NRI-ER-986-PDPN10-00-F

دستورالعمل کالیبراسیون و پایش میانی تجهیزات اندازه‌گیری در صنعت برق- کنتور برق

مدیر پروژه: علی رهبری مهر

شرکت مجری: سنجشگران میزان ابزار

شهریور ۱۴۰۱

DOI: 10.30503/nripress.2020.272


بسم الله الرحمن الرحيم

دستورالعمل کالیبراسیون و پایش میانی تجهیزات اندازه‌گیری در صنعت برق- کنتور برق

مدیر پروژه: علی رهبری مهر

شرکت مجری: سنجشگران میزان ابزار

همکاران پروژه:

علی رهبری مهر

نوذر ایرانی

نماینده مدیر طرح:

نوذر ایرانی

واحد مجری:

طرح اکتساب دانش فنی طراحی، پیاده سازی و استقرار سیستم های نوین خدمات مشترکین

انتشارات پژوهشگاه نیرو

شهریور ۱۴۰۱

کد ثبت گزارش: **NRI-ER-986-PDPN10-00-F**

DOI: 10.30503/nripress.2020.272

ایران. وزارت نیرو. پژوهشگاه نیرو. طرح جامع نیاز سنجی، اولویت بندی، تدوین، بازنگری و الحاقیه استانداردهای حوزه توزیع برق

تدوین دستورالعمل(های) کالیبراسیون و پایش میانی/ نماینده مدیر طرح: ایرانی، نوذر. کارفرما: پژوهشگاه نیرو ، ۱۴۰۱.

۵۵ ص.: مصور، نمودار، جدول

۱. ایرانی، نوذر، همکار پروژه. ۲. شرکت سنجشگران میزان ابزار. ۳. مدیر پروژه: رهبری مهر، علی. ۴. شاه حسینی، امید، مدیر واحد مجری. ۵. استانداردهای حوزه توزیع برق .

انتشارات پژوهشگاه نیرو

طرح جامع نیاز سنجی، اولویت بندی، تدوین، بازنگری و الحاقیه استاندارد های حوزه توزیع 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: ۱۴۶۸۶۱۳۱۱۳

تلفن: ۹-۸۸۰۷۹۴۰۱

نمابر: ۸۸۰۷۸۲۹۶

وبگاه: www.nri.ac.ir

پست الکترونیک انتشارات: publications@nri.ac.ir

فرم تعهدنامه اصالت اثر

متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این گزارش حاصل کار پژوهشی همکارانی از شرکت سنجشگران میزان ابزار به شرح زیر و مورد تأیید اینجانب نوذرایرانی ، نماینده مدیر طرح در پروژه دستورالعمل کالیبراسیون و پایش میانی تجهیزات اندازهگیری در صنعت برق- کنتور برق 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. محمد اسدنژاد ، شرکت مادرتخصصی نیروگاه های حرارتی
۲. سمیه حیدری ، بهینه‌سازان طوس
۳. مسعود خسروانی، الکترونیک افزار آزما
۴. آذر خطیب ، بهینه سازان طوس
۵. علی رزاقی ، برق منطقه‌ای خراسان
۶. ندا صباحی پور ، بهینه سازان طوس
۷. مهرداد صمدی ، توانیر
۸. علی صنعتگران محبعلی، پژوهشگاه نیرو
۹. کاوه ضیابخش ، شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ
۱۰. سید حسن طاهایی ، سنجش کوشا
۱۱. غلامرضا کوهساری، توس فیوز
۱۲. محمد گلمکانی، شرکت توزیع نیروی برق مشهد
۱۳. محمد گودرزی، آبانیرو

	دستورالعمل کالیبراسیون و پایش میانی تجهیزات اندازه‌گیری در صنعت برق- کنتور برق	

۱۴. حسین مقدسی ، شرکت مدیریت شبکه برق ایران

۱۵. بهمن مهران ، شرکت مادرتخصصی نیروگاه های حرارتی

۱۶. سیدمهدی‌موسی کاظمی، سنجش افزار آسیا

۱۷. مرتضی نجفی نیا، آزمایشگاه کنتورشرکت توزیع برق مشهد

۱۸. شیما همرنگ ، آروین سیستم

۱۹. اکبر یاورطلب، توانیر

فهرست مطالب

پیشگفتار ۱

مقدمه ۲

۱ هدف و دامنه کاربرد ۴

۲ مراجع الزامی ۴

۳ اصطلاحات و تعاریف ۴

۴ نمادها و یکاها ۱۱

۵ تجهیزات و استانداردها ۱۲

۵-۱ تجهیزات مورد نیاز در اجرای روش کالیبراسیون در فضای آزمایشگاهی ۱۲

۵-۲ تجهیزات مرجع مورد نیاز در اجرای روش کالیبراسیون در محل نصب کنتور- استاندارد کاری قابل حمل ۱۴

۵-۳ استانداردهای آزمایشگاه ۱۴

۵-۴ قابلیت ردیابی ۱۵

۶ تسهیلات و شرایط محیطی ۱۶

۷ طبقه بندی کنتورها ۱۷

۸ شرح روش ۱۸

۸-۱ کلیات و الزامات ۱۸

۸-۲ بازرسی و بررسی چشمی ۱۹

۸-۳ پارامترهای کالیبراسیون ۱۹

۸-۴ شرح کالیبراسیون در فضای آزمایشگاهی ۲۰

۸-۴-۱ آزمون حالت بی‌باری ۲۰

۸-۴-۲ آزمون جریان راه‌اندازی ۲۱

۸-۴-۳ کالیبراسیون پارامترهای اندازه‌گیری ۲۳

۸-۴-۴ کالیبراسیون انرژی ۲۵
روش ۱- روش مقایسه انرژی ۲۸
روش ۲- روش اندازه‌گیری توان- زمان (روش وات متر با خواندن ثبات)..... ۲۹
روش ۳- روش مقایسه پالس..... ۲۹
۸-۴-۵ کالیبراسیون ثابت کنتور..... ۳۰
۸-۵ شرح کالیبراسیون در محل نصب کنتور..... ۳۲
۸-۵-۱ آزمون حالت بی باری ۳۲
۸-۵-۲ آزمون جریان راه اندازی ۳۲
۸-۵-۳ کالیبراسیون انرژی ۳۲
۹ عدم‌قطعیت کالیبراسیون..... ۳۵
۱۰ تنظیمات اندازه‌شناختی ۳۷
۱۱ برچسب کالیبراسیون ۳۷
۱۲ گزارش نتایج ۳۷
پیوست الف- پایش میانی(الزامی) ۳۸
پیوست ب- تعیین فواصل کالیبراسیون و پایش میانی(الزامی) ۴۰
پیوست پ -حفاظت پارامترهای اندازه شناختی در برابر تغییر یا دستکاری (اطلاعاتی) ۴۱
پیوست ت- سایر اصطلاحات و تعاریف (اطلاعاتی) ۴۵

جدول ۱: تجهیزات کنتور- مشخصات منبع .....
جدول ۲: تجهیز کالیبراسیون کنتور- مشخصات کنتور استاندارد .....
جدول ۳: بیشینه خطای مجاز کنتور و عدم‌قطعیت کالیبراسیون تجهیز کالیبراسیون کنتور .....
جدول ۴: بیشینه خطای مجاز کنتور و عدم‌قطعیت کالیبراسیون تجهیز کالیبراسیون کنتور .....
جدول ۵: فواصل کالیبراسیون استانداردهای آزمایشگاه .....
جدول ۶: شرایط محیطی و شرایط مرجع.....

جدول ۷: الزامات منبع تغذیه تجهیز کالیبراسیون کنتور .....
جدول ۸: طبقه بندی براساس مصرف کننده .....
جدول ۹: طبقه بندی براساس رده درستی .....
جدول ۱۰: توازن جریان و ولتاژ کنتورهای سه فاز .....
جدول ۱۱: نتایج آزمون بی باری .....
جدول ۱۲: جریان راه‌اندازی در رده درستی .....
جدول ۱۳: نتایج آزمون جریان راه اندازی .....
جدول ۱۴: نقاط کالیبراسیون پارامترهای اندازه‌گیری .....
جدول ۱۵: نتایج کالیبراسیون پارامترهای ولتاژ، جریان، فرکانس و ضریب توان .....
جدول ۱۶: نقاط کالیبراسیون انرژی- کنتورهای اکتیو الکترومکانیکی .....
جدول ۱۷: نقاط کالیبراسیون انرژی- کنتورهای اکتیو استاتیک .....
جدول ۱۸: نقاط کالیبراسیون انرژی- کنتورهای راکتیو استاتیک .....
جدول ۱۹: نتایج کالیبراسیون انرژی .....
جدول ۲۰: نتایج کالیبراسیون ثابت کنتور .....
جدول ۲۱: نقاط کالیبراسیون انرژی- کنتورهای اکتیو الکترومکانیکی .....
جدول ۲۲: نقاط کالیبراسیون انرژی- کنتورهای اکتیو استاتیک .....
جدول ۲۳: نقاط کالیبراسیون انرژی- کنتورهای راکتیو استاتیک .....

جدول الف ۱: نقاط پایش انرژی- کنتورهای اکتیو الکترومکانیکی .....
جدول الف ۲: نقاط پایش انرژی- کنتورهای اکتیو استاتیک .....
جدول الف ۳: نقاط پایش انرژی- کنتورهای راکتیو استاتیک .....

جدول ب ۱: تعیین فواصل کالیبراسیون دوره‌ای .....

شکل ۱: دیاگرام برقراری قابلیت‌ردیابی .....
شکل ۲: نحوه اتصال تجهیز کالیبراسیون کنتور به کنتور تحت کالیبراسیون با بار مجازی .....
شکل ۳: نحوه اتصال کنتور تحت کالیبراسیون و کنتور استاندارد برای کالیبراسیون در بار واقعی (بار مصرف کننده) .....

پیشگفتار

دستورالعمل کالیبراسیون و پایش میانی کنتور برق برای نخستین بار در سال ۱۳۹۶ براساس پیشنهاد ارایه شده به مشاور محترم پژوهشکده توزیع نیروی برق پژوهشگاه نیرو و تایید ریاست محترم پژوهشکده توزیع نیروی برق در قالب یکی از پروژه های طرح جامع نیازسنجی، اولویت‌بندی، تدوین، بازنگری و الحاقیه استانداردهای حوزه توزیع و از طریق قرارداد برونسپاری به شرکت سنجشگران میزان ابزار واگذار گردید. این دستورالعمل در تاریخ به تایید کمیته فنی پروژه رسید. این دستورالعمل با هدف ایجاد رویه‌ی یکنواخت در صنعت برق و انرژی در رابطه با چگونگی کالیبراسیون و پایش میانی کنتورهای برق مورد استفاده تدوین شده است. در تدوین این دستورالعمل تلاش شده است با تشکیل پنل خبرگان شامل ذی‌نفعان موضوع کنتور برق، فعال در حوزه‌های مختلف صنعت برق، ضمن شناسایی فضای موجود و دغدغه‌های این حوزه؛ دستورالعملی براساس شرایط موجود و با درنظرداشت بهبود شرایط تدوین گردد. در اجرای پروژه رویه سایر کشورها در رابطه با کالیبراسیون کنتورهای برق و همچنین مستندات، منابع، راهنماها و استانداردهای بین‌المللی و ملی مورد مطالعه و کنکاش قرارگرفته است.

منابع و مآخذی که در تدوین این دستورالعمل به کار رفته‌اند، به شرح زیر هستند:

1- IEC 62052-11, Edition 2.0, 2020; Electricity metering equipment – General requirements, tests and test conditions – Part 11: Metering equipment
2- OIML R 46-1, Edition 2012; Active electrical Energy Meter- Part 1: Metrological and technical requirements
3- IEC 62057-1: Test Equipment, Techniques and Procedures for Electrical Energy Meters- Part 1: Stationary Meter Test Units
4- IEC 62053-11: 2016, Electricity metering equipment (AC)- Particular requirements -Part 11: Electromechanical meters for active energy (classes 0,5, 1 and 2)
5- IEC 62058-21: 2008, Electricity metering equipment (AC)- Acceptance inspection- Part 21: Particular requirements for electromechanical meters for active energy (classes 0.5, 1 and 2)
6- IEC 60736: 1982, Testing equipment for electrical energy meter
7- OIML G20: 2017, Surveillance of utility meters in service on the basis of sampling inspections

مقدمه

بخشی از تلفات شبکه برق در کشور، اختصاص به تلفات غیر فنی دارد که کمینه کردن آن، اولین و مؤثرترین اقدام جهت کاهش تلفات است. ساماندهی این تلفات در شبکه و شناسایی و از بین بردن مؤلفه‌های آن، با سرعت بیشتر و هزینه کمتری نسبت به تلفات فنی امکان‌پذیر است. کنتورهای نصب شده در سراسر سیستم قدرت، با اندازه‌گیری میزان انرژی عبوری از محل، هم در شناسایی و کاهش تلفات فنی و هم در شناسایی تلفات غیر فنی نقش مهمی ایفا می‌کنند. لازمه‌ی قبول این اندازه‌گیری‌ها و اقدام متقابل جهت رفع تلفات شناسایی شده در سیستم، اعتماد به اندازه‌گیری کنتورها و سایر وسایل اندازه‌گیری نصب شده در سیستم است. کالیبراسیون اولیه و در صورت نیاز، تنظیم و کالیبراسیون دوره‌ای، پایش میانی، پلمپ و ... از جمله اقدامات موثری هستند که در راستای تصحیح خطای اندازه‌گیری و حفظ رده درستی کنتورها و اعتماد به اندازه‌گیری کنتورهای برق در سراسر دنیا به کار می‌روند.

دلایل اصلی کالیبراسیون عبارتند از:

۱- اطمینان از سازگاری نتیجه اندازه‌گیری یک تجهیز با نتایج دیگر تجهیزات

۲- تعیین درستی اندازه‌گیری تجهیز

۳- اعتماد به نتایج اندازه‌گیری‌های قبلی و نتایج اندازه‌گیری‌هایی که انجام خواهد شد

۴- ایجاد قابلیت‌ردیابی

همچنین در استاندارد راهنمای OIML G20 بیان شده است که: دو عنصر کلیدی کنترل اندازه‌شناختی، برای ایجاد و نگهداری کیفیت و عملکرد کنتورهای استفاده شده به منظور صدور صورتحساب[1] عبارتند از:

الف- تصدیق اولیه کنتورها (قبل از استفاده)

ب- تصدیق‌های دوره‌ای در فواصل زمانی معین، مادامی که استفاده می‌شوند.

امروزه با پیشرفت تکنولوژی، تجهیزات اندازه‌گیری با رده درستی بسیار بالا ساخته می‌شوند. در این تجهیزات بوسیله سخت‌افزار و نرم‌افزار، با عملیات خودکالیبراسیون[2]، قابلیت اندازه‌شناختی کنترل می‌شود. البته در تجهیزات مختلف و

1. Billing
2. Self Calibration

سازندگان مختلف این عملیات با عناوین مشابهی قابل اجرا است. در این حالت سیستم اندازه‌گیری تجهیز، در عملیات خودآزمایی داخلی و یا خودکالیبراسیون ، با یک مقدار مرجع مقایسه و در صورت نیاز تصحیحات لازم در فرآیند اندازه‌گیری به صورت خودکار انجام می‌شود. مقادیر مرجع با توجه به نوع تجهیز بوسیله یک منبع ولتاژ DC ثابت، یک مقاومت الکتریکی، یک حسگر RMS در تجهیزات اندازه‌گیری AC و یا در تجهیزات حساس به دما یک حسگر دمایی بصورت داخلی و با شرایط مناسب و پایدار ایجاد می‌شود. برای مثال در کالیبراتورهای الکتریکی با رده درستی 3.5 ppm از این تکنولوژی استفاده شده است. با آنکه این تکنولوژی به لحاظ اندازه‌شناختی بسیار درست (دقت و صحت) و پایدار است، اما مقادیر مرجع ایجاد شده در این تجهیزات با گذشت زمان در اثر کمیت‌های تأثیر گذار، میزان استفاده، شرایط محیطی و اثرات بارگذاری، آف ست[1]، نوسانات منبع تغذیه و ... از مقدار اولیه رانش پیدا می‌کنند و بنابراین نیازمند کالیبراسیون دوره‌ای هستند. بنابراین هر چقدر رده درستی تجهیزات اندازه‌گیری بهتر می‌شود و یا هر چقدر به تجهیزات با رده درستی بالاتری نیازمندیم، به همان نسبت نیاز به کالیبراسیون دوره‌ای بیشتر می‌شود. عوامل مختلفی برای تعیین فواصل کالیبراسیون و تجهیزات نیازمند کالیبراسیون در مدرک NCSLi-RP-1، "ایجاد و تنظیم فواصل کالیبراسیون" – منتشر شده از سوی کنفرانس ملی آزمایشگاه‌های استاندارد بین‌المللی– و مدرک OIML D 10، "راهنمای تعیین فواصل کالیبراسیون" – منتشر شده از سوی سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی– بیان شده است. بنابراین کالیبراسیون دوره‌ای یک الزام در استفاده با قابلیت ردیابی تجهیزات اندازه‌گیری است.

