INSO

7260-4-5
3rd .Revision
2016

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران

۷۲۶۰-۴-۵

تجدید نظر سوم
۱۳۹۴

دارای محتوای رنگی

سازگاری الکترو مغناطیسی (EMC)
قسمت ۴-۵ : فنون آزمون و اندازه‌گیری – آزمون مصونیت در برابر فراتاخت

Electromagnetic compatibility (EMC)
Part 4-5:Testing and measurement techniques-Surge immunity test

ICS :33.100.20

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد-کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« سازگاری الکترو مغناطیسی (EMC)- قسمت ۴-۵ : فنون آزمون و اندازه‌گیری – آزمون مصونیت در برابر فراتاخت»

رئیس:	**سمت و / یا نمایندگی**
راشد محصل، جلیل (دکتری مخابرات میدان)	عضو هیات علمی- دانشگاه تهران
دبیر:	
صمدیان، علی (لیسانس مهندسی الکترونیک)	معاون فناوری ارتباطات - مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
آرزومند، مسعود (کارشناس ارشد مخابرات)	عضو هیات علمی - پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات
ارقند، ایرج (کارشناس ارشد مخابرات)	سرپرست آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیسی- مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک
جمشیدی، سامان (کارشناس الکترونیک)	کارشناس - شرکت آزمایشگاه‌های صنایع برق
خسروی، رامین (کارشناس ارشد مخابرات)	عضو هیات علمی- دانشگاه آزاد اسلامی
زندباف، عباس (کارشناس مخابرات)	کارشناس - شرکت ارتباطات زیرساخت
صفری، یونس (کارشناس الکترونیک)	کارشناس - مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک
عروجی، سید مهدی (کارشناس ارشد مدیریت فناوری اطلاعات)	سرپرست گروه تدوین استاندارد- سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی
نجفی، ناصر (کارشناس ارشد الکترونیک)	مدیر پروژه- مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار ح
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۲
۳ اصطلاحات، تعاریف، نمادها و کوته‌نوشت‌ها ۲
۳-۱ اصطلاحات و تعاریف ۲
۳-۱-۱ افزاره بهمنی (نزول ناگهانی وعظیم) ۲
۳-۱-۲ واسنجی ۲
۳-۱-۳ افزاره تزویج ۳
۳-۱-۴ مولد موج ترکیبی ۳
۳-۱-۵ شبکه تزویج CN ۳
۳-۱-۶ شبکه تزویج /عدم تزویج (CDN) ۳
۳-۱-۷ شبکه عدم تزویج (DN) ۴
۳-۱-۸ دوره زمانی ۴
۳-۱-۹ مقاومت ظاهری موثر خروجی ۵
۳-۱-۱۰ تاسیسات الکتریکی ۵
۳-۱-۱۱ زمان پیشانی ۵
۳-۱-۱۲ خطوط ارتباطی پرسرعت ۶
۳-۱-۱۳ مصونیت ۶
۳-۱-۱۴ خطوط اتصال میانی ۷
۳-۱-۱۵ درگاه توان ۷
۳-۱-۱۶ حفاظت اولیه ۷
۳-۱-۱۷ زمین (مرجع) ۷
۳-۱-۱۸ زمان خیز ۸
۳-۱-۱۹ حفاظت ثانویه ۸
۳-۱-۲۰ فراتاخت ۸
۳-۱-۲۱ خطوط متقارن ۸
۳-۱-۲۲ سامانه ۹
۳-۱-۲۳ حالت گذرا (صفت و اسم) ۹
۳-۱-۲۴ تصدیق (راستی‌آزمایی) ۹
۳-۲ کوته‌نوشت‌ها ۹

عنوان **صفحه**

۴ کلیات ۱۰
۴-۱ حالت‌های گذرای کلیدزنی سامانه قدرت (توان) ۱۰
۴-۲ حالت‌های گذرای ناشی از آذرخش ۱۰
۴-۳ شبیه‌سازی حالت‌های گذرا ۱۱
۵ سطوح آزمون ۱۱
۶ تجهیزات آزمون ۱۱
۶-۱ کلیات ۱۱
۶-۲ مولد موج ترکیبی $s\mu 1/250$ ۱۲
۶-۲-۱ کلیات ۱۲
۶-۲-۳ واسنجی مولد ۱۵
۶-۳ شبکه‌های تزویج / عدم تزویج ۱۶
۶-۳-۱ کلیات ۱۶
۶-۳-۲ شبکه‌های تزویج /عدم تزویج برای درگاه منبع تغذیه **a.c/d.c** تا جریان نامی ۲۰۰ آمپر در هر خط ۱۷
۶-۳-۳ شبکه‌های تزویج /عدم‌تزویج برای خطوط اتصال میانی ۲۱
۶-۴ واسنجی‌سازی شبکه‌های تزویج/ عدم‌تزویج ۲۶
۶-۴-۱ کلیات ۲۶
۶-۴-۲ واسنجی شبکه‌های CDN برای درگاه توان .a.c/d.c دارای جریان نامی تا A ۲۰۰ در هر خط ۲۶
۶-۴-۳ واسنجی شبکه‌های CDN برای خطوط اتصال میانی ۲۶
۷ چیدمان آزمون ۳۰
۷-۱ تجهیزات آزمون ۳۰
۷-۲ راستی‌آزمایی ابزار آزمون ۳۱
۷-۳ چیدمان آزمون برای فراتاخت‌های اعمالی به منبع تغذیه EUT ۳۱
۷-۴ چیدمان آزمون فراتاخت اعمالی به خطوط اتصال میانی نامتقارن بدون حفاظ ۳۲
۷-۵ چیدمان آزمون فراتاخت اعمالی به خطوط اتصال میانی متقارن بدون حفاظ ۳۲
۷-۶ چیدمان آزمون برای فراتاخت‌های اعمالی به خطوط حفاظ دار ۳۲
۸ روال آزمون ۳۴
۸-۱ کلیات ۳۴
۸-۲ شرایط مرجع آزمایشگاه ۳۵
۸-۲-۱ شرایط اقلیمی ۳۵
۸-۲-۲ شرایط الکترومغناطیسی ۳۵
۸-۳ اجرای آزمون ۳۵
۹ ارزیابی نتایج آزمون ۳۶

عنوان **صفحه**

۱۰ گزارش آزمون ۳۷
پیوست الف (الزامی) آزمون فراتاخت برای خطوط ارتباطی متقارن بدون حفاظ برون‌بنا مورد نظر برای اتصال میانی سامانه‌های زیاد پراکنده ۳۹
پیوست ب (آگاهی‌دهنده) انتخاب مولدها و سطوح آزمون ۴۶
پیوست پ (آگاهی‌دهنده) یادآوری‌های توضیحی ۴۹
پیوست ت(آگاهی‌دهنده) ملاحظات تحقق مصونیت برای تجهیزات متصل سامانه‌های کم‌ولتاژ توزیع برق ۵۴
پیوست ث (آگاهی‌دهنده) مدل‌سازی ریاضی شکل‌موج‌های فراتاخت ۵۶
پیوست ج (آگاهی‌دهنده) ملاحظات عدم قطعیت اندازه‌گیری(MU) ۶۶
پیوست ح (آگاهی‌دهنده) روش واسنجی‌سازی سامانه‌های اندازه‌گیری ضربه ۷۷
پیوست خ (آگاهی‌دهنده) فراتاخت‌های تزویج /عدم‌تزویج به خطوط دارای جریان نامی بیش از A ۲۰۰ ۸۱
کتابنامه ۸۲

پیش‌گفتار

استاندارد « سازگاری الکترو مغناطیسی (EMC) قسمت ۴-۵ : فنون آزمون و اندازه‌گیری – آزمون مصونیت در برابر فراتاخت» که دومین بار در سال ۱۳۸۷ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوطه برای سومین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در یکصد و نود و هشتمین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد مخابرات مورخ ۹۴/۱۱/۲۷ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه، ۱۳۷۱ به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفتهای ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵-۴-۷۲۶۰: سال ۱۳۸۷ است.

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

IEC 61000-4-5: 2014, Electromagnetic compatibility (EMC) Part 4-5: Testing and measurement techniques-Surge immunity test

مقدمه

با توجه به اینکه مقررات و ضوابط استفاده از باند بسامدی در هر کشور بر اساس جدول ملی بسامدی تعیین می‌شود که توسط رگولاتوری همان کشور تهیه شده است در مورد مقررات رادیویی و باندهای بسامدی این مجموعه استانداردها، نیز باید به مقررات و ضوابط استفاده از طیف رادیویی، مصوب توسط تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی به نشانی www.cra.ir به عنوان مرجع مرتبط مراجعه کرد که بر تمامی مقررات و ضوابط رادیویی اشاره شده در این استاندارد اولویت دارد.

سازگاری الکترو مغناطیسی (EMC)- قسمت ۴-۵ : فنون آزمون و اندازه‌گیری – آزمون مصونیت در برابر فراتاخت

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین الزامات مصونیت، روش‌های آزمون و گستره سطوح آزمون پیشنهاد شده برای تجهیزات، در برابر فراتاخت‌های یک جهته ناشی از اضافه ولتاژهای حاصل از حالت‌های گذرای کلیدزنی و آذرخش مربوط است. سطوح آزمون متعددی تعریف شده‌اند که هر کدام به شرایط محیطی و نصب متفاوتی مربوط می‌شوند. این الزامات برای تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی تدوین شده است و در مورد آنها کاربرد دارند.

هدف از تدوین این استاندارد تعیین یک مرجع مشترک برای ارزیابی مصونیت تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی در مواقعی است که در معرض فراتاخت‌ها قرار می‌گیرند. روش آزمون مستند شده در این استاندارد، یک روش سازگار برای ارزیابی مصونیت تجهیزات یا سامانه‌ها در برابر پدیده‌ای تعریف شده را بیان می‌کند.

یادآوری- همانطور که در IEC GUIDE 107 توضیح داده شده، این یک نشر سازگاری الکترومغناطیسی پایه برای استفاده به‌وسیله کمیته‌های محصول IEC است. همچنین همانطور که در GUIDE 107 شرح داده شده است برای تعیین اینکه آیا استاندارد آزمون مصونیت بهتر است اعمال شوند یا خیر کمیته‌های محصول IEC مسئول هستند و در صورتی که اعمال شوند نسبت به تعیین سطوح آزمون مناسب و معیارهای کارایی مسئول هستند. TC77 و زیر کمیته‌های آن برای همکاری با کمیته‌های محصول برای ارزیابی مقدار سطوح آزمون مصونیت خاص برای محصولات آنها آمادگی دارند.

این استاندارد مواردزیر را تعریف می‌کند:

گستره سطوح آزمون؛

تجهیزات آزمون؛

چیدمان آزمون؛

روش اجرای آزمون.

وظیفه آزمایشگاه توصیف شده برای آزمون، یافتن واکنش تجهیزات تحت آزمون (EUT)[1] تحت شرایط عملیاتی مشخص به وجود آمده توسط ولتاژهای فراتاخت حاصل از اثرات کلیدزنی و آذرخش، است.

منظور این نیست که قابلیت عایق‌بندی EUT از نظر استقامت در برابر تنش ولتاژ بالا آزمون شود. برای مثال، تزریق مستقیم جریان‌های آذرخش یعنی برخورد مستقیم آذرخش در این استاندارد در نظر گرفته نشده است.

1- Equipment Under Test

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آنها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.
در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام آور است.
استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 IEC 60050 (all parts), International Electrotechnical Vocabulary (IEV) (available at www.electropedia.org)

۳ اصطلاحات، تعاریف، نمادها و کوته‌نوشت‌ها

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد IEC 60050 اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به‌کار می‌رود:

۳-۱-۱

افزاره بهمنی (نزول ناگهانی وعظیم)

avalanche device

دیود، برقگیرهای لوله‌ای گازی، یا دیگر قطعاتی که برای شکست و هدایت در یک ولتاژ مشخص طراحی شده‌اند.

۳-۱-۲

واسنجی

calibration

مجموعه‌ای از عملکردها که با ارجاع به استانداردهای مرجع انجام می‌شود مرتبط می‌باشد با شرایط خاص بین یک نشانه و نتیجه اندازه‌گیری
[IEV 311-01-09]

یادآوری۱- این اصطلاح مبتنی بر رویکرد «عدم قطعیت» است.

یادآوری ۲- ارتباط بین نشان‌ها و نتایج یک اندازه‌گیری می‌تواند در اصل به‌وسیله یک نمودار واسنجی بیان شود.

۳-۱-۳

افزاره تزویج

clamping device

دیود و مقاومت متغیر[1] یا قطعات دیگری که طراحی شده‌اند تا از فراتر رفتن ولتاژ اعمال شده از یک مقدار مشخص جلوگیری کنند.

۴-۱-۳

مولد موج ترکیبی

combination wave generator CWG

مولدی با شکل موج ولتاژ مدار باز $\frac{1/2}{50}$ µs یا $\frac{10}{700}$ µs و به ترتیب با شکل موج جریان اتصال کوتاه $\frac{8}{20}$ µs یا $\frac{50}{320}$ µs

۵-۱-۳

شبکه تزویج CN

coupling network CN

یک مدار الکتریکی به منظور انتقال انرژی از یک مدار به مدار دیگر

۶-۱-۳

شبکه تزویج /عدم تزویج (CDN)

coupling/decoupling network CDN

ترکیب شبکه تزویج وعدم تزویج

1- varistor

۷-۱-۳

شبکه عدم تزویج (DN)

decoupling network DN

یک مدار الکتریکی به منظور جلوگیری از تاثیر فراتاخت‌های اعمال شده به EUT بر روی دیگر افزاره‌ها، تجهیزات یا سامانه‌هایی که تحت آزمون نیستند.

۸-۱-۳

دوره زمانی

duration

۱-۸-۱-۳

دوره زمانی

duration Td

<ولتاژ فراتاخت >بازه زمانی بین لحظه‌ای که در آن ولتاژ فراتاخت به ۰٫۵ مقدار قله خود افزایش می‌یابد و سپس به ۰٫۵ مقدار قله خود (T_w) کاهش می‌یابد.

$T_d=T_w$

به شکل‌های ۲ و الف-۲ مراجعه شود.

۲-۸-۱-۳

دوره زمانی

T_d

duration Td

< جریان فراتاخت برای ۸/۲۰µs > پارامتری مجازی با تعریف بازه زمانی بین لحظه‌ای که در آن جریان فراتاخت به ۰٫۵مقدار قله خود افزایش می‌یابد و سپس به ۰٫۵مقدار قله خود (Tw) کاهش می‌یابد ضرب در ۱٫۱۸

$T_d=1.18\times T_w$

به شکل ۳ مراجعه شود.

۳-۸-۱-۳

دوره زمانی

T_d

duration Td

< جریان فراتاخت برای ۵/۳۲۰ µs > بازه زمانی بین لحظه‌ای که در آن جریان فراتاخت به مقدار ۰/۵ قله خود افزایش می‌یابد و سپس به ۰/۵ مقدار قله خود (Tw) کاهش می‌یابد.
$T_d=T_w$
به شکل الف- ۳ مراجعه شود.

۹-۱-۳

مقاومت ظاهری موثر خروجی

effective output impedance

نسبت قله ولتاژ مدار باز به قله جریان اتصال کوتاه در یک درگاه خروجی

۱۰-۱-۳

تاسیسات الکتریکی

electrical installation

مجموعه‌ای از تجهیزات الکتریکی وابسته به هم که مشخصات هماهنگی دارند تا اهداف خاصی را برآورده کنند. (منبع ISIRI 826-10425)

۱۱-۱-۳

زمان پیشانی

front time

۱-۱۱-۱-۳

زمان پیشانی T_f

front time Tf

۳-۱-۱۱-۲

ولتاژ فراتاخت

front time Tf

پارامتر مجازی است که معادل ۱٫۶۷ برابر بازه زمانی T تعریف شده است، بین لحظه‌هایی که ضربه بین ٪۳۰ و ٪۹۰ مقدار قله خود است.

شکل‌های ۲ و الف-۲ را ببینید.

۳-۱-۱۱-۲

زمان پیشانی T_f

جریان فراتاخت

front time Tf

پارامتر مجازی است که معادل ۱٫۲۵ برابر بازه زمانی Tr تعربف شده است، بین لحظه‌هایی که ضربه بین ٪۱۰ و ٪۹۰ مقدار قله خود است.

شکل‌های ۳ و الف-۳ را ببینید.

۳-۱-۱۲

خطوط ارتباطی پرسرعت

high-speed communication lines

خطوط ورودی /خروجی که در انتقال بسامدهای بالای KHz ۱۰۰ عمل می‌کنند.

۳-۱-۱۳

مصونیت

immunity

توانایی افزاره، تجهیزات یا سامانه برای عملکرد بدون کاهش کارآیی با وجود اختلال الکترومغناطیسی
[IEV 311-01-09](منبع IEC60065-161:1990, 161-01-20)

۳-۱-۱۴

خطوط اتصال میانی

interconnection lines

خطوط ورودی/خروجی (I/O) و/یا خطوط ارتباطات و/یا خطوط ورودی/خروجی جریان مستقیم کم‌ولتاژ (کوچک‌تر یا مساوی ۶۰V) که در آن مدارات ثانوی (جداسازی شده از منبع اصلی جریان متناوب) که در معرض ولتاژهای اضافی گذرا نیست. (مثل مدارات ثانوی جریان مستقیم که پالایش خازنی شده‌اند و اتصال زمین قابل اطمینانی دارند و در موجک قله به قله در آن‌ها کم‌تر از ۱۰ درصد مولفه جریان مستقیم است)

۳-۱-۱۵

درگاه توان

power port

درگاهی که در آن رسانا یا بافه حامل توان الکتریکی اولیه لازم برای عملکرد دستگاه یا دستگاه‌های وابسته به دستگاه وصل است.

۳-۱-۱۶

حفاظت اولیه

primary protection

وسایلی که از انتشار بیشتر انرژی پرتنش به فراتر از واسط تخصیصی جلوگیری می‌کند.

۳-۱-۱۷

زمین (مرجع)

reference ground

قسمتی از زمین که خارج از ناحیه تاثیر هر نوع آرایش برای اتصال زمین، به عنوان هادی محسوب و پتانسیل الکتریکی آن به‌طور متعارف صفر در نظر گرفته می‌شود.(منبع **IEC 60050-195:1998,195-01-01**)

۳-۱-۱۸

زمان خیز

T_r

rise time Tr

بازه زمانی لحظاتی که در آن‌ها مقدار لحظه‌ای ضربه نخست به ۱۰ درصد مقدار و سپس ۹۰ درصد مقدار می‌رسد.

شکل‌های ۳ و الف-۳ را ببینید.

(منبع- IEC 60050-161:1990,161-02-05، اصلاح شده- محتوای یادآوری در تعریف آمده است و ضربه به تکانه تبدیل شده است.)

۳-۱-۱۹

حفاظت ثانویه

secondary protection

وسایل حذف انرژی عبوری از حفاظت اولیه

یادآوری- ممکن است آن افزاره‌ای خاص یا ویژگی ذاتی از EUT باشد.

۳-۱-۲۰

فراتاخت

surge

یک موج گذرای جریان، ولتاژ یا توان الکتریکی که در طول یک خط یا یک مدار منتشر می‌شود و با یک افزایش سریع و به‌دنبال آن یک کاهش آرام تر شناخته می‌شود.

(منبع- IEC 60050-161:1990, 161-08-11، اصلاح شده – فراتاخت در این جا به ولتاژ،) جریان و توان اعمال می‌شود.

۳-۱-۲۱

خطوط متقارن

symmetrical lines

یک جفت هادی که به‌طور متقارن کشیده شده باشند و افت تبدیل آنها از حالت تفاضلی به حالت مشترک، بیشتر از dB ۲۰ باشد.

۲۲-۱-۳

سامانه

system

مجموعه‌ای از اجزا که به‌طور داخلی به یکدیگر وابسته‌اند و برای رسیدن به یک هدف معلوم، با اجرای کارکردی مشخص، ترکیب شده‌اند.

یادآوری – فرض بر این است که سامانه به‌وسیله یک سطح فرضی، از محیط و سایر سامانه‌های خارجی مجزا شده است که این لایه، پیوند بین آنها و سامانه مورد نظر را قطع می‌کند. از طریق این پیوندها، سامانه از محیط تاثیر می‌پذیرد، توسط سامانه‌های خارجی تحت تاثیر قرار می‌گیرد یا خود بر محیط یا سامانه‌های خارجی تاثیر می‌گذارد.

