلی استفاده کند. مقادیر اندازه‌گیری‌شده و مشخص‌شده جریان، همان‌طور که در این بند تعریف می‌شوند، باید در گزارش آزمون ثبت شوند.

برای آزمون‌های انتشار به‌غیر از آزمون ارزیابی انطباق سازنده اصلی، مقدار جریان مرجع باید به‌صورت زیر تعیین شود. اگر مقدار میانگین جریان RMS ورودی اندازه‌گیری‌شده در طول این آزمون‌های انتشار مطابق با عبارات این زیربند، کمتر از ۹۰٪ یا بیشتر از ۱۱۰٪ مقدار جریان مشخص‌شده توسط سازنده در گزارش آزمون نباشد (زیربند ۲-۱-۱-۲ قسمت د را ببینید)، جریان مرجع برابر با مقدار مشخص‌شده است. اگر مقدار جدید اندازه‌گیری‌شده خارج از این باند تلرانس در محدوده مقدار مشخص‌شده باشد، جریان مرجع برابر با مقدار جدید اندازه‌گیری‌شده است.

الف) عمومی

در همه انواع اتصالات توان و بار، حدود هارمونیک‌های جریان برای تجهیز به جریان‌های خط اعمال می‌شود.

ب) روند اندازه‌گیری

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان باید به‌صورت زیر انجام شود:

- برای هر مرتبه هارمونیک، جریان RMS هموار شده ۱/۵ ثانیه را در هر پنجره زمانی تبدیل فوریه گسسته (DFT) مطابق تعریف IEC 61000-4-7 (که در زیربند ج–۳–۵ توضیح داده شده است) اندازه‌گیری کنید.
- برای هر مرتبه هارمونیک، میانگین حسابی مقادیر اندازه‌گیری‌شده از پنجره‌های زمانی DFT را در کل مدت مشاهده آزمون مطابق زیربند ۲–۱–۲–۱ قسمت ز محاسبه کنید.

شرایط آزمون برای اندازه‌گیری یا محاسبه هارمونیک‌های جریان در زیربند ۲–۱–۲–۲ آورده شده است.

ج) تکرارپذیری

تکرارپذیریِ مقدار متوسط مؤلفه‌های هارمونیکی جریان تحت شرایط زیر در کل دوره مشاهده آزمون باید بهتر از ±۵٪ از حد مجاز باشد:

- تجهیزات تحت آزمون یکسان (نه تجهیزی از نوع دیگر ولی مشابه) باشند.
- شرایط آزمون یکسان باشند.
- سیستم آزمون یکسان باشد.
- شرایط آب و هوایی در صورت مرتبط بودن یکسان باشند.

توجه: این الزام تکرارپذیری، هدف تعریف مدت مشاهده لازم را برآورده می‌سازد (به زیربند ۲–۱–۲–۱ قسمت ز مراجعه کنید). هدف این الزام ارائه یک معیار قبول/شکست برای ارزیابی انطباق با الزامات این دستورالعمل نیست.

د) شروع و توقف

وقتی بخشی از تجهیز، به‌صورت دستی یا به‌طور خودکار به‌کار افتاد یا از کار خارج شد، جریان‌های هارمونیکی و توان برای ۱۰ ثانیه اول بعد از وقوع کلیدزنی، یا تا زمانی که تجهیز به‌طور کامل روشن یا خاموش شود، هرکدام بزرگتر باشد، درنظر گرفته نمی‌شوند.

تجهیز تحت آزمون در بیش از ۱۰٪ مدت آزمون نباید در حالت آماده به‌کار باشد.

ه) اعمال محدودیت‌ها

مقدار میانگین هریک از مؤلفه‌های هارمونیکی جریان در مدت کل آزمون باید کمتر یا مساوی مقادیر مجاز باشد.

برای هر مرتبه هارمونیکی، همه مقادیر RMS هارمونیک‌های جریان هموار شده ۱/۵ ثانیه، طبق تعریف زیربند ۲–۱–۲–۱ قسمت ب باید کمتر یا مساوی با ۱۵۰٪ محدودیت‌های قابل اعمال باشد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

برای محاسبه THC و PWHC، از مؤلفه‌های هارمونیک جریان کمتر از ۱٪ جریان مرجع صرف‌نظر می‌شود.

و) گزارش آزمون

گزارش آزمون ممکن است بر اساس اطلاعاتی باشد که سازنده به مرکز آزمون ارائه کرده است یا سندی شامل جزئیات آزمون‌های خود سازنده باشد. این گزارش باید شامل تمام اطلاعات مرتبط برای شرایط آزمون، مدت مشاهده آزمون و تعیین جریان مرجع نشان‌دهنده انطباق با این دستورالعمل باشد.

گزارش آزمون باید شامل موارد زیر باشد:

- مقادیر جریان ورودی اندازه‌گیری‌شده و مشخص‌شده توسط سازنده برای تعیین جریان مرجع (I_{ref})، مطابق زیربند ۲-۱-۲-۱.
- نسبت اتصال کوتاه مورد استفاده برای محاسبه یا آزمون
- حداقل نسبت اتصال کوتاه مورد نیاز
- توضیحی در مورد جدول اعمالی (یعنی نوع تجهیز)

ز) مدت مشاهده آزمون

دوره‌های مشاهده (T_{obs}) برای چهار گروه از تجهیزات با رفتار متفاوت در جدول ۲-۱ آمده است.

۲-۱-۲-۲- شرایط آزمون و شبیه‌سازی

الف) عمومی

مطابق با این استاندارد با استفاده از هر دو روش زیر می‌توان هارمونیک‌ها را تعیین کرد:

۱) اندازه‌گیری مستقیم (زیربند ۲-۱-۲-۲ قسمت ب)

۲) محاسبه با شبیه‌سازی معتبر (زیربند ۲-۱-۲-۲ قسمت ج)

هنگامی که انجام آزمون مستقیم یا شبیه‌سازی به‌منظور بررسی میزان انتشار هارمونیک تجهیز توسط نهادی غیر از سازنده تجهیز انجام می‌شود، آزمون مستقیم یا شبیه‌سازی باید با استفاده از شرایط مستند در گزارش آزمون شرکت سازنده انجام شود. آزمون‌های مستقیم باید با آزمون‌های مستقیم اعتبارسنجی شوند و شبیه‌سازی‌ها یا با بازبینی یا از طریق انجام شبیه‌سازی‌های جدید که شرایط شبیه‌سازی انجام‌شده توسط سازنده را تکرار می‌کنند اعتبارسنجی می‌شوند.

ب) الزامات برای اندازه‌گیری مستقیم

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

به‌عنوان اولین مرحله در فرآیند اندازه‌گیری، سازنده باید یک مقدار آزمایشی R_{sce} (نسبت اتصال کوتاه) را براساس دانش طراحی محصول انتخاب کند به‌گونه‌ای که انطباق تجهیز با الزامات جدول مربوطه امکان‌پذیر باشد.

آنگاه منبع تغذیه باید شرایط زیر را داشته باشد:

۱. ولتاژ خروجی U باید برابر ولتاژ نامی تجهیز باشد. اگر یک محدوده ولتاژ مشخص شده باشد، ولتاژ خروجی باید مطابق استاندارد IEC 60038 معادل ولتاژ نامی سیستم باشد (به‌عنوان مثال: ۱۲۰V یا ۲۳۰ V برای تک‌فاز یا ۴۰۰V خط به خط برای سه‌فاز) [۱۲].

۲. هنگام انجام اندازه‌گیری‌ها، ولتاژ خروجی باید در محدوده ٪ ۲± و فرکانس در محدوده ٪ ۰/۵ ± مقدار نامی حفظ شود.

۳. در صورت تغذیه سه‌فاز، عدم تعادل ولتاژ باید کمتر از ۵۰٪ حد عدم تعادل ولتاژ ذکر شده در استاندارد IEC 61000-2-2 باشد.

۴. نسبت‌های هارمونیکی ولتاژ خروجی U در شرایط بدون بار نباید بیش از مقادیر زیر باشد:

۱.۵٪ برای هارمونیک مرتبه پنجم

۱.۲۵٪ برای هارمونیک مرتبه سوم و هفتم

۰.۷٪ برای هارمونیک مرتبه یازدهم

۰.۶٪ برای هارمونیک مرتبه نهم و سیزدهم

۰.۴٪ برای هارمونیک‌های زوج مرتبه دوم تا دهم

۰.۳٪ برای هارمونیک مرتبه دوازدهم و چهاردهم تا چهلم

۵. برای استفاده از جدول‌های ۳ و ۴ زیربند ۵-۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰، امپدانس منبع تغذیه به‌گونه‌ای است که R_{sce} برابر یا بیشتر از R_{scemin} است. R_{scemin} مقدار مورد انتظار برای ایجاد انطباق تجهیز، با قرار دادن راکتورهای احتمالی می‌باشد.

برای استفاده از جدول‌های ۵ و ۶ زیربند ۵-۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰، امپدانس منبع تغذیه به‌گونه‌ای است که R_{sce} برابر یا بیشتر از ۱/۶برابر R_{scemin} است. R_{scemin} مقدار مورد انتظار برای ایجاد انطباق تجهیز، با قرار دادن راکتورهای احتمالی می‌باشد.

توجه: ضریب ۱/۶ درنظر گرفته‌شده مبتنی بر این واقعیت است که اگر یک تجهیز به یک منبعی با مقدار R_{sce} بالاتر از R_{scemin} متصل باشد، انتشار هارمونیک‌های جریان افزایش می‌یابد.

۶. امپدانس قسمت سنجش جریان و سیم‌کشی هم در امپدانس منبع تغذیه منظور می‌شود.

توجه: مقادیر امپدانس و اعوجاج فوق‌الذکر به‌عنوان مصالحه‌ای با درنظر گرفتن این نکته انتخاب شده است که منابع تغذیه با کیفیت بالا که ظرفیت جریان بسیار بالایی داشته باشند بسیار نادر هستند. تکرارپذیری نتایج، با استفاده از منابع تغذیه مختلف، با مقادیر اعوجاج و امپدانس فوق‌الذکر می‌تواند بسیار ضعیف باشد. تکرارپذیری با استفاده از منبع تغذیه یکسان اینقدر ضعیف نیست. اگر اصلاً امکان‌پذیر نبود، یک منبع تغذیه با اعوجاج و امپدانس کمتر باید استفاده شود.

اگر انطباق با مقدار آزمایشی R_{scemin} حاصل نشود، مقدار بالاتری از R_{scemin} باید انتخاب شود و آزمون تکرار می‌شود، تا زمانی که مقدار R_{scemin} منطبق پیدا شود. این مقدار نهایی به‌عنوان حداقل مقدار R_{sce} استفاده خواهد شد.

الزامات ابزار اندازه‌گیری و ساختار آزمون اندازه‌گیری هارمونیک مطابق استاندارد IEC 61000-4-7 در پیوست ج آورده شده است.

جریان‌های تجهیز متعادل سه‌فاز می‌تواند فقط در یکی از فازها اندازه‌گیری شود، اما در صورت تردید به نامتعادلی تجهیز، هر سه‌فاز باید آزمایش شود.

برای تجهیزات متصل به منبع تغذیه تک‌فاز، مجاز است که اندازه‌گیری جریان در هادی خنثی به‌جای جریان در خط انجام شود.

اندازه‌گیری‌ها باید در نقطه اتصال منبع و تجهیز تحت آزمون انجام شود.

ج) الزامات شبیه‌سازی

ارزیابی میزان انتشار هارمونیک‌های جریان و حداقل مقدار R_{sce} مربوطه می‌تواند با شبیه‌سازی رایانه‌ای تجهیز مورد نظر انجام شود. این روش هنگامی می‌تواند استفاده شود که الزامات مندرج در زیربند ۲-۱-۲-۲ قسمت ب در مورد منبع تغذیه نتواند تأمین شود. به‌منظور تأیید نتایج، مراحل زیر انجام می‌شود:

۱. اندازه‌گیری در شرایط آزمایشگاهی عادی طبق زیربند ۲-۱-۲-۲ قسمت ب، با احتمال اعوجاج ولتاژ بالاتر انجام شود، به‌شرطی که سطح هارمونیک بیش از حد مجاز در استاندارد IEC 61000-2-4 برای کلاس ۳ نباشد. این اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که تجهیز با محدودیت‌های مربوطه مطابقت دارد.

طیف ولتاژ در طول آزمون و همچنین امپدانس منبع تغذیه (مقدار در فرکانس اصلی، هم به‌طور مستقیم و هم غیرمستقیم برحسب قدرت اتصال کوتاه، شامل امپدانس قسمت سنجش جریان و سیم‌کشی) باید ثبت شود.

۲. شبیه‌سازی تجهیز با نرم‌افزار سازنده و روش‌های زیر انجام می‌شود:

مقادیر اندازه‌گیری‌شده از طیف ولتاژ و امپدانس منبع به‌عنوان پارامترهای ورودی شبیه‌سازی درنظر گرفته می‌شوند. جریان‌های هارمونیکی که توسط این شبیه‌سازی محاسبه شده با نتایج اندازه‌گیری قسمت ۱ مقایسه می‌شوند. اگر نتایج حاصل از شبیه‌سازی با نتایج اندازه‌گیری بیش از مقادیر زیر تفاوت نداشته باشند، شبیه‌سازی مورد تأیید است:

- یا ۲٪± جریان مرجع
- یا ۱۰٪±

برای هر هارمونیک جریان ($h \leq 13$) هرکدام بزرگتر باشد.

توجه: فناوری فعلی به شبیه‌سازی‌ها اجازه نمی‌دهد تا دقت بالایی در هارمونیک‌های مرتبه بالا داشته باشند. بنابراین تعیین حدود تلرانس برای مقایسه شبیه‌سازی و اندازه‌گیری در این حالت غیرعملی است. در انجام مقایسه بین نتایج اندازه‌گیری و نتایج شبیه‌سازی، به سازنده توصیه می‌شود تا مقادیر هارمونیک تا مرتبه ۴۰ را اندازه گرفته و هرگونه انحراف بین نتایج اندازه‌گیری و شبیه‌سازی را درنظر بگیرد. با این وجود، نیاز به اعتبارسنجی شبیه‌سازی برای مؤلفه‌های هارمونیکی بالاتر از مرتبه ۱۳ نیست. برای سازنده‌ای که انحرافات قابل توجه در مؤلفه‌های هارمونیکی بالاتر از مرتبه ۱۳ داشته باشد، این ریسک وجود دارد که محصول در عمل با محدودیت‌ها انطباق نداشته باشد.

هارمونیک‌های اندازه‌گیری شده کمتر از ۱٪ جریان مرجع، برای تأیید کردن نتایج شبیه‌سازی مقایسه نمی‌شوند.

۳. شبیه‌سازی با ولتاژ تغذیه متعادل، سینوسی خالص و امپدانس سلفی خالص تکرار می‌شود.

برای استفاده از جداول ۳ و ۴ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰، امپدانس باید متناظر با یک R_{sce} بزرگتر یا مساوی با مقدار آزمایشی R_{scemin} (به زیربند ۲-۱-۲-۲ قسمت ب مراجعه کنید) باشد که انتظار می‌رود انطباق تجهیز را میسر سازد.

برای استفاده از جدول ۵ یا جدول ۶ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰، امپدانس باید متناظر با یک R_{sce} بزرگتر یا مساوی با ۱/۶برابر مقدار آزمایشی R_{scemin} باشد که انتظار می‌رود انطباق تجهیز را میسر سازد.

فرض می‌شود که نتایج حاصل از این شبیه‌سازی دوم، هارمونیک‌های جریان مربوطه برای به‌دست آوردن حداقل مقدار R_{sce} از جداول ۳ تا ۶ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ باشد. با این وجود، اگر با مقدار آزمایشی R_{scemin}

انطباق حاصل نشود، مقدار بزرگتری برای R_{scemin} باید انتخاب شود و شبیه‌سازی تکرار شود، تا یک مقدار R_{scemin} پیدا شود که انطباق تجهیز حاصل شود. این مقدار نهایی به‌عنوان حداقل مقدار R_{sce} در زیربند ۵-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ استفاده می‌شود.

د) شرایط عمومی برای آزمون و شبیه‌سازی

آزمون‌های انتشار باید با تنظیمات کنترل عملکرد کاربر یا تنظیم برنامه‌های خودکار تجهیز در حالتی انجام شود که انتظار می‌رود حداکثر هارمونیک جریان کل (THC) درشرایط عملکرد عادی تولید شود. این شرایط تنظیمات تجهیز در طول آزمون‌های انتشار را تعریف می‌کند و الزامی برای انجام تحقیقات برای بدترین حالت انتشار نیست.

۲-۲- آزمون‌های مربوط به فلیکر و تغییرات ولتاژ

در این بخش، آزمون‌های مربوط به فلیکر و تغییرات ولتاژ ماینرها، بر مبنای دسته‌بندی مورد اشاره در زیربند ۶-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ ارائه می‌شوند. توجه داشته باشید که این روش‌ها برای انواع تجهیزات الکتریکی مشترک بوده و به همین دلیل در اکثر موارد از عبارت تجهیز تحت آزمون استفاده می‌شود. تنها در موارد خاص که روش یا نیازمندی مختص ماینرها باشد، در متن تصریح شده است.

این بخش از استاندارد که از IEC 61000-3-3 استخراج شده است در رابطه با محدودیت نوسانات ولتاژ و فلیکر بر روی سیستم فشار ضعیف عمومی است. در زیربند ۵-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ حدود تغییرات ولتاژی که ممکن است توسط یک تجهیز در شرایط مشخص آزمون تولید شود تعیین شده و راهنمای روش‌های ارزیابی در این دستورالعمل ارائه می‌شود.

۱-۲-۲- ارزیابی تغییرات ولتاژ، نوسانات ولتاژ و فلیکر

۲-۲-۱-۱- ارزیابی تغییرات نسبی ولتاژ، d(t)

برای ارزیابی فلیکر، باید به مشخصات تغییر ولتاژ در ترمینال‌های تجهیز تحت آزمون توجه شود. این تغییر ولتاژ، اختلاف ولتاژ ($\Delta U_{hp}(t)$) بین دو مقدار ولتاژ یک فاز در دو لحظه متوالی $U_{hp}(t_1)$ و $U_{hp}(t_2)$ است.

$$\Delta U_{hp}(t) = U_{hp}(t_2) - U_{hp}(t_1) \qquad (۲-۱)$$

مقادیر RMS ولتاژهای $U_{hp}(t_1)$ و $U_{hp}(t_2)$ باید اندازه‌گیری یا محاسبه شود. هنگام گرفتن مقادیر RMS از شکل‌موج‌های اسیلوگرافی باید تمام اعوجاجات شکل موج درنظر گرفته شود. تغییر ولتاژ در پایانه‌های تجهیز تحت

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

آزمون (ΔU) به‌دلیل تغییر افت ولتاژ روی امپدانس مرجع مختلط (Z) ناشی از تغییر مؤلفه اصلی جریان مختلط ورودی (ΔI) تجهیز تحت آزمون است. ΔI_P و ΔI_q به‌ترتیب قسمت‌های اکتیو و راکتیو تغییرات جریان (ΔI) هستند.

$$\Delta I=\Delta I_P-j\Delta I_q= I(t_1)- I(t_2) \qquad (۲-۲)$$

نکته ۱: علامت I_q برای جریان‌های پس‌فاز، مثبت و برای جریان‌های پیش‌فاز، منفی است.

نکته ۲: اگر اعوجاجات هارمونیکی جریان $I(t_1)$ و $I(t_2)$ کمتر از ۱۰٪ باشد، مقدار RMS کل می‌تواند به‌جای مقادیر RMS جریان‌های مؤلفه اصلی آنها اعمال شود.

نکته ۳: برای تجهیزات تک‌فاز و سه‌فاز متقارن تغییر ولتاژ می‌تواند تقریباً به‌صورت زیر باشد، به‌شرطی که X مثبت (سلفی) باشد:

$$\Delta U_{hp}(t) = \left|\Delta I_P R + \Delta I_q X\right| \qquad (۲-۳)$$

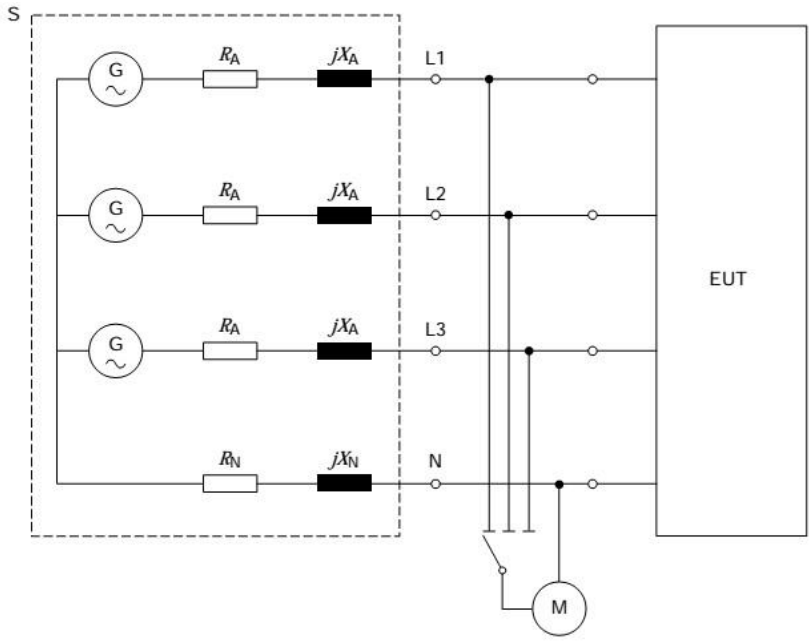
که ΔI_P و ΔI_q به‌ترتیب قسمت‌های اکتیو و راکتیو تغییر جریان (ΔI) بوده و R و X المان‌های امپدانس مرجع مختلط (Z) هستند که در شکل ۲–۱ نشان داده شده است.

نکته ۱: المان‌ها شامل امپدانس واقعی ژنراتور می‌باشند.

نکته ۲: وقتی امپدانس منبع به‌درستی تعریف نشده است، زیربند ۲–۲–۲–۱ قسمت ب را ببینید.

نکته ۳: عموماً، بارهای سه‌فاز متعادل بوده، و می‌توان از R_N و X_N صرف‌نظر کرد، چون جریانی در سیم خنثی وجود ندارد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284



G: منبع ولتاژ مطابق زیربند ۲-۲-۲-۱ قسمت ج

EUT: تجهیز تحت آزمون

M: تجهیز اندازه‌گیری

S: منبع تغذیه شامل منبع ولتاژ G و امپدانس مرجع Z با مشخصات زیر:

در ۵۰ Hz $jX_A = 0.15\ \Omega \quad R_A = 0.24\ \Omega$

در ۵۰ Hz $jX_N = 0.10\ \Omega \quad R_N = 0.16\ \Omega$

شکل ۲- ۱- شبکه مرجع برای منابع تغذیه تک‌فاز و سه‌فاز برگرفته از منبع چهار سیمه، سه‌فاز

تغییر ولتاژ نسبی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$d=\Delta U_{hp}/U_n \qquad (۲-۴)$$

ارزیابی $d_{max,i}$، به محض ایجاد یک شرایط حالت دائمی جدید یا در پایان دوره مشاهده به پایان می‌رسد. قطبیت[1] تغییر(ات) می‌تواند به‌صورت زیر مشخص شود: اگر حداکثر انحراف ولتاژ در طول زمان یک کاهش ولتاژ نسبت به $d_{end,i}$ قبلی مشاهده شود، مقدار $d_{max,i}$ حاصل مثبت است. اگر حداکثر انحراف ولتاژ در طول زمان یک افزایش ولتاژ نسبت به $d_{end,i}$ قبلی مشاهده شود، مقدار $d_{max,i}$ حاصل منفی است.

[1] Polarity

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۲-۲-۱-۲- ارزیابی مقدار کوتاه مدت فلیکر، P_{st}

الف) کلیات

جدول ۲-۲ روش‌های مناسب برای ارزیابی P_{st} ناشی از انواع مختلف نوسانات ولتاژ را نشان می‌دهد. در همه موارد، اندازه‌گیری مستقیم (با یک فلیکرمتر) قابل قبول است.

در ادامه هریک از این روش‌های ارزیابی به اختصار تشریح می‌شود.

جدول ۲- ۲- روش ارزیابی

انواع نوسانات ولتاژ	روش ارزیابی P_{st}
تمام نوسانات ولتاژ (ارزیابی برخط)	فلیکرمتر
تمام نوسانات ولتاژی که U(t) مشخص است	شبیه‌سازی
مشخصات تغییر ولتاژ مطابق با شکل‌های ۲-۲ تا ۲-۴ با نرخ رخداد کمتر از ۱ مورد در هر ثانیه	تحلیل
تغییر ولتاژ مستطیلی در فواصل زمانی یکسان	استفاده از منحنی $P_{st} = 1$ شکل ۲-۶

ب) فلیکرمتر

تمام انواع نوسانات ولتاژ را می‌توان از طریق اندازه‌گیری مستقیم با استفاده از یک فلیکرمتر مطابق مشخصات آورده شده در استاندارد IEC 61000-4-15:2010 ارزیابی کرد. فلیکرمتر باید طبق توضیحات این استاندارد متصل شود. این روش به‌عنوان روش مرجع برای اعمال محدودیت‌ها شناخته می‌شود.

ج) روش شبیه‌سازی

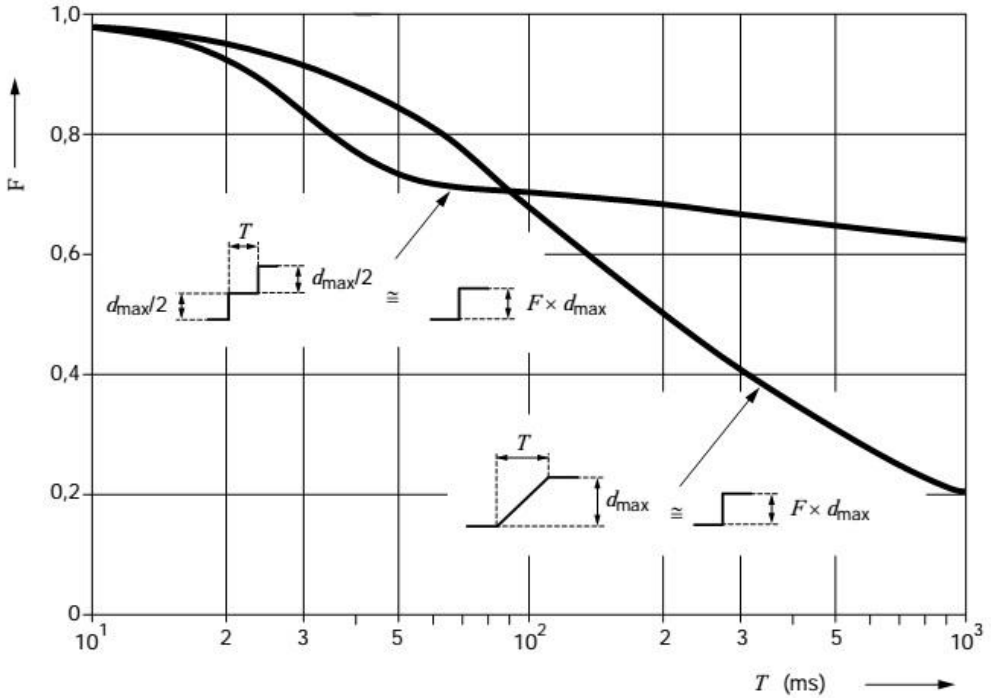
در مواردی که مشخصه تغییر ولتاژ نسبی d(t) معلوم باشد، P_{st} را می‌توان با استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری ارزیابی کرد.

د) روش تحلیلی

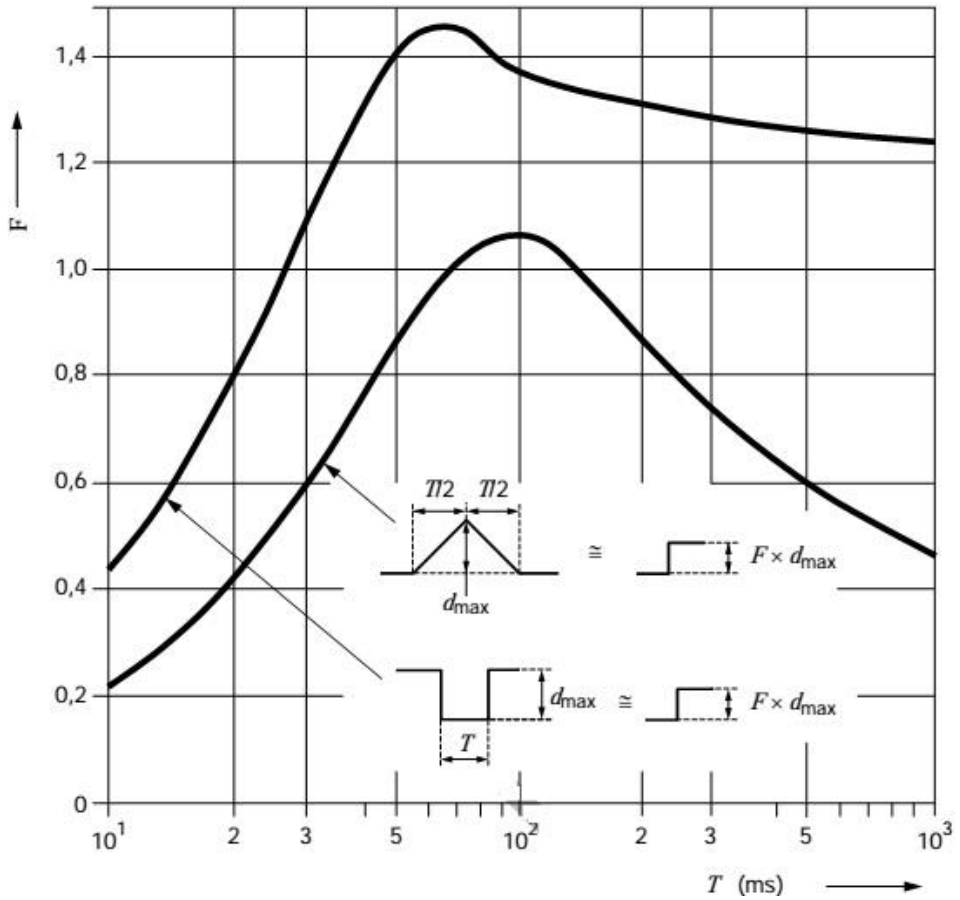
۱. کلیات

برای انواع مشخصه‌های تغییر ولتاژ نشان داده شده در شکل‌های ۲-۲، ۲-۳ و ۲-۴، مقدار P_{st} را می‌توان توسط یک روش تحلیلی با استفاده از روابط (۲-۵) و (۲-۶) ارزیابی کرد.

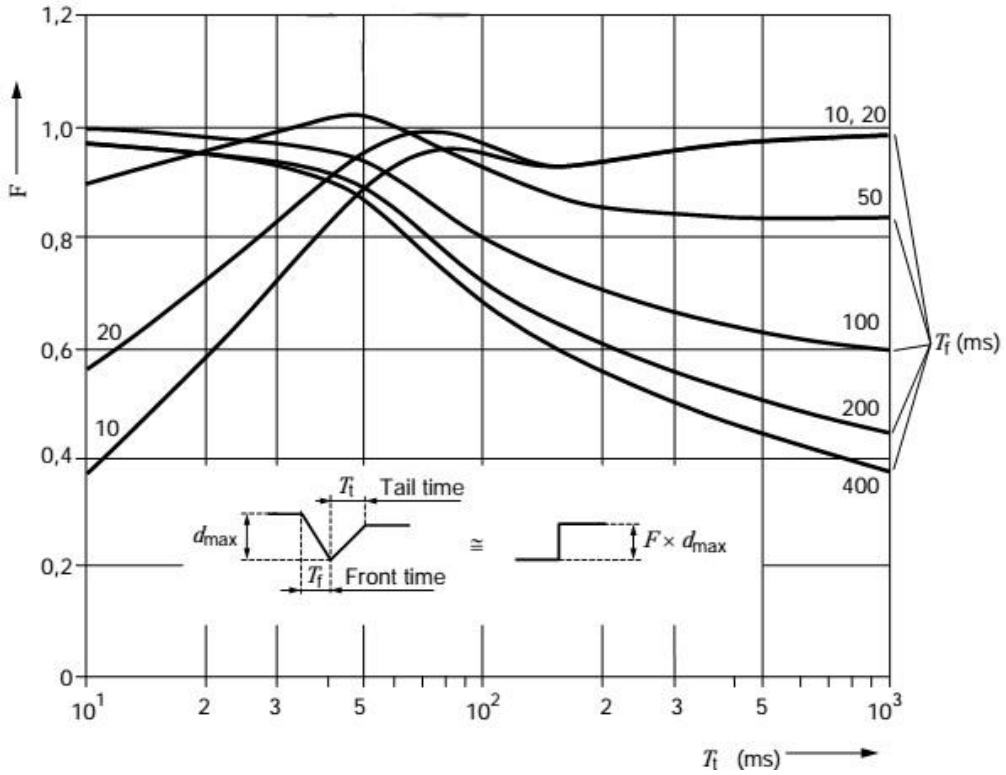
DOI: 10.30503/nripress.2020.284



شکل ۲- ۲- ضریب‌های شکل (F) برای مشخصه‌های ولتاژ دو پله‌ای و شیب‌دار



شکل ۲- ۳- ضریب‌های شکل (F) برای مشخصه‌های ولتاژ مثلثی و مستطیلی



شکل ۲- ۴- ضریب‌های شکل (F) برای مشخصه‌های ولتاژ راه‌اندازی موتور با داشتن زمان‌های مختلف

نکته ۱: انتظار می‌رود مقدار P_{st} به‌دست آمده با استفاده از این روش بین ۱۰٪± نتیجه‌ای باشد که با اندازه‌گیری مستقیم (روش مرجع) به‌دست می‌آید.

نکته ۲: اگر مدت زمان بین پایان یک تغییر ولتاژ و شروع بعدی کمتر از ۱ ثانیه باشد، از این روش استفاده نمی‌شود.

۲. شرح روش تحلیلی

هر مشخصه تغییر ولتاژ نسبی باید توسط یک زمان تأثیر[1] فلیکر (t_f) برحسب ثانیه بیان شود.

$$t_f = 2.3(Fd_{max})^{3.2} \qquad (۲-۵)$$

که در آن حداکثر تغییر ولتاژ نسبی d_{max} به‌عنوان درصدی از ولتاژ نامی (U_n) بیان می‌شود و ضریب شکل[2] (F) با شکل مشخصه تغییر ولتاژ ارتباط دارد (به زیربند ۲-۲-۱-۳ قسمت د.۳ مراجعه کنید).

[1] Impression Time
[2] Shape Factor

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

مبنای ارزیابی P_{st}، مجموع زمان‌های تأثیر فلیکر (Σt_f) در تمام دوره‌های ارزیابی در یک بازه کلی به‌مدت T_P، برحسب ثانیه است. اگر کل فاصله زمانی (T_P) مطابق با زیربند ۲-۲-۲-۱ قسمت ه انتخاب شود، این یک "دوره مشاهده" است، و:

$$P_{st} = (\Sigma t_f / T_P)^{1/3.2} \qquad (۲-۶)$$

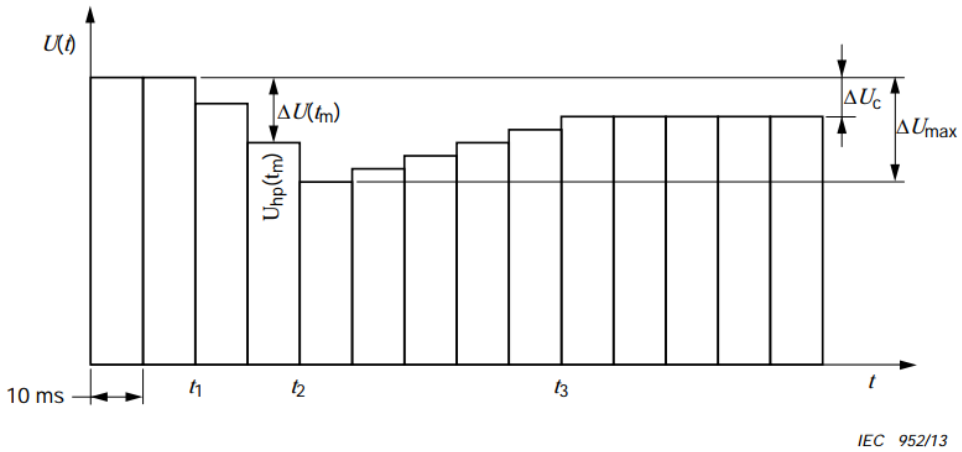
۳. ضریب شکل

ضریب شکل (F)، مشخصه تغییر ولتاژ نسبی d(t) را به یک تغییر پله‌ای ولتاژ نسبی معادل فلیکر $(Fd_{\max})$ تبدیل می‌کند.

نکته ۱: ضریب شکل (F)، برای تغییرات پله‌ای ولتاژ، برابر با ۱ است.

نکته ۲: مشخصه تغییر ولتاژ نسبی را می‌توان مستقیماً اندازه گرفت (شکل ۲-۱ را ببینید) یا آن را از جریان RMS تجهیز تحت آزمون محاسبه کرد (به روابط (۲-۱) تا (۲-۴) مراجعه کنید).

مطابق با شکل ۲-۵، مشخصه تغییر ولتاژ نسبی باید از یک توالی زمانی از $U_{hp}(t)$ به‌دست آید.



NOTE Front time $T_f = t_2 - t_1$
Tail time $T_t = t_3 - t_2$,
(see Figure 5)

شکل ۲- ۵- ارزیابی $U_{hp}(t)$

ضریب شکل می‌تواند از شکل‌های ۲-۲، ۲-۳ و ۲-۴ محاسبه شود، به‌شرطی که مشخصه تغییر ولتاژ نسبی با مشخصه‌ای که در این شکل ها نشان داده شده مطابقت داشته باشد. در صورت مطابقت به شرح زیر عمل می‌شود:

- حداکثر تغییر ولتاژ نسبی d_{max} را پیدا کنید.

- زمان T (برحسب میلی ثانیه) متناسب با مشخصه تغییر ولتاژ را مطابق شکل‌های ۲-۲، ۲-۳ و ۲-۴ پیدا کنید و با استفاده از این مقدار، ضریب شکل مورد نیاز (F) را به‌دست آورید.

نکته ۳: برون‌یابی خارج از محدوده شکل‌ها منجر به خطاهای غیرقابل قبول می‌شود.

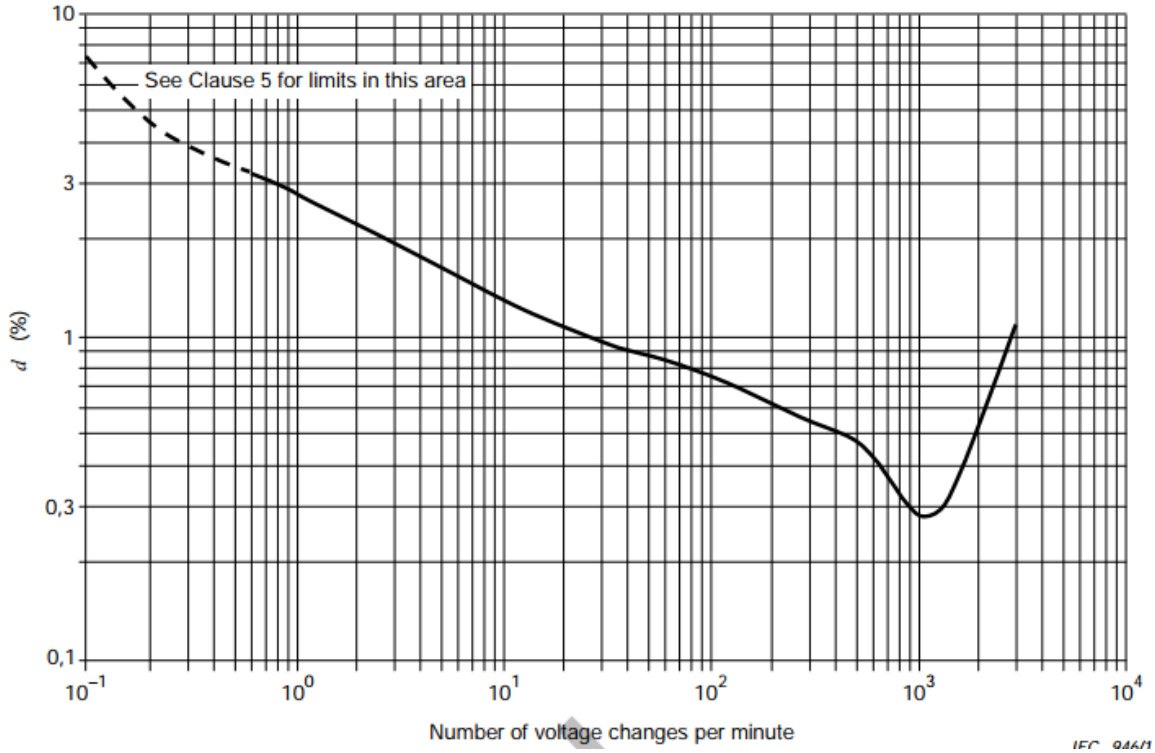
ه) استفاده از منحنی $P_{st} = 1$

در حالت تغییرات مستطیلی ولتاژ با دامنه یکسان (d) که با فواصل زمانی برابر از هم جدا شده‌اند، از منحنی شکل ۲-۶ می‌توان برای به‌دست آوردن دامنه متناظر با $P_{st}=1$ برای یک نرخ خاص تکرار استفاده کرد؛ به این دامنه d_{lim} گفته می‌شود. آنگاه مقدار P_{st} متناظر با تغییر ولتاژ d توسط $P_{st} = d/d_{lim}$ تعیین می‌شود.

۲-۲-۱-۳- ارزیابی مقدار بلند مدت فلیکر، P_{lt}

مقدار فلیکر بلند مدت P_{lt} با مقدار N=12 در رابطه ۲-۷ اعمال می‌شود (زیربند ۲-۲-۱-۲ قسمت ه را ببینید).

به‌طور کلی ارزیابی مقدار P_{lt} برای تجهیزاتی ضروری است که معمولاً بیش از ۳۰ دقیقه در یک زمان کار می‌کنند.



توجه ۱: ۱۲۰۰ تغییر ولتاژ در هر دقیقه یک فلیکر ۱۰ Hz را نتیجه می‌دهد.

توجه ۲: جدول عددی متناظر شکل ۲-۶ در جدول پیوست و آورده شده است.

شکل ۲- ۶- منحنی P_{st}= ۱ برای تغییرات ولتاژ مستطیلی با فواصل مساوی

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^{N} P_{st,i}^{3}}{N}} \quad (۲-۷)$$

۲-۲-۲- آزمون‌های فلیکر و تغییرات ولتاژ در ماینرهای با جریان ورودی کمتر یا مساوی ۱۶ A

آزمون‌های مربوط به فلیکر و تغییرات ولتاژ این نوع ماینرها بر مبنای بند ۶ اســـتاندارد IEC 61000-3-3 انجام می‌شوند. این بخش قابل اعمال به تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی است که جریان ورودی کمتر یا مساوی با ۱۶ A در هر فاز دارند و به سیستم‌های توزیع فشار ضعیف عمومی با ولتاژ خط به خنثی بین ۲۲۰ ولت تا ۲۵۰ ولت در فرکانس ۵۰ Hz متصل می‌شوند و تحت شرایط اتصال مشروط نیستند.

۲-۲-۲-۱- شرایط آزمون

الف) عمومی

لازم نیست آزمون‌ها روی تجهیزاتی انجام شود که با احتمال کمی نوسانات ولتاژ یا فلیکر قابل توجهی ایجاد می‌کنند. وقتی انجام آزمون‌ها ضروری تشخیص داده شد، ماینر باید با تمام محدودیت‌های بند ۵–۲ استاندارد ملی شماره ۲۲۸۴۰–۱ مطابقت داشته باشد.

برای بررسی این‌که آیا احتمال تولید نوسانات ولتاژ قابل توجه وجود دارد یا نه ممکن است لازم به بررسی مدار و مشخصات تجهیز و یک آزمایش عملکردی کوتاه باشد.

برای تغییرات ولتاژ ناشی از کلیدزنی دستی، اگر حداکثر جریان RMS ورودی تجهیز (شامل جریان هجومی) که در هر نصف پریود 10 ms بین گذر از صفرها ارزیابی می‌شود از ۲۰ A فراتر نرود، و جریان تغذیه بعد از جریان هجومی در باند تغییرات 1.5 A باشد، تجهیز بدون گرفتن آزمون اضافی سازگار تلقی می‌شود.

اگر روش‌های اندازه‌گیری اسـتفاده شـوند، ماکزیمم تغییرات ولتاژ نسـبی $d_{\max}$ ناشـی از کلیدزنی دسـتی باید طبق پیوست ه اندازه‌گیری شود.

آزمون‌های مربوط به اثبات انطباق تجهیز با محدودیت‌های مجاز باید با استفاده از مدار آزمون در شکل ۲–۱ انجام شود.

مدار آزمون شامل موارد زیر است :

- ولتاژ منبع تغذیه آزمون (به زیربند ۲–۲–۲–۱ قسمت ج مراجعه کنید)

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

- امپدانس مرجع (به زیربند ۲-۲-۲-۱ قسمت د مراجعه کنید)
- تجهیز تحت آزمون (به زیربند ۲-۲-۲-۱ قسمت الف مراجعه کنید)
- در صورت لزوم، یک فلیکرمتر (استاندارد IEC 61000-4-15:2010 را ببینید)

تغییر ولتاژ نسبی $d_{hp}(t)$ ممکن است مستقیماً اندازه‌گیری شود یا از RMS جریان مطابق زیربند ۲-۲-۱-۱ استخراج شود. برای تعیین مقدار P_{st} تجهیز تحت آزمون، باید از یکی از روش‌های توصیف‌شده در زیربند ۲-۲-۱-۲ استفاده شود. در صورت تردید، P_{st} باید با استفاده از روش مرجع با یک فلیکرمتر اندازه‌گیری شود.

نکته: برای آزمایش یک تجهیز چند فاز متعادل، اندازه‌گیری فقط یکی از سه ولتاژ خط به خنثی قابل قبول است.

ب) عدم قطعیت اندازه‌گیری

دامنه جریان باید با دقت (±(۱٪+۱۰mA) یا بهتر اندازه‌گیری شود، که ۱٪ مربوط به مقدار اندازه‌گیری شده است. اگر به‌جای جریان اکتیو و راکتیو، زاویه فاز استفاده شود، خطای آن از $\pm 2^{\circ}$ نباید بیشتر شود.

پارامترهایی که مستقیماً اندازه‌گیری شده‌اند (بند ۲-۲-۱) باید با یک عدم قطعیت کلی بهتر از ±۸٪ مقدار حدی، یا ±۸٪ مقدار اندازه‌گیری‌شده، هرکدام که بالاتر هستند، تعیین شوند. امپدانس کل مدار، به‌جز تجهیز تحت آزمون، شامل امپدانس داخلی منبع تغذیه باید برابر با امپدانس مرجع باشد. پایداری و تلرانس این امپدانس کل باید برای اطمینان از دستیابی به عدم قطعیت کلی ±۸٪ در طول روش ارزیابی کافی باشد.

اگر امپدانس منبع به درستی تعریف نشده باشد، به‌عنوان مثال در جایی که امپدانس منبع تحت نوسانات غیرقابل پیش‌بینی باشد، یک امپدانس با مقاومت و سلف برابر با امپدانس مرجع می‌توان بین منبع تغذیه و پایانه‌های تجهیز تحت آزمون وصل کرد. سپس می‌توان ولتاژهای سمت منبع امپدانس مرجع و در پایانه‌های تجهیز را اندازه‌گیری کرد. در این صورت، حداکثر تغییرات ولتاژ نسبی ($d_{\max}$) که در پایانه‌های منبع تغذیه اندازه‌گیری شده باید کمتر از ۲۰٪ مقدار حداکثر $d_{\max}$ اندازه‌گیری شده در پایانه‌های تجهیز باشد.

نکته: اگر مقادیر اندازه‌گیری‌شده نزدیک به محدودیت‌های مجاز باشد، روش بالا با استفاده از یک منبع ولتاژ با امپدانس غیرمشخص استفاده نمی‌شود.

ج) ولتاژ تغذیه آزمون

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

ولتاژ تغذیه آزمون (ولتاژ مدار باز) باید برابر ولتاژ نامی تجهیز باشد. اگر یک محدوده ولتاژ برای تجهیز قید شده است، ولتاژ آزمون باید ۲۳۰V تک‌فاز یا ۴۰۰V سه‌فاز باشد. ولتاژ آزمون باید در محدوده ۲٪± مقدار نامی نگه داشته شود. فرکانس باید ۵۰ ±۰/۲۵ Hz باشد.

درصد اعوجاجات هارمونیکی کل ولتاژ منبع تغذیه باید کمتر از ۳٪ باشد.

اگر مقدار P_{st} ناشی از این نوسانات کمتر از ۰/۴ باشد، نوسانات ولتاژ تغذیه آزمون در مدت یک آزمون را می‌توان نادیده گرفت. اگر این اندازه‌گیری‌ها مستقیماً با استفاده از منبع تغذیه اصلی انجام شده باشد، این شرط باید قبل و بعد از هر آزمون برقرار باشد. اگر اندازه‌گیری‌ها با یک منبع توان کنترل‌شده انجام شود، این شرط باید در طول کالیبراسیون منبع توان برقرار باشد.

نکته: انحراف‌های فرکانس می‌تولند باعث افزایش مقادیر P_{st} و P_{lt} شـــود. همچنین، هنگام آزمایش پاســـخ یک فلیکرمتر بر اســـاس اســـتاندارد IEC 61000-4-15:2010، فرکانس ۵۰ Hz ترجیحاً در محدوده ۰/۲۵ ±Hz کنترل می‌شود.

د) امپدانس‌های مرجع

برای تجهیز تحت آزمون، امپدانس مرجع (Z_{ref})، مطابق با IEC/TR 60725، یک امپدانس مرسـوم اسـت که در محاسبه و اندازه‌گیری مستقیم پارامترها و مقادیر P_{st} و P_{lt} استفاده می‌شود.

مقادیر امپدانس این المان‌های مختلف در شکل ۲–۱ آورده شده است.

ه) مدت مشاهده

مدت مشاهده (T_p) برای ارزیابی مقادیر فلیکر با اندازه‌گیری فلیکر، شبیه‌سازی فلیکر یا روش تحلیلی باید مقادیر زیر باشد:

- برای P_{st} T_p =10 min
- برای P_{lt} T_p =2 h

مدت مشاهده باید شامل آن قسمت از کل سیکل کاری باشد که در آن تجهیز تحت آزمون نامساعدترین توالی تغییرات ولتاژ را ایجاد می‌کند.

برای ارزیابی P_{st}، سیکل عملکرد باید به‌طور مداوم تکرار شود. هنگام آزمایش تجهیزی که به‌طور خودکار در پایان یک سیکل عملکرد متوقف می‌شود که کمتر از مدت مشاهده طول می‌کشد، حداقل زمان برای راه اندازی مجدد این تجهیز باید در این مدت مشاهده لحاظ شود.

هنگام آزمایش تجهیزی با سیکل عملکرد کمتر از ۲ ساعت که معمولاً به‌طور مداوم استفاده نمی‌شود، برای ارزیابی P_{lt}، سیکل عملکرد نباید تکرار شود.

نکته: به‌عنوان مثال، در مورد تجهیز با سیکل عملکرد ۴۵ دقیقه‌ای، پنج مقدار P_{st} متوالی در طول یک دوره کلی ۵۰ دقیقه‌ای اندازه‌گیری می‌شوند، و هفت مقدار P_{st} باقی‌مانده در دوره مشاهده ۲ ساعته صفر درنظر گرفته می‌شوند.

و) شرایط عمومی آزمون

شرایط عمومی آزمون برای اندازه‌گیری نوسانات ولتاژ و فلیکر در این بخش آورده شده است. کنترل‌ها یا برنامه‌های خودکار تجهیز باید طوری تنظیم شوند که فقط با استفاده از ترکیب کنترل‌ها و برنامه‌هایی که توسط سازنده در دستورالعمل راهنما ذکر شده است نامساعدترین توالی تغییرات ولتاژ ایجاد شود. تجهیز باید در شرایطی که توسط سازنده عنوان شده، آزمایش شود.

توجه: شرایط کاری شامل شرایط بارگذاری مکانیکی و/یا الکتریکی است.

برای تجهیزات با چند مدار کنترل‌شده مجزا، شرایط زیر اعمال می‌شود:

- اگر هر مدار با هدف استفاده مستقل طراحی شده است، هر مدار باید به‌عنوان یک واحد مستقل از تجهیز درنظر گرفته شود، به شرطی که امکان قطع و وصل هم‌زمان مدارات وجود نداشته باشد.
- اگر امکان قطع و وصل هم‌زمان مدارات وجود داشته باشد، این گروه از مدارها به‌عنوان یک وسیله واحد درنظر گرفته می‌شوند.

برای سیستم‌های کنترل که فقط بخشی از بار را تنظیم می‌کنند، نوسانات ولتاژ ناشی از هر قسمت متغیر بار به تنهایی باید درنظر گرفته شود.

۳-۲-۲- آزمون‌های فلیکر و تغییرات ولتاژ در ماینرهای با جریان ورودی بیشتر از ۱۶ A تا ۷۵ A

آزمون‌های مربوط به فلیکر و تغییرات ولتاژ این نوع ماینرها بر مبنای بند ۶ اســتاندارد IEC 61000-3-11 انجام می‌شــوند. این بخش قابل اعمال به تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی اســت که جریان نامی ورودی از ۱۶ A تا ۷۵ A

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

دارند و به سیستم‌های توزیع فشار ضعیف عمومی با ولتاژ خط به خنثی بین ۲۲۰ ولت تا ۲۵۰ ولت در فرکانس ۵۰ Hz متصل می‌شوند و تحت شرایط اتصال مشروط نیستند.

۲-۲-۳-۱- الزامات

ارزیابی تغییرات ولتاژ و فلیکر باید مطابق با روش‌های مشخص‌شده در بند ۲-۲-۱ انجام شود. اگر تجهیز با جریان نامی بالای A ۱۶ مطابق با الزامات بند ۵-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ باشد، و بنابراین تحت شرایط اتصال مشروط نباشد، سازنده می‌تواند این موضوع را در اسنادی که قبل از خرید در اختیار کاربران قرار می‌دهد اعلام کند.

تجهیزی که محدودیت‌های بند ۵-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ را در زمان آزمون یا ارزیابی با امپدانس مرجع (Z_{ref}) برآورده نسازد، تحت شرایط اتصال مشروط بوده، و سازنده باید یکی از دو کار زیر را انجام دهد:

۱) حداکثر امپدانس مجاز سیستم (Z_{max}) در نقطه اتصال منبع تغذیه کاربر را مطابق با زیربند ۲-۲-۳-۴ این دستورالعمل تعیین کرده، Z_{max} را در راهنمای کاربری تجهیز اعلام کند و کاربر را راهنمایی کند تا در صورت لزوم با مشورت شرکت توزیع، مشخص کند که تجهیز به یک منبع تغذیه با امپدانس Z_{max} یا کمتر وصل می‌شود، یا

۲) تجهیز را مطابق زیربند ۲-۲-۳-۵ آزمایش کرده و در راهنمای کاربری تجهیز اعلام کند که تجهیز تنها برای استفاده محل‌هایی است که ظرفیت جریان بیش از A ۱۰۰ در هر فاز داشته، و از یک شبکه توزیع با ولتاژ نامی V ۴۰۰/۲۳۰ تغذیه می‌شوند. همچنین باید کاربر را راهنمایی کند تا در صورت لزوم با مشورت شرکت توزیع، مشخص کند که ظرفیت جریان در نقطه اتصال برای تجهیز کافی باشد.

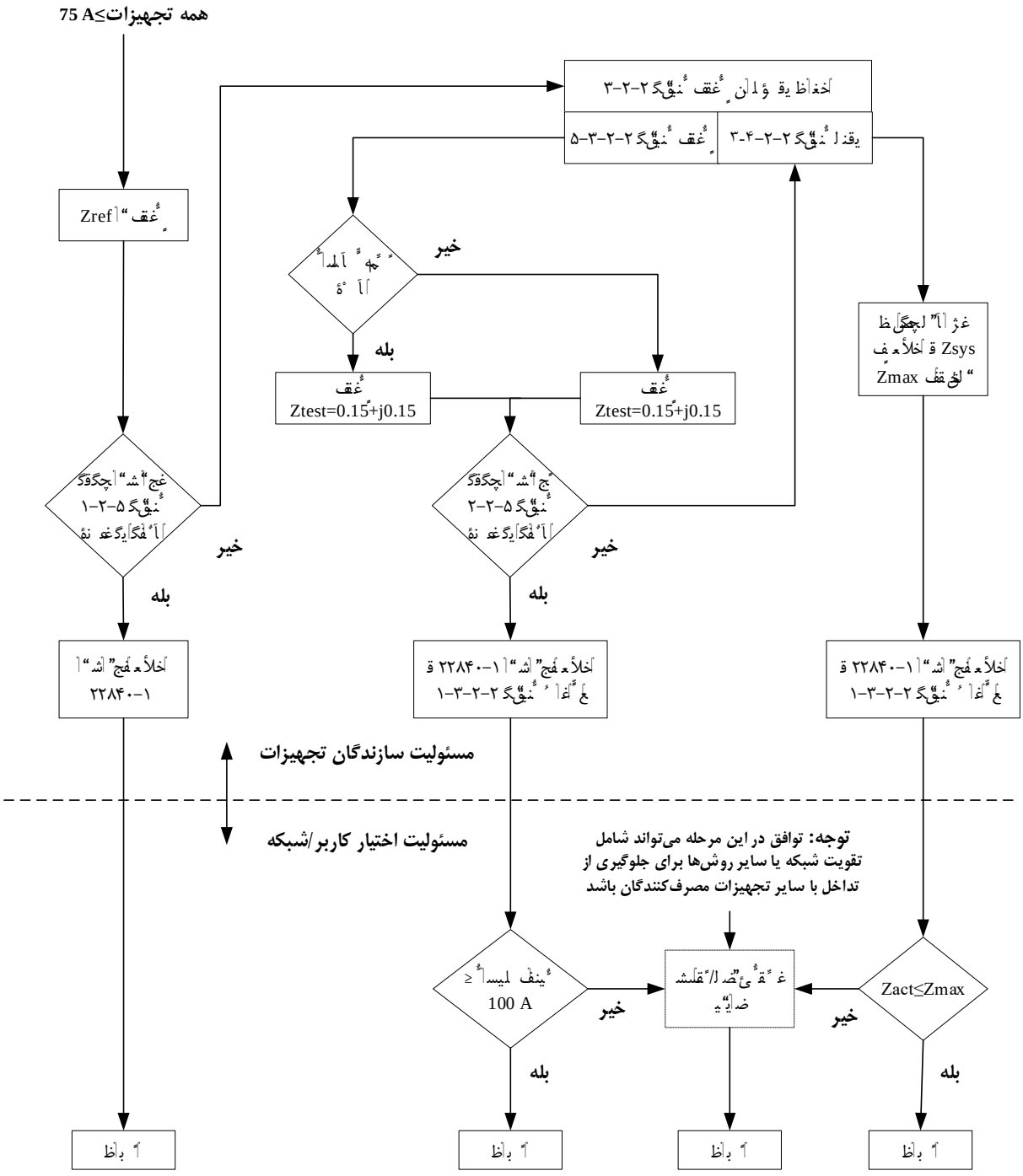
۲-۲-۳-۲- کلیات

به‌استثنای مواردی که در این بخش مشخص شده باشد، شرایط عمومی آزمون، روش‌های اندازه‌گیری و ارزیابی مشخص‌شده در بند ۲-۲-۲ برای این ماینرها نیز باید اعمال شود. برای ماینرهایی که شرایط تعیین‌شده در زیربند ۲-۲-۳-۳ قسمت الف را دارند، از امپدانس آزمون طبق زیربند ۲-۲-۳-۳ قسمت الف استفاده می‌شود.

کلیات این موضوع در قالب فلوچارت شکل ۲-۷ توضیح داده شده است که نشان‌دهنده روش‌های ارزیابی و آزمون مورد استفاده در تجهیزات است. در محاسبات ارائه‌شده در زیربندهای ۲-۲-۳-۳ تا ۲-۲-۳-۵ از مقادیر مدول امپدانس‌های مختلط باید استفاده شود.