[1] Offset

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این دستورالعمل تعیین روش کالیبراسیون کنتورهای برق تولید شده (نو)، درحال استفاده (نصب شده در شبکه برق) و کنتورهای تعمیر شده است.

۱-۲ این دستورالعمل با طبقه‌بندی شرح داده شده در بند طبقه‌بندی کنتورها، برای کنتورهای نصب شده به شرح زیر کاربرد دارد:

- کنتور تک فاز از نوع الکترومکانیکی و استاتیک با کاربری مسکونی و تجاری
- کنتور سه فاز اتصال مستقیم از نوع استاتیک تا 120 A با کاربری مسکونی، تجاری و صنعتی
- کنتور سه فاز اتصال ثانویه – کنتور توزیع
- کنتور سه فاز اتصال اولیه – کنتور انتقال

۱-۳ این دستورالعمل با رعایت بندهای آن در آزمایشگاه‌های کالیبراسیون تائید صلاحیت شده بر اساس استاندارد ISO/IEC 17025، برای انجام فرآیند کالیبراسیون در فضای آزمایشگاهی و یا در محل نصب کنتور، کاربرد دارد.

۲ مراجع الزامی

مراجع زیر حاوی اطلاعات فنی و مقرراتی است که در متن دستورالعمل به آنها ارجاع شده است. بدین ترتیب آن اطلاعات فنی و مقررات، جزئی از این دستورالعمل محسوب می‌شود. در استفاده از این مراجع همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن مورد نظر است.

مراجع زیر برای این دستورالعمل الزامی است:

۱- استاندارد ملی ایران به شماره ISIRI ۴۷۲۳ ، ۱۳۹۰: واژه‌نامه اندازه‌شناسی– مفاهیم پایه و عمومی و اصطلاحات مرتبط

2- IEC 62052-11, Edition 2.0, 2020; Electricity metering equipment – General requirements, tests and test conditions – Part 11: Metering equipment

۳ اصطلاحات و تعاریف

اصطلاحات و تعاریف زیر به همراه مرجع الزامی (۱) و (۲) در این دستورالعمل کاربرد دارد.

یادآوری ۱: در این دستورالعمل بجای "تجهیز اندازه‌گیری الکتریسیته (Electricity metering equipment) یا تجهیز اندازه‌گیری (Meter)" از عنوان عمومی آن یعنی "کنتور " استفاده می‌شود.

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف اندازه شناختی

۳-۱-۱ کالیبراسیون (Calibration)

عملیاتی که، تحت شرایط مشخص، در گام اول، رابطه‌ای میان مقادیر کمیت با عدم‌قطعیت‌های اندازه‌گیری که از استانداردهای اندازه‌گیری حاصل می‌شود و نشان‌دهی‌های متناظر به همراه عدم‌قطعیت‌های اندازه‌گیری، برقرار می‌سازد و در گام دوم، از این اطلاعات برای ایجاد ارتباط برای بدست آوردن نتیجه اندازه‌گیری از یک نشاندهی استفاده می‌کند.

یادآوری ۱: کالیبراسیون می‌تواند با بیانیه، تابع کالیبراسیون، نمودار کالیبراسیون، منحنی کالیبراسیون یا جدول کالیبراسیون بیان شود. در بعضی حالات ممکن است شامل مقدار تصحیح نشاندهی به صورت اضافه کردن یک مقدار یا ضرب در یک ضریب، همراه با عدم‌قطعیت اندازه‌گیری داده شود.

یادآوری ۲: کالیبراسیون نبایستی با تنظیم سیستم اندازه‌گیری که اغلب اشتباهاً " خود کالیبراسیون" نامیده می‌شود و یا با تصدیق کالیبراسیون اشتباه گرفته شود.

یادآوری ۳: اغلب گام اول در تعریف بالا به تنهایی به عنوان کالیبراسیون شناخته می‌شود.

[منبع: ISIRI 4723-1390، ۳-۳۹]

۳-۱-۲ سلسله مراتب کالیبراسیون (Calibration hierarchy)

توالی کالیبراسیون‌ها از مرجع به سیستم اندازه‌گیری نهایی که در آن، نتیجه هر کالیبراسیون بستگی به نتیجه کالیبراسیون قبلی دارد.

[منبع: ISIRI 4723-1390، ۳-۴۰]

۳-۱-۳ قابلیت ردیابی اندازه‌شناختی (Metrological traceability)

خصیصه یک نتیجه اندازه‌گیری که توسط آن می‌توان نتیجه را از طریق زنجیره‌ی ناگسسته‌ی مستند کالیبراسیون‌ها که هریک در عدم‌قطعیت اندازه‌گیری دخیل هستند، به یک مرجع ارتباط داد.

[منبع: ISIRI 4723-1390، ۳-۴۱]

۳-۱-٤ زنجیره قابلیت‌ردیابی اندازه‌شناختی (Metrological traceability chain)

توالی استانداردهای اندازه‌گیری و کالیبراسیون که برای ارتباط دادن نتیجه اندازه‌گیری به مرجع استفاده می‌شود.

[منبع: ISIRI 4723-1390، ۳-۴۲]

۳-۱-۵ تصدیق (Verification)

تدارک شواهد عینی در مورد اینکه یک قلم مشخص، الزامات تعیین شده را برآورده می‌کند.

[منبع: ISIRI 4723-1390، ۳-۴۴]

۳-۱-٦ تنظیم یک سیستم اندازه‌گیری (Adjustment of a measuring system)

مجموعه عملیاتی که بر روی یک سیستم اندازه‌گیری انجام می‌شود تا نشاندهی‌های از پیش تعیین شده متناظر با مقادیر کمیت معینی اندازه‌گیری شود.

[منبع: ISIRI 4723-1390، ۴-۱۱]

۳-۱-۷ تنظیم صفر یک سیستم اندازه‌گیری (Zero adjustment of a measuring system)

تنظیم یک سیستم اندازه‌گیری به طوری که وقتی مقدار صفر کمیتی را اندازه‌گیری می‌کند، عدد صفر را نشان دهد.

[منبع: ISIRI 4723-1390، ۴-۱۲]

۳-۱-۸ تفکیک‌پذیری (Resolution)

کوچکترین تغییر در کمیت تحت اندازه‌گیری که باعث تغییر محسوسی در نشاندهی متناظر شود.

یادآوری: تفکیک‌پذیری می‌تواند به عنوان مثال به نوفه (داخلی یا خارجی) یا اصطکاک وابسته باشد. تفکیک‌پذیری همچنین می‌تواند به مقدار کمیت اندازه‌گیری شده وابسته باشد.

[منبع: ISIRI 4723-1390، ۵-۱۴]

۳-۱-۹ رده درستی (Accuracy class)

رده درستی دستگاه‌های اندازه‌گیری یا سیستم‌های اندازه‌گیری که الزامات اندازه‌شناختی اظهار شده‌ی معینی را برآورده می‌کند و براساس آنها خطاهای اندازه‌گیری یا عدم‌قطعیت‌های دستگاهی تحت شرایط کارکرد مشخصی در محدوده‌ی معینی قرار می‌گیرند.

یادآوری ۱: هر رده‌ی درستی معمولاً با عدد یا نماد قراردادی مشخص می‌شود.

[منبع: ISIRI 4723-1390، ۵-۲۵]

۳-۱-۱۰ بیشینه خطای مجاز اندازه‌گیری (Maximum permissible measurement error)

مقدار کرانه‌ای خطای اندازه‌گیری، نسبت به مقدار کمیت مرجع معلوم، که توسط مشخصات یا قوانین برای اندازه‌گیری، دستگاه اندازه‌گیری یا سیستم اندازه‌گیری مجاز شمرده می‌شود.

یادآوری ۱: معمولاً از عبارات «بیشینه خطاهای مجاز» یا «حدود خطا» وقتی استفاده می‌شود که دو مقدار کرانه‌ای وجود داشته باشد.

یادآوری ۲: از عبارت «رواداری» نباید به جای «بیشینه خطای مجاز» مشخصی استفاده کرد.

[منبع: ISIRI 4723-1390، ۵-۲۶]

۳-۱-۱۱ پایداری دستگاه اندازه‌گیری (Stability of a measuring instrument)

خصیصه پایداری یک دستگاه اندازه‌گیری که به موجب آن خصیصه‌های اندازه‌شناختی آن در طول زمان ثابت می‌ماند.

یادآوری ۱: پایداری ممکن است به چندین روش تعیین مقدار شود

مثال ۱: برحسب بازه‌ی زمانی که خصیصه اندازه‌شناختی به اندازه معینی تغییر کند

مثال ۲: برحسب تغییر خصیصه در بازه زمانی مشخص.

[منبع: ISIRI 4723-1390، ۵-۱۹]

۳-۱-۱۲ استاندارد اندازه‌گیری (Measurement standard)

پدیدآوری (تحقق) تعریف یک کمیت معلوم، با مقدار کمیت بیان شده و عدم‌قطعیت اندازه‌گیری مربوطه برای استفاده به عنوان مرجع.

[منبع: ISIRI 4723-1390، ۶-۱]

۳-۱-۱۳ استاندارد اندازه‌گیری اولیه (Primary measurement standard)

استاندارد اندازه‌گیری که توسط روش اجرایی اندازه‌گیری مرجع اولیه ایجاد یا به صورت مصنوع ساخته شده و با توافق انتخاب شده است.

[منبع: ISIRI 4723-1390، ۶-۴]

۳-۱-۱٤ استاندارد اندازه‌گیری ثانویه (Secondary measurement standard)

استاندارد اندازه‌گیری که از طریق کالیبراسیون با استاندارد اندازه‌گیری اولیه همان کمیت و هم نوع با آن ایجاد می‌شود.

[منبع: ISIRI 4723-1390، ۶-۵]

۳-۱-۱۵ استاندارد اندازه‌گیری مرجع (Reference measurement standard)

استاندارد اندازه‌گیری که برای کالیبراسیون سایر استانداردهای اندازه‌گیری کمیت‌هایی با نوع معلوم در سازمان یا مکان معلومی انتخاب می‌شود.

[منبع: ISIRI 4723-1390، ۶-۶]

۳-۱-۱٦ استاندارد اندازه‌گیری کاری (Working measurement standard)

استاندارد اندازه‌گیری که روزمره برای کالیبراسیون یا تصدیق دستگاه‌های اندازه‌گیری یا سیستم‌های اندازه‌گیری به کار می‌رود.

[منبع: ISIRI 4723-1390، ۶-۷]

۳-۱-۱۷ استاندارد اندازه‌گیری سیار (Travelling measurement standard)

استاندارد اندازه‌گیری که گاهی با توجه به ساختار ویژه آن به منظور جابجایی میان مکان‌های مختلف به کار می‌رود.

[منبع: ISIRI 4723-1390، ۶-۸]

۳-۱-۱۸ وسیله اندازه‌گیری انتقالی (Transfer measurement device)

وسیله‌ای که به عنوان واسطه برای مقایسه‌ی استانداردهای اندازه‌گیری به کار می‌رود.

یادآوری: گاهی از استانداردهای اندازه‌گیری به عنوان وسیله‌های انتقالی استفاده می‌شود.

[منبع: ISIRI 4723-1390، ۶-۹]

۳-۱-۱۹ کالیبراتور (Calibrator)

استاندارد اندازه‌گیری که در کالیبراسیون به کار می‌رود.

یادآوری: واژه کالیبراتور فقط در حوزه‌های مشخصی به کار می‌رود.

[منبع: ISIRI 4723-1390، ۶-۱۲]

۳-۱-۲۰ استاندارد مرجع (کنتور) ((Reference standard (meter)

تجهیز اندازه‌گیری واحد انرژی و توان الکتریکی که برای دستیابی به بالاترین درستی و پایداری در یک محیط آزمایشگاهی کنترل شده طراحی و بکار برده می‌شود.

یادآوری۱: کنتور استاندارد مرجع باید قابل‌ردیابی به استانداردهای اولیه ملی یا بین‌المللی باشد.

[منبع: IEC 62057-1,2020، ۳-۱-۵]

۳-۱-۲۱ استاندارد کاری (کنتور) ((Working standard (meter)

تجهیز اندازه‌گیری واحد توان و انرژی الکتریکی، برای استفاده در تجهیز کالیبراسیون کنتور

یادآوری ۱: کالیبراسیون استاندارد کاری با استاندارد مرجع انجام می‌شود

یادآوری ۲: همچنین یک تجهیز کالیبراسیون کنتور می‌تواند مجهز به استاندارد مرجع باشد که برای کالیبراسیون روزانه تجهیزات تحت کالیبراسیون با درستی بالا استفاده شود (استاندارد مرجع بعنوان استاندارد کاری)

[منبع: IEC 62057-1,2020، ۳-۱-۶]

۳-۱-۲۲ استاندارد (کنتور) ((Standard (meter)

اصطلاح رایج برای استاندارد مرجع مطابق با ۳-۱-۲۰ و یا استاندارد کاری مطابق با ۳-۱-۲۱

[منبع: IEC 62057-1,2020، ۳-۱-۷]

۳-۱-۲۳ تجهیز تحت کالیبراسیون- Unit Under Calibration (UUC)

تجهیز اندازه‌گیری انرژی الکتریکی اکتیو و یا راکتیو با ادغام توان اکتیو و یا راکتیو با زمان

یادآوری: برای تعریف انواع مختلف تجهیزات اندازه‌گیری انرژی و عناصر آنها، به استانداردهای IEC 62052-11، IEC 62053-23 و IEC 62053-24 مراجعه کنید.

۳-۱-۲٤ تجهیز کالیبراسیون کنتور (Meter Calibration Unit)

مجموعه‌ای از منبع، مولد فرکانس، استاندارد مرجع یا کاری، و سیستم محاسبه و نمایش خطا که مقادیر کالیبراسیون مورد نیاز برای تجهیز تحت کالیبراسیون را تامین می‌کند و خطای تجهیز تحت کالیبراسیون را اندازه‌گیری و محاسبه کرده و نشان می‌دهد.

۳-۱-۲۵ منبع (Source)

بخشی از تجهیز کالیبراسیون کنتور برق است که کمیت‌های ولتاژ و جریان تست را متناسب با فرکانس، دامنه و با اختلاف فاز مناسب بین ولتاژ و جریان تولید می‌کند.

یادآوری ۱: این سیگنال‌های تست باید از ورودی شبکه در گستره کاری مشخص مستقل باشند.

یادآوری ۲: سیگنال‌های تست بر پایه دستور(های) دریافت شده از نرم افزار یا کنترلر تست هستند.