۲۳-۱-۳

حالت گذرا (صفت و اسم)

transient, adjective and noun

مربوط می‌شود یا اشاره دارد به یک پدیده یا کمیتی که در طول یک بازه زمانی که نسبت به مقیاس زمانی مورد نظر کوتاه است و بین دو حالت پایدار پشت سر هم تغییر می‌کند.

][IEV 161-02-01 (منبع IEC60065-161:1990, 161-01-20)

۲۴-۱-۳

تصدیق (صحت سنجی)

verification

مجموعه عملیاتی است که برای بررسی سامانه تجهیزات آزمون (مثلا، مولد آزمون و بافه‌های رابط داخلی آن) به‌کار می‌رود تا نشان داده شود که سامانه آزمون کار می‌کند.

یادآوری ۱ – روش‌هایی که برای تصدیق به‌کار می‌روند ممکن است با روش‌های استفاده شده برای واسنجی متفاوت باشند.

یادآوری ۲- برای مقاصد این استاندارد پایه سازگاری الکترومغناطیسی، این تعریف متفاوت از تعریف ارائه شده در IEC 311-01-13 است.

۳-۲ کوته‌نوشت‌ها

AE	Auxiliary equipment	تجهیزات کمکی
CD	Coupling device	افزاره تزویج
CDN	Coupling/decoupling network	شبکه تزویج /عدم تزویج
CLD	Clamping device	افزاره گیره
CN	Coupling network	شبکه تزویج

CWG	Combination wave generator	مولد موج ترکیبی
DN	Decoupling network	شبکه عدم تزویج
EFT/B	Electrical fast transient/burst	رگباره/گذرای سریع الکتریکی
EMC	Electromagnetic compatibility	سازگاری الکترومغناطیسی
ESD	Electrostatic discharge	تخلیه الکترواستاتیکی
EUT	Equipment under test	تجهیزات تحت آزمون
GDT	Gas discharge tube	لوله تخلیه گاز
MU	Measurement uncertainty	عدم قطعیت اندازه‌گیری
PE	Protective earth	زمین حفاظتی
SPD	Surge protective device	افزاره حفاظتی فراتاخت

۴ کلیات

۴-۱ حالت‌های گذرای کلید زنی سامانه قدرت (توان)

حالت‌های گذرای کلیدزنی سامانه قدرت می‌تواند به حالت‌های گذرایی تقسیم شود که به موارد زیر وابسته‌اند:

الف-اختلالات کلیدزنی سامانه قدرت اصلی،از قبیل کلیدزنی بانک خازنی؛

ب- فعالیت کلیدزنی محلی جزئی یا تغییرات بار در سامانه توزیع قدرت؛

پ- مدارهای تشدید وابسته به افزاره‌ها کلیدزنی، از قبیل تریستورها، ترانزیستورها

ت- عیوب مختلف سامانه، از قبیل خطاهای اتصال کوتاه و جرقه زدن به سامانه اتصال زمین تأسیسات.

۴-۲ حالت‌های گذرای ناشی از آذرخش

ساز و کارهای اصلی که طی آن آذرخش باعث ایجاد ولتاژهای فراتاخت می‌شود به شرح زیر است:

الف- برخورد مستقیم آذرخش به یک مدار خارجی (برون بنا) که با تزریق جریان‌های بالا و از طریق عبور از مقاومت زمین یا عبور از مقاومت ظاهری مدار خارجی، ولتاژهایی را ایجاد می‌کند.

ب- برخورد غیر مستقیم آذرخش (برای مثال، برخوردی میان یا درون ابرها یا به اشیاء نزدیک که میدان‌های الکترومغناطیسی تولید می‌کند) که ولتاژها/جریان‌هایی روی هادی‌های بیرونی / یا درون یک ساختمان القاء می‌کنند؛

پ- گردش جریان زمینی آذرخش حاصل از تخلیه‌های مسقیم به زمین در نزدیکی که با مسیرهای زمینی مشترک سامانه اتصال زمین نصب تزویج می‌شود.

تغییرسریع ولتاژ و عبور جریان که ممکن است در نتیجه عملیات تحریک افزاره حفاظت آذرخش اتفاق بیفتد، می‌تواند در تجهیزات مجاور اختلالات الکترومغناطیسی القا کند.

۳-۴ شبیه‌سازی حالت‌های گذرا

مشخصات مولد آزمون به‌گونه‌ای است که پدیده‌های گفته شده در بالا را در صورت امکان به دقت شبیه‌سازی می‌کند؛

اگر منبع تداخل در همان مدار باشد، به‌عنوان مثال در شبکه تغذیه قدرت (تزویج مستقیم)، مولد ممکن است یک منبع با مقاومت ظاهری کم را در درگاه‌های وسیله تحت آزمون شبیه‌سازی کند؛

اگر منبع تداخل در همان مدار تجهیزات مورد آزمون نباشد (تزویج غیرمستقیم) آنگاه مولد ممکن است یک منبع با مقاومت ظاهری بالاتر را شبیه‌سازی کند.

۵ سطوح آزمون

گستره ترجیحی سطوح آزمون در جدول ۱ داده شده است.

جدول ۱- سطوح آزمون

سطح	ولتاژ آزمون مدار-باز kV	
	خط به خط	خط به زمین ب
۱	---	۰٫۵
۲	۰٫۵	۱
۳	۱	۲
۴	۲	۴
X الف	ویژه	ویژه

الف: X می‌تواند در هر سطحی، بالا، پایین یا بین دیگر سطوح باشد. این سطح باید در ویژگی تجهیزات خاص مشخص شود.

ب: برای خطوط اتصال متقابل متقارن می‌توان این آزمون را همزمان به چند خط نسبت به زمین یعنی خطوط به زمین اعمال کرد.

سطوح آزمون باید طبق شرایط تأسیسات انتخاب شود، رده‌های تأسیسات در پیوست پ آمده است.

آزمون باید در تمام سطوح آزمون جدول ۱ تا سطح آزمون مشخص شده اعمال شود.

برای انتخاب سطوح آزمون واسط‌های مختلف به پیوست ب مراجعه شود.

۶ تجهیزات آزمون

۱-۶ کلیات

دو نوع مولد موج ترکیبی تعریف شده‌اند. هر یک از آنها بر حسب نوع درگاهی که باید آزمون شود، کاربردهای خاص خود را دارند. مولد موج ترکیبی $\frac{10}{700}\mu s$ برای آزمون درگاه‌هایی به‌کار می‌رود که برای اتصال به خطوط ارتباطی متقارن در نظر گرفته شده‌اند. مراجعه شود به پیوست الف).

مولد موج ترکیبی $\frac{1}{50}\mu s$ برای آزمون تمام موارد دیگر به‌کار می‌رود.

۶-۲ مولد موج ترکیبی $\frac{1/2}{50}\mu s$

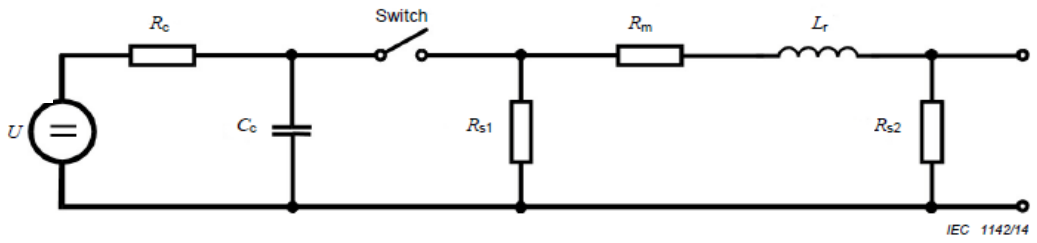
۶-۲-۱ کلیات

هدف این استاندارد آن است که شکل موج‌های خروجی در نقطه‌ای که قرار است به EUT اعمال شوند مطابق با مشخصات باشند. شکل موج‌ها به‌عنوان ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه مشخص و بنابراین باید بدون اتصال EUT اندازه‌گیری شوند. در مورد محصولی با منبع توان a.c. یا d.c. که فراتاخت به خطوط منبع a.c. یا d.c. اعمال می‌شود، خروجی باید مانند آنچه که در جدول‌های ۵،۴ و ۶ تعیین شده است باشد. در موردی که فراتاخت باید مستقیما از پایانه‌های خروجی مولد اعمال شود، شکل موج‌ها باید آنچه که در جدول ۲ تعیین شده است باشد. مقصود این نیست که شکل موج‌ها به‌طور همزمان هم در خروجی مولد و هم در خروجی شبکه‌های تزویج / عدم‌تزویج مطابق مشخصات داده شده باشند، بلکه فقط در حالتی‌که به EUT اعمال می‌شود باید چنین باشد. مشخصات شکل موج باید بدون اتصالی به EUT برآورده شوند.

این مولد برای تولید یک فراتاخت با این مشخصات استفاده می‌شود:

- زمان پیشانی ولتاژ مدار باز ۱٫۲ µs
- مدت زمان یک ولتاژ مدار باز ۵۰ µs
- زمان پیشانی جریان اتصال کوتاه ۸ µs
- مدت زمان جریان اتصال کوتاه ۲۰ µs

نمودار مدار ساده شده مولد در شکل ۱ آمده است. مقادیر اجزای مختلفRS1، RS2، Rm، Lr و Cc طوری انتخاب می‌شود که مولد در شرایط مدار باز فراتاخت ولتاژ 1,2/50 µs و در شرایط اتصال کوتاه فراتاخت جریان 8/20 µs تحویل دهد.



Key

راهنما :

U منبع ولتاژ بالا

Rc مقاومت شارژ

Cc خازن ذخیره انرژی

Rs مقاومت‌های شکل‌دهنده دوره زمانی ضربه

Rm مقاومت تطبیق مقاومت ظاهری

Lc القا کننده شکل‌دهنده زمان صعود

شکل ۱- شمای مدار ساده شده مولد موج ترکیبی

نسبت قله ولتاژ خروجی مدار باز به قله جریان اتصال کوتاه را در همان درگاه خروجی ترکیب یک مولد موج فراتاخت به عنوان مقاومت ظاهری خروجی موثر در نظر گرفت. برای این مولد، این نسبت یک مقاومت ظاهری خروجی موثر ۲Ω را مشخص می‌کند.

هنگامی که خروجی مولد به EUT وصل می‌شود شکل موج ولتاژ و جریان، تابعی از مقاومت ظاهری ورودی EUT است. این مقاومت ظاهری ممکن است در حین اعمال فراتاخت‌ها به تجهیزات تغییر کند که احتمال دارد یا بر اثر عملکرد مناسب افزاره‌های حفاظتی نصب شده باشد یا بر اثر جرقه‌زدن یا خرابی قطعات در هنگام عدم وجود یا غیرفعال بودن افزاره‌های حفاظتی باشد. بنابراین شکل موج‌های ولتاژ $\frac{1/2}{50}$ µs و جریان $\frac{8}{20}$ µs بهتر است همان طور توسط بارگزاری نیاز باشد که از همان خروجی مولد آزمون قابل حصول باشد.

۶-۲-۲ ویژگی‌ها عملکرد مولد

قطبش	مثبت / منفی
تغییر فاز	در گستره بین صفر تا ۳۶۰ درجه نسبت به زاویه فاز ولتاژ خط a.c.
به EUT با رواداری	± ۱۰ °
نرخ تکرار	۱ بار در دقیقه یا بیشتر
قله ولتاژ خروجی مدار باز	قابل تنظیم از ۰٫۵ kv تا سطح آزمون مورد نیاز
شکل موج ولتاژ فراتاخت	شکل ۲ و جدول ۲ را ببینید
رواداری تنظیم ولتاژ خروجی	جدول ۳ را ببینید

قله جریان اتصال کوتاه خروجی به تنظیم ولتاژ قله بستگی دارد(به جداول ۲و ۳ مراجعه شود)

برای شکل موج جریان فراتاخت مراجعه شود به جدول ۲ و شکل ۳

یادآوری- پارامترهای زمان در خروجی مولد بدون مقاومت ۱۰ اهمی برای جریان اتصال کوتاه معتبر است (به ۶-۳ مراجعه شود.)

رواداری جریان خروجی اتصال کوتاه جدول ۳ را ببینید

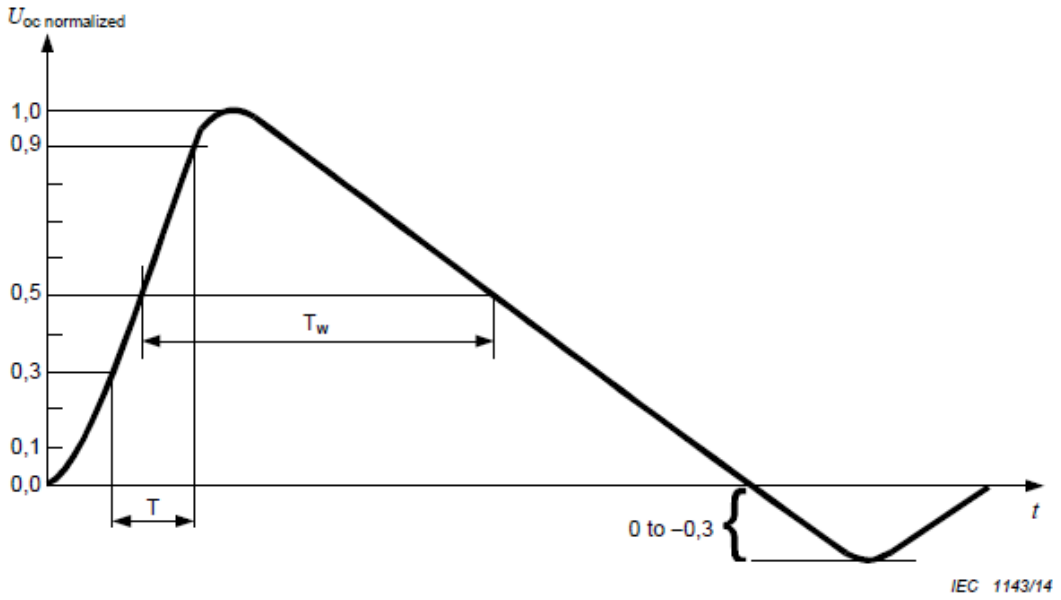
جدول ۲- تعاریف پارامترهای شکل موج $\frac{1/2}{50}$ µs $\frac{8}{20}$ µs

	زمان پیشانی T_f میکروثانیه	مدت T_d میکروثانیه
ولتاژ مدار باز	$T_f = ۱٫۶۷ \times T = ۱٫۲ \pm ۳۰٪$	$Tw=T_d = ۵۰ \pm ۲۰٪$
جریان اتصال کوتاه	$T_f = ۱٫۲۵ \times Tr = ۸ \pm ۲۰٪$	$T_d = ۱٫۱۸ \times T_w = ۲۰ \pm ۲۰٪$

جدول۳- رابطه قله ولتاژ مدار باز و قله جریان اتصال کوتاه

ولتاژ قله مدارباز در۱۰ ± درصد خروجی مولد	جریان قله اتصال کوتاه در۱۰ ± درصد خروجی مولد
۰٫۵kV	۰٫۲۵ kA
۱٫۰kV	۰٫۵kA
۲٫۰kV	۱٫۰kA
۴٫۰kV	۲٫۰kA

مولد دارای خروجی شناور باید به کار رود.



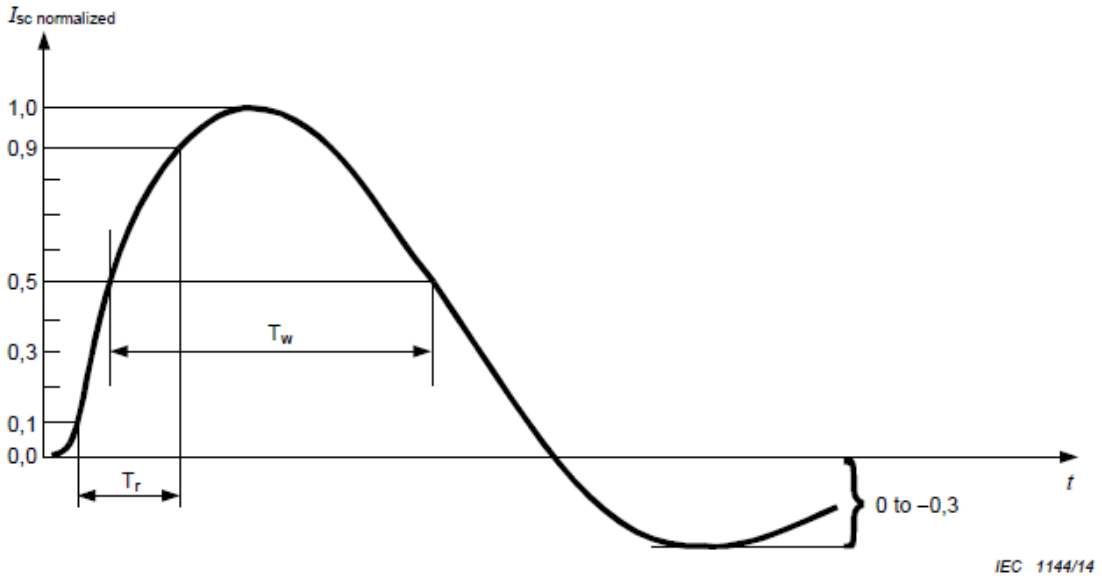
زمان پیشانی Tf =۱٫۶۷× T = ۱٫۲ µs ± ۳۰%

مدت زمان Td = Tw =۵۰µs±۲۰%

یادآوری- مقدار ۱٫۶۷ تفاضل معکوس بین آستانه‌های ۰٫۹ و ۰٫۳ است.

شکل ۲- شکل موج ولتاژ مدار باز $\frac{1/2}{50}$ µs در خروجی مولد بدون اتصال CDN

مشخصات فروجهش فقط در خروجی مولد اعمال می‌شود. در خروجی شبکه تزویج /عدم تزویج محدودیتی برای فروجهش یا فراجهش وجود ندارد.



Tf = ۱٫۲۵× Tr = ۸μs±۲۰٪

Td =۱٫۱۸× Tw =۲۰μs± ۲۰٪

یادآوری۱ – مقدار ۱٫۲۵تفاضل معکوس بین آستانه‌های ۰٫۹ و ۰٫۱ است.

یادآوری۲– مقدار ۱٫۱۸ از داده‌های تجربی به دست آمده است.

شکل ۳- شکل موج جریان اتصال کوتاه ($^{8}/_{20}$ μs) در خروجی مولد بدون اتصال CDN

مشخصات فروجهش فقط در خروجی مولد اعمال می‌شود. در خروجی شبکه تزویج /عدم تزویج محدودیتی برا فرورفت یا فرارفت وجود ندارد.

۶-۲-۳ واسنجی مولد

مشخصات مولد آزمون باید واسنجی‌سازی شود تا مشخص شود که الزامات این استاندارد در آن‌ها رعایت شده است. به این منظور باید روال زیر اجرا شود(همچنین به پیوست چ مراجعه شود.)

خروجی مولد باید به یک سامانه اندازه‌گیری متصل شود که دارای پهنای باند و قابلیت ولتاژ و جریان کافی برای پایش ویژگی‌های شکل موج‌ها باشد. اطلاعات مرتبط پهنای باند شکل موج‌های فراتاخت در پیوست ث آمده است.

اگر مبدل جریان (پروب) برای اندازه‌گیری جریان اتصال کوتاه به‌کار رود بهتر است طوری آن را انتخاب کرد که هسته مغناطیسی دچار اشباع نشود. بسامد گوشه پایین (۳- dB) پروب بهتر است از ۱۰۰ Hz کم‌تر باشد.

ویژگی‌های مولد باید در شرایط مدار باز (با بار بزرگتر یا مساوی ۱۰ kΩ) و تحت شرایط اتصال کوتاه همان ولتاژ شارژ از طریق خازن خارجی ۱۸ μF در سری‌ها با خروجی اندازه‌گیری شود.

اگر خازن ۱۸ μF در مولد پیاده‌سازی شده باشد خازن خارجی ۱۸ μF برای واسنجی لازم نیست.

تمام مشخصات عملکردی ذکر شده در زیربند ۶-۲-۲ به غیر از تغییر فاز باید در خروجی مولد رعایت شود. عملکرد تغییر فاز باید در خروجی CDN در صفر، ۹۰، ۱۸۰ و۲۷۰ در یک قطبش رعایت شود.