به‌منظور ارزیابی تجهیز و تعیین حداکثر امپدانس قابل قبول سیستم از طریق یک آزمایش، تعدادی کمیت کمکی لازم است. به این کمیت‌های کمکی پسوندهایی داده شده است تا کاربرد آنها در فرمول‌ها و محاسبات آسان شود. جدول ۲- ۳ را ببینید.

شرایط آزمون مشخص‌شده در بند ۲-۲-۲، برای تجهیزات با جریان ورودی کمتر از A ۱۶ قابل استفاده خواهد بود. برای تجهیزات با جریان ورودی بیشتر از A ۱۶ تنها شرایط عمومی آزمون مشخص‌شده در همان بند اعمال می‌شود.



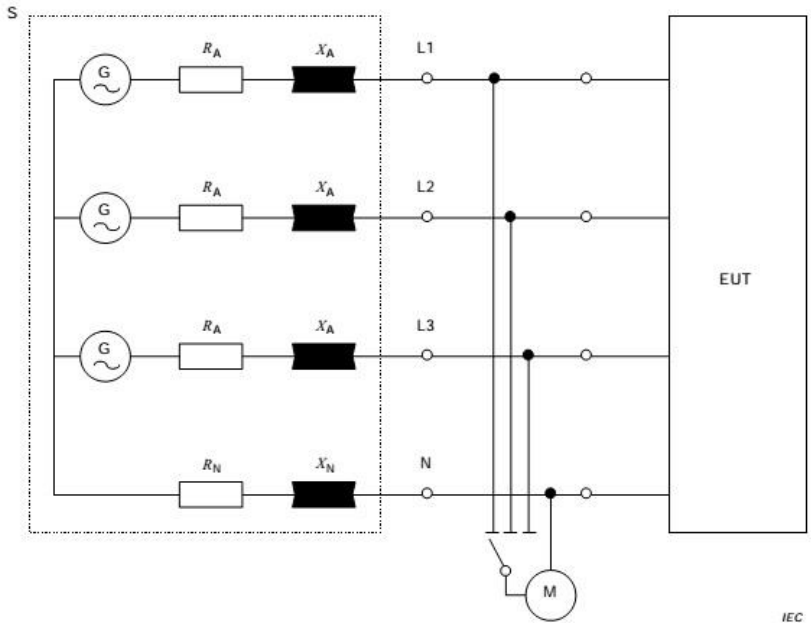
شکل ۲- ۷- فلوچارت نشان‌دهنده روش‌های ارزیابی و آزمون

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

شکل ۲–۷ یک نمودار عملکردی است که نمای کلی از فرآیندهای توضیح داده شده در این بخش را ارائه می‌دهد. روش‌های کلی اتصال و اندازه‌گیری، از جمله مقادیر امپدانس، در شکل ۲–۸ نشان داده شده است.

جدول ۲- ۳- پسوندها و کاربردهای آنها

پسوند	نام متغیر	کاربرد
sys	System	Z_{sys} مدول امپدانس سیستمی است که تجهیز به آن متصل می‌شود تا یک حد مشخص را برآورده سازد. عدد بعد از پسوند یک محاسبه خاص را مشخص می‌کند.
ref	Reference	Z_{ref} امپدانس مرجع است.
act	Actual	Z_{act} مدول امپدانس واقعی منبع تغذیه موجود در نقطه اتصال است.
max	Maximum	Z_{max} مدول حداکثر مقدار امپدانس منبع تغذیه‌ای است که به‌ازای آن تجهیز تمام محدودیت‌های استاندارد را برآورده می‌سازد.
test	Test or Measurement	Z_{test} مدول امپدانس مدار تست است که در آن آزمون انتشار انجام می‌شود و d_{ctest}، $d_{max\ test}$، $P_{st\ test}$ و $P_{lt\ test}$ مقادیر اندازه‌گیری‌شده هستند.



EUT: تجهیز تحت آزمون

M: تجهیز اندازه‌گیری

G: منبع ولتاژ مطابق زیربند ۲–۲–۲–۱ قسمت ج

S: منبع تغذیه شامل ژنراتور منبع ولتاژ G و امپدانس آزمون Z با المان‌های زیر که شامل امپدانس ژنراتور است:

شکل ۲- ۸- شبکه مرجع برای منابع تک‌فاز و سه‌فاز حاصل از یک منبع سه فاز چهار سیمه

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۲-۲-۳-۳- روش‌های اندازه‌گیری و آزمون

الف) امپدانس آزمون $\boldsymbol{Z_{test}}$

برای تجهیزات با جریان ورودی بیش از ۱۶ A، امپدانس آزمون (Z_{test}) می‌تواند از امپدانس مرجع (Z_{ref}) کمتر باشد. برای یافتن امپدانس آزمون بهینه، شروط زیر باید رعایت شود:

۱) افت ولتاژ حالت دائمی (dc) ناشی از تجهیز باید در محدوده ۲٪ تا ۹٪ ولتاژ تغذیه آزمون باشد.

۲) نسبت مؤلفه‌های سلفی به مقاومتی Z_{test} (X_{test}/R_{test}) باید در محدوده ۰/۵ تا ۰/۷۵ باشد (مشابه نسبت مؤلفه‌های Z_{ref}).

توجه: شرایط ۲٪ تا ۹٪، شباهت نسبی تغییرات جریان تجهیز در شبکه واقعی و شرایط آزمون را تضمین می‌کند.

برای آزمون های مربوط به زیربندهای ۲-۲-۳-۳ و ۲-۲-۳-۴ از امپدانس مرجع استفاده می‌شود:

در ۵۰ Hz $jX_{\mathrm{A}} = 0.15\ \Omega \quad R_{\mathrm{A}} = 0.24\ \Omega$

در ۵۰ Hz $jX_{\mathrm{N}} = 0.10\ \Omega \quad R_{\mathrm{N}} = 0.16\ \Omega$

برای آزمون‌های مربوط به زیربند ۲-۲-۳-۵ از امپدانس آزمون استفاده می‌شود.

در ۵۰ Hz $jX_{\mathrm{A}} = 0.15\ \Omega \quad R_{\mathrm{A}} = 0.15\ \Omega$

در ۵۰ Hz $jX_{\mathrm{N}} = 0.10\ \Omega \quad R_{\mathrm{N}} = 0.10\ \Omega$

اگر امپدانس منبع به‌درستی تعریف نشده باشد، به زیربند ۲-۲-۲-۱ قسمت ب مراجعه کنید.

توجه: به‌طور کلی اگر جریان سیم نول ناچیز باشد، بارهای سه‌فاز متعادل و R_{N} و X_{N} در مقادیر اندازگیری شده اثر نمی‌گذارند.

ب) آزمون تجهیز در برابر $\boldsymbol{Z_{test}}$

آزمون باید با مدار آزمون مشخص‌شده در شکل ۲-۸ انجام شود، با این تفاوت که امپدانس Z_{ref} با Z_{test} جایگزین شده است. چهار مقدار $d_{c\,test}$، $d_{max\,test}$، $P_{st\,test}$ و $P_{lt\,test}$ باید اندازه‌گیری شوند. تعاریف d_c، d_{max}، P_{st} و P_{lt} در بند ۲-۲-۱ آورده شده است.

ج) ارزیابی در برابر $\boldsymbol{Z_{ref}}$

اگر Z_{test} با Z_{ref} برابر نباشد، مقادیر اندازه‌گیری شده باید با استفاده از روابط زیر محاسبه شوند:

$$d_c = d_{c\ test} \cdot \frac{Z_{ref}}{Z_{test}} \quad (۲-۷)$$

$$d_{max} = d_{max\ test} \cdot \frac{Z_{ref}}{Z_{test}} \quad (۲-۸)$$

$$P_{st} = P_{st\ test} \cdot \frac{Z_{ref}}{Z_{test}} \quad (۲-۹)$$

$$P_{lt} = P_{lt\ test} \cdot \frac{Z_{ref}}{Z_{test}} \quad (۲-۱۰)$$

مقادیر d_c، d_{max}، P_{st} و P_{lt} مشابه مقادیری هستند که با اندازه‌گیری با استفاده از Z_{ref} به‌دست می‌آیند. زیرا شرایطی که در زیربند ۲-۲-۳-۳ قسمت الف در مورد Z_{test} قرار داده شده است، تضمین می‌کند که Z_{test} و Z_{ref}تقریباً نسبتی برابر نسبت X/R دارند و مقادیر ولتاژ اندازه‌گیری‌شده، P_{st} و P_{lt} را با ضرب کردن در نسبت Z_{ref}/Z_{test}، می‌توان به مقادیر معادل با دقت معقول تبدیل کرد.

به‌شرطی که شرایط برای d_c و d_{max} با Z_{test} برآورده شود، T_{max} درست فرض خواهد شود.

۲-۲-۳-٤- ارزیابی و اعلام حداکثر امپدانس مجاز سیستم توسط سازنده

الف) مقایسه مقادیر انتشار محاسبه‌شده و اندازه‌گیری‌شده با محدودیت‌های بند ۲-۵ به‌منظور بررسی انطباق با استاندارد ملی شماره ۱-۲۲۸٤۰

اگر تمام مقادیر محاسبه‌شده مطابق با زیربند ۲-۲-۳-۳ قسمت ج یا اندازه‌گیری مطابق با بند ۲-۲-۲، کمتر یا مساوی با محدودیت‌های بند ۲-۵ منطبق با استاندارد ملی شماره ۱-۲۲۸۴۰ باشند، سازنده می‌تواند اعلام کند که "محصول مطابق با الزامات فنی استاندارد IEC 61000-3-3 است".

ب) محاسبه حداکثر امپدانس مجاز سیستم

اگر میزان انتشار تجهیز طبق الزامات فنی بند ۲-۲-۲ نباشد، روش‌های ارزیابی زیر باید اعمال شوند. بنابراین سازنده، نمی‌تواند تجهیز را مطابق با زیربند ۲-۲-۳-۴ قسمت الف سازگار اعلام کند. در چنین حالتی تجهیز باید فقط به یک منبع با امپدانس سیستم کمتر از Z_{ref} متصل شود.

برای محاسبه امپدانس سیستم پایین‌تر (Z_{sys})، مقادیر d_c، d_{max}، P_{st} و P_{lt} که مطابق زیربند ۲-۲-۳-۳ قسمت ج محاسبه شده‌اند باید در روابط زیر استفاده شوند.

$$Z_{sys1} = Z_{ref} \cdot \frac{\text{محدوده } d_{max} \text{ داده‌شده در بند } 5-2 \text{ متناسب با تجهیز تحت آزمون}}{d_{max}} \quad (۲-۱۱)$$

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

$$Z_{sys2} = Z_{ref}.\frac{3.3\%}{d_c} \quad (۲-۱۲)$$

$$Z_{sys3} = Z_{ref}.(\frac{1}{P_{st}})^{\frac{3}{2}} \quad (۲-۱۳)$$

$$Z_{sys4} = Z_{ref}.(\frac{0.65}{P_{st}})^{\frac{3}{2}} \quad (۲-۱۴)$$

کمترین مقدار از چهار مقدار محاسبه‌شده Z_{sys}، حداکثر امپدانس مجاز سیستم (Z_{max}) است که سازنده طبق زیربند ۲-۲-۳-۱ باید اعلام کند.

با درنظر گرفتن تغییرات ولتاژ ناشی از کلیدزنی دستی، فقط لازم است Z_{sys1} و Z_{sys2} را محاسبه کنید؛ Z_{max} کمترین مقدار از بین این دو مقدار است.

اگر نتیجه ارزیابی d_{max} طبق زیربند ۲-۲-۳-۳ قسمت ج از ۳/۳٪ فراتر برود و به‌دست آوردن d(t) امکان‌پذیر نباشد، آزمون‌های دیگری برای ارزیابی صحیح T_{max} لازم است. قبل از ارزیابی الزامات برای T_{max}، d(t) اندازه‌گیری‌شده باید در نسبت Z_{max}/Z_{test} ضرب شود. از سوی دیگر، برای تعیین T_{max}، تعاریف آستانه می‌تواند در نسبت Z_{test}/Z_{max} ضرب شود.

۲-۲-۳-۵- ارزیابی و اعلام حداقل جریان تغذیه مجاز توسط سازنده

برای تجهیز تک‌فاز متصل به سیستم‌های توزیع فشار ضعیف با ولتاژ نامی خط به خنثی ۲۳۰V با استفاده از یک تغذیه سه‌فاز یا تک‌فاز با یک جریان منبع بیشتر از ۱۰۰A در هر فاز، امپدانس آزمون (Z_{test}) باید به‌صورت مختلط در مقدار ۰.۲۵+j۰.۲۵ Ω تنظیم شود؛ شکل ۲-۸ را ببینید.

برای تجهیز سه‌فاز متصل به سیستم‌های توزیع فشار ضعیف با ولتاژ نامی خط به خط ۴۰۰ V با استفاده از یک تغذیه سه‌فاز با یک جریان منبع بیشتر از ۱۰۰ A در هر فاز، امپدانس آزمون در هر خط (Z_{test}) باید به‌صورت مختلط Ω ۰.۱۵+ j۰.۱۵ و برای نول Ω ۰.۱+ j۰.۱تنظیم شود. شکل ۲-۸ را ببینید.

تجهیز آزمایش‌شده با امپدانس‌های آزمون که در زیربند ۲-۲-۳-۵ مشخص شده است، باید مطابق محدودیت‌های مندرج در بند ۲-۵ منطبق با استاندارد ملی شماره ۱-۲۲۸۴۰ باشند.

سازنده باید حداقل ظرفیت جریان منبع را مطابق با زیربند ۲-۲-۳-۱ اعلام کند.

فصل ۳:

لیست تجهیزات اصلی و تأییدیه‌های مورد نیاز

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

مقدمه

پس از بررسی‌های به‌عمل آمده در فصل دوم و آشنایی با مدارهای آزمون و روش انجام آزمون‌ها بر روی تجهیزات، لیست اولیه تجهیزات اصلی مورد نیاز در آزمایشگاه کیفیت توان ماینرها به همراه تأییده‌های لازم به شرح زیر اعلام می‌شود. لازم به ذکر است مشخصات فنی هریک از این تجهیزات و قیمت تقریبی آنها در فاز سوم پروژه ارائه خواهد شد.

۳-۱- لیست تجهیزات اصلی مورد نیاز

- دستگاه سنجش کیفیت توان
- کلمپ‌های مرجع
- امپدانس‌های مرجع مناسب (اهمی و سلفی)
- منبع تغذیه مرجع
- آمپرمتر کلمپی
- وات‌متر کلمپی
- اهم‌متر ساده
- نشانگر قطعی برق

۳-۲- لیست مدارک مورد نیاز برای صدور گواهی تأیید صلاحیت آزمایشگاه

۳-۲-۱- مدارک مورد نیاز آزمایشگاه

- چارت سازمانی به همراه شرح وظایف و مسئولیت‌های کارکنان کلیدی آزمایشگاه
- مدارک حقوقی شامل ثبت شرکت و مجوز صنعتی (درخصوص آزمایشگاه‌های مستقل از واحد تولیدی، مدارک حقوقی شامل ثبت شرکت و اساسنامه می‌باشد. لازم است موضوع اساسنامه شامل فعالیت آزمون نیز باشد)
- فهرست استانداردهای ملی یا بین‌المللی موجود مرتبط با دامنه فعالیت مورد درخواست
- دستورالعمل‌های کاری مرتبط با دامنه فعالیت مورد درخواست
- کالیبراسیون
  - شناسایی و تأیید فعالیت آزمایشگاه‌ها
  - فهرست تجهیزات اندازه‌گیری برای کالیبراسیون

 DOI: 10.30503/nripress.2020.284

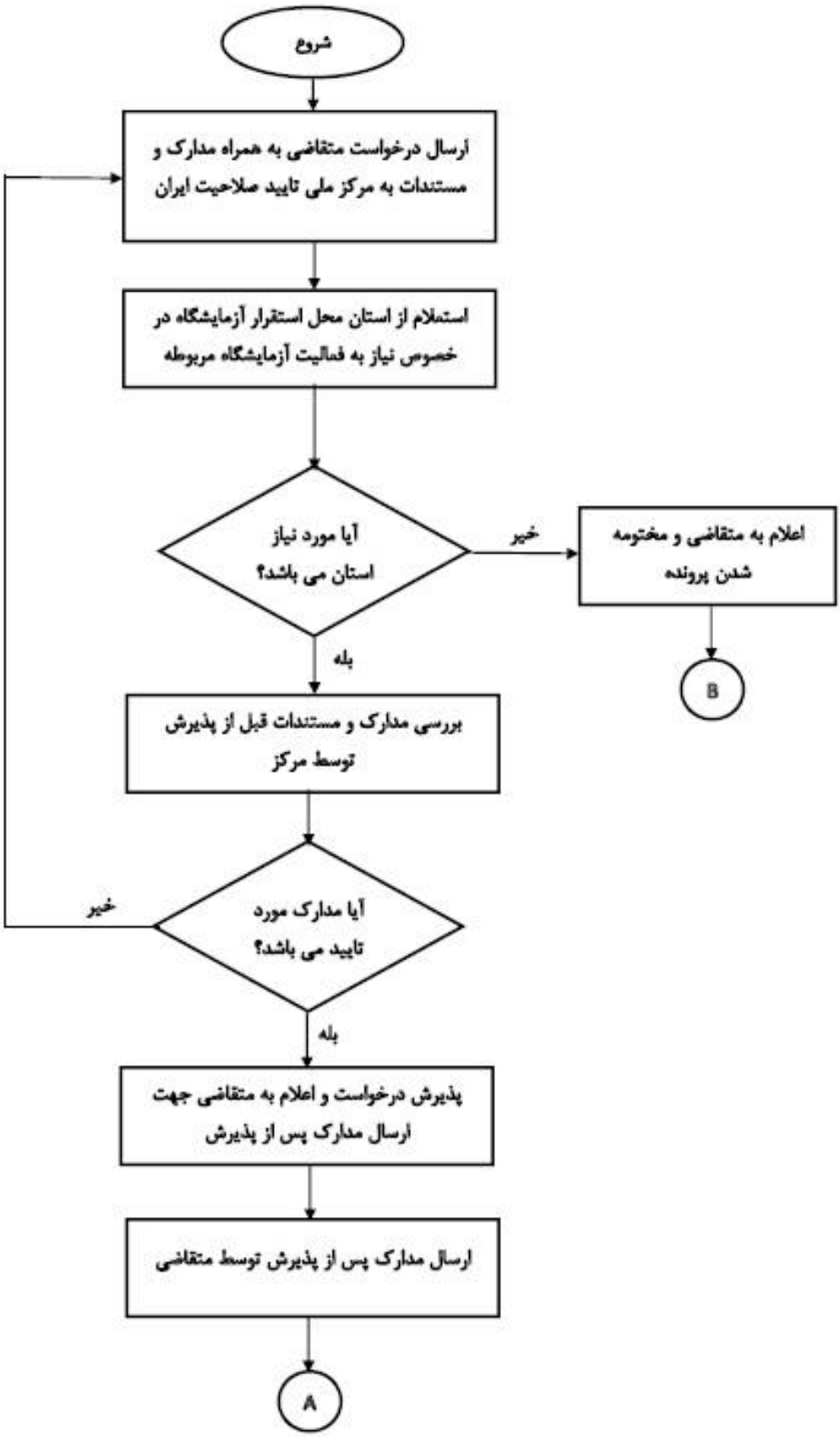
- دامنه شمول مورد درخواست آزمایشگاه کالیبراسیون برای تأیید صلاحیت

- آزمون
  - شناسایی و تأیید فعالیت آزمایشگاه‌ها
  - دامنه شمول مورد درخواست آزمایشگاه آزمون برای تأیید صلاحیت
  - فهرست تجهیزات اندازه‌گیری برای آزمون
- درخواست صدور پروانه تأیید صلاحیت آزمایشگاه همکار
  - مدارک لازم جهت صدور پروانه تأئید صلاحیت آزمایشگاه همکار
- رونوشت آخرین مدرک تحصیلی، گواهی دوره‌های آموزشی و قرارداد کار کارکنان کلیدی آزمایشگاه
- درخواست تمدید پروانه تأیید صلاحیت آزمایشگاه همکار
- مراحل تمدید پروانه تأیید صلاحیت آزمایشگاه همکار
- مدارک لازم جهت صدور پروانه تأئید صلاحیت آزمایشگاه همکار
- درخواست صدور/ افزایش دامنه پروانه تأیید صلاحیت آزمایشگاه همکار

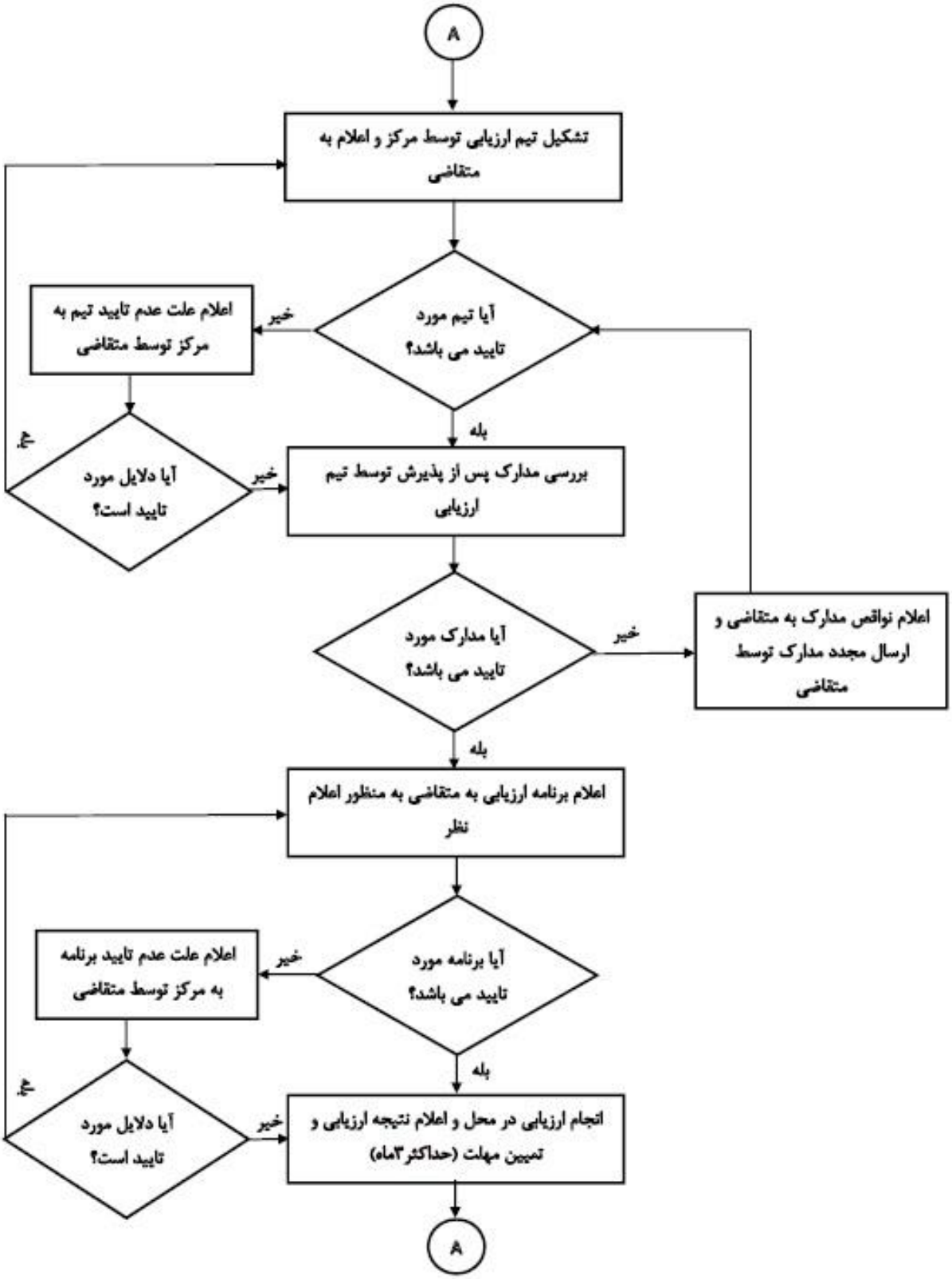
۲-۲-۳- نمودار فرآیند تأیید صلاحیت آزمایشگاه‌ها بر اساس الزامات استاندارد ISO/IEC 17025

در این قسمت فرآیند تأیید صلاحیت آزمایشگاه‌ها بر اساس الزامات استاندارد ISO/IEC 17025 در قالب فلوچارت زیر نمایش داده شده است.

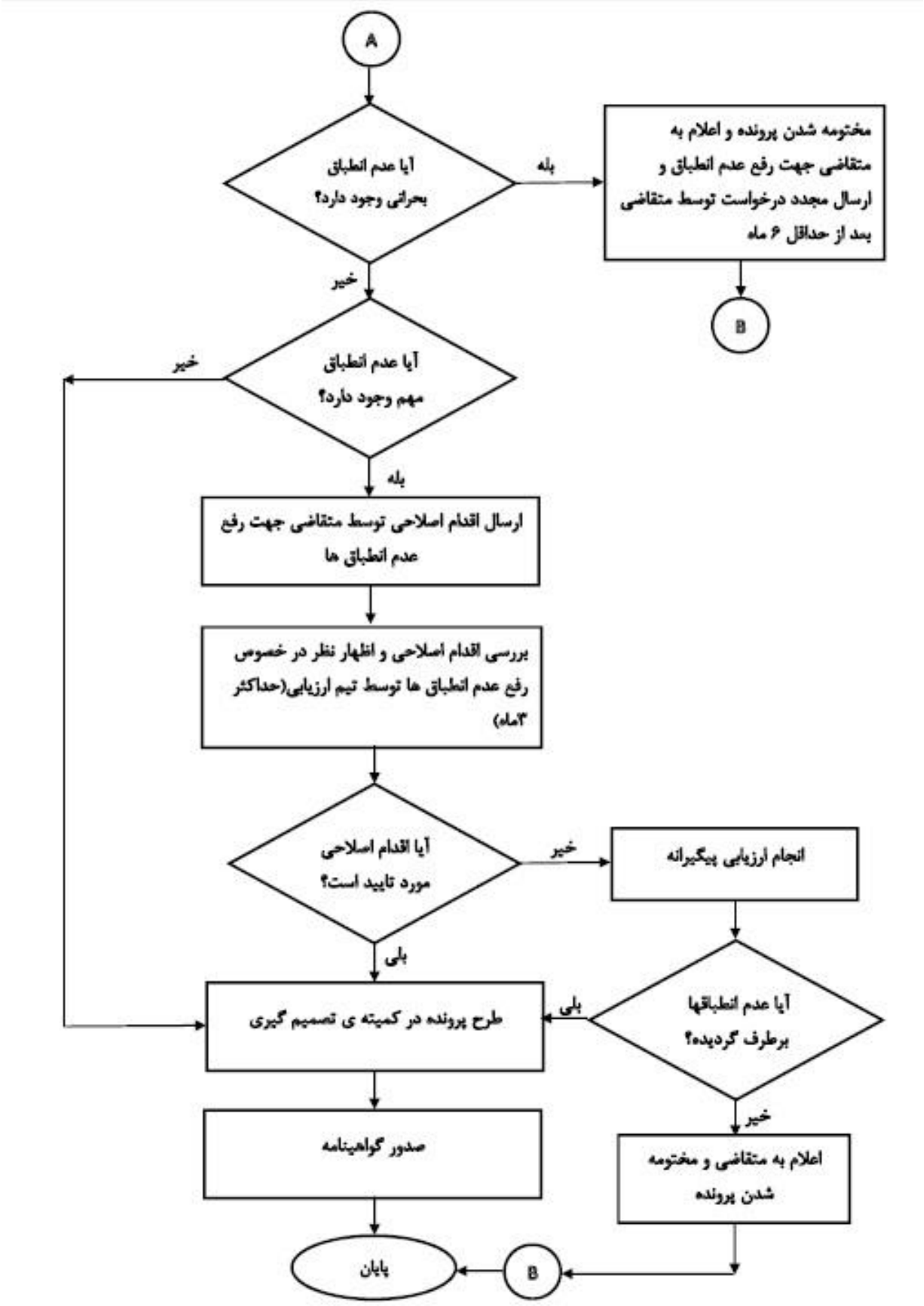
DOI: 10.30503/nripress.2020.284



DOI: 10.30503/nripress.2020.284



DOI: 10.30503/nripress.2020.284



DOI: 10.30503/nripress.2020.284

فصل ٤:

آزمایشگاه‌های کیفیت توان مشابه خارج از کشور

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

مقدمه

یک آزمایشگاه کیفیت توان برای تجزیه و تحلیل پارامترهای مختلف کیفیت توان باید بتواند انواع اختلالات ولتاژ تغذیه مانند هارمونیک، افت ولتاژ و وقفه‌های کوتاه در تغذیه ولتاژ، عدم تعادل ولتاژ و انحراف فرکانس را تولید کند. با استفاده از این آزمایشگاه می‌توان اثرات این اختلالات را روی تجهیزات مختلف مانند بارهای الکتریکی، سیستم‌های حفاظتی و تجهیزات اندازه‌گیری تجزیه و تحلیل، تشخیص، طبقه‌بندی، مطالعه و ارزیابی کرد. به‌طور کلی تجهیزات یک آزمایشگاه کیفیت توان شامل منبع تغذیه قابل‌برنامه‌ریزی AC برای تغذیه هر بار الکتریکی سه‌فاز یا تک‌فاز، سیستم جمع‌آوری داده‌ها برای مدیریت و تجزیه و تحلیل داده‌ها و همچنین یک رایانه شخصی به‌منظور کنترل منبع تغذیه قابل‌برنامه‌ریزی AC از طریق رابط HP-IB[1] می‌باشد. این نوع منبع تغذیه با تولید شکل‌موج‌های تک‌فاز/سه‌فاز با دامنه و فرکانس قابل برنامه‌ریزی انواع اختلالات را ایجاد می‌کند. از دیگر تجهیزات می‌توان به ترانس اندازه‌گیری ولتاژ برای اندازه‌گیری ولتاژهای AC و DC و ترانس اندازه‌گیری جریان برای اندازه‌گیری جریان‌های AC و DC اشاره کرد [۱].

۱-۴- آزمایشگاه کیفیت توان الکتریکی Eletrobars Cepel (آمریکای جنوبی)

مرکز تحقیقات انرژی Eletrobras Cepel، یک مؤسسه تحقیقاتی انرژی الکتریکی با بودجه دولتی است که در ریودوژانیرو برزیل واقع شده است [۳-۲]. این مرکز در سال ۱۹۷۴ توسط Eletrobras و شرکت‌های تابعه آن Chesf، Eletronorte، Eletrosul و Furnas تأسیس شد. Cepel با هدف حمایت از فعالیت‌های تحقیقاتی خود مجموعه‌ای از ۳۴ آزمایشگاه ایجاد کرده است که انواع مختلفی از آزمایش‌ها و خدمات فناورانه را ارائه می‌دهند.

این مرکز دارای یکی از مجهزترین آزمایشگاه‌های فشارقوی دنیا می‌باشد. یکی دیگر از آزمایشگاه‌های این مرکز، آزمایشگاه کیفیت توان (LABQ) واقع در شهر Fundão است که در سال ۱۹۹۸ تأسیس شده است. این آزمایشگاه مجهز به تجهیزات پیشرفته برای مطالعات مربوط به کیفیت توان بوده و کیفیت توان را در شبکه‌های برق اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل می‌کند و همچنین آزمایش‌های مربوط به تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی را انجام می‌دهد. مرکز Cepel دارای یک گروه تحقیقاتی

1 Hewlett-Packard Interface Bus

است که تجربه زیادی در مطالعات و اندازه‌گیری‌های مربوط به کیفیت توان دارند و فعالیت‌های خود را در آزمایشگاه مجهز LABQ انجام می‌دهند.

همان‌طور که می‌دانید کیفیت توان تحویل داده شده به مصرف‌کنندگان موضوعی است که اهمیت آن در حال افزایش است. این آزمایشگاه تجزیه و تحلیل‌هایی که شامل اندازه‌گیری هارمونیک‌ها، نوسان ولتاژ، تغییرات ولتاژ کوتاه‌مدت و عدم تعادل است را انجام می‌دهد. این تجزیه و تحلیل‌ها این امکان را فراهم می‌آورد تا بتوان کیفیت توان را در یک نقطه معین در سیستم الکتریکی مشخص کرد، علل مشکلات احتمالی را ارزیابی نمود، تحلیل‌کننده‌ها را آزمایش کرد، ایمنی انواع تجهیزات را بررسی نمود و همچنین مشکلات مصرف‌کنندگان یا شبکه برق را شناسایی کرد و تشخیص داد.

خدمات ارزیابی کیفیت توان در این آزمایشگاه شامل هارمونیک، نوسان ولتاژ، تغییرات کوتاه‌مدت ولتاژ و اندازه‌گیری عدم تعادل است. چنین اندازه‌گیری‌هایی توسط Cepel از دهه ۱۹۹۰ انجام می‌شود و هدف آن‌ها موارد زیر است:

- مشخص کردن کیفیت توان در نقطه خاصی از سیستم الکتریکی
- ارزیابی علل و مشکلات کیفیت برق
- آزمایش کنتورها و تجهیزات
- حل مشکلات مصرف‌کننده یا شبکه برق
- ارزیابی رفتار توربین‌های بادی

این اندازه‌گیری‌ها توسط آزمایشگاه کیفیت توان الکتریکی (LABQ) واقع در شهر Fundão انجام می‌شود که دارای تیمی از محققان با تجربه وسیع در اندازه‌گیری کیفیت توان شبکه برق و تجهیزات هستند. محققان LABQ ابزارهای خاصی برای پایش میدانی کیفیت توان و آزمایش‌ها در اختیار دارند. علاوه بر این در صورت لزوم، آن‌ها تجهیزات و تخصص لازم را برای توسعه روش‌های اندازه‌گیری برای شرایط خاص در اختیار دارند.

 DOI: 10.30503/nripress.2020.284

این اندازه‌گیری‌ها شامل مدل‌سازی بارها از اندازه‌گیری کیفیت توان، اندازه‌گیری کیفیت توان توربین بادی، اندازه‌گیری انتشار هارمونیک در شبکه الکتریکی و سیستم‌های انتقال جریان مستقیم با ولتاژ بالا می‌باشد.

زیرساخت‌ها و تجهیزات این آزمایشگاه به شرح زیر است:

- ✓ منابع تغذیه قابل برنامه‌ریزی HP6834B (Agilent، 4500 VA و 300 V مؤثر فاز به خنثی) و AMX-345 (Pacific Power، 4500 VA و 270 V مؤثر فاز به خنثی) که قادر به تولید شکل‌موج‌های مختلف و انجام انواع مختلف آزمون‌های کیفیت توان هستند.
- ✓ تحلیل‌کننده‌های کیفیت توان class A مطابق با IEC 61000-4-30
- ✓ سیستم جمع‌آوری داده قابل برنامه‌ریزی
- ✓ تجهیزات اندازه‌گیری قابل حمل
- ✓ تجهیزات اندازه‌گیری فازوری سنکرون با ساعت‌های هم‌زمان با GPS

استانداردها و دستورالعمل‌های مورد استفاده:

- IEC 61000-4-30: روش‌های آزمایش و اندازه‌گیری – روش‌های اندازه‌گیری کیفیت توان
- IEC 61000-4-15: روش‌های آزمایش و اندازه‌گیری - بخش ۱۵: فلیکرمتر - مشخصات طراحی و کاربردی
- IEC 61000-4-7: روش‌های آزمایش و اندازه‌گیری – راهنمای کلی ابزارهای اندازه‌گیری هارمونیک و بین هارمونیک، برای سیستم‌های منبع تغذیه و تجهیزات متصل به آن‌ها
- IEC 61400-21: اندازه‌گیری و ارزیابی ویژگی‌های الکتریکی – توربین‌های بادی
- PRODIST: تحلیل تغییرات کوتاه‌مدت ولتاژ برای روش‌های توزیع جدید و برای IEC 61000-4-30

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۴-۲- آزمایشگاه کیفیت توان در دانشگاه Pittsburgh

یک دوره جدید کیفیت توان در دانشگاه Pittsburgh ارائه می‌شود. این دوره از رویکرد جدیدی برای آموزش مفاهیم کیفیت توان به دانشجویان با استفاده از آزمایشگاه قدرت الکتریکی ارائه می‌دهد [۴]. در این آزمایشگاه دانشجویان با موتورهای الکتریکی واقعی، ترانسفورماتورها، درایوهای فرکانس متغیر و توان DC کار می‌کنند.

۴-۲-۱- تجهیزات آزمایشگاه

منبع تغذیه اصلی آزمایشگاه ۴۸۰V / ۱۰۰A می‌باشد که از طریق سیستم‌های تجهیزاتی یکپارچه (IFS[1]) توزیع می‌شود. یک ترانسفورماتور 480V/208V Delta-Wye 75 KVA در داخل این سیستم یکپارچه آزمایشگاه را تغذیه می‌کند. سیستم آزمایشگاه شامل یک مولد SAG برای مشاهده اثرات مختلف کیفیت توان می‌باشد. همچنین سیستم آزمایشگاه شامل شش کنترل‌کننده مرکز موتور (MCC[۲])، شش درایو فرکانس متغیر (VFD[3]) برای راه‌اندازی شش مجموعه موتور، ژنراتور ۵ اسب بخاری در داخل یک کابینت و سه موتور متحرک ۱۵ اسب بخاری روی چرخ‌دستی‌ها می‌باشد. تجهیزات اندازه‌گیری توان هم در این آزمایشگاه موجود است. نمودار تک‌خطی تأسیسات آزمایشگاه در شکل ۴-۱ نشان داده شده است.

علاوه بر این تجهیزات، یک اینورتر خورشیدی ۵ کیلوواتی شرکت Eaton نیز وجود دارد. از آن جا که اینورتر مانند درایو موتورها مشکلات کیفیت توان و تولید هارمونیک دارد، در این آزمایشگاه اینورتر خورشیدی هم وجود دارد. همچنین یک دیزل ژنراتور ۲۵ کیلوواتی که قادر است آزمایشگاه را در صورت قطع برق تغذیه کند، تعبیه شده است. در این آزمایشگاه منبع تغذیه بدون وقفه (USP[4]) نیز برای تغذیه جداگانه مدار روشنایی آزمایشگاه و انجام کارهای اضافی نیز وجود دارد. به‌علاوه، اسیلوسکوپ ۴ کاناله ۳۵۰ مگاهرتز، بارهای الکترونیکی ۱/۲ کیلووات، شبیه‌ساز پنل خورشیدی زمان‌واقعی و اینورترهای خورشیدی اضافی در آزمایشگاه موجود است.

1 Integrated Facility System
2 Motor Control Center
3 Variable Frequency Drive
4 Uninterruptible Power Supply

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۳-۴- آزمایشگاه D.L.S

آزمایشگاه D.L.S. Electronic Systems یک مرکز کاملاً معتبر و آزمایشگاهی است که دارای مجوز استاندارد ISO/IEC 17025 توسط ANSI می‌باشد [۵]. این آزمایشگاه آزمون‌های ایمنی را تحت استانداردهای MIL-STD 810[1]، MIL-STD 202[2]، RTCA DO-160[3]، ANSI[4]، ASTM[5]، ISTA[6]، NEMA[7]، SAE[8] و IEC[9] پوشش می‌دهد.

۱-۳-۴- آزمون کیفیت توان

D.L.S آزمون توان برای هواپیماها، وسایل نقلیه، کشتی‌ها و سایر تجهیزات نظامی بر اساس استانداردهای MIL-STD 704[10]، MIL-STD 1275[11] و MIL-STD 1399[12] انجام می‌دهد. بر اساس این استانداردها ارتباط الکتریکی سازگار بین تجهیزات نظامی و سیستم قدرت الکتریکی با استفاده از برق AC و DC ایجاد می‌شود. این استانداردها شامل ولتاژ، فرکانس، فاز، ضریب توان، امواج، حداکثر جریان، نویز الکتریکی و شرایط غیرعادی (اضافه ولتاژ و افت ولتاژ)، برای هر دو سیستم AC و DC است. استانداردهای مذکور همچنین محدودیت‌هایی را در خصوص ویژگی‌های ولتاژ گذرا و محدودیت‌های حالت ماندگار تعیین می‌کنند.

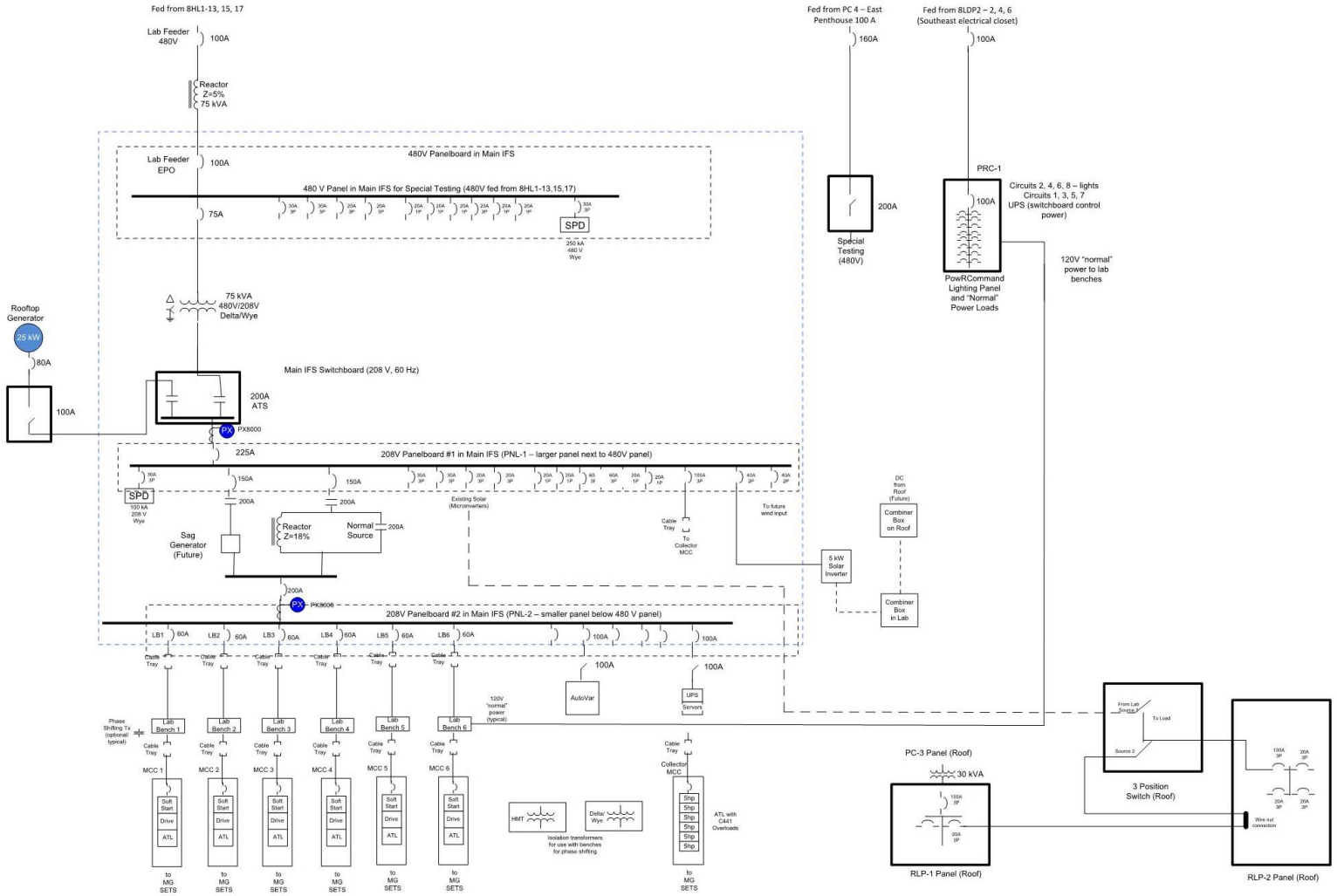
اطلاعات بیشتر در مورد آزمون‌های توان در زیر آمده است:

آزمون‌های MIL-STD-704

تجهیزات MIL-HDBK-704-1:

1 United States Military Standard
2 Test Method Standard - Electronic and Electrical Component Parts
3 Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne
4 American National Standards Institute
5 American Society for Testing and Materials
6 International Seed Testing Association
7 National Electrical Manufacturers Association
8 Society of Automotive Engineers
9 International Electrotechnical Commission
10 Department of Defense Interface Standard: Aircraft Electric Power Characteristics
11 Department of Defense Interface Standard: Characteristics Of 28 Volt DC Electrical Systems in Military Vehicles
12 Department of Defense Interface Standard, Section 300, Part 1, Low Voltage Electric Power, Alternating Current

DOI: 10.30503/nripress.2020.284



شکل ۴-۱: نمودار تک‌خطی تأسیسات آزمایشگاه Pittsburgh [۴]

تجهیزات مطابق با ویژگی‌های نیروی برق هواپیما می‌باشد.

MIL-HDBK-704-2 ۱۱۵ ولت تک‌فاز، ۴۰۰ هرتز

MIL-HDBK-704-3 ۱۱۵ ولت سه‌فاز، ۴۰۰ هرتز

MIL-HDBK-704-4 ۱۱۵ ولت تک‌فاز، فرکانس متغیر

MIL-HDBK-704-5 ۱۱۵ ولت سه‌فاز، فرکانس متغیر

MIL-HDBK-704-6 ۱۱۵ ولت سه‌فاز، ۶۰ هرتز

MIL-HDBK-704-7 ۲۷۰ ولت DC

MIL-HDBK-704-8 ۲۸ ولت DC

۴-۴- مؤسسه تحقیقاتی مرکزی توان (CPRI[1])

مؤسسه مرکزی تحقیقات توان (CPRI) در سال ۱۹۶۰ توسط دولت هند تأسیس شد و به‌عنوان مرکزی برای تحقیقات کاربردی در مهندسی برق فعالیت می‌کند و به صنعت برق در توسعه محصول و تضمین کیفیت کمک می‌کند [۶].

CPRI همچنین به‌عنوان یک مرجع مستقل برای آزمایش و صدور گواهینامه تجهیزات قدرت عمل می‌کند.

این مؤسسه یک کارگاه ملی یک‌روزه با عنوان "چالش‌های کیفیت برق با ادغام انرژی تجدیدپذیر در شبکه هوشمند (PQRESG[2])" برگزار کرده است. شبکه هوشمند نیاز به نظارت هوشمند کیفیت توان برای حل مشکلات مختلف مرتبط با کیفیت توان دارد. سیستم نظارت بر کیفیت توان هوشمند به تشخیص اختلالات مختلف کیفیت توان و در نتیجه به‌کارگیری یا اجرای تکنیک‌های کاهش مناسب کمک می‌کند [۶].

1 Central Power Research Institute
2 Power Quality Renewable Energy Smart Grid

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

٤-٥- شرکت تولیدکننده تجهیزات آزمایشگاهی KCC Scientific Converters

از این مرکز می‌توان در زمینه تجهیزات یک آزمایشگاه تحقیقاتی کمک گرفت. در سراسر جهان، آزمایشگاه‌ها از تجهیزات آزمایشگاهی ظریف و دقیق استفاده می‌کنند [۷]. این شرکت مبدل‌های ولتاژ و فرکانس با دقت بسیار بالایی را تولید می‌کند.

۶-۴- شرکت تجهیزات آزمایشگاهی FLUKE

در این مرکز تجهیزات آزمون کیفیت توان معرفی و مطالعات موردی برای درک بهتر علل احتمالی کیفیت پایین توان انجام می‌شود [۸]. این مرکز می‌تواند امکاناتی را در اختیار بگذارد که در صرفه‌جویی در هزینه و محافظت از تجهیزات در برابر آسیب‌های احتمالی کمک می‌کند. همچنین مشکلات کیفیت توان مانند افت ولتاژ، نامتعادلی، هارمونیک و اضافه ولتاژ را بررسی می‌کند.

ابزارهای کیفیت توان و مدیریت انرژی برای کمک به ضبط کیفیت و داده‌های انرژی مورد نیاز برای حفظ بهترین عملکرد و قابلیت اطمینان تجهیزات توان یا کارخانه‌ها صنعتی طراحی‌شده‌اند. این ابزارها با ضبط و تجزیه و تحلیل آسان و مؤثر می‌توانند مسائل مربوط به کیفیت توان و بهره‌وری انرژی را شناسایی کنند. لوازم جانبی موجود مانند پنجره اندازه‌گیری الکتریکی Fluke PQ400 (شکل ۴-۲) حتی می‌تواند به کاربر این امکان را بدهد که بدون نیاز به باز کردن درب پانل یا استفاده از تجهیزات حفاظت شخصی، اندازه‌گیری اتصالات سه‌فاز را انجام دهد. این به کاربر این امکان را می‌دهد تا هر زمان که نیاز دارد به سرعت اندازه‌گیری را انجام دهد. در هر ابزار کیفیت توان FLUKE نرم‌افزار انعطاف‌پذیری وجود دارد که به کاربر این امکان را می‌دهد تا از نکات ارزشمندی در مورد عملکرد سیستم الکتریکی خود مطلع شود.

ابزارهای اندازه‌گیری کیفیت توان این شرکت شامل ضبط‌کننده‌های داده‌های کیفیت توان[1]، لاگر توان و انرژی[2]، تحلیل‌کننده توان دقیق[3] هستند.

1 Power Quality Recorders
2 Power and Energy Logger
3 Precision Power Analyzers

DOI: 10.30503/nripress.2020.284



شکل ٤-٢: پنجره اندازه‌گیری الکتریکی Fluke PQ400

الف) ضبط‌کننده‌های داده‌های کیفیت توان: این تجهیز داده‌های جزئی را ضبط نموده و به پیدا کردن مشکل کیفیت توان کمک می‌کند. با استفاده از نرم‌افزار کاربردی پشتیبانی‌کننده، یک ضبط‌کننده می‌تواند به کاربر در دیدن تصویر کامل کمک کند و به او این امکان را می‌دهد تا مشکلات را برطرف نماید. شکل ۴-۳ یک ضبط‌کننده کیفیت توان سه‌فاز را نشان می‌دهد.

ب) لاگر توان و انرژی: لاگرهای توان و انرژی برای انجام مطالعات سه‌فاز انرژی و بار استفاده می‌شوند تا مشخص شود که در کجا امکان صرفه‌جویی وجود دارد. با استفاده از نرم‌افزار Fluke Energy Analyze Plus، می‌توان گزارش‌های مفصلی برای تمرکز بر مناطق مشکل‌ساز ایجاد کرد.



شکل ٤-٣: یک ضبط کننده کیفیت توان سه‌فاز

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

ج) تحلیل‌گر کیفیت توان و عیب‌یاب[1]: تحلیل‌گر کیفیت توان سه‌فاز برای آزمون کیفیت توان و عیب‌یابی کیفیت توان بسیار ایده‌آل است. همچنین گزارش دقیق همراه با نرم‌افزار PowerLog-430 که به‌راحتی قابل‌استفاده است را ایجاد می‌کند.

د) تحلیل‌گر توان دقیق: تحلیل‌کننده‌های توان دقیق Fluke در آزمایش‌های عملکرد ترانسفورماتورها، روشنایی و یا کلیدهای الکترونیکی دارای بالاترین دقت هستند و می‌توانند سخت‌ترین شکل‌موج را هم رسم کنند.

۷-۴- شرکت Merus Power

شرکت Merus Power برای بهبود کیفیت برق و بهره‌وری انرژی، فناوری‌های پاک را طراحی و تولید می‌کند [۹]. راه‌حل‌های جبران‌کننده پویای این شرکت شامل فیلترهای هارمونیک فعال، STATCOM، SVC، ذخیره‌ساز انرژی و UPQCمی‌باشد که به‌طور مؤثر مشکلات کیفیت برق را در زمان واقعی حل می‌کند. این شرکت دو ابزار اندازه‌گیری هارمونیک و نامتعادلی دارد. اندازه‌گیر هارمونیک کل هارمونیک‌های جریان را در سیستم الکتریکی تخمین می‌زند و نیاز بهره‌بردار به فیلتر هارمونیک فعال را محاسبه می‌کند تا به سطح جبران مورد نظر رسیده و خلاصه نتایج را در صفحه وب چاپ می‌کند.

٨-٤- شرکت Megger

شرکت Megger به مدت ۱۳۰ سال پیشرو در آزمایش و اندازه‌گیری الکتریکی در سطح جهان بوده است [۱۰]. محصولات Megger تقریباً همه کاربردهای صنعت تأمین برق را پوشش می‌دهند. شرکت Megger محصولات اندازه‌گیری کیفیت توان متنوعی را تولید می‌کند. خط تولید ابزارهای اندازه‌گیری کیفیت توان Megger شامل موارد زیر است:

الف) تحلیل‌کننده کیفیت توان دستی[2] MPQ1000

1.1 1 Power Quality Analyzers and Troubleshooters
1.2 2 Handheld Power Quality Analyser

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

تحلیل‌کننده کیفیت توان دستی MPQ1000 دارای ویژگی‌هایی است که آن را برای عیب‌یابی، آزمایش انطباق و ممیزی انرژی ایده آل می‌سازد. پشت آن بدنه محکم هوشمندی است که با استفاده از نرم‌افزار برجسته در صنعت به کاربر این امکان را می‌دهد تا هنگام آزمایش خطاها را به حداقل رسانده و نتایج خود را سریع و آسان تجزیه و تحلیل کند. به‌عنوان مثال، کاربر می‌تواند الگوهای استاندارد شرکت خود را که قابل ذخیره و مقایسه هستند، ایجاد نموده و همچنین نتایج خود را بر اساس استانداردها بررسی کند. این باعث صرفه‌جویی در وقت، تلاش و هزینه می‌شود و کل فرآیند آزمایش را کارآمدتر می‌کند. این تجهیز، پدیده‌های کیفیت توان را که باعث این مشکلات می‌شوند، ضبط می‌کند. همچنین برای ثبت داده‌ها، تجزیه و تحلیل بارها و ثبت اختلالات شبکه استفاده می‌شود. شکل ۴-۴ سیستم تحلیل‌کننده کیفیت توان PQA100 را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۴: سیستم تحلیل‌کننده کیفیت توان PQA100

ب) تحلیل‌کننده کیفیت توان قابل‌حمل MPQ2000

با تحلیل‌کننده کیفیت توان قابل‌حمل MPQ2000 در هر محیطی می‌توان کیفیت توان را اندازه‌گیری کرد. این تجهیز شامل سخت‌افزار مقاوم است. شکل ۴-۵ تحلیل‌کننده کیفیت توان قابل‌حمل MPQ2000 را نشان می‌دهد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284



شکل ٤-٥: تحلیل‌کننده کیفیت توان قابل‌حمل MPQ2000

ج) شبیه‌ساز کیفیت توان MPQSIM

ویژگی‌های این تجهیز عبارتند از:

- این تجهیز برای آموزش کیفیت توان مناسب می‌باشد.
- به‌راحتی رویدادهای فرورفتگی ولتاژ، برآمدگی ولتاژ، حالات گذرا و هارمونیکی را ایجاد می‌کند.
- فلیکر ولتاژ، ضریب توان پس‌فاز و ضریب توان پیش‌فاز را شبیه‌سازی می‌کند.
- رویدادهای تغییر فاز را ایجاد می‌کند.
- ولتاژ و جریان ۱۱۵ ولت AC یا ۲۳۰ ولت AC را شبیه‌سازی می‌کند.
- بدون ولتاژ تک‌فاز کار می‌کند.

شبیه‌ساز کیفیت توان MPQSIM به‌عنوان یک ابزار آموزشی استفاده می‌شود. استفاده از این ابزار در کنار MPQ1000عالی است. این شبیه‌ساز، ولتاژها / جریان‌های پیوسته و هارمونیک‌ها را در رویدادهای لحظه‌ای برای نمایش و آموزش کیفیت توان ارائه می‌دهد. شکل ۴-۶ شبیه‌ساز کیفیت توان MPQSIM را نشان می دهد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284



شکل ٤-٦: شبیه‌ساز کیفیت توان MPQSIM

ه) اندازه‌گیر امپدانس NIM1000

با یک جریان آزمایشی تا ۱ کیلو آمپر، اندازه‌گیر امپدانس NIM1000، امپدانس شبکه فاز و سیم خنثی را تا دهمین هارمونیک اندازه‌گیری می‌کند. این تجهیز خطاهای حساس به بار و خطای سیم خنثی اتصالات ضعیف و مشکلات دیده نشده را تشخیص می‌دهد. همچنین برای اندازه‌گیری امپدانس حلقه ارت[1] نزدیک به منبع تغذیه مفید است. شکل ۴-۷ اندازه‌گیر امپدانس NIM1000 را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۷: اندازه‌گیر امپدانس NIM1000

1 Earth Loop Impedance

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

٤-٩- آزمایشگاه Power Standard

آزمایشگاه Power Standard تنها آزمایشگاه مرجع واقع در کالیفرنیا است که خدمات کاملی را برای راهنمایی و تأیید ابزارهای کاربر مطابق استاندارد IEC 61000-4-30 Ed3 ارائه می‌دهد [۱۱]. تخصص این آزمایشگاه در صدور گواهینامه کیفیت توان مطابق با استاندارد IEC 62586-2 و سنسورهای کیفیت توان[1] می‌باشد.

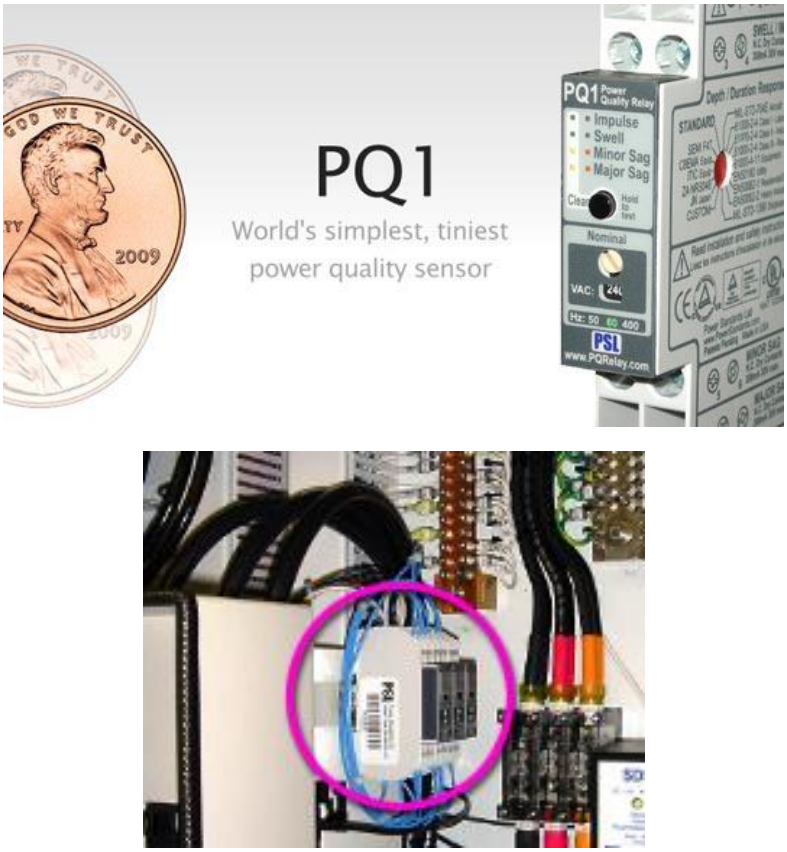
سنسور کیفیت توان PQ1 فرورفتگی[2] و برآمدگی[3] ، وقفه‌ها و ضربه‌ها را در مدت کوتاه ۵۰۰ نانو ثانیه تشخیص می‌دهد. قیمت این سنسور بیست برابر کمتر از قیمت یک مانیتور کیفیت توان قدیمی است. این سنسور برای حل مشکلات کیفیت توان مناسب است. سنسور کیفیت توان اختلالات ولتاژ تجهیزات و منبع تغذیه AC را تشخیص می‌دهد. این اختلالات ولتاژ می‌تواند باعث افت عملکرد و خرابی زودرس آن‌ها شود.