[منبع: IEC 62057-1,2020، ۳-۱-۴]

۳-۱-۲٦ درستی استاندارد مرجع یا کاری (Accuracy of a reference or working standard)

درستی استاندارد مرجع یا کاری میزان نزدیکی مقدار کمیت اندازه گیری شده در یک گستره کاری معین در شرایط مرجع و مقدار کمیت واقعی یک اندازه ده را نشان می‌دهد

یادآوری ۱:درستی بایستی برای موارد زیر معین شود:

الف) درستی اندازه‌گیری ولتاژ

ب) درستی اندازه‌گیری جریان

پ) درستی اندازه‌گیری زاویه فاز

ت) درستی اندازه‌گیری فرکانس

ج) درستی اندازه‌گیری توان/ انرژی اکتیو

ح) درستی اندازه‌گیری توان/ انرژی راکتیو

د) درستی اندازه‌گیری توان/ انرژی ظاهری

[منبع: IEC 62057-1,2020، ۳-۴-۴]

۳-۱-۲۷ درستی تجهیز کالیبراسیون کنتور (Accuracy of Meter Calibration Unit)

درستی تجهیز کالیبراسیون کنتور با در نظر گرفتن درستی استاندارد مرجع یا کاری، درستی سیستم محاسبات (در صورت وجود)، درستی سیگنال‌های تست شامل اختلاف بین موقعیت‌های تست تعیین می‌شود.

یادآوری ۱: صحه گذاری کمی و احراز کیفیت بایستی انجام شود. درستی تجهیز کالیبراسیون کنتور کامل ممکن است نزدیک به درستی استاندارد مرجع باشد اگر:

- همه اختلافات بین درستی استاندارد کاری و استاندارد مرجع در محاسبات در نظر گرفته شود
- تجهیز کالیبراسیون کنتور به منظور کالیبراسیون تعداد کمی از کنتورها بطور همزمان طراحی شود
- اختلاف ولتاژ، بین ترمینال‌های کنتور استاندارد و ترمینال‌های کنتور تحت کالیبراسیون ناچیز باشد
- تغییرات ناشی از سیستم محاسبه خطا ناچیز و یا قابل تصحیح باشد

یاد آوری ۲: علاوه بر مشخص بودن درستی تجهیز کالیبراسیون کنتور، درستی استاندارد کاری نیز بایستی مشخص باشد.

[منبع: IEC 62057-1,2020، ۳-۴-۵]

۳-۱-۲۸ ترانسفورماتور تجهیز توان پائین (Low-Power Instrument Transformer-LPIT)

آرایشی، متشکل از یک یا چند ترانسفورماتور جریان یا ولتاژ، به منظور انتقال توان پائین آنالوگ یا سیگنال خروجی دیجیتال به تجهیزات اندازه‌گیری، کنتورها و وسایل کنترل یا حفاظت و یا ابزارهای مشابه، که ممکن است به سیستم‌های انتقال و مبدل‌های ثانویه متصل شوند.

مثال: آرایشی متشکل از سه حسگر جریان، سه حسگر ولتاژ متصل به یک واحد ادغام کننده که یک خروجی دیجیتال ارائه می‌دهد، یک LPIT محسوب می‌شود.

یادآوری ۱: ترانسفورماتورهای توان پائین عموما ترانسفورماتورهای غیر متعارف[1] (NCIT) نامیده می‌شوند.

یادآوری ۲: توان خروجی تولید شده توسط این تجهیزات معمولا کوچکتر یا مساوی 1 VA هستند.

[منبع: IEC 62052-11,2020، ۳-۲-۲۶]

۳-۱-۲۹ سوکت کنتور تطبیق خاص (Specified Matching Meter Socket)

پایه با فک‌ها، اتصال‌دهنده‌های سبک بلوک تست، یا انواع دیگری از اتصال‌دهنده‌های جداشدنی به منظور نصب تجهیز اندازه‌گیری سوکت‌دار.

1 . Non-conventional instrument transformers

یادآوری ۱: این شامل ترمینال‌های اتصال به منبع تغذیه و مدارهای بار می‌شود؛ همچنین تثبیت ایمنی مناسب و ترتیبات پلمپ.

یادآوری ۲: آن می‌تواند یک سوکت تک موقعیتی برای یک کنتور و یا سوکت چند موقعیتی برای نصب دو یا چند کنتور باشد.

یادآوری ۳: این اصطلاح فقط به تجهیز اندازه‌گیری طراحی شده بعنوان یک واحد سوکت‌دار مربوط می‌شود.

[منبع: IEC 62052-11,2020، ۳-۴-۴]

۳-۱-۳۰ قفسه کنتور تطبیق خاص (Specified Matching Meter Rack)

قسمت مکانیکی نصب برای جا زدن یک یا چند کنتور با محفظه قفسه‌دار

یادآوری ۱: قفسه‌ها با دوشاخه (فیش‌های نری) برای جا زدن مستقیم کنتورهای قفسه‌دار رایج هستند. بیشتر قفسه‌ها سیستم قفسه ۱۹ اینچی استاندارد را استفاده می‌کنند.

[منبع: IEC 62052-11,2020، ۳-۴-۵]

۳-۱-۳۱ نمایشگر نشاندهی جداشدنی (Detached Indicating Display)

نمایشگر نشاندهی قرار داده شده در محفظه (بدنه) خودش، جدا از بدنه کنتور، که بوسیله کنتور تغذیه می‌شود و برای استفاده در یک یا چند نوع کنتور معین، مشخص شده است.

یادآوری ۱: نمایشگر نشاندهی جداشدنی یک دستگاه واسط ماشینی با کاربرد عمومی مستقل مانند رایانک[1]، رایانه قابل حمل[2] یا یک HMI صنعتی همه منظوره نیست.

۳-۱-۳۲ خروجی تست (Test Output)

خروجی مورد استفاده برای تست کنتور

یادآوری ۱: خروجی تست می‌تواند یک خروجی پالس اپتیکی، خروجی پالس الکتریکی یا واسط ارتباطی[3] باشد.

٤ نمادها و یکاها

در این دستورالعمل یکاها براساس دستگاه SI و سیستم متریک مورد استفاده قرار می‌گیرد و نمادهای زیر در این دستورالعمل به کار می‌روند.

1. Tablet
2. Laptop
3. Communication Interface

نماد	یکا	تعریف
CT	---	ترانسفورماتور جریان
PT		ترانسفورماتور پتانسیل (ولتاژ)
V	ولت	یکای اندازه‌گیری ولتاژ
A	آمپر	یکای اندازه‌گیری جریان
VA	ولت آمپر	یکای توان ظاهری
Hz	هرتز	یکای اندازه گیری فرکانس
°	درجه	یکای اندازه گیری زاویه
%RH	درصد رطوبت نسبی	یکای اندازه گیری رطوبت نسبی
kPa	کیلو پاسکال	یکای اندازه گیری فشار
mT	میلی تسلا	یکای اندازه گیری میدان مغناطیسی
V/m	ولت بر متر	یکای اندازه گیری میدان الکتریکی
Ω	اهم	یکای اندازه گیری مقاومت الکتریکی
˚C	درجه سلسیوس	یکای اندازه گیری دما
W	وات	یکای اندازه گیری توان الکتریکی
Wh	وات ساعت	یکای اندازه گیری انرژی الکتریکی
varh		یکای اندازه گیری انرژی راکتیو الکتریکی
PF		Power Factor-ضریب توان

۵ تجهیزات و استانداردها

۵-۱ تجهیزات مورد نیاز در اجرای روش کالیبراسیون در فضای آزمایشگاهی

۵-۱-۱ تجهیزات کالیبراسیون کنتور برای کاربرد در فضای آزمایشگاهی و شرایط محیطی مرجع باید مشخصات تعیین شده در جدول ۱ و ۲ را داشته باشد.

جدول ۱: تجهیز کالیبراسیون کنتور- مشخصات منبع

پارامتر	گستره	ریزنگری	پایداری	درستی
ولتاژ	30 to 300 V	0.1 V	$<100\times10^{-6}$	± 0.1 % Ampl.[1]
جریان	1 mA to 120 A	0.1 mA to 10 mA	$<100\times10^{-6}$ I > 50 mA	± 1 % Ampl. (I<10 mA) ± 0.5 % Ampl. (10 mA≤ I <50 mA) ± 0.1 % Ampl. (50 mA≤ I <120 A)
فرکانس	45 to 65 Hz	0.01 Hz	0.02 %	± 0.02 % Setting
زاویه فاز	0 – 360 ˚	0.01 ˚	0.05 ˚	± 0.05 ˚

جدول ۲: تجهیز کالیبراسیون کنتور- مشخصات کنتور استاندارد

پارامتر	گستره (مقادیر استاندارد)
ولتاژ	30 to 300 V (phase to neutral)
جریان	1 mA to 120 A

[1] Amplitude

فرکانس	45 to 65 Hz
حداقل پهنای باند فرکانس	Up to 1260 Hz (21st harmonic of 60 Hz)
حالت اندازه‌گیری تجهیز تک فاز	1 ph 2 Wire active/ reactive
حالت اندازه‌گیری تجهیز سه فاز	1 ph 2 Wire active/ reactive 3 ph 3 Wire active/ reactive and apparent 3 ph 4 Wire active/ reactive and apparent
فرکانس خروجی	کنتوراستاندارد باید یک خروجی فرکانس متناسب با توان (انرژی) به منظور کالیبراسیون و اندازه‌گیری داشته باشد.
رابط/ خط اتصال	کنتوراستاندارد باید رابط(هایی) برای اتصال و کنترل داشته باشد.

۵-۱-۲ تجهیز کالیبراسیون کنتور آزمایشگاهی باید شامل بخش‌های زیر باشد که عبارتند از:

- منبع ولتاژ و جریان
- ژنراتور فرکانس
- کنتور استاندارد
- اسکنر (پالس شمار)
- سیستم محاسبه خطا
- فیکسچر نصب کنتور
- خط اتصال[1] برای بازخوانی داده‌های کنتور تحت کالیبراسیون
- نرم افزار

۵-۱-۳ برای کنتورهای نو، رده درستی کنتور استاندارد باید ۵ برابر بهتر از رده درستی کنتور تحت کالیبراسیون یا حداقل ۰.۱٪ باشد. برای کنتور با رده درستی 0,1 S، درستی ۳ برابر بهتر کفایت می‌کند.

۵-۱-۴ برای کنتورهای در حال استفاده و یا تعمیر و نگهداری شده، الزامات درستی و عدم قطعیت کالیبراسیون باید مطابق جدول ۳ برآورده گردد.

جدول ۳: بیشینه خطای مجاز کنتور و عدم‌قطعیت کالیبراسیون تجهیز کالیبراسیون کنتور

ردیف	رده درستی[1]	نوع اتصال	عدم‌قطعیت کل تجهیز کالیبراسیون کنتور[2]	بیشینه خطای مجاز کنتور
۱	۲	مستقیم/ CT	± ۰.۴ ٪	± ۲ ٪
۲	۱ و ۱S	مستقیم/ CT	± ۰.۴ ٪	± ۱ ٪
۳	۰.۵ و ۰.۵S	CT/PT	± ۰.۱ ٪	± ۰.۵ ٪
۱- برای مواردی که در این جدول مشخص نشده است الزامات بند ۵-۱-۳ کاربرد دارد. ۲- عدم‌قطعیت کل شامل عدم‌قطعیت کالیبراسیون و رده درستی کنتور استاندارد است.				

۵-۱-۵ تجهیز کالیبراسیون کنتور باید مطابق الزامات استاندارد سری IEC 62057 تصدیق شود.

1. Interface

	دستورالعمل کالیبراسیون و پایش میانی تجهیزات اندازه‌گیری در صنعت برق- کنتور برق	

۵-۲ تجهیزات مرجع مورد نیاز در اجرای روش کالیبراسیون در محل نصب کنتور- استاندارد کاری قابل حمل

۵-۲-۱ اگر کالیبراسیون با بار مجازی (Phantom Load) امکانپذیر باشد، باید از تجهیز کالیبراسیون کنتور (منبع و کنتور استاندارد) با مشخصات جدول ۱ و ۲ استفاده شود.

۵-۲-۲ اگر کالیبراسیون با بار مجازی (Phantom Load) امکانپذیر نباشد و وابسته به بار واقعی در حال مصرف باشد، باید از یک کنتور استاندارد با مشخصات فنی جدول ۲ استفاده شود.

۵-۲-۳ برای کنتورهای در حال استفاده، الزامات درستی و عدم قطعیت کالیبراسیون باید مطابق جدول ۴ برآورد شود.

جدول ۴: بیشینه خطای مجاز کنتور و عدم‌قطعیت کالیبراسیون تجهیز کالیبراسیون کنتور

ردیف	رده درستی	نوع اتصال	عدم‌قطعیت کل تجهیز مرجع کالیبراسیون[1]	بیشینه خطای مجاز کنتور
۱	۲	مستقیم	± ۰.۶ ٪	± ۳ ٪
۲	۱	مستقیم	± ۰.۴ ٪	± ۲.۵ ٪
۳	۱S	مستقیم/ CT	± ۰.۳ ٪	± ۲ ٪
۴	۰.۵ و ۰.۵S	CT/PT	± ۰.۲ ٪	± ۱ ٪
۵	۰.۲ و ۰.۲S	CT/PT	± ۰.۰۸ ٪	± ۰.۴ ٪
۶	۰.۱ و ۰.۱S	CT/PT	± ۰.۰۶ ٪	± ۰.۲ ٪
۱- عدم‌قطعیت کل شامل عدم‌قطعیت کالیبراسیون و رده درستی کنتور استاندارد است.				

۵-۲-۴ تجهیز کالیبراسیون کنتور مورد استفاده در محل نصب کنتور، باید قابلیت استفاده در شرایط محیطی مربوطه را داشته باشد و در مشخصات فنی سازنده باید دمای کاری تجهیز معین و ضرایب تصحیح دمایی برای خارج از محدوده دمایی، مشخص شده باشد.

۵-۲-۵ تجهیز کالیبراسیون کنتور باید مطابق الزامات استاندارد سری IEC 62057 تصدیق شود.

۵-۳ استانداردهای آزمایشگاه

استانداردهای آزمایشگاه، کنتورهای استانداردی هستند که برای تصدیق درستی استانداردهای کاری استفاده می‌شوند. استانداردها در آزمایشگاه، استانداردهای مرجع و وسیله‌های (استانداردهای) انتقالی هستند.

یادآوری۱: استانداردهای مرجع استانداردهایی هستند که با استفاده از آنها درستی مورد نیاز کالیبراسیون کنتور در آزمایشگاه حفظ می‌شود. در حالت ایده‌آل توصیه می‌شود آزمایشگاه حداقل سه استاندارد مجزا قابل مقایسه با یکدیگر را نگهداری کند تا بتواند هر تغییر در یک استاندارد را از مقایسات بین آنها شناسایی و تعیین کند.