یادآوری– هنگامی که بر طبق الزامات چیدمان آزمون، یک مقاومت داخلی یا خارجی اضافی برای افزایش مقاومت ظاهری منبع موثر برای مثال از Ω ۲ به ۱۲Ω یا Ω ۴۲ به خروجی مولد اضافه می‌شود، زمان پیشانی و مدت زمان ضربه‌های آزمون در خروجی مدار تزویج ممکن است به‌طور قابل ملاحظه‌ای تغییر کنند.

۶-۳ شبکه‌های تزویج / عدم تزویج

۶-۳-۱ کلیات

هر شبکه تزویج / عدم‌تزویج (CDN) همانطور که در مثال‌های شکل‌های ۵ تا ۱۱ نشان داده شده، شامل یک شبکه عدم تزویج و یک شبکه تزویج است.

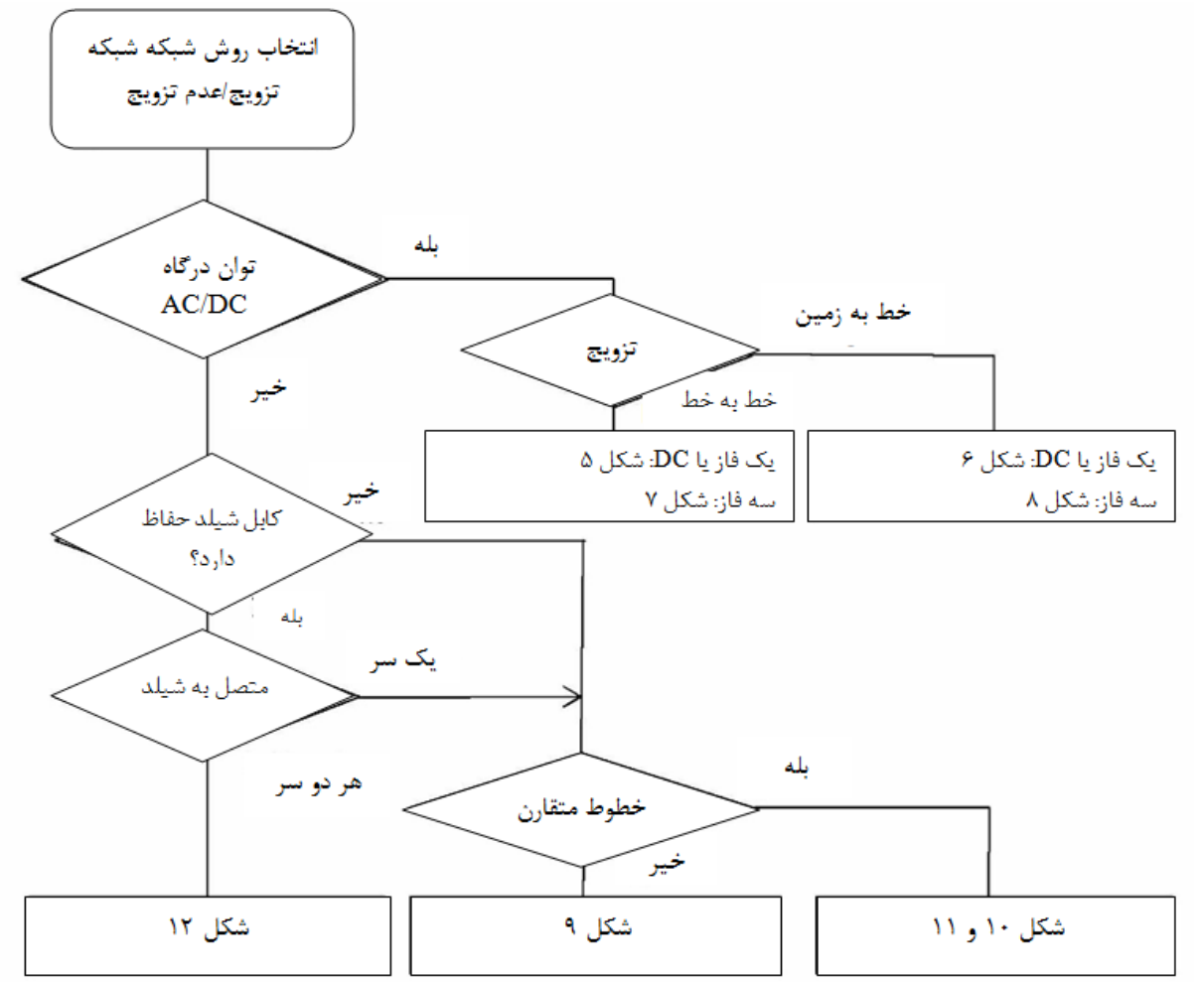
یادآوری– مقاومت‌ها و/یا خازن‌های تزویج می‌توانند قسمتی از CDN یا مولد یا اجزای خارجی گسسته باشند.

در خطوط منبع a.c. یا d.c، شبکه عدم‌تزویج برای شکل موج فراتاخت، مقاومت ظاهری نسبتا بالایی را فراهم می‌کند ولی در همان زمان اجازه می‌دهد جریان به‌سوی EUT باشد

این مقاومت ظاهری اجازه می‌دهد تا در خروجی شبکه تزویج / عدم‌تزویج شکل موج ولتاژ ایجاد شود و از برگشت جریان فراتاخت به منبع تغذیه a.c. یا d.c. جلوگیری می‌کند. خازن‌های ولتاژ بال به‌عنوان عنصرتزویج به‌کار می‌روند و اندازه آن‌ها طوری است که کل مدت شکل موج با EUT تزویج شود. شبکه تزویج/عدم‌تزویج منبع تغذیه a.c. یا d.c. باید به‌صورتی طراحی شوند که موج ولتاژ مدار باز و موج جریان اتصال کوتاه الزامات رواداری جداول ۴، ۵ و ۶ را برآورده کنند.

برای ورودی/خروجی و خطوط ارتباطی، مقاومت ظاهری سری شبکه عدم‌تزویج، پهنای باند موجود برای انتقال اطلاعات را محدود می‌کند. عناصر تزویج می‌توانند در مواردی که خط، آثار بار خازنی یا یک برقگیر یا افزاره‌های گیره را تحمل می‌کند، یک خازن باشند. هنگامی که به خطوط اتصالات داخلی تزویج می‌شود، ممکن است شکل موج‌ها همانطور که در زیربند ۶-۳-۳ تشریح شد در اثر ساز و کار تزویج اعوجاج پیدا کنند.

هر شبکه تزویج/عدم‌تزویج باید الزامات زیربندهای ۶-۳-۲ و ۶-۳-۳ را برآورده کند و با الزامات واسنجی‌سازی ۶-۴ سازگار باشد. کاربرد آن‌ها طبق روندنمای زیر است:



شکل ۴- انتخاب روش تزویج /عدم تزویج

۶-۳-۲ شبکه‌های تزویج /عدم تزویج برای درگاه منبع تغذیه a.c/d.c تا جریان نامی A ۲۰۰ در هر خط

قله دامنه، زمان پیشانی و مدت زمان باید برای ولتاژ در شرایط مدار باز و جریان در شرایط اتصال کوتاه در درگاه خروجی EUT راستی‌آزمایی شوند. پارامترهای شکل موج اندازه‌گیری شده در درگاه EUT شبکه CDN به منبع مولد وابستگی دارند و بنابراین فقط برای ترکیب خاصی از مولد/CDN تحت آزمون دارای اعتبار هستند

مشخصه فرورفت ٪۳۰ تنها در خروجی مولد کاربرد دارد. در خروجی شبکه تزویج/عدم‌تزویج هیچگونه محدویتی برای فرورفت وجود ندارد. خروجی مولد آزمون یا شبکه تزویج آن باید به یک سامانه اندازه‌گیری متصل شود که دارای یک پهنای باند و قابلیت ولتاژ و جریان کافی برای پایش مشخصات شکل موج‌های است

القا کننده عدم‌تزویج باید به وسیله تولیدکننده CDN انتخاب شود به‌صورتی‌که افت ولتاژ در شبکه تزویج /عدم‌تزویج کمتر از ٪۱۰ ولتاژ ورودی آن در نرخ جریان مشخص شده باشد ولی بهتر است از ۱/۵mH تجاوز نکند.

برای جلوگیری از افت‌های ولتاژ ناخواسته در شبکه‌های تزویج / عدم‌تزویج، مقدار عنصر عدم‌تزویج عموما باید برای شبکه‌های تزویج/عدم‌تزویج نامی در بیش از A ۱۶ کاهش یابد. به‌عنوان نتیجه، ولتاژ اوج و مدت زمان شکل موج ولتاژ مدار باز ممکن است در حالت بدون باری اندازه‌گیری شود که در داخل رواداری‌های مطابق با جداول ۴، ۵ و ۶ مشروحه زیر تغییر می‌کند. EUT دارای جریان بالا از مقاومت‌های ظاهری کم‌تری برخوردار است و باعث ایجاد فراتاخت نزدیک به حالت‌های اتصال کوتاه می‌شود. بنابراین برای CDN دارای جریان بالا شکل موج جریان غالب است. رواداری‌های زیاد در تعریف ولتاژ قابل قبول است.

جدول ۴ – مشخصه شکل موج ولتاژ در درگاه EUTشبکه تزویج / عدم‌تزویج

پارامترهای ولتاژ فراتاخت در حالت های مدار باز الف، ب	مقاومت ظاهری تزویج	
	18 μ F (خط به خط)	**9 µF + 10 Ω (خط به زمین)**
ولتاژ قله		
A ۱۶ ≥نرخ جریان	ولتاژ تنظیم +۱۰٪-۱۰٪	ولتاژ تنظیم +۱۰٪-۱۰٪
A ۳۲ ≥نرخ جریان≥A ۱۶	ولتاژ تنظیم +۱۰٪-۱۰٪	ولتاژ تنظیم +۱۰٪-۱۰٪
A ۶۳ ≥نرخ جریان≥A ۳۲	ولتاژ تنظیم +۱۰٪-۱۰٪	ولتاژ تنظیم +۱۵٪-۱۰٪
A ۱۲۵ ≥نرخ جریان≥A ۶۳	ولتاژ تنظیم +۱۰٪-۱۰٪	ولتاژ تنظیم +۲۰٪-۱۰٪
A ۲۰۰ ≥نرخ جریان≥A ۱۲۵	ولتاژ تنظیم +۱۰٪-۱۰٪	ولتاژ تنظیم +۲۵٪-۱۰٪
زمان پیشانی	۱/۲±µs۳۰٪	۱/۲±µs۳۰٪
مدت زمان		
A ۱۶ ≥نرخ جریان	۵۰µs +۱۰µs/-۱۰µs	۵۰µs +۱۰µs/-۲۵µs
A ۳۲ ≥نرخ جریان≥A ۱۶	۵۰µs +۱۰µs/-۱۵µs	۵۰µs +۱۰µs/-۳۰µs
A ۶۳ ≥نرخ جریان≥A ۳۲	۵۰µs +۱۰µs/-۲۰µs	۵۰µs +۱۰µs/-۳۵µs
A ۱۲۵ ≥نرخ جریان≥A ۶۳	۵۰µs +۱۰µs/-۲۵µs	۵۰µs +۱۰µs/-۴۰µs
A ۲۰۰ ≥نرخ جریان≥A ۱۲۵	۵۰µs +۱۰µs/-۳۰µs	۵۰µs +۱۰µs/-۴۵µs
یادآوری-نرخ جریان جدول ۴ نرخ CDN است		
الف- اندازه‌گیری پارامترهای ولتاژ فراتاخت باید با درگاه توان a.c./d.c. مدار باز CDN انجام شود. ب- مقادیر این جدول برای یک CWG دارای مقادیر مطلوب است. در موردی که CWG مقادیر پارامتری نزدیک به رواداری‌های ایجاد کند رواداری‌های دیگر CDN ممکن است مقادیری خارج از رواداری‌های ترکیبCWG-CDN تولید کند.		

جدول ۵ – مشخصه شکل موج جریان در درگاه EUT شبکه تزویج/عدم‌تزویج

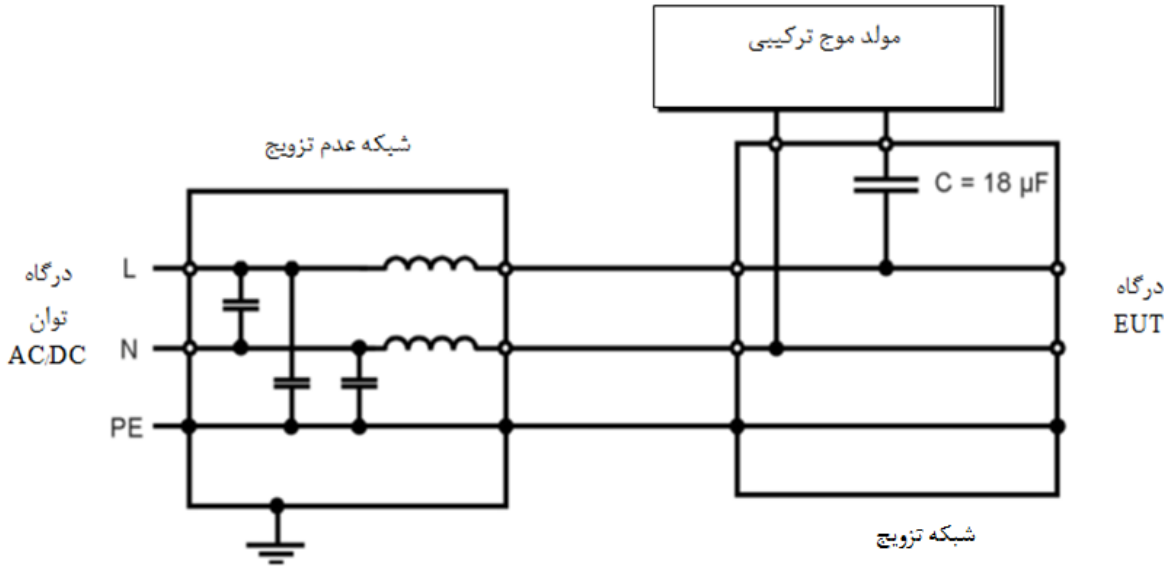
پارامترهای جریان فراتاخت در شرایط اتصال کوتاه[الف]	مقاومت ظاهری تزویج	
	۱۸µF (خط به خط)	۹µF +۱۰Ω (خط به زمین)ب
زمان پیشانی	T_f = ۱/۲۵× T_r=۸±µs ۲۰٪	T_f = ۱/۲۵× T_r=۲/۵±µs ۳۰٪
مدت زمان	T_f = ۱/۱۸× T_w=۲۰±µs ۲۰٪	T_d = ۱/۰۴× T_w=۲۵±µs ۳۰٪
الف- اندازه‌گیری پارامترهای جریان فراتاخت باید با درگاه توان a.c./d.c. مداربازCDN انجام شود. ب- مقدار ۱/۰۴ از داده‌های تجربی استخراج شده است.		

جدول ۶- رابطه بین قله ولتاژ مدار باز و قله جریان اتصال کوتاه در درگاه EUT شبکه CDN

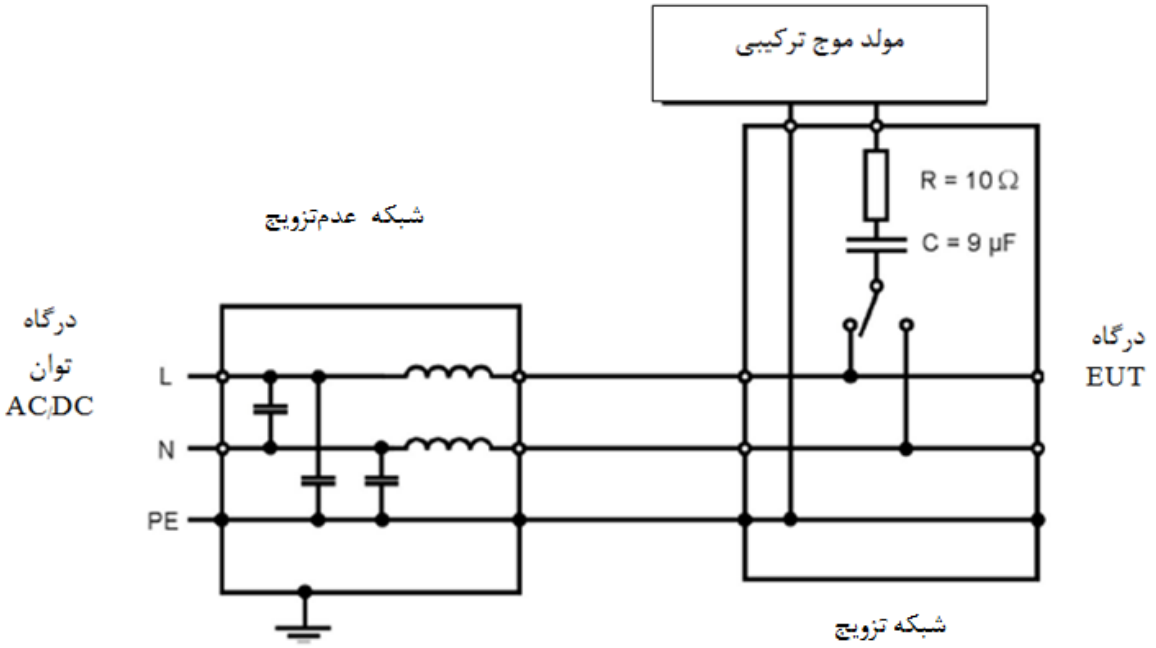
ولتاژ قله مدار باز ٪۱۰± در درگاه EUT شبکه CDN	جریان قله مدار باز ٪۱۰±در درگاه EUT شبکه CDN (۱۸ μ F)	جریان قله اتصال کوتاه ٪۱۰± در درگاه EUT شبکه CDN (۹ μ F+۱۰ Ω)
۰٫۵kV	۰٫۲۵kA	۴۱٫۷ A
۱٫۰kV	۰٫۵kA	۸۳٫۳ A
۲٫۰ kV	۱٫۰kA	۱۶۶٫۷A
۴٫۰kV	۲٫۰kA	۳۳۳٫۳A

در مورد این که تجهیزات EUT باید جریان ورودی نامی بیش از ۲۰۰ آمپر در هر خط داشته باشند به پیوست ح مراجعه شود.

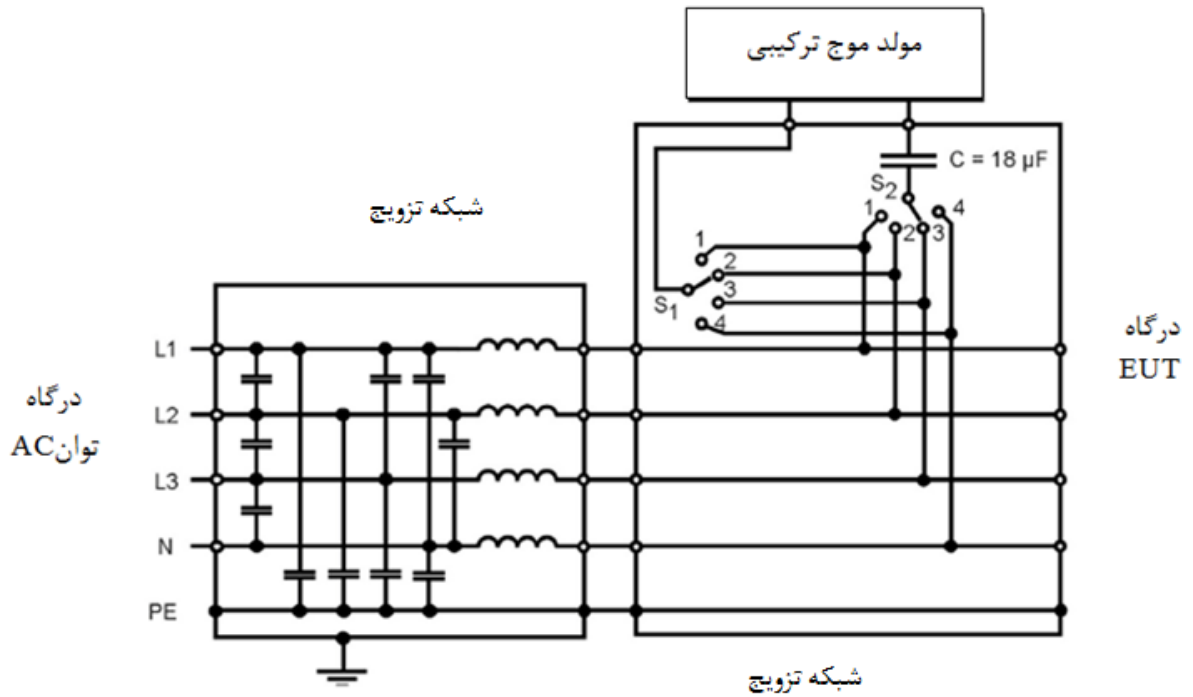
مشخصات فوق‌الذکر برای سامانه‌های تک‌فاز (خط، خنثی، اتصال زمین حفاظتی) و سامانه‌های سه فاز (سیم‌های سه فاز، خنثی و اتصال زمین حفاظتی) قابل اعمال است.