با رخداد هر اتفاق PQ1 اخطار می دهد. LED مربوطه روی پانل روشن شده و همچنین به یک فایل گزارش کامپیوتری ارسال می گردد. این سنسور کیفیت توان با ولتاژهای بین ۱۰۰ تا ۲۴۰ ولت و در فرکانس ۵۰ هرتز و ۶۰ هرتز کار می کند. ولتاژهای بالاتر، از جمله ولتاژهای توزیع برق و ولتاژهای ورودی تا ۶۰۰ Vrms را می‌توان با اتصال آن به ترانسفورماتور خارجی کنترل کرد. این تجهیز کوچک و ساده یک مانیتور تک‌فاز است که می‌تواند به‌صورت فاز به فاز نیز استفاده شود یا می‌توان از سه PQ1 برای فاز در سیستم‌های قدرت سه‌فاز استفاده کنید. از ویژگی‌های این تجهیز تشخیص مشکلات کیفیت توان زمان واقعی با دقت ۰.۵٪ می‌باشد. یک رله خارجی است که به‌راحتی نصب می‌شود و مقرون به‌صرفه ، قابل اعتماد و جمع و جور می‌باشد.

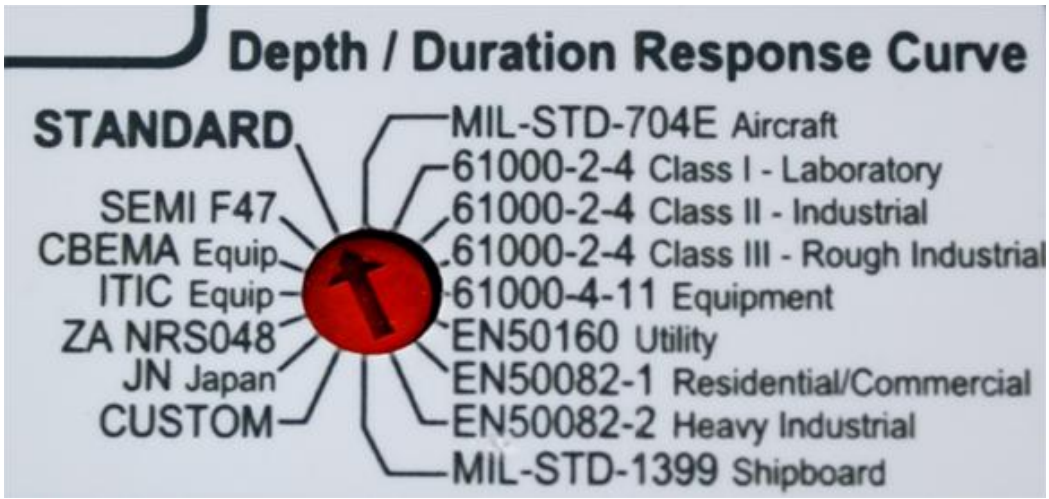
موارد استفاده از سنسورهای کیفیت توان عبارتند از: نظارت کم‌هزینه کیفیت توان پست‌ها، سیستم‌های SCADA و PLC، کنترل آسانسور، کنترل HVAC، مراکز مخابراتی، تجهیزات تولیدکننده نیمه‌هادی، تجهیزات پزشکی، ماشین‌آلات CNC، مراکز داده و مخابرات، بررسی شبکه‌های برق و سیستم‌های مدیریت ساختمان. شکل ۴–۸ سنسور کیفیت توان PQ1 را نشان می‌دهد. شکل ۴–۹ استانداردهایی که روی این تجهیز تنظیم می‌شود را نشان می‌دهد.

1 Power Quality Sensor
2 Sag
3 Swell

DOI: 10.30503/nripress.2020.284



شکل ٤-٨: سنسور کیفیت توان [١١]



شکل ٤-٩: استانداردهای مورد تنظیم روی سنسور کیفیت توان [١١]

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

٤-١٠- آزمایشگاه کیفیت توان پیشرفته کالج Mohawk و دانشگاه McMaster

کالج Mohawk و دانشگاه McMaster، با همکاری یکدیگر یک آزمایشگاه کیفیت توان پیشرفته (APQL[1]) تأسیس کردند [۱۲]. در سال‌های اخیر، نوسانات هارمونیک در ولتاژ و جریان شبکه نگرانی‌هایی ایجاد کرده است. بنابراین نیاز به تأسیس آزمایشگاه کیفیت توان بدیهی است. این آزمایشگاه با دو هدف آموزش و تحقیق و توسعه تأسیس شده است. این آزمایشگاه ذینفعان زیادی مانند کارخانه‌ها، شرکت‌های برق و شرکت‌های توزیع بار دارد که در حضور هارمونیک، کیفیت توان را بررسی می‌کنند. به‌علاوه بر این، این آزمایشگاه یک آزمون کنترل‌شده برای ارزیابی تأثیر هارمونیک‌ها بر سیستم‌های حفاظتی و کنترل (و ابزارهای مرتبط) انجام می‌دهد. شکل ۴-۱۰ انواع دستگاه‌های الکترونیکی هوشمند (IED[2])برای اهداف آزمایشگاه را نشان می‌دهد.

برای آموزش به دانشجویان و کارکنان شرکت‌های برق، در این آزمایشگاه یک سیستم توزیع برق فراهم شده است. برای اهداف تحقیقاتی، آزمون‌های مختلفی در آزمایشگاه برای ارزیابی پروفایل هارمونیک‌ها و اثرات آن‌ها بر ترانسفورماتورها، اندازه‌گیرها، سیستم‌های حفاظتی و جریان در یک شبکه توزیع انجام می‌شود.



شکل ٤-١٠: قفسه‌های IED قابل‌حمل آزمایشگاه کیفیت توان پیشرفته

1 Advanced Power Quality Laboratory
2 Intelligent Electronic Devices

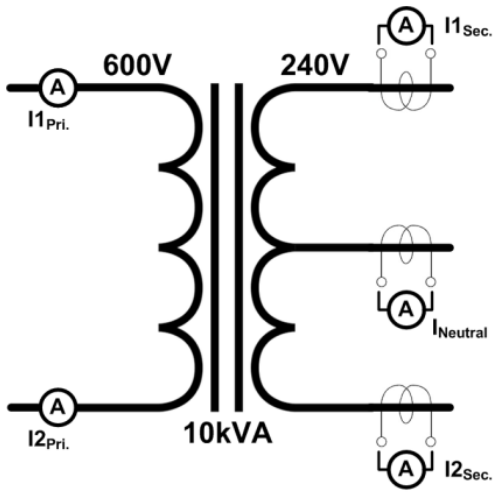
DOI: 10.30503/nripress.2020.284

تجهیزات این آزمایشگاه شامل موارد زیر است:

الف) ترانسفورماتورهای قدرت:

از ترانسفورماتورهای مورد استفاده در شبکه توزیع استفاده می‌شود (بین ۱۰ تا ۲۰۰ کیلوولت آمپر). تأثیر هارمونیک‌ها بر ترانسفورماتور قدرت (جریان، ولتاژ، دما) توسط دستگاه‌های اندازه‌گیری کیفیت توان ION، لاگرهای داده زیمنس و سخت‌افزار و نرم‌افزار جمع‌آوری داده‌ها نظارت خواهد شد. برای تجزیه و تحلیل جامع، داده‌های گرفته‌شده در یک سرور آزمایشگاه جمع‌آوری می‌شود.

شکل ۴-۱۰ محل‌های اندازه‌گیری جریان را در ترانسفورماتور ۱۰ کیلوولت آمپر نصب‌شده در آزمایشگاه نشان می‌دهد. یک اندازه‌گیر کیفیت توان ION 7650 شکل‌موج‌های ولتاژ و جریان به همراه اعوجاجات هارمونیکی کل (THD[1]) را ثبت می‌کند. این داده‌ها به‌طور مداوم به سرور آزمایشگاه ارسال می‌گردد. شکل ۴-۱۱ تنظیمات ترانسفورماتور در آزمایشگاه را نشان می‌دهد.



شکل ٤-۱۱: نقاط اندازه‌گیری جریان روی ترانسفورماتور

ب) تجهیزات اندازه‌گیری و ابزار دقیق:

1 Total Harmonic Distortion

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

ترانسفورماتورهای CT و PT که معمولاً توسط شرکت‌های برق مورد استفاده قرار می‌گیرند برای ارزیابی اثرات هارمونیک‌ها استفاده می‌شوند و یک فانکشن ژنراتور (Omicron CMC356) یک پروفایل هارمونیکی دقیق به دستگاه تحت آزمون تزریق می‌کند.



شکل ٤-١٢: تنظیمات ترانسفورماتور در آزمایشگاه

ج) سیستم‌های حفاظت و کنترل:

یک منبع تغذیه قابل‌برنامه‌ریزی Omicron، اندازه‌گیر کیفیت توان، لاگر داده زیمنس و سخت افزار جمع‌آوری داده در سیستم‌های حفاظت و کنترل استفاده شده است.

ه) اینورترهای متصل به شبکه:

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

شکل ۴-۱۳ تأسیسات آزمایشگاهی فتوولتاییک در کالج Mohawk را نشان می‌دهد.



شکل ٤-١٣: تأسیسات آزمایشگاهی فتوولتاییک در کالج Mohawk

ه) شارژرهای ماشین برقی:

داده‌های تجربی توسط دستگاه‌های اندازه‌گیری کیفیت توان ION، لاگرهای داده زیمنس ثبت می‌شود. شکل ۴-۱۴ ایستگاه شارژ ماشین‌های برقی در کالج Mohawk را نشان می‌دهد.



شکل ٤-١٤: ایستگاه شارژ ماشین‌های برقی در کالج Mohawk

فصل ۵:

آزمایشگاه‌های کیفیت توان مشابه داخل کشور

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

مقدمه

در این فصل به معرفی آزمایشگاه‌های کیفیت توان موجود در داخل کشور و همچنین بررسی و معرفی توانمندی‌های و تجهیزات آنها پرداخته می‌شود. لازم به ذکر است در زمان جمع‌آوری اطلاعات در این زمینه مشکلات زیادی بر سر راه تیم پروژه قرار داشت که از جمله می‌توان به عدم وجود وب‌سایت‌های به‌روز برای آزمایشگاه‌ها، عدم پاسخ‌گویی دقیق از سوی پرسنل آزمایشگاه‌ها در زمان تماس تلفنی یا مراجعه حضوری و به‌طور کلی محدود بودن اطلاعات در دسترس در این زمینه اشاره کرد. گزارش حاضر حاصل تلاش‌های مستمر تیم پروژه در کسب حداکثر اطلاعات از آزمایشگاه‌های کیفیت توان داخل کشور می‌باشد.

۱-۵- آزمایشگاه تحقیقاتی کیفیت توان سیستم‌های الکتریکی دانشگاه علم و صنعت

این آزمایشگاه در سال ۱۳۸۵ تأسیس شده است [۱۳]. این آزمایشگاه دارای قابلیت‌های طراحی انواع جبران‌سازهای کیفیت توان (فعال و غیرفعال)، جبران‌سازهای موازی، جبران‌سازهای سری، جبران‌سازهای ترکیبی و امکان آزمون تجهیزات می‌باشد. این آزمایشگاه دستگاه‌های الکتریکی و بارها را در شرایط مختلف کیفیت توان شامل هارمونیک‌ها، نامتعادلی ولتاژ و سایر پدیده‌های کیفیت توان، نوسانات ولتاژ (فلیکر)، فرورفتگی و برآمدگی ولتاژ بررسی می‌کند. مسئول این آزمایشگاه دکتر علیرضا جلیلیان، دانشیار گروه مهندسی برق – قدرت می‌باشد. پروژه‌های تحقیقاتی که در این آزمایشگاه انجام‌شده است به‌شرح زیر است:

- طراحی و ساخت سیستم اندازه‌گیری تلفات و درجه حرارت در ماشین‌های الکتریکی به روش کالری متری[1]
- طراحی و ساخت سیستم مانیتورینگ حرارتی موتورهای القایی قفس سنجابی در شرایط هارمونیکی
- تحلیل و ارزیابی مشکلات کیفیت توان در شبکه نمونه برق منطقه‌ای باختر و ارائه راهکارهای بهبود آن
- تدوین دستورالعمل کاربرد استاندارد کیفیت توان در سیستم‌های الکتریکی
- اجرای بیش از ۲۰ پروژه تحقیقاتی از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه [۱۲]

تجهیزات این آزمایشگاه به شرح زیر است:

1 Calorimetry

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

الف) منبع تغذیه قدرت قابل برنامه‌ریزی جهت تولید انواع پدیده‌های کیفیت توان

منبع تغذیه قدرت قابل برنامه‌ریزی در این آزمایشگاه مدل Chroma 61704 می‌باشد. منبع تغذیه قابل برنامه‌ریزی Chroma مدل سری ۶۱۷۰۰ توان AC خالص، ۵ سیمه و ۳ فاز را ارائه می‌دهد. برخلاف منبع تغذیه AC سه‌فاز قدیمی، این مدل شامل مدل‌های کم‌توان با هزینه بسیار کم است. کاربران می‌توانند ولتاژ و فرکانس را برنامه‌ریزی کرده، ویژگی‌های مهم خروجی را روی صفحه‌نمایش LCD اندازه‌گیری کنند. همچنین برای کاربردهای تجاری از آزمایش‌ها تا تولیدات انبوه مناسب است.

ویژگی‌های کلیدی این تجهیز به شرح زیر است:

- توان: 6000VA, 3Ø
- ولتاژ: 0~150V/0~300V
- فرکانس: 15~1.2KHz
- زاویه فاز: 0~360°
- ضریب توان ورودی را بیش از 0.98
- فناوری پیشرفته PWM
- حالت ورودی AC+DC
- قابلیت تنظیم نرخ تلفات برای تغییر ولتاژ
- وضعیت خاموش و روشن کنترل زاویه فاز
- قابلیت اندازه‌گیری جامع: V، Irms، Ipk، Iinrush، P، PF و غیره
- محدودیت جریان rms قابل برنامه‌ریزی
- قابلیت شبیه‌سازی اختلال خط انتقال برق[1]
- دارای حفاظت ولتاژ یا جریان بالا
- نرم‌افزار آسان برای کار

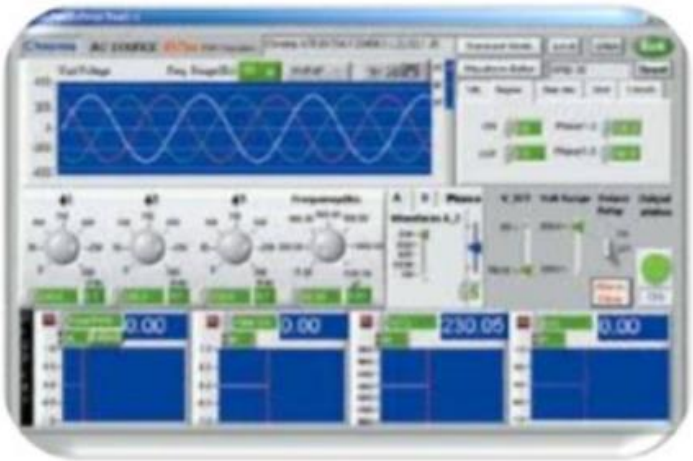
1 Power line disturbance (PLD) simulation capability

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

شکل ۵-۱ منبع تغذیه قدرت قابل‌برنامه‌ریزی را نشان می‌دهد. شکل ۵-۲ نمونه سیگنال تولیدشده توسط این منبع را نشان می‌دهد. این دستگاه کلیه الزامات مندرج در استاندارد ملی شماره ۱-۲۲۸۴۰ را به‌استثنای مقادیر هارمونیک مؤلفه‌های مختلف ولتاژ آزمون را دارد که این مورد در راهنمای تجهیز قید نشده است و بایستی در زمان خرید از سازنده استعلام بشود.



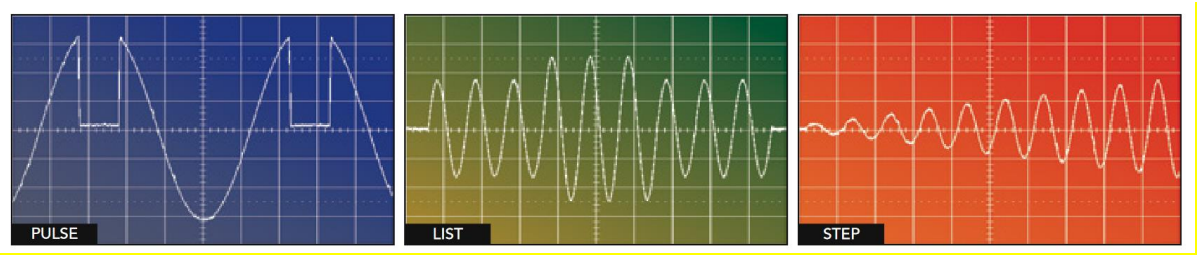
شکل ۵-۱: منبع تغذیه قابل برنامه‌ریزی جهت تولید انواع پدیده‌های کیفیت توان



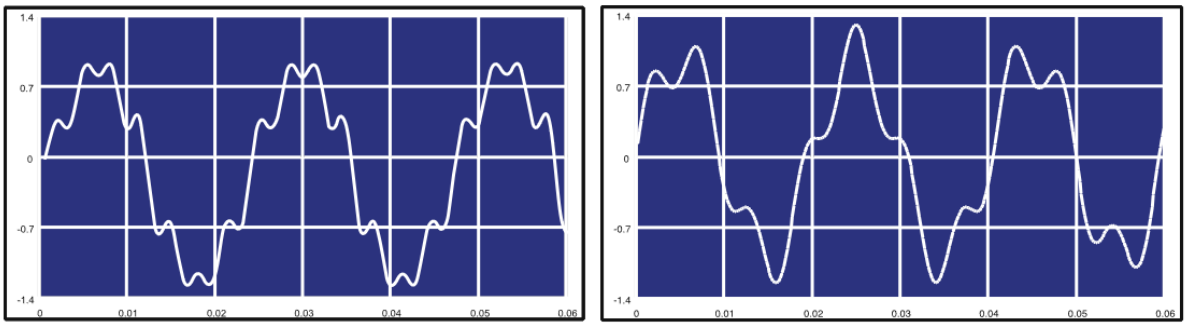
شکل ۵-۲: نمونه سیگنال تولیدشده توسط منبع تغذیه قدرت قابل برنامه‌ریزی

از کاربردهای این منبع شبیه‌سازی اغتشاشات خط انتقال برق می‌باشد. سری منبع تغذیه Chroma AC 61700 عملکردهای شکل موج‌های PULSE ، LIST و STEP را برای شبیه‌سازی انواع شرایط اختلال در خط برق ارائه می‌دهد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284



از دیگر کاربردهای این منبع ایجاد هارمونیک و بین هارمونیک (عملکرد اختیاری) است. کاربران می‌توانند از نرم‌افزار softpanel (A617001) استفاده کنند تا شکل‌موج هارمونیک را با شکل‌موج اصلی ترکیب کنند و آن را در حافظه منبع AC ذخیره کنند. این منبع می‌تواند هارمونیک‌ها از ۰/۰۱ هرتز تا ۲۴۰۰ هرتز را ایجاد کند.



Harmonic Waveform

Interharmonics Waveform

ب) تحلیل‌کننده کیفیت توان

یکی از دستگاه‌های مانیتورینگ در این آزمایشگاه تحلیل‌کننده کیفیت توان مدل MULTI-HWT-1000 می‌باشد. یک تجهیز سه‌فاز چهار سیمه برای تحلیل کیفیت توان، سازگار با استانداردهای IEC61000-4-30 کلاس A با محدوده ولتاژ ۱۳۰۰ V، که قابلیت تجزیه و تحلیل هارمونیک‌ها را دارد. شکل ۵–۳ تحلیل‌کننده کیفیت توان مدل MULTI-HWT-1000 را نشان می‌دهد.

تحلیل‌کننده کیفیت توان برای نظارت و ثبت ناهنجاری‌ها انجام می‌شود که اجازه می‌دهد علل آن‌ها به‌سرعت مورد بررسی قرار گیرد و همچنین برای ارزیابی مشکلاتی مانند افت ولتاژ، فلیکر، هارمونیک‌ها و سایر مسائل الکتریکی استفاده می‌شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284



شکل ۵-۳: تحلیل‌کننده کیفیت توان مدل MULTI-HWT-1000

ج) تحلیل‌کننده هارمونیک

یکی دیگر از دستگاه‌های مانیتورینگ در این آزمایشگاه تحلیل‌کننده هارمونیک مدل MULTI-HWT-1000 می‌باشد. این تجهیز یک اندازه‌گیر هارمونیک است که مؤلفه‌های هارمونیکی را در یک خط انتقال اندازه‌گیری می‌کند و پارامترهایی را برای تولید این مؤلفه‌های هارمونیکی اندازه‌گیری می‌کند. در داخل این تجهیز PT و CT قابل تنظیم برای اندازه‌گیری مقدار مؤلفه اصلی پارامترهای اندازه‌گیری‌شده وجود دارد. این تجهیز قادر به اندازه‌گیری فرکانس اصلی تا چهلم می‌باشد. اندازه‌گیری‌ها را می‌توان در تک‌فاز، تک‌فاز سه‌سیمه، و سه‌فاز چهار سیمه انجام داد. موارد قابل اندازه‌گیری به شرح زیر است:

- سنجش و نمایش دیجیتال مقادیر ولتاژ، جریان، توان اکتیو و راکتیو، فاز و ضریب توان
- نمایش شکل‌موج‌های ولتاژ و جریان
- تحلیل و نمایش اجزای هارمونیکی ولتاژ و جریان
- نمایش طیف هارمونیکی ولتاژ و جریان
- نمایش طیف هارمونیکی توان
- لیست محتوا و فاز هر هارمونیک
- لیست مقدار و فاز هر هارمونیک

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

می‌توان نتایج اندازه‌گیری را در تجهیز ذخیره کرد و یا روی چاپگر چاپ شود. شکل ۵–۴ زیر تحلیل‌کننده هارمونیک مدل MULTI-HWT-1000 را نشان می‌دهد.



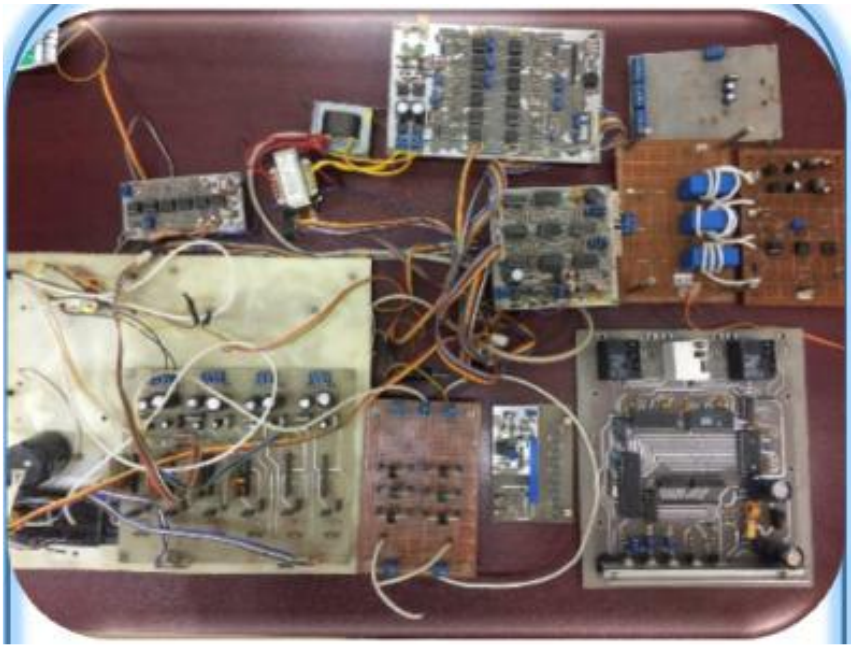
شکل ۵–٤: تحلیل‌کننده هارمونیک مدل MULTI-HWT-1000

شکل ۵–۵ نمونه‌ای از آزمایش عملی توسط این آزمایشگاه را نشان می‌دهد.

۲-۵- آزمایشگاه کیفیت توان و الکترونیک قدرت دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

آزمایشگاه کیفیت توان و الکترونیک قدرت با مدیریت دکتر محمد توکلی بینا استاد تمام دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی بیش از ۱۵ سال سابقه عملی دارد. این آزمایشگاه به‌طور رسمی در تابستان سال ۱۳۸۴ (۲۰۰۵ میلادی) با حمایت مالی شرکت توانیر به بهره‌برداری رسید. در طول سالیان متمادی دانشجویان بسیاری در این آزمایشگاه پروژه‌های عملی خود را با موفقیت به سرانجام رسانیده و بی‌شک می‌توان این آزمایشگاه را از مجهزترین آزمایشگاه‌های الکترونیک قدرت در داخل کشور دانست. فهرست برخی تجهیزات این آزمایشگاه به‌قرار زیر است [۱۴]:

DOI: 10.30503/nripress.2020.284



شکل ۵-۵: نمونه‌ای از آزمایشات عملی

الف) **اسیلوسکوپ مدل Tektronix:**

دستگاه اسیلوسکوپ دیجیتال ۴ کاناله تک‌ترونیکس مدل TEKTRONIX TDS-2024C در علوم مختلف طب، مهندسی، ارتباطات و صنعت به‌عنوان یک دستگاه چند منظوره استفاده می‌شود. برای مثال می‌توان از این ابزار دقیق در آنالیز سیستم جرقه‌زن اتومبیل که به الکتروکار دیاگرام موسوم است یا در شکل‌موج ضربان قلب استفاده کرد.

این تجهیز به‌دلیل به‌روز بودن، کاربری بسیار آسان‌تری نسبت به انواع آنالوگ دارد. علاوه بر این داشتن صفحه نمایشگر رنگی باعث تفکیک راحت‌تر سیگنال‌ها می‌شود. در اسیلوسکوپ‌های دیجیتال به‌دلیل داشتن علامت کنار محورهای x و y تنظیمات صفر به‌راحتی قابل اجراست و نیازی به صفر کردن سیگنال (GND) نیست. با این حال دارای مدهای AC/DC/GND می‌باشد.

مشخصات فنی دستگاه:

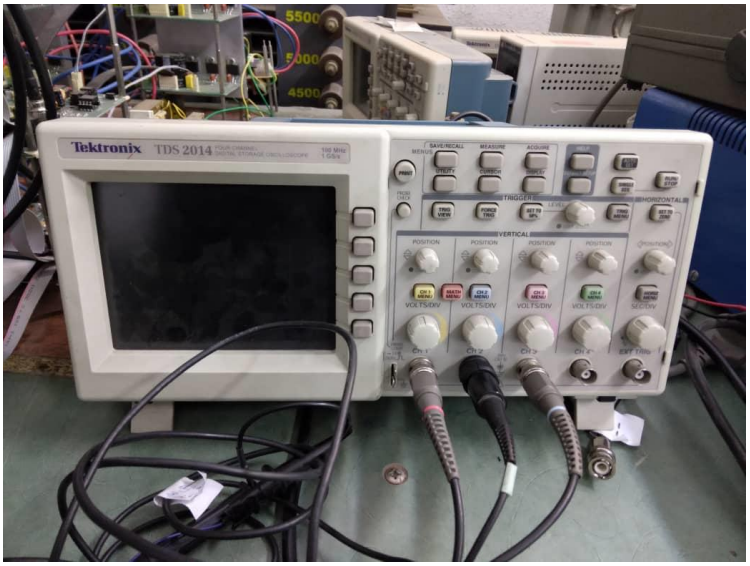
- اسیلوسکوپ ۲۰۰ مگاهرتز ۴ کاناله حافظه‌دار
- سرعت نمونه‌برداری ۲ GS/s
- صفحه نمایشگرLCD رنگی

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

- فانکشن FFT
- قابل اتصال به PC با پورت USB
- ۱۶ نوع اندازه‌گیری اتوماتیک

ب) فانکشن ژنراتور:

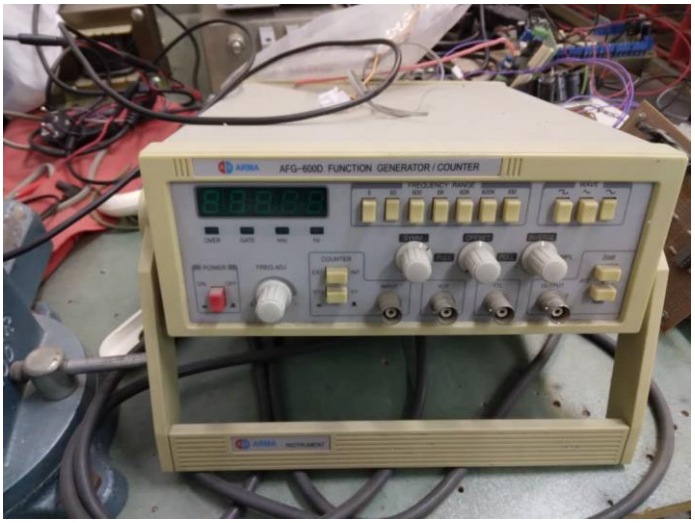
این منبع یک ژنراتور ۲ مگاهرتزی است که دارای محدوده فرکانسی وسیعی با صفحه نمایش LED برای نمایش فرکانس است. دامنه خروجی می‌تواند تا ۲۰ ولت متغیر باشد. همه خروجی‌ها در مقابل اتصال کوتاه حفاظت شده‌اند. همچنین امکان تولید سیگنال تا فرکانس ۳۰ مگاهرتز را دارد. از ویژگی‌های دیگر آن کیفیت بالای سیگنال DC تولید شده و ضریب اعوجاج کم سیگنال‌ها است. این تجهیز موج‌های سینوسی، مربعی، پالسی، مثلثی، پله‌ای را تولید می‌کند.



شکل ۵-٦: اسیلوسکوپ مدل Tektronix

شکل ۵-۷ منبع تغذیه قابل برنامه‌ریزی مدل AFG-6000D را نشان می‌دهد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284



شکل ۵-۷: منبع تغذیه قابل برنامه‌ریزی مدل AFG-6000D

ج) منبع تغذیه DC مدل MCH-K305D:

منبع تغذیه سوئیچینگ مدل MCH-K305D یک دستگاه دقیق، کوچک و باکیفیت است. این دستگاه دارای خروجی ولتاژ ۱ تا ۳۰ ولت می‌باشد و شدت جریان آن از ۰ تا ۵ آمپر قابل تنظیم است. این منبع تغذیه سوئیچینگ برای نمایش ولتاژ و جریان دارای نمایشگر ۴ رقمی می‌باشد که موجب نمایش دقیق‌تر خروجی دستگاه می‌گردد تا جایی که جریان میلی‌آمپر را نمایش می‌دهد و این برای بسیاری از مشتریان خیلی مهم به‌نظر می‌رسد. همچنین در مدل جدید این دستگاه برای نمایش ولتاژ و جریان از دورنگ استفاده شده که هم از نظر زیبایی بهتر است و هم امکان اشتباه را در هنگام کار پایین می‌آورد.

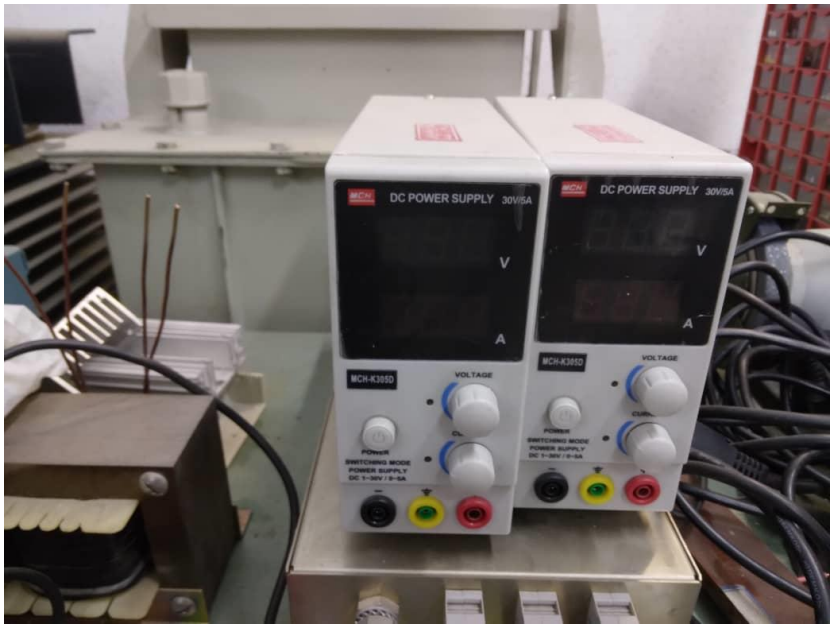
از نظر ظاهری این دستگاه یک کالای کوچک و جمع و جور است. ابعاد این منبع تغذیه ۷×۲۲ در ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر می‌باشد که روی میز شما جای زیادی را اشغال نمی‌کند. همچنین وزن این کالا ۱۳۵۰ گرم است. برای خنک نگاه‌داشتن این دستگاه در قسمت پشت آن یک فن خنک‌کننده تعبیه شده که به‌صورت خودکار در هنگام گرم شدن آن روشن می‌شود و پس از خنک شدن نیز مجدداً خاموش می‌شود. این دائماً روشن نبودن فن دستگاه نیز هم برای طول عمر فن مناسب است و هم به بی‌صدا بودن دستگاه کمک می‌کند و هم از ایجاد نویز دائمی فن روی میز کارتان جلوگیری می‌شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

این نوع دستگاه یکی از رایج‌ترین تجهیزات در فرآیند آزمون و اندازه‌گیری در آزمایشگاه‌های الکترونیک و مخابرات محسوب می‌شود. هرکجا که لازم باشد می‌توان ولتاژ ورودی را با مقدار تنظیم‌شده و مناسبی به مدار اعمال نموده یا قطعات الکترونیکی و الکترومکانیکی را با استفاده از آن آزمون کرد. شکل ۵–۸ منبع تغذیه DC مدل MCH-K305D را نشان می‌دهد. شکل ۵–۹ نمایی از آزمایشگاه کیفیت توان دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی را نشان می‌دهد.

۵-۳- آزمایشگاه کیفیت توان دانشگاه امیرکبیر

در دهه‌های اخیر، مشخصات المان‌های سیستم‌های قدرت دچار تغییری تدریجی از المان‌های خطی به سمت المان‌های غیرخطی شده است. امروزه، منبع اصلی تولید مشخصات غیرخطی در شبکه به‌دلیل استفاده از طیف وسیعی از تجهیزات هارمونیک‌زا مانند چراغ‌های فلورسنت، مبدل‌های ولتاژ بالای DC، تجهیزات FACTS، کوره‌های القایی، منابع تغذیه بدون وقفه و درایوهای موتوری سرعت متغیر است. استفاده از این وسایل باعث ایجاد جریان‌های دارای اعوجاج می‌شود که این موضوع نیز به‌نوبه خود باعث عدم کارکرد یا کارکرد ناقص وسایل مخصوص تجهیزات حساس مانند سیستم‌های کامپیوتری می‌شود.



شکل ۵–۸: منبع تغذیه DC مدل MCH-K305D

DOI: 10.30503/nripress.2020.284



شکل ۵-۹: نمایی از آزمایشگاه کیفیت توان دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی

آزمایشگاه کیفیت توان دانشگاه امیرکبیر مجموعه‌ای از دانشجویان و محققانی است که در یکی از آزمایشگاه‌های قطب علمی کشور به کار و تحقیق مشغول هستند [۱۵]. سرپرست این آزمایشگاه دکتر سید حسین حسینیان استاد دانشکده مهندسی برق می‌باشد. موضوعات اصلی تحقیق در این آزمایشگاه شامل بهره‌برداری و برنامه‌ریزی بهینه سیستم‌های قدرت، کیفیت توان، بازار برق و ریزشبکه‌ها است. این آزمایشگاه در سال ۱۳۸۵ راه‌اندازی شده است.

تجهیزات این آزمایشگاه شامل یک منبع تغذیه قدرت قابل برنامه‌ریزی جهت تولید انواع پدیده‌های کیفیت توان است که شکل‌موج‌های مختلف ولتاژ را برای آزمون تجهیزات مختلف تولید می‌کند و با قیمت تقریبی حدود ۵۰ هزار دلار خریداری شده است. یک تحلیل‌کننده کیفیت توان سه‌فاز نیز وجود دارد که برای آزمون پارامترهای مختلف کیفیت توان استفاده می‌شود. مطابق اظهارات آقای دکتر حسینیان، منبع تغذیه و دستگاه سنجش کیفیت توان خریداری‌شده برای آزمایشگاه دانشگاه امیرکبیر مشابه همان تجهیزات آزمایشگاه کیفیت توان دانشگاه علم و صنعت بوده و با مشاوره از آنها اقدام به خریداری شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۴-۵- آزمایشگاه کیفیت توان دانشگاه شریف

این آزمایشگاه زیر نظر دکتر حسین مختاری عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی برق می‌باشد. در این آزمایشگاه تجهیزات مختلفی بسته به مشتریان آزمایشگاه و پارامترهایی که باید مورد آزمون قرار بگیرند نظیر نوع شبکه، بار صنعتی و تجهیزات مربوطه مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌طورکلی تجهیزات این آزمایشگاه کیفیت توان کامل شامل دستگاه تحلیل‌کننده کیفیت توان، ترانسفورماتور قدرت، تجهیزات اندازه‌گیری دقیق، ترانس ولتاژ و جریان، کلمپ، منبع تغذیه AC، بار DC و غیره می‌باشد.

این آزمایشگاه یک دستگاه تحلیل‌کننده کیفیت توان فرانسوی دارد که مناسب برای اندازه‌گیری کیفیت توان هارمونیک‌های شبکه است و تا هارمونیک ۱۷ام را اندازه‌گیری می‌کند. تجهیزات اصلی این آزمایشگاه عبارتند از:

الف) اسیلوسکوپ چهار کاناله ایزوله شرکت TEKTRONIX – Power Bundle

اسیلوسکوپ دیجیتال ۱۰۰ مگاهرتز ۴ کاناله مدل TEKTRONIX کاربردهای گسترده‌ای در علم الکترونیک دارد و ابزاری بسیار کاربردی در رفع عیب و اندازه‌گیری اغلب مدارهای الکترونیکی علی‌الخصوص مدارهای الکترونیکی فرکانس بالا می‌باشد. یکی از مهم‌ترین پارامترهای این اسیلوسکوپ فرکانس کاری و سرعت نمونه‌برداری آن است که در هنگام خرید حتماً باید به این پارامتر توجه نمود و اسیلوسکوپ از چند مگاهرتز تا چند گیگاهرتز وجود دارند که هرچه فرکانس بالاتر می‌رود کاربردها محدودتر و حرفه‌ای‌تر می‌شود و قیمت اسیلوسکوپ نیز به‌شدت به این پارامتر بستگی دارد. شکل ۱۰–۵ اسیلوسکوپ چهار کاناله ایزوله شرکت TEKTRONIX را نشان می‌دهد.

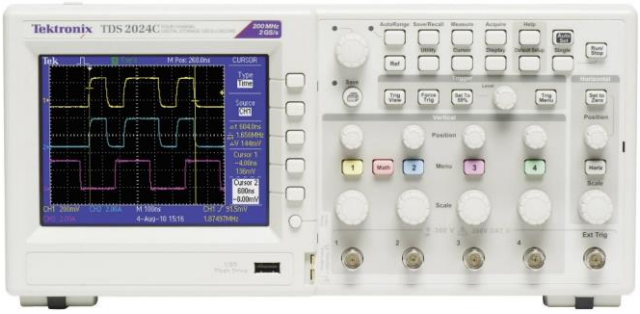
مشخصات فنی دستگاه:

- اسیلوسکوپ ۱۰۰ مگاهرتز ۴ کاناله دیجیتال حافظه‌دار
- سرعت نمونه‌برداری بالا
- صفحه نمایشگر TFT LCD WVGAرنگی ۷ اینچ
- فانکشن FFT
- سرعت نمونه برداری: ۲ GS/s

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

- فانکشن Go/No Go
- ۳۶ نوع اندازه‌گیری خودکار
- پورت USB
- اتصال به PC با پورت USB2.0 و Ethernet RJ-45

ب) تحلیل‌کننده کیفیت توان Hioki PQ3198



شکل ۵-۱۰: اسیلوسکوپ چهار کاناله ایزوله شرکت TEKTRONIX

دستگاه PQ3198 یک تحلیل‌کننده کیفیت توان برای نظارت و ثبت مداوم و با دقت بالای اختلالات توان است. بازه‌های جریان این دستگاه شامل ۵۰۰ میلی‌آمپر تا ۵ کیلو آمپر می‌باشد.

مدل PQ3198 عیب‌یابی منابع تغذیه و بررسی کیفیت برق و علل خرابی تجهیزات را بررسی می‌کند. هنگام اتصال منابع تجدیدپذیر و ماشین‌های برقی به شبکه این دستگاه می‌تواند نوسانات ولتاژ، توان، جریان، هارمونیک‌ها و فلیکر را ثبت کند. داده‌ها به‌راحتی با نرم افزار PQ ONE تحلیل می‌شوند. از ویژگی‌های این دستگاه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- مطابق با الزامات دستگاه‌های اندازه‌گیری کلاس A در استانداردهای بین‌المللی
- دقت اندازه‌گیری ولتاژ ±0.1%
- سنکرون‌سازی زمان GPS
- تشخیص حوادثی مانند برآمدگی، فرورفتگی و وقفه ولتاژ

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

این دستگاه می‌تواند ولتاژهای گذرا با دامنه ۶۰۰۰ ولت و مدت زمان ۰.۵μs را اندازه‌گیری کند. همچنین اجزای هارمونیک مرتبه بالا را از ۲ کیلوهرتز تا ۸۰ کیلوهرتز اندازه‌گیری می‌کند. شکل ۵-۱۱ تحلیل‌کننده کیفیت توان PQ3198 Hioki را نشان می‌دهد [۱۶]. این دستگاه طبق استاندارد رویدادهایی مانند برآمدگی و افتادگی ولتاژ، وقفه و همگام‌سازی زمان با استفاده از GPS را بررسی می‌کند. PQ3198 اندازه‌گیری با دقت بالا را ارائه می‌دهد.



شکل ۵-۱۱ : تحلیل‌کننده کیفیت توان PQ3198 Hioki

۵-۵- شرکت دانش‌بنیان آزمایشگاه صنایع انرژی (اپیل)

شرکت دانش‌بنیان آزمایشگاه صنایع انرژی (اپیل) با مشارکت دانشگاه‌های معتبر صنعتی (امیرکبیر، تهران، علم و صنعت و شهید عباسپور) و جمعی از تولیدکنندگان فعال در صنایع انرژی با هدف ایجاد یک آزمایشگاه معتبر و دارای قابلیت ردیابی بین‌المللی ایجاد گردید و مورد تأیید شرکت نفت، شرکت گاز، توانیر، سازمان تنظیم مقررات رادیوئی، سازمان غذا و دارو، سازمان ملی استاندارد، معاونت فناوری ریاست جمهوری و گمرکات کشور می‌باشد [۱۷].

لازم به ذکر است اخذ گواهینامه بین‌المللی ISO/IEC 17025 توسط این شرکت دانش‌بنیان که اتصال این آزمایشگاه مرجع به "اتحادیه بین‌المللی تأیید صلاحیت آزمایشگاهی (ILAC[1])" را میسر نمود، موجب ایجاد اعتبار بین‌المللی برای آزمون‌های صادرشده توسط این مجموعه شده است.

1.3 1 International Laboratory Accreditation Cooperation
1.4 2 Client

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

تجهیزات آزمایشگاهی این شرکت برند Fluke است. این آزمایشگاه برای اندازه‌گیری پارامترهای کیفیت توان از کامپیوترهای کلاینت[1] هم استفاده می‌کند. کامپیوترهای کلاینت کامپیوترهایی هستند که از شبکه و اطلاعات استفاده می‌کنند. انواع مختلف آزمون‌های کیفیت توان در این آزمایشگاه انجام می‌شود.

۶-۵- شرکت مهندسین مشاور تدبیر انرژی سپهر

شرکت مهندسین مشاور تدبیر انرژی سپهر با مدیران و کارشناسان باتجربه با سابقه بیش از ۲۰ سال در زمینه تحلیل پارامترهای کیفیت توان و دارای تحصیلات عالیه از دانشگاه‌های معتبر شکل گرفته است [۱۹]. این شرکت، پروژه‌های متنوعی را در زمینه‌های مختلف در کارنامه خود ثبت نموده است که از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

اندازه‌گیری، بررسی و تحلیل پارامترهای کیفیت توان، تعیین جهت منشأ آلودگی‌های کیفیت توان مشترکین بزرگ برق منطقه‌ای در شهرهای مختلف و ارائه راهکار در جهت بهبود آن‌ها، مشاور صنایع و شرکت‌های توزیع برق شهرهای مختلف در زمینه‌های کیفیت توان، تعیین بهینه ضریب هم‌زمانی و بررسی سیستم ارتینگ، اندازه‌گیری، تحلیل و تعیین جهت پارامترهای کیفیت توان و ارائه راهکار عملی جهت بهبود آن‌ها، نصب و مانیتورینگ دستگاه‌های تحلیل‌کننده کیفیت توان در شهرهای مختلف و یکپارچه‌سازی تمامی اطلاعات از طریق سیستم GPRS، اندازه‌گیری، بررسی و تحلیل پارامترهای کیفیت توان شبکه برق و ارائه راهکار عملی در جهت بهبود عملکرد کوره‌های قوس و کوره‌های القایی و غیره. لیست امکانات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری شرکت تدبیر انرژی سپهر به‌قرار زیر است:

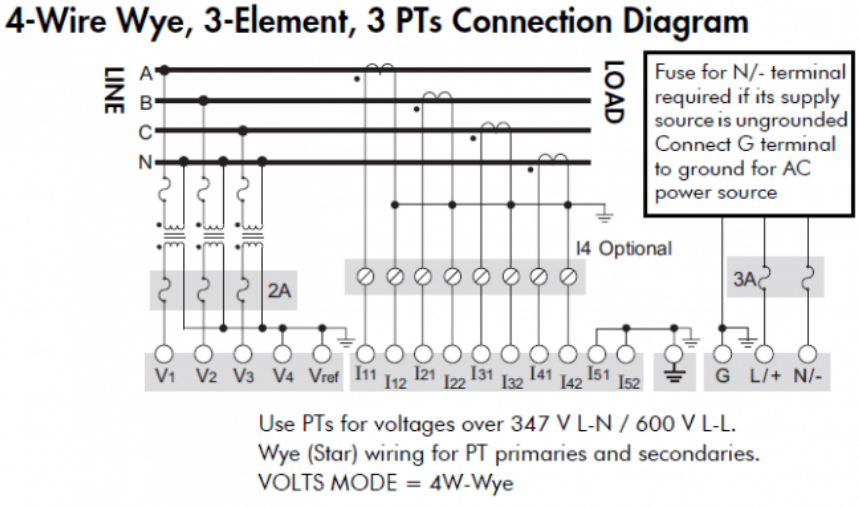
الف) دستگاه تحلیل‌کننده کیفیت توان

یکی از خدمات این شرکت نصب، اندازه‌گیری و مانیتورینگ کیفیت توان می‌باشد. تصویر تجهیزات مورد استفاده در زیر آمده است. شکل ۵-۱۲ دستگاه‌های تحلیل‌کننده کیفیت توان را نشان می‌دهد که مدل Power Logic ION7650 ساخت کشور کانادا (تحت لیسانس اشنایدر آلمان) می‌باشد. شکل‌های ۵-۱۳ تا ۵-۱۵ طریقه نصب این دستگاه در سیستم و موارد کاربرد مربوطه را نشان می‌دهد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

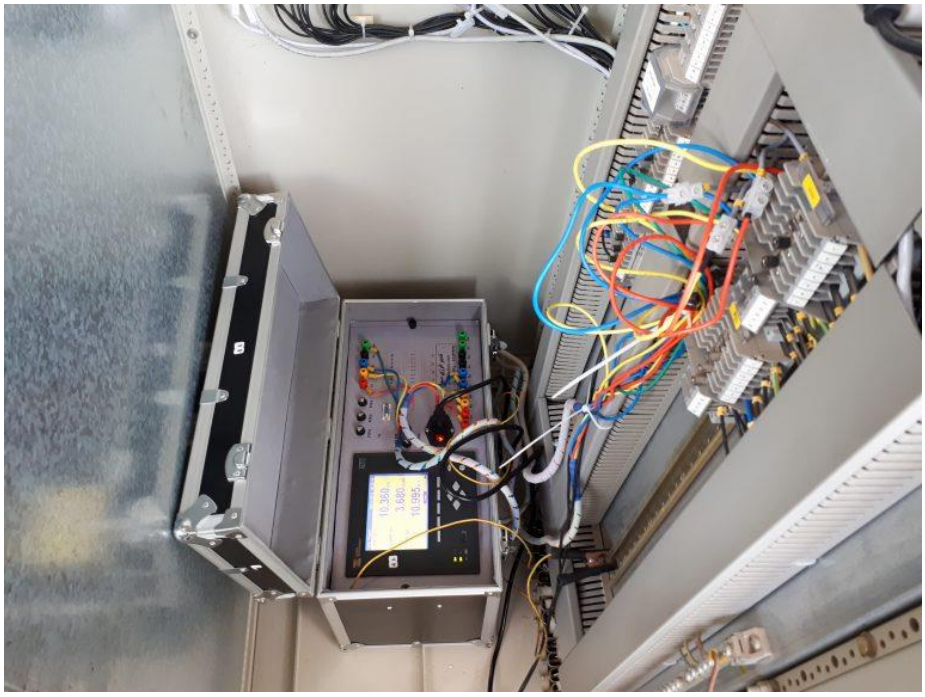


شکل ۵-۱۲: دستگاه‌های تحلیل‌کننده کیفیت توان



شکل ۵-۱۳: طریقه نصب دستگاه تحلیل‌کننده کیفیت توان

DOI: 10.30503/nripress.2020.284



شکل ۵-۱٤: نصب دستگاه کیفیت توان در یک پست توزیع

این دستگاه کلاس A بوده و با الزامات استاندارد IEC 61000-4-30 مطابقت دارد.



شکل ۵-۱۵: نمونه دستگاه کیفیت توان پرتابل

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

ب) دستگاه اندازه‌گیری توان

شکل ۵-۱۶ نمایی از دستگاه مدل Power Logic ION7330 ION را نشان می‌دهد که ساخت کشور کانادا (تحت لیســـانس اشـــنایدر آلمان) بوده و جهت لندازه‌گیری هارمونیک‌های ولتاژ، جریان، انرژی و کلیه پارامترهای برق مورد استفاده قرار می‌گیرد. این دستگاه نیز کلاس A می‌باشد.



شکل ۵-۱۶: دستگاه اندازه‌گیری توان

ج) CTهای کلمپ

شکل ۵-۱۷ نمونه‌ای از این CTها را نشان می‌دهد که تعداد ۳۰ عدد (۱۰ سری) از آن در این شرکت موجود است.

د) نرم‌افزارهای تخصصی برق

تعدادی از نرم‌افزارهای تخصصی برق که در این شرکت مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از DIgSILENT، EMTP ، ETAP و ...

ه) دیتالاگر مدل ENA 90-0.2

به‌دلیل پیچیدگی‌های شـبکه توزیع و اهمیت کاهش تلفات و افزایش پایداری شـبکه، داشـتن اطلاعات پارامترهای برق جهت تحلیل به‌موقع آن، استفاده از دیتالاگر امری ضروری به‌نظر می‌رسد. این دستگاه با دقت بسیار خوب (۰/۲ درصد)، قیمت مناسـب، ثبت انرژی در چهار تعرفه و اندازه‌گیری هارمونیک تا مرتبه ۲۳ طراحی و در آزمایشـگاه پژوهشـگاه نیرو نیز آزمون‌های مرتبط را با موفقیت گذرانده است. شکل ۵-۱۹ این مدل دیتالاگر را نشان می‌دهد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284



شکل۵-۱۷: CTهای کلمپ



شکل ۵-۱۸: نرم‌افزار تخصصی برق



شکل ۵-۱۹: دیتالاگر

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

مشخصات عمومی محصول عبارتند از:

- دقت انرژی اکتیو s ۲ مطابق استاندارد IEC62053-22.23
- نمایش‌دهنده به‌صورت LCD گرافیکی و رنگی ۳۲۰*۲۴۰ با نور زمینه
- امکان تعریف صفحات مختلف برای نمایش پارامترها
- اندازه‌گیری توان اکتیو تک‌فاز و سه‌فاز و جهت آن (پوشش چهار ناحیه)
- اندازه‌گیری جریان، توان ظاهری و ضریب توان هر فاز و مجموع و نامتعادلی جریان
- اندازه‌گیری ولتاژ فاز به فاز، فاز به زمین و متوسط و نامتعادلی ولتاژ
- اندازه‌گیری به‌صورت RMS حقیقی
- اندازه‌گیری پارامترهای کیفی توان
- اندازه‌گیری ماکزیمم دیماند ورودی و خروجی
- قابلیت اندازه‌گیری هارمونیک‌های ولتاژ و جریان شبکه تا هارمونیک بیست و سوم و ذخیره‌سازی
- قابلیت اندازه‌گیری اعوجاج هارمونیک کل (THD) و اعوجاج هارمونیکی فرد و زوج ولتاژ و جریان شبکه
- قابلیت نمایش یک سیکل جریان و ولتاژ روی LCD
- قابلیت نمایش نمودار و ماکزیمم و مینیمم آن برای هر پارامتر در تاریخ و بازه زمانی مورد نظر
- قابلیت ثبت اطلاعات شروع و خاتمه خطا و اتفاق برای پارامترهای مختلف و تعریف باند خطا
- نمایش داده‌ها به‌صورت منحنی توسط نرم‌افزار رایانه
- قابلیت تنظیم اولیه CT از روی صفحه کلید
- قابلیت کار به‌صورت سه سیم یا چهار سیم (دو وات متری و سه وات متری)
- قابلیت انجام تنظیمات و قرائت سیستم اندازه‌گیری از راه دور و یا از طریق شبکه
- نمایش تاریخ و آخرین دسترسی به‌صورت شمسی یا میلادی
- دارای ۸ تعرفه برای اندازه‌گیری انرژی اکتیو ورودی و خروجی و امکان تعریف روزهای تعطیل و جمعه
- قابلیت تنظیم ساعت برای شش ماه اول و دوم سال (Day Light Saving) و تنظیم ساعت از راه دور
- قابلیت ارسال کلیه پارامترهای اندازه‌گیری‌شده بر روی پورت RS485 یا شبکه
- دارای MODBUS RTU و TCP MODBUS برای قرائت پارامترها

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

- قابلیت شبکه‌سازی و اتصال به رایانه
- ذخیره ماکزیمم و مینیمم پارامترها هر یک دقیقه به مدت ده سال و حفظ اطلاعات
- مجهز به پورت USB جهت انتقال اطلاعات ذخیره‌شده به رایانه
- دارای پورت نوری برای آزمون انرژی اکتیو و راکتیو ورودی و خروجی به‌صورت نوری
- دارای دو ورودی دیجیتال اپتوکوپلری (طبق درخواست)
- دارای چهار خروجی رله یا رله الکترونیکی برای پالس انرژی اکتیو و راکتیو ورودی و خروجی و یا نشان‌دهنده بروز خطا و یا کنترل از راه دور (طبق درخواست)

۷-۵- امکانات موجود در آزمایشگاه‌های پژوهشگاه نیرو

پس از بررسی‌های به‌عمل آمده از تجهیزات موجود در آزمایشگاه‌های مرتبط در پژوهشگاه نیرو از جمله آزمایشگاه رله و حفاظت، آزمایشگاه ماشین‌های الکتریکی و آزمایشگاه الکترونیک صنعتی، مشخص شد که تنها دو عدد دستگاه سنجش پارامترهای کیفیت توان کلاس A مدل Hioki 3196 در آزمایشگاه ماشین‌های الکتریکی وجود دارد. به گفته مسئول فنی آزمایشگاه این اندازه‌گیرها به تازگی کالیبره شده و در حال حاضر قابل استفاده هستند. اما در هیچ‌یک از آزمایشگاه‌های مورد اشاره منبع تغذیه قابل برنامه‌ریزی وجود ندارد. اگرچه در سالیان گذشته آزمایشگاه رله و حفاظت اقدام به خرید یک دستگاه منبع تغذیه قابل برنامه‌ریزی نموده است ولی در نهایت این موضوع به سرانجام نرسیده است.



شکل ۵-۲۰: دستگاه سنجش کیفیت توان آزمایشگاه ماشین‌های الکتریکی

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۸-۵- بررسی توجیه اقتصادی راه‌اندازی آزمایشگاه کیفیت توان ماینرها

با عنایت به تصویب نامه شماره ۵۸۱۴۴/ت۵۵۶۳۷ه مورخ ۱۳۹۸/۵/۱۳ هیأت محترم وزیران در خصوص تدوین و ابلاغ استانداردهای کیفیت توان الکتریکی برای تولید و واردات تجهیزات فرآورده‌های پردازش رمزنگاری‌شده رمزارزها (ماینینگ) توسط سازمان ملی استاندارد ایران و با همکاری وزارت نیرو، در تاریخ ۱۳۹۸/۶/۱۰ یک جلسه هم اندیشی در خصوص تهیه و تدوین نقشه راه برای استانداردسازی این تجهیزات با حضور دستگاه‌ها و ارگان‌های مرتبط برگزار شد. در این راستا وظیفه تدوین الزامات کیفیت توان این تجهیزات به پژوهشگاه نیرو واگذار گردید و با دستور ریاست پژوهشگاه نیرو، پروژه‌ای در این خصوص در مرکز توسعه فناوری تجهیزات الکترونیک قدرت و توسط گروه برنامه‌ریزی و بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت تعریف گردید. این پروژه به کارفرمایی پژوهشگاه نیرو، توسط گروه برنامه‌ریزی و بهره‌برداری سیستم‌های قدرت انجام شده و استاندارد ملی آن با عنوان استاندارد ملی تجهیزات استخراج فرآورده های پردازشی رمزنگاری شده رمزارزها (ماینرها)– حدود انتشار پدیده‌های کیفیت توان الکتریکی برای فرایند استخراج رمزارز– قسمت ۱: الزامات تجهیزات تدوین گردیده است. در این استاندارد الزامات پدیده‌های کیفیت توان شامل هارمونیک‌های جریان و پدیده‌های ولتاژی است.

بر اساس استاندارد فوق الذکر و ضوابط سازمان ملی استاندارد آزمون‌های جریان هارمونیکی و پدیده‌های ولتاژی ماینرها باید توسط آزمایشگاه‌هایی انجام شوند که از سوی "شورای ارزیابی و مطابقت با استانداردهای تولید شرکت توانیر" به‌عنوان آزمایشگاه معتبر در این زمینه تأیید شوند. روش‌های تست نیز باید مبتنی بر آخرین نسخه استانداردهای استفاده شده باشد که در استاندارد ملی ذکر شده است. بنابراین، این پروژه با توجه به الزام وزارت نیرو و نیاز به تأسیس آزمایشگاه مرجع به‌منظور اجباری کردن الزامات استاندارد تعریف شده است.

از طرف دیگر هیچ آمار رسمی از میزان واردات تجهیزات استخراج رمزارز (ماینر) وجود نداشته و برآورد تقریبی تعداد آنها نیز امکان‌پذیر نمی‌باشد. انجام تحلیل‌های اقتصادی و تخمین میزان درآمد آزمایشگاه به اطلاعاتی از قبیل تعداد سالیانه واردات تجهیز، انواع آنها و ... نیاز دارد. به‌علاوه، در حال حاضر نرخ تعرفه انجام آزمون‌ها نیز در سایر آزمایشگاه‌های مشابه

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

پائین بوده و به‌صورت واقعی محاسبه و تعیین نمی‌شود. از این جهت در این گزارش به بررسی توجیه اقتصادی این پروژه پرداخته نشده و محاسبات مربوط به برآورد هزینه‌ها در گزارش مرحله سوم ارائه خواهد شد.

نکته قابل توجه دیگر قیمت بسیار بالای منبع تغذیه قابل برنامه‌ریزی برای تجهیز این آزمایشگاه است که خریداری آن بخش زیادی از هزینه‌های مورد نیاز را شامل می‌شود. ممکن است یک راه‌حل جایگزین برای کاهش هزینه‌ها اقدام به طراحی و ساخت داخلی دستگاه مذکور باشد که نیاز به تعریف پروژه‌ای جداگانه دارد و در صورت نیاز می‌تواند در دستور کار قرار بگیرد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

فصل ٦: تجهیزات اصلی مورد نیاز در آزمایشگاه کیفیت توان تجهیزات استخراج رمزارز

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

مقدمه

طبق استاندارد ملی شماره 22840-1 برای سنجش کیفیت توان ماینرها و همچنین گزارش فاز اول این پروژه، دو شاخص هارمونیک‌های جریان و فلیکر باید اندازه‌گیری شوند. بنابراین تجهیزات اصلی آزمایشگاه کیفیت توان ماینر شامل یک منبع تغذیه AC، یک امپدانس مرجع در حکم امپدانس خط انتقال، و یک دستگاه سنجش کیفیت توان می‌باشد. مشخصات فنی هریک از این تجهیزات از استانداردهای مربوطه استخراج شده و در ادامه تشریح می‌گردند.