یادآوری ۲: با توجه به تعریف استاندارد اندازه‌گیری کاری و استاندارد کاری (کنتور)، این استاندارد از نظر کاربرد به دو گروه طبقه بندی می‌شود:

- استاندارد کاری برای استفاده در فضای آزمایشگاهی

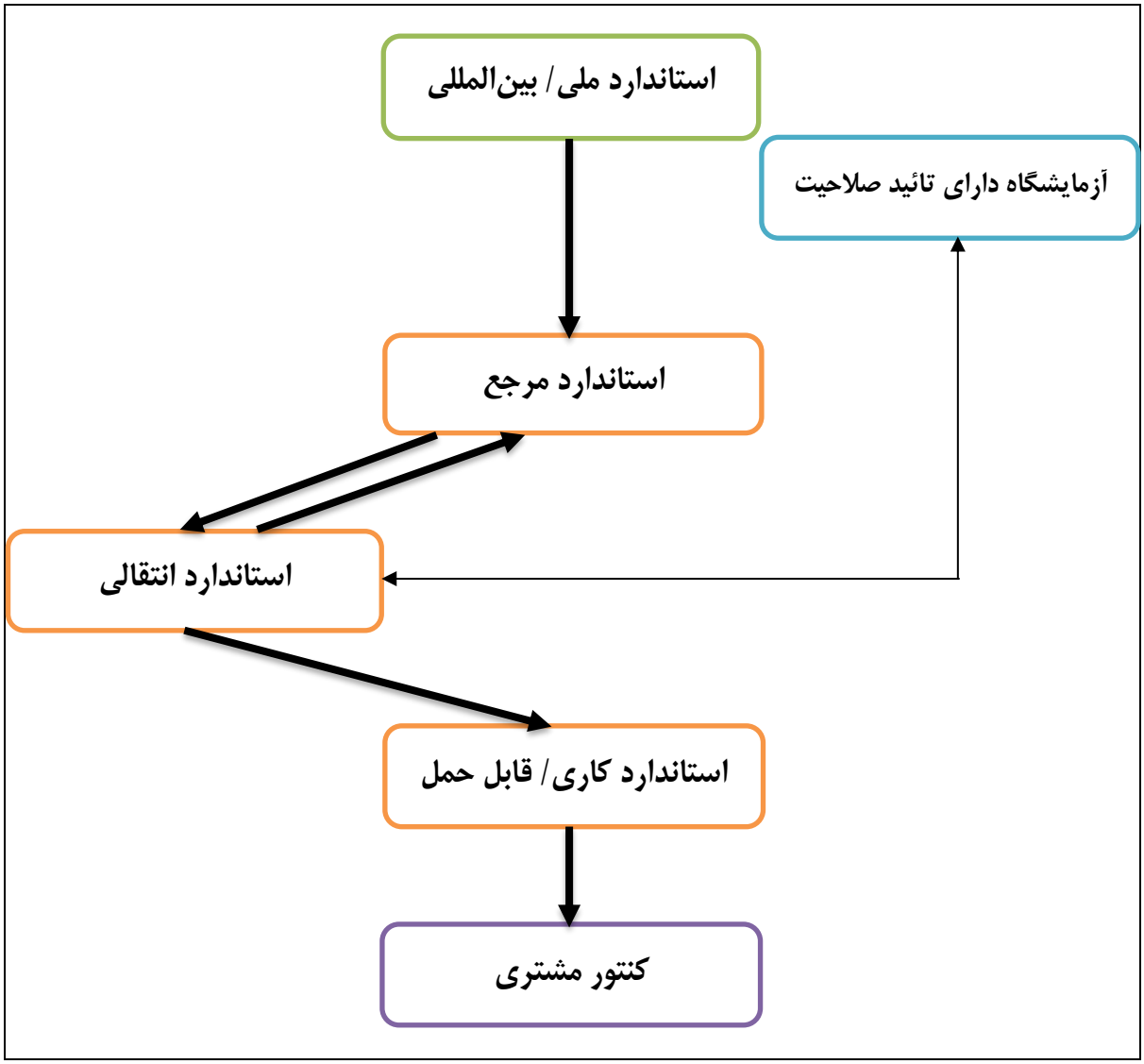
- استاندارد کاری قابل حمل برای استفاده در محل نصب کنتور

٤-٥ قابلیت ردیابی

۵-۴-۱ آزمایشگاه دو وظیفه اساسی دارد:

- نگهداری استانداردهایی که مقادیر کالیبراسیون آنها قابل‌ردیابی به استانداردهای ملی/ بین‌المللی است
- تعیین مقادیر کالیبراسیون (ضرایب تصحیح) برای استانداردهای کاری

۵-۴-۲ آزمایشگاه مسئول ایجاد و نگهداری قابلیت‌ردیابی کالیبراسیون کنتور بصورت مستقیم و یا غیر مستقیم به استانداردهای ملی و بین المللی است. برنامه قابلیت‌ردیابی باید رابطه کنتور و استاندارد را مستند نماید.



شکل۱ – دیاگرام برقراری قابلیت‌ردیابی

۵-۴-۳ برای برقراری قابلیت‌ردیابی، آزمایشگاه باید یک وسیله (استاندارد) انتقالی داشته باشد تا از طریق آن قابلیت‌ردیابی را به استانداردهای کاری و کنتور برقرار نماید.

۵-۴-۴ آزمایشگاه می‌تواند قابلیت‌ردیابی را از طریق یک آزمایشگاه ملی، بین المللی و یا از طریق یک آزمایشگاه دارای تائید صلاحیت برقرار نماید.

۵-۴-۵ برای حفظ قابلیت‌ردیابی، آزمایشگاه باید کالیبراسیون استانداردها را در فواصل زمانی معین (جدول ۵) و با عدم‌قطعیت مناسب انجام دهد.

جدول ۵: فواصل کالیبراسیون استانداردهای آزمایشگاه

ردیف	کنتور استاندارد	فواصل کالیبراسیون (ماه)		توضیحات
		نرمال	بسط داده شده	
۱	استاندارد مرجع	۲۴	---	فقط کالیبراسیون خارجی- پایداری پایش شود.
۲	وسیله (استاندارد) انتقالی	۱۲	۲۴	فقط کالیبراسیون خارجی- پایداری پایش شود.
۳	استاندارد کاری/ قابل حمل	۱۲	---	کالیبراسیون خارجی اختیاری است.
	استاندارد کاری/ قابل حمل	۲	۶	کالیبراسیون داخلی- افزایش دوره بستگی به پایداری دارد.

٦ تسهیلات و شرایط محیطی

۶-۱ شرایط محیطی آزمایشگاه و تسهیلات و منابع الکتریکی مورد نیاز باید در یک مقدار و محدوده معینی حفظ شود. الزامات شرایط محیطی و شرایط مرجع آزمایشگاه کالیبراسیون کنتور به شرح جدول ۶ است.

جدول ۶: شرایط محیطی و شرایط مرجع

کمیت تأثیرگذار	مقدار مرجع	رواداری مجاز
دمای محیط	23 °C	±2 °C
رطوبت محیط	45 to 75 % RH	–
فشار هوا	86 to 106 kPa	–
ولتاژ	ولتاژ نامی	± 1 %
فرکانس	فرکانس نامی	± 0.3 %
ترتیب فاز	L1- L2- L3	–
عدم تعادل[1] ولتاژ	همه فازهای وصل شده	–
شکل موج	ولتاژ و جریان سینوسی	ضریب اعوجاج کل < 2 %
القای مغناطیسی مداوم با منشاء خارجی	معادل صفر	–
القای مغناطیسی با منشاء خارجی در فرکانس مرجع	میدان مغناطیسی معادل صفر	<0.05 mT
میدان‌های مغناطیسی فرکانس رادیویی 30 kHz to 6 GHz	معادل صفر	≤ 1 V/m
موقعیت نصب برای تجهیزات حساس به موقعیت	نصب مطابق دستور سازنده	± 0.5 °
اختلالات ناشی از میدان‌های فرکانس رادیویی 2 kHz to 80 MHz	معادل صفر	< 1 V
مقاومت زمین(ارت)	معادل صفر	< 2 Ω

[1]Unbalance

۶-۲ ولتاژ منبع تغذیه تجهیز کالیبراسیون کنتور باید به اندازه کافی پایدار باشد تا از درستی مورد نیاز برای کالیبراسیون کنتورها با رده درستی معین، اطمینان حاصل شود. برای این منظور می‌توان از تثبیت کننده[1] ولتاژ استفاده کرد. الزامات منبع تغذیه به شرح جدول ۷ است.

۶-۳ هرگاه کالیبراسیون در دمای مرجع (شامل رواداری مجاز) امکانپذیر نباشد، یعنی خارج از آزمایشگاه یا در محل نصب کنتور، کالیبراسیون در گستره دمای کاری تجهیز کالیبراسیون کنتور مجاز است. در اینصورت، نتایج کالیبراسیون باید با اعمال ضریب دمایی مناسب، تصحیح شوند. گستره دمای کاری و ضریب تصحیح دمایی در مشخصات فنی سازنده تجهیز کالیبراسیون کنتور بیان شده است.

جدول ۷: الزامات منبع تغذیه تجهیز کالیبراسیون کنتور

پارامتر	مقدار استاندارد
ولتاژ تغذیه U_n و شرایط اصلی	شرایط مشخص شده توسط سازنده
تغییرات در ولتاژ تغذیه	0.85 U_n to 1.1 U_n
فرکانس f_n	50 Hz
گستره فرکانس	50 Hz ± 2 %
مصرف توان	باید توسط سازنده مشخص شود
ولتاژ نول به زمین(ارت)	< 2 V

۷ طبقه بندی کنتورها

کنتورها با توجه به رده درستی و مصرف کننده به دو روش، مطابق جدول ۸ و ۹ طبقه بندی می‌شوند.

جدول ۸: طبقه بندی براساس مصرف کننده

		نوع کنتور		
		الکترومکانیکی	استاتیک	استاتیک (هوشمند)
نوع اتصال	تک فاز	مسکونی	مسکونی	مسکونی
	سه فاز اتصال مستقیم	---	مسکونی و صنعتی	مسکونی و صنعتی
	سه فاز اتصال CT	---	صنعتی	صنعتی
	سه فاز اتصال CT, PT	---	صنعتی پر مصرف- برق منطقه‌ای	صنعتی پر مصرف- برق منطقه‌ای
		مصرف کننده		

جدول ۹: طبقه بندی براساس رده درستی

نوع کنتور	نوع اتصال	رده درستی						
		3	2	1	0.5	0.5S	0.2S	0.1S
الکترومکانیکی- انرژی اکتیو	مستقیم و ترانسفورمری		*	*	*			
استاتیک- انرژی اکتیو	مستقیم و ترانسفورمری		*	*	*	*	*	*
استاتیک- انرژی راکتیو	مستقیم و ترانسفورمری	*	*					

1. Stabilizer

	دستورالعمل کالیبراسیون و پایش میانی تجهیزات اندازه‌گیری در صنعت برق- کنتور برق	

۸ شرح روش

۸-۱ کلیات و الزامات

۸-۱-۱ روش‌های کالیبراسیون شرح داده شده در این بند، الزامات کالیبراسیون کنتورهای برق را برآورده می‌کند. همچنین دیگر روش‌های کالیبراسیون یا روش‌های اصلاحی/ تعدیل شده که الزامات را برآورده کند، قابل کاربرد است.

۸-۱-۲ کالیبراسیون کنتور باید در حالتی انجام شود که کنتور در جعبه یا پوشش مخصوص خود قرار داشته باشد.

۸-۱-۳ تمامی قسمت‌های لازم باید به سیستم زمین (ارتینگ) وصل شوند.

۸-۱-۴ قبل از شروع فرآیند کالیبراسیون، کنتور و تجهیزات مرجع کالیبراسیون باید برق‌دار (روشن) شوند تا در یک مدت زمان کافی به پایداری حرارتی برسند. مدت زمان‌گرم‌شدن[1] باید مطابق راهنمای سازنده باشد و در صورت عدم دسترسی به چنین اطلاعاتی، ۳۰ دقیقه در نظر گرفته شود.

۸-۱-۵ در فرآیند کالیبراسیون، قبل از هر اندازه‌گیری در هر سطح جریان، باید اجازه داده شود تا نشاندهی کنتور تثبیت و سپس مقدار اندازه‌گیری ثبت شود. مدت زمان مورد نیاز برای تثبیت نشاندهی مطابق راهنمای سازنده و یا حداکثر ۵ دقیقه در نظر گرفته شود.

۸-۱-۶ برای کنتورهای سه فاز:

- ترتیب فاز باید مطابق نمودار اتصالات مشخص شده از سوی سازنده رعایت شود
- ولتاژها و جریان‌ها باید بطور کامل مطابق جدول ۱۰ متعادل باشند.

جدول ۱۰: تعادل جریان و ولتاژ کنتورهای سه فاز

پارامتر/ شرایط کنتور سه فاز	رواداری مجاز
اختلاف هر یک از ولتاژهای بین فاز و نول و ولتاژهای بین هر دو فاز از میانگین ولتاژ متناظر	± 1%
اختلاف هر یک از جریان‌های هادی از میانگین جریان	± 1%
اختلاف جابجایی فاز هر یک از جریان‌ها از ولتاژ فاز به نول متناظر، صرف نظر از زاویه فاز	2 °

۸-۱-۷ اگر کنتور برای نصب در یک سوکت یا یک قفسه تطبیق خاص طراحی شده باشد، الزامات کاربردی و کالیبراسیون باید در حالتی که کنتور در شرایط مشخص شده، مطابق دستورالعمل سازنده نصب شده است، انجام شود مگر اینکه شرایط دیگری مشخص شده باشد.

۸-۱-۸ اگر کنتور برای نصب با یک نمایشگر جداشدنی طراحی شده باشد، الزامات کاربردی و کالیبراسیون باید در حالتی که کنتور به نمایشگر وصل شده است انجام شود.

[1] Warm up time

۸-۱-۹ اگر کنتور بصورتی طراحی شده است که با تجهیزات ترانسفورمر توان پائین (LPITs) کار کند، الزامات کاربردی و کالیبراسیون باید در حالتی که کنتور به تجهیزات ترانسفورمر وصل شده است انجام شود.

یادآوری: ضرایب تجهیزات ترانسفورمری باید توسط یک مرجع کالیبراسیون معتبر تعیین شده باشد و نباید به ضرایب مورد ادعا در پلاک تجهیز اکتفا کرد.

۸-۱-۱۰ اگر کنتور برای هر فاز بیش از یک مدار جریان داشته باشد، الزامات این مدرک باید برای تمامی مدارهای جریان داخل جعبه کنتور اعمال شود.

۸-۲ بازرسی و بررسی چشمی

جنبه‌های مختلفی که باید در بازرسی و بررسی چشمی رعایت شود عبارتند از:

۱- معاینه فیزیکی نصب، سلامت آن به طور کلی و عوامل مربوط به شیوه‌های مناسب نصب مانند نظم نصب، روش نصب، آرایش کابل‌ها، کدگذاری رنگ سیم‌ها، یکپارچگی نصب و احتمال دستکاری، مشاهده جنبه‌های ایمنی مانند اتصالات برهنه، مفاصل برهنه، سیستم زمین (ارتینگ) و غیره.

۲- بررسی دقیق مربوط به ماهیت الکتریکی مانند، صحت اتصالات، مناسب بودن اجزای سیستم اندازه‌گیری و سیم‌ها با توجه به کاربرد آن، اصالت آب بندی محفظه کنتور – تایید و ایمنی پلمپ، نوع محفظه مورد استفاده، تعداد پلمپ استفاده شده، چه تعداد از پلمپ‌ها موجه است و غیره.

۸-۳ پارامترهای کالیبراسیون

۸-۳-۱ پارامترهای کالیبراسیون در فضای آزمایشگاهی برای کنتورهای نو، کنتورهای تعمیر شده و کنتورهای کارکرده (که برای کالیبراسیون از سرویس خارج شده است) عبارتند از:

- آزمون حالت بی باری
- آزمون جریان راه اندازی
- کالیبراسیون پارامترهای اندازه‌گیری- ولتاژ، جریان، فرکانس و ضریب توان
- کالیبراسیون انرژی
- کالیبراسیون ثابت کنتور

۸-۳-۲ پارامترهای کالیبراسیون در محل نصب عبارتند از:

- آزمون حالت بی باری (در صورت امکان خاموشی، الزامی است)
- آزمون جریان راه اندازی (در صورت امکان خاموشی، الزامی است)
- کالیبراسیون انرژی
- کالیبراسیون ثابت کنتور

٤-٨ شرح کالیبراسیون در فضای آزمایشگاهی

١-٤-٨ آزمون حالت بی باری

١-١-٤-٨ کلیات

هدف از این آزمون ایجاد اطمینان از آن است که، ثبت (تجمع) انرژی در ثبات کنتور که ممکن است به دلیل اثرات غیر از جریان بار رخ دهد، به اندازه کافی کمتر از ثبت (تجمع) انرژی در جریان راه اندازی کنتور، I_{st}، است.

یادآوری١: تجمع انرژی، مقدار انرژی ثبت شده در ثبات کنتور است که بر اثر عبور جریان بار و یا عامل دیگری ایجاد می‌شود.

٢-١-٤-٨ نقاط کالیبراسیون

کالیبراسیون در ولتاژ معادل $1.1\ U_n$ انجام شود.

٣-١-٤-٨ شرح روش

١- مدار(های) جریان کنتور تحت کالیبراسیون در حالت مدار باز قرار داده شود.

٢- اسکنر (پالس شمار) تجهیز کالیبراسیون کنتور برای اندازه‌گیری تعداد پالس/ سیگنال و یا دور روتور، مطابق دستورالعمل سازنده آماده و در وضعیت شمارش قرار داده شود.

یادآوری ١: تجهیز کالیبراسیون کنتور، اسکنر (پالس شمار) مناسب برای شمارش پالس خروجی آزمون کنتور استاتیک و یا شمارش تعداد دور روتور کنتور الکترومکانیکی دارا است.