شکل ۵- مثال شبکه تزویج و عدم تزویج برای تزویج خازنی در خطوط a.c./d.c. تزویج خط به خط



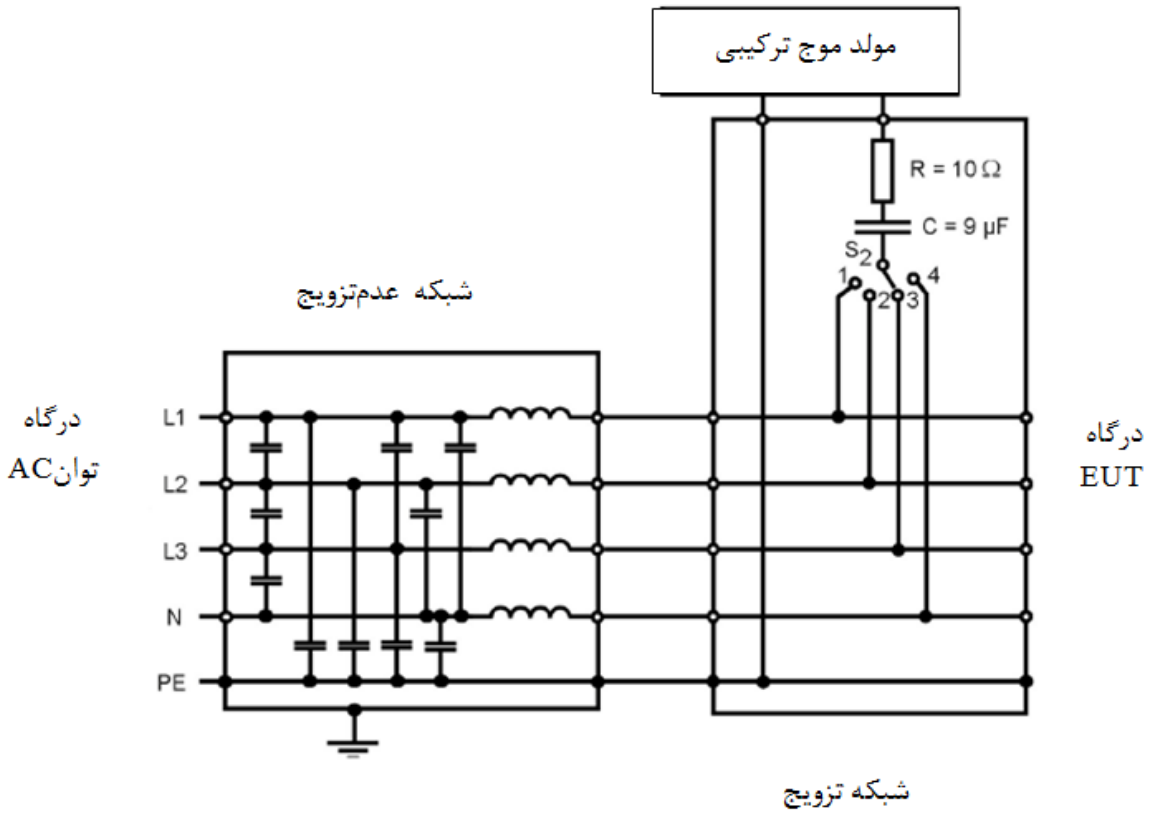
شکل ۶- مثال شبکه تزویج و عدم تزویج برای تزویج خازنی در خطوط a.c./d.c. تزویج خط به زمین



کلیدهای S_1 و S_2 برای انتخاب یکایک خطوط برای آزمون به کار می‌روند.

در طی آزمون موقعیت کلید S_2 با موقعیت کلید S_1 فرق دارد.

شکل۷- مثال شبکه تزویج و عدم‌تزویج برای تزویج خازنی در خطوط a.c. (۳ فاز): تزویج خط L_2 به خط L_3



کلید S_2 برای انتخاب یکایک خطوط برای آزمون به کار می‌روند.

شکل۸- مثال شبکه تزویج و عدم‌تزویج برای تزویج خازنی در خطوط a.c. (۳ فاز): تزویج خط L_3 به زمین

۶-۳-۳ شبکه‌های تزویج /عدم‌تزویج برای خطوط اتصال میانی

۶-۳-۳-۱ کلیات

در زیربند ۶-۳-۳ شبکه CDN تمام انواع خطوط اتصال میانی به غیر از خطوط ارتباطی متقارن برون بنا بدون حفاظ شرح داده شده است.که برای اتصال میانی به سامانه‌های بسیار پراکنده مورد نظر هستند و شرح آن‌ها در پیوست الف آمده است

روش تزویج باید بصورت کارکردی از انواع بافه اتصال میانی، مدارها و شرایط کاری انتخاب شود. این امر باید در مشخصات محصول یا استاندارد ذکر شود.

برای تزویج به خطوط بدون حفاظ افزاره‌های تزویج (CD) لازم است که عایق‌بندی کافی بین خطوط اتصال میانی و مولد فراتاخت را تضمین کند اما انتقال کارآمد ضربه فراتاخت را اجازه دهد.

از هرCD مثل خازن‌ها یا لوله‌های تخلیه گاز (GDT) می‌توان استفاده کرد.که بتواند کارکردهای تزویج و عایق‌بندی را محقق کند.

عدم تزویج استفاده‌کننده از خازن‌ها یکپارچگی شکل موج حفظ می‌شود اما ممکن است بر انتقال سریع داده اثرات پالایگی داشته باشد.

افزاره‌های بهمنی مثل GDT دارای خازن کم پارازیتی هستند و اتصال به اکثر انواع خطوط اتصال میانی را میسر می‌کند. ولتاژ شکست افزاره تزویج باید تا حد امکان کم انتخاب شود اما باید از ولتاژ کاری بیشینه خطوط تحت آزمون بیش‌تر باشد.

تمام شبکه‌هایCDN باید با الزامات واسنجی‌سازی آمده در زیربند ۶-۴ سازگار باشند.

اگر خطوط سیگنال متقارن باشند، القاکننده‌های جبران‌کننده جریان باید در شبکه‌های عدم‌تزویج استفاده شوند

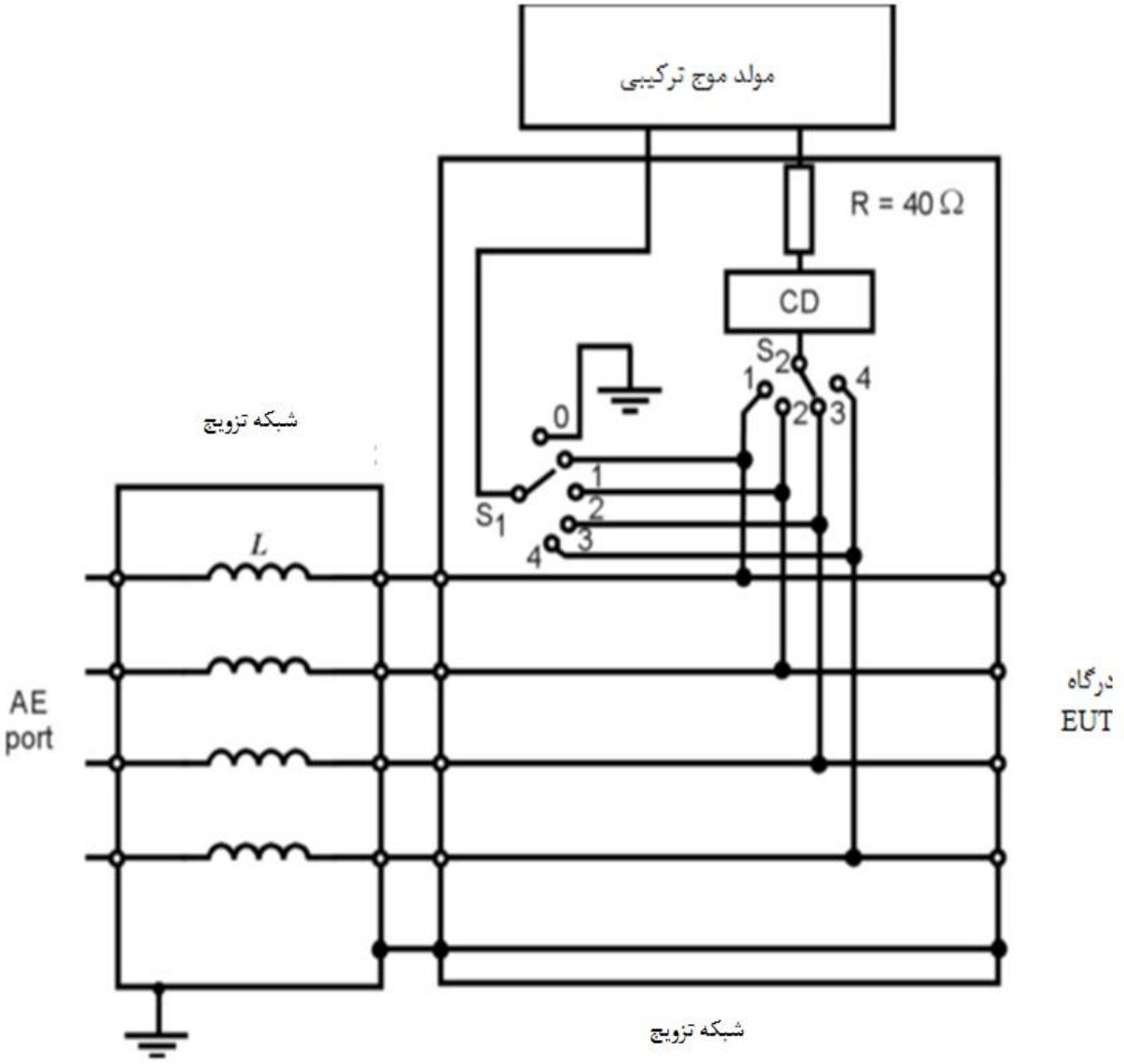
عملکرد عدم‌تزویج لازم در طرف AE به مشخصات کاربرد مورد نظر بستگی دارد و مقدار عناصر عدم‌تزویج

(القاکننده، مقاومت‌ها، خازن‌ها، GDT، افزاره‌های گیره و غیره) مورد استفاده را تعیین می‌کند. برای آن که بهترین عملکرد عدم‌تزویج و حفاظت ممکن AE تضمین شود تحلیل خاصی مورد برای انتخاب عناصر عدم تزویج لازم است.

۶-۳-۳-۲ فراتاخت‌های تزویج /عدم‌تزویج به خطوط اتصال میانی نامتقارن بدون حفاظ

تزویج به خطوط اتصال میانی نامتقارن بدون حفاظ می‌تواند به حالت خط به خط و خط به زمین باشد. عدم‌تزویج با یک چوک عدم‌تزویج برای هر خط فراهم می‌شود.

مثالی از شبکه تزویج /عدم‌تزویج برای خطوط اتصال میانی نامتقارن بدون حفاظ در شکل ۹ آمده است.



۱- کلید S1

- خط به زمین: موقعیت ۰
- خط به خط: موقعیت‌های ۱تا ۴

۲- کلیدS2 : موقعیت‌های ۱تا ۴

طی آزمون، موقعیت کلید S2 با کلید S1 فرق دارد.

یادآوری CD- مراجعه شود به جدول ۸

شکل ۹- مثال شبکه تزویج و عدم‌تزویج برای خطوط اتصال میانی نامتقارن بی‌حفاظ : تزویج خط به خط و خط به زمین

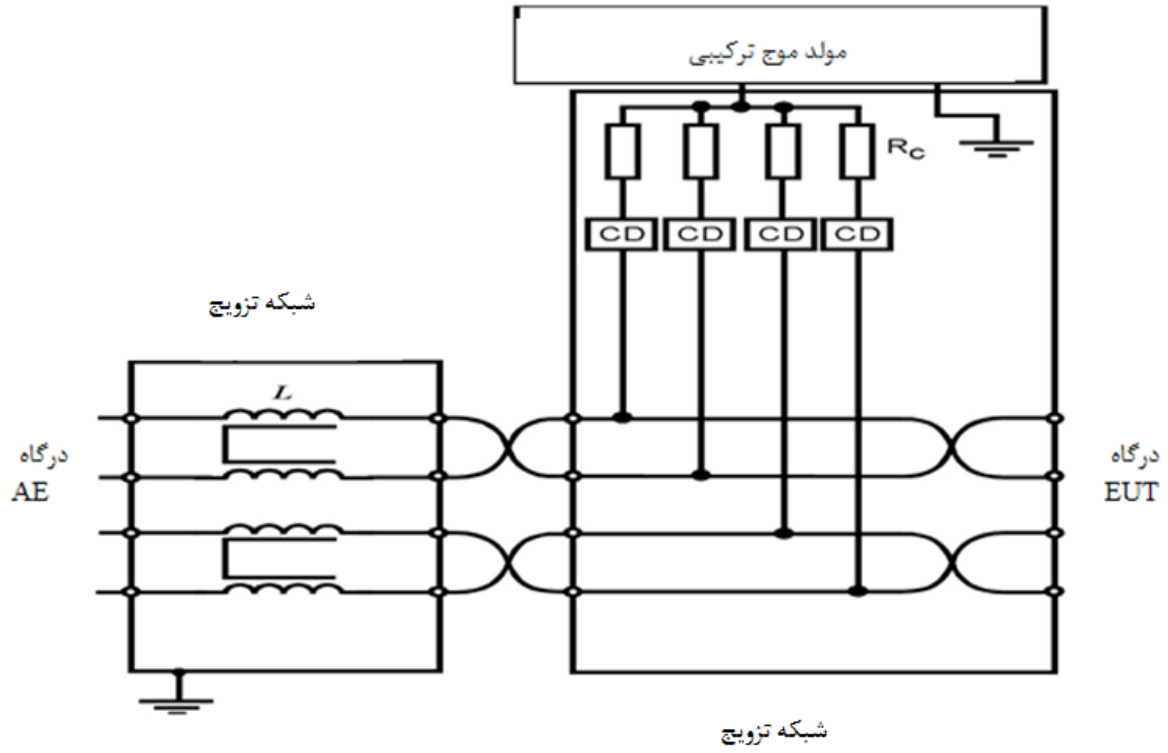
۶-۳-۳-۳ شبکه‌های تزویج / عدم تزویج برای فراتاخت‌های به خطوط اتصال میانی متقارن و بی حفاظ

به علت ماهیت خاص سیم‌بندی بدون‌حفاظ، تزویج به خطوط اتصال میانی متقارن(زوج سیم تابیده) همیشه در حالت مشترک است مثلاً تزویج بین تمام خطوط متصل به زمین.

انتقال انرژی از مولد فراتاخت به EUT ثابت در نظر گرفته می‌شود که مستقل از تعداد خطوط بافه و هم‌ارز مقاومت ظاهری تزویج معادل حدود ۴۰ اهم است. این مقاومت ظاهری تزویج معادل بین خطوط بافه سرشکن می‌شود. به همین دلیل مقدار مقاومت تزویج به کار رفته در هر خط هر زوج سیم ضریبی از ۴۰ اهم است. این قانون برای بافه‌های تا ۸خط یا ۴ زوج اعمال می‌شود. CDN را باید طوری برگزید که با تعداد خطوط/زوج‌های موجود در بافه همخوانی داشته باشد اما برای بافه‌های دارای بیش از ۸خط یا ۴ جفت زوج‌ها را باید سرشکن کرد و از طریق چندین CDN ۸ خطی/چهار زوجی با استفاده از مقدار مقاومت‌های تزویج مشابه بافه‌های ۸ خطی یا ۴ زوجی آزمون پیوند داد.

چوک‌های حالت مشترک مورد استفاده برای عدم تزویج انتقال سریع داده را امکان می‌دهند و عدم تزویج موثر حالت مشترک را تضمین می‌کنند.

مثالی از شبکه تزویج /عدم تزویج برای خطوط اتصال میانی متقارن بدون حفاظ در شکل ۱۰ آمده است.



محاسبه مقادیر مقاومت تزویج Rc :

مثال برای: n = ۴

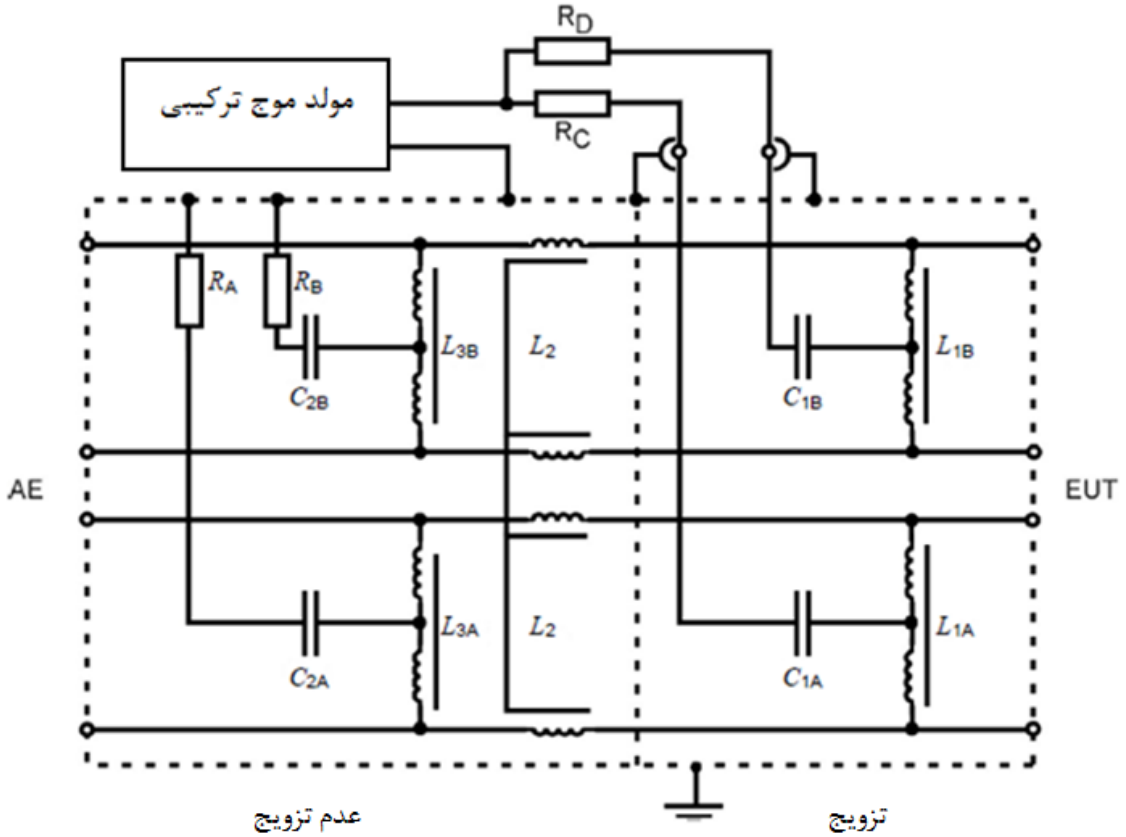
Rc = ۴×۴۰ Ω=۱۶۰ Ω

مقادیر مقاومت‌های تزویج را طوری انتخاب می‌کنند که مقاومت آنها در حالت موازی برابر با ۴۰ اهم شود. مثلاً برای تحت آزمون قرار دادن درگاه چهارخطی چهار مقاومت ۱۶۰ اهمی لازم است. L دارای ویژگی جبران‌سازی جریان می‌تواند شامل تمام ۴ سیم‌پیچ یا فقط زوج‌ها (طبق شکل ۱۰) باشد تا موثر باشد.