۱-۶- مشخصات فنی سیستم سنجش کیفیت توان

مطابق استاندارد 22840-1 برای سنجش کیفیت توان ماینرها دو شاخص هارمونیک‌ها و فلیکر باید اندازه‌گیری شده و با حدود مجاز مقرر مقایسه شوند. در این بخش مشخصات فنی و ویژگی‌های سیستم سنجش جهت اندازه‌گیری این دو شاخص به تفکیک مورد بررسی قرار داده می‌شود:

۱-۱-۶- مشخصات فنی سیستم سنجش هارمونیک از منظر استاندارد IEC 61000-4-7

- توانایی اندازه‌گیری هارمونیک‌ها و هارمونیک‌های میانی تا فرکانس ۹ کیلوهرتز
- دارای دو کلاس دقت مختلف I و II (در آزمون‌های انتشار هارمونیک، به‌خصوص اگر انتشار هارمونیک‌ها در حوالی حدود مجاز انتشار باشد، باید از کلاس دقت I استفاده شود):

- تجهیزات کلاس I در مواردی که اندازه‌گیری دقیق لازم است (مانند بررسی رعایت استانداردها، حل اختلافات و غیره) توصیه می‌شود. برای اندازه‌گیری انتشار هارمونیک‌ها تجهیزات کلاس I به‌کار برده می‌شوند.
- تجهیزات کلاس II تنها برای بررسی‌های کلی توصیه می‌شوند. این تجهیزات تنها در صورتی برای اندازه‌گیری انتشار هارمونیک‌ها می‌توانند مورد استفاده واقع شوند که مقادیر هارمونیک‌ها به‌گونه‌ای باشد که حتی با افزایش عدم قطعیت، باز هم از حدود مجاز تجاوز نکنند، یعنی عملاً کوچکتر از ۹۰٪ میزان مقرر در استاندارد باشند.

- پنجره‌های اندازه‌گیری باید ۱۰ سیکل ۵۰ هرتزی (۲۰۰ میلی ثانیه) را به‌صورت سنکرون با هارمونیک اصلی پوشش دهد.
- برای اندازه‌گیری جریان‌های هارمونیکی، محدوده‌های زیر توصیه شده است (برای 50Hz):

0.1A, 0.2A, 0.5A, 1A, 2A, 5A, 10A, 20A, 50A, 100A

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

- حداکثر توان جذب‌شده توسط مدار ورودی جریان عبارت از 3VA برای کلاس II می‌باشد. برای تجهیزات کلاس I ولتاژ مؤثر ورودی افت کرده روی مدار ورودی جریان حداکثر 0.15V می‌باشد.
- هر مدار جریانی باید قابلیت تحمل 1.2 برابر جریان نامی را به‌طور دائمی و قابلیت تحمل 10 برابر جریان نامی را به مدت 1s داشته باشد.
- تجهیز باید قابلیت عبور جریان‌های ورودی دارای crest factor=4 در محدوده 5Arms، crest factor=3.5 در محدوده 10Arms و crest factor=2.5 در محدوده بزرگتر از 10Arms را داشته باشد.
- ورودی ولتاژ باید تا 1.2 برابر ماکزیمم ولتاژ، مشخصات و دقت اندازه‌گیری را حفظ نماید. یک crest factor=1.5 برای اندازه‌گیری ولتاژ کافی است. در شبکه‌های برق صنعتی crest factor=2 مورد نیاز است.
- قابلیت تحمل ۴ برابر ولتاژ ورودی یا 1KVrms (هر کدام کمتر است) برای مدت ۱ ثانیه.
- برای اندازه‌گیری ولتاژ هارمونیکی محدوده‌های زیر توصیه شده است:

66V, 115V, 230V, 400V, 690V

- توان جذب‌شده در مدار ورودی باید حداکثر 0.5VA در ولتاژ 230V باشد. برای ورودی‌های حساس (زیر 50V) امپدانس ورودی مدار باید حداقل 10kΩ/V باشد.
- کلاس دقت مطابق جدول ۶-۱

۲-۱-۶- مشخصات فنی فلیکرمتر از منظر استاندارد IEC 61000-4-15

- دارا بودن ولتاژهای نامی زیر (برای 50Hz):

66V, 115V, 230V, 400V, 690V

- برخورداری از فیلترهای ورودی برای حذف dc و همچنین وزن‌دهی نوسانات ولتاژ برای تطابق با حساسیت چشم و مغز انسان
- فلیکر کوتاه‌مدت (Pst):

زمان کوتاه مدت بین ۱ تا ۱۵ دقیقه است، اما معمولاً ۱۰ دقیقه انتخاب می‌شود، مگر اشاره دیگری شده باشد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

جدول ٦- ١- الزامات دقت برای اندازه‌گیری‌های جریان، ولتاژ و توان

کلاس	اندازه‌گیری	شرایط	حداکثر خطا
I	ولتاژ	$U_m \geq ۱\% U_{nom}$	$\pm ۵\% U_m$
		$U_m < ۱\% U_{nom}$	$\pm ۰.۰۵\% U_{nom}$
	جریان	$I_m \geq ۳\% I_{nom}$	$\pm ۵\% I_m$
		$I_m < ۳\% I_{nom}$	$\pm ۰.۱۵\% I_{nom}$
	توان	$P_m \geq ۱۵۰W$	$\pm ۱\% P_m$
		$P_m < ۱۵۰W$	$\pm ٪۱.۵W$
II	ولتاژ	$U_m \geq ۳\% U_{nom}$	$\pm ۵\% U_m$
		$U_m < ۳\% U_{nom}$	$\pm ۰.۱۵\% U_{nom}$
	جریان	$I_m \geq ۱۰\% I_{nom}$	$\pm ۵\% I_m$
		$I_m < I_{nom}$	$\pm ۰.۵\% I_{nom}$
I_{nom}: محدوده جریان نامی ابزار اندازه‌گیری U_{nom}: محدوده ولتاژ نامی ابزار اندازه‌گیری U_m، I_m و P_m: مقادیر اندازه‌گیری‌شده			

- فلیکر بلند مدت (Plt) :

زمان بلند مدت مضرب N از زمان‌های کوتاه‌مدت می‌باشد. اگر زمان کوتاه‌مدت ۱۰ دقیقه فرض شود، N می‌تواند تا ۱۰۰۸ تنظیم شود، که معادل یک هفته کامل است. البته N معمولاً برابر ۱۲ فرض می‌شود، که معادل ۲ ساعت است، مگر اشاره دیگری شده باشد.

۲-۶- کلاس‌های اندازه‌گیری شاخص‌های کیفیت توان طبق استاندارد IEC 61000-4-30

برای اندازه‌گیری هریک از پارامترهای کیفیت توان، دو کلاس متفاوت به‌شرح زیر در استاندارد تعریف شده است، که شیوه اندازه‌گیری در آنها با هم تفاوت دارد:

- کلاس A (Advanced):

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

این کلاس در مواردی مورد نیاز است که اندازه‌گیری‌های دقیق لازم باشد. به‌عنوان مثال برای برنامه‌های قراردادی که ممکن است نیاز به حل اختلافات، تائید رعایت استانداردها و غیره داشته باشد.

- کلاس S (Surveys):

این کلاس برای کاربردهای آماری مانند بررسی یا ارزیابی کیفیت توان، احتمالاً با زیرمجموعه محدودی از پارامترها استفاده می‌شود. اگرچه از فواصل اندازه‌گیری کلاس A استفاده می‌کند، اما الزامات پردازش کلاس S بسیار کمتر است.

۳-۶- مشخصات فنی منبع تغذیه AC از منظر پیوست A استاندارد IEC 61000-3-2

برای اندازه‌گیری صحیح جریان‌های هارمونیکی و فلیکر دستگاه ماینر، ضروری است که دستگاه مزبور به یک منبع تغذیه AC مرجع متصل شود تا بدین‌وسیله اطمینان حاصل شود که عامل به‌وجود آورنده جریان‌های هارمونیکی و فلیکر، خود دستگاه ماینر بوده و هیچ‌گونه اغتشاش اضافه‌ای از سمت منبع تحمیل نمی‌گردد.

مشخصات فنی لازم جهت منبع تغذیه از منظر پیوست A استاندارد IEC61000-3-2 بدین ترتیب است:

- ولتاژ خروجی 230V±2% و فرکانس 50Hz±0.5% و زاویه بین فازها $120^{\circ}\pm1.5^{\circ}$
- حداکثر نسبت هارمونیک‌ها به هارمونیک اصلی عبارت است از:

هارمونیک مرتبه ۳: 0.9%

هارمونیک مرتبه ۵: 0.4%

هارمونیک مرتبه ۷: 0.3%

هارمونیک مرتبه ۹: 0.2%

هارمونیک‌های زوج از مرتبه ۲ تا ۱۰: 0.2%

هارمونیک‌های مرتبه ۱۱ تا ۴۰: 0.1%

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

نسبت مقدار پیک به مقدار مؤثر ولتاژ بین 1.40 تا 1.42 و زاویه وقوع پیک بین °87 تا °93 بعد از گذر از صفر ولتاژ باشد.

۶-۴- مشخصات فنی امپدانس خط (LIN) از منظر استانداردهای IEC 61000-3-3 و IEC 61000-3-11

برای اندازه‌گیری فلیکر ایجاد شده توسط ماینر، ضروری است که امپدانس خط انتقال درنظر گرفته شود. منابع تغذیه AC به جهت برخورداری از رگولاسیون ولتاژ مناسب، معمولاً دارای امپدانس داخلی بسیار کم و در حد صفر هستند. لذا بایستی بین منبع تغذیه و بار (ماینر) یک شبکه امپدانسی مرجع قرار داده شود، که نقش امپدانس خط را بازی کند. مقدار این امپدانس طبق استانداردهای شماره IEC61000-3-3 و IEC61000-3-11 باید معادل مقادیر زیر باشد.

$R_A=0.24\Omega$, $jX_A=0.15\Omega$ at 50Hz

$R_N=0.16\Omega$, $jX_A=0.10\Omega$ at 50Hz

در بعضی از منابع تغذیه، ویژگی خاصی تحت عنوان programmable output impedance درنظر گرفته شده است، که کاربر را از تهیه جداگانه این امپدانس بی‌نیاز می‌سازد. لیکن در صورتی‌که منبع تغذیه ویژگی مزبور را نداشته باشد، بدیهیست که باید این تجهیز نیز خریداری گردد. در جدول ۶-۲ مشخصات یک نوع از این شبکه امپدانسی مشاهده می‌شود.

البته لازم به ذکر است که سفارش و ساخت این امپدانس مرجع در داخل کشور نیز مقدور می‌باشد.

جدول ٦- ۲- مشخصات یک نوع شبکه امپدانسی

ردیف	برند	مدل	ساخت	تصویر	انطباق با استاندارد	نمایندگی فروش	برآورد قیمت
1	kikusui	_	ژاپن		IEC61000-3-3 IEC61000-3-11	-	-

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

فصل ۷: شناسایی تولیدکنندگان داخلی و خارجی تجهیزات آزمون

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

مقدمه

در ادامه فهرستی از مشخصات فنی تجهیزات فنی مورد نیاز آزمایشگاه کیفیت توان تجهیزات استخراج رمزارز به‌همراه قیمت تقریبی هریک از آنها ارائه می‌شود.

۷-۱- فهرست سیستم‌های سنجش کیفیت توان جستجو شده

در جدول ۷-۱ مشخصات فنی و قیمت چند سیستم اندازه‌گیری کیفیت توان مختلف از برندهای قابل اطمینان درج شده است که از میان انتخاب‌های ذکر شده فقط سیستم‌های هیوکی و فلوک دارای مشخصات فنی و کلاس مناسب هستند.

۷-۲- فهرست منابع تغذیه AC جستجو شده

در جدول ۷-۲ مشخصات فنی و قیمت چند منبع تغذیه AC مختلف از برندهای قابل اطمینان درج شده است. نکته قابل توجه اینکه در صورت نیاز به انتخاب یک منبع تغذیه برای پوشش دادن آزمون ماینرها با جریان بیشتر از ۱۶ آمپر، قیمت این تجهیز بسیار بالا بوده و در حدود ۸۰ تا ۱۰۰ هزار دلار هزینه دارد. با توجه به اینکه اکثر تجهیزات استخراج رمزارز موجود در بازار جریانی کمتر از ۱۶ آمپر دارند و با پیشرفت تکنولوژی انتظار می‌رود که توان مصرفی نسل‌های جدید ماینرها نیز کاهش پیدا کند، یکی از راه‌حل‌های کاهش هزینه محدود شدن به آزمون تجهیزات با جریان کمتر از ۱۶ آمپر است. در این صورت و مطابق با بررسی‌های انجام‌شده، هزینه خرید منبع تغذیه مورد نیاز بین ۱۵ تا ۲۰ هزار دلار خواهد بود. لذا پیشنهاد می‌شود برای کاهش هزینه‌ها و امکان تأمین بودجه مورد نیاز، تجهیز آزمایشگاه برای ماینرهای با توان نامی کمتر از ۵ کیلووات انجام شود.

به‌علاوه، در حال حاضر دستگاه سنجش کیفیت توان در آزمایشگاه ماشین‌های الکتریکی پژوهشگاه نیرو وجود داشته که می‌توان در صورت نیاز از آن برای انجام آزمون‌های کیفیت توان مربوط به ماینرها استفاده نمود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

جدول ۷- ۱- مشخصات فنی و قیمت سیستم‌های سنجش کیفیت توان

ردیف	برند	مدل	ساخت	تصویر	نوع	انطباق با استاندارد	نمایندگی فروش	قیمت خام (دلار)	قیمت نهایی (دلار)	قیمت نهایی (میلیون تومان)
1	Hioki	PQ3198	ژاپن		پرتابل	IEC61000-4-7: harmonics IEC61000-4-15: flicker IEC61000-4-30 (class A)	سیتل ترونیکس	6700	9380	272
2	Fluke	437 series II	امریکا		پرتابل	IEC61000-4-7 IEC61000-4-15 IEC61000-4-30 (class A)	شرکت متروتیک	11500	16100	467
3	Kikusui	KHA 3000	ژاپن		ساکن	IEC61000-4-7 IEC61000-4-15	-	-	-	-
4	chauvin arnoux	CA8336	فرانسه		پرتابل	IEC61000-4-7 IEC61000-4-15 IEC61000-4-30 (class B)	شرکت یکتا آموت	-	-	126
5	Kyoritsu	KEW6135	ژاپن		پرتابل	IEC61000-4-7 IEC61000-4-15 IEC61000-4-30 (class S)	شرکت میتوسان	2200	3080	90

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

جدول ۷- ۲- مشخصات فنی و قیمت منابع تغذیه AC

مدل	تعداد فاز خروجی	حداکثر توان خروجی	ساخت	THD	انطباق با استاندارد (الزامات حداکثر دامنه تک هارمونیکها)	Programmable Output Impedance	Harmonic Simulation	Harmonic Measurement	Flicker Measurement	نمایندگی فروش	قیمت تمام شده (ارزی)	قیمت تمام شده (میلیون تومان)
61512	3	18kVA	امریکا	<0.5%	IEC61000-3-2 Annex A	✓	✓	✓	–	آروین افزار– خدمات انفورماتیک	100000€	3422.0
SPS300VAC 20000 W-4-21	3	18kVA	چین	<0.5% (at Resistive Load)	–	–	–	–	–	آروین افزار	82500$	2392.0
PCR18000LE2	3	18kVA	ژاپن	<0.5% (at Resistive Load)	–	–	–	–	–	–	عدم پاسخ‌گویی	–
AFV-PLUS-33020	3	20kVA	تایوان	<0.5% (at Resistive Load)	-	-	-	-	-	-	21588$	626.0

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

725	25000$	آروین افزار	_	✓	✓ (not for 3phase)	✓	_	<0.5% (at Resistive Load)	چین	5kVA	1	SP300VAC5000
365	12600$	–	–	–	–	–	–	<0.5% (at Resistive Load)	امریکا	3kVA	1	9833
432	14900$	–	–	–	–	–	–	<0.3% (at Resistive Load)	تایوان	5kVA	1	AFV-P-5000
620	21360$	–	–	–	–	–	–	<0.5% (at Resistive Load)	امریکا	4kVA	1	AC6804B

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

فصل ۸: تجهیزات اصلی مورد نیاز در آزمایشگاه کیفیت توان تجهیزات استخراج رمزارز

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

مقدمه

در این گزارش به تشریح الزامات عمومی برای احراز صلاحیت[1]، بی‌طرفی[2] و عملکرد پایدار[3] آزمایشگاه‌های تست و کالیبراسیون مطابق با استاندارد ISO/IEC 17025:2017 پرداخته می‌شود. سند مذکور با هدف ارتقای سطح قابلیت اعتماد در عملکرد آزمایشگاه‌ها تدوین شده است. این سند شامل الزاماتی است که به آزمایشگاه‌ها امکان می‌دهد تا صلاحیت عملکرد خود را نشان دهند و ثابت کنند که می‌توانند نتایج معتبری تولید کنند. آزمایشگاه‌هایی که با این استاندارد مطابقت داشته باشند، به‌طور کلی مطابق با اصول ISO 9001 نیز خواهند بود. این سند برای همه سازمان‌هایی که فعالیت‌های آزمایشگاهی انجام می‌دهند، صرف‌نظر از تعداد پرسنل قابل کاربرد است.

استاندارد ISO/IEC 17025 آزمایشگاه‌ها را اجبار می‌کند تا برای مدیریت ریسک‌ها و فرصت‌ها برنامه‌ریزی داشته و اقداماتی را انجام دهند. مدیریت همزمان ریسک‌ها و فرصت‌ها مبنایی برای افزایش کارایی سیستم مدیریت ایجاد کرده، باعث بهبود نتایج شده و از اثرات منفی جلوگیری می‌کند. آزمایشگاه مسئول تصمیم‌گیری در مورد این است که چه ریسک‌ها و فرصت‌هایی باید درنظر گرفته شوند.

استفاده از این سند باعث تسهیل همکاری بین آزمایشگاه‌ها و سایر نهادها شده، و به تبادل اطلاعات و تجربه، و هماهنگ‌سازی استانداردها و رویه‌ها کمک می‌کند. اگر آزمایشگاه‌ها مطابق این استاندارد باشند، پذیرش نتایج بین کشورها تسهیل خواهد شد.

۱-۸- الزامات عمومی

۱-۱-۸- بی‌طرفی

۱) فعالیت‌های آزمایشگاهی باید بی‌طرفانه باشد و به‌گونه‌ای سازمان‌دهی و مدیریت شود که بی‌طرفی آن حفظ شود.

مدیریت آزمایشگاه باید به بی‌طرفی متعهد باشد.

۲) آزمایشگاه باید مسئولیت بی‌طرفی فعالیت‌های آزمایشگاهی خود را بر عهده داشته باشد و نباید اجازه دهد تا فشارهای تجاری، مالی یا سایر موارد، بی‌طرفی را به خطر اندازد.

---

[1] Competence
[2] Impartiality
[3] Consistent Operation

۳) آزمایشگاه باید خطرات ناشی از بی‌طرفی خود را به‌طور مداوم شناسایی کند. این روند باید شامل خطرات ناشی از فعالیت‌های آزمایشگاه، یا روابط آن، یا روابط کارکنان آن باشد.

توجه: رابطه‌ای که بی‌طرفی آزمایشگاه را تهدید می‌کند می‌تواند بر اساس مالکیت، مدیریت، کارکنان، منابع مشترک، امور مالی، قراردادها، بازاریابی (ازجمله نام تجاری[1]) و پرداخت درصد فروش[2] یا سایر انگیزه‌ها برای ارجاع مشتریان جدید و غیره باشد.

۴) اگر خطری برای بی‌طرفی مشخص شود، آزمایشگاه باید بتواند نشان دهد که چگونه چنین خطری را حذف یا به حداقل می‌رساند.

۲-۱-۸- محرمانه بودن[3]

۱) آزمایشگاه باید از طریق تعهدات قانونی قابل‌اجرا، مسئول مدیریت کلیه اطلاعات به‌دست‌آمده یا ایجاد شده در حین انجام فعالیت‌های آزمایشگاه باشد. آزمایشگاه باید مشتری را از اطلاعاتی که قصد دارد در اختیار عموم قرار دهد، از قبل مطلع کند. به‌جز اطلاعاتی که مشتری در دسترس عموم قرار می‌دهد، یا وقتی که بین آزمایشگاه و مشتری توافق می‌شود (به‌عنوان مثال: به‌منظور پاسخ‌گویی به شکایات)، سایر اطلاعات به‌عنوان اطلاعات اختصاصی درنظر گرفته می‌شوند و باید محرمانه تلقی شوند.

۲) هنگامی‌که آزمایشگاه طبق قانون یا توافقات قراردادی مجاز به انتشار اطلاعات محرمانه است، اطلاعات باید در اختیار مشتری یا فرد مربوطه قرار گیرد، مگر اینکه قانون منع کرده باشد.

۳) اطلاعات مربوط به مشتری به‌دست آمده از منابعی غیر از مشتری (به‌عنوان مثال مدعی[4]، تنظیم‌کننده[5]) باید بین مشتری و آزمایشگاه محرمانه باشد. ارائه‌دهنده (منبع) این اطلاعات باید برای آزمایشگاه محرمانه باشد و نباید با مشتری به اشتراک گذاشته شود، مگر اینکه مورد توافق ارائه‌دهنده باشد.

---

[1] Branding
[2] Sales Commission
[3] Confidentiality
[4] Complainant
[5] Regulator

۴) کارکنان، ازجمله اعضای کمیته، پیمانکاران، کارکنان ارگان‌های خارجی یا افرادی که از طرف آزمایشگاه عمل می‌کنند، باید کلیه اطلاعاتی که در حین انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی به‌دست آورده یا ایجاد شده است را محرمانه نگه دارند، مگر در مواردی که طبق قانون الزام شده است.

۲-۸- الزامات ساختاری[1]

۱) آزمایشگاه باید یک نهاد حقوقی[2] یا بخشی مشخص از یک نهاد حقوقی باشد که از نظر قانونی مسئول فعالیت‌های آزمایشگاهی خود است.

توجه: برای اهداف این استاندارد، یک آزمایشگاه دولتی بر مبنای وضعیت دولتی آن یک نهاد حقوقی تلقی می‌شود.

۲) آزمایشگاه باید یک فرد که مدیریت و مسئولیت کلی آزمایشگاه را بر عهده دارد، مشخص کند.

۳) آزمایشگاه باید محدوده فعالیت‌های آزمایشگاهی را که مطابق با استاندارد ISO/IEC 17025 است تعریف و ثبت کند. آزمایشگاه تنها باید مدعی انطباق با سند مذکور برای این محدوده فعالیت‌های آزمایشگاهی باشد، که شامل فعالیت‌هایی که به‌طور مداوم از خارج آزمایشگاه ارائه می‌شود نیست.

۴) فعالیت‌های آزمایشگاهی باید به‌گونه‌ای انجام شود که الزامات این سند، انتظارات مشتریان آزمایشگاه، مقامات نظارتی و سازمان‌هایی که به رسمیت شناخته می‌شوند را برآورده کند. این موضوع باید شامل فعالیت‌های آزمایشگاهی باشد که با تمام امکانات دائمی آزمایشگاه، در تأسیسات خارج از امکانات دائمی آن، در تأسیسات موقت یا سیار یا در تأسیسات مشتری انجام می‌شوند.

۵) آزمایشگاه باید:

الف) ساختار مدیریتی و سازمانی آزمایشگاه، جایگاه آن در همه سازمان‌های بالادستی و روابط بین مدیریت، عملیات فنی و خدمات پشتیبانی را تعریف کند.

[1] Structural
[2] Legal Entity

ب) مسئولیت، اختیار و روابط متقابل کلیه کارکنانی که کارهای اثرگذار بر روی نتایج فعالیت‌های آزمایشگاهی را مدیریت، اجرا یا تأیید می‌کنند را مشخص کند.

ج) روش‌های انجام آزمایش‌ها را طوری مستند کند تا از اجرای مناسب فعالیت‌های آزمایشگاهی خود و اعتبار نتایج اطمینان حاصل کند.

۶) آزمایشگاه باید دارای کارکنانی باشد که صرف‌نظر از مسئولیت‌های دیگر، اختیار و منابع مورد نیاز برای انجام وظایف زیر را داشته باشند:

الف) پیاده‌سازی، نگهداری و بهبود سیستم مدیریت

ب) شناسایی مغایرت‌ها در سیستم مدیریت یا در روش‌های انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی

ج) شروع اقدامات برای جلوگیری یا به حداقل رساندن چنین مغایرت‌هایی

د) گزارش به مدیریت آزمایشگاه در مورد عملکرد سیستم مدیریت و هرگونه نیاز برای بهبود

ه) حصول اطمینان از اثربخشی فعالیت‌های آزمایشگاهی

۷) مدیریت آزمایشگاه باید مطمئن باشد که:

الف) ارتباطات در رابطه با اثربخشی سیستم مدیریت و اهمیت برآورده ساختن الزامات مشتری و سایر نیازمندی‌های شکل می‌گیرد.

ب) در صورت تغییر در برنامه‌ریزی و اجرای سیستم مدیریت، یکپارچگی سیستم مدیریت حفظ می‌شود.

۳-۸- محصولات و خدمات تأمین‌شده بیرونی

۱) آزمایشگاه باید اطمینان حاصل کند که محصولات و خدماتی که مؤثر بر فعالیت‌های آزمایشگاهی هستند و از بیرون تأمین می‌شوند مناسب باشند، زمانی که این محصولات و خدمات:

الف) برای مشارکت در فعالیت‌های خود آزمایشگاه در نظر گرفته‌شده‌اند.

ب) همان‌طور که از تأمین‌کننده خارجی دریافت شده‌اند، به‌طور جزئی یا کامل، مستقیماً توسط آزمایشگاه در اختیار مشتری قرار می‌گیرند.

ج) برای پشتیبانی از عملکرد آزمایشگاه استفاده می‌شوند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

نکته: برای مثال، محصولات می‌توانند شامل استانداردها و تجهیزات اندازه‌گیری، تجهیزات کمکی، مواد مصرفی و مواد مرجع[1] باشند. برای مثال، خدمات می‌تواند شامل خدمات کالیبراسیون، خدمات نمونه‌برداری، خدمات آزمون، خدمات تعمیر و نگهداری تأسیسات و تجهیزات، خدمات تست مهارت[2] و خدمات ارزیابی و ممیزی[3] باشند.

۲) آزمایشگاه باید رویه‌ای داشته باشد و پرونده‌های مربوط به موارد زیر را ثبت کند:

الف) تعریف، بررسی و تأیید الزامات آزمایشگاه برای محصولات و خدمات تأمین‌شده از بیرون

ب) تعیین معیارهای ارزیابی، انتخاب، نظارت بر عملکرد و ارزیابی مجدد تأمین‌کنندگان خارجی

ج) اطمینان از اینکه محصولات و خدمات تأمین‌شده از بیرون با الزامات تعیین‌شده آزمایشگاه، یا در صورت لزوم، با الزامات مربوطه در این سند، قبل از استفاده یا ارائه مستقیم به مشتری، مطابقت دارند.

د) انجام هرگونه اقدام ناشی از ارزیابی، نظارت بر عملکرد و ارزیابی مجدد تأمین‌کنندگان خارجی

۳) آزمایشگاه باید الزامات خود را به تأمین‌کنندگان خارجی در موارد زیر اعلام کند:

الف) محصولات و خدمات ارائه‌شده

ب) معیارهای پذیرش

ج) صلاحیت، شامل هرگونه صلاحیت مورد نیاز کارکنان

د) فعالیت‌هایی که آزمایشگاه یا مشتری آن قصد دارد در محل تأمین‌کنندگان خارجی انجام دهد.

۸-۴- الزامات فرآیند[4]

۸-۴-۱- بررسی درخواست‌ها، مناقصه‌ها و قراردادها

۱) آزمایشگاه باید رویه‌ای برای بررسی درخواست‌ها، مناقصه‌ها و قراردادها داشته باشد. این رویه باید تضمین کند که:

الف) الزامات به‌اندازه کافی مشخص، مستند و قابل درک هستند.

[1] Reference Materials
[2] Proficiency Testing
[3] Auditing
[4] Process Requirements

ب) آزمایشگاه دارای توانایی و منابع لازم برای برآوردن الزامات است.

ج) در مواردی که از تأمین‌کنندگان خارجی استفاده می‌شود، الزامات بخش ۳ اعمال می‌شود و آزمایشگاه مشتری را از فعالیت‌های آزمایشگاهی خاصی که باید توسط تأمین‌کنندگان خارجی انجام شود آگاه ساخته و رضایت مشتری را جلب می‌کند.

نکته ۱: توصیه می‌شود که فعالیت‌های آزمایشگاهی زمانی توسط تأمین‌کننده خارجی انجام شود که:

- آزمایشگاه منابع و صلاحیت لازم برای انجام فعالیت‌ها را دارد، اما به دلایل پیش‌بینی‌نشده قادر به انجام بخشی از آن‌ها یا تمام آن‌ها نیست.
- آزمایشگاه منابع یا صلاحیت لازم برای انجام فعالیت‌ها را ندارد.

د) روش‌ها یا رویه‌های مناسب انتخاب شده و نیازهای مشتریان را برآورده می‌سازند.

نکته ۲: برای مشتریان داخلی یا معمولی، بررسی درخواست‌ها، مناقصه‌ها و قراردادها را می‌توان به روشی ساده انجام داد.

۲) هنگامی‌که روش درخواست‌شده توسط مشتری نامناسب یا قدیمی به‌نظر می‌رسد، آزمایشگاه باید به مشتری اطلاع دهد.

۳) هنگامی‌که مشتری برای آزمون یا کالیبراسیون، یک مجوز انطباق[1] برای یک مشخصه[2] یا استاندارد را درخواست می‌کند (به‌عنوان مثال: قبول / رد، در تلرانس / خارج از تلرانس)، مشخصه یا استاندارد و قانون تصمیم‌گیری[3] باید به‌صورت شفاف تعریف شوند. اگر قانون تصمیم‌گیری انتخاب‌شده به‌طور ذاتی در مشخصه یا استاندارد نباشد، باید به مشتری ابلاغ و مورد توافق قرار بگیرد.

توجه: برای راهنمایی بیشتر در مورد مجوز انطباق، راهنمای ISO/IEC Guide 98-4 را ببینید.

[1] Statement of Conformity
[2] Specification
[3] Decision Rule

۴) هرگونه اختلاف بین درخواست یا مناقصه و قرارداد قبل از شروع فعالیت‌های آزمایشگاهی باید حل شود. هر قرارداد باید برای آزمایشگاه و مشتری قابل‌قبول باشد. مغایرت‌های درخواست‌شده توسط مشتری نباید بر یکپارچگی آزمایشگاه یا اعتبار نتایج تأثیر بگذارد.

۵) هرگونه مغایرت با قرارداد باید به مشتری اطلاع داده شود.

۶) در صورت اصلاح قرارداد پس از شروع کار، بازبینی قرارداد مجدداً باید انجام شود و هرگونه اصلاحیه باید به کلیه کارکنان مربوطه اطلاع داده شود.

۷) آزمایشگاه باید در جهت شفاف‌سازی درخواست مشتری و نظارت بر عملکرد آزمایشگاه در رابطه باکار انجام‌شده، با مشتریان یا نمایندگان آن‌ها همکاری کند.

نکته: چنین همکاری‌هایی می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- ارائه دسترسی معقول به نواحی مربوطه آزمایشگاه برای مشاهده فعالیت‌های آزمایشگاهی مخصوص مشتری
- آماده‌سازی، بسته‌بندی و ارسال اقلام مورد نیاز مشتری برای اهداف اعتبارسنجی

۸) پرونده‌های بررسی‌ها، ازجمله هرگونه تغییر مهم، باید نگه‌داری شوند. همچنین بایستی پرونده‌های مذاکرات مرتبط با مشتری در رابطه با نیازهای مشتری یا نتایج فعالیت‌های آزمایشگاهی نگه‌داری شوند.

۲-۴-۸- انتخاب، تأیید و اعتبارسنجی روش‌ها

۸-٤-۲-۱- انتخاب و تأیید روش‌ها

۱) آزمایشگاه باید از روش‌های مناسب برای کلیه فعالیت‌های آزمایشگاه و در صورت لزوم، برای ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری و همچنین روش‌های آماری برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده کند.

توجه: "روش[1]" که در این سند استفاده‌شده است می‌تواند مترادف با عبارت "رویه اندازه‌گیری[2]" مطابق تعریف راهنمای ISO / IEC Guide 99 درنظر گرفته شود.

[1] Method
[2] Measurement Procedure

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۲) کلیه روش‌ها، رویه‌ها و اسناد پشتیبان، مانند دستورالعمل‌ها، استانداردها، دفترچه‌های راهنما و داده‌های مرجع مربوط به فعالیت‌های آزمایشگاهی، باید به‌روز نگه داشته شوند و به‌آسانی در اختیار کارکنان قرار گیرد (رجوع کنید به بخش ۸–۳).

۳) آزمایشگاه باید اطمینان حاصل کند که از آخرین نسخه معتبر یک روش استفاده می‌کند مگر اینکه این کار مناسب یا ممکن نباشد. در صورت لزوم، کاربرد روش باید با جزئیات اضافی تکمیل شود تا از کاربرد مناسب آن اطمینان حاصل شود.

توجه: اگر استانداردهای بین‌المللی، منطقه‌ای یا ملی یا سایر مشخصات شناخته‌شده که حاوی اطلاعات کافی و مختصر در مورد نحوه انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی می‌باشند به‌گونه‌ای نوشته‌شده باشند که بتوانند مورداستفاده کارکنان در آزمایشگاه قرار گیرند، نیازی به تکمیل یا بازنویسی به‌عنوان رویه‌های داخلی ندارند. ارائه اسناد اضافی ممکن است برای مراحل اختیاری روش یا جزئیات اضافی ضروری باشد.

۴) هنگامی که مشتری روش مورد استفاده را مشخص نکند، آزمایشگاه باید روش مناسبی را انتخاب کرده و روش انتخاب‌شده را به مشتری اطلاع دهد. توصیه می‌شود از روش‌هایی استفاده شود که در استانداردهای بین‌المللی، منطقه‌ای یا ملی، یا توسط سازمان‌های فنی معتبر، یا در متون علمی مرتبط و مجلات، یا مطابق با پیشنهاد سازنده تجهیزات باشند. همچنین می‌توان از روش‌های توسعه‌یافته یا اصلاح‌شده توسط آزمایشگاه استفاده کرد.

۵) آزمایشگاه باید اطمینان حاصل کند که می‌تواند روش‌ها را قبل از معرفی به‌درستی انجام دهد و از دستیابی به عملکرد مورد نیاز مطمئن باشد. پرونده‌های راستی‌آزمایی باید نگه‌داری شود. در صورت بازنگری روش توسط نهاد مرجع[1]، راستی‌آزمایی باید تا حد لازم تکرار می‌شود.

۶) در صورت نیاز به توسعه یک روش، این امر باید یک فعالیت برنامه‌ریزی‌شده باشد و باید به عهده کارکنان باصلاحیت که مجهز به منابع کافی هستند گذاشته شود. در طول توسعه روش، بررسی دوره‌ای باید انجام شود تا تأیید شود که نیازهای مشتری برآورده شده است. هرگونه تغییر در برنامه توسعه باید مصوب و مجاز باشد.

[1] Issuing Body

۷) مغایرت با روش‌ها برای کلیه فعالیت‌های آزمایشگاهی تنها در صورتی اتفاق می‌افتد که مغایرت ثبت شده، به لحاظ فنی توجیه شده، مجاز و پذیرفته‌شده توسط مشتری باشد.

توجه: پذیرش مغایرت‌ها توسط مشتری می‌تواند از قبل در قرارداد مورد توافق قرار گیرد.

۸-٤-۲-۲- اعتبارسنجی روش‌ها

۱) آزمایشگاه باید روش‌های غیراستاندارد، روش‌های توسعه‌یافته توسط خود آزمایشگاه و روش‌های استاندارد مورد استفاده در خارج از حیطه کاری خود را اعتبارسنجی کند یا در غیر این صورت آنها را اصلاح کند. اعتبارسنجی باید به‌اندازه لازم گسترده باشد تا نیازهای برنامه‌های داده‌شده یا زمینه کاربرد را برآورده کند.

نکته ۱: اعتبارسنجی می‌تواند شامل رویه‌هایی برای نمونه‌برداری، به‌کارگیری و حمل اقلام آزمون یا کالیبراسیون باشد.

نکته ۲: روش‌های مورداستفاده برای اعتبارسنجی می‌تواند یکی از موارد زیر یا ترکیبی از آن‌ها باشد:

الف) کالیبراسیون یا ارزیابی بایاس[1] و دقت با استفاده از استانداردهای مرجع یا مواد مرجع

ب) ارزیابی اصولی عوامل مؤثر بر نتایج

ج) آزمون مقاوم بودن[2] روش از طریق تغییر پارامترهای کنترل‌شده

د) مقایسه نتایج به‌دست‌آمده با سایر روش‌های معتبر

ه) مقایسه‌های بین آزمایشگاهی

و) ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری نتایج بر اساس درک اصول تئوری روش و تجربه عملی از عملکرد روش نمونه‌برداری یا آزمون

۲) هنگامی‌که تغییراتی در یک روش معتبر ایجاد می‌شود، تأثیر چنین تغییراتی باید مشخص شود و هنگامی که مشخص شود این تغییرات بر اعتبار اولیه تأثیر می‌گذارند، باید یک اعتبارسنجی روش جدید انجام شود.

[1] Bias
[2] Robustness

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۳) مشخصه‌های عملکرد روش‌های معتبر که برای کاربرد موردنظر ارزیابی‌شده است، باید با نیازهای مشتریان مرتبط بوده و با الزامات مشخص‌شده سازگار باشد.

توجه: مشخصه‌های عملکرد می‌تواند شامل این موارد باشد اما محدود به این‌ها نمی‌شود: محدوده اندازه‌گیری، دقت، عدم قطعیت اندازه‌گیری نتایج، محدودیت تشخیص، محدودیت کمی‌سازی[1]، انتخاب‌پذیری[2] روش، خطی بودن، تکرارپذیری یا قابلیت تکثیر[3]، مقاوم بودن در برابر تأثیرات خارجی یا حساسیت متقابل در برابر تداخل ناشی از ماتریس نمونه[4] یا شیء تحت آزمون، و بایاس

۴) آزمایشگاه باید پرونده‌های زیر را برای اعتبارسنجی داشته باشد:

الف) روش اعتبارسنجی مورداستفاده

ب) مشخصات الزامات

ج) تعیین مشخصات عملکردی روش

د) نتایج به‌دست‌آمده

ه) مدرکی در مورد اعتبار روش که جزئیات مناسب بودن آن برای کاربرد موردنظر را نشان دهد

۳-۴-۸- نمونه‌برداری

۱) آزمایشگاه هنگام انجام نمونه‌برداری از مواد یا محصولات برای آزمون یا کالیبراسیون بعدی، باید دارای طرح و روش نمونه‌برداری باشد. روش نمونه‌برداری باید با توجه به عواملی باشد که باید کنترل شوند تا اعتبار نتایج آزمون یا کالیبراسیون بعدی تضمین شود. طرح و روش نمونه‌برداری باید در محلی که نمونه‌برداری در آن انجام می‌شود، در دسترس باشد. طرح‌های نمونه‌برداری، هر زمان که منطقی باشد، باید بر اساس روش‌های آماری مناسب باشند.

۲) روش نمونه‌برداری باید در مورد موارد زیر شرح دهد:

الف) انتخاب نمونه‌ها یا محل‌ها

[1] Quantification
[2] Selectivity
[3] Reproducibility
[4] Matrix of the Sample

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

ب) طرح نمونه‌برداری

ج) آماده‌سازی و اصلاح نمونه(ها) از یک ماده یا محصول برای به‌دست آوردن موارد مورد نیاز برای آزمون یا کالیبراسیون بعدی

توجه: هنگامی‌که نمونه‌ها وارد آزمایشگاه شد، موارد مشخص‌شده در بخش ۸-۴ نیاز به رسیدگی بیشتر دارند.

۳) آزمایشگاه باید پرونده‌های داده‌های نمونه‌برداری را که در بخشی از آزمون یا کالیبراسیون انجام‌شده است، نگه دارد. در صورت لزوم، این پرونده‌ها باید شامل موارد زیر باشد:

الف) اشاره به روش نمونه‌برداری مورد استفاده

ب) تاریخ و زمان نمونه‌برداری

ج) داده‌ها برای شناسایی و توصیف نمونه (به‌عنوان مثال: تعداد، مقدار، نام)

د) شناسایی کارکنانی که نمونه‌برداری را انجام می‌دهند

ه) شناسایی تجهیزات مورد استفاده

و) شرایط محیطی یا حمل‌ونقل

ز) در صورت لزوم، نمودارها یا سایر ابزار معادل برای شناسایی محل نمونه‌برداری

ح) مغایرت، موارد اضافه‌شده یا حذف‌شده از روش نمونه‌برداری و طرح نمونه‌برداری

۴-۴-۸- اداره[1] موارد آزمون یا کالیبراسیون

۱) آزمایشگاه باید رویه‌ای را برای حمل، دریافت، به‌کارگیری، حفاظت، ذخیره‌سازی، نگهداری و دفع یا بازگشت اقلام آزمون یا کالیبراسیون، شامل کلیه اقدامات لازم برای حفاظت از یکپارچگی موارد آزمون یا کالیبراسیون و منافع آزمایشگاه و مشتری را داشته باشد. اقدامات احتیاطی برای جلوگیری از خراب شدن، آلودگی، از دست دادن یا آسیب دیدن اقلام در حین به‌کارگیری، حمل، ذخیره‌سازی/انتظار و آماده شدن برای آزمون یا کالیبراسیون باید انجام شود. دستورالعمل‌های ارائه‌شده همراه با هر مورد باید رعایت شود.

[1] Handling

۲) آزمایشگاه باید دارای سیستمی برای شناسایی بدون ابهام موارد آزمون یا کالیبراسیون باشد. این شناسایی باید تا زمانی که آن مورد تحت مسئولیت آزمایشگاه است، حفظ شود. سیستم باید اطمینان حاصل کند که موارد از نظر فیزیکی یا زمانی که در پرونده‌ها یا اسناد دیگر به آن‌ها اشاره می‌شود، اشتباه گرفته نمی‌شوند.

۳) پس از دریافت مورد آزمون یا کالیبراسیون، مغایرت از شرایط تعیین‌شده باید ثبت شود. هنگامی‌که در مورد مناسب بودن یک مورد برای آزمون یا کالیبراسیون تردید وجود دارد، یا هنگامی‌که یک مورد با توصیف ارائه‌شده مطابقت ندارد، آزمایشگاه باید قبل از اقدام، برای راهنمایی بیشتر با مشتری مشورت کرده و نتایج این مشاوره را ثبت کند. هنگامی‌که مشتری نیاز به آزمون یا کالیبراسیون کالایی با دانستن مغایرت از شرایط مشخص دارد، آزمایشگاه باید در گزارش خود این مغایرت را لحاظ کند که ممکن است نتایج تحت تأثیر این مغایرت قرار گیرند.

۴) هنگامی‌که اقلام نیاز به ذخیره‌سازی یا آماده‌سازی تحت شرایط محیطی خاص دارند، این شرایط باید حفظ، نظارت و ثبت شوند.

۵-۴-۸- پرونده‌های فنی

۱) آزمایشگاه باید اطمینان حاصل کند که پرونده‌های فنی برای هر فعالیت آزمایشگاهی حاوی نتایج، گزارش و اطلاعات کافی است تا در صورت امکان شناسایی عوامل مؤثر بر نتایج اندازه‌گیری و عدم قطعیت اندازه‌گیری آن میسر باشد و تکرار فعالیت آزمایشگاهی تحت شرایطی که تا جای ممکن به نسخه اصلی نزدیک باشد امکان‌پذیر باشد. پرونده‌های فنی باید شامل تاریخ و هویت کارکنان مسئول هر فعالیت آزمایشگاهی و بررسی داده‌ها و نتایج باشد. مشاهدات اصلی، داده‌ها و محاسبات باید در زمان انجام آن‌ها ثبت شوند و با یک رویه مشخص قابل شناسایی باشند.

۲) آزمایشگاه باید اطمینان حاصل کند که اصلاحات پرونده‌های فنی را می‌توان در نسخه‌های قبلی یا مشاهدات اصلی ردیابی کرد. داده‌ها و پرونده‌های اصلی و اصلاح‌شده باید شامل تاریخ تغییر، نشانه‌ای از جنبه‌های تغییریافته و کارکنان مسئول تغییرات باشند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۶-۴-۸- ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری

۱) آزمایشگاه‌ها باید عوامل مؤثر در عدم قطعیت اندازه‌گیری را مشخص کنند. هنگام ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری، همه عوامل مؤثر مهم، ازجمله موارد ناشی از نمونه‌برداری، باید با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل مناسب درنظر گرفته شوند.

۲) آزمایشگاهی که کالیبراسیون انجام می‌دهد باید عدم قطعیت اندازه‌گیری را برای همه کالیبراسیون‌ها ازجمله تجهیزات خود را ارزیابی کند.

۳) آزمایشگاهی که آزمون انجام می‌دهد باید عدم قطعیت اندازه‌گیری را ارزیابی کند. در مواردی که روش آزمون مانع از ارزیابی دقیق عدم قطعیت اندازه‌گیری می‌شود، برآورد باید بر اساس درک اصول تئوری یا تجربه عملی از عملکرد روش انجام شود.

توجه ۱: در مواردی که یک روش آزمایش مرسوم محدودیت‌هایی را برای مقادیر منابع اصلی عدم قطعیت اندازه‌گیری تعیین می‌کند و شکل ارائه نتایج محاسبه‌شده را مشخص می‌کند، آزمایشگاه باید موارد بند ۳ بخش ۸-۶ را با دنبال کردن روش آزمون و دستورالعمل‌های گزارش‌دهی رعایت کند.

توجه ۲: برای روش خاصی که عدم قطعیت اندازه‌گیری نتایج ایجاد و تأیید شده است، اگر آزمایشگاه بتواند ثابت کند که عوامل تأثیرگذار بحرانی شناسایی شده و تحت کنترل هستند، نیازی به ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری برای هر نتیجه نیست.

توجه ۳: برای اطلاعات بیشتر، ISO / IEC Guide 98-3، ISO 21748 و سری ISO 5725 را ببینید.

۷-۴-۸- اطمینان از اعتبار نتایج

۱) آزمایشگاه باید رویه‌ای برای نظارت بر اعتبار نتایج داشته باشد. داده‌های به‌دست‌آمده باید به‌گونه‌ای ثبت شوند که روندها قابل‌تشخیص باشند و در صورت امکان، روش‌های آماری برای مرور نتایج به‌کار گرفته شوند. این نظارت باید برنامه‌ریزی و بازبینی شود و در صورت لزوم شامل موارد زیر می‌شود، اما محدود به این موارد نمی‌شود:

الف) استفاده از مواد مرجع یا مواد کنترل کیفیت

ب) استفاده از ابزارهای جایگزین که برای ارائه نتایج قابل‌ردیابی کالیبره شده‌اند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

ج) بررسی عملکرد تجهیزات اندازه‌گیری و آزمون

د) استفاده از بررسی یا استانداردهای کاری[1] با نمودارهای کنترل، در صورت امکان

ه) بررسی‌های پیش از موعد[2] تجهیزات اندازه‌گیری

و) تکرار آزمون‌ها یا کالیبراسیون‌ها با استفاده از روش‌های یکسان یا متفاوت

ز) آزمون مجدد یا کالیبراسیون مجدد اقلام نگهداری‌شده

ح) همبستگی نتایج برای ویژگی‌های مختلف یک مورد

ط) بررسی نتایج گزارش‌شده

ی) مقایسه‌های درون آزمایشگاهی

ک) آزمون نمونه(های) کور[3]

۲) آزمایشگاه باید عملکرد خود را از طریق مقایسه با نتایج آزمایشگاه‌های در دسترس و مناسب دیگر، پایش کند. این نظارت باید برنامه‌ریزی و بازبینی شود و باید شامل هر یک یا هر دو مورد زیر باشد، اما محدود به آنها نباشد:

الف) شرکت در آزمون مهارت

توجه: ISO/IEC 17043 حاوی اطلاعات اضافی در مورد آزمون‌های مهارت و ارائه‌دهندگان آزمون مهارت است. ارائه‌دهندگان آزمون مهارتی که دارای الزامات ISO/IEC 17043 هستند، باصلاحیت درنظر گرفته می‌شوند.

ب) مشارکت در مقایسه‌های بین آزمایشگاهی غیر از آزمون مهارت

۳) داده‌های فعالیت‌های نظارتی باید تجزیه و تحلیل شود و برای کنترل و در صورت لزوم بهبود فعالیت‌های آزمایشگاه مورد استفاده قرار گیرد. اگر نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های فعالیت‌های نظارتی خارج از معیارهای از پیش تعیین‌شده باشد، اقدامات مناسب برای جلوگیری از گزارش نتایج نادرست باید انجام شود.

[1] Working Standards
[2] Intermediate
[3] Blind Sample

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۸-۴-۸- گزارش نتایج

۸-٤-۸-۱- عمومی

۱) نتایج قبل از انتشار باید بررسی و تأیید شوند.

۲) نتایج باید به‌طور دقیق، واضح و بدون ابهام باشد. معمولاً یک گزارش (به‌عنوان مثال یک گزارش آزمون یا گواهی‌نامه کالیبراسیون یا گزارش نمونه‌برداری) باید شامل تمام اطلاعات مورد توافق با مشتری و لازم برای تفسیر نتایج و کلیه اطلاعات مورد نیاز توسط روش مورد استفاده باشد. کلیه گزارش‌ها صادر شده باید به‌عنوان پرونده‌های فنی نگهداری شوند.

توجه ۱: برای اهداف این سند، گزارش‌های آزمون و گواهینامه‌های کالیبراسیون گاهی به‌ترتیب به‌عنوان گواهی‌های آزمون و گزارش‌های کالیبراسیون نامیده می‌شوند.

توجه ۲: گزارش‌ها را می‌توان به صورت کپی و یا از طریق وسایل الکترونیکی صادر کرد، مشروط بر اینکه الزامات این سند برآورده شود.

۳) در صورت توافق با مشتری، نتایج ممکن است به‌صورت ساده گزارش شود. هرگونه اطلاعات ذکر شده در بخش‌های ۸–۸–۲ تا ۸–۸–۷ که به مشتری گزارش نشده باشد، باید به‌آسانی در دسترس باشد.

۸-٤-۸-۲- الزامات متداول گزارش‌ها (آزمون، کالیبراسیون یا نمونه‌برداری)

۱) هر گزارش باید حداقل اطلاعات زیر را داشته باشد، مگر اینکه آزمایشگاه دلایل موجهی برای عدم انجام این کار داشته باشد و بدین‌وسیله هرگونه سوءتفاهم یا سوءاستفاده را به حداقل برساند:

الف) عنوان (به‌عنوان مثال: "گزارش آزمون"، "گواهی کالیبراسیون" یا "گزارش نمونه‌برداری")

ب) نام و آدرس آزمایشگاه

ج) محل انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی، ازجمله زمانی که در تأسیسات مشتری یا در مکان‌های دور از امکانات دائمی آزمایشگاه، یا در تأسیسات موقت یا متحرک مربوطه انجام می‌شود

د) شماره شناسایی منحصر به‌فرد به‌گونه‌ای که همه اجزای آن به‌عنوان بخشی از یک گزارش کامل شناخته شده و پایان آن کاملاً قابل تشخیص باشد

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

ه) نام و اطلاعات تماس مشتری

و) مشخص کردن روش مورد استفاده

ز) ارائه یک شرح، شناسایی بدون ابهام و در صورت لزوم، وضعیت هر مورد یا بخش

ح) تاریخ دریافت موارد آزمون یا کالیبراسیون و تاریخ نمونه‌برداری، در مواردی که این امر برای اعتبار و کاربرد نتایج مهم است.

ط) تاریخ(های) انجام فعالیت آزمایشگاهی

ی) تاریخ صدور گزارش

ک) ارجاع به طرح نمونه‌برداری و روش نمونه‌برداری مورداستفاده آزمایشگاه یا سایر ارگان‌ها در مواردی که مربوط به اعتبار یا کاربرد نتایج است.

ل) گزاره‌ای مبنی بر اینکه نتایج فقط مربوط به موارد آزمایش‌شده، کالیبره‌شده یا نمونه‌برداری‌شده است.

م) نتایج، در صورت لزوم همراه با واحدهای اندازه‌گیری

ن) موارد اضافی، مغایرت‌دار یا حذف‌شده از روش

پ) مشخص کردن شخص یا افراد مجاز به گزارش

ص) توضیح شفاف هنگامی‌که نتایج از تأمین‌کنندگان خارجی باشد.

توجه: اضافه کردن توضیحی که مشخص می‌کند گزارش (به‌جز در حالت کامل) نباید بدون تأیید آزمایشگاه تکثیر شود، می‌تواند این اطمینان را به‌وجود آورد که بخش‌هایی از یک گزارش از متن آن بیرون آورده نمی‌شوند.

۲) آزمایشگاه باید مسئول کلیه اطلاعات ارائه‌شده در گزارش باشد، مگر در مواردی که اطلاعات توسط مشتری ارائه شود. اطلاعات ارائه‌شده توسط مشتری باید به‌وضوح مشخص شود. علاوه بر این، هنگامی‌که اطلاعات توسط مشتری ارائه می‌شود و می‌تواند بر اعتبار نتایج تأثیر بگذارد، یک سلب مسئولیت[1] باید روی گزارش قرار گیرد. در مواردی که آزمایشگاه مسئولیت مرحله نمونه‌برداری را بر عهده نگرفته باشد (به‌عنوان مثال نمونه توسط مشتری ارائه‌شده باشد)، باید در گزارش خود اعلام کند که آزمون بر روی نمونه دریافت‌شده انجام شده است.

[1] Disclaimer

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۸-٤-۸-۳- الزامات خاص برای گزارش آزمون

۱) علاوه بر الزامات مندرج در بخش ۸–۸–۲، گزارش‌های آزمون، در صورت لزوم برای تفسیر نتایج آزمون، موارد زیر را شامل می‌شود:

الف) اطلاعات مربوط به شرایط خاص آزمون، مانند شرایط محیطی

ب) در صورت لزوم، توضیحی در مورد انطباق با الزامات یا مشخصات (به بخش ۸–۸–۶ مراجعه کنید)

ج) در صورت لزوم، عدم قطعیت اندازه‌گیری ارائه‌شده برحسب همان واحد اندازه‌گیری یا برحسب نسبت به واحد اندازه‌گیری (به‌عنوان مثال درصد) وقتی که:

- مربوط به اعتبار یا کاربرد نتایج آزمون است.
- دستورالعمل مشتری چنین می‌طلبد.
- عدم قطعیت اندازه‌گیری بر انطباق با محدودیت مشخصات تأثیر می‌گذارد.

د) در صورت لزوم، نظرات و تفسیرها (بخش ۸–۸–۷ را ببینید)

ه) اطلاعات اضافی که ممکن است توسط روش‌های خاص، نهادهای ذیربط، مشتریان یا گروهی از مشتریان مورد نیاز باشد.

۲) در مواردی که آزمایشگاه مسئولیت فعالیت نمونه‌برداری را بر عهده دارد، گزارش‌های آزمون باید الزامات ذکرشده در بخش ۸–۸–۵ را در صورت لزوم برای تفسیر نتایج آزمون برآورده کنند.

۸-٤-۸-٤- الزامات خاص برای گواهی‌های کالیبراسیون

۱) علاوه بر الزامات ذکرشده در بخش ۸–۸–۲، گواهی‌های کالیبراسیون باید شامل موارد زیر باشد:

الف) عدم قطعیت نتیجه اندازه‌گیری ارائه‌شده برحسب همان واحد اندازه‌گیری یا برحسب نسبت به واحد اندازه گیری (به‌عنوان مثال درصد)

توجه: بر اساس راهنمای ISO/IEC Guide 99، نتیجه اندازه‌گیری به‌طورکلی به‌صورت مقدار یک کمیت اندازه‌گیری‌شده شامل واحد اندازه‌گیری و عدم قطعیت اندازه‌گیری بیان می‌شود.

ب) شرایطی (به‌عنوان مثال محیطی) که کالیبراسیون در آن انجام شده است و بر نتایج اندازه‌گیری تأثیر می‌گذارد.

ج) توضیحی که نحوه ردیابی اندازه‌گیری‌ها را نشان دهد (پیوست الف را ببینید).

د) در صورت وجود، نتایج قبل و بعد از هرگونه تنظیم یا تعمیر

ه) در صورت لزوم، توضیح انطباق با الزامات یا مشخصات (به بخش ۸–۸–۶ مراجعه کنید)

و) در صورت لزوم، نظرات و تفاسیر (به بخش ۸–۸–۷ مراجعه کنید)

۲) در مواردی که آزمایشگاه مسئولیت نمونه‌برداری را بر عهده دارد، گواهی‌های کالیبراسیون باید الزامات ذکرشده در بخش ۸–۸–۵ که برای تفسیر نتایج کالیبراسیون نیاز است را برآورده کنند.

۳) گواهی کالیبراسیون یا برچسب کالیبراسیون نباید شامل هیچ‌گونه توصیه‌ای در مورد فاصله زمانی کالیبراسیون‌ها باشد، مگر در مواردی که این مورد با مشتری توافق شده باشد.

۸-٤-۸-٥- گزارش نمونه‌برداری - الزامات خاص

در مواردی که آزمایشگاه مسئول انجام نمونه‌برداری است، علاوه بر الزامات مندرج در بخش ۸–۸–۲، گزارش‌ها باید موارد زیر را در صورت لزوم برای تفسیر نتایج ذکر کنند:

الف) تاریخ نمونه‌برداری

ب) شناسایی منحصر به‌فرد مورد یا مواد نمونه‌برداری شده (شامل نام تولیدکننده، مدل یا نوع طراحی و شماره سریال، در صورت لزوم)

ج) محل نمونه‌برداری، شامل هرگونه نمودار، طرح یا عکس

د) ارجاع به طرح نمونه‌برداری و روش نمونه‌برداری

ه) جزئیات هرگونه شرایط محیطی در طول نمونه‌برداری که بر تفسیر نتایج تأثیر می‌گذارد

و) اطلاعات مورد نیاز برای ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری برای آزمون یا کالیبراسیون بعدی

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۸-٤-۸-٦- گزارش اظهار انطباق[1]

۱) هنگامی‌که یک اظهار انطباق با مشخصات یا استانداردها ارائه می‌شود، آزمایشگاه باید قانون تصمیم‌گیری به‌کار گرفته‌شده را با درنظر گرفتن سطح خطر[2] (مانند پذیرش نادرست و رد نادرست و مفروضات آماری) مرتبط با قانون تصمیم‌گیری به‌کار گرفته‌شده، مستند کند و قانون تصمیم‌گیری را اعمال کند.

توجه: در مواردی که قانون تصمیم‌گیری توسط مشتری، مقررات یا اسناد نظارتی تجویز شده است، توجه بیشتر به سطح خطر ضروری نیست.

۲) آزمایشگاه باید در اظهار انطباق به‌وضوح گزارش دهد که این اظهاریه چه مواردی را مشخص می‌کند:

الف) اظهار انطباق در مورد چه نتایجی اعمال می‌شود.

ب) کدام مشخصات، استانداردها یا قسمت‌های آن رعایت شده یا رعایت نشده است.

ج) قانون تصمیم‌گیری اعمال‌شده (مگر اینکه در مشخصات یا استاندارد درخواست‌شده بدیهی باشد).

توجه: برای اطلاعات بیشتر، راهنمای ISO/IEC Guide 98-4 را ببینید.

۸-٤-۸-۷- گزارش نظرات و تفاسیر

۱) هنگامی‌که نظرات و تفاسیر بیان می‌شود، آزمایشگاه باید اطمینان حاصل کند که این نظرات و تفاسیر فقط توسط کارکنان مجاز منتشر می‌شود. آزمایشگاه باید مبنایی را که بر اساس آن نظرات و تفاسیر انجام شده است، ثبت کند.

نکته: این نکته حائز اهمیت است که نظرات و تفاسیر متمایز از اظهارات بازرسی‌ها و گواهینامه‌های محصول مطابق استانداردهای ISO/IEC 17020 و ISO/IEC 17065 و اظهارات انطباق که در بخش ۸-۸-۶ ذکر شده است، باشند.