٣- در صورت وجود، مدار منبع تغذیه کمکی کنتور، برق‌دار و روشن شود

٤- مطابق نقشه اتصالات کنتور، ولتاژ معادل $1.1\ U_n$ بوسیله تجهیز کالیبراسیون کنتور به مدار(های) ولتاژ اعمال شود

یادآوری ٢: در صورتی‌که چند ولتاژ نامی برای کنتور مشخص شده باشد، باید بزرگترین ولتاژ نامی برای این آزمون در نظر گرفته شود.

٥- پس از مدت زمان تعیین شده از رابطه (١)، تعداد پالس / دور شمارش شده بوسیله اسکنر (پالس شمار) در جدول ١١، نتایج آزمون حالت بی باری ثبت شود.

$$\Delta t \geq \frac{240 \times 10^3}{k \times m \times U_{test} \times I_{st}} \qquad (١)$$

که

Δt: حداقل زمان مورد نیاز آزمون به دقیقه

k: ثابت کنتور (در کنتور استاتیک imp/kWh یا imp/kvarh و در کنتور الکترومکانیکی rev/kWh یا rev/kvarh)

m: تعداد المان اندازه گیری

U_{test}: حداکثر ولتاژ نامی کنتور، $1.1\ U_n$ به ولت

I_{st}: جریان راه اندازی کنتور، به آمپر

یادآوری ۳: در صورتی‌که کنتور سه فاز بیش از یک حالت اتصال (اتصال ستاره و یا مثلث) داشته باشد، این آزمون باید برای تمامی حالت‌ها انجام شود.

۸-۴-۱-۴ معیار پذیرش/ بیشینه خطای مجاز

هرگاه به مدارهای ولتاژ و در صورت وجود، به مدار منبع تغذیه کمکی، بدون تزریق جریان به مدارهای جریان، ولتاژ اعمال شود و یا برقدار شوند، خروجی آزمون کنتور نباید بیش از یک پالس تولید کند و در کنتورهای الکترومکانیکی، روتور نباید بیش از یک دور کامل داشته باشد.

جدول ۱۱ : نتایج آزمون بی باری

Item	REF. Value/ Output of Calibrator				No. of Pulse/ Rotor Revolution	Acceptance Criteria/ MPE
	U (V)	I (A)	F (Hz)	PF		
Test of No-Load Condition	$1.1\ U_n$	0	50	---		≤ 1 Pulse ≤ 1 Complete Revolution
Comment:						

۸-۴-۲ آزمون جریان راه اندازی

۸-۴-۲-۱ کلیات

کنتور باید ثبت انرژی را در جریان راه‌اندازی، I_{st}، مشخص شده در رده درستی مربوطه (جدول ۱۲)، شروع و ادامه دهد. ثبت انرژی در کمتر از جریان راه‌اندازی مجاز است.

جدول ۱۲: جریان راه‌اندازی در رده درستی

نوع کنتور	جریان راه‌اندازی I_{st} در رده درستی							ضریب توان
	0.1 S	0.2 S	0.5 S	0.5	1	2	3	
اتصال مستقیم – اکتیو	---	---	---	0,004 I_n	0,004 I_n	0,005 I_n	---	1
اتصال ترانسفورمری– اکتیو	0,001 I_n	0,001 I_n	0,001 I_n	0,002 I_n	0,002 I_n	0,003 I_n	---	1
اتصال مستقیم – راکتیو	---	---	---	---	---	0,005 I_n	0,01 I_n	1
اتصال ترانسفورمری– راکتیو	---	---	---	---	---	0,003 I_n	0,005 I_n	1
I_n: جریان نامی								

۸-۴-۲-۲ نقاط کالیبراسیون

کالیبراسیون در جریان راه‌اندازی انجام شود.

۳-۲-۴-۸ شرح روش

۱- کنتور روشن شود

۲- تجهیز کالیبراسیون کنتور در کمترین ولتاژ نامی و در جریان راه‌اندازی I_{st} کنتور (جدول ۱۲) و ضریب توان یک تنظیم شود

۳- تجهیز کالیبراسیون کنتور و اسکنر (پالس شمار) آن، مطابق دستورالعمل سازنده و یا نقشه اتصالات به مدار(های) جریان و مدار(های) ولتاژ وصل و خروجی آن فعال و اسکنر در وضعیت اندازه‌گیری قرار داده شود

۴- فاصله زمانی T_1، از زمان فعال شدن خروجی تجهیز کالیبراسیون کنتور تا شمارش اولین پالس توسط اسکنر، اندازه‌گیری و ثبت شود. اولین پالس باید پس از حداکثر τ 1.5 ثانیه رخ دهد.

۵- فاصله زمانی T_2، از زمان فعال شدن خروجی تجهیز کالیبراسیون کنتور تا شمارش دومین پالس توسط اسکنر، اندازه‌گیری و ثبت شود. دومین پالس باید پس از حداکثر τ 1.5 ثانیه بعد از اولین پالس، رخ دهد.

۶- زمان مؤثر (ΔT) بین دو پالس تعیین و در جدول نتایج آزمون جریان راه‌اندازی (جدول ۱۳) ثبت شود،
$\Delta T= T_2-T_1$

۷- پالس سوم باید حداکثر پس از گذشت زمان مؤثر تعیین شده، بعد از پالس دوم رخ دهد

۸- مقدار τ، بازه زمانی انتظاری بین دو پالس از رابطه (۲) محاسبه شود

$$\tau = \frac{3.6 \times 10^6}{k \times m \times U_n \times I_{St}} \; seconds \qquad (۲)$$

که

k: ثابت کنتور (در کنتور استاتیک imp/kWh یا imp/kvarh و در کنتور الکترومکانیکی rev/kWh یا rev/kvarh)

m: تعداد المان اندازه گیری

U_n: حداقل ولتاژ نامی کنتور به ولت

I_{st}: جریان راه اندازی کنتور، به آمپر

۹- در صورتی که کنتور بیش از یک حالت اتصال داشته باشد، این آزمون باید برای تمامی حالت‌ها انجام شود. با این حال، اگر آزمون مربوط به کنتور نصب شده است، فقط در حالت اتصال واقعی الزامی است.

جدول ۱۳: نتایج آزمون جریان راه اندازی

Item	REF. Value/ Output				τ (sec)	ΔT (sec)
	U (V)	I (A)	F (Hz)	PF		
Starting Current Test	U_n (min)	I_{st}	50	1		
Comment:						

۱۰- اگر کنتور قابلیت اندازه‌گیری دو جهته (ورودی/ خروجی[1]) را دارد، این آزمون باید در هر دو جهت انجام شود. برای کنتورهای نصب شده فقط حالت واقعی اتصال آزمون شود.

۸-۴-۲-۴ معیار پذیرش/ بیشینه خطای مجاز

الف- اگر زمان مؤثر کوچکتر مساوی زمان انتظاری باشد، $\Delta T \leq \tau$ ، قابل قبول و عملکرد مورد پذیرش است.

ب- اگر زمان مؤثر بزرگتر از زمان انتظاری باشد، $\Delta T > \tau$، معیار رد یا پذیرش، بیشینه خطای مجاز انرژی در جریان I_{min}، مطابق بند ۸-۴-۴، جداول ۱۶، ۱۷ و ۱۸ است.

۸-۴-۳ کالیبراسیون پارامترهای اندازه‌گیری

۸-۴-۳-۱ کلیات

این بند در فضای آزمایشگاهی، برای کنتورهای استاتیک با قابلیت نشان‌دهی پارامترهای الکتریکی ولتاژ، جریان، فرکانس و ضریب توان کاربرد دارد.

۸-۴-۳-۲ نقاط کالیبراسیون

کالیبراسیون پارامترهای اندازه‌گیری شامل کالیبراسیون ولتاژ، جریان، فرکانس و ضریب توان است که هر یک از پارامترها با توجه به نقاط کالیبراسیون تعیین شده (جدول ۱۴) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جدول ۱۴: نقاط کالیبراسیون پارامترهای اندازه‌گیری

پارامتر اندازه‌گیری	**نوع اتصال کنتور**	**مقدار کمیت‌ها**			
		ولتاژ (V)	**جریان** (A)	**فرکانس** (Hz)	**ضریب توان**
۱- ولتاژ	اتصال مستقیم	$0.9\ U_n$	$0.1\ I_n$	50	1
		U_n	$0.1\ I_n$	50	1
		$1.1\ U_n$	$0.1\ I_n$	50	1
	اتصال ترانسفورمری	$0.9\ U_n$	$0.05\ I_n$	50	1
		U_n	$0.05\ I_n$	50	1
		$1.1\ U_n$	$0.05\ I_n$	50	1
۲- جریان	اتصال مستقیم	U_n	I_{min}	50	1
		U_n	$0.1\ I_n$	50	1
		U_n	I_n	50	1
		U_n	I_{max}	50	1
	اتصال ترانسفورمری	U_n	I_{min}	50	1
		U_n	$0.05\ I_n$	50	1
		U_n	I_n	50	1
		U_n	I_{max}	50	1
۳- فرکانس		U_n	I_n	49	1
		U_n	I_n	50	1

1 . Import/ Export

1	51	I_n	U_n		
0.5	50	I_n	U_n		۴- ضریب توان
0.8	50	I_n	U_n		
1	50	I_n	U_n		

یادآوری ۱: برای کنتورهای نو، کنتورهای تعمیر شده یا از سرویس خارج شده، که برای آنها مقدار ولتاژ نامی استفاده تعیین نشده است، نقاط کالیبراسیون باید در کلیه ولتاژهای نامی مشخص شده از سوی سازنده تکرار شود.

یادآوری ۲: با توجه به نوع اندازه‌گیری کنتور، اکتیو یا راکتیو، مقدار ضریب توان به ترتیب معادل، Cos(φ) یا Sin(φ) است.

۸-۴-۳-۳ شرح روش

۱- تجهیز کالیبراسیون کنتور مطابق نقشه فنی یا اطلاعات سازنده به کنتور وصل شود

۲- در حالتی که کنتور از منبع تغذیه خارجی استفاده می‌کند، منبع تغذیه وصل و کنتور روشن شود

۳- مقادیر خروجی پارامترهای تجهیز کالیبراسیون کنتور برای کالیبراسیون ولتاژ، در اولین نقطه کالیبراسیون جدول ۱۴ تنظیم شود

۴- خروجی تجهیز کالیبراسیون کنتور فعال شود

۵- مقدار ولتاژ(های) اندازه‌گیری شده توسط کنتور در جدول ۱۵ ثبت شود

۶- سپس تجهیز کالیبراسیون کنتور در مقادیر بعدی پارامتر ولتاژ تنظیم و به کنتور اعمال شود

۷- نتایج اندازه‌گیری ولتاژ (ها) در هر مرحله در جدول نتایج کالیبراسیون ولتاژ ثبت شود

۸- مراحل ۳ تا ۷ برای پارامترهای جریان، فرکانس و ضریب توان نیز تکرار شود

۹- خطای هر نقطه کالیبراسیون محاسبه و در جدول نتایج کالیبراسیون ثبت شود

جدول ۱۵: نتایج کالیبراسیون پارامترهای ولتاژ، جریان، فرکانس و ضریب توان

Meter Type:		Accuracy Class:			Connection:		
Item	REF. Value/ Output of Calibrator	U.U.C. Reading			Erorr		
	U (V)	L1(V)	L2(V)	L3(V)	L1(%)	L2(%)	L3(%)
1- Voltage Accuracy	$0.9U_n$						
	U_n						
	$1.1U_n$						
Comment:							
2- Current Accuracy	I (A)	L1(A)	L2(A)	L3(A)	L1(%)	L2(%)	L3(%)
	I_{min}						
	$0.1\ I_n$						
	I_n						
	I_{max}						
Comment:							
3- Frequency Accuracy	Freq. (Hz)	Freq. (Hz)			(%)		
	49						
	50						
	51						

Comment:			
4- Power Factor	Cos(φ)/ Sin(φ)	Cos(φ)/ Sin(φ)	Cos(φ)/ Sin(φ)
	0.5		
	0.8		
	1		
Comment:			

۸-۴-۳-۴ معیار پذیرش/ بیشینه خطای مجاز

مقدار خطای اندازه‌گیری به درصد نباید بیشتر از مقدار بیشینه خطای مجاز رده درستی مربوطه شود.

۸-٤-٤ کالیبراسیون انرژی

۸-۴-۴-۱ کلیات

کالیبراسیون انرژی باید به یکی از روش‌های ۱ تا ۳ که در این بند شرح داده شده است، انجام شود. برای کالیبراسیون انرژی باید الزامات بند ۵-۱ این دستورالعمل، تجهیزات و استانداردها، برآورده شود و در غیر اینصورت مطابق بند ۹، عدم‌قطعیت کالیبراسیون، الزمات بیان شده باید در نظر گرفته شود.

۸-۴-۴-۲ نقاط کالیبراسیون

نقاط کالیبراسیون کنتورها با توجه به رده درستی آنها وابسته به نوع اندازه‌گیری (اکتیو یا راکتیو)، نوع کنتور (الکترومکانیکی یا استاتیکی)، نوع اتصال (مستقیم یا ترانسفورمری)، جریان و ضریب توان است. بنابراین نقاط کالیبراسیون در ولتاژ نامی و فرکانس نامی، مطابق جدول ۱۶، ۱۷ و ۱۸ تعیین شود.

جدول ۱۶- نقاط کالیبراسیون انرژی- کنتورهای اکتیو الکترومکانیکی

درصد بیشینه خطای مجاز برای کنتورهای با رده درستی			ضریب توان	مقدار جریان (A)	
2	1	0.5	cos φ	اتصال ترانسفورمری	اتصال مستقیم
± 2.5	± 1.5	± 1.0	1*	I_{min}	I_{min}
± 2.0	± 1.0	± 0.5	1*	0.05 I_n	0.1 I_n
± 2.5	± 1.5	± 1.3	0.5[1] Ind.*		
---	± 1.5	± 1.3	0.8 [2]Cap.*		
± 2.0	± 1.0	± 0.5	1	0.5 I_n	0.5 I_n
± 2.0	± 1.0	± 0.8	0.5 Ind.		
---	± 1.0	± 0.8	0.8 Cap.		
---	± 3.5	± 2.5	0.25 Ind.		
---	± 2.5	± 1.5	0.5 Cap.		
± 2.0	± 1.0	± 0.5	1*	I_n	I_n

[1] Inductance
[2] Capacitance

		0.5 Ind.*	± 0.8	± 1.0	± 2.0
		0.8 Cap.*	± 0.8	± 1.0	---
		0.25 Ind.	± 2.5	± 3.5	---
		0.5 Cap.	± 1.5	± 2.5	---
I_{max}		1*	± 0.5	± 1.0	± 2.0
	I_{max}	0.5 Ind.*	± 0.8	± 1.0	± 2.0
		0.8 Cap.*	± 0.8	± 1.0	---
یادآوری: نقاط ستاره‌دار (*) حداقل سه بار تکرار شود					