یادآوری CD- مراجعه شود به جدول ۱۰

شکل ۱۰ - مثال شبکه تزویج و عدم‌تزویج برای خطوط اتصالی داخلی بدون حفاظ متقارن: تزویج خطوط به زمین

برای خطوط اتصال میانی پرسرعت می‌توان از مثال‌های شکل‌های ۱۰ و ۱۱ استفاده کرد.
برای جلوگیری از اثر صاف‌کنندگی خازن‌های تزویج و عدم‌تزویج بر انتقال داده‌ها طرح بسامد بالای متوازنی لازم است که خازن‌های تزویج را به چوک‌های تزویج مورد نیاز ربط دهد.
مثالی از شبکه تزویج / عدم‌تزویج برای خطوط اتصال میانی متقارن در شکل ۱۱ آمده است که آزمون‌ها با اتصال میانی تا سرعت Mbit/s ۱۰۰۰را میسر می‌کند.



محاسبه مقادیر خازن‌ها و مقاومت‌های تزویج :

RC وRD: مقادیر مقاومت‌های تزویج را طوری انتخاب می‌کنند که مقاومت آنها در حالت موازی برابربا ۴۰ اهم بشود. مثلاً در آزمون درگاه دو جفتی دو مقاومت ۸۰ اهمی و در آزمایش درگاه چهار جفتی چهار مقاومت ۱۶۰ اهمی لازم است.

L3،L2،C2L1،C1، RB،RA: تمام این اجزاء را طوری انتخاب می‌کنند که پارامترهای مشخص‌شده ضربه رعایت شوند.

شکل ۱۱- مثال شبکه تزویج و عدم‌تزویج برای خطوط اتصالی داخلی بدون حفاظ متقارن: تزویج خطوط به زمین از طریق خازن

در جایی که به علت اثرگذاری CDN بر EUT کارکرد عادی قابل حصول نباشد بهره‌برداری مناسب را باید کارگروه محصول مشخص کند یا اعلام کند آزمون مصونیت فراتاخت لازم نیست.

۶-۴ واسنجی‌سازی شبکه‌های تزویج/ عدم‌تزویج

۶-۴-۱ کلیات

برای مقایسه نتایج آزمون شبکه‌های مختلف CDN باید CDN را به صورت دوره‌ای واسنجی کرد. برای این منظور باید از روال زیر برای اندازه‌گیری اساسی‌ترین مشخصاتCDN استفاده کرد پارامترهای شکل‌موجی اندازه‌گیری شده در درگاه EUT از CDN به منبع مولد وابستگی دارند و به همین دلیل فقط برای ترکیب خاص مولد/ CDN تحت آزمون معتبر هستند.

تجهیزات اندازه‌گیری مورد استفاده برای واسنجی‌سازیCDN باید همان الزامات اعمالی به واسنجی‌سازی مولد را برآورده کند (به زیربند ۶-۲-۳ مراجعه شود.)

۶-۴-۲ واسنجی شبکه‌های CDN برای درگاه توان a.c./d.c. دارای جریان نامی تا A ۲۰۰ در هر خط

مشخصه‌های CDN را باید در شرایط مدار باز (بار بزرگ‌تر یا مساوی kΩ ۱۰) و در شرایط اتصال کوتاه(کم‌تر از Ω ۰/۱) در ولتاژ تنظیمی مشابه اندازه‌گیری کرد.

ولتاژ فراتاخت مانده اندازه‌گیری شده بین خطوط دستخوش فراتاخت و زمین در درگاه توان a.c./d.c. شبکه عدم تزویج با EUT در حالت عدم اتصال به منبع برق شبکه نباید از ۱۵ درصد بیشینه ولتاژ آزمون اعمالی یا دو برابر ولتاژ قله نامی CDN، هر کدام که بزرگ‌تر است فراتر برود.

ولتاژ فراتاخت ناخواسته اندازه‌گیری شده بین خطوط بدون فراتاخت و زمین با EUT در حالت عدم اتصال به منبع برق شبکه نباید از ۱۵ درصد بیشینه ولتاژ آزمون اعمالی(مدارباز) فراتر برود.

یادآوری - به علت ساختاری که شبکه تزویج /عدم تزویج دارد بخش چشم‌گیری از ولتاژ آزمون طی تزویج خط به زمین می‌تواند به صورت ولتاژ خط به خط ظاهر شود. این ولتاژ می‌تواند از سطح آزمون خط به خط متناظر در حالتEUT مقاومت ظاهری بالا بیش‌تر باشد(اطلاعات بیش‌تر در ۷-۳ آمده است).

تمام مشخصات عملکردی ذکر شده در جداول ۴،۵ و ۶ بخش زیربند ۶-۳-۲ باید در خروجیCDN در حالت مدار باز بودن درگاه توان a.c./d.c. برآورده شود.

۶-۴-۳ واسنجی شبکه‌های CDN برای خطوط اتصال میانی

۶-۴-۳-۱ کلیات

۱- توصیه می شود ولازم است که شبکه‌های CDN برای خطوط اتصال میانی را با همان پیکربندی (همان عناصر تزویج و عدم‌تزویج) واسنجی کنند که برای آزمون به کار می‌رود.

ولتاژ فراتاخت مانده اندازه‌گیری شده بین خطوط فراتاخت و زمین در طرف AE شبکه CDN در حالت متصل نبودنEUT و AE باید طوری اندازه‌گیری و ثبت شود که کاربران CDN بتوانند تعیین کنند که آیا حفاظت برای کار با آن AE خاص کافی است.

۶-۴-۳-۲ واسنجی شبکه‌های CDN برای خطوط اتصال میانی نامتقارن

اندازه‌گیری‌ها باید با اعمال ضربه به یک مسیر تزویج در هر بار انجام شود.

دامنه قله، زمان پیشانی و مدت زمان ضربه باید طبق جدول ۷ برای جریان و ولتاژ ضربه نامی CDN در درگاه خروجی EUT اندازه‌گیری شود.

برای اندازه‌گیری جریان و ولتاژ ضربه در درگاه خروجی EUT ورودی‌های DN در طرف AE باید به PE اتصال کوتاه شود.

مقدار ولتاژ مانده به الزامات حفاظتی AE بستگی دارد. بنابراین هیچ حدی در این استاندارد نیامده است.

جدول۷- خلاصه فرایند واسنجی‌سازی برای خطوط اتصال میانی نامتقارن

	تزویج	اندازه‌گیری	طرفAE	طرفEUT
ولتاژ فراتاخت در طرف EUT	تک خط بهPE	ولتاژ قله تک خط، زمان پیشانی، زمان کاهش فراتاخت به مقدار میانی	تمام خطوط اتصال کوتاه به PE	مدار باز
جریان فراتاخت در طرفEUT	تک خط به PE	جریان قله تک خط، زمان پیشانی زمان کاهش فراتاخت به مقدار میانی	تمام خطوط اتصال کوتاه به PE	اتصال کوتاه
ولتاژ فراتاخت در طرف EUT	خط به خط تکی	ولتاژ قله تک خط، زمان پیشانی،زمان کاهش فراتاخت به مقدار میانی	تمام خطوط اتصال کوتاه به PE	مدار باز
جریان فراتاخت در طرفEUT	تک خط به خط	جریان قله تک خط، زمان پیشانی، زمان کاهش فراتاخت به مقدار میانی	تمام خطوط اتصال کوتاه به PE	اتصال کوتاه
ولتاژ مانده در طرف AE (همراه با عناصر حفاظتی)	تک خط به PE	خط به PE در زمان قله ولتاژ	مدار باز	مدار باز

منظور از این فرایند واسنجی بررسی کارکرد مناسب اجزاء، اشباع چوک‌های عدم‌تزویج، اثر عدم‌تزویج در طرف DN، قابلیت جریان و اثر تزویج طرف CN است. روش تزویج که شرح آن در بند بالا آمده است بر شکل‌موج‌های جریان و ولتاژ اثر دارد. پارامترهای واسنجی‌سازی در جدول ۸ تعریف شده است.

جدول۸- مشخصات شکل موج فراتاخت در درگاه EUT شبکه CDN برای خطوط اتصال میانی نامتقارن

روش تزویج	ولتاژ خروجی CWG الف،ب، پ	Voc در خروجی EUTشبکه CDN ±۱۰ درصد	زمان پیشانی ولتاژTf Tf=1.67×Tr ±۳۰ درصد	زمان ولتاژTd Td= Tw ±۳۰ درصد	Isc در خروجی EUTشبکه CDNی ±۲۰ درصد	زمان پیشانی جریانTf Tf=1.25×Tr ±۳۰ درصد	زمان کاهش به مقدار میانی جریان Td Td=1.18×Tw ±۳۰ درصد
خط به PE R=40Ω CD=0.5µF	۴kV	۴kV	۱٫۲ µs	۳۸ µs	۸۷ A	۱٫۳ µs	۱۳ µs
خط به PE R=40Ω CD=GDT	۴kV	۴kV	۱٫۲ µs	۴۲ µs	۹۵ A	۱٫۵ µs	۴۸ µs
خط به خط R=40Ω CD=0.5µF	۴kV	۴kV	۱٫۲ µs	۴۲ µs	۸۷ A	۱٫۳ µs	۱۳ µs
خط به خط R=40Ω CD=GDT	۴kV	۴kV	۱٫۲ µs	۴۷µs	۹۵ A	۱٫۵ µs	۴۸ µs

الف- توصیه کرده‌اند که CDN در بالاترین ولتاژ ضربه نامی واسنجی شود زیرا باعث می‌شود اثرات نوفه کلیدزنی تولیدی توسط CLD و GTD به کمینه برسد. مقدار جدول برای تنظیم۴kV مولد است. در مورد شبکه CDN برای بیشینه ولتاژ ضربه دیگری نامی شده باشد واسنجی باید در همان ولتاژ ضربه انجام شود و مشخصه جریان قله اتصال کوتاه باید مطابق آن در نظر گرفته شود. مثلاً اگر ولتاژ بیشینه kV ۱باشد مقدار جریان اتصال کوتاه این جدول را باید در ۱٫۴ ضرب کرد.

ب- تزویج از طریق برق‌گیر، گیره یا افزاره‌های بهمنی مقداری نوفه کلیدزنی در شکل موج ضربه نمایان می‌کند. کار با بالاترین ولتاژ ضربه ممکن باعث خواهد شد اثر آن‌ها بر اندازه‌گیری‌ها کمینه شود، توصیه کرده‌اند که برای اندازه‌گیری مقادیر زمان پیشانی و زمان از نوفه کلیدزنی صرف‌نظر شود.

پ: مقادیر این جدول برای (CWG) دارای مقادیر مطلوب است. در مواردی که CWG مقادیر پارامتری نزدیک به رواداری‌ها تولید کند رواداری‌های دیگر CDN ممکن است مقادیری خارج از رواداری برای ترکیب CWG-CDN تولید کنند.

۶-۴-۳-۳ واسنجی شبکه‌های CDN برای خطوط اتصال میانی متقارن

اندازه‌گیری‌های واسنجی‌سازی باید طبق جدول ۹ در ولتاژ ضربه نامی CDN انجام شود. اندازه‌گیری دامنه قله، زمان پیشانی و زمان باید طبق جدول ۹ در درگاه خروجیEUT انجام گیرد.

برای اندازه‌گیری‌های جریان و ولتاژ در درگاه خروجیEUT ورودی‌های DN در AE باید بهPE اتصال کوتاه شود.

مقدار ولتاژ باقی مانده به الزامات حفاظتی AE بستگی دارد. بنابراین هیچ حدی در این استاندارد نیامده است. اندازه‌گیری ولتاژ مدار باز بین سیم‌های زوج‌های مختلف را هم توصیه کرده‌اند. ولتاژ تفاضلی بین زوج‌ها می‌تواند در EUT مختص کار در شبکه‌های بسیار متعادل مشکلات کاذب پدید آورد. هیچ حدی برای این مقدار پیشنهاده نشده است زیرا رواداری به طرح EUT بستگی دارد.

جدول۹- خلاصه فرایند واسنجی‌سازی شبکه‌های CDN برای خطوط اتصال میانی متقارن

	تزویج	اندازه‌گیری	طرفAE	طرفEUT
ولتاژ فراتاخت در طرف EUT	حالت مشترک- تمام خطوط به PE مسیرΩ ۴۰ الف	تمام خطوط به هم اتصال کوتاه شده است ولتاژ قله، زمان پیشانی، زمان کاهش فراتاخت به مقدار میانی	تمام خطوط اتصال کوتاه به PE	مدار باز- تمام خطوط به هم متصل است.
جریان فراتاخت در طرفEUT	حالت مشترک- تمام خطوط به PE مسیرΩ ۴۰ الف	تمام خطوط به هم اتصال کوتاه شده است ولتاژ قله، زمان پیشانی،زمان کاهش فراتاخت به مقدار میانی	تمام خطوط اتصال کوتاه به PE	تمام خطوط اتصال کوتاه به PE
ولتاژ مانده در طرف AE (همراه با عناصر حفاظتی)	حالت مشترک- تمام خطوط به PE مسیرΩ ۴۰الف	هر خط به PE در زمان قله ولتاژ	مدار باز	مدار باز
الف - مسیر Ω ۴۰ یعنی این که مقاومت ظاهری انتقالی همیشه ۴۰ اهم است. یعنی برای تزویج به ۱ زوج Ω ۸۰ برای هر خط یا Ω ۴۰ به ازای هر جفت به کار می‌رود، برای تزویج به ۲ زوج Ω ۱۶۰ برای هر خط یا Ω ۸۰ به ازای هر جفت به کار می‌رود و برای تزویج به ۴ زوج Ω ۳۲۰ برای هر خط یا Ω ۱۶۰ به ازای هر جفت به کار می‌رود.				

منظور از این فرآیند واسنجی بررسی کارکرد مناسب اجزاء، اشباع چوک‌های عدم‌تزویج، اثر عدم‌تزویج در طرف DN، قابلیت جریان و اثر تزویج طرف CN است. روش تزویج که شرح آن در بند بالا آمده است بر شکل‌موج‌های جریان و ولتاژ اثر دارد. پارامترهای واسنجی‌سازی در جدول ۱۰ تعریف شده است.

جدول۱۰- مشخصات شکل موج فراتاخت در درگاه EUT شبکه CDN برای خطوط اتصال میانی متقارن

روش تزویج	ولتاژ خروجی CWG الف،ب،پ	Voc در خروجی EUT شبکه CDN ±۱۰ درصد	زمان پیشانی ولتاژ Tf Tf=1.67×Tr ±۳۰ درصد	زمان کاهش به مقدار میانی ولتاژ Td Td= Tw ±۳۰ درصد	Isc در خروجی EUT شبکه CDN ±۲۰ درصد	زمان پیشانی جریان Tf Tf=1.25×Tr ±۳۰ درصد	زمان Td Td=1.18×Tw ±۳۰ درصد
حالت مشترک- CDت مسیر Ω۴۰الف	۲ kV	۲ kV	۱٫۲ µs	۴۵ µs	۴۸ A	۱٫۵ µs	۴۵ µs

الف- توصیه کرده‌اند که CDN در بالاترین ولتاژ ضربه نامی واسنجی شود زیرا باعث می‌شود اثرات نوفه کلیدزنی تولیدی توسط CLD و GTD به کمینه برسد. مقادیر جدول برای تنظیم۲kV مولد است. اگر برای بیشینه ولتاژ ضربه دیگری نامی شده باشد واسنجی باید در همان ولتاژ بیشینه ضربه نامه انجام شود و مشخصه جریان قله اتصال کوتاه مطابق آن در نظر گرفته شود. مثلاً اگر ولتاژ بیشینه۴ kV باشد مقدار جریان اتصال کوتاه این جدول را باید در ۲ ضرب کرد.

ب- تزویج از طریق برق‌گیر، گیره یا افزاره‌های بهمنی مقداری نوفه کلیدزنی در شکل موج ضربه نمایان می‌کند. کار با بالاترین ولتاژ ضربه ممکن باعث خواهد شد اثر آن‌ها بر اندازه‌گیری‌ها کمینه شود، اما توصیه کرده‌اند که برای اندازه‌گیری مقادیر قله از نوفه کلیدزنی صرف‌نظر شود.

پ- مقادیر این جدول برایCWG دارای مقادیر مطلوب است. در مواردی که CWG مقادیر پارامتری نزدیک به رواداری‌ها تولید کند رواداری‌های دیگر CDN ممکن است مقادیری خارج از رواداری برای ترکیب CWG-CDN تولید کنند.

ت- افزاره تزویج (CD) می‌تواند به خازن‌ها، برق‌گیرها، افزاره‌های گیره، افزاره‌های بهمنی یا هر روشی متکی باشد که امکان می‌دهد داده‌های خواسته شده EUT دارای کارکرد درستی باشند و در عین حال پارامترهای شکل موج ضربه این جدول برآورده شود.

۷ چیدمان آزمون

۷-۱ تجهیزات آزمون

تجهیزات زیر قسمتی از چیدمان آزمون است:

- وسیلهٔ تحت آزمون (EUT)؛
- تجهیزات کمکی (AE) وقتی که نیاز باشد؛
- کابل‌ها (با نوع و طول مشخص)؛
- شبکهٔ تزویج/عدم‌تزویج؛
- مولد موج ترکیبی؛
- صفحه زمین مرجع برای آزمون‌ها خطوط حفاظدار طبق شرح زیربند ۷-۶-۲ در زیر و شکل ۱۲

یادآوری- در صورتی که مناسب باشد می‌توان از چیدمان آزمون دارای صفحه مرجع تعریف شده طبق IEC 61000-4-4 استفاده کرد.

۷-۲ راستی‌آزمایی ابزار آزمون

منظور از راستی‌آزمایی تضمین کارکرد درست چیدمان آزمون است. چیدمان آزمون شامل موارد زیر می‌شود:

- مولد موج ترکیبی
- شبکه CDN
- بافه‌های اتصال میانی تجهیزات آزمون

برای راستی‌آزمایی کارکرد درست سامانه بهتر است نشانک زیر را بررسی شود

- ضربه فراتاخت حاضر در پایانه خروجی CDN

راستی‌آزمایی حضور فراتاخت در هر سطح با استفاده از تجهیزات اندازه‌گیری مناسب (مثل نوسان نما) بدون آن که EUT به سامانه وصل باشد کفایت می‌کند.

یادآوری- آزمایشگاه‌ها ممکن است مقدار مرجع کنترل داخلی برای این روال راستی‌آزمایی تخصیص داده باشند.

۷-۳ چیدمان آزمون برای فراتاخت‌های اعمالی به منبع تغذیه EUT

فراتاخت $\frac{1/2}{50}$ باید از طریق شبکه تزویج خازنی به پایانه‌های منبع تغذیه EUT اعمال شود (شکل‌های ۵, ۶، ۷ و ۸ را ببینید). شبکه‌های عدم تزویج برای جلوگیری از تاثیرات مضر ممکن روی تجهیزاتی که تحت آزمون نیستند و ممکن است به وسیله همان خطوط تغذیه شوند و برای فراهم کردن مقاومت ظاهری عدم‌تزویج کافی به موج فراتاخت ضرورت دارند. به‌طوری که موج مشخص شده بتواند روی خطوط تحت آزمون اعمال شود،

مشخصات CDN را باید از جدول ۴ انتخاب کرد تا با جریان نامی EUT سازگاری وجود داشته باشد (مثلاً EUT دارای جریان نامی ۵ A را باید با CDN منطبق با مشخصات CDN دارای جریان نامی ۱۶ A آزمایش کرد.) از هر CDN دارای جریان نامی بالاتر می‌توان استفاده کرد به شرطی که با الزامات مشخصه‌ای جدول ۴ برای نرخ جریان پایین‌تر EUT انطباق داشته باشد (مثلاً CDN دارای جریان نامی ۶۴ آمپر را می‌توان برای آزمون EUT دارای جریان نامی ۵ A به کار برد به شرطی که با الزامات مشخصه‌ای CDN دارای جریان نامی ۱۶ A منطبق باشد).

اگر به گونه دیگری مشخص نشده باشد، طول سیم تغذیه بین EUT و شبکه تزویج /عدم‌تزویج نباید از ۲m بیشتر باشد.

برای ایجاد اهداف مشخصات این استاندارد، تنها درگاه‌هایی که به‌طور مستقیم به منابع اغذیه a.c متصل هستند یا سامانه‌های توزیع تغذیه d.c، درگاه‌های تغذیه محسوب می‌شوند.