۲) نظرات و تفاسیر بیان‌شده در گزارش‌ها باید بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از مورد آزمایش‌شده یا کالیبره‌شده باشد و باید به‌طور واضح مشخص شوند.

۳) زمانی که نظرات و تفسیرها مستقیماً از طریق گفتگو با مشتری منتقل می‌شود، باید پرونده گفتگو ثبت شود.

[1] Statements of Conformity
[2] Level of Risk

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۸-٤-۸-۸- اصلاح گزارش‌ها

۱) هنگامی‌که یک گزارش صادرشده نیاز به تغییر، اصلاح یا صدور مجدد دارد، هرگونه تغییر اطلاعات باید به‌وضوح مشخص شود و در صورت لزوم، دلیل تغییرات گزارش ذکر شود.

۲) اصلاحات یک گزارش بعد از صدور باید تنها در قالب یک سند دیگر منتشر شود، که شامل عبارت "اصلاحیه گزارش، شماره‌سریال، ..." یا کلماتی معادل با این‌ها می‌باشد. چنین اصلاحاتی باید تمام الزامات این سند را برآورده سازد.

۳) هنگامی‌که لازم است یک گزارش کامل جدید صادر شود، این گزارش باید به‌طور منحصر به‌فرد مشخص شده و حاوی ارجاع به گزارش اصلی باشد که جایگزین آن می‌شود.

۹-۴-۸- شکایات

۱) آزمایشگاه باید فرآیند مستندی برای دریافت، ارزیابی و تصمیم‌گیری در مورد شکایات داشته باشد.

۲) شرح مراحل رسیدگی به شکایات در صورت درخواست باید در اختیار هریک از طرفین ذینفع قرار گیرد. پس از دریافت شکایت، آزمایشگاه باید تأیید کند که آیا شکایت مربوط به فعالیت‌های آزمایشگاهی است که مسئول آن است و اگر این‌گونه باشد، باید به آن رسیدگی کند. آزمایشگاه باید مسئول تمام تصمیمات در تمام سطوح فرآیند رسیدگی به شکایات باشد.

۳) فرآیند رسیدگی به شکایات باید حداقل شامل موارد و روش‌های زیر باشد:

الف) شرح روند دریافت، اعتبارسنجی، بررسی شکایت و تصمیم‌گیری در مورد اقدامات لازم در پاسخ به آن

ب) پیگیری و ثبت شکایات، ازجمله اقدامات انجام‌شده برای حل آن‌ها

ج) اطمینان از انجام هرگونه اقدام مناسب

۴) آزمایشگاه دریافت‌کننده شکایت مسئول جمع‌آوری و تأیید کلیه اطلاعات لازم برای اعتبارسنجی شکایت است.

۵) در صورت امکان، آزمایشگاه دریافت شکایت را تائید می‌کند و گزارش پیشرفت و نتیجه را به شاکی ارائه می‌دهد.

۶) پیام‌هایی که باید به شاکی ارسال شود توسط فرد یا افرادی که در فعالیت‌های آزمایشگاهی اصلی موردنظر دخیل نبوده‌اند، ارسال یا بررسی و تأیید می‌شود.

توجه: این کار را می‌توان توسط کارکنان خارج از آزمایشگاه انجام داد.

۷) در صورت امکان، آزمایشگاه باید به‌طور رسمی پایان رسیدگی به شکایات را به شاکی اطلاع دهد.

۱۰-۴-۸- کار غیرمنطبق[1]

۱) آزمایشگاه باید رویه‌ای داشته باشد که زمانی که هر جنبه‌ای از فعالیت‌های آزمایشگاهی یا نتایج این کار با رویه‌های خود آنها یا الزامات مورد توافق مشتری مطابقت نداشته باشد (به‌عنوان مثال تجهیزات یا شرایط محیطی خارج از محدودیت‌های تعیین‌شده باشند یا نتایج نظارت با معیارهای مشخص مطابقت نداشته باشد)، اجرا شود. این رویه باید اطمینان حاصل کند که:

الف) مسئولیت‌ها و اختیارات مربوط به مدیریت کارهای غیرمنبطق تعریف شده است.

ب) اقدامات (ازجمله توقف، تکرار کار و ندادن گزارش، در صورت لزوم) بر اساس سطوح خطر تعیین‌شده توسط آزمایشگاه است.

ج) یک ارزیابی در مورد اهمیت کار غیرمنطبق ازجمله تجزیه و تحلیل اثر آن بر نتایج قبلی انجام می‌شود.

د) در مورد قابلیت پذیرش کار غیرمنطبق تصمیم گرفته می‌شود.

ه) در صورت لزوم، به مشتری اطلاع داده می‌شود و کار فراخوانده شود.

و) مسئولیت مجوز ازسرگیری کار تعریف‌شده است.

۲) آزمایشگاه باید پرونده کارهای غیرمنطبق ذکرشده در زیربندهای "ب" تا "و" را نگه دارد.

۳) هنگامی‌که ارزیابی نشان می‌دهد که کار غیرمنطبق ممکن است تکرار شود یا در انطباق عملیات آزمایشگاه با سیستم مدیریت آن تردید وجود دارد، آزمایشگاه باید اقدامات اصلاحی را انجام دهد.

[1] Nonconforming work

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۱۱-۴-۸- کنترل داده‌ها و مدیریت اطلاعات

۱) آزمایشگاه باید به داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی دسترسی داشته باشد.

۲) سیستم(های) مدیریت اطلاعات آزمایشگاهی که برای جمع‌آوری، پردازش، ثبت، گزارش، ذخیره یا بازیابی داده‌ها استفاده می‌شود، باید از نظر عملکرد، ازجمله عملکرد مناسب رابط‌ها در سیستم(های) مدیریت اطلاعات آزمایشگاهی معتبر باشد. هر زمانی که تغییراتی وجود داشت، از جمله در ساختار نرم‌افزار آزمایشگاه یا اصلاح نرم‌افزار تجاری موجود[1]، باید قبل از اجرا، مستند و اعتبارسنجی باشد.

توجه ۱: در این سند "سیستم(های) مدیریت اطلاعات آزمایشگاه" شامل مدیریت داده‌ها و اطلاعات موجود در هر دو سیستم رایانه‌ای و غیر رایانه‌ای است. برخی از الزامات می‌توانند بیشتر برای سیستم‌های رایانه‌ای در مقایسه با سیستم‌های غیر رایانه‌ای قابل اجرا باشند.

توجه ۲: می‌توان نرم‌افزار تجاری موجود که به‌طور عمومی استفاده می‌شود را در محدوده برنامه کاربردی طراحی‌شده آن به‌اندازه کافی معتبر درنظر گرفت.

۳) سیستم(های) مدیریت اطلاعات آزمایشگاه باید:

الف) از دسترسی غیرمجاز محافظت شود.

ب) در برابر دست‌کاری و از دست رفتن اطلاعات محافظت شود.

ج) در محیطی اجرا شود که با مشخصات تأمین‌کننده یا آزمایشگاه مطابقت داشته باشد یا، در مورد سیستم‌های غیر رایانه‌ای، شرایطی فراهم شود که دقت ثبت و رونوشت دستی حفظ شود.

د) به‌گونه‌ای نگهداری شود که از یکپارچگی داده‌ها و اطلاعات اطمینان حاصل کند.

ه) شامل ثبت خرابی‌های سیستم و اقدامات فوری و اصلاحی مناسب باشد.

۴) هنگامی‌که یک سیستم مدیریت اطلاعات آزمایشگاهی در خارج از محل یا از طریق یک تأمین‌کننده خارجی مدیریت و نگهداری می‌شود، آزمایشگاه باید اطمینان حاصل کند که تأمین‌کننده یا اپراتور سیستم با تمام الزامات قابل اجرای این سند مطابقت داشته باشد.

[1] Off-the-Shelf

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۵) آزمایشگاه باید اطمینان حاصل کند که دستورالعمل‌ها، کتابچه‌های راهنما و داده‌های مرجع مربوط به سیستم(های) مدیریت اطلاعات آزمایشگاه به‌آسانی در اختیار کارکنان قرار می‌گیرد.

۶) محاسبات و انتقال داده‌ها باید به شیوه‌ای مناسب و اصولی بررسی شود.

۵-۸- الزامات سیستم مدیریت

۱-۵-۸- گزینه‌ها[1]

۸-۵-۱-۱- عمومی

۱) آزمایشگاه باید یک سیستم مدیریتی ایجاد، مستندسازی، پیاده‌سازی و نگهداری کند که بتواند دستیابی مداوم به الزامات این سند را پشتیبانی و اجرا کند و از کیفیت نتایج آزمایشگاه اطمینان حاصل کند. آزمایشگاه علاوه بر برآوردن الزامات بخش‌های ۱ تا ۴، باید یک سیستم مدیریتی را مطابق با گزینه **A** یا گزینه **B** اجرا کند.

نکته: برای اطلاعات بیشتر به‌ضمیمه "ب" مراجعه کنید.

۸-۵-۱-۲- گزینه A

سیستم مدیریت آزمایشگاه حداقل باید موارد زیر را داشته باشد:

الف) مستندات سیستم مدیریت (به بخش ۸-۲ مراجعه کنید)

ب) کنترل اسناد سیستم مدیریت (به بخش ۸-۳ مراجعه کنید)

ج) کنترل پرونده‌ها (به بخش ۸۵-۴ مراجعه کنید)

د) اقدامات برای رسیدگی به ریسک‌ها و فرصت‌ها (به بخش ۸-۵ مراجعه کنید)

ه) بهبود (به بخش ۸-۶ مراجعه کنید)

و) اقدامات اصلاحی (به بخش ۸-۷ مراجعه کنید)

ز) ممیزی داخلی (به بخش ۸-۸ مراجعه کنید)

ح) بررسی مدیریت (به بخش ۸-۹ مراجعه کنید)

[1] Options

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۸-۵-۱-۳- گزینه B

آزمایشگاهی که یک سیستم مدیریت را مطابق با الزامات **ISO 9001** ایجاد و نگهداری می‌کند و قادر است از تحقق مداوم الزامات بخش‌های ۱ تا ۴ پشتیبانی کند، حداقل الزامات سیستم مدیریت مشخص‌شده در بخش‌های ۸–۲ تا ۸–۹ را نیز برآورده می‌سازد.

۸-۵-۲- مستندات سیستم مدیریت (گزینه A)

۱) مدیریت آزمایشگاه باید سیاست‌ها و اهداف را برای تحقق اهداف این سند، تعیین، ثبت و نگهداری کند و اطمینان حاصل کند که این سیاست‌ها و اهداف در همه سطوح سازمان آزمایشگاه به رسمیت شناخته‌شده و اجرا می‌شود.

۲) این سیاست‌ها و اهداف باید به صلاحیت، بی‌طرفی و عملکرد سازگار آزمایشگاه بپردازند.

۳) مدیریت آزمایشگاه باید مدارکی از تعهد به توسعه و اجرای سیستم مدیریت و بهبود مستمر اثری آن ارائه دهد.

۴) کلیه اسناد، فرآیندها، سیستم‌ها، پرونده‌های مربوط به تحقق الزامات این سند باید در سیستم مدیریت گنجانده‌شده، به آن‌ها ارجاع داده شود یا به آن‌ها پیوند داده شود.

۵) کلیه کارکنان درگیر در فعالیت‌های آزمایشگاهی باید به بخش‌هایی از اسناد سیستم مدیریت و اطلاعات مربوطه که مربوط به مسئولیت‌های آن‌ها می‌باشد، دسترسی داشته باشند.

۸-۵-۳- کنترل اسناد سیستم مدیریت (گزینه A)

۱) آزمایشگاه باید اسناد (داخلی و خارجی) مربوط به تحقق این سند را کنترل کند.

نکته: در این زمینه، "اسناد" می‌توانند بیانیه سیاست‌ها، رویه‌ها، مشخصات، دستورالعمل‌های سازنده، جداول کالیبراسیون، نمودارها، کتاب‌ها، پوسترها، اعلامیه‌ها، یادداشت‌ها، نقشه‌ها، برنامه‌ها و غیره باشند. این اسناد می‌توانند در قالب رسانه‌های مختلف مانند نسخه کپی یا دیجیتال باشند.

۲) آزمایشگاه باید اطمینان حاصل کند که:

الف) اسناد قبل از صدور توسط کارکنان مجاز از نظر کفایت تأیید شده است.

ب) اسناد به صورت دوره‌ای بررسی‌شده و در صورت لزوم به‌روز رسانی می‌شوند.

ج) تغییرات و وضعیت بازبینی فعلی اسناد مشخص می‌شود.

د) نسخه‌های مربوط به اسناد قابل اجرا در نقاط استفاده موجود است و در صورت لزوم، توزیع آن‌ها کنترل می‌شود.

ه) اسناد به‌طور منحصربه‌فرد شناسایی می‌شوند.

و) از استفاده ناخواسته از اسناد منسوخ جلوگیری می‌شود و در صورت نگهداری به هر منظور، یک روش شناسایی مناسب برای آن‌ها اعمال می‌شود.

۸-۵-۴- کنترل پرونده‌ها (گزینه A)

۱) آزمایشگاه باید پرونده‌هایی شفاف ایجاد و نگهداری کند تا تحق الزامات این سند را نشان دهد.

۲) آزمایشگاه باید کنترل‌های لازم برای شناسایی، ذخیره، حفاظت، پشتیبانی، بایگانی، بازیابی، زمان نگهداری[1] و از بین بردن پرونده‌های خود را اعمال کند. آزمایشگاه باید مدارک را برای یک دوره مطابق با تعهدات قراردادی خود نگهداری کند. دسترسی به این پرونده‌ها باید مطابق با تعهدات محرمانه بودن باشد و پرونده‌ها باید به‌آسانی در دسترس باشند.

توجه: الزامات اضافی در مورد پرونده‌های فنی در بخش ۸–۵ آمده است.

۸-۵-۵- اقدامات برای رسیدگی به ریسک‌ها و فرصت‌ها (گزینه A)

۱) آزمایشگاه باید ریسک‌ها و فرصت‌های مرتبط با فعالیت‌های آزمایشگاه را در نظر بگیرد تا:

الف) اطمینان حاصل کند که سیستم مدیریت به نتایج موردنظر خود می‌رسد.

ب) فرصت‌ها برای دستیابی به اهداف آزمایشگاه ارتقاء می‌یابد.

ج) از اثرات نامطلوب و شکست‌های احتمالی در فعالیت‌های آزمایشگاهی جلوگیری می‌شود یا آنها را کاهش می‌دهد.

د) باعث بهبود فعالیت‌های آزمایشگاه می‌شود

۲) آزمایشگاه باید موارد زیر را برنامه‌ریزی کند:

[1] Retention Time

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

الف) اقدامات برای رسیدگی به این ریسک‌ها و فرصت‌ها

ب) چگونگی:

- ادغام و پیاده‌سازی این اقدامات در سیستم مدیریت آزمایشگاه
- ارزیابی اثربخشی این اقدامات

توجه: اگرچه این سند مشخص می‌کند که آزمایشگاه اقداماتی را برای مقابله با ریسک‌ها برنامه‌ریزی می‌کند، اما هیچ الزامی برای روش‌های رسمی برای مدیریت ریسک یا یک فرایند مستند مدیریت ریسک وجود ندارد. آزمایشگاه‌ها می‌توانند تصمیم بگیرند که آیا روش مدیریت ریسک را مطابق این سند توسعه دهند یا خیر، به‌عنوان مثال این کار را از طریق استفاده از سایر راهنماها یا استانداردها می‌توان انجام داد.

۳) اقدامات انجام‌شده برای رسیدگی به ریسک‌ها و فرصت‌ها باید متناسب با تأثیر بالقوه بر اعتبار نتایج آزمایشگاه باشد.

نکته ۱: موارد رسیدگی به ریسک‌ها می‌تواند شامل شناسایی و اجتناب از تهدیدها، خطرپذیری به‌منظور دستیابی به یک فرصت، حذف منبع خطر، تغییر احتمال یا عواقب، تقسیم ریسک یا حفظ ریسک با تصمیم آگاهانه باشد.

نکته ۲: فرصت‌ها می‌توانند منجر به گسترش دامنه فعالیت‌های آزمایشگاه، مراجعه مشتریان جدید، استفاده از فناوری جدید و سایر احتمالات برای رفع نیازهای مشتری شوند.

۶-۵-۸- بهبود (گزینه A)

۱) آزمایشگاه باید فرصت‌هایی را برای بهبود شناسایی و انتخاب کرده و اقدامات لازم را انجام دهد.

توجه: فرصت‌های بهبود را می‌توان با مرور رویه‌های عملیاتی، استفاده از سیاست‌ها، اهداف کلی، نتایج ممیزی، اقدامات اصلاحی، بازنگری مدیریت، پیشنهادهای کارکنان، ارزیابی ریسک، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و نتایج آزمایش مهارت تشخیص داد.

۲) آزمایشگاه باید از مشتریان خود بازخورد مثبت و منفی دریافت کند. این بازخوردها باید تجزیه و تحلیل شود و برای بهبود سیستم مدیریت، فعالیت‌های آزمایشگاهی و خدمات به مشتریان استفاده شود.

توجه: نمونه‌هایی از انواع بازخورد شامل بررسی رضایت مشتری، پرونده‌های ارتباط و بررسی گزارش‌های مشتریان است.

۷-۵-۸- اقدامات اصلاحی (گزینه A)

۱) هنگامی که عدم انطباق اتفاق می‌افتد، آزمایشگاه باید:

الف) به عدم انطباق عکس‌العمل نشان داده و در صورت لزوم:

- اقدام به کنترل و اصلاح آن کند.
- به عواقب رسیدگی کند.

ب) ارزیابی نیاز برای اقدام به‌منظور از بین بردن علت(های) عدم انطباق، با هدف عدم تکرار یا بروز آن درجاهای دیگر، باید توسط موارد زیر انجام شود:

- بررسی و تجزیه و تحلیل عدم انطباق
- تعیین علل عدم انطباق
- تعیین اینکه آیا عدم انطباق‌های مشابهی وجود دارد یا به‌طور بالقوه ممکن است رخ دهد.

ج) انجام هرگونه اقدام مورد نیاز

د) بررسی اثربخشی هرگونه اقدام اصلاحی انجام‌شده

ه) در صورت لزوم، به‌روز رسانی ریسک‌ها و فرصت‌های تعیین‌شده در طول برنامه‌ریزی

و) در صورت لزوم ایجاد تغییرات در سیستم مدیریت

۲) اقدامات اصلاحی باید متناسب با اثرات عدم انطباق پیش‌آمده باشد.

۳) آزمایشگاه باید پرونده‌ها را به‌عنوان مدارک موارد زیر نگه دارد:

الف) ماهیت عدم انطباق، علت(ها) و اقدامات بعدی انجام‌شده

ب) نتایج هرگونه اقدام اصلاحی

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۸-۵-۸- ممیزی داخلی (گزینه A)

۱) آزمایشگاه باید ممیزی‌های داخلی را در فواصل زمانی برنامه‌ریزی‌شده انجام دهد تا اطلاعاتی در زمینه‌های زیر در مورد سیستم مدیریت ارائه کند:

الف) مطابق با موارد زیر است:

- الزامات خود آزمایشگاه برای سیستم مدیریت آن، ازجمله فعالیت‌های آزمایشگاهی
- الزامات این سند

ب) به‌طور مؤثر اجرا و حفظ می‌شود.

۲) آزمایشگاه باید:

الف) یک برنامه ممیزی شامل دفعات، روش‌ها، مسئولیت‌ها، الزامات برنامه‌ریزی و گزارش‌دهی، ایجاد، اجرا و نگهداری کند که باید اهمیت فعالیت‌های آزمایشگاهی مربوط، تغییرات مؤثر بر آزمایشگاه و نتایج ممیزی‌های قبلی را درنظر بگیرد.

ب) معیارها و محدوده ممیزی برای هر ممیزی را تعریف کنید.

ج) اطمینان حاصل شود که نتایج ممیزی به مدیریت مربوطه گزارش می‌شود.

د) اقدامات اصلاحی و اصلاح مناسب را بدون تأخیر بی‌مورد انجام دهید.

ه) پرونده‌ها را به‌عنوان مدارکی از اجرای برنامه ممیزی و نتایج ممیزی نگه‌داری کنید.

توجه: **ISO 19011** راهنمایی‌هایی برای ممیزی داخلی ارائه می‌دهد.

۸-۵-۹- بررسی‌های مدیریت (گزینه A)

۱) مدیریت آزمایشگاه باید سیستم مدیریتی خود را در فواصل زمانی برنامه‌ریزی‌شده، به‌منظور اطمینان از تداوم مناسب بودن، کفایت و اثربخشی آن، ازجمله سیاست‌ها و اهداف اعلام‌شده مربوط به تحقق این سند، بررسی کند.

۲) اطلاعات ورودی برای بررسی مدیریت باید ثبت شود و شامل اطلاعات مربوط به موارد زیر باشد:

الف) تغییرات در مسائل داخلی و خارجی مربوط به آزمایشگاه

ب) تحقق اهداف

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

ج) مناسب بودن سیاست‌ها و رویه‌ها

د) وضعیت اقدامات حاصل از بررسی‌های قبلی مدیریت

ه) نتیجه ممیزی‌های داخلی اخیر

و) اقدامات اصلاحی

ز) ارزیابی توسط نهادهای خارجی

ح) تغییرات در حجم و نوع کار یا در دامنه فعالیت‌های آزمایشگاهی

ط) بازخورد مشتریان و کارکنان

ی) شکایات

ک) اثربخشی هرگونه بهبود اجرا شده

ل) کفایت منابع

م) نتایج شناسایی ریسک

ن) نتایج اطمینان از اعتبار نتایج

پ) سایر عوامل مرتبط، مانند نظارت بر فعالیت‌ها و آموزش

۳) خروجی‌های بررسی مدیریت باید حداقل کلیه تصمیمات و اقدامات مربوط به موارد زیر را ثبت کند:

الف) اثربخشی سیستم مدیریت و فرایندهای آن

ب) بهبود فعالیت‌های آزمایشگاهی مربوط به تحقق الزامات این سند

ج) تأمین منابع مورد نیاز

د) هرگونه تغییر مورد نیاز

۶-۸- تعیین محل استقرار و چیدمان تجهیزات در آزمایشگاه و دسترسی‌ها (مطابق الزامات استاندارد بین‌المللی ۱۷۰۲۵)

۱-۶-۸- الزامات منابع

۸-۶-۱-۱- عمومی

آزمایشگاه برای مدیریت و انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی خود باید کارکنان، تأسیسات و تجهیزات در دسترس و خدمات پشتیبان لازم را داشته باشد.

۸-۶-۱-۲- کارکنان

۱) تمام کارکنان داخلی و خارجی که بر فعالیت‌های آزمایشگاهی می‌توانند مؤثر باشند باید دارای صلاحیت باشند و مطابق با سیستم مدیریت آزمایشگاه کار کنند.

۲) آزمایشگاه باید الزامات صلاحیت فرد شامل تحصیلات، آموزش، دانش فنی، مهارت و تجربه که مؤثر بر نتایج فعالیت‌های آزمایشگاهی است را ثبت کند.

۳) آزمایشگاه باید از صلاحیت کارکنان برای انجام فعالیت‌های آزمایشگاه که مسئول آن هستند اطمینان حاصل کند و مغایرت‌های مهم را ارزیابی کند.

۴) مدیریت آزمایشگاه باید وظایف، مسئولیت‌ها و اختیارات کارکنان را به آنان اعلام کند.

۵) آزمایشگاه باید رویه‌ای داشته باشد و پرونده مربوط به موارد زیر را نگه دارد:

الف) تعیین الزامات صلاحیت

ب) انتخاب کارکنان

ج) آموزش کارکنان

د) نظارت بر کارکنان

ه) مجوز کارکنان

و) نظارت بر صلاحیت کارکنان

۶) آزمایشگاه باید به کارکنان اجازه انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی خاص را بدهد. این فعالیت‌ها شامل موارد زیر است اما فقط محدود به این‌ها نیست:

الف) توسعه، اصلاح، تأیید و اعتبارسنجی روش‌ها

ب) تجزیه و تحلیل نتایج، ازجمله اظهار انطباق یا نظرات و تفسیرها

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

ج) گزارش، بررسی و تأیید نتایج

۲-۶-۸- تجهیزات

۱) آزمایشگاه باید به تجهیزات مورد نیاز برای انجام صحیح فعالیت‌های آزمایشگاهی که بر روی نتایج تأثیرگذار هستند (این تجهیزات شامل موارد زیر است اما فقط محدود به این‌ها نیست: ابزارهای اندازه‌گیری، نرم‌افزار، استانداردهای اندازه‌گیری، مواد مرجع، داده‌های مرجع، مواد مصرفی یا دستگاه کمکی) دسترسی داشته باشد.

توجه ۱: تعداد زیادی نام برای مواد مرجع معتبر وجود دارد، ازجمله استانداردهای مرجع، استانداردهای کالیبراسیون، مواد مرجع استاندارد و مواد کنترل کیفیت. ISO 17034 حاوی اطلاعات بیشتری در مورد تولیدکنندگان مواد مرجع (RMP) می‌باشد. RMPهایی که الزامات ISO 17034 را برآورده سازند دارای صلاحیت تشخیص داده می‌شوند. مواد مرجع RMPها که الزامات ISO 17034 را برآورده می‌سازند، همراه با یک برگه/گواهی اطلاعات محصول ارائه می‌شوند که همگنی و پایداری را برای مشخصات خاص و برای مواد مرجع تأیید شده، مشخصات خاص با مقادیر تأیید شده و عدم قطعیت اندازه‌گیری آنها را مشخص می‌کند.

توجه ۲: ISO Guide 33 راهنمایی درباره انتخاب و استفاده از مواد مرجع می‌باشد. ISO Guide 80 راهنمایی برای تولید مواد کنترل کیفیت داخلی می‌باشد.

۲) وقتی آزمایشگاه از تجهیزات خارج از کنترل دائمی خود استفاده می‌کند، باید اطمینان حاصل کند که الزامات برای این تجهیزات برآورده شده است.

۳) آزمایشگاه باید رویه‌ای برای جابجایی، حمل، ذخیره‌سازی، استفاده و نگهداری برنامه‌ریزی‌شده تجهیزات داشته باشد تا از عملکرد مناسب و جلوگیری از آلودگی یا زوال مطمئن باشد.

۴) آزمایشگاه باید قبل از استقرار یا به سرویس برگرداندن تجهیزات، انطباق آن‌ها را با الزامات مشخص‌شده تائید کند.

۵) تجهیزات مورداستفاده برای اندازه‌گیری باید بتوانند دقت اندازه‌گیری و/یا عدم قطعیت اندازه‌گیری مورد نیاز برای ارائه نتیجه معتبر را به‌دست آورند.

۶) تجهیزات اندازه‌گیری باید کالیبره شوند وقتی که:

الف) دقت اندازه‌گیری یا عدم قطعیت اندازه‌گیری بر اعتبار گزارش نتایج مؤثر باشد، و/یا

ب) کالیبراسیون تجهیزات برای ایجاد قابلیت ردیابی اندازه‌گیری نتایج گزارش‌شده لازم باشد.

توجه: انواع تجهیزاتی که بر اعتبار نتایج گزارش‌شده مؤثرند می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

الف) تجهیزاتی که برای اندازه‌گیری مستقیم پارامتر استفاده می‌شود، به‌عنوان مثال استفاده از ترازو برای اندازه‌گیری جرم.

ب) تجهیزات مورداستفاده برای اصلاح مقدار اندازه‌گیری شده، به‌عنوان مثال اندازه‌گیری دما

ج) تجهیزاتی که برای به‌دست آوردن نتیجه اندازه‌گیری از چند کمیت استفاده می‌شوند.

۷) آزمایشگاه باید به‌منظور حفظ اطمینان از وضعیت کالیبراسیون یک برنامه کالیبراسیون ایجاد کند، که باید در صورت لزوم مورد بازبینی قرار گرفته و اصلاح شود.

۸) کلیه تجهیزاتی که به کالیبراسیون نیاز دارند یا یک بازه زمانی تعریف‌شده از اعتبار دارند باید برچسب‌گذاری و کدگذاری شوند یا به نحوی دیگر شناسایی‌شده تا کاربر تجهیزات به‌آسانی وضعیت کالیبراسیون یا مدت اعتبار آن را تشخیص دهد.

۹) تجهیزاتی که تحت اضافه‌بار یا استفاده نادرست قرار گرفته‌اند، نتایج مشکوکی را ارائه می‌دهند، یا به‌نظر معیوب یا خارج از الزامات تعیین‌شده هستند، باید از سرویس خارج شوند. برای جلوگیری از استفاده از این تجهیزات باید آن‌ها را جدا کرد یا به‌طور واضح برچسب‌گذاری یا علامت‌گذاری شوند که خارج از سرویس هستند تا زمانی که صحت کارکرد آن‌ها تأیید شود. آزمایشگاه باید اثر عیب یا مغایرت با الزامات مشخص‌شده را بررسی نموده و رویه مدیریت کار غیرمنطبق را آغاز کند (به بخش ۸–۱۰ مراجعه کنید).

۱۰) هنگامی‌که برای حفظ اطمینان از عملکرد تجهیزات، بررسی‌های پیش از موعد لازم باشد، این بررسی‌ها باید طبق روال انجام شود.

۱۱) هنگامی که داده‌های کالیبراسیون و مواد مرجع دارای مقادیر مرجع یا ضرایب تصحیح باشد، آزمایشگاه باید اطمینان حاصل کند که مقادیر مرجع و ضرایب تصحیح برای برآوردن شرایط مشخص‌شده، به‌طور مناسب به‌روز رسانی و اجرا می‌شوند.

۱۲) آزمایشگاه باید اقدامات عملی را برای جلوگیری از تنظیم ناخواسته تجهیزات که منجر به نتایج نامعتبر می‌شود، انجام دهد.

۱۳) باید اسناد مربوط به تجهیزاتی که می‌توانند بر فعالیت‌های آزمایشگاهی تأثیر بگذارند، نگهداری شود. این اسناد در صورت امکان موارد زیر را شامل می‌شود:

الف) شناسنامه تجهیزات، ازجمله نرم‌افزار و نسخه سیستم عامل

ب) نام سازنده، شناسایی نوع و شماره سریال یا سایر شناسه‌های منحصر به‌فرد

ج) شواهدی مبنی بر مطابقت تجهیزات با الزامات مشخص‌شده

د) مکان فعلی

ه) تاریخ‌های کالیبراسیون، نتایج کالیبراسیون، تنظیمات، معیارهای پذیرش و موعد مقرر کالیبراسیون بعدی یا فاصله کالیبراسیون‌ها

و) اسناد و مدارک مواد مرجع، نتایج، معیارهای پذیرش، تاریخ‌های مربوطه و دوره اعتبار

ز) برنامه تعمیر و نگهداری و تعمیر و نگهداری انجام‌شده تا به امروز که مربوط به عملکرد تجهیزات است.

ح) جزئیات هرگونه خرابی، عملکرد نادرست، اصلاح یا تعمیر تجهیزات

همان‌طور که در گزارش فاز سوم اشاره شد، آزمایشگاه کیفیت توان تجهیزات استخراج رمزارز نیاز به سه تجهیز اصلی دارد که عبارتند از منبع تغذیه قابل برنامه‌ریزی، دستگاه سنجش کیفیت توان و امپدانس خط. از آنجا که راه‌اندازی آزمایشگاه مذکور در وهله اول با هدف آزمون ماینرها انجام می‌شود، برای تسریع در کار و صرفه‌جویی در هزینه‌ها می‌توان از ظرفیت آزمایشگاه‌های موجود در پژوهشگاه نیرو برای محل استقرار و بهره‌برداری این تجهیزات استفاده کرد. با توجه به تعدد آزمایشگاه‌های پژوهشگاه نیرو از جمله رله و حفاظت، الکترونیک صنعتی، ماشین‌های الکتریکی و ...، پیشنهاد می‌شود تا در مرحله اصلی انجام این پروژه امکان‌سنجی استقرار تجهیزات این آزمایشگاه در محل آزمایشگاه‌های موجود پژوهشگاه نیرو انجام شود تا از این طریق در هزینه‌های مورد نیاز برای ساخت محل آزمایشگاه صرفه‌جویی شود. همچنین می‌توان از پرسنل و تکنسین‌های همین آزمایشگاه‌ها برای انجام آزمون‌های مربوط پس از آموزش‌های مورد نیاز استفاده کرد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۸-۷- تعیین شرایط محیطی آزمایشگاه به‌طوری‌که نتایج آزمون را بی‌اعتبار نسازد و چگونگی پایش، کنترل و ثبت (مطابق الزامات استاندارد بین‌المللی ۱۷۰۲۵)

۱) امکانات و شرایط محیطی باید برای فعالیت‌های آزمایشگاهی مناسب باشد و نباید بر اعتبار نتایج تأثیر منفی بگذارد.

توجه: عواملی که می‌تواند بر اعتبار نتایج تأثیر منفی بگذارد شامل موارد زیر است اما فقط محدود به این‌ها نیست: آلودگی میکروبی[1]، آلودگی، گرد و غبار، اختلالات الکترومغناطیسی، تابش، رطوبت، منبع الکتریکی، دما، صدا و ارتعاش

۲) الزامات مربوط به امکانات و شرایط محیطی لازم برای عملکرد فعالیت‌های آزمایشگاهی باید ثبت شود.

۳) آزمایشگاه باید شرایط محیطی را مطابق با مشخصات، روش‌ها یا رویه‌های مربوطه یا مواردی که بر اعتبار نتایج تأثیر می‌گذارند، نظارت، کنترل و ثبت کند.

۴) اقدامات مربوط به کنترل تأسیسات باید اجرا، نظارت و به‌صورت دوره‌ای مورد بازبینی قرار گیرند. این اقدامات شامل موارد زیر است اما فقط محدود به این‌ها نیست:

الف) دسترسی و استفاده از نواحی مؤثر بر فعالیت‌های آزمایشگاهی

ب) جلوگیری از آلودگی، تداخل یا تأثیرات نامطلوب بر فعالیت‌های آزمایشگاهی

ج) جداسازی مؤثر بین مناطق دارای فعالیت‌های آزمایشگاهی ناسازگار

۵) هنگامی‌که آزمایشگاه فعالیت‌های آزمایشگاهی را در محل‌ها یا تأسیساتی خارج از کنترل دائمی خود انجام می‌دهد، باید اطمینان حاصل کند که الزامات مربوط به امکانات و شرایط محیطی مطابق این سند برآورده شده است.

۸-۸- پیش‌بینی اقدامات لازم جهت برآورده ساختن الزامات استلندارد بین‌المللی ۱۷۰۲۵ در رابطه باقابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها

[1] Microbial Contamination

۱) آزمایشگاه باید قابلیت ردیابی نتایج اندازه‌گیری خود را ایجاد و حفظ کند. این کار با استفاده از یک زنجیره کالیبراسیون بدون وقفه مستند[1] انجام می‌شود که هریک از آنها در عدم قطعیت اندازه‌گیری نقش داشته، آن‌ها را به یک مرجع مناسب ارتباط می‌دهد.

توجه ۱: در ISO/IEC Guide 99، قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها به این صورت تعریف‌شده است: "ویژگی یک نتیجه اندازه‌گیری که این نتیجه می‌تواند از طریق یک زنجیره کالیبراسیون بدون وقفه مستند که هریک از آنها در عدم قطعیت اندازه‌گیری نقش دارند، به یک مرجع مربوط شود".

توجه ۲: برای اطلاعات بیشتر در مورد قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها به ضمیمه" الف" مراجعه کنید.

۲) آزمایشگاه باید اطمینان حاصل کند که نتایج اندازه‌گیری در سیستم بین‌المللی واحدها (SI[2]) قابل‌ردیابی است. این ردیابی از طریق موارد زیر انجام می‌شود:

الف) کالیبراسیون ارائه‌شده توسط یک آزمایشگاه معتبر

توجه ۱: آزمایشگاه‌هایی که الزامات این سند را برآورده می‌کنند، معتبر هستند.

ب) مقادیر تأییدشده از مواد مرجع تأییدشده‌ای که توسط یک تولیدکننده داری صلاحیت ارائه‌شده است که این تولیدکننده قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها را به SI بیان می‌کند، یا

توجه ۲: تولیدکنندگان مواد مرجعی که الزامات ISO 17034 را برآورده می‌کنند، دارای صلاحیت درنظر گرفته می‌شوند.

ج) تحقق مستقیم[3] واحدهای SI که با مقایسه مستقیم یا غیرمستقیم با استانداردهای ملی یا بین‌المللی تضمین می‌شود.

توجه ۳: جزئیات تحقق عملی تعاریف برخی از واحدهای مهم در بروشور SI آمده است.

۳) وقتی از نظر فنی قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها به واحدهای SI امکان‌پذیر نیست، آزمایشگاه باید قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها را با یک مرجع مناسب نشان دهد، به‌عنوان مثال:

[1] Documented Unbroken Chain of Calibrations
[2] International System of Units
[3] Direct Realization

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

الف) مقادیر تأییدشده از مواد مرجع تأییدشده که توسط یک تولیدکننده دارای صلاحیت فراهم شده است.

ب) نتایج رویه‌های اندازه‌گیری مرجع، روش‌های مشخص‌شده یا استانداردهای توافقی که به‌وضوح تشریح شده و به‌عنوان ارائه نتایج اندازه‌گیری مناسب برای استفاده مورد نظرشان مورد پذیرش قرار گرفته و با مقایسه مناسب تضمین می‌شوند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

فصل ۹: الزامات کلی مورد نیاز و زیرساخت‌های لازم به‌منظور راه‌اندازی آزمایشگاه

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

مقدمه

در این فصل مهم‌ترین الزامات و اقدامات برای تعیین محل استقرار و چیدمان تجهیزات در آزمایشگاه، تعیین شرایط محیطی آزمایشگاه به‌منظور حفظ اعتبار نتایج آزمون و همچنین قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها بر اساس استاندارد بین‌المللی ISO/IEC 17025 ارائه می‌شود.

۱-۹- تعیین محل استقرار و چیدمان تجهیزات در آزمایشگاه و دسترسی‌ها

آزمایشگاه باید به تجهیزات مورد نیاز برای انجام صحیح فعالیت‌های آزمایشگاهی که بر روی نتایج تأثیرگذار هستند (این تجهیزات شامل موارد زیر است اما فقط محدود به این‌ها نیست: ابزارهای اندازه‌گیری، نرم‌افزار، استانداردهای اندازه‌گیری، مواد مرجع، داده‌های مرجع، مواد مصرفی یا دستگاه کمکی) دسترسی داشته باشد.

توجه ۱: تعداد زیادی نام برای مواد مرجع معتبر وجود دارد، ازجمله استانداردهای مرجع، استانداردهای کالیبراسیون، مواد مرجع استاندارد و مواد کنترل کیفیت. ISO 17034 حاوی اطلاعات بیشتری در مورد تولیدکنندگان مواد مرجع (RMP) می‌باشد. RMPهایی که الزامات ISO 17034 را برآورده سازند دارای صلاحیت تشخیص داده می‌شوند. مواد مرجع RMPها که الزامات ISO 17034 را برآورده می‌سازند، همراه با یک برگه/گواهی اطلاعات محصول ارائه می‌شوند که همگنی و پایداری را برای مشخصات خاص و برای مواد مرجع تأیید شده، مشخصات خاص با مقادیر تأیید شده و عدم قطعیت اندازه‌گیری آنها را مشخص می‌کند.

توجه ۲: ISO Guide 33 راهنمایی درباره انتخاب و استفاده از مواد مرجع می‌باشد. ISO Guide 80 راهنمایی برای تولید مواد کنترل کیفیت داخلی می‌باشد.

۱) وقتی آزمایشگاه از تجهیزات خارج از کنترل دائمی خود استفاده می‌کند، باید اطمینان حاصل کند که الزامات برای این تجهیزات برآورده شده است.

۲) آزمایشگاه باید رویه‌ای برای جابجایی، حمل، ذخیره‌سازی، استفاده و نگهداری برنامه‌ریزی‌شده تجهیزات داشته باشد تا از عملکرد مناسب و جلوگیری از آلودگی یا زوال مطمئن باشد.

۳) آزمایشگاه باید قبل از استقرار یا به سرویس برگرداندن تجهیزات، انطباق آن‌ها را با الزامات مشخص‌شده تائید کند.

۴) تجهیزات مورداستفاده برای اندازه‌گیری باید بتوانند دقت اندازه‌گیری و/یا عدم قطعیت اندازه‌گیری مورد نیاز برای ارائه نتیجه معتبر را به‌دست آورند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۵) تجهیزات اندازه‌گیری باید کالیبره شوند وقتی که:

الف) دقت اندازه‌گیری یا عدم قطعیت اندازه‌گیری بر اعتبار گزارش نتایج مؤثر باشد، و/یا

ب) کالیبراسیون تجهیزات برای ایجاد قابلیت ردیابی اندازه‌گیری نتایج گزارش‌شده لازم باشد.

توجه: انواع تجهیزاتی که بر اعتبار نتایج گزارش‌شده مؤثرند می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

الف) تجهیزاتی که برای اندازه‌گیری مستقیم پارامتر استفاده می‌شود، به‌عنوان مثال استفاده از ترازو برای اندازه‌گیری جرم.

ب) تجهیزات مورداستفاده برای اصلاح مقدار اندازه‌گیری شده، به‌عنوان مثال اندازه‌گیری دما

ج) تجهیزاتی که برای به‌دست آوردن نتیجه اندازه‌گیری از چند کمیت استفاده می‌شوند.

مطابق بررسی‌های انجام‌شده در این پروژه، آزمایشگاه کیفیت توان تجهیزات استخراج رمزارز نیاز به سه تجهیز اصلی دارد که عبارتند از منبع تغذیه قابل برنامه‌ریزی، دستگاه سنجش کیفیت توان و امپدانس خط. از آنجا که راه‌اندازی آزمایشگاه مذکور در وهله اول با هدف آزمون ماینرها انجام می‌شود، برای تسریع در کار و صرفه‌جویی در هزینه‌ها می‌توان از ظرفیت آزمایشگاه‌های موجود در پژوهشگاه نیرو برای محل استقرار و بهره‌برداری این تجهیزات استفاده کرد. با توجه به تعدد آزمایشگاه‌های پژوهشگاه نیرو از جمله رله و حفاظت، الکترونیک صنعتی، ماشین‌های الکتریکی و ...، پیشنهاد می‌شود تا در مرحله اصلی انجام این پروژه امکان‌سنجی استقرار تجهیزات این آزمایشگاه در محل آزمایشگاه‌های موجود پژوهشگاه نیرو انجام شود تا از این طریق در هزینه‌های مورد نیاز برای ساخت محل آزمایشگاه صرفه‌جویی شود. همچنین می‌توان از پرسنل و تکنسین‌های همین آزمایشگاه‌ها برای انجام آزمون‌های مربوط پس از آموزش‌های مورد نیاز استفاده کرد.

۲-۹- تعیین شرایط محیطی آزمایشگاه به‌طوری‌که نتایج آزمون را بی‌اعتبار نسازد و چگونگی پایش، کنترل و ثبت

۱) امکانات و شرایط محیطی باید برای فعالیت‌های آزمایشگاهی مناسب باشد و نباید بر اعتبار نتایج تأثیر منفی بگذارد.

توجه: عواملی که می‌تواند بر اعتبار نتایج تأثیر منفی بگذارد شامل موارد زیر است اما فقط محدود به این‌ها نیست: آلودگی میکروبی[1]، آلودگی، گرد و غبار، اختلالات الکترومغناطیسی، تابش، رطوبت، منبع الکتریکی، دما، صدا و ارتعاش

۲) الزامات مربوط به امکانات و شرایط محیطی لازم برای عملکرد فعالیت‌های آزمایشگاهی باید ثبت شود.

۳) آزمایشگاه باید شرایط محیطی را مطابق با مشخصات، روش‌ها یا رویه‌های مربوطه یا مواردی که بر اعتبار نتایج تأثیر می‌گذارند، نظارت، کنترل و ثبت کند.

۴) اقدامات مربوط به کنترل تأسیسات باید اجرا، نظارت و به‌صورت دوره‌ای مورد بازبینی قرار گیرند. این اقدامات شامل موارد زیر است اما فقط محدود به این‌ها نیست:

الف) دسترسی و استفاده از نواحی مؤثر بر فعالیت‌های آزمایشگاهی

ب) جلوگیری از آلودگی، تداخل یا تأثیرات نامطلوب بر فعالیت‌های آزمایشگاهی

ج) جداسازی مؤثر بین مناطق دارای فعالیت‌های آزمایشگاهی ناسازگار

۵) هنگامی‌که آزمایشگاه فعالیت‌های آزمایشگاهی را در محل‌ها یا تأسیساتی خارج از کنترل دائمی خود انجام می‌دهد، باید اطمینان حاصل کند که الزامات مربوط به امکانات و شرایط محیطی مطابق این سند برآورده شده است.

تعیین دقیق شرایط محیطی آزمایشگاه و چگونگی پایش و کنترل این شرایط تا حدود زیادی به تجهیزات آزمون مورد استفاده در آزمایشگاه وابسته است و این شرایط توسط سازنده دستگاه‌ها مشخص می‌شود. از آنجا که در این مرحله از پروژه، نوع منبع تغذیه قابل برنامه‌ریزی و همچنین دستگاه‌های اندازه‌گیری کیفیت توان به‌طور قطعی مشخص نیست، لذا نمی‌توان این شرایط را به‌طور دقیق بررسی و تعیین نمود. پس از انتخاب نوع تجهیزات جهت خریداری و تجهیز آزمایشگاه در مراحل بعدی این پروژه، و همچنین مذاکره با شرکت سازنده و دریافت اسناد مربوطه، نسبت به تعیین شرایط محیطی آزمایشگاه جهت حفظ اعتبار نتایج آزمون اقدام خواهد شد. در این بخش از دستورالعمل، تنها به ذکر موارد کلی مندرج در استاندارد بین‌المللی ISO/IEC 17025 اکتفا شده است.

[1] Microbial Contamination

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۳-۹- پیش‌بینی اقدامات لازم در رابطه باقابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها

۱) آزمایشگاه باید قابلیت ردیابی نتایج اندازه‌گیری خود را ایجاد و حفظ کند. این کار با استفاده از یک زنجیره کالیبراسیون بدون وقفه مستند[1] انجام می‌شود که هریک از آنها در عدم قطعیت اندازه‌گیری نقش داشته، آن‌ها را به یک مرجع مناسب ارتباط می‌دهد.

توجه ۱: در ISO/IEC Guide 99، قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها به این صورت تعریف‌شده است: "ویژگی یک نتیجه اندازه‌گیری که این نتیجه می‌تواند از طریق یک زنجیره کالیبراسیون بدون وقفه مستند که هریک از آنها در عدم قطعیت اندازه‌گیری نقش دارند، به یک مرجع مربوط شود".

توجه ۲: برای اطلاعات بیشتر در مورد قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها به ضمیمه" الف" مراجعه کنید.

۲) آزمایشگاه باید اطمینان حاصل کند که نتایج اندازه‌گیری در سیستم بین‌المللی واحدها (SI[2]) قابل‌ردیابی است. این ردیابی از طریق موارد زیر انجام می‌شود:

الف) کالیبراسیون ارائه‌شده توسط یک آزمایشگاه معتبر

توجه ۱: آزمایشگاه‌هایی که الزامات این سند را برآورده می‌کنند، معتبر هستند.

ب) مقادیر تأییدشده از مواد مرجع تأییدشده‌ای که توسط یک تولیدکننده داری صلاحیت ارائه‌شده است که این تولیدکننده قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها را به SI بیان می‌کند، یا

توجه ۲: تولیدکنندگان مواد مرجعی که الزامات ISO 17034 را برآورده می‌کنند، دارای صلاحیت درنظر گرفته می‌شوند.

ج) تحقق مستقیم[3] واحدهای SI که با مقایسه مستقیم یا غیرمستقیم با استانداردهای ملی یا بین‌المللی تضمین می‌شود.

توجه ۳: جزئیات تحقق عملی تعاریف برخی از واحدهای مهم در بروشور SI آمده است.

[1] Documented Unbroken Chain of Calibrations
[2] International System of Units
[3] Direct Realization

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۳)وقتی از نظر فنی قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها به واحدهای SI امکان‌پذیر نیست، آزمایشگاه باید قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها را با یک مرجع مناسب نشان دهد، به‌عنوان مثال:

الف) مقادیر تأییدشده از مواد مرجع تأییدشده که توسط یک تولیدکننده دارای صلاحیت فراهم شده است.

ب) نتایج رویه‌های اندازه‌گیری مرجع، روش‌های مشخص‌شده یا استانداردهای توافقی که به‌وضوح تشریح شده و به‌عنوان ارائه نتایج اندازه‌گیری مناسب برای استفاده مورد نظرشان مورد پذیرش قرار گرفته و با مقایسه مناسب تضمین می‌شوند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

فصل ۱۰: تدوین پیش‌نویس دستورالعمل‌های آزمون جریان‌های هارمونیکی

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

مقدمه

استانداردهای IEC 61000-3-2 و IEC 61000-3-12 الزامات اندازه‌گیری، الزامات منبع توان AC، و حدود مجاز برای آزمون انتشـــار جریان‌های هارمونیکی را برای تجهیزات الکترونیکی و الکتریکی به‌ترتیب، تا ۱۶A و از ۱۶A تا ۷۵A تعریف می‌کنند. تکنیک‌های اضـــافی آزمون و اندازه‌گیری جریان هارمونیکی برای این اســـتانداردها در IEC 61000-4-7 پوشـش داده شـده‌اند. در این فصـل دسـتورالعمل آزمون‌های جریان هارمونیکی برای تجهیزات اسـتخراج رمزارز (ماینر) در دو بخش مجزا به تفکیک حدود جریان ارائه می‌شود.

۱-۱۰- آزمون‌های هارمونیک‌های جریان در ماینرهای با جریان ورودی کمتر یا مساوی ۱۶ A

در این بخش، آزمون‌های مربوط به هارمونیک‌های جریان ماینرها، بر مبنای دسـته‌بندی مورد اشـاره در زیربند ۶-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ ارائه می‌شوند. توجه داشته باشید که این روش‌ها برای انواع تجهیزات الکتریکی مشترک بوده و به همین دلیل در اکثر موارد از عبارت تجهیز تحت آزمون استفاده می‌شود. تنها در موارد خاص که روش یا نیازمندی مختص ماینرها باشد، در متن تصریح شده است.

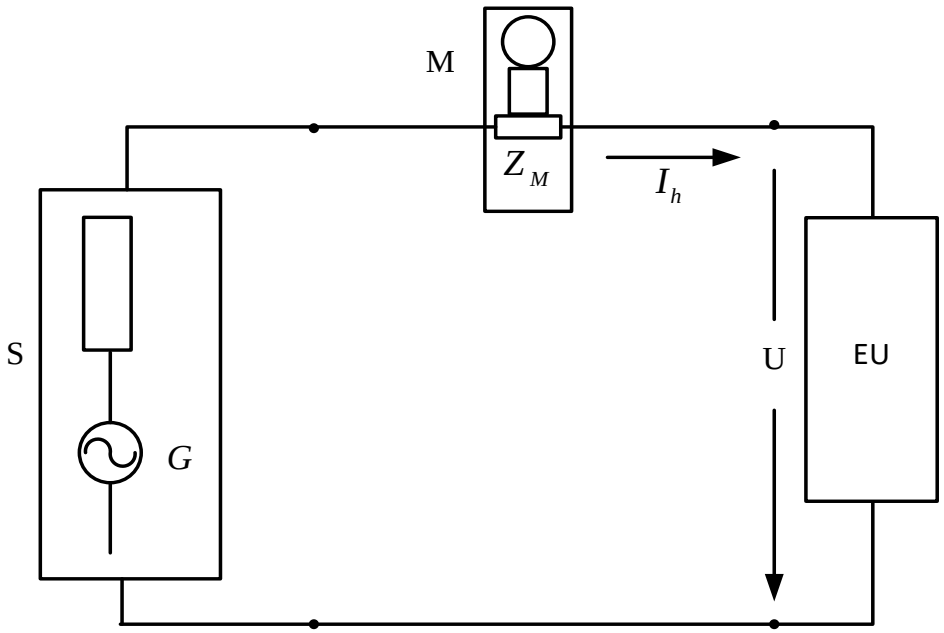
۱-۱-۱۰- ساختار آزمون اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان

به‌طور کلی، منبع تغذیه AC مورد اســتفاده برای آزمون تجهیزات در زمینه انتشــار جریان هارمونیکی باید امپدانس خروجی کم داشته باشد تا اعوجاج ولتاژ خروجی را حداقل کند و ظرفیت ولتاژ خروجی کافی برای تأمین ولتاژهای آزمون مناسب، ظرفیت جریان پیک کافی برای تغذیه تجهیز تحت آزمون بدون قطعی، و توانایی تنظیم رابطه ولتاژ، فرکانس و فاز خروجی (برای آزمون سه‌فاز) را داشته باشد.

مقادیر هارمونیک‌های اندازه‌گیری‌شده باید با حدود آورده شده در بند ۵-۱ استاندارد ملی شماره ۱-۲۲۸۴۰ مقایسه شوند. هارمونیک‌های جریان تجهیز تحت آزمون باید طبق مدارات آورده‌شده در شکل‌های ۱۰-۱ (برای تجهیزات تک‌فاز) و ۲-۲ (برای تجهیزات سه‌فاز) اندازه‌گیری شوند. از تجهیزات اندازه‌گیری مطابق با استاندارد IEC 61000-4-7 استفاده می‌شود.

هنگامی که اندازه‌گیری‌ها انجام می‌شود، ولتاژ آزمون (U) در پایانه خروجی تجهیز تحت آزمون باید الزامات زیر را برآورده سازد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284



S: منبع تغذیه

M: ابزار اندازه‌گیری

EUT: تجهیز تحت آزمون (ماینر)

U: ولتاژ آزمون

Z_M: امپدانس ورودی ابزار اندازه‌گیری

Z_S : امپدانس داخلی منبع تغذیه

I_h : مؤلفه هارمونیکی مرتبه h جریان خط

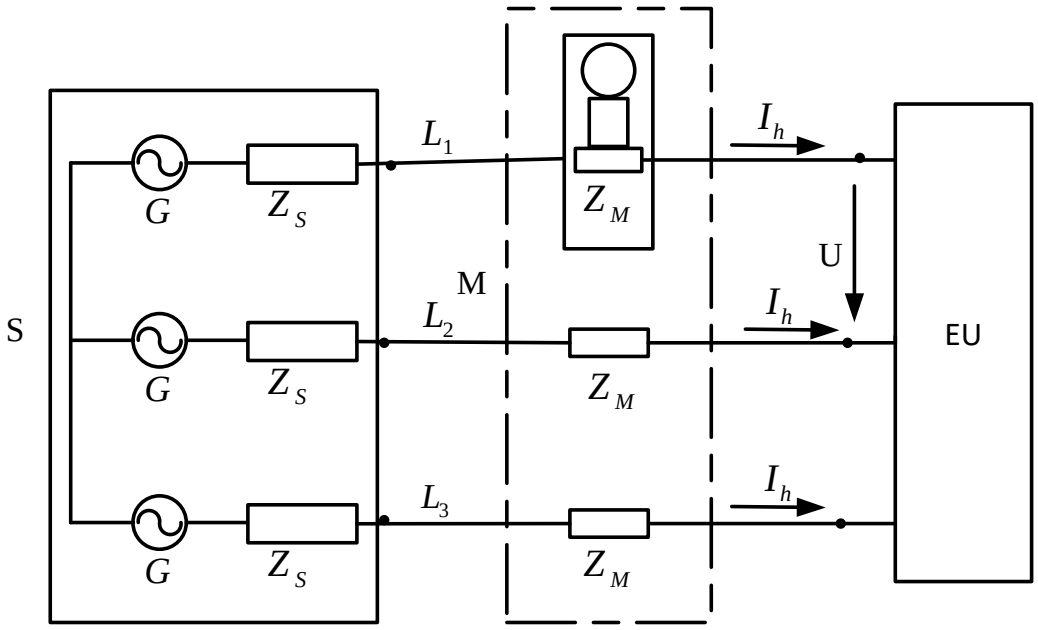
G: ولتاژحلقه باز منبع تغذیه

شکل ۱۰-۱- مدار اندازه‌گیری برای تجهیز تک‌فاز

- ولتاژ آزمون باید برابر با ولتاژ نامی تجهیز باشد. در حالتی که یک محدوده ولتاژ مشخص می‌شود، ولتاژ آزمون برای منبع تغذیه تک‌فاز و سه‌فاز به‌ترتیب ۲۳۰ V و ۴۰۰ V باشد. ولتاژ آزمون باید بین تلرانس ٪۲± و فرکانس بین ٪۰.۵± مقدار نامی باشد.

- در مورد منبع تغذیه سه‌فاز، زاویه بین مؤلفه اصلی ولتاژ روی هر جفت فاز یک منبع تغذیه سه‌فاز باید بین ۱/۵° ±۱۲۰° باشد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284



S: منبع تغذیه

M: ابزار اندازه‌گیری

EUT: تجهیز تحت آزمون (ماینر)

U: ولتاژ آزمون (به‌عنوان مثال بین فاز L1 و L2)

Z_M: امپدانس ورودی ابزار اندازه‌گیری

Z_S : امپدانس داخلی منبع تغذیه

I_h : مؤلفه هارمونیکی مرتبه hام جریان خط

G: ولتاژ حلقه باز منبع تغذیه

شکل ۱۰-۲- مدار اندازه‌گیری برای تجهیز سه‌فاز

- مقادیر نسبی هارمونیک‌های ولتاژ آزمون (U) در شرایط عادی تجهیز تحت آزمون، از مقادیر زیر نباید فراتر رود.

۰.۹٪ برای هارمونیک مرتبه ۳

۰.۴٪ برای هارمونیک مرتبه ۵

۰.۳٪ برای هارمونیک مرتبه ۷

۰.۲٪ برای هارمونیک مرتبه ۹

۰.۲٪ برای هارمونیک‌های زوج مرتبه ۲ تا ۱۰

۰.۱٪ برای هارمونیک‌های مرتبه ۱۱ تا ۴۰

مقدار پیک ولتاژ آزمون باید بین ۱/۴۰ تا ۱/۴۲ برابر مقدار RMS آن باشد و باید از ۸۷° تا ۹۳° بعد از عبور صفر[1] به این مقدار برسد. این الزامات هنگامی که تجهیزات کلاس A یا B طبق استاندارد ملی شماره ۱-۲۲۸۴۰ مورد آزمون قرار می‌گیرند، اعمال نمی‌شود.

مقادیر امپدانس‌های Z_S و Z_M در شکل‌های ۱۰-۱ و ۱۰-۲ مشخص نیستند. اما باید به‌اندازه کافی کوچک باشند تا الزامات مورد نیاز این بخش برآورده شود. از طریق اندازه‌گیری، خصوصیات ولتاژ تغذیه در نقطه اتصال تجهیز تحت آزمون به ابزار اندازه‌گیری بررسی می‌شود. اطلاعات بیشتر در استاندارد IEC 61000-4-7 وجود دارد.

حدود هارمونیک جریان مشخص‌شده در زیربند ۵-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ به جریان‌های خط اعمال می‌شود و به جریان در هادی خنثی اعمال نمی‌شود. اما برای تجهیز تک‌فاز، می‌توان جریان در هادی خنثی را به‌جای جریان‌های خط اندازه‌گیری کرد.

۲-۱-۱۰- روش اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان

آزمون باید طبق الزامات عمومی بند ۱۰-۱-۳ انجام شود. مدت آزمون باید طبق بند ۱۰-۱-۴ تعریف شود.

اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان به‌صورت زیر باید انجام شود.

- برای هر مرتبه هارمونیکی، مقدار RMS هارمونیک جریان هموار شده[1] ۱/۵ ثانیه را در هر پنجره زمانی تبدیل فوریه گسسته (DFT[2]) طبق تعریف استاندارد IEC 61000-4-7 اندازه‌گیری کنید.
- میانگین مقادیر حسابی اندازه‌گیری شده از پنجره‌های زمانی DFT در مدت مشاهده آزمون طبق تعریف بند ۱۰-۱-۴ محاسبه کنید.