جدول ۱۷- نقاط کالیبراسیون انرژی- کنتورهای اکتیو استاتیک

مقدار جریان (A)		ضریب توان	درصد بیشینه خطای مجاز برای کنتورهای با رده درستی					
اتصال مستقیم	اتصال ترانسفورمری	cos φ	0.1S	0.2S	0.5S	0.5	1	2
I_{min}	I_{min}	1*	± 0.2	± 0.4	± 1.0	± 1.0	± 1.5	± 2.5
0.1 I_n	0.05 I_n	1*	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 0.5	± 1.0	± 2.0
		0.5 Ind.*	± 0.25	± 0.5	± 1.0	± 1.0	± 1.5	± 2.5
		0.8 Cap.*	± 0.25	± 0.5	± 1.0	± 1.0	± 1.5	---
0.5 I_n	0.5 I_n	1	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 0.5	± 1.0	± 2.0
		0.5 Ind.	± 0.15	± 0.3	± 0.6	± 0.6	± 1.0	± 2.0
		0.8 Cap.	± 0.15	± 0.3	± 0.6	± 0.6	± 1.0	---
		0.25 Ind.	± 0.25	± 0.5	± 1.0	± 1.0	± 3.5	---
		0.5 Cap.	± 0.25	± 0.5	± 1.0	± 1.0	± 2.5	---
		0.25 Cap.	± 0.25	---	---	---	---	---
I_n	I_n	1*	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 0.5	± 1.0	± 2.0
		0.5 Ind.*	± 0.15	± 0.3	± 0.6	± 0.6	± 1.0	± 2.0
		0.8 Cap.*	± 0.15	± 0.3	± 0.6	± 0.6	± 1.0	---
		0.25 Ind.	± 0.25	± 0.5	± 1.0	± 1.0	± 3.5	---
		0.5 Cap.	± 0.25	± 0.5	± 1.0	± 1.0	± 2.5	---
		0.25 Cap.	± 0.25	---	---	---	---	---
I_{max}	I_{max}	1*	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 0.5	± 1.0	± 2.0
		0.5 Ind.*	± 0.15	± 0.3	± 0.6	± 0.6	± 1.0	± 2.0
		0.8 Cap.*	± 0.15	± 0.3	± 0.6	± 0.6	± 1.0	---
		0.25 Ind.	± 0.25	± 0.5	± 1.0	± 1.0	± 3.5	---
		0.5 Cap.	± 0.25	± 0.5	± 1.0	± 1.0	± 2.5	---
		0.25 Cap.	± 0.25	---	---	---	---	---
یادآوری: نقاط ستاره‌دار (*) حداقل سه بار تکرار شود								

جدول ۱۸- نقاط کالیبراسیون انرژی- کنتورهای راکتیو استاتیک

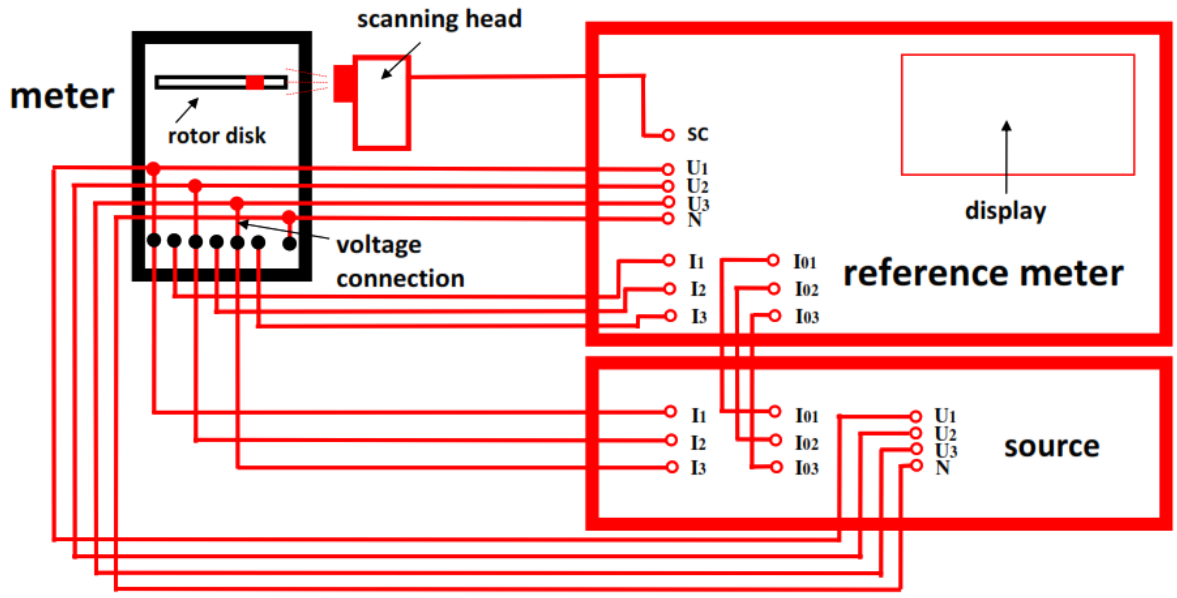
مقدار جریان (A)		ضریب توان	درصد بیشینه خطای مجاز برای کنتورهای با رده درستی	
اتصال مستقیم	اتصال ترانسفورمری	sin φ (Ind. or Cap.)	2	3

± 4.0	± 2.5	1*	I_{min}	I_{min}
± 3.0	± 2.0	1*	0.05 I_n	0.1 I_n
± 4.0	± 2.5	0.5		
± 3.0	± 2.0	1	0.5 I_n	0.5 I_n
± 3.0	± 2.0	0.5		
± 4.0	± 2.5	0.25		
± 3.0	± 2.0	1*	I_n	I_n
± 3.0	± 2.0	0.5*		
± 4.0	± 2.5	0.25		
± 3.0	± 2.0	1*	I_{max}	I_{max}
± 3.0	± 2.0	0.5*		
± 4.0	± 2.5	0.25		
یادآوری: نقاط ستاره‌دار (*) حداقل سه بار تکرار شود				

۳-۴-۴-۸ شرح روش

۱- باتوجه به روش انتخاب شده (روش ۱ تا۳)، تجهیز کالیبراسیون کنتور مطابق نقشه فنی و یا اطلاعات سازنده به کنتور وصل شود.

یادآوری ۱: شکل ۲ مثالی از نحوه اتصال تجهیز کالیبراسیون کنتور (شامل منبع و کنتور استاندارد) به کنتور تحت کالیبراسیون است.



شکل ۲- نحوه اتصال تجهیز کالیبراسیون کنتور به کنتور تحت کالیبراسیون با بار مجازی

۲- پارامترهای اندازه‌گیری تجهیز کالیبراسیون کنتور باید با توجه به نوع کنتور، اکتیو و یا راکتیو، در نقاط کالیبراسیون (جدول ۱۶ یا ۱۷ یا ۱۸) تنظیم و به کنتور تحت کالیبراسیون اعمال شود.

۳- به منظور بررسی تکرارپذیری کنتور، کالیبراسیون نقاط ستاره دار (*) جدول ۱۶، ۱۷ و ۱۸ حداقل سه بار تکرار شود.

۴- نتایج کالیبراسیون در جدول ۱۹ ثبت شود.

۵- خطای اندازه‌گیری کنتور در مقایسه با مقادیر مرجع محاسبه و در جدول نتایج (جدول ۱۹) ثبت شود.

جدول ۱۹: نتایج کالیبراسیون انرژی

Item	**REF. Value/ Output of Calibrator**			**U.U.C. Reading**	**Error**	**Result** Pass/ Fail
	I (A)	PF	W_{st} (kWh)	$W_{u.u.c.}$ (kWh)	(%)$\delta W_{U.U.C.}$	
Energy Measurement Accuracy						

روش ۱- روش مقایسه انرژی

در این روش مقدار معلومی از انرژی هم به کنتور تحت کالیبراسیون و هم به کنتور استاندارد اعمال می‌شود.

درصد خطای مقایسه انرژی از رابطه ۳ محاسبه می شود:

$$\delta W_{UUC} = \frac{W_{UUC} - W_{st}}{W_{st}} \times 100\% \qquad (۳)$$

که:

δW_{UUC} : درصد خطای کنتور تحت کالیبراسیون است

W_{UUC} : انرژی ثبت شده بوسیله کنتور تحت کالیبراسیون برحسب kWh/ kvarh/ kVAh

W_{st} : انرژی ثبت شده بوسیله کنتور استاندارد برحسب kWh/ kvarh/ kVAh

خطاهای اندازه‌گیری ناشی از سوئیچینگ (خاموش/ روشن) منبع جریان و ناشی از اثرات فیلتر در ورودی‌های کنتور استاندارد می‌تواند برای مثال با انتخاب زمان اندازه‌گیری مناسب، حداقل شود.

اگر ضروری است که خطای کنتور استاندارد کاری در مقایسه با کنتور استاندارد مرجع برای تعیین خطای کل کنتور تحت کالیبراسیون در نظر گرفته شود، رابطه ۴ باید با اضافه کردن یک پارامتر بصورت رابطه ۳ تطبیق داده شود:

$$\delta W_{UUC} = \left(\left[\frac{W_{UUC}}{W_{st}}\left(1 + \frac{\delta W_{st}}{100\%}\right)\right] - 1\right) \times 100\% \qquad (۴)$$

که:

δW_{st} : درصد خطای کنتور استاندارد کاری است (از گواهینامه کالیبراسیون)

روش ۲- روش اندازه‌گیری توان- زمان (روش وات متر با خواندن ثبات)

در این روش انرژی اعمال شده به کنتور تحت کالیبراسیون با حاصلضرب یک توان ثابت معلوم در یک بازه زمانی معلوم تعیین می‌شود.

خطا با رابطه ۵ محاسبه می‌شود:

$$\delta W_{UUC} = \frac{W_{UUC} - P_{st} \times t}{P_{st} \times t} \times 100\% \qquad (۵)$$

که:

W_{UUC} : انرژی ثبت شده بوسیله کنتور تحت کالیبراسیون است

P_{st} : توان ثبت شده بوسیله کنتور استاندارد است، برای کنترل ثابت استفاده شده است

t : بازه زمانی اندازه‌گیری شده است.

یادآوری ۱: این روش نیازمند منابع با پایداری بالا و کنترل زمان درست است.

یادآوری ۲: در کل عدم‌قطعیت‌های ناشی از پایداری توان و بازه زمانی باید در نظر گرفته شود.

یادآوری ۳: به دلیل افزایش درستی کنتورهای تحت کالیبراسیون الکترونیکی، این روش بندرت استفاده می‌شود.

یادآوری ۴: برای رسیدن به درستی اندازه‌گیری مناسب، زمان اندازه‌گیری بایستی با حداقل یک گردش ۲۰۰ رقمی از کمترین مقدار ثبّات، تضمین شود.

روش ۳- روش مقایسه پالس

برای این روش پالس‌های خروجی آزمون متناسب انرژی کنتور استاندارد بوسیله یک شمارنده پالس شمارش می‌شود. شمارش با اولین پالس از کنتور تحت کالیبراسیون شروع و بعد از کامل شدن تعداد معینی از پالس‌ها از کنتور تحت کالیبراسیون متوقف می‌شود.این بازه زمانی از شروع تا پایان دوره تست محصوب می شود.

پالس‌ها از کنتورهای الکترومکانیکی با کمک یک اسکنر، بر مبنای گردش روتور در کنتورهای الکترومکانیکی، یا در کنتورهای استاتیک با پلک زدن یک LED یا خروجی پالس الکتریکی تولید می‌شود.

برای شمارش پالس‌های ارسال شده بوسیله کنتور استاندارد، شرایط زیر باید برآورده شود:

دوره تست در هر نقطه کالیبراسیون باید طوری انتخاب شود که تفکیک پذیری خطای تعیین شده با تعداد پالس‌ها از کنتور استاندارد، باید کمتر از ۱ ٪ کلاس درستی کنتور تحت کالیبراسیون باشد. در حالتی که کتابچه راهنما یا تصدیق نوع کنتور تحت کالیبراسیون حداقل زمان تست را نشان دهد، برای مثال برای برآورد الزامات اندازه‌شناسی قانونی، این زمان باید استفاده شود.

درصد خطای کنتور تحت کالیبراسیون از مقدار نامی و تعداد واقعی پالس‌های شمارش شده در طول دوره اندازه‌گیری، مطابق رابطه ۶ محاسبه می‌شود:

$$\delta W_{UUC} = \frac{N_{nom} - N_{act}}{N_{act}} \times 100\% \qquad (۶)$$

که:

δW_{UUC} : درصد خطای کنتور تحت کالیبراسیون

N_{act} : تعداد پالس‌های واقعی دریافت شده از کنتور استاندارد در طول بازه کالیبراسیون

N_{nom} : تعداد پالس‌های نامی (مورد انتظار) کنتور استاندارد برای دوره اندازه‌گیری معین

$$N_{nom} = \frac{3600 \times 1000 \times N_{UUC} \times f_{nom}}{m \times U_r \times I_r \times c_m} \quad (۷)$$

که:

N_{UUC} : تعداد پالس‌ها (یا چرخش‌ها)ی کنتور تحت کالیبراسیون

f_{nom} : فرکانس خروجی متناسب توان کنتور استاندارد

m : تعداد فاز

U_r : گستره ولتاژ کنتور استاندارد

I_r : گستره جریان کنتور استاندارد

c_m : ثابت کنتور تحت کالیبراسیون برحسب [1/kWh] یا [1/kvarh] یا [1/kVAh]

اگر ضروری است که خطای کنتور استاندارد کاری (δW_{st}) برای تعیین خطای کل کنتور تحت کالیبراسیون در نظر گرفته شود، رابطه ۷ باید با اضافه کردن یک پارامتر بصورت رابطه ۸ تطبیق داده شود:

$$\delta W_{UUC} = \left[\left(\frac{N_{nom} - N_{act}}{N_{act}}\right) + \left(\frac{N_{nom}}{N_{act}} \times \frac{\delta W_{st}}{100\%}\right)\right] \times 100\% \quad (۸)$$

که:

δW_{UUC} : درصد خطای کنتور تحت کالیبراسیون

δW_{st} : درصد خطای کنتور استاندارد کاری است (از گواهینامه کالیبراسیون)

۸-۴-۴-۴ معیار پذیرش/ بیشینه خطای مجاز

معیار پذیرش، بیشینه خطای مجاز تعیین شده در جدول ۱۶، ۱۷ و ۱۸ است.

۸-٤-٥ کالیبراسیون ثابت کنتور

۸-۴-۵-۱ کلیات

نسبت بین خروجی آزمون و نشاندهی روی صفحه نشانگر، در صورت وجود، و/یا مقدار انرژی ثبت شده در ثبات کنتور که از طریق واسط ارتباطی[1] خوانده می شود، باید با مقدار ثابت کنتور مطابقت داشته باشد. این بند زمانی کاربرد دارد که کالیبراسیون انرژی مطابق روش ۳- روش مقایسه پالس انجام شود.

۸-۴-۵-۲ نقطه/ نقاط کالیبراسیون

کالیبراسیون باید در جریان $0.2I_n$ و در انرژی $E \geq E_{min}$ انجام شود

مقدار E_{min} از رابطه ۹ محاسبه شود:

$$E_{min} = \frac{1000 \times R}{b}\ Wh \quad (۹)$$

1. Communication Interface

که:

R: ریزنگری ظاهری ثبات انرژی برحسب Wh

b: بیشینه خطای مجاز به درصد

۳-۵-۴-۸ شرح روش

۱- تجهیز کالیبراسیون کنتور مطابق نقشه فنی و یا اطلاعات سازنده به کنتور وصل شود.

۲- مطابق روش ۱، مقایسه انرژی، بند ۸-۴-۴، انرژی حداقل E_{min} در جریان $0.2I_n$ ، ولتاژ نامی و ضریب توان یک، بوسیله تجهیز کالیبراسیون کنتور به کنتور تحت کالیبراسیون اعمال شود.

۳- مقدار مرجع تجهیز کالیبراسیون کنتور و مقدار انرژی ثبت شده در کنتور تحت کالیبراسیون، در جدول ۲۰، نتایج کالیبراسیون ثبت شود.

۴- اختلاف نسبی بین مقدار انرژی ثبت شده و مقدار انرژی اعمال شده مطابق رابطه (۱۰) محاسبه و در جدول نتایج کالیبراسیون ثبت شود.

$$\delta C = \frac{W_{U.U.C.} - W_{St}}{W_{st}} \times 100 \qquad (۱۰)$$

که:

δC: اختلاف نسبی بین مقدار انرژی ثبت شده و مقدار انرژی اعمال شده

W_{UUC} : انرژی ثبت شده بوسیله کنتور تحت کالیبراسیون است

W_{st} : انرژی ثبت شده بوسیله کنتور استاندارد برحسب kWh/ kvarh/ kVAh

جدول ۲۰: نتایج کالیبراسیون ثابت کنتور

Item	**REF. Value/ Output of Calibrator**	**U.U.C. Reading**	**Difference**	**Result** Pass/ Fail
	W_{st} (Wh)	$W_{u.u.c.}$ (Wh)	δC (%)	
Meter Constant Accuracy				
Comment:				

۴-۵-۴-۸ معیار پذیرش/ بیشینه خطای مجاز

اختلاف نسبی محاسبه شده از مقایسه مقدار انرژی ثبت شده در کنتور تحت کالیبراسیون و مقدار انرژی عبور داده شده بوسیله تجهیز کالیبراسیون کنتور، نباید بزرگتر از ۰.۱ بیشینه خطای مجاز کنتور در رده درستی مربوطه به استثنای رده درستی 0.1S باشد. برای رده درستی 0.1S، معیار پذیرش می‌تواند بزرگتر از این مقدار باشد اما نباید از ±0.02% تجاوز نماید.