یادآوری- کارگروه محصولات ممکن است تصمیم بگیرد که درگاه‌های برق نامتصل به شبکه‌های توزیع باید طبق این استاندارد و با استفاده از CDN تعریف شده در زیربندهای ۶-۳-۲ یا ۶-۳-۳ تحت آزمون قرار گیرند.

آزمون فراتاخت منبع تغذیه اصلی جریان مستقیم بین خطوط (مثلاً ۰ تا V ۴۸-) و بین هر خط به نوبت و زمین (مثلاً صفر ولت به زمین و V ۴۸- به زمین) انجام می‌گیرد.

برای محصولات دارای عایق مضاعف (مثلاً محصولات بدون هیچ پایانه اختصاصی زمین) فراتاخت خط به زمین اعمال نمی‌شود.

ممکن است تصمیم‌گیری در مورد قابل اعمال بودن آزمون فراتاخت خط به زمین برای محصولات دارای عایق مضاعف و اتصال زمین غیر از PE به کارگروه محصولات سپرده شود.

۷-۴ چیدمان آزمون فراتاخت اعمالی به خطوط اتصال میانی نامتقارن بدون حفاظ

CDN نباید برای شرایط خاص کارکرد مدارات تحت آزمون اثر بگذارند.

مثالی از شبکه تزویج در شکل ۹ آمده است.

اگر بصورت دیگری مشخص نشده باشد، طول خط اتصالی داخلی بین EUT و شبکه تزویج نباید از m ۲ بیشتر باشد.

برای محصولات دارای عایق مضاعف (مثلاً محصولات بدون هیچ پایانه اختصاصی زمین) فراتاخت خط به زمین اعمال نمی‌شود.

۷-۵ چیدمان آزمون فراتاخت اعمالی به خطوط اتصال میانی متقارن بدون حفاظ

مثال‌هایی از شبکه‌های تزویج خطوط اتصال میانی متقارن در شکل ۱۰ و ۱۱ آمده است.

یادآوری- اگر برق‌گیر تزویج به کار رفته باشد سطوح آزمون زیر نقطه‌ی جرقه برق‌گیر را نمی‌توان مشخص کرد (نقطه جرقه برای برق‌گیر گازی دارای ولتاژ نامی ۹۰ ولت حدود ۳۰۰ ولت است).

اگر بصورت دیگری مشخص نشده باشد، طول خط اتصالی داخلی بین EUT و شبکه تزویج نباید از m ۲ بیشتر باشد.

برای آزمون فراتاخت خطوط اتصال میانی پرسرعت، وقتی به علت اثر CDN برEUT نتواند به کارکرد عادی برسد نباید آزمون فراتاخت انجام داد.

۷-۶ چیدمان آزمون برای فراتاخت‌های اعمالی به خطوط حفاظ دار

EUT از زمین جدا و فراتاخت به بدنه فلزی آن اعمال می‌شود. پایاندهی (یا تجهیزات کمکی) در درگاه(های) تحت آزمون زمین می‌شود. این آزمون برای تجهیزات با یک یا چند بافه حفاظ شده کاربرد دارد. شکل ۱۲ را ببینید.

یادآوری ۱- مرجع زمین اشاره شده در شکل ۱۲ نشان دهنده یک مرجع مقاومت ظاهری پایین است که ترجیحا به‌وسیله یک بافه اختصاصی با یک صفحه زمین تحقق یافته است.

همه اتصالات به EUT به‌جز درگاه(های) تحت آزمون باید با وسایل مناسبی از قبیل مبدل‌های جداساز ایمن یا یک شبکه عدم تزویج مناسب نسبت به زمین عایق شوند.

طول بافه بین درگاه(ها)ی تحت آزمون و افزاره متصل شده به انتهای دیگر بافه (تجهیزات کمکی در شکل ۱۲) باید :

- ۲۰m (طول ارجح) باشد یا
- کوتاه‌ترین طول در ۱۰m باشد که در آن سازنده بافه‌های از پیش سوار شده مورد استفاده در تأسیسات واقعی را فراهم می‌کند.

برای بافه‌هایی که طبق مشخصات سازنده کوچک‌تریا مساوی ۱۰m هستند هیچ آزمونی لازم نیست.

بافه بین EUT و AE باید به صورت غیرالقایی به عنوان سیم‌پیچ دو رشته‌ای دسته یا تابیده شود و روی نگه‌دارنده عایق قرار گیرد.

قانون اعمال فراتاخت به خطوط حفاظ شده:

الف- حفاظ های زمین شده در هر دو سر:

- آزمون باید طبق شکل ۱۲ انجام شود.

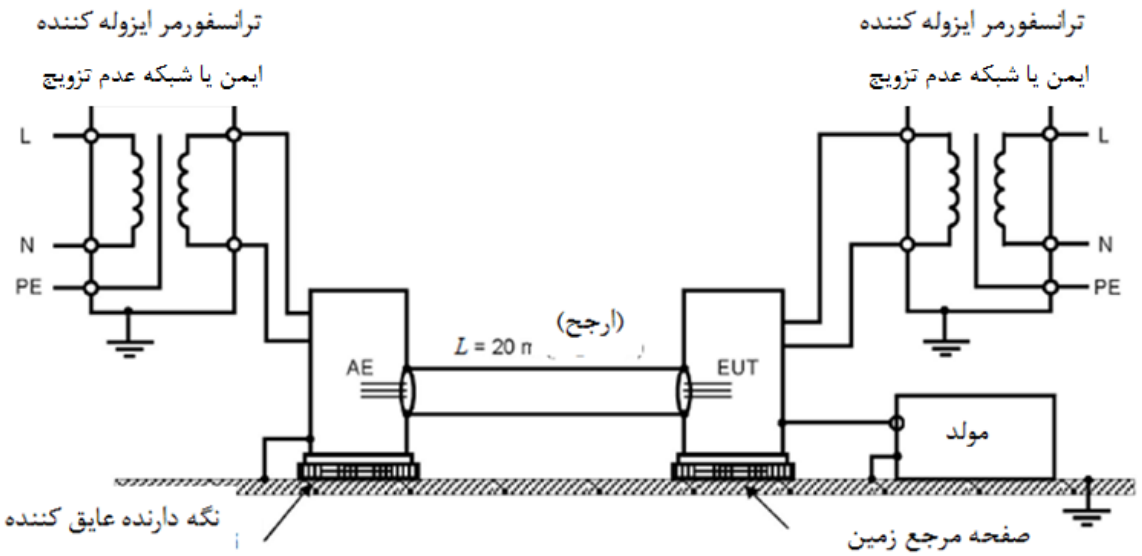
سطح آزمون با مقاومت ظاهری منبع مولد ۲ اهمی و خازن ۱۸ µs به حفاظ‌ها اعمال شود (به زیربند ۶-۲-۳ مراجعه شود)

ب- حفاظهای زمین شده در یک سر:

- آزمون باید طبق بندهای ۷-۴ یا ۷-۵ (به شکل ۴ مراجعه شود) انجام شود زیرا حفاظ هیچ حفاظتی در برابر فراتاخت‌های القایی از میدان‌ها مغناطیسی به دست نمی‌دهد.

یادآوری ۲- در این مورد آزمون فراتاخت به حفاظ اعمال نشده است.

برای تجهیزات EUT فاقد محفظه- فلزی، فراتاخت مستقیماً به بافه حفاظ دار در طرف EUT اعمال می‌شود.



شکل ۱۲ - مثالی از چیدمان آزمون فراتاخت اعمالی به خطوط حفاظ دار

تأمین برق EUT ویا AE از طریق شبکه عدم تزویج به جای مبدل جداکننده نشان داده شده مجاز است. در این مورد اتصال زمین حفاظتی EUT بهتر است به شبکه عدم تزویج وصل نشود.

DC همراه EUT ویا AE باید از طریق شبکه‌های عدم تزویج به برق وصل شود.

در جایی که جداسازی تجهیزات AE از فراتاخت ضروری باشد اتصال زمین طرف AE بافه تحت آزمون را می‌توان با اتصال مستقیم به حفاظ اتصال‌دهنده و نه بدنه AE انجام داد. اگر عایق‌بندی بیش‌تری لازم باشد و بتوان بافه را بدون اثرگذاری بر یکپارچگی حفاظ افزایش طول داد (مثلاً از اتصال‌دهنده لوله‌ای هم‌محور یا تزویج‌گر بافه اترنت حفاظ دار استفاده کرد) اتصال زمین را می‌توان با حفاظ تزویج‌گر افزایش طول انجام داد. در این مورد طول بافه بین EUT و تزویج‌گر را اندازه می‌گیرند نه بین EUT و AE را طول بافه بین تزویج‌گر و AE اهمیت زیادی ندارد.

۸ روال آزمون

۸-۱ کلیات

روال آزمون عبارت است از:

- راستی‌آزمایی وسایل اندازه‌گیری آزمون طبق ۷-۲
- برقرارسازی شرایط مرجع آزمایشگاه
- تصدیق کارکرد درست EUT
- اجرای آزمون

- ارزیابی نتایج آزمون (به بند ۹ مراجعه شود)

۸-۲ شرایط مرجع آزمایشگاه

۸-۲-۱ شرایط اقلیمی

شرایط اقلیمی آزمایشگاه باید در محدوده مشخص شده برای عملکرد EUT و تجهیزات آزمون باشد که سازندگان اعلام کرده‌اند مگر آن که در استانداردهای عام، خانواده محصول یا محصول خلاف آن ذکر شده باشد.

اگر رطوبت نسبی آن قدر زیاد باشد که در EUT یا تجهیزات آزمون میعان ایجاد کند آزمون‌ها را نباید انجام داد.

۸-۲-۲ شرایط الکترومغناطیسی

شرایط الکترومغناطیسی آزمایشگاه باید طوری باشد که عملکرد درست EUT را تضمین کند و بر نتایج آزمایش اثر نگذارد.

۸-۳ اجرای آزمون

باید راستی‌آزمایی کرد و بهتر است این کار قبل از آزمون انجام گیرد(به بند ۷-۲ مراجعه شود).

آزمون باید طبق طرح آزمون انجام شود که باید چیدمان آزمون را شامل موارد زیر مشخص می‌کند:

- سطح آزمون
- تعداد ضربه (برای هر مسیر تزویج)

- تعداد ضربه فراتاخت در صورتی که در استانداردهای مربوطه عدد دیگری ذکر نشده باشد:

۱- پنج ضربه فراتاخت مثبت و منفی برای درگاه برق .d.c و خطوط اتصال میانی

۲- پنج ضربه مثبت و منفی برای درگاه برق a.c هر یک در ۰،۹۰،۱۸۰ و ۲۷۰ درجه

زمان بین ضربه‌های متوالی: ۱ دقیقه یا کم‌تر

شرایط عملیاتی نمایان‌گر EUT

درگاه‌های تحت آزمون EUT

درگاه‌های برق (.a.c یا.d.c) می‌تواند درگاه‌های ورودی یا خروجی باشد.

توصیه می‌کنند فراتاخت به درگاه‌های خروجی در کاربردهایی اعمال شود که محتمل است فراتاخت از درگاه‌های خروجی وارد همان EUT شود (مثلاً در کلیدزنی بارهای دارای مصرف برق زیاد)

هنگام آزمون سامانه‌های ۳ فاز، همزمانی زاویه‌های فاز باید از همان خط تحت آزمون گرفته شود یعنی هنگام اعمال ضربه‌ها بین L2 وL3 همزمانی زاویه فاز باید ولتاژ بین L2 وL3 باشد.

وقتی بین خطوط تزویج مثلاً بین N و PE در سامانه‌های توزیع برق TN-S ولتاژ منبع اصلی برق نباشد همزمانی اعمال نمی‌شود. در این مورد باید پنج ضربه مثبت و پنج ضربه منفی اعمال کرد.

در موردی که مدارهای ثانویه (جدا شده از منابع a.c) در معرض افزایش اضافه ولتاژهای گذرا نیستند (برای مثال، مدارهای ثانویه d.c پالایه شده خازنی که بصورت قابل اطمینانی زمین شده‌اند. در جایی که ریپل (موجک قله به قله از ٪۱۰ قطعه d.c کمتر است)، فراتاخت به درگاه‌های ورودی /خروجی ولتاژ پایین d.c (بیشینه۶۰ V) اعمال نمی‌شود.

یادآوری ۱ – درصورت وجود مدارهای مشابه متعدد، ممکن است اندازه گیری‌های نمونه‌ای روی تعدادی انتخاب شده ازمدارها کافی باشد.

اگر انجام آزمون با نرخی سریع‌تر از ۱ دقیقه باعث خطا شود ولی آزمون انجام شده در این نرخ خطایی ایجاد نکند، انگاه آزمون انجام شده در نرخ ۱ دقیقه غالب است.

یادآوری ۲- کمیته‌های محصول ممکن است زوایای فاز مختلفی را انتخاب کنند و اگر برای محصول آنها مناسب باشد، تعداد فراتاخت در هر فاز را کاهش یا افزایش دهند.

یادآوری ۳- اکثر مدارهای حفاظتی در استفاده‌های متداول، قابلیت های تحمل توان میانگین پایینی را دارند اگرچه در مهار قلهٔ توان یا قلهٔ انرژی می‌توانند با جریان‌های بالا سر و کار پیدا کنند، بنابراین (زمان بین دو فراتاخت و زمان بازیافت) به افزاره‌ها حفاظتی درونیEUT بستگی دارد.

یادآوری ۴–اطلاعات بیش‌تر در مورد کاربرد آزمون‌ها در بند پ-۲ آمده است.

هنگام آزمایش کردن خط به زمین، خطوط به‌طور متوالی و جداگانه آزمون می‌شوند مگر اینکه مشخصات دیگری وجود داشته باشد.

روش اجرای آزمون همچنین باید ویژگی‌ها غیرخطی جریان- ولتاژ تجهیزات تحت آزمون را در نظر گیرد. بنابراین تمام سطوح پایین آزمون (به جدول۱ مراجعه شود) شامل سطح انتخاب شده آزمون را باید آزمایش کرد.

۹ ارزیابی نتایج آزمون

نتایج آزمون باید برحسب از دست رفتن کارکرد و یا کاهش عملکرد تجهیزات تحت آزمون، نسبت به یک سطح کارآیی تعریف شده توسط تولیدکنندهٔ آن یا درخواست‌کنندهٔ آزمون، یا توافق بین تولیدکننده و خریدار محصول رده‌بندی شود. رده‌بندی توصیه شده به شرح زیر است:

الف- عملکرد عادی در محدودهٔ تعیین شده توسط تولیدکننده، درخواست کننده یا خریدار؛

ب- از دست رفتن موقتی کارکرد یا کاهش عملکرد که بعد از توقف اختلال از بین می‌رود و تجهیزات تحت آزمون عملکرد عادی خود را، بدون مداخله کارور باز می‌یابند؛

پ- از دست رفتن موقتی کارکرد یا کاهش عملکرد، که تصحیح آن احتیاج به مداخله کارور دارد؛

ت-از دست رفتن کارکرد یا کاهش عملکرد که به علت آسیب دیدن سخت افزار یا نرم‌افزار، یا از بین رفتن اطلاعات، قابل بازیابی نیست.

مشخصاتی که سازنده می‌دهد ممکن است تأثیرات روی EUT را مشخص کند که مجاز است مهم تلقی نشوند و بنابراین قابل قبول باشند،

این رده‌بندی ممکن است به‌عنوان راهنما در فرموله کردن معیارهای عملکرد، توسط کمیته‌های مسئول استانداردهای عام، محصول و خانوادهٔ محصول استفاده شود، یا به عنوان چهارچوبی برای توافق روی معیارهای عملکرد بین تولیدکننده و خریدار، به‌عنوان مثال در مواردی که استاندارد عام، محصول یا خانواده محصول مناسب وجود ندارد، استفاده شود.

تجهیزات نباید در نتیجه انجام آزمون‌ها حالت خطرناک یا ناایمن پیدا کنند.

۱۰ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل تمام اطلاعات ضروری برای انجام دوباره آزمون باشد. مخصوصاً، موارد ذیل باید ثبت شوند:

- اقلام مشخص شده در طرح آزمون که طبق بند ۸ این استاندارد خواسته شده است؛
- مدارک شناسایی EUT و هرگونه تجهیزات وابسته، مثل نام تجاری، نوع محصول، شماره سریال؛
- مدارک شناسایی تجهیزات آزمون، برای مثال، نام تجاری، نوع محصول، شماره سریال؛
- هرگونه شرایط محیطی ویژه که آزمون در آن انجام شده است، به‌عنوان مثال، محفظهٔ محافظت شده؛
- هرگونه شرایط خاص که برای انجام آزمون لازم است؛
- ترسیم‌ها و/یا تصاویر چیدمان آزمون و آرایش EUT
- سطح عملکرد که بوسیله تولیدکننده، درخواست کننده یا خریدار تعریف شده است؛
- معیار عملکرد که توسط استاندارد عام، محصول یا خانواده محصول تعریف شده است؛
- هرگونه تأثیرات روی EUT که در طی یا بعد از کاربرد اختلال آزمون مشاهده شده و طول دورهٔزمانی که این تأثیرات باقی می‌مانند؛
- تمام انواع بافه‌هایی که تحت آزمون قرار گرفتند شامل طول آن‌ها و درگاه واسط EUT که به آن متصل هستند.
- دلایل منطقی تصمیم بر رد یا قبول (بر پایه معیار عملکرد ذکر شده در استانداردهای عام، محصول یا خانواده محصول، یا توافق بین تولیدکننده و خریدار)؛

- هرگونه شرایط خاص برای استفاده، از قبیل طول کابل یا نوع آن، حفاظ دار کردن یا زمین کردن، یا شرایط کارکرد EUT که برای دست یافتن به شرایط قابل قبول لازم است.
- پیکربندی آزمون (از نظر سخت‌افزاری) شامل روش تزویج مورد استفاده
- پیکربندی آزمون (از نظر نرم‌افزاری)

پیوست الف

(الزامی)

آزمون فراتاخت برای خطوط ارتباطی متقارن بدون حفاظ برون بنا مورد نظر برای اتصال میانی سامانه‌های زیاد پراکنده

الف-۱ کلیات

هنگام آزمون خطوط ارتباطی متقارن که برای اتصال مستقیم به شبکه‌های مخابراتی بیرونی(مثل شبکه‌های عمومی تلفن (PSTN)) مورد نظر هستند شکل‌موج $\frac{1/2}{50}$ µs - $\frac{8}{20}$ µs ممکن است مناسب نباشد. شبکه‌های مخابراتی بیرونی معمولاً دارای طول بافه‌هایی بیش از ۳۰۰m هستند و ممکن است طول آنها به کیلومترها برسد.

در نتیجه ماهیتی که این شبکه‌ها دارند شکل‌موج $\frac{10}{700}$ µs - $\frac{5}{320}$ µs فراتاخت‌های واقعی برخوردی در میدان را بهتر نمایندگی می‌کند. روش‌های آزمون و مشخصات مولد آزمون استفاده‌کننده از مولد $\frac{10}{700}$ µs - $\frac{5}{320}$ µs در پیوست الف تعریف شده است.

در شبکه‌های بیرونی راه‌دور عموماً در جایی که بافه‌ها وارد ساختمان‌ها یا محیط بسته می‌شوند شکلی از محافظت اصلی به‌کار می‌رود. برای آن که کارکرد درست درگاه تحت آزمون تضمین شود باید به عملکرد این حفاظت اصلی توجه کرد. آزمون بهتر است طوری با حفاظت اصلی مورد نظر انجام شود تا هماهنگی بین حفاظت اصلی و هر حفاظت ثانوی درون EUT قابل راستی‌آزمایی باشد. در جایی که مشخصات دقیق حفاظت اصلی را نتوان واپایش کرد کمیته‌های محصولات می‌توانند سطوح آزمونی مختلفی برای آزمون تعریف کنند که با و بدون حفاظت اصلی متناسب ارزیابی شود. جزییات بیش‌تر این پدیده در ITU-T k.44 آمده است.