مقدار توان ورودی مورد استفاده برای محاسبه محدودیت‌ها باید به‌صورت زیر تعیین شود:

[1] Smoothed
[2] Discrete Fourier Transform

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

- توان اکتیو ورودی هموار شده ۱/۵ ثانیه در هر پنجره زمانی DFT را اندازه‌گیری کنید.
- حداکثر مقادیر توان اندازه‌گیری‌شده از پنجره‌های زمانی DFT در کل مدت آزمون مشخص کنید.

نکته: توان اکتیو ورودی تغذیه بخش هموارسازی ابزار اندازه‌گیری طبق تعریف استاندارد IEC 61000-4-7 همان توان ورودی اکتیو در هر پنجره زمانی DFT است.

مؤلفه‌های هارمونیک جریان و توان اکتیو ورودی باید تحت شرایط یکسان آزمون اندازه‌گیری شوند. اما نیاز به اندازه‌گیری هم‌زمان این دو پارامتر نیست.

سازنده ابزار اندازه‌گیری ممکن است هر مقدار توانی را در بازه ٪۱۰± مقدار اندازه‌گیری‌شده واقعی مشخص کند و از آن برای تعیین محدوده‌های آزمون ارزیابی انطباق استفاده کند. مقادیر اندازه‌گیری‌شده و مشخص‌شده توان، همان‌طور که در بند ۱۰-۱-۲ تعریف شد، باید در گزارش آزمون ثبت شود.

اگر مقدار توان اندازه‌گیری‌شده طی آزمون‌های انتشار (غیر از آزمون ارزیابی انطباق سازنده)، که مطابق با عبارات بند ۱۰-۱-۲ اندازه‌گیری شده است، کمتر از ٪۹۰ و بیشتر از ٪۱۱۰ مقدار توان مشخص‌شده توسط سازنده در گزارش آزمون نباشد (زیربند ۱۰-۱-۳-۵ را ببینید)، مقدار مشخص‌شده باید برای تعیین محدودیت‌ها استفاده شود. اگر مقدار اندازه‌گیری‌شده خارج از محدوده تلرانس مشخص‌شده باشد، توان اندازه‌گیری‌شده برای تعیین محدودیت‌ها استفاده خواهد شد.

۳-۱-۱۰- الزامات عمومی

۱۰-۱-۳-۱- تکرارپذیری[1]

تکرارپذیری به معنی نزدیک بودن نتایج اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان بر روی تجهیزات تحت آزمون یکسان با سیستم‌های آزمون یکسان و تحت شرایط آزمون یکسان می‌باشد. تکرارپذیریِ مقدار متوسط مؤلفه‌های هارمونیکی جریان تحت شرایط زیر در کل دوره مشاهده آزمون باید بهتر از ٪۵± از حد مجاز باشد:

- تجهیزات تحت آزمون، یکسان (نه تجهیزی از نوع دیگر ولی مشابه) باشند.

[1] Repeatability

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

- سیستم آزمون یکسان باشد.
- مکان یکسان باشد.
- شرایط آزمون یکسان باشند.
- شرایط آب و هوایی در صورت مرتبط بودن یکسان باشند.

این الزام تکرارپذیری، هدف تعریف بازه زمانی مشاهدات لازم را برآورده می‌سازد (به بند ۱۰-۱-۴ مراجعه کنید). هدف این الزام ارائه یک معیار قبول/شکست برای ارزیابی انطباق با الزامات این دستورالعمل نیست.

۱۰-۱-۳-۲- قابلیت تکثیر[1]

قابلیت تکثیر به معنی نزدیک بودن نتایج اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان بر روی تجهیزات تحت آزمون یکسان با سیستم‌های آزمون متفاوت و تحت شرایط آزمون یکسان می‌باشد. قابلیت تکثیر اندازه‌گیری‌ها بر روی تجهیز مورد آزمون یکسان با سیستم‌های آزمون مختلف نمی‌تواند به‌طور قطعی محاسبه شود تا در تمام ترکیبات احتمالی تجهیز مورد آزمون، اندازه‌گیری هارمونیک و منبع تغذیه آزمون اعمال شود. اما می‌توان تخمین زد که قابلیت تکثیر بهتر از (۱٪+۱۰ میلی‌آمپر)± باشد، که در آن ۱٪ یعنی ۱٪ از مقدار متوسط کل جریان ورودی گرفته‌شده در کل دوره مشاهده آزمون است. بنابراین، تفاوت‌هایی در نتایج که کمتر از این مقدار جریان باشند قابل اغماض تلقی می‌شود، اما در بعضی موارد مقدار بالاتری می‌تواند رخ دهد.

برای جلوگیری از تردید در چنین مواردی، نتایج آزمونی که در مکان‌های مختلف یا در موقعیت‌های متفاوت به‌دست آمده و نشان می‌دهند که همه محدودیت‌های مربوطه برآورده می‌شوند، برای اثبات انطباق مورد پذیرش خواهند بود، حتی اگر نتایج تفاوت بیشتری نسبت به مقادیری که برای تکرارپذیری و تکثیرپذیری در بالا داده شد داشته باشند.

نکته: تغییرپذیری[2] به معنی نزدیک بودن نتایج اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان بر روی نمونه‌های مختلف یک نوع از تجهیز تحت آزمون که تفاوت عمدی[3] ندارند با سیستم‌های آزمون متفاوت و تحت شرایط آزمون یکسان می‌باشد. تغییرپذیری اندازه‌گیری‌ها در تجهیزات تحت آزمون مختلف از یک نوع، بدون هیچ‌گونه اختلاف عمدی، می‌تولند

[1] Reproducibility
[2] Variability
[3] Intentional

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

توسط تلرانس عملی قطعه و دیگر عوامل مانند عکس‌العمل‌های احتمالی بین مشخصات تجهیز مورد آزمون و ابزار اندازه‌گیری یا منبع تغذیه افزایش یابد. اثر این عوامل را به همان دلایل قابلیت تکثیر نمی‌توان در این دستورالعمل تعیین کرد. پاراگراف بالا در مورد تغییرپذیری نیز به‌کار می‌رود.

۱۰-۱-۳-۳- شروع و توقف

وقتی بخشی از تجهیز، به‌صورت دستی یا به‌طور خودکار به‌کار افتاد یا از کار خارج شد، جریان‌های هارمونیکی و توان برای ۱۰ ثانیه اول بعد از وقوع کلیدزنی درنظر گرفته نمی‌شوند.

تجهیز تحت آزمون در بیش از ۱۰٪ مدت آزمون نباید در حالت آماده به‌کار[1] باشد. حالت آماده به‌کار، حالتی غیرفعال و با مصرف انرژی کم است که می‌تواند برای مدت نامحدود ادامه یابد.

۱۰-۱-۳-٤- اعمال محدودیت‌ها

میانگین مقادیر هریک از مؤلفه‌های هارمونیکی جریان در مدت کل آزمون باید کمتر یا مساوی مقادیر مجاز باشد.

برای هر مرتبه هارمونیکی، همه مقادیر RMS هارمونیک‌های جریان هموار شده ۱/۵ ثانیه، طبق تعریف بند ۱۰-۱-۲ باید الزامات زیر را برآورده سازد:

- کمتر یا برابر با ۱۵۰٪ حد مجاز باشد، یا
- درصورت وجود شرایط زیر به‌طور همزمان، کمتر یا برابر با ۲۰۰٪ حد مجاز باشد.

۴. تجهیز تحت آزمون متعلق به کلاس A باشد (مربوط به ماینرهای با جریان ورودی بیشتر از ۱۶ A)

۵. وجود هارمونیک‌های بیش از ۱۵۰٪ از حد مجاز در کمتر از ۱۰٪ از کل مدت آزمون یا مجموعاً ۱۰ دقیقه (در طول مدت آزمون)، هرکدام کوچکتر باشد، طول بکشد.

۶. میانگین مقادیر هارمونیک‌های جریان در کل مدت آزمون کمتر از ۹۰٪ حد مجاز باشد.

هارمونیک‌های جریان اندازه‌گیری‌شده کمتر از ۰/۶٪ جریان ورودی تحت شرایط آزمون، یا کمتر از ۵ mA، هرکدام بزرگتر باشند، نادیده گرفته می‌شوند.

[1] Stand-By Mode

برای هارمونیک ۲۱ام و هارمونیک‌های فرد بالاتر، مقدار میانگین به‌دست آمده برای هر هارمونیک فرد در طول مدت آزمون، که از مقادیر RMS هموار شده ۱/۵ ثانیه مطابق با بند ۱۰-۱-۲ محاسبه شده است، با شرایط زیر می‌تواند تا ۵۰٪ از حد مجاز بیشتر شود:

۳. جریان هارمونیک فرد جزئی (POHC[1]) اندازه‌گیری‌شده از جریان هارمونیک فرد جزئی که می‌توان از حدود مجاز با استفاده از رابطه زیر محاسبه کرد فراتر نرود.

$$POHC = \sqrt{\sum_{h=21,23}^{39} I_h^2}$$

۴. تمام مقادیر RMS هریک از مؤلفه‌های هارمونیکی هموار شده ۱/۵ ثانیه باید کمتر یا مساوی ۱۵۰٪ حد مجاز باشند.

این معافیت‌ها (استفاده از جریان هارمونیک فرد جزئی برای مقادیر متوسط و حد ۲۰۰٪ کوتاه مدت برای مقادیر هموار شده ۱/۵ ثانیه) از یکدیگر جدا هستند و نمی‌توانند با هم استفاده شوند.

۱۰-۱-۳-۵- گزارش آزمون

گزارش آزمون ممکن است بر اساس اطلاعاتی باشد که سازنده به مرکز آزمون ارائه کرده است یا سندی شامل جزئیات آزمون‌های خود سازنده باشد. این گزارش باید شامل تمام اطلاعات مرتبط برای شرایط آزمون، مدت زمان مشاهده آزمون و زمان بررسی محدودیت‌ها، توان اکتیو یا جریان مؤلفه‌ی اصلی و ضریب توان باشد.

۱۰-۱-۴- مدت مشاهده آزمون

دوره‌های مشاهده (T_{obs}) برای چهار گروه از تجهیزات با رفتار متفاوت در جدول ۱۰-۱ آمده است.

۱۰-۱-۵- فرم ثبت نتایج آزمون

با توجه به زیربند ۵-۱-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰، بسته به اینکه توان مصرفی ماینر کمتر یا مساوی 600 W و یا بیشتر از 600 W باشد، مرتبه هارمونیک‌هایی که باید در زمان انجام آزمون ثبت و اندازه‌گیری شوند در جداول ۲-۲ و ۲-۳ آورده شده است:

[1] Partial Odd Harmonic Current

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

جدول ۱۰-٤- مدت مشاهده آزمون

نوع رفتار تجهیز	مدت مشاهده
شبه ثابت[1]	T_{obs} مدت زمان کافی برای تأمین الزامات تکرارپذیری در زیربند ۱۰-۱-۳-۱
سیکل کوتاه ($T_{cycle} \leq 2.5$ min)	۱۰ سیکل$\geq T_{obs}$ (روش مرجع) یا T_{obs} مدت زمان کافی یا سنکرون‌سازی برای تأمین الزامات تکرارپذیری در زیربند ۱۰-۱-۳-۱
تصادفی	T_{obs} مدت زمان کافی برای تأمین الزامات تکرارپذیری در زیربند ۱۰-۱-۳-۱
سیکل بلند ($T_{cycle} > 2.5$ min)	سیکل برنامه کامل تجهیز (روش مرجع) یا برای نمونه یک دوره ۲/۵ دقیقه که سازنده به‌عنوان دوره کاری با بالاترین THC درنظر گرفته است
سنکرون‌سازی یعنی کل دوره مشاهده به اندازه کافی نزدیک به یک مضرب صحیح دقیق از سیکل‌های تجهیز باشد به‌گونه‌ای که الزامات تکرارپذیری در زیربند ۱۰-۱-۳-۱برآورده شود.	

جدول ۱۰-۵- جدول ثبت هارمونیک‌های جریان در ماینرهای با جریان ورودی کمتر یا مساوی ۱٦ A و توان کمتر یا مساوی ٦۰۰ W

مرتبه هارمونیک (h)	جریان هارمونیکی اندازه‌گیری شده (A)
۳	
۵	
۷	
۹	
۱۱	
۱۳≤h≤۳۹(فقط هارمونیک‌های فرد)	

[1] Quasi-Stationary

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

جدول ۱۰-٦- جدول ثبت هارمونیک‌های جریان در ماینرهای با جریان ورودی کمتر یا مساوی ۱٦ A و توان بیشتر از ٦۰۰ W

مرتبه هارمونیک (h)	جریان هارمونیکی اندازه‌گیری شده (A)
هارمونیک‌های فرد	
۳	
۵	
۷	
۹	
۱۱	
۱۵≤h≤۳۹	
هارمونیک‌های زوج	
۲	
۴	
۶	
۸≤h≤۴۰	

۲-۱۰- آزمون‌های هارمونیک‌های جریان در ماینرهای با جریان ورودی بیشتر از ۱٦ A تا ۷۵ A

همان‌طور که در زیربند ۶-۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ نیز اشاره شده است، آزمون‌های مربوط به جریان هارمونیکی این نوع ماینرها بر اساس بند ۷ استاندارد IEC 61000-3-12 انجام می‌شوند. این استاندارد برای تجهیزاتی است که به سیستم‌های فشار ضعیف وصل می‌شوند و در سطح فشارضعیف با شبکه عمومی ارتباط دارند. این استاندارد به تجهیزاتی که تنها به سیستم‌های فشارضعیف خصوصی وصل می‌شوند و فقط در سطح فشار متوسط یا فشار قوی با شبکه عمومی ارتباط دارند اعمال نمی‌شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۱-۲-۱۰- شرایط اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان

مقدار میانگین جریان RMS ورودی بایستی با استفاده از روش متوسط‌گیری تعریف‌شده در زیربند ۱۰-۲-۱-۲ برای هارمونیک‌های جریان اندازه‌گیری شود. اندازه‌گیری باید تحت شرایط مشخص‌شده در زیربند ۱۰-۲-۲-۴ انجام شوند.

سازنده ممکن است هر مقدار جریان RMS در محدوده ۱۰٪± مقدار واقعی اندازه‌گیری‌شده را مشخص کند و از آن به‌عنوان جریان مرجع برای آزمون ارزیابی انطباق سازنده اصلی استفاده کند. مقادیر اندازه‌گیری‌شده و مشخص‌شده جریان، همان‌طور که در این بند تعریف می‌شوند، باید در گزارش آزمون ثبت شوند.

برای آزمون‌های انتشار به‌غیر از آزمون ارزیابی انطباق سازنده اصلی، مقدار جریان مرجع باید به‌صورت زیر تعیین شود. اگر مقدار میانگین جریان RMS ورودی اندازه‌گیری‌شده در طول این آزمون‌های انتشار مطابق با عبارات این زیربند، کمتر از ۹۰٪ یا بیشتر از ۱۱۰٪ مقدار جریان مشخص‌شده توسط سازنده در گزارش آزمون نباشد (زیربند ۱۰-۲-۴-۱ را ببینید)، جریان مرجع برابر با مقدار مشخص‌شده است. اگر مقدار جدید اندازه‌گیری‌شده خارج از این باند تلرانس در محدوده مقدار مشخص‌شده باشد، جریان مرجع برابر با مقدار جدید اندازه‌گیری‌شده است.

۱۰-۲-۱-۱- عمومی

در همه انواع اتصالات توان و بار، حدود هارمونیک‌های جریان برای تجهیز به جریان‌های خط اعمال می‌شود.

۱۰-۲-۱-۲- روند اندازه‌گیری

اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان باید به‌صورت زیر انجام شود:

- برای هر مرتبه هارمونیک، جریان RMS هموار شده ۱/۵ ثانیه را در هر پنجره زمانی تبدیل فوریه گسسته (DFT) مطابق تعریف IEC 61000-4-7 اندازه‌گیری کنید.
- برای هر مرتبه هارمونیک، میانگین حسابی مقادیر اندازه‌گیری‌شده از پنجره‌های زمانی DFT را در کل مدت مشاهده آزمون مطابق زیربند ۱۰-۲-۱-۷ محاسبه کنید.

شرایط آزمون برای اندازه‌گیری یا محاسبه هارمونیک‌های جریان در بند ۱۰-۲-۲ آورده شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۱۰-۲-۱-۳- تکرارپذیری

تکرارپذیریِ مقدار متوسط مؤلفه‌های هارمونیکی جریان تحت شرایط زیر در کل دوره مشاهده آزمون باید بهتر از ٪۵± از حد مجاز باشد:

- تجهیزات تحت آزمون یکسان (نه تجهیزی از نوع دیگر ولی مشابه) باشند.
- شرایط آزمون یکسان باشند.
- سیستم آزمون یکسان باشد.
- شرایط آب و هوایی در صورت مرتبط بودن یکسان باشند.

توجه: این الزام تکرارپذیری، هدف تعریف مدت مشاهده لازم را برآورده می‌سازد (به زیربند ۱۰-۲-۱-۷ مراجعه کنید). هدف این الزام ارائه یک معیار قبول/شکست برای ارزیابی انطباق با الزامات این دستورالعمل نیست.

۱۰-۲-۱-٤- شروع و توقف

وقتی بخشی از تجهیز، به‌صورت دستی یا به‌طور خودکار به‌کار افتاد یا از کار خارج شد، جریان‌های هارمونیکی و توان برای ۱۰ ثانیه اول بعد از وقوع کلیدزنی، یا تا زمانی که تجهیز به‌طور کامل روشن یا خاموش شود، هرکدام بزرگتر باشد، درنظر گرفته نمی‌شوند.

تجهیز تحت آزمون در بیش از ٪۱۰ مدت آزمون نباید در حالت آماده به‌کار باشد.

۱۰-۲-۱-۵- اعمال محدودیت‌ها

مقدار میانگین هریک از مؤلفه‌های هارمونیکی جریان در مدت کل آزمون باید کمتر یا مساوی مقادیر مجاز باشد.

برای هر مرتبه هارمونیکی، همه مقادیر RMS هارمونیک‌های جریان هموار شده ۱/۵ ثانیه، طبق تعریف زیربند ۱۰-۲-۱-۲ باید کمتر یا مساوی با ٪۱۵۰ محدودیت‌های قابل اعمال باشد.

برای محاسبه THC و PWHC، از مؤلفه‌های هارمونیک جریان کمتر از ٪۱ جریان مرجع صرف‌نظر می‌شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۱۰-۲-۱-۶- گزارش آزمون

گزارش آزمون ممکن است بر اساس اطلاعاتی باشد که سازنده به مرکز آزمون ارائه کرده است یا سندی شامل جزئیات آزمون‌های خود سازنده باشد. این گزارش باید شامل تمام اطلاعات مرتبط برای شرایط آزمون، مدت مشاهده آزمون و تعیین جریان مرجع نشان‌دهنده انطباق با این دستورالعمل باشد.

گزارش آزمون باید شامل موارد زیر باشد:

- مقادیر جریان ورودی اندازه‌گیری‌شده و مشخص‌شده توسط سازنده برای تعیین جریان مرجع (I_{ref})، مطابق بند ۱-۲-۱۰.
- نسبت اتصال کوتاه مورد استفاده برای محاسبه یا آزمون
- حداقل نسبت اتصال کوتاه مورد نیاز
- توضیحی در مورد جدول اعمالی (یعنی نوع تجهیز)

۱۰-۲-۱-۷- مدت مشاهده آزمون

دوره‌های مشاهده (T_{obs}) برای چهار گروه از تجهیزات با رفتار متفاوت در جدول ۱۰-۱ آمده است.

۱۰-۲-۲- شرایط آزمون و شبیه‌سازی

۱۰-۲-۲-۱- عمومی

مطابق با این استاندارد با استفاده از هر دو روش زیر می‌توان هارمونیک‌ها را تعیین کرد:

۳) اندازه‌گیری مستقیم (زیربند ۱۰-۲-۲-۲)

۴) محاسبه با شبیه‌سازی معتبر (زیربند ۱۰-۲-۲-۳)

هنگامی که انجام آزمون مستقیم یا شبیه‌سازی به‌منظور بررسی میزان انتشار هارمونیک تجهیز توسط نهادی غیر از سازنده تجهیز انجام می‌شود، آزمون مستقیم یا شبیه‌سازی باید با استفاده از شرایط مستند در گزارش آزمون شرکت سازنده انجام شود. آزمون‌های مستقیم باید با آزمون‌های مستقیم اعتبارسنجی شوند و شبیه‌سازی‌ها یا با بازبینی یا از طریق انجام شبیه‌سازی‌های جدید که شرایط شبیه‌سازی انجام‌شده توسط سازنده را تکرار می‌کنند اعتبارسنجی می‌شوند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۱۰-۲-۲-۲- الزامات برای اندازه‌گیری مستقیم

به‌عنوان اولین مرحله در فرآیند اندازه‌گیری، سازنده باید یک مقدار آزمایشی R_{sce} (نسبت اتصال کوتاه) را براساس دانش طراحی محصول انتخاب کند به‌گونه‌ای که انطباق تجهیز با الزامات جدول مربوطه امکان‌پذیر باشد. آنگاه منبع تغذیه باید شرایط زیر را داشته باشد:

۷. ولتاژ خروجی U باید برابر ولتاژ نامی تجهیز باشد. اگر یک محدوده ولتاژ مشخص شده باشد، ولتاژ خروجی باید مطابق استاندارد IEC 60038 معادل ولتاژ نامی سیستم باشد (به‌عنوان مثال: ۱۲۰V یا ۲۳۰ V برای تک‌فاز یا ۴۰۰V خط به خط برای سه‌فاز).

۸. هنگام انجام اندازه‌گیری‌ها، ولتاژ خروجی باید در محدوده ٪ ۲± و فرکانس در محدوده ٪ ۰/۵± مقدار نامی حفظ شود.

۹. در صورت تغذیه سه‌فاز، عدم تعادل ولتاژ باید کمتر از ۵۰٪ حد عدم تعادل ولتاژ ذکر شده در استاندارد-IEC 61000 2-2 باشد.

۱۰. نسبت‌های هارمونیکی ولتاژ خروجی U در شرایط بدون بار نباید بیش از مقادیر زیر باشد:

۱.۵٪ برای هارمونیک مرتبه پنجم

۱.۲۵٪ برای هارمونیک مرتبه سوم و هفتم

۰.۷٪ برای هارمونیک مرتبه یازدهم

۰.۶٪ برای هارمونیک مرتبه نهم و سیزدهم

۰.۴٪ برای هارمونیک‌های زوج مرتبه دوم تا دهم

۰.۳٪ برای هارمونیک مرتبه دوازدهم و چهاردهم تا چهلم

۱۱. برای استفاده از جدول‌های ۳ و ۴ زیربند ۵-۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰، امپدانس منبع تغذیه به‌گونه‌ای است که R_{sce} برابر یا بیشتر از R_{scemin} است. R_{scemin} مقدار مورد انتظار برای ایجاد انطباق تجهیز، با قرار دادن راکتورهای احتمالی می‌باشد.

برای اســتفاده از جدول‌های ۵ و ۶ زیربند ۵-۱-۲ اســتاندارد ملی ایران شــماره ۱-۲۲۸۴۰، امپدانس منبع تغذیه به‌گونه‌ای است که R_{sce} برابر یا بیشتر از ۱/۶برابر R_{scemin} است. R_{scemin} مقدار مورد انتظار برای ایجاد انطباق تجهیز، با قرار دادن راکتورهای احتمالی می‌باشد.

توجه: ضریب ۱/۶ درنظر گرفته‌شده مبتنی بر این واقعیت است که اگر یک تجهیز به یک منبعی با مقدار R_{sce} بالاتر از R_{scemin} متصل باشد، انتشار هارمونیک‌های جریان افزایش می‌یابد.

۱۲. امپدانس قسمت سنجش جریان و سیم‌کشی هم در امپدانس منبع تغذیه منظور می‌شود.

توجه: مقادیر امپدانس و اعوجاج فوق‌الذکر به‌عنوان مصالحه‌ای با درنظر گرفتن این نکته انتخاب شده است که منابع تغذیه با کیفیت بالا که ظرفیت جریان بسیار بالایی داشته باشند بسیار نادر هستند. تکرارپذیری نتایج، با استفاده از منابع تغذیه مختلف، با مقادیر اعوجاج و امپدانس فوق‌الذکر می‌تواند بسیار ضعیف باشد. تکرارپذیری با استفاده از منبع تغذیه یکسان اینقدر ضعیف نیست. اگر اصلاً امکان‌پذیر نبود، یک منبع تغذیه با اعوجاج و امپدانس کمتر باید استفاده شود.

اگر انطباق با مقدار آزمایشی R_{scemin} حاصل نشود، مقدار بالاتری از R_{scemin} باید انتخاب شود و آزمون تکرار می‌شود، تا زمانی که مقدار R_{scemin} منطبق پیدا شود. این مقدار نهایی به‌عنوان حداقل مقدار R_{sce} استفاده خواهد شد.

الزامات ابزار اندازه‌گیری و ساختار آزمون اندازه‌گیری هارمونیک باید مطابق استاندارد IEC 61000-4-7 باشد.

جریان‌های تجهیز متعادل سه‌فاز می‌تواند فقط در یکی از فازها اندازه‌گیری شود، اما در صورت تردید به نامتعادلی تجهیز، هر سه‌فاز باید آزمایش شود. برای تجهیزات متصل به منبع تغذیه تک‌فاز، مجاز است که اندازه‌گیری جریان در هادی خنثی به‌جای جریان در خط انجام شود. اندازه‌گیری‌ها باید در نقطه اتصال منبع و تجهیز تحت آزمون انجام شود.

۱۰-۲-۲-۳- الزامات شبیه‌سازی

ارزیابی میزان انتشار هارمونیک‌های جریان و حداقل مقدار R_{sce} مربوطه می‌تواند با شبیه‌سازی رایانه‌ای تجهیز مورد نظر انجام شود. این روش هنگامی می‌تواند استفاده شود که الزامات مندرج در زیربند ۱۰-۲-۲-۲ در مورد منبع تغذیه نتواند تأمین شود. به‌منظور تأیید نتایج، مراحل زیر انجام می‌شود:

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۴. اندازه‌گیری در شرایط آزمایشگاهی عادی طبق زیربند ۱۰-۲-۲-۲، با احتمال اعوجاج ولتاژ بالاتر انجام شود، به‌شرطی که سطح هارمونیک بیش از حد مجاز در استاندارد IEC 61000-2-4 برای کلاس ۳ نباشد. این اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که تجهیز با محدودیت‌های مربوطه مطابقت دارد.

طیف ولتاژ در طول آزمون و همچنین امپدانس منبع تغذیه (مقدار در فرکانس اصلی، هم به‌طور مستقیم و هم غیرمستقیم برحسب قدرت اتصال کوتاه، شامل امپدانس قسمت سنجش جریان و سیم‌کشی) باید ثبت شود.

۵. شبیه‌سازی تجهیز با نرم‌افزار سازنده و روش‌های زیر انجام می‌شود:

مقادیر اندازه‌گیری‌شده از طیف ولتاژ و امپدانس منبع به‌عنوان پارامترهای ورودی شبیه‌سازی درنظر گرفته می‌شوند. جریان‌های هارمونیکی که توسط این شبیه‌سازی محاسبه شده با نتایج اندازه‌گیری قسمت ۱ مقایسه می‌شوند. اگر نتایج حاصل از شبیه‌سازی با نتایج اندازه‌گیری بیش از مقادیر زیر تفاوت نداشته باشند، شبیه‌سازی مورد تأیید است:

- یا ۲٪± جریان مرجع
- یا ۱۰٪±

برای هر هارمونیک جریان $(h \leq 13)$ هرکدام بزرگتر باشد.

توجه: فناوری فعلی به شبیه‌سازی‌ها اجازه نمی‌دهد تا دقت بالایی در هارمونیک‌های مرتبه بالا داشته باشند. بنابراین تعیین حدود تلرانس برای مقایسه شبیه‌سازی و اندازه‌گیری در این حالت غیرعملی است. در انجام مقایسه بین نتایج اندازه‌گیری و نتایج شبیه‌سازی، به سازنده توصیه می‌شود تا مقادیر هارمونیک تا مرتبه ۴۰ را اندازه گرفته و هرگونه انحراف بین نتایج اندازه‌گیری و شبیه‌سازی را درنظر بگیرد. با این وجود، نیاز به اعتبارسنجی شبیه‌سازی برای مؤلفه‌های هارمونیکی بالاتر از مرتبه ۱۳ نیست. برای سازنده‌ای که انحرافات قابل توجه در مؤلفه‌های هارمونیکی بالاتر از مرتبه ۱۳ داشته باشد، این ریسک وجود دارد که محصول در عمل با محدودیت‌ها انطباق نداشته باشد.

هارمونیک‌های اندازه‌گیری شده کمتر از ۱٪ جریان مرجع، برای تأیید کردن نتایج شبیه‌سازی مقایسه نمی‌شوند.

۶. شبیه‌سازی با ولتاژ تغذیه متعادل، سینوسی خالص و امپدانس سلفی خالص تکرار می‌شود.

برای استفاده از جداول ۳ و ۴ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰، امپدانس باید متناظر با یک R_{sce} بزرگتر یا مساوی با مقدار آزمایشی R_{scemin} (به زیربند ۱۰-۲-۲-۲ مراجعه کنید) باشد که انتظار می‌رود انطباق تجهیز را میسر سازد.

برای استفاده از جدول ۵ یا جدول ۶ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰، امپدانس باید متناظر با یک R_{sce} بزرگتر یا مساوی با ۱/۶برابر مقدار آزمایشی R_{scemin} باشد که انتظار می‌رود انطباق تجهیز را میسر سازد.

فرض می‌شود که نتایج حاصل از این شبیه‌سازی دوم، هارمونیک‌های جریان مربوطه برای به‌دست آوردن حداقل مقدار R_{sce} از جداول ۳ تا ۶ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ باشد. با این وجود، اگر با مقدار آزمایشی R_{scemin} انطباق حاصل نشود، مقدار بزرگتری برای R_{scemin} باید انتخاب شود و شبیه‌سازی تکرار شود، تا یک مقدار R_{scemin} پیدا شود که انطباق تجهیز حاصل شود. این مقدار نهایی به‌عنوان حداقل مقدار R_{sce} در زیربند ۵-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ استفاده می‌شود.

۱۰-۲-۲-٤- شرایط عمومی برای آزمون و شبیه‌سازی

آزمون‌های انتشار باید با تنظیمات کنترل عملکرد کاربر یا تنظیم برنامه‌های خودکار تجهیز در حالتی انجام شود که انتظار می‌رود حداکثر هارمونیک جریان کل (THC) درشرایط عملکرد عادی تولید شود. این شرایط تنظیمات تجهیز در طول آزمون‌های انتشار را تعریف می‌کند و الزامی برای انجام تحقیقات برای بدترین حالت انتشار نیست.

۱۰-۲-۳- فرم ثبت نتایج آزمون

با توجه به زیربند ۵-۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰، بسته به اینکه ماینر تک‌فاز یا سه‌فاز متعادل در شرایط عادی باشد، مرتبه هارمونیک‌هایی که باید در زمان انجام آزمون ثبت و اندازه‌گیری شوند در جداول ۱۰-۴ و ۱۰-۵ آورده شده است. اما در شرایط خاصی که در زیربند 5.2 استاندارد IEC 61000-3-12 با عناوین a، b، c، d، e و f تعریف شده‌اند، از جداول ۱۰-۶ و ۱۰-۷ استفاده می‌شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

جدول ۱۰-۷- جدول ثبت هارمونیک‌های جریان در ماینرهای تک‌فاز با جریان ورودی بیشتر از ۱۶ A تا و خود ۷۵ A

حداقل R_{sce}	جریان هارمونیکی تکی					
	I_3	I_5	I_7	I_9	I_{11}	I_{13}
۳۳						
۶۶						
۱۲۰						
۲۵۰						
≤۳۵۰						

جدول ۱۰-۸- جدول ثبت هارمونیک‌های جریان در ماینرهای سه‌فاز متعادل با جریان ورودی در هر فاز بیشتر از ۱۶ A تا و خود ۷۵ A در شرایط عادی

حداقل R_{sce}	جریان هارمونیکی تکی			
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}
۳۳				
۶۶				
۱۲۰				
۲۵۰				
≤۳۵۰				

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

جدول ۱۰-۹- جدول ثبت هارمونیک‌های جریان در ماینرهای سه‌فاز متعادل با جریان ورودی در هر فاز بیشتر از ۱۶ A تا و خود ۷۵ A در شرایط معین (a,b,c)

حداقل R_{sce}	جریان هارمونیکی تکی			
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}
۳۳				
≤۱۲۰				

جدول ۱۰-۱۰- جدول ثبت هارمونیک‌های جریان در ماینرهای سه‌فاز متعادل با جریان ورودی در هر فاز بیشتر از ۱۶ A تا و خود ۷۵ A در شرایط معین (d,e,f)

حداقل R_{sce}	جریان هارمونیکی تکی											
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}	I_{17}	I_{19}	I_{23}	I_{25}	I_{29}	I_{31}	I_{35}	I_{37}
۳۳												
≤۲۵۰												

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

فصل ۱۱: تدوین پیش‌نویس دستورالعمل‌های آزمون نوسانات ولتاژ و فلیکر

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

مقدمه

در این بخش، آزمون‌های مربوط به فلیکر و تغییرات ولتاژ ماینرها، بر مبنای دسته‌بندی مورد اشاره در زیربند ۶-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ ارائه می‌شوند. توجه داشته باشید که این روش‌ها برای انواع تجهیزات الکتریکی مشترک بوده و به همین دلیل در اکثر موارد از عبارت تجهیز تحت آزمون استفاده می‌شود. تنها در موارد خاص که روش یا نیازمندی مختص ماینرها باشد، در متن تصریح شده است.

این بخش از استاندارد که از IEC 61000-3-3 استخراج شده است در رابطه با محدودیت نوسانات ولتاژ و فلیکر بر روی سیستم فشار ضعیف عمومی است. در زیربند ۵-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ حدود تغییرات ولتاژی که ممکن است توسط یک تجهیز در شرایط مشخص آزمون تولید شود تعیین شده و راهنمای روش‌های ارزیابی در این دستورالعمل ارائه می‌شود.

استانداردهای IEC 61000-3-3 و IEC 61000-3-11 الزامات اندازه‌گیری، الزامات منبع تغذیه AC، الزامات امپدانس خط و محدوده‌های نوسان ولتاژ و فلیکر را برای ارزیابی تجهیزات الکترونیکی و الکتریکی به‌ترتیب با جریان کمتر از ۱۶ A و جریان از ۱۶ A تا ۷۵ A تعریف می‌کنند. انطباق با این استانداردها تضمین می‌کند که نوسانات ولتاژ با سایر تجهیزات متصل به شبکه AC تداخل نداشته یا باعث سوسو زدن آشکار لامپ‌های رشته‌ای به‌گونه‌ای نمی‌شود که سبب اذیت یا خطر سلامتی برای انسان‌ها شود.

۱-۱۱- ارزیابی تغییرات ولتاژ، نوسانات ولتاژ و فلیکر

۱-۱-۱۱- ارزیابی تغییرات نسبی ولتاژ، d(t)

برای ارزیابی فلیکر، باید به مشخصات تغییر ولتاژ در ترمینال‌های تجهیز تحت آزمون توجه شود. این تغییر ولتاژ، اختلاف ولتاژ ($\Delta U_{hp}(t)$) بین دو مقدار ولتاژ یک فاز در دو لحظه متوالی $U_{hp}(t_1)$ و $U_{hp}(t_2)$ است.

$$\Delta U_{hp}(t) = U_{hp}(t_2) - U_{hp}(t_1) \qquad (۳-۱)$$

مقادیر RMS ولتاژهای $U_{hp}(t_1)$ و $U_{hp}(t_2)$ باید اندازه‌گیری یا محاسبه شود. هنگام گرفتن مقادیر RMS از شکل‌موج‌های اسیلوگرافی باید تمام اعوجاجات شکل موج درنظر گرفته شود. تغییر ولتاژ در پایانه‌های تجهیز تحت آزمون (ΔU) به‌دلیل تغییر افت ولتاژ روی امپدانس مرجع مختلط (Z) ناشی از تغییر مؤلفه اصلی جریان مختلط ورودی (ΔI) تجهیز تحت آزمون است. ΔI_P و ΔI_q به‌ترتیب قسمت‌های اکتیو و راکتیو تغییرات جریان (ΔI) هستند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

$$\Delta I=\Delta I_P\text{-}j\Delta I_q= I(t_1)- I(t_2) \quad (۳-۲)$$

نکته ۱: علامت I_q برای جریان‌های پس‌فاز، مثبت و برای جریان‌های پیش‌فاز، منفی است.

نکته ۲: اگر اعوجاجات هارمونیکی جریان $I(t_1)$ و $I(t_2)$ کمتر از ۱۰٪ باشد، مقدار RMS کل می‌تواند به‌جای مقادیر RMS جریان‌های مؤلفه اصلی آنها اعمال شود.

نکته ۳: برای تجهیزات تک‌فاز و سه‌فاز متقارن تغییر ولتاژ می‌تواند تقریباً به‌صورت زیر باشد، به‌شرطی که X مثبت (سلفی) باشد:

$$\Delta U_{hp}(t) = \left|\Delta I_P R + \Delta I_q X\right| \quad (۳-۳)$$

که ΔI_P و ΔI_q به‌ترتیب قسمت‌های اکتیو و راکتیو تغییر جریان (ΔI) بوده و R و X المان‌های امپدانس مرجع مختلط (Z) هستند که در شکل ۱۱-۱ نشان داده شده است.

نکته ۱: المان‌ها شامل امپدانس واقعی ژنراتور می‌باشند.

نکته ۲: وقتی امپدانس منبع به‌درستی تعریف نشده است، زیربند ۱۱-۲-۲-۲ را ببینید.

نکته ۳: عموماً، بارهای سه‌فاز متعادل بوده، و می‌توان از R_N و X_N صرف‌نظر کرد، چون جریانی در سیم خنثی وجود ندارد.

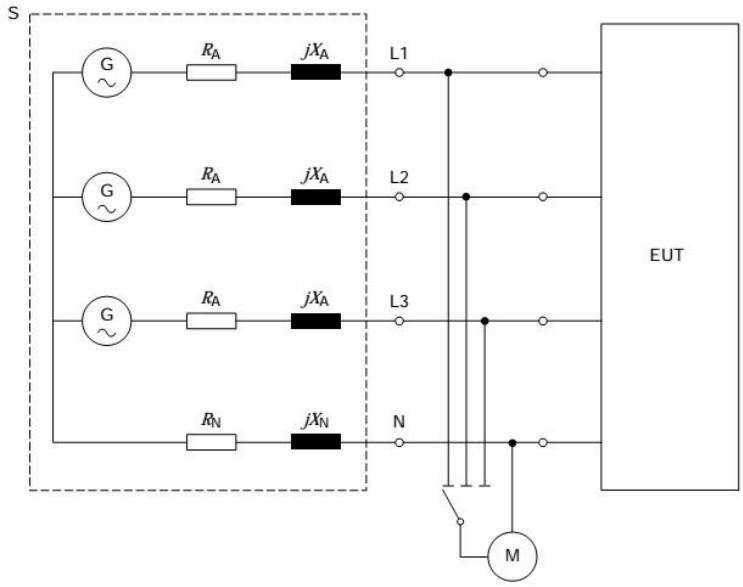
تغییر ولتاژ نسبی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$d=\Delta U_{hp}/U_n \quad (۳-۴)$$

ارزیابی $d_{max,i}$، به محض ایجاد یک شرایط حالت دائمی جدید یا در پایان دوره مشاهده به پایان می‌رسد. قطبیت[1] تغییر(ات) می‌تواند به‌صورت زیر مشخص شود: اگر حداکثر انحراف ولتاژ در طول زمان یک کاهش ولتاژ نسبت به $d_{end,i}$ قبلی مشاهده شود، مقدار $d_{max,i}$ حاصل مثبت است. اگر حداکثر انحراف ولتاژ در طول زمان یک افزایش ولتاژ نسبت به $d_{end,i}$ قبلی مشاهده شود، مقدار $d_{max,i}$ حاصل منفی است.

[1] Polarity

DOI: 10.30503/nripress.2020.284



G: منبع ولتاژ مطابق زیربند ۱۱-۲-۱-۳

EUT: تجهیز تحت آزمون

M: تجهیز اندازه‌گیری

S: منبع تغذیه شامل منبع ولتاژ G و امپدانس مرجع Z با مشخصات زیر:

$R_A = 0.24\ \Omega \quad jX_A = 0.15\ \Omega$ در ۵۰ Hz

$R_N = 0.16\ \Omega \quad jX_N = 0.10\ \Omega$ در ۵۰ Hz

شکل ۱۱-۹- شبکه مرجع برای منابع تغذیه تک‌فاز و سه‌فاز برگرفته از منبع چهار سیمه، سه‌فاز

۱۱-۱-۲- ارزیابی مقدار کوتاه مدت فلیکر، P_{st}

۱۱-۱-۲-۱- کلیات

جدول ۱۱-۱ روش‌های مناسب برای ارزیابی P_{st} ناشی از انواع مختلف نوسانات ولتاژ را نشان می‌دهد. در همه موارد، اندازه‌گیری مستقیم (با یک فلیکرمتر) قابل قبول است.

در ادامه هریک از این روش‌های ارزیابی به اختصار تشریح می‌شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۱۱-۱-۲-۲- فلیکرمتر

تمام انواع نوسانات ولتاژ را می‌توان از طریق اندازه‌گیری مستقیم با استفاده از یک فلیکرمتر مطابق مشخصات آورده شده در استاندارد IEC 61000-4-15:2010 ارزیابی کرد. فلیکرمتر باید طبق توضیحات این استاندارد متصل شود. این روش به‌عنوان روش مرجع برای اعمال محدودیت‌ها شناخته می‌شود.

جدول ۱۱-۱- روش ارزیابی

انواع نوسانات ولتاژ	روش ارزیابی P_{st}
تمام نوسانات ولتاژ (ارزیابی برخط)	فلیکرمتر
تمام نوسانات ولتاژی که U(t) مشخص است	شبیه‌سازی
مشخصات تغییر ولتاژ مطابق با شکل‌های ۱۱-۲ تا ۱۱-۴ با نرخ رخداد کمتر از ۱ مورد در هر ثانیه	تحلیل
تغییر ولتاژ مستطیلی در فواصل زمانی یکسان	استفاده از منحنی $\boldsymbol{P_{st}=1}$ شکل ۱۱-۶

۱۱-۱-۲-۳- روش شبیه‌سازی

در مواردی که مشخصه تغییر ولتاژ نسبی d(t) معلوم باشد، P_{st} را می‌توان با استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری ارزیابی کرد.

۱۱-۱-۲-٤- روش تحلیلی

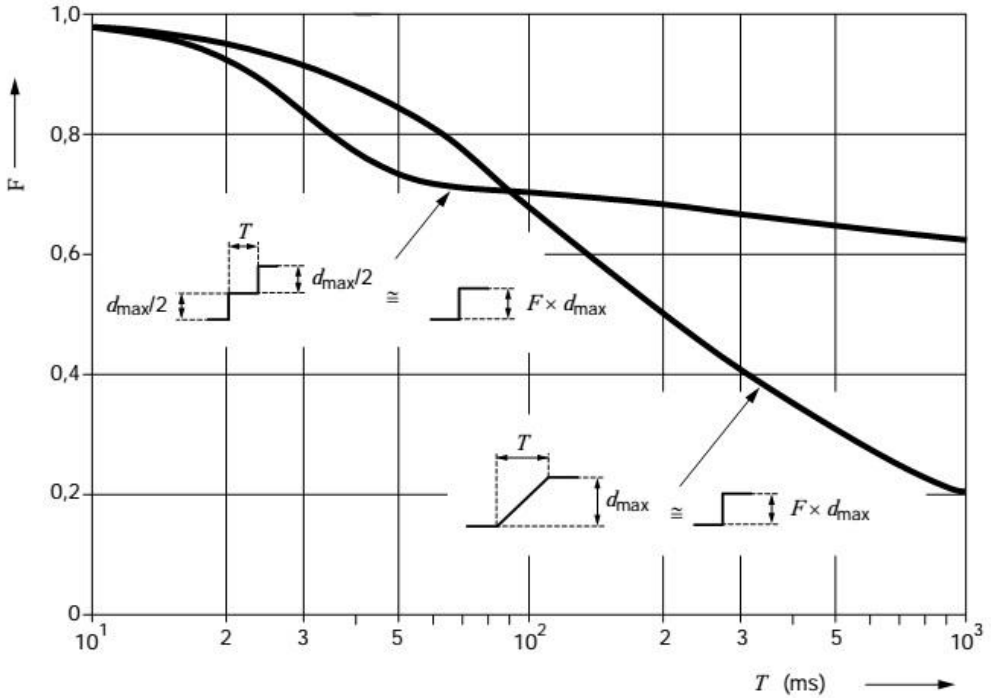
الف) کلیات

برای انواع مشخصه‌های تغییر ولتاژ نشان داده شده در شکل‌های ۱۱-۲، ۱۱-۳ و ۱۱-۴، مقدار P_{st} را می‌توان توسط یک روش تحلیلی با استفاده از روابط (۳-۵) و (۳-۶) ارزیابی کرد.

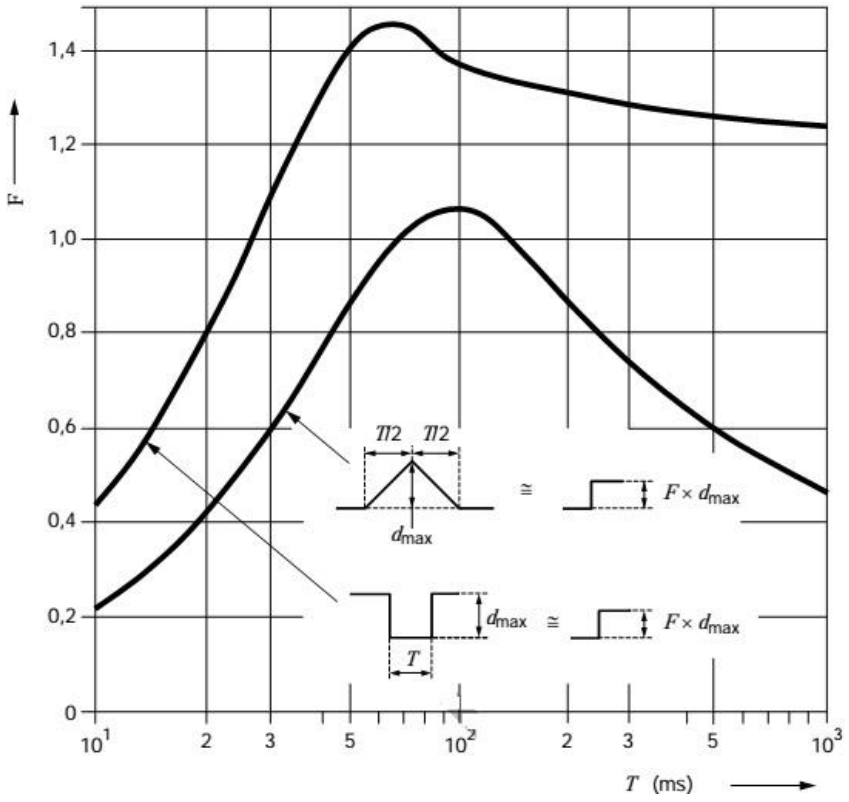
نکته ۱: انتظار می‌رود مقدار P_{st} به‌دست آمده با استفاده از این روش بین ۱۰٪± نتیجه‌ای باشد که با اندازه‌گیری مستقیم (روش مرجع) به‌دست می‌آید.

نکته ۲: اگر مدت زمان بین پایان یک تغییر ولتاژ و شروع بعدی کمتر از ۱ ثانیه باشد، از این روش استفاده نمی‌شود.

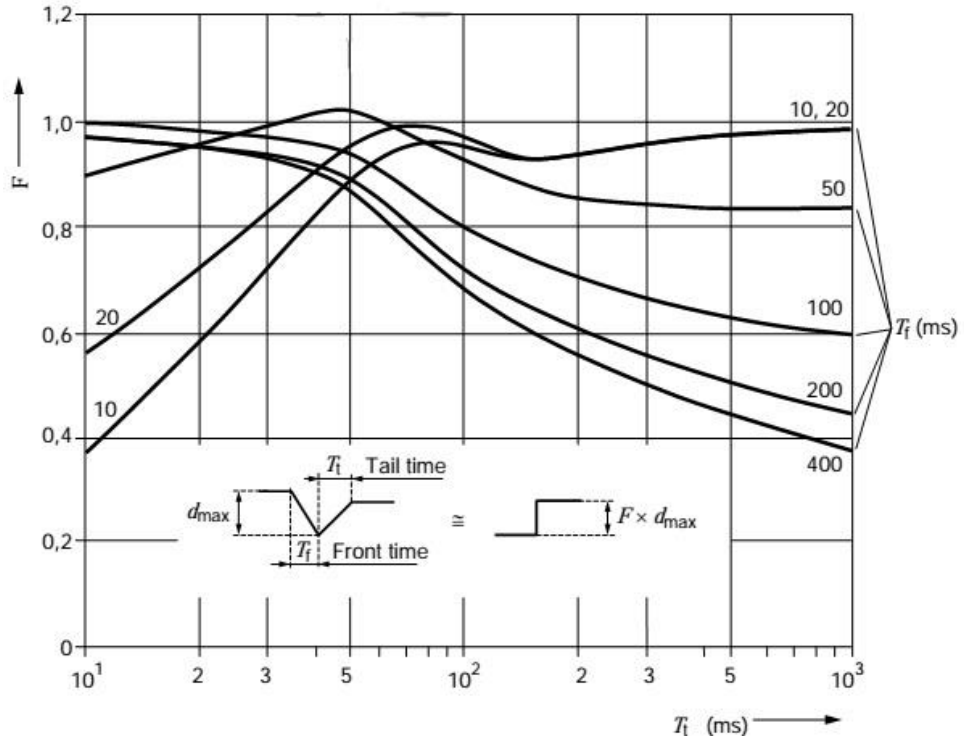
DOI: 10.30503/nripress.2020.284



شکل ۱۱-۱۰- ضریب‌های شکل (F) برای مشخصه‌های ولتاژ دو پله‌ای و شیب‌دار



شکل ۱۱-۱۱- ضریب‌های شکل (F) برای مشخصه‌های ولتاژ مثلثی و مستطیلی



شکل ۱۱-۱۲- ضریب‌های شکل (F) برای مشخصه‌های ولتاژ راه‌اندازی موتور با داشتن زمان‌های مختلف

ب) شرح روش تحلیلی

هر مشخصه تغییر ولتاژ نسبی باید توسط یک زمان تأثیر[1] فلیکر (t_f) برحسب ثانیه بیان شود.

$$t_f = 2.3(Fd_{max})^{3.2} \qquad (۳-۵)$$

که در آن حداکثر تغییر ولتاژ نسبی d_{max} به‌عنوان درصدی از ولتاژ نامی (U_n) بیان می‌شود و ضریب شکل[2] (F) با شکل مشخصه تغییر ولتاژ ارتباط دارد (به زیربند ۱۱-۱-۲-۴ قسمت ج مراجعه کنید).

مبنای ارزیابی P_{st}، مجموع زمان‌های تأثیر فلیکر (Σt_f) در تمام دوره‌های ارزیابی در یک بازه کلی به‌مدت T_P، برحسب ثانیه است. اگر کل فاصله زمانی (T_P) مطابق با زیربند ۱۱-۲-۱-۵ انتخاب شود، این یک "دوره مشاهده" است، و:

$$P_{st} = (\Sigma t_f / T_P)^{1/3.2} \qquad (۲-۶)$$

[1] Impression Time
[2] Shape Factor

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

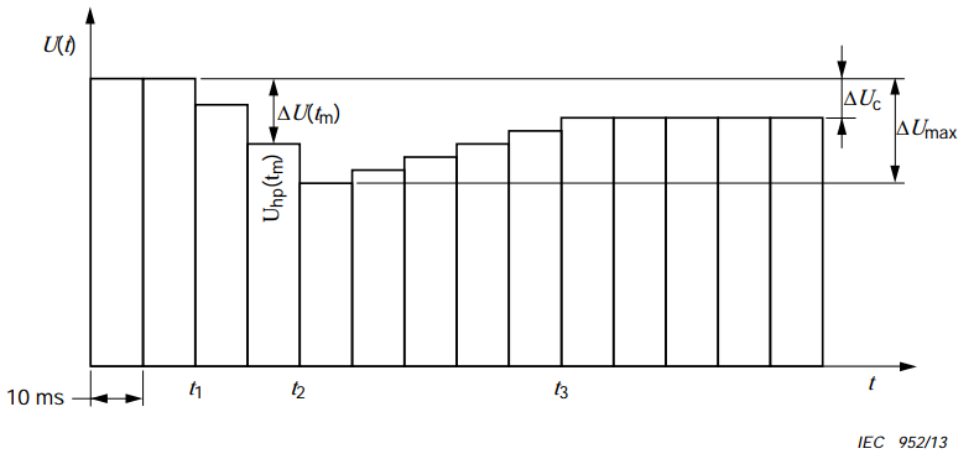
ج) ضریب شکل

ضریب شکل (F)، مشخصه تغییر ولتاژ نسبی d(t) را به یک تغییر پله‌ای ولتاژ نسبی معادل فلیکر $(Fd_{\max})$ تبدیل می‌کند.

نکته ۱: ضریب شکل (F)، برای تغییرات پله‌ای ولتاژ، برابر با ۱ است.

نکته ۲: مشخصه تغییر ولتاژ نسبی را می‌توان مستقیماً اندازه گرفت (شکل ۱۱–۱ را ببینید) یا آن را از جریان RMS تجهیز تحت آزمون محاسبه کرد (به روابط (۲–۱) تا (۲–۴) مراجعه کنید).

مطابق با شکل ۱۱–۵، مشخصه تغییر ولتاژ نسبی باید از یک توالی زمانی از $U_{hp}(t)$ به‌دست آید.



NOTE Front time $T_f = t_2 - t_1$
Tail time $T_t = t_3 - t_2$,
(see Figure 5)

شکل ۱۱–۱۳- ارزیابی $U_{hp}(t)$

ضریب شکل می‌تواند از شکل‌های ۱۱–۲، ۱۱–۳ و ۱۱–۴ محاسبه شود، به‌شرطی که مشخصه تغییر ولتاژ نسبی با مشخصه‌ای که در این شکل ها نشان داده شده مطابقت داشته باشد. در صورت مطابقت به شرح زیر عمل می‌شود:

- حداکثر تغییر ولتاژ نسبی d_{max} را پیدا کنید.
- زمان T (برحسب میلی ثانیه) متناسب با مشخصه تغییر ولتاژ را مطابق شکل‌های ۱۱–۲، ۱۱–۳ و ۱۱–۴ پیدا کنید و با استفاده از این مقدار، ضریب شکل مورد نیاز (F) را به‌دست آورید.

نکته ۳: برون‌یابی خارج از محدوده شکل‌ها منجر به خطاهای غیرقابل قبول می‌شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

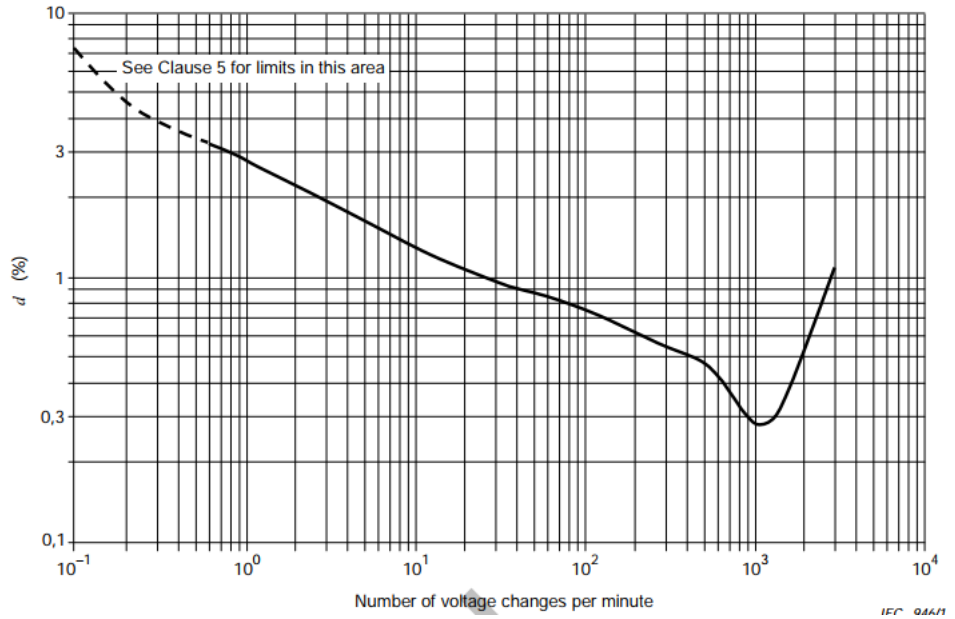
۱۱-۱-۲-۵- استفاده از منحنی $P_{st} = 1$

در حالت تغییرات مستطیلی ولتاژ با دامنه یکسان (d) که با فواصل زمانی برابر از هم جدا شده‌اند، از منحنی شکل ۶-۱۱ می‌توان برای به‌دست آوردن دامنه متناظر با $P_{st}=1$ برای یک نرخ خاص تکرار استفاده کرد؛ به این دامنه d_{lim} گفته می‌شود. آنگاه مقدار P_{st} متناظر با تغییر ولتاژ d توسط $P_{st} = d/d_{lim}$ تعیین می‌شود.

۱۱-۱-۳- ارزیابی مقدار بلند مدت فلیکر، P_{lt}

مقدار فلیکر بلند مدت P_{lt} با مقدار N=12 در رابطه ۳-۷ اعمال می‌شود (زیربند ۱۱-۲-۲-۵ را ببینید).

به‌طور کلی ارزیابی مقدار P_{lt} برای تجهیزاتی ضروری است که معمولاً بیش از ۳۰ دقیقه در یک زمان کار می‌کنند.



توجه ۱: ۱۲۰۰ تغییر ولتاژ در هر دقیقه یک فلیکر ۱۰ Hz را نتیجه می‌دهد.

توجه ۲: جدول عددی متناظر شکل ۱۱-۶ در جدول پیوست و آورده شده است.

شکل ۱۱-۱۴- منحنی P_{st}= ۱ برای تغییرات ولتاژ مستطیلی با فواصل مساوی

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^{N} P_{st,i}^3}{N}} \qquad (۳-۷)$$

۱۱-۲- آزمون‌های فلیکر و تغییرات ولتاژ در ماینرهای با جریان ورودی کمتر یا

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

مساوی ۱۶ A

آزمون‌های مربوط به فلیکر و تغییرات ولتاژ این نوع ماینرها بر مبنای بند ۶ اســـتاندارد IEC 61000-3-3 انجام می‌شوند. این بخش قابل اعمال به تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی است که جریان ورودی کمتر یا مساوی با ۱۶ A در هر فاز دارند و به سیستم‌های توزیع فشار ضعیف عمومی با ولتاژ خط به خنثی بین ۲۲۰ ولت تا ۲۵۰ ولت در فرکانس ۵۰ Hz متصل می‌شوند و تحت شرایط اتصال مشروط نیستند.

۱-۲-۱۱- شرایط آزمون

۱۱-۲-۱-۱- عمومی

لازم نیست آزمون‌ها روی تجهیزاتی انجام شود که با احتمال کمی نوسانات ولتاژ یا فلیکر قابل توجهی ایجاد می‌کنند. وقتی انجام آزمون‌ها ضروری تشخیص داده شد، ماینر باید با تمام محدودیت‌های بند ۵–۲ استاندارد ملی شماره ۲۲۸۴۰–۱ مطابقت داشته باشد.

برای بررسی این‌که آیا احتمال تولید نوسانات ولتاژ قابل توجه وجود دارد یا نه ممکن است لازم به بررسی مدار و مشخصات تجهیز و یک آزمایش عملکردی کوتاه باشد.

برای تغییرات ولتاژ ناشی از کلیدزنی دستی، اگر حداکثر جریان RMS ورودی تجهیز (شامل جریان هجومی) که در هر نصف پریود 10 ms بین گذر از صفرها ارزیابی می‌شود از ۲۰ A فراتر نرود، و جریان تغذیه بعد از جریان هجومی در باند تغییرات 1.5 A باشد، تجهیز بدون گرفتن آزمون اضافی سازگار تلقی می‌شود.

آزمون‌های مربوط به اثبات انطباق تجهیز با محدودیت‌های مجاز باید با استفاده از مدار آزمون در شکل ۱۱–۱ انجام شود.