	دستورالعمل کالیبراسیون و پایش میانی تجهیزات اندازه‌گیری در صنعت برق- کنتور برق	

۸-۵ شرح کالیبراسیون در محل نصب کنتور

۸-۵-۱ آزمون حالت بی باری

درصورت امکان خاموشی، پس از قطع ایمن اتصالات ورودی و خروجی کنتور، مطابق بند ۸-۴-۱ انجام شود.

۸-۵-۲ آزمون جریان راه اندازی

در صورت امکان خاموشی، پس از قطع ایمن اتصالات ورودی و خروجی کنتور، مطابق بند ۸-۴-۲ انجام شود.

۸-۵-۳ کالیبراسیون انرژی

۸-۵-۳-۱ کلیات

کالیبراسیون در محل نصب با توجه به شرایط و یا الزامات قانونی، کالیبراسیون با بار مجازی و یا کالیبراسیون با بار موجود انجام می‌شود. در صورت امکان کالیبراسیون با بار مجازی، یعنی جداسازی کنتور از شبکه و از مصرف کننده، کالیبراسیون مطابق یکی از روش‌های ۱ تا ۳، شرح داده شده در بند ۸-۴-۴، در نقاط کالیبراسیون تعیین شده در بند ۸-۵-۳-۲ انجام شود.

در صورتی‌که کالیبراسیون با بار مجازی امکان پذیر نباشد، کالیبراسیون باید در بار واقعی (بار مصرف کننده)، مطابق بند ۸-۵-۳-۳ انجام شود. این روش زمانی کاربرد دارد که امکان خاموشی مصرف کننده نباشد.
در زمان کالیبراسیون تا جایی که امکانپذیر است، باید هماهنگی لازم صورت پذیرد تا کالیبراسیون در یک بار پایدار انجام شود.

برای کالیبراسیون انرژی باید الزامات بند ۵-۲ این دستورالعمل، تجهیزات و استانداردها، برآورده شود و در غیر اینصورت مطابق بند ۹، عدم‌قطعیت کالیبراسیون، الزمات بیان شده باید در نظر گرفته شود.

۸-۵-۳-۲ نقاط کالیبراسیون

نقاط کالیبراسیون در محل نصب وابسته به روش کالیبراسیون است. نقاط کالیبراسیون تعیین شده در جداول ۲۱، ۲۲ و ۲۳ برای کالیبراسیون با بار مجازی کاربرد دارد و در صورت کالیبراسیون در بار موجود، نقاط کالیبراسیون محدود به بار در حال مصرف می‌شود.

جدول ۲۱- نقاط کالیبراسیون انرژی- کنتورهای اکتیو الکترومکانیکی

مقدار جریان (A)		ضریب توان	درصد بیشینه خطای مجاز برای کنتورهای با رده درستی		
اتصال مستقیم	اتصال ترانسفورمری	$\cos \varphi$	0.5	1	2
$0.1\ I_n$	$0.05\ I_n$	1	± 1.0	± 2.5	± 3.0
$0.5\ I_n$	$0.5\ I_n$	1	± 1.0	± 2.5	± 3.0

I_n	I_n	1	± 1.0	± 2.5	± 3.0
		0.5 Ind.	± 1.3	± 2.5	± 3.0
		0.8 Cap.	± 1.3	± 2.5	---

جدول ۲۲- نقاط کالیبراسیون انرژی- کنتورهای اکتیو استاتیک

مقدار جریان (A)		ضریب توان	درصد بیشینه خطای مجاز برای کنتورهای با رده درستی					
اتصال مستقیم	اتصال ترانسفورمری	cos φ	0.1S	0.2S	0.5S	0.5	1	2
0.1 I_n	0.05 I_n	1	± 0.2	± 0.4	± 1.0	± 1.0	± 2.5	± 3.0
0.5 I_n	0.5 I_n	1	± 0.2	± 0.4	± 1.0	± 1.0	± 2.5	± 3.0
I_n	I_n	1	± 0.2	± 0.4	± 1.0	± 1.0	± 2.5	± 3.0
		0.5 Ind.	± 0.25	± 0.5	± 1.1	± 1.1	± 2.5	± 3.0
		0.8 Cap.	± 0.25	± 0.5	± 1.1	± 1.1	± 2.5	---

جدول ۲۳- نقاط کالیبراسیون انرژی- کنتورهای راکتیو استاتیک

مقدار جریان (A)		ضریب توان	درصد بیشینه خطای مجاز برای کنتورهای با رده درستی	
اتصال مستقیم	اتصال ترانسفورمری	sin φ (Ind. or Cap.)	2	3
0.1 I_n	0.05 I_n	1	± 3.0	± 4.0
0.5 I_n	0.5 I_n	1	± 3.0	± 4.0
I_n	I_n	1	± 3.0	± 4.0
		0.5	± 3.0	± 4.0
		0.25	± 3.5	± 5.0

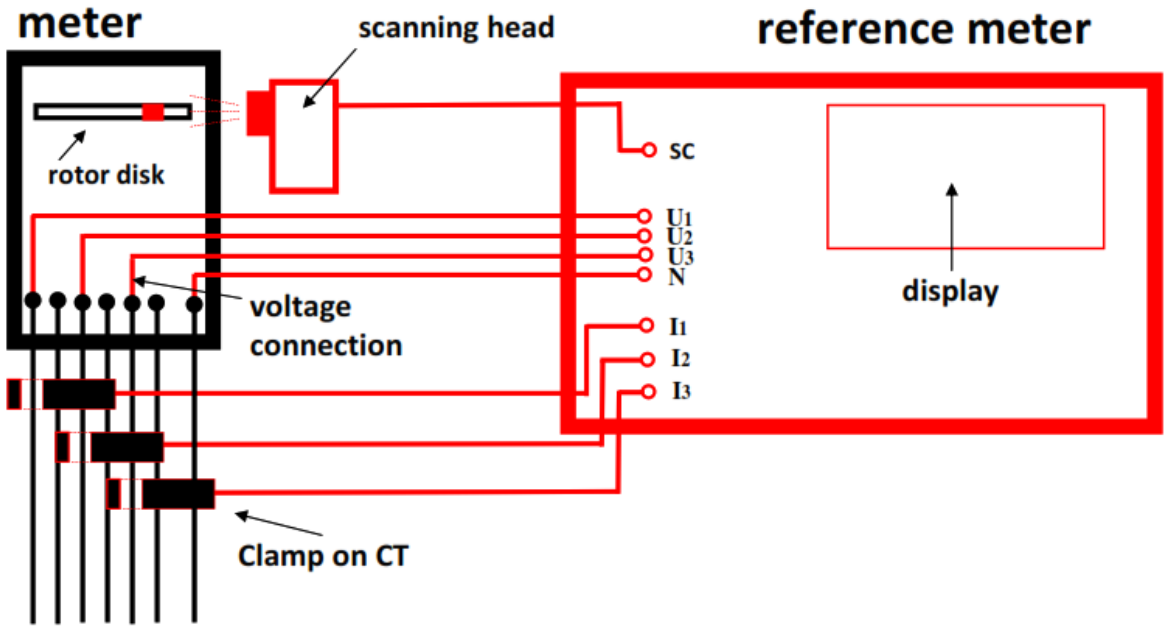
۳-۳-۵-۸ شرح روش

۱- در صورت کالیبراسیون با بار مجازی، با توجه به روش انتخاب شده (روش ۱ تا ۳)، کالیبراسیون مطابق بند ۸-۳-۴-۴ انجام شود.

۲- در صورت کالیبراسیون با بار واقعی (بار مصرف کننده)، فرآیند باید به ترتیب زیر انجام شود:

۳- تجهیز کالیبراسیون کنتور (کنتور استاندارد) با کنتور تحت کالیبراسیون سری و موازی شود.

یادآوری ۱: شکل ۳ مثالی برای اتصال تجهیز کالیبراسیون کنتور و کنتور تحت کالیبراسیون است.



شکل ۳- نحوه اتصال کنتور تحت کالیبراسیون و کنتور استاندارد برای کالیبراسیون در بار واقعی (بار مصرف کننده)

۴- مطابق روش ۳ ، مقایسه پالس، فرآیند کالیبراسیون انجام شود.

۵- نتایج کالیبراسیون در جدول ۲۴ ثبت شود.

۶- خطای اندازه‌گیری کنتور در مقایسه با مقادیر مرجع محاسبه و در جدول نتایج (جدول ۲۴) ثبت شود.

جدول ۲۴: نتایج کالیبراسیون انرژی

Item	**REF. Reading/ Output of Calibrator**			**U.U.C. Reading**	**Error**	**Result** Pass/ Fail
	I (A)	PF	W_{st} (kWh)	$W_{u.u.c.}$ (kWh)	$\delta W_{U.U.C.}$	
Energy Measurement Accuracy						

۴-۳-۵-۸ معیار پذیرش/ بیشینه خطای مجاز

معیار پذیرش، بیشینه خطای مجاز تعیین شده در جدول ۲۱، ۲۲ و ۲۳ است.

۹ عدم‌قطعیت کالیبراسیون

۹-۱ عدم‌قطعیت گسترده (U) باید مطابق استاندارد IEC Guide 98-3 با سطح اطمینان تقریبی ۹۵ درصد برآورد شود.

۹-۲ عدم قطعیت گسترده (U) نباید بزرگتر از یک پنجم محدوده بیشینه خطای مجاز مربوط به رده درستی شود، به استثنای رده درستی 0.1S، مگر اینکه الزام قانونی و یا روش دیگری مشخص شده باشد.

۹-۳ برای رده درستی 0.1S عدم قطعیت گسترده نباید بزرگتر از یک سوم محدوده بیشینه خطای مجاز مربوطه شود، مگر اینکه الزام قانونی و یا روش دیگری مشخص شده باشد.

۹-۴ اگر این الزامات برآورده شود، می‌توان نتایج کالیبراسیون را با مقایسه درصد خطای اندازه‌گیری و درصد بیشینه خطای مجاز ارزیابی کرد.

یادآوری: این قاعده تصمیم گیری به عنوان پذیرش ساده یا ریسک مشترک شناخته می شود.[1] احتمال پذیرش غلط یا رد غلط همیشه قابل اغماض نیست، اما شانس تصمیمات نادرست در سطح قابل قبولی حفظ می‌شود.

۹-۵ اگر الزامات عدم‌قطعیت بالا برآورده نشود، نتایج کالیبراسیون (درصد خطاهای اندازه‌گیری شده) باید در برابر درصد خطای کاهش یافته[2] که از مقدار عدم قطعیت U محاسبه می‌شود، ارزیابی شود. در این صورت، معیارهای پذیرش زیر است:

۹-۵-۱ برای تمام رده های درستی به استثنای رده درستی 0.1S، درصد خطای مجاز کاهش یافته از رابطه ۱۱ محاسبه می‌شود:

$$E_{reduced} = \pm\left(\frac{6}{5} \times |E| - |U|\right) \qquad (۱۱)$$

۹-۵-۲ برای رده درستی 0.1S، درصد بیشینه خطای مجاز کاهش یافته از رابطه ۱۲ محاسبه می‌شود:

$$E_{reduced} = \pm\left(\frac{4}{3} \times |E| - |U|\right) \qquad (۱۲)$$

که:

E_{reduced}: درصد بیشینه خطای مجاز کاهش یافته است

E: درصد بیشینه خطای مجاز با توجه به رده درستی است

1. ISO/IEC Guide 98-4: 2012 (JCGM 106), 8.2
2. the percentage error limits reduced

U: عدم‌قطعیت گسترده برآورد شده است

۹-٦ برآورد عدم قطعیت

۹-٦-۱ رابطه ریاضی اندازه‌گیری

$$W_{UUC} = \frac{N_{UUC}}{C_{UUC}} \quad (۱۳)$$

$$W_{st} = \frac{N_{st}}{C_{st}} \quad (۱۴)$$

$$\delta W_{UUC} = \frac{W_{UUC} - W_{st}}{W_{st}} = \frac{\frac{N_{UUC}}{C_{UUC}} - \frac{N_{st}}{C_{st}}}{\frac{N_{st}}{C_{st}}} \quad (۱۵)$$

$$\delta W_{UUC} = \left(\frac{N_{UUC}}{C_{UUC}} * \frac{C_{st}}{N_{st}} - 1\right) * 100\% \quad (۱۶)$$

عدم قطعیت مرکب $u_i = u.c_i$	ضریب حساسیت (c_i)	درجه آزادی (V_{eff})	عدم‌قطعیت استاندارد (u)	مقدار میانگین	کمیت

$$U = 2 * \sqrt{\sum_i {u_i}^2} \quad (۱۷)$$

	دستورالعمل کالیبراسیون و پایش میانی تجهیزات اندازه‌گیری در صنعت برق- کنتور برق	

۱۰ تنظیمات اندازه‌شناختی

در صورت نیاز به تنظیم هر یک از پارامترهای اندازه‌گیری کنتور، اطلاعات تنظیم باید بر اساس قواعدی توسط سازنده کنتور انجام شود یا از سوی سازنده در اختیار آزمایشگاه کالیبراسیون قرار داده شود.

یادآوری: در صورت انجام تنظیم(توسط سازنده یا آزمایشگاه کالیبراسیون)، مجدد کنتور باید مورد کالیبراسیون قرار گیرد.

۱۱ برچسب کالیبراسیون

برچسب کالیبراسیون باید حاوی حداقل اطلاعات، شامل شناسه منحصر به فرد کنتور تحت کالیبراسیون، شناسه منحصر به فرد کالیبراسیون (شماره گواهینامه کالیبراسیون)، تاریخ کالیبراسیون و تاریخ کالیبراسیون بعدی باشد. برچسب کالیبراسیون باید بر روی کنتور الصاق شود و از نوعی باشد که در بازه زمانی بین دو کالیبراسیون دوام داشته باشد.

۱۲ گزارش نتایج

مطابق الزامات استاندارد ملی ایران ISIRI-۱۷۰۲۵ گزارش نتایج کالیبراسیون باید حاوی حداقل موارد الزام شده در این استاندارد باشد. نتایج اندازه گیری ها برای کالیبراسیون کنتور در محل آزمایشگاه باید شامل داده های بدست آمده از جدول های ۱۱ ، ۱۳، ۱۵، ۱۹ و ۲۰ و برای کنتور های مورد کالیبراسیون در محل نصب با استفاده از بار مجازی، از جدول های ۱۱، ۱۳ و ۱۹ و برای کالیبراسیون کنتور های مورد کالیبراسیون در محل نصب با استفاده از بار واقعی، از جدول های ۱۱، ۱۳و ۲۴ باشد.

پیوست الف- پایش میانی(الزامی)

الف- ۱ کلیات

پایش میانی برای کنتورهای در حال استفاده کاربرد دارد و زمان انجام آن با توجه به فاصله کالیبراسیون تعیین شده در پیوست (ب) در نظر گرفته می‌شود.

الف- ۲ تجهیزات مرجع مورد نیاز

الف-۲-۱ اگر پایش با بار مجازی (Phantom Load) امکانپذیر باشد، باید از تجهیز کالیبراسیون کنتور (منبع و کنتور استاندارد) با مشخصات جدول ۱ و ۲ بند ۵ استفاده شود.

الف-۲-۲ اگر پایش با بار مجازی (Phantom Load) امکانپذیر نباشد و وابسته به بار واقعی در حال مصرف باشد، باید از یک کنتور استاندارد با مشخصات فنی جدول ۲ بند ۵ استفاده شود.

الف-۲-۳ برای کنتورهای در حال استفاده، الزامات درستی و عدم قطعیت کالیبراسیون باید مطابق جدول ۴ بند ۵ برآورده شود.