الف-۲ مولد موج ترکیبی $\frac{10}{700}$ µs

الف-۲-۱ مشخصات مولد

این مولد برای تولید فراتاختی با مشخصات زیر مورد نظر است:

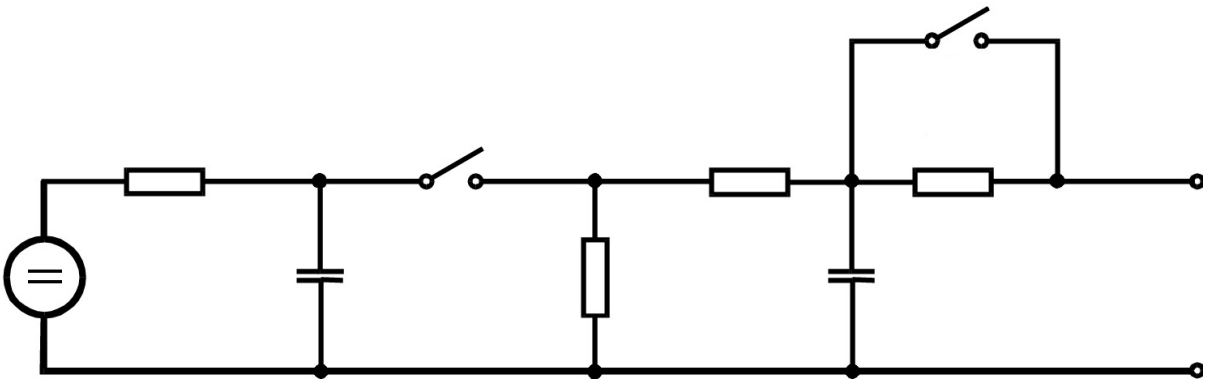
زمان پیشانی ولتاژ مدار باز ۱۰ µs

مدت زمان ولتاژ مدار باز ۷۰۰ µs

زمان پیشانی جریان اتصال کوتاه ۵ µs

مدت زمان جریان ۳۲۰ µs

نمودار ساده شده مدار مولد در شکل الف-۱ آمده است. مقادیر اجزای مختلف طوری انتخاب شده است که مولد فراتاخت بالا را تحویل دهد.



U منبع ولتاژ بالا

Rc مقاومت شارژ

Cc خازن ذخیره انرژی

Rs مقاومت شکل دهنده دوره زمانی ضربه

Rm مقاومت‌های تطبیق مقاومت ظاهری

Cs خازن شکل‌دهنده زمان صعود

S1 کلیدی که هنگام استفاده از مقاومت های تطبیق خارجی، بسته است.

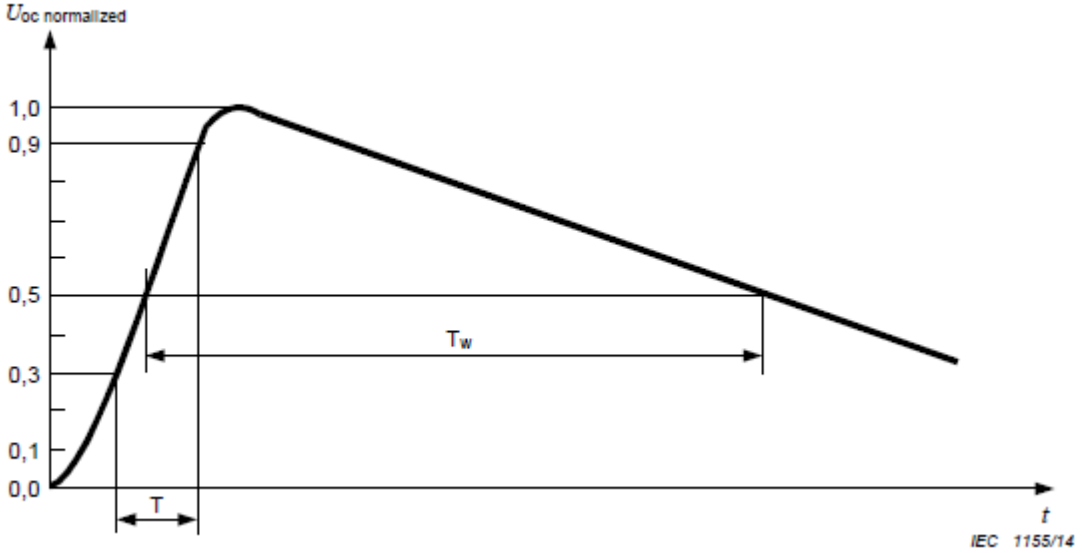
شکل الف-۱- نمودار ساده شده مدار مولد موج ترکیبی $\frac{10}{700}$ µs - $\frac{5}{320}$ µs

نسبت قله ولتاژ خروجی مدار باز به قله جریان اتصال کوتاه مولد موج ترکیبی را باید مقاومت ظاهری خروجی مؤثردر نظر گرفت. برای این مولد، نسبت مذکور مقدار ۴۰ اهم را برای مقاومت ظاهری خروجی مؤثر تعریف می‌کند.

الف-۲-۲ کارایی مولد

قطبش	مثبت و منفی
نرخ تکرار	دست کم ۱ بار در دقیقه یا بیشتر
قله ولتاژ خروجی مدار باز	قابل تنظیم از ۰٫۵ kV تا سطح آزمون مورد نیاز
شکل موج ولتاژ فراتاخت	مراجعه شود به جدول الف-۱ و شکل الف-۲
رواداری ولتاژ خروجی	مراجعه شود به جدول الف-۲
قله جریان خروجی اتصال کوتاه	بستگی دارد به تنظیم ولتاژ قله (به جداول الف-۱ و الف-۲ مراجعه شود)
رواداری جریان خروجی اتصال کوتاه	به جدول الف-۲ مراجعه شود

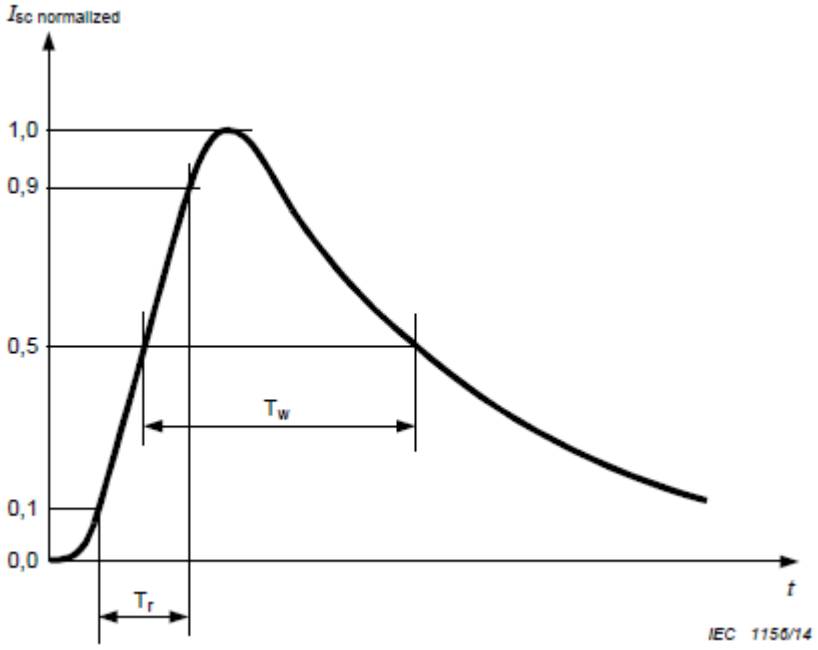
یادآوری– مقاومت ظاهری موثر خروجی به‌طور نوعی شامل مقاومت‌های ۱۵ اهم (Rm_1) و ۲۵ اهم (Rm_2) داخلی است. مقاومت‌های Rm_2 وقتی که برای چند تزویج به‌کار می‌روند ممکن است کنارگذر، موازی یا اتصال کوتاه شوند و با مقاومت‌های تزویج جایگزین شوند. شکل الف-۱ را ببینید.



زمان پیشانی :٪۳۰ ± ۱۰μs× =۱٫۶۷T =Tf

زمان رسیدن به مقدار میانی:٪۲۰± ۷۰۰μs =Tw = Td

شکل الف-۲ شکل موج ولتاژ مدار باز($\frac{10}{700}$ μs)



زمان پیشانی ٪۲۰± ۵ μs =Tr ×۱۲۵ =Tf

زمان:٪۲۰± ۳۲۰ μs =Tw=Td

شکل الف-۳ شکل موج جریان اتصال کوتاه ($\frac{5}{320}$ μs)

جدول الف-۱- تعاریف پارامترهای شکل موج ($\frac{10}{700}$ µs) و ($\frac{50}{320}$ µs)

	زمان پیشانی µs	مدت زمان µs
ولتاژ مدار باز	۱۰ ± ۳۰٪	۷۰۰± ۲۰٪
جریان اتصال کوتاه	۵± ۲۰٪	۳۲۰ ± ۲۰٪

جدول الف-۲: رابطه بین قله ولتاژ مدارباز و قله جریان اتصال کوتاه

ولتاژ قله مدار باز ٪۱۰± در خروجی مولد	ولتاژ قله مدار باز ٪۱۰± در خروجی مولد
۰٫۵ kV	۱۲٫۵ A
۱ kV	۲۵ A
۲ kV	۵۰ A
۴ kV	۱۰۰ A

یادآوری- جریان قله اتصال کوتاه را در حالت باز بودن S_1 در شکل الف-۱ اندازه‌گیری می‌کنند.

جریان قله اتصال کوتاه و ولتاژ قله مدار باز باید با تنظیمات همانند مولد انجام شود.

الف-۲-۳ واسنجی‌سازی مولد

برای مقایسه نتایج آزمون حاصل از مولدهای مختلف، مولد آزمون باید به‌طور ادواری واسنجی شود برای این منظور، روش اجرایی زیر برای اندازه‌گیری مهمترین ویژگی‌های بنیادی مولد لازم است.

خروجی مولد باید به یک سامانه اندازه‌گیری متصل شود که دارای پهنای باند و قابلیت ولتاژ و جریان کافی برای پایش ویژگی‌های شکل موج‌ها باشد. پیوست E اطلاعات مرتبط با پهنای باند شکل موج های فراتاخت را ارائه می کند

اگر مبدل جریان (پروب) برای اندازه‌گیری جریان اتصال کوتاه به‌کار رود بهتر است طوری آن را انتخاب کرد که هسته مغناطیسی دچار اشباع نشود. بسامد گوشه پایین (۳ dB-) پروب بهتر است از ۱۰ Hz کم‌تر باشد.

ویژگی‌های مولد باید در شرایط مدار باز (با بار بزرگتر یا مساوی ۱۰ kΩ) و تحت شرایط اتصال کوتاه (بار کوچکتر یا مساوی ۰٫۱ Ω) در همان ولتاژ شارژ اندازه‌گیری شود.

تمام مشخصات عملکرد مذکور در الف-۲-۲ باید در خروجی مولد برآورده شود.

الف-۳ شبکه‌های تزویج /عدم تزویج

الف-۳-۱ کلیات

به علت ماهیت خاص سیم‌بندی مورد استفاده برای خطوط ارتباطی متقارن بیرونی بدون حفاظ (زوج سیم تابیده)، تزویج همیشه درحالت مشترک است. طرح کلی تزویج و عدم‌تزویج در شکل الف-۴ آمده است.

تزویج از طریق برق‌گیر، روش تزویج ارجح برای خطوط ارتباط متقارن بیرونی بدون حفاظ است که در شکل الف-۴ نشان داده شده است. تقسیم جریان فراتاخت در چند زوج سیم، بافه‌های چندسیمی نیز وظیفه شبکه تزویج است. مقاومت تطبیق داخلی (۲۵Ω) Rm2 جای خود را به مقاومت بیرونی Rc = ۲۵Ω می‌دهد.

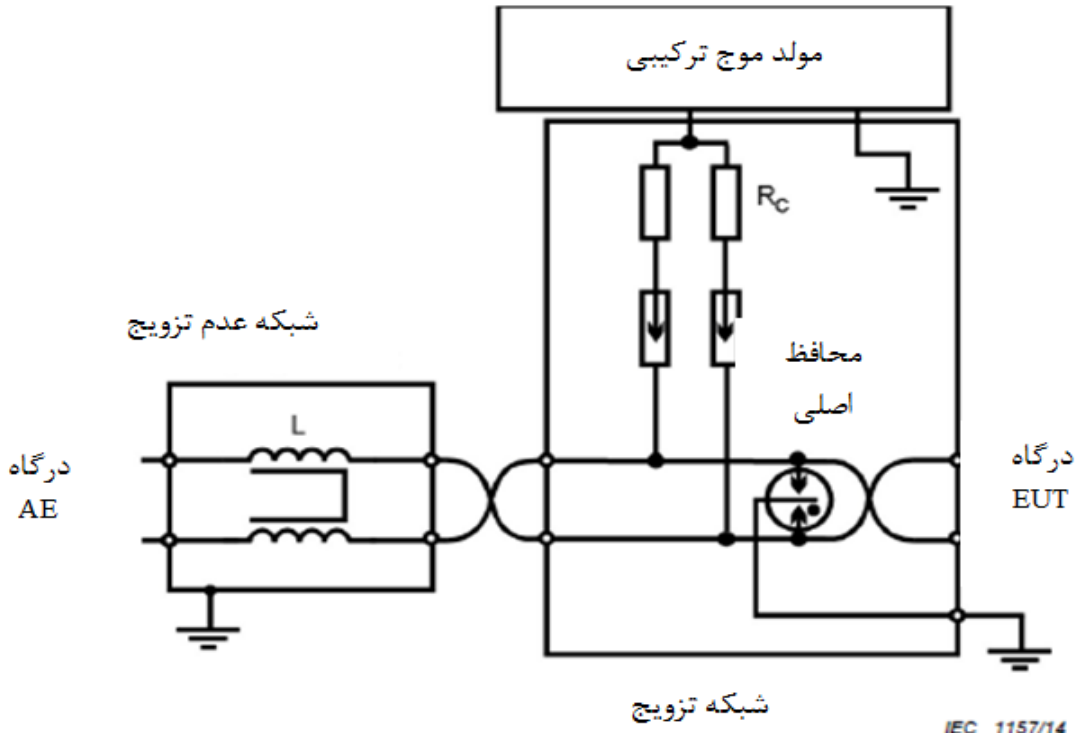
مشخصات توصیه‌ای شبکه تزویج /عدم‌تزویج :

مقاومت ظاهری تزویج R_c = ۲۵Ω در هر خط به اضافه مقاومت ظاهری برق‌گیر

القا کننده‌های عدم‌تزویج L = ۲۰mH

طرح و مقادیر اجزای شبکه پیشنهادی تزویج /عدم‌تزویج ممکن است برای شبکه‌های پرسرعت (مثل DSL) مناسب نباشد و انتقال داده‌ای خواسته شده دچار افت شود.

الف-۳-۲ شبکه‌های تزویج /عدم تزویج برای خطوط ارتباط بیرونی



مقاومت تطبیق داخلی(۲۵Ω) Rm2 جای خود را به مقاومت بیرونی Rc = ۲۵Ω می‌دهد.

یادآوری۱- به جای برق‌گیرهای گازی نشان داده شده می‌توان طبق شکل ۹ از مدار گیره استفاده کرد.

یادآوری۲-در جایی که درگاه قرار است همیشه با حفاظت اولیه مشخصی به کار رود آزمون با برقراری همان حفاظت اولیه انجام می‌شود تا هماهنگی با عناصر حفاظت تضمین شود.

شکل الف-۴ مثالی از چیدمان آزمون برای خطوط ارتباط متقارن بیرونی بدون حفاظ: تزویج خطوط به زمین، تزویج از طریق برق‌گیرهای گازی(حفاظت اولیه برقرار شده است)

الف-۴واسنجی‌سازی شبکه‌های تزویج /عدم‌تزویج

اندازه‌گیری‌ها باید با اعمال ضربه به یک زوج تزویج در هر بار انجام شود.

دامنه قله، زمان پیشانی و مدت ضربه باید برای CDN در ولتاژ ضربه در شرایط مدار باز و در جریان شرایط اتصال کوتاه اندازه‌گیری شود. مقادیر در جدول الف – ۴ آمده است.

برای اندازه‌گیری جریان و ولتاژ ضربه در درگاه خروجی EUT ورودی‌های DN در طرف AE باید به PE اتصال کوتاه شود.

مقدار ولتاژ مانده به الزامات حفاظتی AE بستگی دارد. بنابراین هیچ حدی در این استاندارد نیامده است.

فرایند واسنجی‌سازی در جدول الف-۳ فهرست‌بندی شده است.

جدول الف-۳- خلاصه فرایند واسنجی‌سازی CDN برای خطوط پیوند متقارن بیرونی بدون حفاظ

	تزویج	اندازه‌گیری	طرفAE	طرفEUT
ولتاژ فراتاخت در طرفEUT	حالت مشترک- تک خط به PE	هردو خط از یک زوج به هم اتصال کوتاه شده‌اند: ولتاژ قله، زمان پیشانی، مدت زمان	تمام خطوط اتصال کوتاه به PE	مدار باز، هردو خط از یک زوج به هم وصل شده‌اند
جریان فراتاخت در طرفEUT	حالت مشترک- تک خط به PE	هردو خط از یک زوج به هم اتصال کوتاه شده‌اند: جریان قله، زمان پیشانی، مدت زمان	تمام خطوط اتصال کوتاه به PE	هردو خط از یک زوج به PE اتصال کوتاه شده‌اند
ولتاژ مانده در طرفAE (همراه با عناصر حفاظتی)	حالت مشترک- تک خط بهPE	هردو خط از یک زوج به هم اتصال کوتاه شده‌اند: ولتاژ قله	مدار باز	مدار باز

منظور از این فرایند واسنجی‌سازی بررسی کارکرد مناسب اجزاء، اشباع چوک‌های عدم تزویج، اثر عدم‌تزویج در طرف DN، قابلیت جریان و اثر تزویج طرف CN است. روش تزویج که شرح آن در بند بالا آمده است بر شکل‌موج‌های جریان و ولتاژ اثر دارد. پارامترهای واسنجی‌سازی در جدول الف-۴ تعریف شده است.

جدول الف-۴ مشخصات شکل موج فراتاخت در درگاه EUT شبکه CDN برای خطوط ارتباط متقارن بیرونی بدون حفاظ

روش تزویج	ولتاژ خروجی CWG الف،ب،پ	Voc در خروجی EUT شبکه CDN ±۱۰ درصد	زمان پیشانی ولتاژ Tf ±۳۰ درصد	زمان ولتاژ Td ±۳۰ درصد	Isc در خروجی EUT شبکه CDN ±۲۰ درصد	زمان پیشانی جریان Tf ±۳۰ درصد	زمان جریان Td ±۳۰ درصد
حالت مشترک CD ۱جفت ۲۷/۵ اهم	۴ kV	۴ kV	۸ µs	۲۵۰ µs	۱۴۵ A	۳٫۲ µs	۲۵۰ µs

الف- برای CDN دارای بیش از یک زوج هر زوج را طبق جدول الف-۳ بهتر است جداگانه واسنجی کرد.

ب- تزویج از طریق برق‌گیر، گیره یا افزاره‌های بهمنی مقداری نوفه کلیدزنی در شکل موج ضربه نمایان می‌کند. کار با بالاترین ولتاژ ضربه ممکن باعث شود که اثر آن‌ها بر اندازه‌گیری‌ها کمینه شود، توصیه شده که برای اندازه‌گیری مقادیر زمان پیشانی و زمان کاهش فراتاخت به مقدار میانی از نوفه کلیدزنی صرف‌نظر شود.

پ- مقادیر این جدول برای CWG دارای مقادیر مطلوب است. در مواردی که CWG مقادیر پارامتری نزدیک به روادارهای تولید کند روادارهای دیگر CDNممکن است مقادیری خارج از روادارهای برای ترکیب CWG-CDN تولید کنند.

الف-۵ چیدمان آزمون برای فراتاخت‌های اعمالی به خطوط ارتباطی پیوند متقارن بی‌حفاظ بیرونی

برای مدارات ارتباط یا اتصال میانی متقارن (به شکل الف-۴ مراجعه شود) معمولاً ازروش تزویج خازنی نمی‌توان استفاده کرد. در این مورد تزویج از طریق جرقه‌گیرهای خازنی انجام می‌شود. سطوح آزمون زیر نقطه جرقه برق‌گیر تزویج را نمی‌توان مشخص کرد (نقطه جرقه برای برق‌گیر گازی دارای ولتاژ نامی ۹۰ V حدود ۳۰۰V است).

دو پیکربندی آزمون را بهتر است در نظر داشت:

الف- برای ارزیابی مصونیت در سطح تجهیزات باید آزمونی انجام داد که در EUT فقط دارای حفاظت ثانوی در سطح آزمون پایین مثلاً ۰٫۵ یا ۱ کیلوولت باشد.