مدار آزمون شامل موارد زیر است :

- ولتاژ منبع تغذیه آزمون (به زیربند ۱۱–۲–۱–۳ مراجعه کنید)
- امپدانس مرجع (به زیربند ۱۱–۲–۱–۴ مراجعه کنید)
- تجهیز تحت آزمون (به زیربند ۱۱–۲–۱–۱ مراجعه کنید)
- در صورت لزوم، یک فلیکرمتر (استاندارد IEC 61000-4-15:2010 را ببینید)

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

تغییر ولتاژ نسبی $d_{hp}(t)$ ممکن است مستقیماً اندازه‌گیری شود یا از RMS جریان مطابق بند ۱۱-۱-۱ استخراج شود. برای تعیین مقدار P_{st} تجهیز تحت آزمون، باید از یکی از روش‌های توصیف‌شده در بند ۱۱-۱-۲ استفاده شود. در صورت تردید، P_{st} باید با استفاده از روش مرجع با یک فلیکرمتر اندازه‌گیری شود.

نکته: برای آزمایش یک تجهیز چند فاز متعادل، اندازه‌گیری فقط یکی از سه ولتاژ خط به خنثی قابل قبول است.

۱۱-۲-۱-۲- عدم قطعیت اندازه‌گیری

دامنه جریان باید با دقت (±(۱٪+۱۰mA) یا بهتر اندازه‌گیری شود، که ۱٪ مربوط به مقدار اندازه‌گیری شده است. اگر به‌جای جریان اکتیو و راکتیو، زاویه فاز استفاده شود، خطای آن از ±۲° نباید بیشتر شود.

پارامترهایی که مستقیماً اندازه‌گیری شده‌اند (بند ۱۱-۱) باید با یک عدم قطعیت کلی بهتر از ±۸٪ مقدار حدی، یا ±۸٪ مقدار اندازه‌گیری‌شده، هرکدام که بالاتر هستند، تعیین شوند. امپدانس کل مدار، به‌جز تجهیز تحت آزمون، شامل امپدانس داخلی منبع تغذیه باید برابر با امپدانس مرجع باشد. پایداری و تلرانس این امپدانس کل باید برای اطمینان از دستیابی به عدم قطعیت کلی ±۸٪ در طول روش ارزیابی کافی باشد.

اگر امپدانس منبع به درستی تعریف نشده باشد، به‌عنوان مثال در جایی که امپدانس منبع تحت نوسانات غیرقابل پیش‌بینی باشد، یک امپدانس با مقاومت و سلف برابر با امپدانس مرجع می‌توان بین منبع تغذیه و پایانه‌های تجهیز تحت آزمون وصل کرد. سپس می‌توان ولتاژهای سمت منبع امپدانس مرجع و در پایانه‌های تجهیز را اندازه‌گیری کرد. در این صورت، حداکثر تغییرات ولتاژ نسبی ($d_{\max}$) که در پایانه‌های منبع تغذیه اندازه‌گیری شده باید کمتر از ۲۰٪ مقدار حداکثر $d_{\max}$ اندازه‌گیری شده در پایانه‌های تجهیز باشد.

نکته: اگر مقادیر اندازه‌گیری‌شده نزدیک به محدودیت‌های مجاز باشد، روش بالا با استفاده از یک منبع ولتاژ با امپدانس غیرمشخص استفاده نمی‌شود.

۱۱-۲-۱-۳- ولتاژ تغذیه آزمون

ولتاژ تغذیه آزمون (ولتاژ مدار باز) باید برابر ولتاژ نامی تجهیز باشد. اگر یک محدوده ولتاژ برای تجهیز قید شده است، ولتاژ آزمون باید ۲۳۰V تک‌فاز یا ۴۰۰V سه‌فاز باشد. ولتاژ آزمون باید در محدوده ±۲٪ مقدار نامی نگه داشته شود. فرکانس باید ۵۰ ±۰/۲۵ Hz باشد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

درصد اعوجاجات هارمونیکی کل ولتاژ منبع تغذیه باید کمتر از ۳٪ باشد.

اگر مقدار P_{st} ناشی از این نوسانات کمتر از ۰/۴ باشد، نوسانات ولتاژ تغذیه آزمون در مدت یک آزمون را می‌توان نادیده گرفت. اگر این اندازه‌گیری‌ها مستقیماً با استفاده از منبع تغذیه اصلی انجام شده باشد، این شرط باید قبل و بعد از هر آزمون برقرار باشد. اگر اندازه‌گیری‌ها با یک منبع توان کنترل‌شده انجام شود، این شرط باید در طول کالیبراسیون منبع توان برقرار باشد.

نکته: انحراف‌های فرکانس می‌تواند باعث افزایش مقادیر P_{st} و P_{lt} شود. همچنین، هنگام آزمایش پاسخ یک فلیکرمتر بر اساس استاندارد IEC 61000-4-15:2010، فرکانس ۵۰ Hz ترجیحاً در محدوده ۰/۲۵ Hz± کنترل می‌شود.

۱۱-۲-۱-٤- امپدانس‌های مرجع

برای تجهیز تحت آزمون، امپدانس مرجع (Z_{ref})، مطابق با IEC/TR 60725، یک امپدانس مرسوم است که در محاسبه و اندازه‌گیری مستقیم پارامترها و مقادیر P_{st} و P_{lt} استفاده می‌شود.

مقادیر امپدانس این المان‌های مختلف در شکل ۱۱–۱ آورده شده است.

۱۱-۲-۱-۵- مدت مشاهده

مدت مشاهده (T_p) برای ارزیابی مقادیر فلیکر با اندازه‌گیری فلیکر، شبیه‌سازی فلیکر یا روش تحلیلی باید مقادیر زیر باشد:

- برای P_{st} T_p =10 min
- برای P_{lt} T_p =2 h

مدت مشاهده باید شامل آن قسمت از کل سیکل کاری باشد که در آن تجهیز تحت آزمون نامساعدترین توالی تغییرات ولتاژ را ایجاد می‌کند.

برای ارزیابی P_{st}، سیکل عملکرد باید به‌طور مداوم تکرار شود. هنگام آزمایش تجهیزی که به‌طور خودکار در پایان یک سیکل عملکرد متوقف می‌شود که کمتر از مدت مشاهده طول می‌کشد، حداقل زمان برای راه اندازی مجدد این تجهیز باید در این مدت مشاهده لحاظ شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

هنگام آزمایش تجهیزی با سیکل عملکرد کمتر از ۲ ساعت که معمولاً به‌طور مداوم استفاده نمی‌شود، برای ارزیابی P_{lt}، سیکل عملکرد نباید تکرار شود.

نکته: به‌عنوان مثال، در مورد تجهیز با سیکل عملکرد ۴۵ دقیقه‌ای، پنج مقدار P_{st} متوالی در طول یک دوره کلی ۵۰ دقیقه‌ای اندازه‌گیری می‌شوند، و هفت مقدار P_{st} باقی‌مانده در دوره مشاهده ۲ ساعته صفر درنظر گرفته می‌شوند.

۱۱-۲-۱-٦- شرایط عمومی آزمون

شرایط عمومی آزمون برای اندازه‌گیری نوسانات ولتاژ و فلیکر در این بخش آورده شده است. کنترل‌ها یا برنامه‌های خودکار تجهیز باید طوری تنظیم شوند که فقط با استفاده از ترکیب کنترل‌ها و برنامه‌هایی که توسط سازنده در دستورالعمل راهنما ذکر شده است نامساعدترین توالی تغییرات ولتاژ ایجاد شود. تجهیز باید در شرایطی که توسط سازنده عنوان شده، آزمایش شود.

توجه: شرایط کاری شامل شرایط بارگذاری مکانیکی و/یا الکتریکی است.

برای تجهیزات با چند مدار کنترل‌شده مجزا، شرایط زیر اعمال می‌شود:

- اگر هر مدار با هدف استفاده مستقل طراحی شده است، هر مدار باید به‌عنوان یک واحد مستقل از تجهیز درنظر گرفته شود، به شرطی که امکان قطع و وصل هم‌زمان مدارات وجود نداشته باشد.
- اگر امکان قطع و وصل هم‌زمان مدارات وجود داشته باشد، این گروه از مدارها به‌عنوان یک وسیله واحد درنظر گرفته می‌شوند.

برای سیستم‌های کنترل که فقط بخشی از بار را تنظیم می‌کنند، نوسانات ولتاژ ناشی از هر قسمت متغیر بار به تنهایی باید درنظر گرفته شود.

۲-۲-۱۱- فرم ثبت نتایج آزمون

با توجه به زیربند ۵-۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰، مقادیر پارامترهای مندرج در جدول ۱۱-۲ بایستی در زمان انجام آزمون اندازه‌گیری و ثبت شوند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

جدول۱۱-۲- جدول ثبت فلیکر و تغییرات ولتاژ در ماینرهای با جریان ورودی کمتر یا مساوی ۱۶ A

پارامتر	مقدار اندازه‌گیری شده
P_{st}	
P_{lt}	
d_c	
d_{max}	
T_{max}	

۳-۱۱- آزمون‌های فلیکر و تغییرات ولتاژ در ماینرهای با جریان ورودی بیشتر از ۱۶ A تا ۷۵ A

آزمون‌های مربوط به فلیکر و تغییرات ولتاژ این نوع ماینرها بر مبنای بند ۶ استاندارد IEC 61000-3-11 انجام می‌شوند. این بخش قابل اعمال به تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی است که جریان نامی ورودی از ۱۶ A تا ۷۵ A دارند و به سیستم‌های توزیع فشار ضعیف عمومی با ولتاژ خط به خنثی بین ۲۲۰ ولت تا ۲۵۰ ولت در فرکانس ۵۰ Hz متصل می‌شوند و تحت شرایط اتصال مشروط نیستند.

۱-۳-۱۱- الزامات

ارزیابی تغییرات ولتاژ و فلیکر باید مطابق با روش‌های مشخص‌شده در بند ۱۱-۱ انجام شود. اگر تجهیز با جریان نامی بالای ۱۶ A مطابق با الزامات بند ۵-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ باشد، و بنابراین تحت شرایط اتصال مشروط نباشد، سازنده می‌تواند این موضوع را در اسنادی که قبل از خرید در اختیار کاربران قرار می‌دهد اعلام کند.

تجهیزی که محدودیت‌های بند ۵-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ را در زمان آزمون یا ارزیابی با امپدانس مرجع (Z_{ref}) برآورده نسازد، تحت شرایط اتصال مشروط بوده، و سازنده باید یکی از دو کار زیر را انجام دهد:

۳) حداکثر امپدانس مجاز سیستم (Z_{max}) در نقطه اتصال منبع تغذیه کاربر را مطابق با بند ۱۱-۳-۴ این دستورالعمل تعیین کرده، Z_{max} را در راهنمای کاربری تجهیز اعلام کند و کاربر را راهنمایی کند تا در صورت لزوم با مشورت شرکت توزیع، مشخص کند که تجهیز به یک منبع تغذیه با امپدانس Z_{max} یا کمتر وصل می‌شود، یا

۴) تجهیز را مطابق بند ۱۱-۳-۵ آزمایش کرده و در راهنمای کاربری تجهیز اعلام کند که تجهیز تنها برای استفاده محل‌هایی است که ظرفیت جریان بیش از ۱۰۰ A در هر فاز داشته، و از یک شبکه توزیع با ولتاژ نامی ۴۰۰/۲۳۰ V تغذیه می‌شوند. همچنین باید کاربر را راهنمایی کند تا در صورت لزوم با مشورت شرکت توزیع، مشخص کند که ظرفیت جریان در نقطه اتصال برای تجهیز کافی باشد.

۲-۳-۱۱- کلیات

به‌استثنای مواردی که در این بخش مشخص شده باشد، شرایط عمومی آزمون، روش‌های اندازه‌گیری و ارزیابی مشخص‌شده در بند ۱۱-۲ برای این ماینرها نیز باید اعمال شود. برای ماینرهایی که شرایط تعیین‌شده در زیربند ۱۱-۳-۱-۳ را دارند، از امپدانس آزمون طبق زیربند ۱۱-۳-۳-۱ استفاده می‌شود. کلیات این موضوع در قالب فلوچارت شکل ۱۱-۷ توضیح داده شده است که نشان‌دهنده روش‌های ارزیابی و آزمون مورد استفاده در تجهیزات است. در محاسبات ارائه‌شده در بندهای ۱۱-۳-۳ تا ۱۱-۳-۵ از مقادیر مدول امپدانس‌های مختلط باید استفاده شود.

به‌منظور ارزیابی تجهیز و تعیین حداکثر امپدانس قابل قبول سیستم از طریق یک آزمایش، تعدادی کمیت کمکی لازم است. به این کمیت‌های کمکی پسوندهایی داده شده است تا کاربرد آنها در فرمول‌ها و محاسبات آسان شود. جدول ۱۱-۳ را ببینید.

جدول ۱۱-۳- پسوندها و کاربردهای آنها

پسوند	نام متغیر	کاربرد
Sys	System	Z_{sys} مدول امپدانس سیستمی است که تجهیز به آن متصل می‌شود تا یک حد مشخص را برآورده سازد. عدد بعد از پسوند یک محاسبه خاص را مشخص می‌کند.
Ref	Reference	Z_{ref} امپدانس مرجع است.
Act	Actual	Z_{act} مدول امپدانس واقعی منبع تغذیه موجود در نقطه اتصال است.
Max	Maximum	Z_{max} مدول حداکثر مقدار امپدانس منبع تغذیه‌ای است که به‌ازای آن تجهیز تمام محدودیت‌های استاندارد را برآورده می‌سازد.
Test	Test or Measurement	Z_{test} مدول امپدانس مدار تست است که در آن آزمون انتشار انجام می‌شود و d_{ctest}، $d_{max\ test}$، $P_{st\ test}$ و $P_{lt\ test}$ مقادیر اندازه‌گیری‌شده هستند.

شرایط آزمون مشخص‌شده در بند ۱۱–۲، برای تجهیزات با جریان ورودی کمتر از A ۱۶ قابل استفاده خواهد بود.

برای تجهیزات با جریان ورودی بیشتر از A ۱۶ تنها شرایط عمومی آزمون مشخص‌شده در همان بند اعمال می‌شود.

شکل ۱۱–۷ یک نمودار عملکردی است که نمای کلی از فرآیندهای توضیح داده شده در این بخش را ارائه می‌دهد. روش‌های کلی اتصال و اندازه‌گیری، از جمله مقادیر امپدانس، در شکل ۱۱–۸ نشان داده شده است.

۱۱-۳-۳- روش‌های اندازه‌گیری و آزمون

۱۱-۳-۳-۱- امپدانس آزمون Z_{test}

برای تجهیزات با جریان ورودی بیش از A ۱۶، امپدانس آزمون (Z_{test}) می‌تواند از امپدانس مرجع (Z_{ref}) کمتر باشد. برای یافتن امپدانس آزمون بهینه، شروط زیر باید رعایت شود:

۳) افت ولتاژ حالت دائمی (dc) ناشی از تجهیز باید در محدوده ۲٪ تا ۹٪ ولتاژ تغذیه آزمون باشد.

۴) نسبت مؤلفه‌های سلفی به مقاومتی Z_{test} (X_{test}/R_{test}) باید در محدوده ۰/۵ تا ۰/۷۵ باشد (مشابه نسبت مؤلفه‌های Z_{ref}).

توجه: شرایط ۲٪ تا ۹٪، شباهت نسبی تغییرات جریان تجهیز در شبکه واقعی و شرایط آزمون را تضمین می‌کند.

برای آزمون های مربوط به بندهای ۱۱–۳–۳ و ۱۱–۳–۴ از امپدانس مرجع استفاده می‌شود:

در ۵۰ Hz $jX_A = 0.15\ \Omega$ $R_A = 0.24\ \Omega$

در ۵۰ Hz $jX_N = 0.10\ \Omega$ $R_N = 0.16\ \Omega$

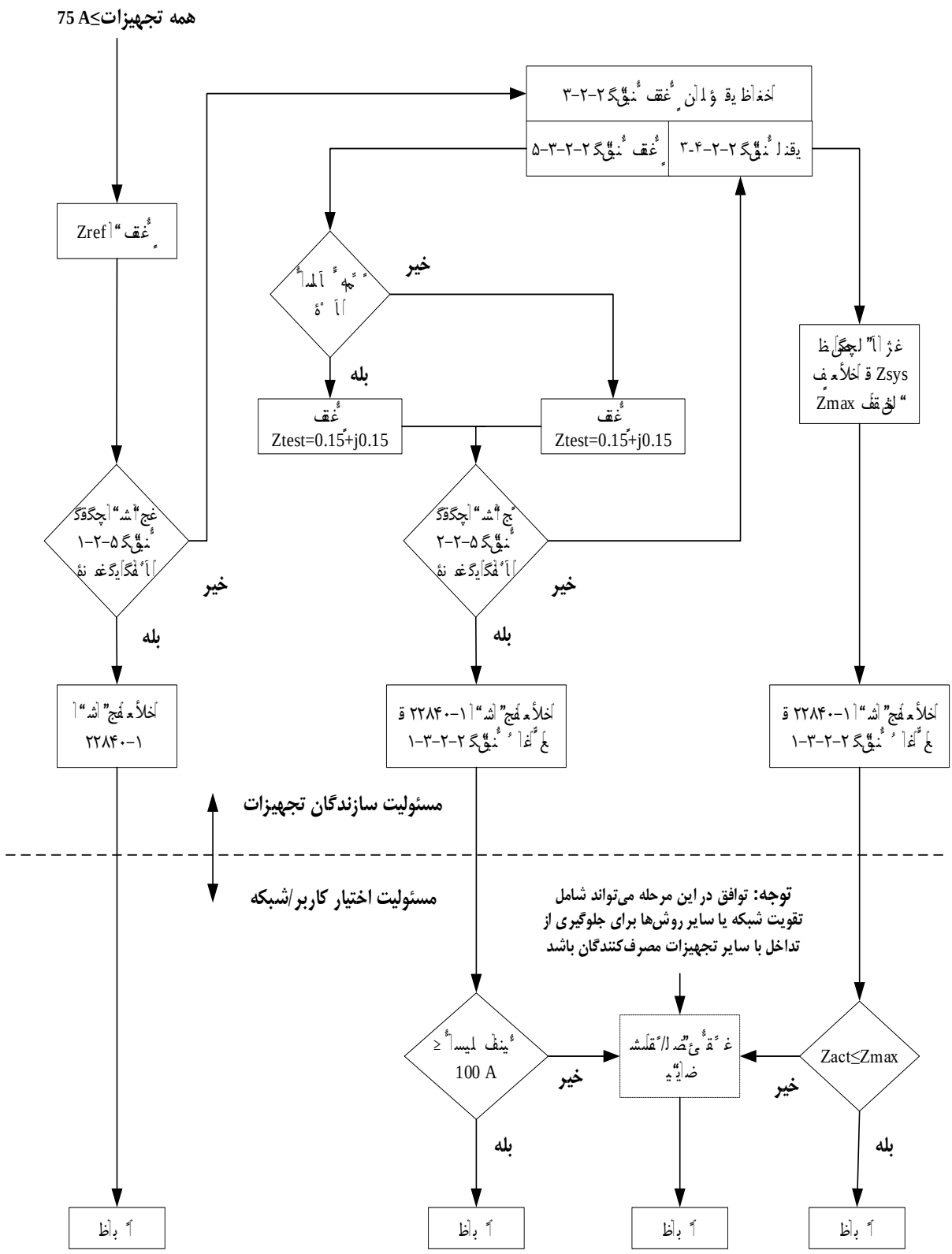
برای آزمون‌های مربوط به بند ۱۱–۳–۵ از امپدانس آزمون استفاده می‌شود.

در ۵۰ Hz $jX_A = 0.15\ \Omega$ $R_A = 0.15\ \Omega$

در ۵۰ Hz $jX_N = 0.10\ \Omega$ $R_N = 0.10\ \Omega$

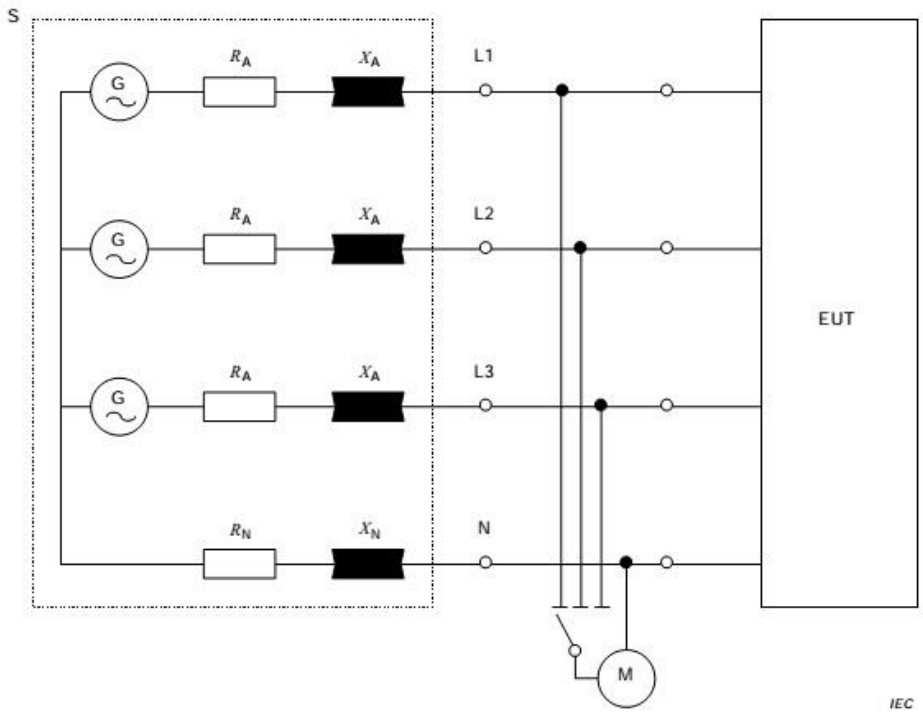
اگر امپدانس منبع به‌درستی تعریف نشده باشد، به زیربند ۱۱–۲–۱–۲ مراجعه کنید.

توجه: به‌طور کلی اگر جریان سیم نول ناچیز باشد، بارهای سه‌فاز متعادل و R_N و X_N در مقادیر اندازگیری شده اثر نمی‌گذارند.



شکل ۱۱-۱۵- فلوچارت نشان‌دهنده روش‌های ارزیابی و آزمون

DOI: 10.30503/nripress.2020.284



EUT: تجهیز تحت آزمون

M: تجهیز اندازه‌گیری

G: منبع ولتاژ مطابق زیربند ۱۱-۲-۱-۳

S: منبع تغذیه شامل ژنراتور منبع ولتاژ G و امپدانس آزمون Z با المان‌های زیر که شامل امپدانس ژنراتور است:

شکل ۱۱-۱۶- شبکه مرجع برای منابع تک‌فاز و سه‌فاز حاصل از یک منبع سه فاز چهار سیمه

۱۱-۳-۳-۲- آزمون تجهیز در برابر Z_{test}

آزمون باید با مدار آزمون مشخص‌شده در شکل ۱۱-۸ انجام شود، با این تفاوت که امپدانس Z_{ref} با Z_{test} جایگزین شده است. چهار مقدار $d_{c\,test}$، $d_{max\,test}$، $P_{st\,test}$ و $P_{lt\,test}$ باید اندازه‌گیری شوند. تعاریف d_c، d_{max}، P_{st} و P_{lt} در بند ۱۱-۱ آورده شده است.

۱۱-۳-۳-۳- ارزیابی در برابر Z_{ref}

اگر Z_{test} با Z_{ref} برابر نباشد، مقادیر اندازه‌گیری شده باید با استفاده از روابط زیر محاسبه شوند:

$$d_c = d_{c\ test} \cdot \frac{Z_{ref}}{Z_{test}} \qquad (۲-۷)$$

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

$$d_{max} = d_{max\ test} \cdot \frac{Z_{ref}}{Z_{test}} \quad (۲-۸)$$

$$P_{st} = P_{st\ test} \cdot \frac{Z_{ref}}{Z_{test}} \quad (۲-۹)$$

$$P_{lt} = P_{lt\ test} \cdot \frac{Z_{ref}}{Z_{test}} \quad (۲-۱۰)$$

مقادیر d_c، d_{max}، P_{st} و P_{lt} مشابه مقادیری هستند که با اندازه‌گیری با استفاده از Z_{ref} به‌دست می‌آیند. زیرا شرایطی که در زیربند ۱۱-۳-۳-۱ در مورد Z_{test} قرار داده شده است، تضمین می‌کند که Z_{test} و Z_{ref} تقریباً نسبتی برابر نسبت X/R دارند و مقادیر ولتاژ اندازه‌گیری‌شده، P_{st} و P_{lt} را با ضرب کردن در نسبت Z_{ref}/Z_{test}، می‌توان به مقادیر معادل با دقت معقول تبدیل کرد.

به‌شرطی که شرایط برای d_c و d_{max} با Z_{test} برآورده شود، T_{max} درست فرض خواهد شود.

۴-۳-۱۱- ارزیابی و اعلام حداکثر امپدانس مجاز سیستم توسط سازنده

۱۱-۳-٤-۱- مقایسه مقادیر انتشار محاسبه‌شده و اندازه‌گیری‌شده با محدودیت‌های بند ۵-۲ به‌منظور بررسی انطباق با استاندارد ملی شماره ۱-۲۲۸٤۰

اگر تمام مقادیر محاسبه‌شده مطابق با زیربند ۱۱-۳-۳-۳ یا اندازه‌گیری مطابق با بند ۱۱-۲، کمتر یا مساوی با محدودیت‌های بند ۵-۲ منطبق با استاندارد ملی شماره ۱-۲۲۸۴۰ باشند، سازنده می‌تواند اعلام کند که "محصول مطابق با الزامات فنی استاندارد IEC 61000-3-3 است".

۱۱-۳-٤-۲- محاسبه حداکثر امپدانس مجاز سیستم

اگر میزان انتشار تجهیز طبق الزامات فنی بند ۱۱-۲ نباشد، روش‌های ارزیابی زیر باید اعمال شوند. بنابراین سازنده، نمی‌تواند تجهیز را مطابق با زیربند ۱۱-۳-۴-۱ سازگار اعلام کند. در چنین حالتی تجهیز باید فقط به یک منبع با امپدانس سیستم کمتر از Z_{ref} متصل شود.

برای محاسبه امپدانس سیستم پایین‌تر (Z_{sys})، مقادیر d_c، d_{max}، P_{st} و P_{lt} که مطابق زیربند ۱۱-۳-۳-۳ محاسبه شده‌اند باید در روابط زیر استفاده شوند.

$$Z_{sys1} = Z_{ref} \cdot \frac{\text{محدوده } d_{max} \text{ داده‌شده در بند } 5-2 \text{ متناسب با تجهیز تحت آزمون}}{d_{max}} \quad (۲-۱۱)$$

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

$$Z_{sys2} = Z_{ref}.\frac{3.3\%}{d_c} \quad (۲-۱۲)$$

$$Z_{sys3} = Z_{ref}.(\frac{1}{P_{st}})^{\frac{3}{2}} \quad (۲-۱۳)$$

$$Z_{sys4} = Z_{ref}.(\frac{0.65}{P_{st}})^{\frac{3}{2}} \quad (۲-۱۴)$$

کمترین مقدار از چهار مقدار محاسبه‌شده Z_{sys}، حداکثر امپدانس مجاز سیستم (Z_{max}) است که سازنده طبق بند ۱-۳-۱۱ باید اعلام کند.

با درنظر گرفتن تغییرات ولتاژ ناشی از کلیدزنی دستی، فقط لازم است Z_{sys1} و Z_{sys2} را محاسبه کنید؛ Z_{max} کمترین مقدار از بین این دو مقدار است.

اگر نتیجه ارزیابی d_{max} طبق زیربند ۱۱-۳-۳-۳ از ۳/۳٪ فراتر برود و به‌دست آوردن d(t) امکان‌پذیر نباشد، آزمون‌های دیگری برای ارزیابی صحیح T_{max} لازم است. قبل از ارزیابی الزامات برای T_{max}، d(t) اندازه‌گیری‌شده باید در نسبت Z_{max}/Z_{test} ضرب شود. از سوی دیگر، برای تعیین T_{max}، تعاریف آستانه می‌تواند در نسبت Z_{test}/Z_{max} ضرب شود.

۵-۳-۱۱- ارزیابی و اعلام حداقل جریان تغذیه مجاز توسط سازنده

برای تجهیز تک‌فاز متصل به سیستم‌های توزیع فشار ضعیف با ولتاژ نامی خط به خنثی ۲۳۰V با استفاده از یک تغذیه سه‌فاز یا تک‌فاز با یک جریان منبع بیشتر از ۱۰۰A در هر فاز، امپدانس آزمون (Z_{test}) باید به‌صورت مختلط در مقدار ۰.۲۵+j۰.۲۵ Ω تنظیم شود؛ شکل ۸-۱۱ را ببینید.

برای تجهیز سه‌فاز متصل به سیستم‌های توزیع فشار ضعیف با ولتاژ نامی خط به خط ۴۰۰ V با استفاده از یک تغذیه سه‌فاز با یک جریان منبع بیشتر از ۱۰۰ A در هر فاز، امپدانس آزمون در هر خط (Z_{test}) باید به‌صورت مختلط Ω ۰.۱۵ +j۰.۱۵ و برای نول Ω ۰.۱ +j۰.۱تنظیم شود. شکل ۱۱-۸ را ببینید.

تجهیز آزمایش‌شده با امپدانس‌های آزمون که در بند ۱۱-۳-۵ مشخص شده است، باید مطابق محدودیت‌های مندرج در بند ۵-۲ منطبق با استاندارد ملی شماره ۱-۲۲۸۴۰ باشند.

سازنده باید حداقل ظرفیت جریان منبع را مطابق با بند ۱۱-۳-۱ اعلام کند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۶-۳-۱۱- فرم ثبت نتایج آزمون

با توجه به زیربند ۵-۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰، مقادیر پارامترهای مندرج در جدول ۱۱-۴ بایستی در زمان انجام آزمون اندازه‌گیری و ثبت شوند.

جدول ۱۱-٤- جدول ثبت فلیکر و تغییرات ولتاژ در ماینرهای با جریان ورودی بیشتر از ۱٦ A تا و خود ۷۵ A

پارامتر	مقدار اندازه‌گیری شده
P_{st}	
P_{lt}	
d_c	
d_{max}	
T_{max}	

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

پیوست الف: مدار اندازه‌گیری و منبع تغذیه

الف–۱– مدار آزمون

مقادیر هارمونیک‌های اندازه‌گیری‌شده باید با حدود آورده شده در بند ۵–۱ استاندارد ملی شماره ۱–۲۲۸۴۰ مقایسه شوند. هارمونیک‌های جریان تجهیز تحت آزمون باید طبق مدارات آورده‌شده در شکل‌های الف–۱ (برای تجهیزات تک‌فاز) و الف–۲ (برای تجهیزات سه‌فاز) اندازه‌گیری شوند.

از تجهیزات اندازه‌گیری مطابق با استاندارد IEC 61000-4-7 استفاده می‌شود. شرایط آزمون خاص برای ماینرها نیز در پیوست ب آورده شده است.

الف–۲– منبع تغذیه

هنگامی که اندازه‌گیری‌ها انجام می‌شود، ولتاژ آزمون (U) در پایانه خروجی تجهیز تحت آزمون باید الزامات زیر را برآورده سازد.

- ولتاژ آزمون باید برابر با ولتاژ نامی تجهیز باشد. در حالتی که یک محدوده ولتاژ مشخص می‌شود، ولتاژ آزمون برای منبع تغذیه تک‌فاز و سه‌فاز به‌ترتیب ۲۳۰ V و ۴۰۰ V باشد. ولتاژ آزمون باید بین تلرانس ۲٪± و فرکانس بین ۰.۵٪± مقدار نامی باشد.
- در مورد منبع تغذیه سه‌فاز، زاویه بین مؤلفه اصلی ولتاژ روی هر جفت فاز یک منبع تغذیه سه‌فاز باید بین ۱/۵° ±۱۲۰° باشد.
- مقادیر نسبی هارمونیک‌های ولتاژ آزمون (U) در شرایط عادی تجهیز تحت آزمون، از مقادیر زیر نباید فراتر رود.

۰.۹٪ برای هارمونیک مرتبه ۳

۰.۴٪ برای هارمونیک مرتبه ۵

۰.۳٪ برای هارمونیک مرتبه ۷

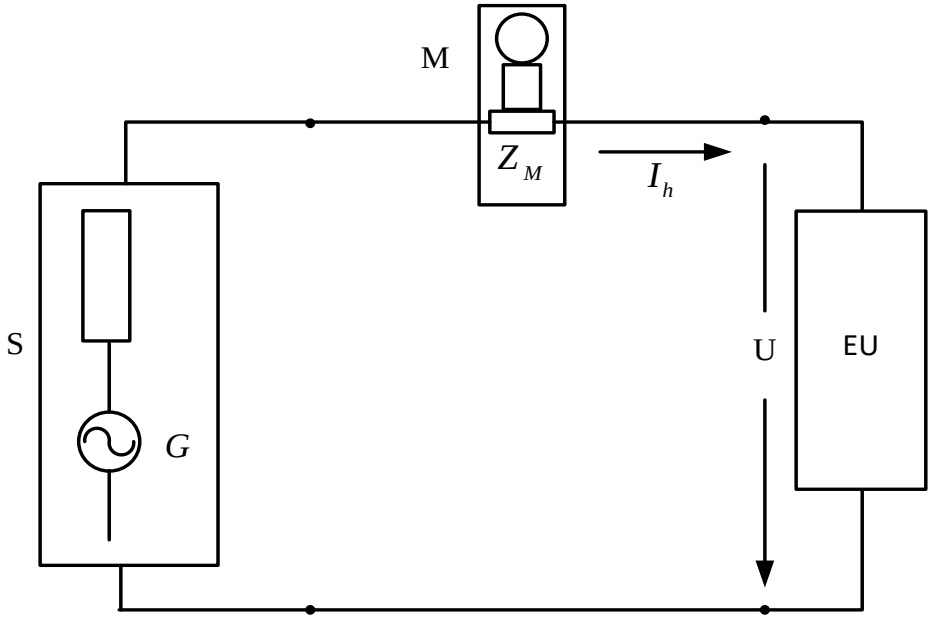
۰.۲٪ برای هارمونیک مرتبه ۹

۰.۲٪ برای هارمونیک‌های زوج مرتبه ۲ تا ۱۰

۰.۱٪ برای هارمونیک‌های مرتبه ۱۱ تا ۴۰

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

- مقدار پیک ولتاژ آزمون باید بین ۱/۴۰ تا ۱/۴۲ برابر مقدار RMS آن باشد و باید از °۸۷ تا °۹۳ بعد از عبور صفر[۱] به این مقدار برسد. این الزامات هنگامی که تجهیزات کلاس A یا B طبق استاندارد ملی شماره ۱-۲۲۸۴۰ مورد آزمون قرار می‌گیرند، اعمال نمی‌شود.



S: منبع تغذیه

M: ابزار اندازه‌گیری

EUT: تجهیز تحت آزمون (ماینر)

U: ولتاژ آزمون

Z_M: امپدانس ورودی ابزار اندازه‌گیری

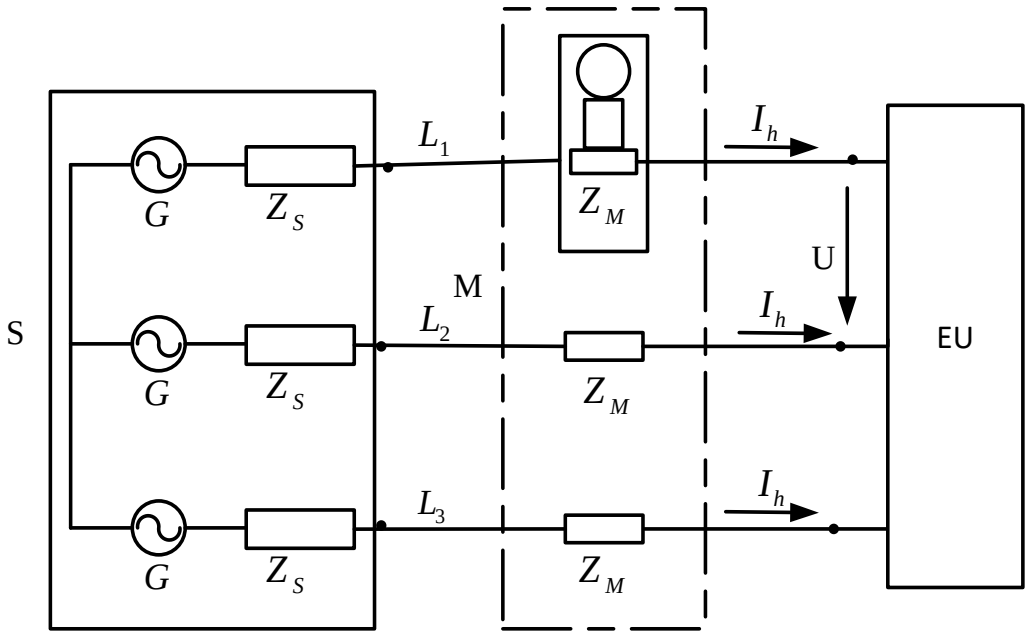
Z_S : امپدانس داخلی منبع تغذیه

I_h : مؤلفه هارمونیکی مرتبه h جریان خط

G: ولتاژحلقه باز منبع تغذیه

شکل الف- ۳- مدار اندازه‌گیری برای تجهیز تک‌فاز

DOI: 10.30503/nripress.2020.284



S: منبع تغذیه

M: ابزار اندازه‌گیری

EUT: تجهیز تحت آزمون (ماینر)

U: ولتاژ آزمون (به‌عنوان مثال بین فاز L1 و L2)

Z_M: امپدانس ورودی ابزار اندازه‌گیری

Z_S : امپدانس داخلی منبع تغذیه

I_h : مؤلفه هارمونیکی مرتبه hام جریان خط

G: ولتاژ حلقه باز منبع تغذیه

شکل الف- ٤- مدار اندازه‌گیری برای تجهیز سه‌فاز

مقادیر امپدانس‌های Z_S و Z_M در شکل‌های الف-۱ و الف- ۲ مشخص نیستند. اما باید به‌اندازه کافی کوچک باشند تا الزامات بند الف-۲ برآورده شود. از طریق اندازه‌گیری، خصوصیات ولتاژ تغذیه در نقطه اتصال تجهیز تحت آزمون به ابزار اندازه‌گیری بررسی می‌شود. اطلاعات بیشتر در استاندارد IEC 61000-4-7 وجود دارد.

در برخی موارد خاص، توجهات ویژه‌ای برای جلوگیری از تشدید بین اندوکتانس‌های داخلی منبع تغذیه و خازن‌های تجهیز تحت آزمون نیاز است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

برای برخی از انواع تجهیزات، مانند یکسوکننده‌های تک فاز کنترل‌نشده، دامنه برخی هارمونیک‌ها با ولتاژ تغذیه بسیار تغییر می‌کند. برای به حداقل رساندن این تغییرات، توصیه می‌شود که ولتاژ را در محل اتصال تجهیز تحت آزمون به تجهیزات اندازه‌گیری بین ۲۳۰ V±۱٪ یا ۴۰۰ V±۱٪ نگه داشته شود. ارزیابی در همان بازه زمانی پنجره مشاهده ۲۰۰ میلی ثانیه که برای ارزیابی هارمونیک‌ها استفاده می‌شود انجام می‌گیرد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

پیوست ب: شرایط آزمون برای تجهیزات فناوری اطلاعات

ب-۱- شرایط عمومی

- تجهیز تحت آزمون باید در شرایط حداکثر توان مصرفی مطابق کاتالوگ ارائه‌شده توسط کارخانه سازنده آزمایش شود. در هر شرایطی، تجهیز مورد نظر نباید بیش از مجموع توان خروجی DC قابل دریافت از منبع تغذیه مصرف کند.
- آزمون‌های کیفیت توان باید با کنترل عملکرد توسط کاربر یا تنظیم برنامه‌های خودکار به‌گونه‌ای انجام شود تا در شرایط عادی، حداکثر جریان هارمونیکی کل (THC) تولید شود.
- حالت ذخیره‌سازی توان (در صورت وجود) که ممکن است باعث نوسانات زیاد توان شود، باید غیرفعال گردد. این کار باعث می‌شود، تجهیز تحت آزمون یا قسمتی از آن هنگام اندازه‌گیری‌ها خاموش نشود.

ب-۲- شـــرایط اختیاری برای اندازه‌گیری اعوجاجات هارمونیکی تجهیزات IT با منابع تغذیه خارجی یا شارژر باتری[1]

برای تجهیزات IT با منبع تغذیه خارجی یا شارژر باتری باید موارد زیر انجام شود.

- یا کل تجهیز طبق شرایط عمومی بالا (بند ب-۱) آزمایش شود.

- یا آزمایش تجهیز با اندازه‌گیری توان AC ورودی و اعوجاجات هارمونیکی منبع تغذیه یا شارژر باتری طبق زیربند ۲-۱-۱-۲ انجام شود. این اندازه‌گیری در شرایط اتصال یک بار مقاومتی به سمت خروجی DC انجام می‌شود، به‌شرط اینکه با بار مقاومتی اعمال‌شده، مقدار ریپل ولتاژ پیک به پیک بار بیش از ۵٪ ولتاژ خروجی DC نشود.

مقدار مقاومت بار باید حدی باشد که توان اکتیو تلفاتی بار برابر توان خروجی DC باشد. اگر توان خروجی DC در دسترس نباشد، ولتاژ DC خروجی را در جریان خروجی DC که روی منبع تغذیه/ شارژر باتری مشخص شده است ضرب کنید.

واحدهای منبع تغذیه/شارژر باتری که توان ورودی AC آنها مطابق با زیربند ۲-۱-۱-۲ در شرایط بار بالا ۷۵ وات یا کمتر است، فرض می‌شود طبق بند ۷ استاندارد IEC 61000-3-2 نیازی به انجام آزمون ندارند.

[1] Battery Charger

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

پیوســـت ج: مفاهیم عمومی و الزامات مشـــترک برای همه انواع ابزارهای اندازه‌گیری هارمونیک

ج-۱- مشخصات سیگنال مورد اندازه‌گیری و کلاس‌های دقت ابزار

با قطعیت می‌توان گفت تبدیل فوریه (ســـریع) تنها برای ســـیگنال‌های حللت دائمی نتایج دقیقی تولید می‌کند. سیگنال‌هایی که دامنه آنها با زمان تغییر می‌کند را نمی‌توان به‌طور صحیح فقط با مؤلفه‌های هارمونیکی‌شان توصیف کرد. به‌منظور دســـتیابی به نتایج تحلیل انتشـــار هارمونیک قابل تکثیر در زمان آزمون تجهیزات با توان نوســـانی، و در نتیجه جریان مؤلفه اصـــلی نوســـانی و احتمالاً ســـطوح هارمونیک‌های جریان متغیر، می‌توان از ترکیبی از تکنیک‌های متوســـط‌گیری و دوره‌های اندازه‌گیری به‌اندازه کافی طولانی اســـتفاده کرد. بنابراین، در این پیوســـت روشـــی ســـاده با به‌کارگیری روش‌های متوسط‌گیری مشخص ارائه می‌شود (زیربند ج-۳-۵ را ببینید). به‌علاوه، یک مدت مشاهده آزمون به اندازه کافی طولانی برای دستیابی به نتایج اندازه‌گیری متوالی که در محدوده سطوح تلرانس قابل پذیرش باشند در استانداردهای انتشار هارمونیک مشخص می‌شود.

دو کلاس دقت (I و II) به‌منظور اســـتفاده از ابزار ســـاده و با هزینه کم، ســـازگار با الزامات کاربردی درنظر گرفته می‌شود. برای آزمون‌های انتشار، اگر انتشار هارمونیک نزدیک به مقادیر مجاز باشد کلاس بالاتر I نیاز است.

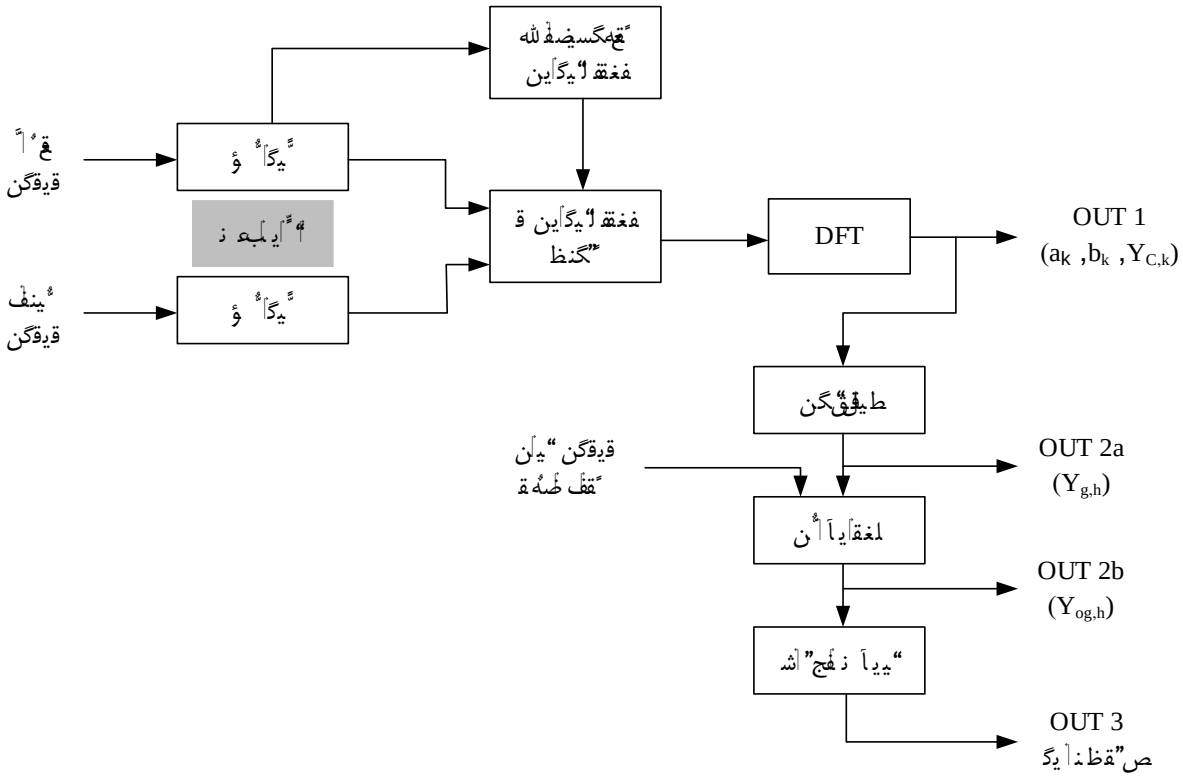
ج-۲- ساختار کلی ابزار اندازه‌گیری هارمونیک

بر اساس استاندارد IEC 61000-4-7، در طراحی‌های جدید ابزار اندازه‌گیری هارمونیک، به‌طور معمول از تبدیل فوریه گسسته (DFT[1]) با استفاده از یک الگوریتم سریع به‌نام تبدیل فوریه سریع (FFT[2]) استفاده می‌شود. بنابراین در این دستورالعمل تنها این رویه درنظر گرفته می‌شود، اما سایر اصول تحلیل کنار گذاشته نمی‌شود (بند ج-۴ را ببینید).

ساختار کلی ابزار اندازه‌گیری هارمونیک در شکل ج-۱ نشان داده شده است. یک ابزار اندازه‌گیری ممکن است شامل همه بلوک‌ها و خروجی‌های داده شده باشد یا نباشد.

---

[1] Discrete Fourier Transform
[2] Fast Fourier Transform



شکل ج- ۱- ساختار کلی ابزار اندازه‌گیری هارمونیک

ابزار اصلی اندازه‌گیری تشکیل شده از:

- مدارهای ورودی با فیلتر ضدبیگانه[1]
- مبدل A/D شامل واحد نمونه و نگهداری [2]
- واحد سنکرون‌سازی و شکل دادن به پنجره [3]در صورت لزوم
- پردازنده DFT با ارائه ضرایب فوریه a_k و b_k (OUT 1)

ابزار اصلی با قطعات ویژه‌ای که مختص ارزیابی جریان و/یا ولتاژ است، تکمیل می‌شود.

[1] Anti-Aliasing
[2] Sample and Hold
[3] Window-Shaping

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

توجه: برای تجزیه و تحلیل هارمونیک‌ها و هارمونیک‌های میانی[1] در ابتدا سیگنال f(t) که باید تجزیه و تحلیل شود مورد بررسی قرار می‌گیرد تا فرکانس‌های بالاتر از محدوده عملکرد ابزار حذف شود.

عرض پنجره باید ۱۰ (سیستم ۵۰ Hz) یا ۱۲ (سیستم ۶۰ Hz) برابر دوره تناوب اصلی (T_N= [10 or 12]× T_1≈) (200ms) با وزن‌دهی مستطیلی[2]، سنکرون‌شده با فرکانس اصلی سیستم قدرت باشد.

در صورت از دست رفتن سنکرون بودن، وزن‌دهی hanning مجاز است. از دست رفتن سنکرون بودن باید بر روی نمایشگر دستگاه نشان داده شود و داده‌های به‌دست آمده جدا شده و نباید برای هدف تعیین انطباق مورد استفاده قرار گیرند. اما می‌توان از آنها برای اهداف دیگر استفاده کرد.

پنجره زمانی باید با هر گروه از ۱۰ یا ۱۲ سیکل مطابق با فرکانس سیستم قدرت ۵۰ Hz یا ۶۰ Hz سنکرون شود. زمان بین لبه جلوی[3] اولین پالس نمونه‌برداری و لبه جلوی (M+1)امین پالس نمونه‌برداری (که در آن M تعداد نمونه‌ها است) باید برابر با مدت زمان تعداد مشخصی از سیکل‌های سیستم قدرت با حداکثر خطای مجاز ۰/۰۳٪± باشد. ابزارهایی از جمله حلقه قفل فاز[4] یا سایر ابزارهای سنکرون‌سازی باید شرایط لازم برای دقت و سنکرون‌سازی به‌منظور اندازه‌گیری سیگنال در هر فرکانس در محدوده حداقل ۵٪± فرکانس نامی سیستم را داشته باشد. با این وجود، برای ابزارهایی که منابع تغذیه یکپارچه دارند و در آن‌ها منبع و سیستم‌های اندازه‌گیری ذاتاً سنکرون هستند، الزامات برای یک محدوده فرکانس ورودی کاری اعمال نمی‌شود، به‌شرطی که الزامات سنکرون‌سازی و دقت فرکانس برآورده شوند.

خروجی OUT 1 در شکل ج–۱، باید ضرایب a_k و b_k در DFT و همچنین $Y_{C,k}$ برای جریان یا ولتاژ، یعنی مقدار هر مؤلفه فرکانسی مورد محاسبه را فراهم سازد.

یک خروجی اضافه، لزوماً نه از DFT، باید توان اکتیو P را از همان پنجره زمانی مورد استفاده برای هارمونیک‌ها تأمین کند. برای اندازه‌گیری میزان انتشار هارمونیک مطابق زیربند ۲–۱–۱، این توان نباید جزء DC داشته باشد.

توجه: توان اکتیو P به‌عنوان ورودی فرآیند هموارسازی بوده و ورودی فرآیند گروه‌بندی (شکل ج–۱) نیست.

[1] Interharmonics
[2] Rectangular Weighting
[3] Leading Edge
[4] Phase-Locked Loop

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

نکته: اندازه‌گیری مؤلفه‌های DC و توان مربوط به آنها ممکن است به‌صورت اختیاری انجام شود ولی الزام این استاندارد نیست.

ج-۳- اندازه‌گیری هارمونیک‌ها

ج-۳-۱- مدار ورودی جریان

مدار ورودی باید برای جریان‌های مورد تجزیه و تحلیل مناسب باشد. این مدار باید امکان اندازه‌گیری مستقیم هارمونیک‌های جریان را فراهم کند. علاوه بر این، این مدار باید ورودی ولتاژ فشار ضعیف و امپدانس بالا داشته باشد که می‌تواند با مقاومت‌های شنت خارجی (یا یک ترکیبی از ترانسفورماتورهای جریان و مقاومت های شنت) همراه باشد. محدوده حساسیت‌های مناسب مدار ورودی، به‌شرط مطابقت با الزامات زیربند ج-۳-۳، از ۰/۱ ولت تا ۱۰ ولت است که مقدار ترجیحی ۰/۱ ولت می‌باشد.

نکته: برای اندازه‌گیری مستقیم جریان با این مدار، توصیه می‌شود محدوده‌های اندازه‌گیری جریان RMS ورودی نامی به‌صورت زیر باشد، اما اجباری وجود ندارد:

۰/۱ A، ۰/۲ A، ۰/۵ A، ۱ A، ۲ A، ۵ A، ۱۰ A، ۲۰ A، ۵۰ A، ۱۰۰ A

جذب توان مدار ورودی جریان برای ابزار دقیق کلاس II از ۳ VA نباید بیشتر شود. برای کلاس I افت ولتاژ ورودی از V ۰.۱۵ نباید بیشتر شود.

هر مدار ورودی جریان باید بتواند بدون خرابی به‌طور مداوم ۱/۲ برابر جریان نامی را تحمل کند و ۱۰ برابر جریان نامی برای مدت s ۱ نباید منجر به هیچ آسیبی شود.

این ابزار باید بتواند سیگنال‌های ورودی با ضریب crest تا ۴ را برای دامنه‌های RMS بالای A ۵ ، ۳/۵ برای ۱۰A و ۲/۵ برای دامنه های بالاتر را قبول کند.

یک نشانگر اضافه بار لازم است.

الزامات کلی دقت ابزار در جدول ج-۱ آمده است.

برای سایر الزامات، به بند ج-۵ مراجعه کنید.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

توجه: اغلب جریان اعوجاجی که باید اندازه‌گیری شود همراه با یک مؤلفه DC می‌باشد. این مؤلفه DC ممکن است خطاهای بزرگی در ترانسفورماتورهای جریان ورودی به‌وجود آورد. سازنده باید در مشخصات ابزار دقیق حداکثر مؤلفه DC مجاز را به‌گونه‌ای مشخص کند که خطای تأثیرگذار اضافی دقت اعلام‌شده را نقض نکند.

ج-۳-۲- مدار ورودی ولتاژ

مدار ورودی ابزار اندازه‌گیری باید برای حداکثر ولتاژ و فرکانس ولتاژ تغذیه مورد تحلیل مناسب باشد و باید مشخصات و دقت آن تا ۱/۲ برابر حداکثر ولتاژ بدون تغییر باقی بماند. حداقل ضریب crest ۱/۵ برای اندازه‌گیری‌ها کافی است، به‌جز ولتاژهای دارای اعوجاج زیاد در شبکه‌های صنعتی، که ممکن است ضریب crest حداقل ۲ لازم باشد. در همه موارد نشانگر اضافه بار لازم است.

تحت فشار قراردادن ورودی برای ۱ ثانیه توسط یک ولتاژ AC معادل چهار برابر ولتاژ ورودی تنظیمی یا ۱ کیلو ولت RMS، هر کدام کمتر باشد، نباید منجر به هیچ آسیبی شود.

ولتاژهای نامی تغذیه زیادی بین ۶۰ ولت و ۶۹۰ ولت بسته به محل استفاده وجود دارند. به‌منظور ایجاد امکان استفاده جهانی از این ابزار برای اغلب سیستم‌های تغذیه، ولتاژهای نامی زیر برای طراحی مدار ورودی توصیه می‌شود:

U_{nom}: ۶۶ V، ۱۱۵V، ۲۳۰ V، ۴۰۰V، ۶۹۰ V برای سیستم‌های ۵۰ Hz

U_{nom}: ۶۹V، ۱۲۰ V، ۲۴۰ V، ۲۷۷V، ۳۷۴V، ۴۸۰V، ۶۰۰V برای سیستم‌های ۶۰ Hz

جذب توان مدار ورودی نباید بیش از 0.5 VA در ولتاژ ۲۳۰ ولت باشد. برای ورودی‌های با حساسیت بالا (کمتر از ۵۰ ولت)، مقاومت ورودی آنها باید حداقل 10 kΩ/V باشد.

باید توجه داشت که مقدار بالای ولتاژ مؤلفه اصلی (در فرکانس تغذیه) در مقایسه با سایر مؤلفه‌های ولتاژ که باید اندازه‌گیری شوند، منجر به اضافه بار نشود که می‌تواند به ابزار آسیب زده یا سیگنال‌های مدولاسیون در طبقات ورودی ابزار ایجاد کند. این خطاها باید کمتر از دقت مشخص شده باشند. یک نشانگر اضافه بار بایستی وجود داشته باشد.

ج-۳-۳- الزامات دقت

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

دو کلاس دقت برای ابزار اندازه‌گیری مؤلفه‌های هارمونیکی پیشنهاد می‌شوند. حداکثر خطاهای مجاز در جدول ج–۱ داده شده‌اند که مربوط به سیگنال‌های حالت دائمی و تک فرکانس، در محدوده فرکانس عملکرد بوده و در شرایط بهره‌برداری نامی که توسط سازنده مشخص می‌شود (محدوده دما، محدوده رطوبت، ولتاژ تغذیه ابزار و غیره) به ابزار اعمال می‌شوند.

نکته: در زمان آزمون وسایل مطابق با زیربند ۲–۱–۱، شرایط عدم قطعیت مربوط به حدود مجاز (۵٪ از حدود مجاز) یا جریان نامی (I_r) وسیله مورد آزمون (۰.۱۵٪ I_r)، هرکدام بزرگتر است، می‌باشد. این نکته باید در زمان انتخاب محدوده جریان ورودی مناسب ابزار اندازه‌گیری درنظر گرفته شود.

جدول ج- ۳- الزامات دقت برای اندازه‌گیری‌های جریان، ولتاژ و توان

کلاس	اندازه‌گیری	شرایط	حداکثر خطا
I	ولتاژ	$U_m \geq ۱\% U_{nom}$ $U_m < ۱\% U_{nom}$	$\pm ۵\% U_m$ $\pm ۰.۰۵\% U_{nom}$
	جریان	$I_m \geq ۳\% I_{nom}$ $I_m < ۳\% I_{nom}$	$\pm ۵\% I_m$ $\pm ۰.۱۵\% I_{nom}$
	توان	$P_m \geq ۱۵۰ W$ $P_m < ۱۵۰ W$	$\pm ۱\% P_m$ $\pm ۱.۵ W$
II	ولتاژ	$U_m \geq ۳\% U_{nom}$ $U_m < ۳\% U_{nom}$	$\pm ۵\% U_m$ $\pm ۰.۱۵\% U_{nom}$
	جریان	$I_m \geq ۱۰\% I_{nom}$ $I_m < I_{nom}$	$\pm ۵\% I_m$ $\pm ۰.۵\% I_{nom}$
I_{nom}: محدوده جریان نامی ابزار اندازه‌گیری U_{nom}: محدوده ولتاژ نامی ابزار اندازه‌گیری U_m، I_m و P_m: مقادیر اندازه‌گیری‌شده			

نکته ۱: ابزارهای کلاس I زمانی توصیه می‌شوند که اندازه‌گیری‌های دقیق ضروری هستند، نظیر اعتبارسنجی انطباق با استانداردها، حل اختلافات و غیره. هر دو ابزاری که منطبق بر الزامات کلاس I باشد، وقتی به سیگنال‌های یکسان وصل هستند، نتایج همسان در محدوده دقت مشخص‌شده تولید می‌کنند (یا شرایط اضافه بار را اعلام می‌کنند).

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

نکته ۲: ابزارهای کلاس I برای اندازه‌گیری‌های انتشار توصیه می‌شوند. ابزارهای کلاس II برای کاربردهای عمومی توصیه می‌شوند، اما برای اندازه‌گیری‌های انتشار نیز می‌توانند مورد استفاده قرار بگیرند اگر مقادیر به‌گونه‌ای باشند که، حتی با افزایش عدم قطعیت، روشن باشد که محدودیت‌ها نقض نمی‌شوند. در عمل، این بدان معنی است که مقادیر اندازه‌گیری‌شده هارمونیک‌ها باید کوچکتر از ۹۰٪ حدود مجاز باشند.

نکته ۳: به‌علاوه، برای ابزارهای کلاس *I*، شیفت فاز بین هریک از کانال‌های باید کوچکتر از $1^{\circ}\times h$ باشد.