الف-۲-۴ تجهیز کالیبراسیون کنتور مورد استفاده در محل نصب کنتور، باید قابلیت استفاده در شرایط محیطی مربوطه را داشته باشد و در مشخصات فنی سازنده باید دمای کاری تجهیز معین و ضرایب تصحیح دمایی برای خارج از محدوده دمایی، مشخص شده باشد.

الف-۲-۵ تجهیز کالیبراسیون کنتور باید مطابق الزامات استاندارد سری IEC 62057 تصدیق شود.

الف-۳ پارامترهای پایش

در پایش میانی فقط پایش انرژی الزامی است.

الف-٤ نقاط پایش

الف-۴-۱ اگر پایش با بار مجازی (Phantom Load) امکانپذیر باشد، نقطه پایش با توجه به نوع کنتور از جدول الف-۱، الف-۲ و الف- ۳ استفاده شود.

جدول الف-۱- نقاط پایش انرژی- کنتورهای اکتیو الکترومکانیکی

مقدار جریان (A)		ضریب توان	درصد بیشینه خطای مجاز برای کنتورهای با رده درستی		
اتصال مستقیم	اتصال ترانسفورمری	cos φ	0.5	1	2
I_{min}	I_{min}	1	± 1.0	± 1.5	± 2.5
I_n	I_n	1	± 0.5	± 1.0	± 2.0
I_{max}	I_{max}	1	± 0.5	± 1.0	± 2.0

جدول الف-۲- نقاط پایش انرژی- کنتورهای اکتیو استاتیک

مقدار جریان (A)		ضریب توان	درصد بیشینه خطای مجاز برای کنتورهای با رده درستی				
اتصال مستقیم	اتصال ترانسفورمری	cos φ	0.1S	0.2S	0.5S	0.5	1	2
I_{min}	I_{min}	1	± 0.2	± 0.4	± 1.0	± 1.0	± 1.5	± 2.5
I_n	I_n	1	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 0.5	± 1.0	± 2.0
I_{max}	I_{max}	1	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 0.5	± 1.0	± 2.0

جدول الف-۳- نقاط پایش انرژی- کنتورهای راکتیو استاتیک

مقدار جریان (A)		ضریب توان	درصد بیشینه خطای مجاز برای کنتورهای با رده درستی	
اتصال مستقیم	اتصال ترانسفورمری	sin φ (Ind. or Cap.)	2	3
I_{min}	I_{min}	1	± 2.5	± 4.0
I_n	I_n	1	± 2.0	± 3.0
I_{max}	I_{max}	1	± 2.0	± 3.0

الف-۴-۲ اگر پایش با بار مجازی (Phantom Load) امکانپذیر نباشد و وابسته به بار واقعی در حال مصرف باشد، در این حالت نقطه پایش به بار مصرفی وابسته است.

الف-۵ روش

با توجه به روش پایش ، بار مجازی یا بار موجود، فرآیند پایش مطابق بند ۸-۴-۴-۳ یا ۸-۵-۴-۳ انجام شود.

پیوست ب- تعیین فواصل کالیبراسیون و پایش میانی(الزامی)

ب-۱ اولین دوره کالیبراسیون

کلیه کنتورهای نصب شده بایستی از سال سوم تا حداکثر سال پنجم سرویس دهی مورد کالیبراسیون مجدد قرار گیرند. نتایج تجمیعی حاصل از کالیبراسیون، می‌تواند مبنایی برای افزایش یا کاهش فواصل کالیبراسیون تعیین شده در بند ب-۲ باشد.

ب-۲ دوره‌های کالیبراسیون متوالی

پیشنهاد می‌شود کنتورها با توجه به رده درستی در فواصل تعیین شده پس از اولین دوره کالیبراسیون مورد کالیبراسیون دوره‌ای قرار گیرند.

جدول ب-۱: تعیین فواصل کالیبراسیون دوره‌ای

ردیف	رده درستی	دوره کالیبراسیون (سال)
۱	۲	۷
۲	۱	۵
۳	۰.۵	۴
۴	۰.۲	۳
۵	۰.۱	۳

پیوست پ -حفاظت پارامترهای اندازه شناختی در برابر تغییر یا دستکاری (اطلاعاتی)

برای حفاظت از پارامترهای اندازه‌شناختی و جلوگیری از دستکاری کنتورها باید مطابق استانداردها ساخته شده باشند و سپس مطابق روش‌های زیر در بازرسی ها هر نوع دستکاری شناسایی و جلوگیری شود.

پ-۱ استفاده از نمایشگر جریان کنتور

با استفاده از یک دستگاه کلمپ آمپرمتر می‌توان جریان واقعی را اندازه‌گیری و با جریان روی صفحه LCD مقایسه نمود، هر گونه اختلاف در مقادیر جریان، نشان دهنده‌ی خطا در لوازم اندازه‌گیری است. این وسیله کمکی می‌تواند توسط سازنده نصب شود و یا قرائت کننده کنتور این وسیله را به همراه خود داشته و هنگام قرائت جریان را مقایسه کند.

پ-۲ بررسی صحت ساعت نمایش برروی LCD کنتور

نمایش ساعت بر روی LCD با کد عبارت CLOC و یا ۱. ۹. ۱ ظاهر می‌شود که با توجه به تغییر اتوماتیک ساعت طبق ساعت رسمی در تمامی فصول سال و دوره‌های قرائت می‌بایستی مطابق با ساعت رسمی باشد که این امر باید هنگام قرائت کنتور مورد بررسی قرار گیرد.

پ-۳ بررسی صحت نمایشگر تاریخ

در بعضی از کنتورها با کد عبارت Data و در بعضی با کد ۲. ۹. ۱ ظاهر می‌شود که با توجه به اعمال تقویم شمسی و سال های کبیسه و استثنئات ۳۳ و ۱۲۸ ساله همواره می‌بایستی مطابق با تاریخ رسمی کشور بوده و به هنگام قرائت کنتور حتماً صحت آن بررسی شود.

پ-٤ شناسایی و نمایش وجود میدان خارجی

از آن جایی که یکی از راه‌های دستکاری استفاده از میدان مغناطیسی خارجی قوی می‌باشد، می‌توان کنتور را به گونه‌ای طراحی و مجهز به حسگر در نظر گرفت تا هنگامی که در معرض میدان‌های خارجی بیش از یک مقدار آستانه مجاز قرار گرفت، آن را مشخص و اعلام نماید. این امر با استفاده از یک شمارنده که مبین تعداد دفعات در معرض میدان قرار گرفتن است انجام می‌شود.

پ-۵ استفاده از نمایش ربع انرژی نقطه کار کنتور

نقاط کار توسط بردارهای در کنتور نمایش داده می‌شود. این کار با روشن شدن بردار P+ یا P– به همراه Q+ یا Q– در کنتور انجام می‌شود.

۱- در مصارف خانگی و صنعتی می‌بایست P+ داشته باشیم و چنانچه P– داشته باشیم حتماً اشکال در سیم بندی وجود دارد و باید اصلاح گردد.

۲- اگر بانک خازنی وجود نداشته باشد، نمی‌بایستی Q– داشته باشیم و با توجه به سلفی بودن بارها، اکثر اوقات Q+ باید ظاهر شود.

۳- در صورتی که بردار Q– دیده شد، حتماً از صحت و نحوه سیستم تصحیح و ضریب قدرت و خازن گذاری مشترک باید اطمینان حاصل شود.

پ-٦ بررسی صحت ولتاژ باطری پشتیبان تاریخ و ساعت در کنتور

چنانچه میزان ولتاژ این باطری به 20 درصد مقدار نامی خود برسد، علامت باطری در بعضی کنتورها به صورت چشمک زن و در برخی دیگر، فلشی ظاهر شده و لذا باطری باید در بازه‌ی زمانی حداکثر شش ماهه تعویض گردد.

پ-۷ بی اثر ساختن جهت جریان در ثبت انرژی و یا عدم عبور توان از کنتور در صورت عکس نمودن سیم بندی کنتور

با برنامه‌ریزی در وضعیت ضد دستکاری در صورتی که کنتور در وضعیت ضد دستکاری (Antifraud) برنامه ریزی شود، کنتور مقدار قدر مطلق انرژی منفی را با مقدار ثبت، جمع نموده و نمایش می‌دهد. بنابراین در صورتی که سیم بندی‌های کنتور دستکاری شده باشد و جهت جریان ورودی و خروجی در یک یا چند فاز معکوس شده باشد، با انتخاب این وضعیت مشکل مرتفع شده و انرژی به طور صحیح ثبت و نمایش داده می شود.

پ-۸ استفاده از تابلو چند کنتوری قابل پلمپ

یکی از موثرترین راه‌های جلوگیری از دستکاری در مصارف عادی، نصب مجموعه کنتورها در داخل تابلو استاندارد و مورد تائید با قابلیت پلمپ می‌باشد که به راحتی با کنترل یک پلمپ، عدم دستکاری کلیه کنتورهای منصوبه تضمین خواهد شد.

پ-۹ استفاده از چند پلمپ در نقاط حساس کنتور

به کارگیری و کنترل دوره‌ای پلمپ بخش‌های متعدد کنتور به همراه پلمپ تابلو یا قفل حصار تابلو اندازه‌گیری، دستکاری در کنتورها را به مقدار زیادی، غیر ممکن خواهد ساخت. بدین منظور در کنتورهای برق برای جلوگیری از دسترسی مشترک به فضاهای داخل کنتور، امکان پلمپ نقاط مذکور فراهم گشته و به این طریق هرگونه دستکاری مشخص و مطابق قانون مورد پیگیری قرار می‌گیرد ، این نقاط به دو دسته تقسیم می شوند.

۱- نقاط قابل پلمپ توسط شرکت سازنده کنتور: در پوش اصلی کنتور مهمترین قسمتی است که توسط شرکت کنتورسازی پلمپ می‌شود پلمپ این بخش مهم که به تعبیری قلب کنتور به شمار می رود از هرگونه دسترسی به بردها و قطعات داخلی کنتور ممانعت بعمل آورده و اطمینان بخش شرکت های سازنده و شرکت های توزیع می باشد. قابل ذکر است وجود این پلمپ شرط اصلی ارائه خدمات پس از فروش هر شرکت کنتور سازی می باشد.

۲- نقاط قابل پلمپ توسط شرکت‌های توزیع نیروی برق

- پلمپ تابلو کنتورها و یا قفل نمودن حصار ناحیه تابلوهای اندازه گیری
- پلمپ درپوش ترمینال و یا درپوش مجموعه قاب در تمامی کنتورها پس از سیم بندی و اتصال به شبکه برق
- پلمپ دکمه B که جهت صفر نمودن دیماند متر استفاده می شود.
- پلمپ قفل درگاه ارتباطی کنتور جهت ممانعت از هرگونه ارتباط تغییر نرم افزار کنتور
- پلمپ درپوش محفظه باتری RTC

پ-۱۰ حفاظت نرم افزاری

در ادامه به قابلیت‌هایی در کنتور اشاره می‌شود که با تکیه بر آن‌ها به طور ساده و سریع بتوان از صحت نصب و کارکرد درست کنتور اطمینان حاصل نمود.

۱- جلوگیری از پخش اصل نرم‌افزار و در اختیار قرار دادن نرم‌افزار با سطح دسترسی‌های متفاوت و کد هر فرد.
۲- اتمام تاریخ مصرف نرم‌افزار و نیاز به نصب مجدد و دریافت کد جهت تائید نصب افراد مورد تائید روش‌های راستی آزمایی و اطمینان بخش از درستی کارکرد لوازم اندازه‌گیری.

پ-۱۱ استفاده از نمایشگر ضریب قدرت توسط کنتور

منفی شدن ضریب قدرت، نشانگر وجود اشکال در سیم بندی و عدم تناظر فاز و جریان می‌باشد که می‌بایستی اصلاح شود.

پ-۱۲ تغذیه مستقل کنتور

با استفاده از تغذیه مستقل داخلی کنتور در حالتی که ولتاژ قطع شد، کنتور قادر به اندازه‌گیری جریان عبوری می‌شود. (این امر با تقریب‌هایی می‌تواند به صورت دوره‌ای تناوب انجام شود). در نتیجه مقدار جریانی که در نبود ولتاژ از کنتور عبور کرده با تراز بندی و محاسبه توان لحظه‌ای با به کارگیری و تخمین مقدار ولتاژ (به صورت تنبیهی عموما به میزان حداکثر ولتاژ) به مقدار انرژی افزوده می‌گردد.

پ-۱۳ تغذیه مقایسه‌ای مستقل از کنتور

با استفاده از قابلیت تغذیه مقایسه‌ای مستقل برای کنتور، به عنوان مثال بهره‌گیری از پریز برق محوطه حیاط یا پیلوت، این امکان بوجود می‌آید که تراز ولتاژی فاز و نول ورودی به کنتور با آنچه که در اختیار مشترک قرار دارد، مقایسه شده و در صورت مشاهده هرگونه اختلاف، اعلام و ثبت هشدار به عنوان بروز دستکاری صورت گیرد.

پ-۱٤ فرهنگ سازی در ریشه ها و باورهای غلط اجتماعی

در نگاه اول شاید به مقوله دستکاری در کنتورهای برق به نظر برسد که فقر اقتصادی، عامل بروز نابهنجاری هایی از این قبیل است، اما باید توجه داشت که این عامل گرچه به عنوان یکی از مهم‌ترین ریشه‌های بروز این پدیده است ولی سایر عوامل فرهنگی، اجتماعی و سیاسی نیز در به وجود آمدن آن دخالت موثر داشته و دارند.

وجود آشفتگی و خود محوری باعث شده که هر فرد، همه چیز را برای خود خواسته و حق را به جانب خود دانسته و کم تر به مسائل جمعی و منافع عمومی به عنوان سایرین بیندیشد و در موقع تامین منافع فردی و حتی در صورت ارتکاب تخلف و تضییع حقوق دیگران احساس گناه ننماید. عدم وجود مشارکت جمعی و آینده نگری به همراه وجود ناهنجاری های فرهنگی و اجتماعی و روحیه‌ی قانون شکنی در جامعه، به نوعی روحیه‌ی انتقام جویی و مبارزه منفی با قوانین و مقررات را در افراد تقویت می‌کند و برخی از افراد جامعه را به سمت ارتکاب اعمال خلاف در سطوح مختلف سوق می‌دهد.

	دستورالعمل کالیبراسیون و پایش میانی تجهیزات اندازه‌گیری در صنعت برق- کنتور برق	

در مقابل تعداد زیاد روش‌های دستکاری که در کنتور خطای اندازه‌گیری ایجاد می‌کنند و کالیبراسیون را تحت تاثیر قرار می‌دهند، در روش‌های رایج برای جلوگیری از دستکاری کنتور و شناسایی خطاهای به وجود آمده توجه زیادی نشده است. از میان روش‌های فوق می‌توان به هفت مورد اول اشاره کرد که مفهوم کلی این روش‌ها استفاده از نمایشگر دقیق برای قسمت‌های مختلف از جمله جریان و زمان و تاریخ است. در واقع این روش‌ها به کار بردن نمایشگر کمکی را جهت تشخیص خطا توصیه می‌کنند.

پیوست ت- سایر اصطلاحات و تعاریف (اطلاعاتی)

ت-۱ ترانسفورماتور ولتاژ چند ثانویه(MSVT)

ترانسفورماتور ایزوله، برای ایزوله کردن بین سیم پیچ و ثانویه در حالی که ولتاژ یکسانی را حفظ کند.

ت-۲ ترانسفورماتور جریان ایزوله(ICT)

ترانسفورماتورهای جریان ایزوله برای تست کنتورهای چند فاز اتصال مستقیم با مدار جریان و ولتاژ اتصال دائم در هر فاز استفاده می شوند.

ت-۳ کنتور سه فاز اتصال دائم

کنتور سه فازی که اتصال بین مدار ولتاژ و جریان هر سه فاز به طور دائمی بسته شده است یا اینکه امکان باز شدن آنها برای کالیبراسیون نیست.

ترانسفورماتور جریان سه فاز که نسبت ۱:۱ دارد و در مدارات جریان MTV ایزوله ایجاد می کند. یعنی بین منبع جریان و DVT