فرکانس‌های خارج از محدوده اندازه‌گیری ابزار باید حذف شوند تا اثری بر روی نتایج نداشته باشند. برای رسیدن به تضعیف مناسب، ابزار اندازه‌گیری می‌تواند از سیگنال ورودی در فرکانسی بسیار بالاتر از محدوده اندازه‌گیری نمونه‌برداری کند. برای مثال، سیگنال تحلیلی ممکن است مؤلفه‌هایی بالای 25 kHz داشته باشد، اما تنها مؤلفه‌های تا 2 kHz درنظر گرفته می‌شوند. یک فیلتر پائین‌گذر ضد بیگانه، با فرکانس 3 dB- بالای محدوده اندازه‌گیری باید فراهم شود. تضعیف در باند توقف باید از 50 dB بیشتر باشد.

نکته: برای مثال، یک فیلتر butterworth مرتبه ۵ به تضعیف 50 dB در تقریباً سه برابر فرکانس 3 dB- می‌رسد.

در زمان نیاز به ارزیابی هارمونیک‌ها با مرتبه‌ای بزرگتر از ۱۵ و جریان نامی بزرگتر از 5 A با حداقل عدم قطعیت، توصیه می‌شود تا از شانت‌ها یا حسگرهای جریان خارجی استفاده شود که برای اندازه‌گیری محدوده‌ای برابر با جریان نامی تجهیز مورد آزمون تنظیم شده‌اند.

برای ابزاری که تنها برای اندازه‌گیری هارمونیک‌ها استفاده می‌شوند، الزامات دقت تنها به مؤلفه‌های هارمونیک اعمال می‌شوند.

برای رسیدن به دقت بیان‌شده در جدول ج–۱ بعضی تنظیمات ساده ابزار، مطابق با دستورالعمل‌های شفاف ارائه‌شده توسط سازنده، به‌وسیله یک کالیبراتور داخلی یا خارجی ممکن است مورد نیاز باشد. عدم قطعیت کالیبراتور (اگر داخلی باشد) باید مشخص شود.

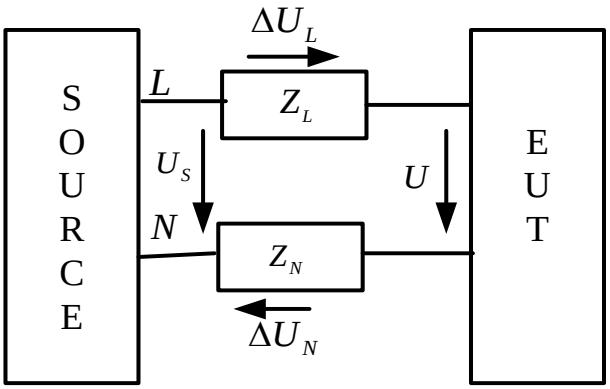
خطاهای ناشی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار (دما، ولتاژ تغذیه کمکی و غیره) باید توسط سازنده برای خود ابزار و برای کالیبراتور داخلی (در صورت وجود) مشخص شوند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

ج-۳-٤- تنظیمات اندازه‌گیری و ولتاژ تغذیه

ج-۳-٤-۱- تنظیمات اندازه‌گیری برای ارزیابی میزان انتشار

تنظیمات اندازه‌گیری در شکل‌های ج-۲ و ج-۳ داده شده است.



U_S ولتاژ خط به خنثی منبع

U: ولتاژ ترمینال تجهیز تحت آزمون

$Z_{L,N}$: امپدانس سیم‌کشی و قسمت سنجش جریان

EUT: تجهیز تحت آزمون

ΔU: افت ولتاژ روی Z_L و Z_N $(\Delta U = \Delta U_L + \Delta U_N)$

L: اتصال خط

N: اتصال نول

شکل ج- ۲- تنظیمات اندازه‌گیری برای اندازه‌گیری‌های انتشار تک‌فاز

ج-۳-٤-۲- منبع تغذیه برای ارزیابی میزان انتشار

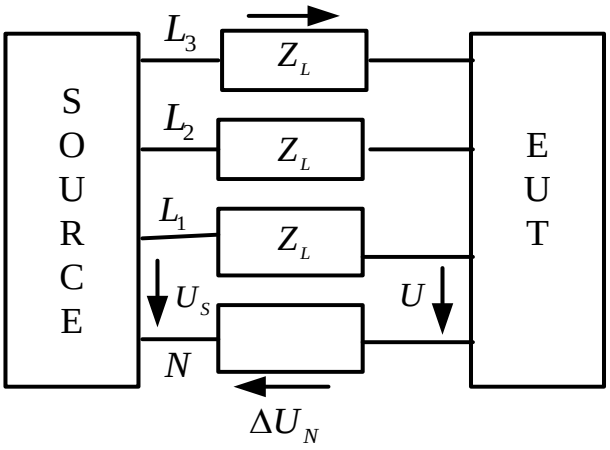
هنگام اندازه‌گیری برای ارزیابی هارمونیک‌ها تا هارمونیک چهلم فرکانس منبع، ولتاژ آزمون U در پایانه‌های تجهیز تحت آزمون باید مطابق موارد زیر باشد:

الف) الزامات برای تجهیزات با جریان ورودی کمتر یا مساوی با ۱٦ A در هر فاز

الزامات زیر برای تجهیزات با جریان ورودی کمتر یا مساوی با ۱۶ A در هر فاز می‌باشد:

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۱. پایداری ولتاژ آزمون باید بین ٪۲± مقدار انتخاب‌شده و فرکانس باید بین ٪۰/۵± از مقدار انتخاب‌شده در طول آزمون حفظ شود. اگر تجهیز تحت آزمون دارای یک محدوده ولتاژ تغذیه مشخص است، ولتاژ آزمون باید مطابق با ولتاژ نامی سیستم قدرت باشد (به‌عنوان مثال، ۲۳۰ ولت خط به خنثی، متناظر با ۴۰۰ ولت خط به خط). به‌منظور سهولت در اندازه‌گیری‌ها، برای اتصالات سه‌فاز مثلث سه‌سیمه، اگر هادی خنثی از منبع در دسترس نباشد، یک نقطه خنثی مصنوعی متشکل از سه مقاومت منطبق در محدوده ٪۱ می‌تواند استفاده شود. هدف از نقطه خنثی مصنوعی اندازه‌گیری‌های ولتاژ و توان هر فاز در ساختار خط به خنثی همانند خط به خط است. خطاهای وارد شده در اندازه‌گیری جریان‌های تجهیز تحت آزمون، در طی آزمون‌های انتشار با اثر بارگذاری قسمت ولت‌متر دستگاه و هر نوع شبکه خنثی مصنوعی نصب‌شده نباید بیش از ٪۰/۰۵ باشد.



U_S: ولتاژ خط به خنثی منبع

U: ولتاژ ترمینال تجهیز تحت آزمون

$Z_{L,N}$: امپدانس سیم‌کشی و قسمت سنجش جریان

EUT: تجهیز تحت آزمون

ΔU: افت ولتاژ روی Z_L و Z_N $(\Delta U = \Delta U_L + \Delta U_N)$

برای اتصال بین فاز $\Delta U = 2 \times \Delta U_L$

L: اتصال خط

N: اتصال نول

شکل ج- ۳- تنظیمات اندازه‌گیری برای اندازه‌گیری‌های انتشار سه‌فاز

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۲. برای یک منبع تغذیه سه‌فاز، سه ولتاژ خط باید رابطه فازی °۰، °۵/±۱ °۱۲۰، °۵/±۱ °۲۴۰ داشته باشند.

۳. اعوجاجات هارمونیکی ولتاژ آزمون تجهیز تحت آزمون از مقادیر زیر در شرایط اختصاصی آزمون نباید فراتر رود:

۰/۹٪ برای هارمونیک مرتبه سوم

۰/۴٪ برای هارمونیک مرتبه پنجم

۰/۳٪ برای هارمونیک مرتبه هفتم

۰/۲٪ برای هارمونیک مرتبه نهم

۰/۲٪ برای هارمونیک‌های زوج مرتبه دوم تا دهم

۰/۱٪ برای هارمونیک مرتبه یازدهم تا چهلم

۴. حداکثر مقدار ولتاژ آزمون باید بین دامنه ۱/۴۰۴ تا ۱/۴۲۴ برابر مقدار RMS آن باشد و باید بین° ۸۷ و °۹۳ بعد از عبور از صفر برسد.

۵. افت ولتاژ ΔU در امپدانس قسمت سنجش جریان و سیم کشی از ۰/۵ ولت نباید بیشتر باشد.

ب) الزامات برای تجهیزات با جریان ورودی بیشتر از ۱۶ A و کمتر یا مساوی با ۷۵ A در هر فاز

الزامات زیر برای تجهیزات با جریان ورودی بیشتر از ۱۶ A تا ۷۵ A در هر فاز باید انجام شود:

۱. ولتاژ خروجی U باید برابر ولتاژ نامی تجهیزات باشد. در حالتی که یک محدوده ولتاژ مشخص شده باشد، ولتاژ خروجی باید مطابق استاندارد IEC 60038 برابر با ولتاژ نامی سیستم باشد (به‌عنوان مثال: ۱۲۰ ولت یا ۲۳۰ ولت برای تک‌فاز یا ۴۰۰ ولت خط به خط برای سه‌فاز). به‌منظور سهولت اندازه‌گیری‌ها برای اتصالات مثلث سه‌سیمه سه‌فاز، در صورت در دسترس نبودن هادی خنثی از منبع، یک نقطه خنثی مصنوعی با سه مقاومت منطبق در محدوده ۱٪ باید استفاده شود. هدف از نقطه خنثی مصنوعی این است که اندازه‌گیری‌های ولتاژ و توان در هر فاز در سیستم تک‌فاز در آرایش خط به خنثی مانند مقادیر خط به خط به‌راحتی انجام شود. خطاهای وارد شده در اندازه‌گیری جریان‌های تجهیز تحت آزمون، در طول آزمون‌های انتشار توسط اثر بارگذاری قسمت ولت‌متر ابزار اندازه‌گیری و هر شبکه خنثی مصنوعی نصب‌شده نباید بیش از ۰/۰۵٪ شود.

۲. ولتاژ خروجی باید بین ۲٪± و فرکانس در ۰/۵٪± مقدار نامی حفظ شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۳. در صورت تغذیه سه‌فاز، عدم تعادل ولتاژ باید کمتر از ۵۰٪ حد عدم تعادل ولتاژ داده شده در استاندارد IEC 61000-2-2 باشد.

۴. نسبت‌های هارمونیکی ولتاژ خروجی U در شرایط بی‌باری نباید بیش از مقادیر زیر باشد:

٪۱.۵برای هارمونیک مرتبه ۵؛

٪۱.۲۵ برای هارمونیک مرتبه ۳ و ۷؛

٪۰.۷ برای هارمونیک مرتبه ۱۱؛

٪۰.۶برای هارمونیک مرتبه ۹ و ۱۳؛

٪۰.۴ برای هارمونیک‌های زوج مرتبه ۲ و ۱۰؛

٪۰.۳برای هارمونیک‌های مرتبه ۱۲ و ۱۴ تا ۴۰.

۵. برای استفاده از جداول ۳ و ۴ در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰، امپدانس منبع تغذیه به‌گونه‌ای است که نسبت اتصال کوتاه R_{sce} (همان‌طور که در استاندارد IEC 61000-3-12 تعریف شده است) برابر یا بالاتر از حداقل مقدار مجاز R_{sce} تجهیز با درج احتمالی راکتورها باشد. برای استفاده از جدول ۵ در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰، امپدانس منبع تغذیه به‌گونه‌ای است که R_{sce} برابر یا بالاتر از ۱/۶ برابر حداقل مقدار مجاز R_{sce} با درج احتمالی راکتورها است.

توجه: ضریب ۱/۶ درنظر گرفته‌شده مبتنی بر این واقعیت است که اگر یک تجهیز به یک منبع با مقدار R_{sce} بالاتر از R_{scemin} متصل باشد، انتشار هارمونیک‌های جریان افزایش می‌یابد.

۶. امپدانس قسمت سنجش جریان و سیم‌کشی هم در امپدانس منبع تغذیه منظور می‌شود.

توجه: مقادیر امپدانس و اعوجاج فوق‌الذکر به‌عنوان مصالحه‌ای با درنظر گرفتن این نکته انتخاب شده است که منابع تغذیه با کیفیت بالا که ظرفیت جریان بسیار بالایی داشته باشند بسیار نادر هستند. تکرارپذیری نتایج، با استفاده از منابع تغذیه مختلف، با مقادیر اعوجاج و امپدانس فوق‌الذکر می‌تواند بسیار ضعیف باشد. تکرارپذیری با استفاده از منبع تغذیه یکسان ضعیف نیست. اگر اصلاً امکان‌پذیر نبود، یک منبع تغذیه با اعوجاج و امپدانس کمتر باید استفاده شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

ج-۳-٤-۳- توان تجهیز

اگر اندازه‌گیری توان تجهیز نیاز بود، باید با استفاده از ولتاژ پایانه تجهیز در شکل ج-۲ یا شکل ج-۳ (U) و جریان ورودی تجهیز تحت آزمون اندازه‌گیری شود. برای منابعی که شامل قسمت سنجش جریان هستند، توان تجهیز باید با استفاده از ولتاژ پایانه‌های خروجی منبع و جریان ورودی تجهیز تحت آزمون اندازه‌گیری شود. در این حالت، ولتاژ باید در سمت قسمت سنجش جریان تجهیز تحت آزمون اندازه‌گیری شود با این فرض که منبع در پایانه‌های خروجی‌اش تنظیم می‌شود.

ج-۳-۵- گروه‌بندی و هموارسازی

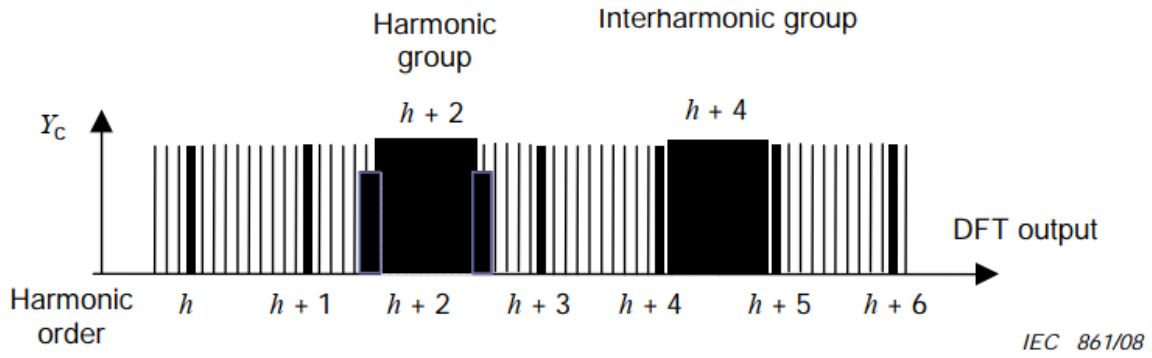
در ادامه بخش‌های پس از پردازش شکل ج-۱ ارائه می‌شود.

برای ارزیابی هارمونیک‌ها، ابتدا خروجی OUT 1 تبدیل فوریه گسسته (DFT) گروه می‌شود تا برابر با جمع مربع مؤلفه‌های میانی بین دو هارمونیک مجاور باشد که مطابق با رابطه (ج-۱) محاسبه می‌شود و در شکل ج-۴ نشان داده شده است. فقط مؤلفه‌های میانی بالاتر از هارمونیک مرتبه دوم باید استفاده شوند. گروه هارمونیکی مرتبه h به‌دست آمده (متناظر با مؤلفه مرکزی در آن ناحیه) اندازه $Y_{g,h}$ دارد.

$$Y_{g,h}^2 = \frac{1}{2}Y_{C,(N\times h)-N/2}^2 + \sum_{k=(-N/2)+1}^{(N/2)-1} Y_{C,(N\times h)+k}^2 + \frac{1}{2}Y_{C,(N\times h)+N/2}^2 \qquad (ج-۱)$$

در رابطه (ج-۱)، $Y_{C,(N\times h)+k}$ برابر مقدار RMS مؤلفه طیفی مربوط به خروجی DFT می‌باشد. (N×h)+k مرتبه مؤلفه‌های طیفی و $Y_{g,h}$ مقدار RMS منتجه گروه هارمونیکی می‌باشد.

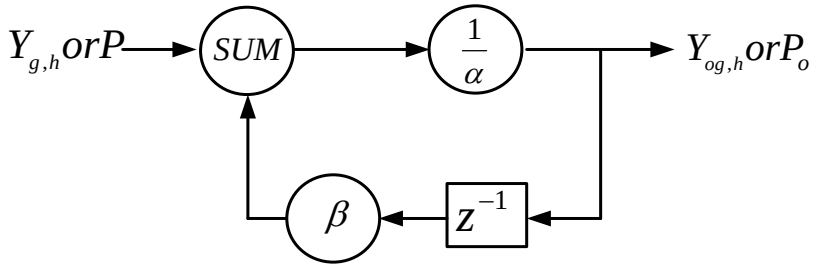
نکته: گروه‌بندی هارمونیک‌های میانی در شکل ج-۴ به‌منظور روشن ساختن تعاریف نمایش داده شده است.



شکل ج- ٤- توصیف گروه‌های هارمونیک و هارمونیک میانی (برای منبع تغذیه ۵۰ Hz)

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

فرایند هموارسازی سیگنال بر روی مقدار RMS $Y_{g,h}$ هر مرتبه هارمونیکی، مطابق با رابطه (ج–۱) (خروجی OUT 2a شکل ج–۱) باید اعمال شود. این امر با استفاده از یک فیلتر پایین‌گذر مرتبه اول دیجیتالی با یک ثابت زمانی ۱/۵ ثانیه مطابق شکل ج–۵ اجرا می‌شود.



شکل ج– ۵– تحقق یک فیلتر دیجیتال پایین‌گذر: z^{-1} تأخیر در عرض پنجره را مشخص می‌کند، α و β ضرایب فیلتر هستند. (جدول ج–۲ برای مقادیر را ببینید)

اگر محدودیت‌های انتشار شامل ضرایب اعوجاج THD_Y یا PWHD $_{H,Y}$ استخراج‌شده از مؤلفه‌های هارمونیکی $Y_{H,h}$ مطابق با تعاریف استاندارد IEC 61000-4-7 باشند، این ضرایب باید با استفاده از مقادیر خروجی OUT 1 محاسبه شوند.

جدول ج– ٤– ضرایب فیلتر هموارساز با توجه به عرض پنجره

فرکانس	تعداد سیکل‌ها (N) در پنجره	نرخ نمونه‌برداری (فیلتر دیجیتال پایین‌گذر) ms	A	B
۵۰	۱۰	≈۱/۲۰۰	۸.۰۱۲	۷.۰۱۲
۶۰	۱۲	≈۱/۲۰۰	۸.۰۱۲	۷.۰۱۲
۵۰	۱۶	≈۱/۳۲۰	۵.۲۰۶	۴.۲۰۶
۶۰	۱۶	≈۱/۲۶۷	۶/۱۴	۵.۱۴

اگر محدودیت‌های انتشار شامل ضرایب اعوجاج $THDG_Y$، $THDS_Y$، $PWHD_{g,Y}$ یا $PWHD_{sg,Y}$ استخراج‌شده از مقادیر گروهی $Y_{g,h}$ یا $Y_{sg,h}$ مطابق با تعاریف استاندارد IEC 61000-4-7 باشند، این ضرایب باید با استفاده از مقادیر خروجی OUT 2a محاسبه شوند.

اگر برای ضرایب اعوجاج فوق در استانداردهای مربوطه هموارسازی لازم باشد، یک فیلتر پایین‌گذر مرتبه اول دیجیتالی با ثابت زمانی ۱/۵ ثانیه مطابق شکل ج–۵، با ضرایب موجود در جدول ج–۲، استفاده می‌شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

در صورت لزوم، برای توان اکتیو P و ضریب قدرت (برای ماینرهای با جریان ورودی کمتر یا مساوی ۱۶ A)، هموارسازی مشابه برای این ماژول نیز باید انجام شود.

ج-٤- سایر اصول تحلیل

این حقیقت که در این دستورالعمل یک ابزار DFT به‌عنوان ابزار مرجع معرفی شده است، از کاربرد سایر اصول تحلیل نظیر بانک‌های فیلتر (دیجیتال) یا حتی سایر اصول تحلیل نظیر تحلیل موجک[1] جلوگیری نمی‌کند.

به‌علاوه، مخصوصاً برای ابزارهای ارزان، یک پنجره زمانی کوتاه‌تر، احتمالاً فقط به طول یک دوره تناوب، می‌توان درنظر گرفت. با این وجود، چنین ابزاری نباید برای ارزیابی انطباق سیگنال‌های غیرساکن با حدود انتشار استفاده شوند، چرا که چنین سیگنال‌هایی را نمی‌توان به این روش ارزیابی کرد.

مشخصات ابزارهای مبتنی بر اصول تحلیل دیگر باید محدوده عدم قطعیت ناشی از همه عوامل تأثیرگذار شامل مشخصه غیرثابت سیگنال، پدیده تشخیص نادرست فرکانس سیگنال و از دست رفتن سنکرونیزم را بیان کند. عدم قطعیت باید به‌گونه‌ای باشد که الزامات بند ج-۳ برآورده شوند.

ج-۵- عمومی

سازنده باید شرایط بهره‌برداری نامی و در صورت امکان اندازه خطای ناشی از تغییرات در موارد زیر را مشخص کند:

- دما
- رطوبت
- ولتاژ تغذیه ابزار و واسطه‌های مربوطه
- ولتاژ تداخل حالت مشترک[2] بین اتصال زمین ابزار، مدارهای ورودی آن و ولتاژ تغذیه کمکی
- دشارژهای الکتریسیته ساکن
- میدان‌های الکترومغناطیسی ساطع‌شده

[1] Wavelet
[2] Common-mode Interference Voltage

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

پیوست د: امپدانس مرجع

د-۱- کلیات

طبق استاندارد IEC/TR 60725، مقادیر امپدانس‌های مرجع متناسب با سیستم‌های تغذیه عمومی ولتاژ پایین در بندهای زیر آورده شده است.

واضح است که تعریف یک امپدانس مرجع واحد که همه‌جا اعمال شود، به‌دلیل تفاوت ولتاژهای تغذیه و سیستم‌های توزیع، امکان‌پذیر نیست.

د-۲- امپدانس‌های مرجع برای ماینرها با جریان ورودی کمتر از ۱۶ A

تجهیزات با جریان ورودی کمتر از ۱۶ A عمدتاً به منبعی که جریان هر فاز آن کمتر از ۱۰۰ A است وصل می‌شوند. امپدانس‌های مرجع مربوط به اتصال تجهیزات با جریان ورودی کمتر از ۱۶ A از مقادیر آورده‌شده در جدول د-۱ گرفته شده است.

امپدانس‌های مرجع باید نشان‌دهنده امپدانس‌های سیستم موجود باشند و دارای مقادیری باشند که بتوان از آنها برای ارزیابی میزان انتشار تجهیزات در برابر حدود ولتاژ استفاده کرد، با این دیدگاه که بتوان تضمین کرد اتصال تجهیز به یک شبکه تغذیه سراسری باعث ایجاد اختلال و اعوجاج ولتاژ نامناسب نمی‌شود.

تا کنون روشی خودکار و منطقی برای ارتباط دادن امپدانس مرجع با محدوده امپدانس‌های سیستم پیدا نشده است. تشخیص داده شده است که اگر ۱۰٪ از مصرف‌کنندگان، امپدانس‌های تغذیه بیشتر از یک مقدار معین داشته باشند به معنای این نیست که ۱۰٪ از مصرف‌کنندگان دارای اعوجاج هستند. یک مصرف‌کننده در انتهای یک خط باعث ایجاد اختلال کمتری (به‌دلیل نوسانات ولتاژ یا اعوجاجات هارمونیکی) برای مصرف‌کنندگان نزدیکتر به منبع نسبت به مصرف‌کننده همسایه خود می‌شود.

دیدگاه‌ها در مورد استفاده از یک امپدانس مرجع واحد می‌تواند به‌صورت زیر خلاصه شود:

توجه: این جدول امپدانس فاز به خنثی را برای سیستم‌های تک‌فاز نشان می‌دهد.

مقادیر آورده شده در زیربندهای زیر به‌عنوان امپدانس‌های مرجع با احتساب تجربه استفاده از وسایل موجود بر روی سیستم‌های کنونی و همچنین مقادیر امپدانس سیستم ارائه‌شده در جداولی نظیر جدول د-۱ انتخاب شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

جدول د- ۱- امپدانس‌های مختلط منبع مصرف‌کنندگان خانگی در ۵۰ Hz

کشور	سالی که داده‌ها به IEC ارائه شده	درصد مصرف‌کنندگانی که امپدانس‌های تغذیه برابر یا کمتر از مقادیر مختلط لیست‌شده برحسب Ω			
		۹۸٪	۹۵٪	۹۰٪	۸۵٪
استرالیا	۲۰۱۱	۰.۴۲+j۰.۳۸	۰.۳۰+j۰.۲۷	۰.۲۵+j۰.۲۳	۰.۲+j۰.۲۲
بلژیک	۱۹۸۰	-	۰.۶۳+j۰.۳۳	۰.۳۲+j۰.۱۷	۰.۲۸+j۰.۱۵
فرانسه	۱۹۸۰	-	۰.۵۵+j۰.۳۴	۰.۴۵+j۰.۲۵	۰.۳۴+j۰.۲۱
آلمان	۱۹۸۰	-	۰.۴۵+j۰.۲۵	۰.۳۶+j۰.۲۱	۰.۳۱+j۰.۱۷
ایرلند	۱۹۸۰	۱.۴۷+j۰.۶۴	۱.۲۶+j۰.۶۰	۱.۰۳+j۰.۵۵	۰.۹۴+j۰.۴۳
ایتالیا	۱۹۸۰	-	۰.۵۹+j۰.۳۲	۰.۴۸+j۰.۲۶	۰.۴۴+j۰.۲۴
هلند	۱۹۸۰	-	۰.۷۰+j۰.۲۵	۰.۴۱+j۰.۲۱	۰.۳۲+j۰.۱۷
سوئیس	۱۹۸۰	-	۰.۶۰+j۰.۳۶	۰.۴۲+j۰.۲۵	۰.۳۰+j۰.۱۸
بریتانیا	۱۹۸۰	۰.۴۵+j۰.۴۵	-	۰.۲۵+j۰.۲۳	-

۱. برخی از کشورها با شبکه‌های امپدانس بالا، تقویت شبکه‌شان را اقتصادی نمی‌دانند.

۲. برخی از کشورها با شبکه‌های امپدانس بالا نیازی به تقویت شبکه‌های خود ندارند زیرا آنها سوخت‌های جایگزین را برای وسایل پخت‌وپز و گرمایشی به‌راحتی در دسترس دارند.

۳. بعضی از کشورها نگران کلیدزنی بارهای قابل توجه در ۲۳۰ V نیستند زیرا آنها وسایل بزرگ را در ۴۰۰ V به دو یا سه فاز متصل می‌کنند.

د-۲-۱- سیستم‌های تغذیه سه‌فاز، چهار سیمه، ۲۳۰ ولت/۴۰۰ ولت با جریان کمتر از ۱۰۰ A

به‌کارگیری امپدانس‌های مرجع (Z_{ref}) جدول د-۲ برای اهداف آزمون توصیه می‌شود.

د-۲-۲- سیستم‌های تک‌فاز، دو سیمه، ۲۳۰ ولت با جریان تغذیه کمتر از ۱۰۰ A

توجه: در کشور کره، شبکه‌های تغذیه فشار ضعیف سه‌فاز چهار سیمه ۲۲۰ ولت/۳۸۰ ولت وجود دارد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

در این دسته از سیستم های تغذیه، ایرلند دارای شبکه‌ای است که درصد بالایی از مصرف‌کنندگان، امپدانس‌های تغذیه بیشتر از (۰.۴۰+j۰.۲۵) Ω دارند. ایتالیا و لهستان نیز دارای بخش بزرگی از شبکه‌های روستایی با امپدانس‌های تغذیه نسبتاً زیاد هستند. در انگلستان، تنها حدود ۲٪ از مصرف‌کنندگان امپدانس بیش از (۰.۴۰+j۰.۲۵) Ω دارند.

جدول د- ۲- امپدانس‌های مرجع برای اهداف آزمون

هادی	امپدانس‌ها برحسب Ω
هادی فاز	۰.۲۴+j۰.۱۵
هادی خنثی	۰.۱۶+j۰.۱۰
مجموع	۰.۴۰+j۰.۲۵

یک مقدار امپدانس مرجع واحد (۰.۴۰+j۰.۲۵) Ω (فاز به خنثی) با مزایای زیر پذیرفته شده است:

- این مقدار شرایط محدودیت مشابهی را برای وسایل تولید شده برای استفاده در کل کشورها فراهم می‌کند؛
- این مقدار مطابق با تصمیمی است که اجبار می‌کند یک امپدانس مرجع واحد برای ارزیابی میزان انتشار از تجهیزات با جریان ورودی کمتر از ۱۶ A در هر فاز وجود داشته باشد.
- این مقدار روش آزمون را ساده می‌کند.
- تجربه نشان می‌دهد که اکثر لوازم خانگی متصل به سیستم‌های تغذیه عمومی مطابق با محدودیت‌های مبتنی بر این امپدانس هستند (اما موارد استثنایی نیز وجود دارد).

انتخاب یک امپدانس منفرد نیز دارای معایبی است:

- اگرچه در حال حاضر شرایط موجود در شبکه‌های با امپدانس نسبتاً زیاد در حالت عادی قابل قبول است، اما اگر هم‌زمان تعداد زیادی تجهیز برای تولید حداکثر مقادیر تغییر ولتاژ پیش‌بینی شده استفاده شود، ممکن است اوضاع اینگونه نباشد.

اگر تجهیزات با جریان ورودی کمتر از ۱۶ A که در زمان آزمون با امپدانس مرجع با محدویت‌های ولتاژ زیربند ۵-۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰ مطابقت ندارند، ممکن است برای نشان دادن انطباق با زیربند ۵-۲-۲ همین استاندارد دوباره آزمایش یا ارزیابی شوند. زیربند ۵-۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره -۲۲۸۴۰ قابل اعمال به تجهیزات با جریان ورودی هر فاز کمتر از ۷۵ A بوده و اتصال مشروط تجهیز به یک شبکه توزیع عمومی را امکان‌پذیر می‌کند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

امپدانس مرجع توصیه‌شده برای سیستم‌های تغذیه تک‌فاز، سه‌سیمه ۵۰ *Hz* و ۶۰ *Hz*، با محدوده ولتاژ نامی بین ۱۰۰ ولت و ۱۲۰ ولت در جدول د–۳ آمده است.

د–۲–۳– سیستم‌های تغذیه تک‌فاز، سه سیمه، ۱۰۰ ولت/۲۰۰ ولت و ۱۲۰ ولت/۲۴۰ ولت با جریان تغذیه کمتر از ۱۰۰ A

جدول د– ۳– امپدانس‌های مرجع برای سیستم‌های تغذیه ۱۰۰ ولت/۲۰۰ ولت و ۱۲۰ ولت/۲۴۰ ولت

هادی	امپدانس‌ها برحسب Ω
هادی فاز	۰.۲۰۹+j۰.۱۰۳
هادی خنثی	۰.۱۴۳+j۰.۰۲۵
مجموع	۰.۳۵+j۰.۱۳

امپدانس‌های مرجع توصیه‌شده برای سیستم‌های تغذیه تک‌فاز، سه‌سیمه ۵۰ *Hz* و ۶۰ *Hz* با محدوده ولتاژ نامی بین ۲۰۰ ولت تا ۲۴۰ ولت و با جریان ورودی کمتر از ۱۰۰ *A* در جدول د–۴ آمده است.

جدول د– ٤– امپدانس‌های مرجع برای سیستم‌های تغذیه ۲۰۰ V تا ۲٤۰ V و جریان تغذیه کمتر از ۱۰۰ A

هادی	امپدانس‌ها برحسب Ω
هادی فاز	۰.۲۰۹+j۰.۱۰۳
هادی فاز برگشت	۰.۲۰۹+j۰.۱۰۳
مجموع	۰.۴۲+j۰.۲۱

د–۲–٤– سیستم‌های تغذیه سه‌فاز، چهار سیمه با جریان تغذیه بیشتر از ۱۰۰ A در هر فاز

برای سیستم‌های تغذیه تک‌فاز ۵۰ *Hz* و ۶۰ *Hz* که دارای ولتاژ نامی در محدوده ۲۰۰ ولت تا ۲۴۰ ولت و جریان تغذیه بیشتر از ۱۰۰ *A* در هر فاز هستند، امپدانس‌های مرجع توصیه‌شده در جدول د–۵ آورده شده است.

د–۳– امپدانس‌های مرجع برای ماینرها با جریان ورودی بیشتر از ١٦ A و کمتر از ۷۵ A در هر فاز

تجهیزات با جریان ورودی کمتر از ۷۵ *A* در هر فاز به‌طور گسترده‌ای در محل‌های تجاری و صنعتی استفاده می‌شود و به میزان کمتری در محل‌های مسکونی کاربرد دارند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

جدول د- ۵- امپدانس‌های مرجع برای سیستم‌های تغذیه ۲۰۰ ولت تا ۲٤۰ ولت با جریان تغذیه بیشتر از ۱۰۰ A در هر فاز

هادی	امپدانس‌ها برحسب Ω
هادی فاز	۰.۱۵+j۰.۱۵
هادی خنثی	۰.۱۰+j۰.۱۰
مجموع	۰.۲۵+j۰.۲۵

مقادیر امپدانس سیستم تغذیه ۵۰ *Hz* برای طیف وسیعی از جریان‌های تغذیه بالا در جداول د-۶ و د-۷ ارائه شده است.

برای تجهیزات با جریان ورودی کمتر از ۷۵ A که فقط با منبع تغذیه با جریان کمتر از ۱۰۰ A در هر فاز استفاده می‌شوند (جایی که ولتاژ تک‌فاز در محدوده ۲۰۰ V تا ۲۴۰ V باشد)، توصیه می‌شود که امپدانس‌های مرجع آزمون (Z_{test}) از زیربند د-۲-۱ تعیین شود.

جدول د- ٦- مقادیر مدول امپدانس تغذیه، برحسب اهم در ۵۰ Hz، مربوط به اتصال تجهیز سه‌فاز

محدوده ولتاژ اعلامی ٪	ظرفیت جریان برحسب A در هر فاز				
	A۱۵۰	A۲۰۰	A۳۰۰	A٤۰۰	A٦۰۰
۸	۰.۰۹	۰.۰۶	۰.۰۴	۰.۰۳	۰.۰۲
۹	۰.۱۰	۰.۰۷	۰.۰۵	۰.۰۴	۰.۰۳
۱۰	۰.۱۱	۰.۰۸	۰.۰۵	۰.۰۴	۰.۰۳
۱۱	۰.۱۲	۰.۰۹	۰.۰۶	۰.۰۵	۰.۰۳
۱۲	۰.۱۴	۰.۱۰	۰.۰۷	۰.۰۵	۰.۰۳
۱۳	۰.۱۵	۰.۱۱	۰.۰۸	۰.۰۶	۰.۰۴
۱۴	۰.۱۷	۰.۱۳	۰.۰۸	۰.۰۷	۰.۰۴
۱۵	۰.۱۸	۰.۱۴	۰.۰۹	۰.۰۷	۰.۰۵
۱۶	۰.۲۰	۰.۱۵	۰.۱۰	۰.۰۸	۰.۰۵
۱۷	۰.۲۱	۰.۱۶	۰.۱۰	۰.۰۸	۰.۰۵
۱۸	۰.۲۲	۰.۱۷	۰.۱۱	۰.۰۹	۰.۰۶
۱۹	۰.۲۴	۰.۱۸	۰.۱۲	۰.۰۹	۰.۰۶
۲۰	۰.۲۵	۰.۱۹	۰.۱۳	۰.۱۰	۰.۰۶

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

برای تجهیزات با جریان ورودی کمتر از ۷۵ A که فقط با منبع تغذیه با جریان بیشتر از ۱۰۰ A در هر فاز استفاده می‌شوند (جایی که ولتاژ تک‌فاز در محدوده ۲۰۰ V تا ۲۴۰ V باشد)، توصیه می‌شود که امپدانس‌های مرجع آزمون (Z_{test}) از جدول د–۸ تعیین شود.

توجه: مقادیر امپدانس بالا برای آزمون‌های مطابق با زیربند ۲–۲–۳ بر روی تجهیزاتی که ظرفیت جریان RMS بیشتر از ۲۰ A دارند توصیه می‌شود. تجهیزاتی که ظرفیت جریان بالای ۱۹ A دارند، طبق تعریف از حد d_c برابر با ۳/۳٪ بالاتر رفته و بنابراین به یک امپدانس سیستم نیاز دارند که کمتر از Z_{ref} نشان داده‌شده در جدول د–۲ باشد.

جدول د– ۷– مقادیر مدول امپدانس تغذیه، برحسب اهم در ۵۰ *Hz*، مربوط به اتصال تجهیز تک‌فاز

محدوده ولتاژ اعلامی ٪	ظرفیت جریان برحسب A در هر فاز				
	A۱۵۰	A۲۰۰	A۳۰۰	A٤۰۰	A ٦۰۰
۸	۰.۱۳	۰.۱۰	۰.۰۶	۰.۰۵	۰.۰۳
۹	۰.۱۵	۰.۱۲	۰.۰۸	۰.۰۶	۰.۰۴
۱۰	۰.۱۸	۰.۱۳	۰.۰۹	۰.۰۷	۰.۰۴
۱۱	۰.۲۰	۰.۱۵	۰.۱۰	۰.۰۸	۰.۰۵
۱۲	۰.۲۳	۰.۱۷	۰.۱۱	۰.۰۸	۰.۰۶
۱۳	۰.۲۵	۰.۱۹	۰.۱۲	۰.۰۹	۰.۰۶
۱۴	۰.۲۷	۰.۲۰	۰.۱۴	۰.۱۰	۰.۰۷
۱۵	۰.۳۰	۰.۲۲	۰.۱۵	۰.۱۱	۰.۰۷
۱۶	۰.۳۲	۰.۲۴	۰.۱۶	۰.۱۲	۰.۰۸
۱۷	۰.۳۴	۰.۲۶	۰.۱۷	۰.۱۳	۰.۰۹
۱۸	۰.۳۷	۰.۲۸	۰.۱۸	۰.۱۴	۰.۰۹
۱۹	۰.۳۹	۰.۲۹	۰.۲۰	۰.۱۵	۰.۱۰
۲۰	۰.۴۲	۰.۳۱	۰.۲۰	۰.۱۶	۰.۱۰

جدول د– ۸– امپدانس مرجع برای سیستم‌های تغذیه ۱۲۰ ولت تا ۲٤۰ ولت با جریان تغذیه بیشتر از ۱۰۰ A

هادی	امپدانس‌ها برحسب Ω
هادی فاز	۰.۱۵+j۰.۱۵
هادی خنثی	۰.۱۰+j۰.۱۰
مجموع	۰.۲۵+j۰.۲۵

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

پیوســـت ه: شـــرایط آزمون و روش‌ها برای اندازه‌گیری تغییرات ولتاژ d_{max} ناشی از کلیدزنی دستی

ه-۱- کلیات

تغییرات قابل توجه در طراحی‌ها و مشخات کلیدهای دستی باعث نوسانات گسترده‌ای در نتایج اندازه‌گیری‌های تغییر ولتاژ می‌شود. یک رویه آزمون وابسته به عملکرد واقعی کلید دستی تجهیز تحت آزمون ضروری است.

بنابراین یک روش تحلیلی برای اندازه‌گیری d_{max} به‌منظور دستیابی به تکرارپذیری نتایج آزمون باید انجام شود. همچنین روش مندرج در بند ه-۲ می‌تواند برای اندازه‌گیری پارامترهای d_c و T_{max} استفاده شود.

ه-۲- روش آزمون

روش آزمون به شرح زیر است:

الف) ۲۴ داده اندازه‌گیری جریان هجومی باید به‌ترتیب زیر انجام شود:

- شروع به اندازه‌گیری کنید.
- تجهیز تحت آزمون را روشن کنید (برای ایجاد یک تغییر ولتاژ)
- اجازه دهید تجهیز تحت آزمون تا زمانی که ممکن است در شرایط کار عادی، در طول یک بازه زمانی اندازه‌گیری ۱ دقیقه کار کند.
- قبل از پایان بازه زمانی اندازه‌گیری ۱ دقیقه تجهیز تحت آزمون را خاموش کرده و مطمئن شوید که تمام قطعات متحرک داخل تجهیز تحت آزمون متوقف شده و هر دستگاه درون آن قبل از اندازه‌گیری بعدی زمان لازم برای خنک شدن در دمای محیط را داشته باشد.
- اندازه‌گیری بعدی را شروع کنید.

توجه: روش خنک‌کاری می‌تواند طبیعی یا اجباری باشد و دوره خنک‌کاری توسط سازنده تجهیزات مشخص می‌شود.

ب) نتیجه نهایی آزمون باید با حذف بالاترین و کمترین نتایج و میانگین حسابی ۲۲ مقدار باقیمانده محاسبه شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

پیوست و: نوسان نسبی ولتاژ ورودی $\Delta V/V$ برای $P_{st} = 1.0$ در خروجی [IEC/TR ٦١٠٠٠-٣-٧:٢٠٠٨]

جدول و- ١- نوسان نسبی ولتاژ ورودی $\Delta V/V$ برای $P_{st} = 1.0$ در خروجی

نرخ نوسان (r) تعداد تغییر در دقیقه	نوسان ولتاژ ٪		نرخ نوسان (r) تعداد تغییر در دقیقه	نوسان ولتاژ ٪	
	لامپ ۱۲۰V سیستم ٦٠ Hz	لامپ ۲۳۰ V سیستم ۵۰ Hz		لامپ ۱۲۰ V سیستم ٦٠ Hz	لامپ ۲۳۰ V سیستم ۵۰ Hz
۰.۱	۸.۲۰۲	۷.۴	۱۷۶	۰.۷۳۹	۰.۶۴
۰.۲	۵.۲۳۲	۴.۵۸	۲۷۳	۰.۶۵	۰.۵۶
۰.۴	۴.۰۶۲	۳.۵۴	۳۷۵	۰.۵۹۴	۰.۵
۰.۶	۳.۶۴	۳.۲	۴۸۰	۰.۵۵۹	۰.۴۸
۱	۳.۱۶۶	۲.۷۲۴	۵۸۵	۰.۵۰۱	۰.۴۲
۲	۲.۵۶۸	۲.۲۱۱	۶۸۲	۰.۴۴۵	۰.۳۷
۳	۲.۲۵	۱.۹۵	۷۹۶	۰.۳۹۳	۰.۳۲
۵	۱.۸۹۹	۱.۶۴	۱۰۲۰	۰.۳۵	۰.۲۸
۷	۱.۶۹۵	۱.۴۵۹	۱۰۵۵	۰.۳۵۱	۰.۲۸
۱۰	۱.۴۹۹	۱.۲۹	۱۲۰۰	۰.۳۷۱	۰.۲۹
۲۲	۱.۱۸۶	۱.۰۲	۱۳۹۰	۰.۴۳۸	۰.۳۴
۳۹	۱.۰۴۴	۰.۹۰۶	۱۶۲۰	۰.۵۴۷	۰.۴۰۲
۴۸	۱	۰.۸۷	۲۴۰۰	۱.۰۵۱	۰.۷۷
۶۸	۰.۹۳۹	۰.۸۱	۲۸۷۵	۱.۴۹۸	۱.۰۴
۱۱۰	۰.۸۴۱	۰.۷۲۵			

نکته ۱: دو تغییر ولتاژ متوالی (یکی مثبت و یکی منفی) یک "سیکل" تشکیل می‌دهند، یعنی دو تغییر ولتاژ در ثانیه متناظر با یک نوسان ۱ Hz است.

نکته ۲: این منحنی‌ها بر اساس لامپ رشته‌ای ۶۰ W هستند. در حالی که تجهیز روشنایی دیگر ممکن است نتایج متفاوتی داشته باشد، این منحنی‌ها به‌عنوان مرجع به‌منظور انجام ارزیابی‌های سازگار در وضعیت‌های مختلف به‌کار گرفته می‌شوند.

نکته ۳: نسخه‌های مختلفی از این جدول در مراجع وجود دارند که اختلاف‌های بسیار کوچکی دارند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

ضمیمه ز: قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها

ز-۱- عمومی

این پیوست اطلاعات بیشتری در مورد قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها ارائه می‌دهد که یک مفهوم مهم برای اطمینان از قابلیت مقایسه نتایج اندازه‌گیری در سطح ملی و بین‌المللی است.

ز-۲- ایجاد قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها

۱) قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها با درنظر گرفتن و سپس اطمینان از موارد زیر ایجاد می‌شود:

الف) مشخصات مورد اندازه‌گیری (کمیت مورد اندازه‌گیری)

ب) یک زنجیره کالیبراسیون بدون وقفه مستند با اشاره به مراجع اعلام‌شده و مناسب (مراجع مناسب شامل استانداردهای ملی یا بین‌المللی)

ج) عدم قطعیت اندازه‌گیری در هر مرحله از زنجیره ردیابی با توجه به روش‌های مورد توافق ارزیابی می‌شود.

د) هر مرحله از زنجیره مطابق روش‌های مناسب، با نتایج اندازه‌گیری و عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری ثبت‌شده مربوطه انجام می‌شود.

ه) آزمایشگاه‌هایی که یک یا چند مرحله در زنجیره را انجام می‌دهند، برای شایستگی فنی خود گواهی ارائه می‌کنند.

۲) خطای اندازه‌گیری سیستمی (که گاهی اوقات "بایاس" نامیده می‌شود) در تجهیزات کالیبره‌شده برای انتشار قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها در نتایج اندازه‌گیری در آزمایشگاه درنظر گرفته می‌شود. چندین مکانیزم برای درنظر گرفتن خطاهای اندازه‌گیری سیستمی در انتشار قابلیت ردیابی اندازه‌گیری وجود دارد.

۳) استانداردهای اندازه‌گیری که اطلاعاتی را از یک آزمایشگاه باصلاحیت گزارش کرده‌اند که فقط شامل یک اظهار انطباق با یک مشخصه است (با حذف نتایج اندازه‌گیری و عدم قطعیت‌های مرتبط) گاهی برای انتشار قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها استفاده می‌شوند. این روش که در آن محدودیت مشخصات به‌عنوان منبع عدم قطعیت وارد می‌شود، به موارد زیر بستگی دارد:

- استفاده از یک قانون تصمیم‌گیری مناسب برای ایجاد انطباق
- محدودیت‌های مشخصه متعاقباً در بودجه عدم قطعیت به شیوه‌ای مناسب از نظر فنی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مبنای فنی این رویکرد این است که مطابقت اعلام‌شده با یک مشخصه محدوده‌ای از مقادیر اندازه‌گیری را تعیین می‌کند، که در آن انتظار می‌رود مقدار واقعی در حد مشخصی از قابل‌اطمینان قرار بگیرد. این رویکرد هرگونه بایاس نسبت به مقدار واقعی و عدم قطعیت اندازه‌گیری را منظور می‌کند.

مثال: استفاده از وزنه‌های کلاس **OIML R 111**[1] برای کالیبره یک ترازو.

ز-۳- نشان دادن قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها

۱) آزمایشگاه‌ها موظف به ایجاد قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها مطابق با این سند هستند. نتایج کالیبراسیون آزمایشگاه‌های مطابق با این سند، قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها را ارائه می‌دهند. مقادیر تأییدشده مواد مرجع تأییدشده از تولیدکنندگان مواد مرجع مطابق با **ISO 17034**، قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها را فراهم می‌کند. روش‌های مختلفی برای نشان دادن مطابقت با این سند وجود دارد: شناخت شخص ثالث (مانند یک نهاد اعتباربخشی[2])، ارزیابی خارجی توسط مشتریان یا خودارزیابی. مسیرهای پذیرفته‌شده بین‌المللی شامل موارد زیر است، اما به آن‌ها محدود نمی‌شود:

الف) قابلیت‌های کالیبراسیون و اندازه‌گیری ارائه‌شده توسط مؤسسات اندازه‌گیری ملی و مؤسساتی که تحت فرآیندهای بررسی دقیق مناسب قرار گرفته‌اند. این بررسی‌های دقیق زیر نظر **CIPM MRA**[3] (کمیته بین‌المللی وزن و اندازه‌گیری) انجام می‌شود. خدمات تحت پوشش این کمیته را می‌توان در ضمیمه **C** از **BIPM KCDB**[4] (پایگاه داده مقایسه کلیدی دفتر بین‌المللی وزن و اندازه‌گیری) مشاهده کرد. این ضمیمه حدود و عدم قطعیت اندازه‌گیری برای هر سرویس ذکرشده را مشخص می‌کند.

ب) قابلیت‌های کالیبراسیون و اندازه‌گیری که توسط یک نهاد اعتبارسنجی تحت مقررات **ILAC**[5] (همکاری بین‌المللی اعتبارسنجی آزمایشگاه) تائید شده است یا مقررات منطقه‌ای مشخص‌شده توسط **ILAC** قابلیت ردیابی اندازه‌گیری را نشان داده است. حوزه فعالیت آزمایشگاه‌های معتبر از جانب نهادهای اعتباربخشی مربوطه آنها در دسترس عموم است.

---

[1] International Organization of Legal Metrology
[2] Accreditation Body
[3] International Committee for Weights and Measures Mutual Recognition Arrangement
[4] International Bureau of Weights and Measures Key Comparison Database
[5] International Laboratory Accreditation Cooperation

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

۲) زمانی که نیاز به اثبات پذیرش بین‌المللی زنجیره قابلیت ردیابی اندازه‌گیری باشد، بیانیه مشترک **BIPM**، **OIML**[1] (سازمان بین‌المللی حقوقی اندازه‌گیری)، **ILAC** و **ISO**[2] در مورد قابلیت ردیابی اندازه‌گیری یک راهنمایی مشخص ارائه می‌دهد.

[1] International Organization of Legal Metrology

DOI: 10.30503/nripress.2020.284

ضمیمه ح: گزینه‌های سیستم مدیریت

۱) به‌طورکلی افزایش استفاده از سیستم‌های مدیریتی نیاز به اطمینان از توانایی آزمایشگاه‌ها برای کار با یک سیستم مدیریتی مطابق با استاندارد ISO 9001 و همچنین این سند را افزایش داده است. بنابراین، این سند دو گزینه را برای الزامات مربوط به پیاده‌سازی سیستم مدیریت ارائه می‌دهد.

۲) گزینه A (رجوع کنید به بخش ۸–۱–۲) حداقل الزامات برای پیاده‌سازی یک سیستم مدیریت در آزمایشگاه را ذکر می‌کند. دقت شده است که کلیه الزامات ISO 9001 مربوط به دامنه فعالیت‌های آزمایشگاهی که تحت پوشش سیستم مدیریت قرار می‌گیرد، درج شود. بنابراین آزمایشگاه‌هایی که مطابق با بخش‌های ۱ تا ۴ هستند و گزینه A بخش ۵ را اجرا می‌کنند، عموماً مطابق با اصول ISO 9001 نیز عمل خواهند کرد.

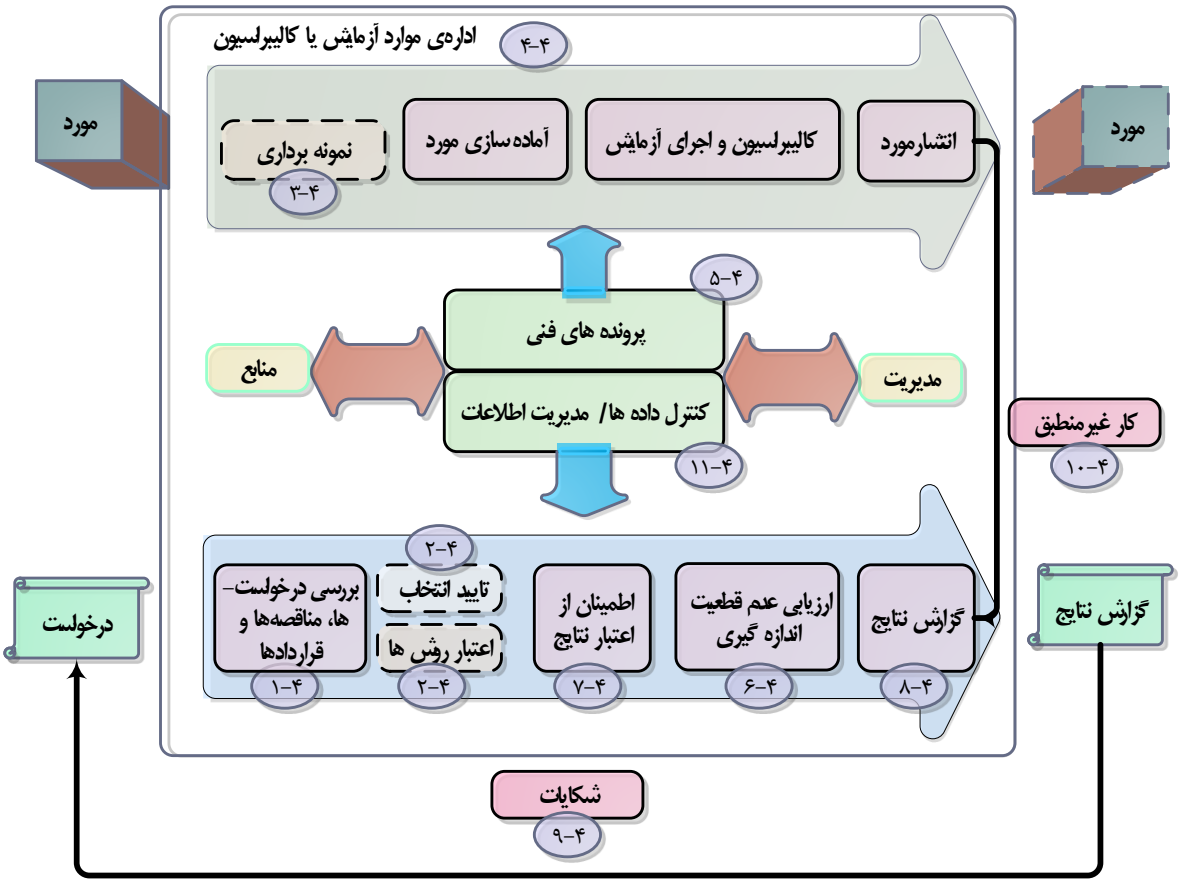
۳) گزینه B (به بخش ۸–۱–۳مراجعه کنید) به آزمایشگاه‌ها اجازه می‌دهد تا یک سیستم مدیریتی مطابق با الزامات ISO 9001 ایجاد و نگهداری کنند، به‌نحوی‌که از تحقق الزامات بخش‌های ۱ تا ۴ پشتیبانی کنند. بنابراین آزمایشگاه‌هایی که گزینه B بخش ۵ را اجرا می‌کنند، مطابق با ISO 9001 نیز عمل خواهند کرد. تطابق سیستم مدیریت آزمایشگاه با الزاماتISO 9001 ، به‌خودی خود صلاحیت آزمایشگاه برای تولید داده‌ها و نتایج معتبر فنی را نشان نمی‌دهد. صلاحیت آزمایشگاه برای تولید داده‌ها و نتایج معتبر فنی با رعایت بخش‌های ۱ تا ۴ نشان داده می‌شود.

۴) هدف هر دو گزینه دستیابی به نتایج یکسان در عملکرد سیستم مدیریت و انطباق با بخش‌های ۱ تا ۴ است.

توجه: اسناد، داده‌ها و پرونده‌ها اجزای اطلاعات مستندی هستند که در ISO 9001 و سایر استانداردهای سیستم مدیریت استفاده می‌شود. کنترل اسناد در بخش ۸–۳ آورده شده است. کنترل پرونده‌ها در بخش‌های ۸–۴ و ۴–۵ آورده شده است. کنترل داده‌های مربوط به فعالیت‌های آزمایشگاهی در بخش ۸–۱۱ آمده است.

۵) شکل ح–۱ نمونه‌ای از یک طرح کلی احتمالی از فرآیندهای عملیاتی یک آزمایشگاه را نشان می‌دهد، همان‌طور که در بخش ۴ توضیح داده شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.284



شکل ح-۱: نمایش طرح احتمالی فرآیندهای عملیاتی یک آزمایشگاه [۱]

مراجع

[1] International Standard, IEC 61000-3-2, Edition 5.0 2018-01, Electromagnetic Compatibility (Emc) – Part 3-2: Limits – Limits For Harmonic Current Emissions (Equipment Input Current ≤ 16 A Per Phase), (2018).
[2] International Standard, IEC 61000-3-3, Edition 3.1 2017-05, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-3: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection, (2017).
[3] International Standard, IEC 61000-4-7, Edition 2.1 2009-10, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto, (2009).
[۴] استاندارد صنعت برق ایران– مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی (کیفیت برق)، قسمت نهم– دستورالعمل اندازگیری کیفیت برق، بازرسی و اطمینان از کیفیت آن، چاپ اول، اردیبهشت ۱۳۸۱.
[۵] استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۸۴۰، تجهیزات استخراج فرآورده‌های پردازشی رمزنگاری‌شده رمزارزها (ماینرها)- حدود انتشار پدیده‌های کیفیت توان الکتریکی برای فرآیند استخراج رمزارز- قسمت ۱: الزامات تجهیزات، چاپ اول، ۱۳۹۹.
[6] Agilent AN 1273 Compliance Testing to the IEC 1000-3-2 (EN 61000-3-2) and IEC 1000-3-3 (EN 61000-3-3) Standards.
[7] International Standard, IEC/TR 60725, Consideration of reference impedances and public supply network impedances for use in determining the disturbance characteristics of electrical equipment having a rated current ≤75 A per phase
, (2012).
[8] International Standard, IEC 61000-3-11, Edition 2.0 2017-04, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-11: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems – Equipment with rated current ≤75 A and subject to conditional connection, (2017).
[9] International Standard, IEC 61000-3-12, Edition 2.0 2011-05, Part 3-12: Limits – Limits for harmonic currents produced by equipment connected to public low-voltage systems with input current >16 A and ≤75 A per phase, (2011).
[10] International Standard, IEC 61000-4-15, Edition 2.0 2010-08, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-15: Testing and measurement techniques – Flickermeter – Functional and design specificatio, (2010).
1.1 [11] International Standard, IEC/TR 61000-3-6, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-6: Limits - Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems, (2008).
[12] International Standard IEC 60038, IEC standard voltages, defines a set of standard voltages for use in low voltage and high voltage AC and DC electricity supply systems. (2017).
[13] A laboratory for power quality analysis, Julio Barros, Daniel Cando and Iker Durana, International Journal of Electrical Engineering Education, July 13, 2015.

[14] Short Time Voltage Variations Analysis for the new Brazilian Distribution Procedures (PRODIST), International on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'13) Bilbao (Spain), 20th to 22th ، 2013 Renewable Energy and Power Quality Journal (RE&PQJ)
[15] http://www.cepel.br/en_us/
[16] Visualizing Power-Quality Phenomena in a Hands-On Electric Power Systems Laboratory, Mr. Thomas Vernon Cook, University of Pittsburgh
[17] https://www.dlsemc.com/
[18] https://cpri.res.in/
[19] https://www.kccscientific.com/
[20] https://www.fluke.com/en/products/electrical-testing/power-quality
[21]https://www.meruspower.fi/?ppc_keyword=power%20quality%20measurement&gclid=EAIaIQobChMI9pzMmonZ8gIVSuPmCh2imABMEAAYASAAEgIGdfD_BwE
[22] https://megger.com/
[23] http://mail.pqube3.com/IEC-61000-4-30.php
[24] Advanced Power Quality Laboratory, Thomas Marshall, IEEE Electrical Power & Energy Conferenc (EPEC), 2013.
[25] http://www.iust.ac.ir/content/28248/
[26] https://www.kntu.ac.ir/نمایه.aspx?lang=1&sub=102
[27]https://ee.aut.ac.ir/content/1688/%D8%A7%D8%B7%D9%84%D8%A7%D8%B9%D8%A7%D8%AA%D8%A2%D8%B2%D9%85%D8%A7%DB%8C%D8%B4%DA%AF%D8%A7%D9%87%D9%87%D8%A7%DB%8C-%D8%AA%D8%AD%D9%82%DB%8C%D9%82%D8%A7%D8%AA%DB%8C
[28] Power Quality Analyzer PQ3198, PQ3100 Catalog
[29] https://epil.ir/
[30] www.vebko.ir
[31] http://www.tadbi
[32] ISO/IEC 17025, International Standard, General Requirements For The Competence Of Testing And Calibration Laboratories, third edition, 2017.