ب- برای ارزیابی مصونیت در سطح سامانه باید آزمونی انجام داد که دارای حفاظت اولیه دیگری در سطح آزمون بالاتر مثلاً ۲ kV یا ۴ kV باشد.

خط اتصال میانی بین EUT و شبکه تزویج /عدم‌تزویج نباید از ۲ m فراتر برود مگر مقدار دیگری مشخص شده باشد.

تزویج همیشه در حالت مشترک است و رابط‌ها همزمان نسبت به مرجع زمین درنظر گرفته می‌شوند (به شکل الف-۴ مراجعه شود).

یادآوری- رساناهای آزمایش نشده از طریق افزاره تزویج به زمین وصل هستند که بر گذرکرد داده‌های خواسته شده درگاه تحت آزمون (مثلاً GDT) اثر نمی‌گذارد.

پیوست ب

(اطلاعاتی)

انتخاب مولدها و سطوح آزمون

ب-۱ کلیات

انتخاب سطوح آزمون بهتر است بر اساس شرایط آزمون باشد و ممکن است در استانداردهای محصول یا خانواده محصولات مشخص شده باشد. وقتی سطوح تعریف شده‌ای وجود نداشته باشد بهتر است جداول ب-۱ و ب-۲ را همراه اطلاعات پ-۳ به کار برد. این مقادیر فقط برای نشان دادن است و توصیه یا الزام نیستند. مقادیر فقط برای مقاصد توضیحی انتخاب شده‌اند و به عنوان فعالیت توصیه شده قابل به‌کارگیری نیستند.

ب-۲ رده‌بندی محیط‌ها

رده صفر : محیط الکتریکی که کاملا حفاظت شده و اغلب درون یک اتاق مخصوص است.

رده ۱ - محیط الکتریکی که تا اندازه‌ای حفاظت شده است.

رده ۲- محیط الکتریکی که در آن کابل‌ها به طور کامل حتی در فواصل کوتاه از هم فاصله دارند.

رده۳- محیط الکتریکی که در آن کابل‌ها به‌طور موازی کنار هم قرار دارند.

رده۴ - محیط الکتریکی که در آن اتصالات داخلی به‌عنوان کابل‌های برون بنا به‌همراه کابل‌های قدرت کشیده می‌شوند و کابل‌ها برای هر دو نوع مدارهای الکتریکی و الکترونیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

رده۵- محیط الکتریکی برای تجهیزات الکترونیکی وصل شده به کابل‌های ارتباطی و خطوط هوایی قدرت در محوطه‌ای کم جمعیت.

رده X : شرایط خاص که در خصوصیات محصول ذکر شده است.

برای نشان دادن مصونیت در سطح سامانه، توصیه می‌شود بسته به شرایط واقعی نصب، اقدامات اضافی مانند حفاظت اولیه، انجام شود.

اطلاعات اضافی در پیوست پ آمده است.

ب-۳ تعریف انواع درگاه

درگاه درون‌سامانه‌ای:

- درگاه به درگاه‌هایی در همان سامانه وصل است.

درگاه داخلی:

- فقط به بافه‌های همان ساختمان وصل است.

- این درگاه برای فراهم‌سازی خدماتی مورد نظر نیست که قابل اتصال مستقیم به اتصال بیرونی باشد.
- این درگاه دارای اتصال رسانا به بافه نیست که از طریق تجهیزات دیگر (مثلاً تقسیم‌کننده) از ساختمان بیرون می‌رود.

درگاه خارجی:

- این درگاه برای اتصال مستقیم به خطوطی مورد نظر است که از ساختمان خارج می‌شوند.
- این درگاه دارای اتصال رسانا به بافه است که از طریق تجهیزات دیگر (مثلاً تقسیم‌کننده) از ساختمان بیرون می‌رود.

ب-۴ انواع فراتاخت و مولدها

فراتاخت‌ها (و مولدهای) مربوط به رده‌های مختلف عبارتند از:

رده‌های ۱ تا ۵: $\frac{1/2}{50}$ µs ($\frac{8}{20}$ µ s) برای درگاه‌های خطوط برق، خطوط/مدارات نشانک بردکوتاه و شبکه‌های محلی (مثل اترنت، حلقوی و غیره) و شبکه‌های مشابه

رده‌های ۴ تا ۵: $\frac{10}{700}$ µs ($\frac{5}{320}$ µs) برای خطوط ارتباط متقارن مورد نظر برای اتصال میانی سامانه‌های به طور وسیع گسترده از طریق وسایلی مثل اتصال مستقیم به شبکه‌های مخابراتی چندکاربری (شبکه تلفن عمومی)، خطوط مشترک رقمی نوع X (XDSL) و غیره، خطوط معمولاً طولانی‌تر از ۳۰۰ m.

مقدار مقاومت ظاهری منبع بهتر است مانند ارقام چیدمان‌های آزمون مورد نظر باشد.

ب-۵ جداول

جدول ب-۱ درگاه‌های برق- انتخاب سطوح آزمون(بر اساس رده نصب)

رده نصب	سطوح آزمون(kV)							
	منبع تغذیه AC و a.c. I/O درگاه‌های خارجی الف		منبع تغذیه AC و a.c. I/O درگاه‌های داخلی الف،ت		منبع تغذیه DC و d.c. I/O درگاه‌های خارجی الف		منبع تغذیه DC و d.c. I/O درگاه‌های داخلی الف،ت	
	حالت تزویج		حالت تزویج		حالت تزویج		حالت تزویج	
	خط به خط	خط به زمین	خط به خط	خط به زمین	خط به خط	خط به زمین	خط به خط	خط به زمین
۰	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد
۱	کاربرد ندارد	۰/۵	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد
۲	۰/۵	۱/۰	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد
۳	۱/۰	۲/۰	۱/۰	۲/۰	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد
۴	۲/۰ الف	۴/۰ب	۲/۰ب	۴/۰ب	۲/۰ب	۴/۰ب	۲/۰ب	۴/۰ب
۵	پ،ت	پ،ت	۲/۰ب	۴/۰ب	۲/۰ب	۴/۰ب	۲/۰ب	۴/۰ب

الف- اگر طول بافه کوچک‌تر یا مساوی ۱۰ m متر باشد نیازی به آزمون نیست.

ب- در جایی که درگاه قرار است همیشه با حفاظت اولیه مشخصی به‌کار رود آزمون با برقراری همان حفاظت اولیه انجام می‌شود تا عناصر حفاظت تضمین شود. اگر برای حفاظت از واسط حفاظت اولیه لازم باشد اما فراهم نشده باشد آزمون نیز در سطح گذر بیشینه حفاظت اولیه مشخص شده و با حافظ اولیه معمول انجام می‌شود.

پ- وابسته به رده سامانه منبع تغذیه محلی

ت- آزمون درگاه‌های درون‌سامانه‌ای در کل لازم نیست.

جدول ب-۲ مدارات/خطوط- انتخاب سطوح آزمون (بر اساس رده نصب)

رده نصب	سطوح آزمون(kV)									
	خطوط/مدارات با کارکرد نامتقارن الف،پ،ث				خطوط/مدارات با کارکرد متقارن الف،پ،ث				خطوط/مدارات حفاظ دار الف،پ،ث	
	درگاه خارجی		درگاه داخلی		درگاه خارجی		درگاه داخلی		درگاه خارجی		درگاه داخلی	
	خط به خط	خط به زمین	خط به خط	خط به زمین	خط به خط	خط به زمین	خط به خط	خط به زمین	خط به خط	خط به زمین	خط به خط	خط به زمین
۰	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد
۱	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۰/۵	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۰/۵	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد
۲	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۰/۵	۱/۰	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۱/۰	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۰/۵
۳	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۱/۰	۲/۰	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۲/۰	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۲/۰
۴	۲/۰ب	۴/۰ب	۲/۰ب	۴/۰ب	۴/۰ب	کاربرد ندارد	۴/۰ب	کاربرد ندارد	۴/۰ب	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۴/۰ب
۵	۲/۰ب	۴/۰ب	۲/۰ب	۴/۰ب	۴/۰ب	کاربرد ندارد	۴/۰ب	کاربرد ندارد	۴/۰ب	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۴/۰ب

الف -برای طول بافه‌های کوچک‌تر از ۱۰m آزمونی توصیه نشده است.

ب -در جایی که درگاه قرار است همیشه با حفاظت اولیه مشخصی به‌کار رود آزمون با برقراری همان حفاظت اولیه انجام می‌شود تا هماهنگی با عناصر حفاظت تضمین شود. اگر برای حفاظت از واسط حفاظت اولیه لازم باشد اما فراهم نشده باشد آزمون نیز در سطح گذر بیشینه حفاظت اولیه مشخص شده و با حافظ اولیه معمول انجام می‌شود.

پ -در شبکه‌های که افزاره‌های‌حفاظت فراتاخت دارای اتصال زمین برای حفاظت به‌کار رود ممکن است فراتاخت‌های خط به خط (تراگشتی) رخ دهد که خارج از هدف و دامنه کاربرد این استاندارد هستند. اما این پدیده را می‌توان با اعمال فراتاخت‌های حالت مشترک به عناصر حفاظت اولیه شبیه‌سازی کرد.

ت - آزمون درگاه‌های متصل به آنتن‌ها از دامنه این استاندارد خارج است.

ث -آزمون درگاه‌های درون‌سامانه‌ای در کل لازم نیست.

پیوست پ

(آگاهی‌دهنده)

یادآوری‌های توضیحی

پ-۱ مقاومت ظاهری منبع متفاوت

انتخاب مقاومت ظاهری منبع برای مولد، بستگی دارد به:

نوع بافه / هادی / خط (منبع تغذیه a.c، منبع تغذیه d.c، اتصال میانی و غیره)

طول بافه‌ها / خطوط ؛

شرایط محیط درون بنا / برون بنا؛

کاربرد ولتاژ آزمون (خط به خط یا خط‌ها به زمین).

مقاومت ظاهری ۲Ω نمایانگر مقاومت ظاهری منبع شبکه تغذیه ولتاژ پایین است. مولدی که مقاومت ظاهری خروجی موثر آن ۲Ω است، استفاده می‌شود.

مقاومت ظاهری ۱۲Ω(۱۰Ω+ ۲Ω) نمایانگر مقاومت ظاهری منبع شبکه تغذیه ولتاژ پایین و زمین است. مولد به‌همراه یک مقاومت اضافه شده ۱۰Ω به صورت سری استفاده می‌شود.

مقاومت ظاهری۴۲Ω (۴۰Ω+ ۲Ω) نمایانگر مقاومت ظاهری منبع بین سایر خطوط و زمین است. مولد به‌همراه یک مقاومت اضافه شده ۴۰Ω به صورت سری استفاده می‌شود.

یادآوری- درگاه‌های D.C مورد نظر برای اتصال به مبدل برق a.c/d.c (مثلاً اتصال d.c منبع تغذیه رایانه کیفی) درگاه‌های منبع تغذیه کم‌ولتاژ قلمداد نمی‌شوند. اگر برق d.c به رابط‌های بافه نشانک اعمال شود آن‌گاه این اتصال‌ها را درگاه منبع تغذیه کم‌ولتاژ قلمداد نمی‌کنند.

در برخی کشورها (مثلاً ایالات متحده) ممکن است در استانداردهای غیر IEC آزمون‌هایی طبق شکل‌های ۵ و ۷ با مقاومت ظاهری ۲ اهم برای خطوط .a.c اجباری باشد که آزمون‌های سخت‌گیرانه‌تری هستند.

پ-۲ کاربرد آزمون‌ها

پ-۲-۱ مصونیت در سطح تجهیزات

آزمون باید در آزمایشگاه روی یک EUT به تنهایی انجام شود. بنابراین مصونیت EUT آزمایش شده، به مصونیت رده تجهیزات مربوط می‌شود.

ولتاژ آزمون نباید از قابلیت تحمل مشخص شده عایق‌بندی بیشتر باشد تا بتواند در برابر تنش ولتاژ بالا استقامت کند.

پ-۲-۲ مصونیت در سطح سامانه

گستره‌های ترجیحی سطوح ازمون در جداول ب-۱ و ب-۲ آمده است.

آزمون انجام شده در درون آزمایشگاه به EUT مربوط می‌شود لیکن مصونیت در رده تجهیزات، لزوما مصونیت سامانه بزرگتری را تضمین نمی‌کند که آن EUT را شامل می شود. به‌منظور تضمین مصونیت در رده سامانه، آزمونی در رده سامانه توصیه می‌شود که تاسیسات واقعی را شبیه‌سازی می‌کند. اگر در دستورالعمل کاربرد سامانه خواسته شده باشد یا توسط کارور سامانه/ شبکه الزام شده باشد، این تاسیسات شبیه‌سازی شده باید متشکل از EUTهای منفرد و همچنین افزاره‌های حفاظتی (افزاره‌های حفاظتی فراتاخت – SPD [1]ها) باشد. از طول و نوع واقعی خطوط اتصال میانی استفاده می‌شود که همه اینها می‌توانند بر روی رده حفاظت کل سامانه اثر بگذارند.

افزایش ساده یک SPD خارجی که با دیگر SPDهای داخلی هماهنگ نیست، ممکن است هیچ تاثیری نداشته باشد، یا حفاظت کل سامانه را کاهش دهد یا بهبود بخشد.

اطلاعات بیشتر را می‌توان در استانداردهای IEC افزاره‌های حفاظت فراتاخت، مجموعه‌های IEC 61643 و IEC 62305 یافت.

هدف از این آزمون، شبیه‌سازی هر چه دقیق‌تر آن شرایط تاسیساتی است که EUT یا EUTها قرار است در آن شرایط کار کنند.

در یک تاسیسات واقعی، سطوح ولتاژ بالاتری می‌تواند اعمال شود، اما انرژی فراتاخت، توسط افزاره‌های حفاظتی و مطابق با مشخصات محدودکنندگی جریان آنها، محدود خواهد شد.

همچنین آزمون در رده سامانه بدین منظور است تا نشان داده شود که تاثیرات ثانویه تولید شده توسط افزاره‌های حفاظتی (تغییر شکل موج، حالت، دامنه ولتاژها یا جریان‌ها) باعث بوجود آمدن تاثیرات غیرقابل قبول بر روی EUT نمی‌شوند. برای بررسی اینکه در یک ولتاژ آزمون خاص هیچگونه روزنه صدمه زننده‌ای در داخل EUT بوجود نمی‌آید، لازم است آزمون‌ها با ولتاژهای آزمون افزایش تا مقدار لازم انجام شوند. این ولتاژ خاص به‌وسیله نقاط عملکرد اجزای حفاظتی یا افزاره‌ها حفاظتی داخل EUT تعیین می‌شود.

1-Sensory Processing Disorder

(زیربند ۶-۲-۱-۸ آزمون نقطه کور را در استاندارد IEC 61643-21 ببینید).

پ-۳ رده‌بندی تأسیسات

رده صفر - محیط الکتریکی که اغلب درون یک اتاق مخصوص کاملا حفاظت شده باشد،

تمام بافه‌های ورودی در مقابل اضافه ولتاژ دارای حفاظت (اولیه و ثانویه) هستند. واحدهای تجهیزات الکترونیکی به وسیله یک سامانه زمین با طراحی خوب، به طور داخلی متصل شده‌اند که تاثیر گرفتن آنها از تاسیسات قدرت یا آذرخش قابل توجه نیست.

تجهیزات الکترونیکی دارای یک منبع تغذیه اختصاصی هستند (جدول ب – ۱ را ببینید)

ولتاژهای فراتاخت مجاز نیستند که از ۲۵ ولت بیشتر شوند.

رده ۱ - محیط الکتریکی که تا اندازه‌ای حفاظت شده است.

تمام بافه‌های ورودی به اتاق در مقابل اضافه ولتاژ دارای حفاظت (اولیه) هستند. واحدهای تجهیزات بخوبی توسط یک شبکه خط زمین به طور داخلی متصل شده‌اند که تاثیر گرفتن آنها از تاسیسات قدرت یا آذرخش قابل توجه نیست.

تجهیزات الکترونیکی دارای منبع تغذیه‌ای است که به طور کامل از سایر تجهیزات مجزاست.

عملکردهای کلیدزنی می‌تواند ولتاژهای تداخل را در درون اتاق به وجود بیاورد.

ولتاژ فراتاخت مجاز نیستند که از ۵۰۰ V بیشتر شوند.

الزامات این رده تحت پوشش تراز آزمون ۱ است که در جدول ۱ تعریف شده است.

رده ۲ : محیط الکتریکی که در آن بافه‌ها به خوبی، حتی در فواصل کوتاه، از هم جدا شده‌اند.

تاسیسات از طریق یک خط زمین مجزا به سامانه زمین تاسیسات برق که می‌تواند در معرض ولتاژهای تداخلی تولید شده توسط خودش یا آذرخش باشد وصل می‌شود منبع تغذیه تجهیزات الکترونیکی، معمولا به‌وسیله یک مبدل اختصاصی برای منبع تغذیه، از سایر مدارها مجزا می‌شود.

مدارهای حفاظت نشده در تاسیسات وجود دارد، اما به‌خوبی جدا سازی شده‌اند و تعداد آنها محدود است.

ولتاژهای فراتاخت مجاز نیستند که از ۱کیلو ولت بیشتر شوند.

الزامات این رده تحت پوشش تراز آزمون ۲ است که در جدول ۱ تعریف شده است.

رده ۳- محیط الکتریکی که در آن بافه‌های قدرت و نشانک موازی هم کشیده شده‌اند.

تاسیسات به سامانه زمین مشترک تاسیسات قدرت متصل می‌شود که می‌تواند در معرض ولتاژهای تداخل ناشی از خود تاسیسات یا از آذرخش قرار گیرد.

جریان ناشی از خطای اتصال زمین، عملکردهای کلیدزنی و آذرخش در تاسیسات قدرت ممکن است ولتاژهای تداخل با دامنه‌های نسبتا بزرگ در سامانه زمین تولید کند. تجهیزات الکترونیکی حفاظت شده و تجهیزات الکترونیکی با حساسیت کمتر به شبکه تغذیه یکسانی متصل می‌شوند.

قسمتی از بافه‌های اتصال میانی می‌توانند در فضای آزاد اما نزدیک به شبکه زمین قرار داشته باشند.

بارهای القایی حذف نشده ۱ در تاسیسات وجود دارند و معمولا جداسازی بافه‌های مختلف میدان صورت نمی‌گیرد.

فراتاخت مجاز نیست که از ۲ kV بیشتر شود.

الزامات این رده تحت پوشش تراز آزمون ۳ است که در جدول ۱ تعریف شده است.

رده ۴- محیط الکتریکی که در آن بافه‌های اتصال میانی، به‌همراه بافه‌های قدرت در محیط باز قرار دارند و بافه‌ها برای هر دو نوع مدارهای الکتریکی و الکترونیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تاسیسات به سامانه زمین تاسیسات قدرت متصل می شود که می‌تواند در معرض ولتاژهای تداخل تولید شده توسط خود تاسیسات یا توسط آذرخش قرار گیرد.

جریانهایی در گستره کیلو آمپر ناشی از خطای اتصال زمین، کارکردهای کلیدزنی و آذرخش در تاسیسات تغذیه ممکن است ولتاژهای تداخل با دامنه‌های نسبتا بزرگ را در سامانه زمین تولید کند. شبکه تغذیه می‌تواند برای هر دو نوع تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی یکسان باشد. بافه‌های اتصال میانی برون بنا و حتی به تجهیزات ولتاژ بالا کشیده شده‌اند.

یک مورد خاص از این محیط وقتی است که تجهیزات الکترونیکی به شبکه مخابرات در یک محیط پرجمعیت متصل می‌شود. در این گونه موارد، در بیرون تجهیزات الکترونیکی هیچ شبکه زمینی که به‌طور سامانه‌مند ساخته شده باشد وجود ندارد و سامانه زمین تنها از لوله‌ها، بافه‌ها و غیره تشکیل می‌شود.

مجاز نیست که ولتاژ فراتاخت از ۴ کیلو ولت بیشتر شود.

الزامات این رده تحت پوشش تراز آزمون ۴ است که در جدول ۱ تعریف شده است.

رده ۵ - محیط الکتریکی برای تجهیزات الکترونیکی متصل به بافه‌های مخابرات راه دور و خطوط سربار قدرت در یک محیط کم جمعیت.

تمام این بافه‌ها و خطوط در برابر اضافه ولتاژ دارای حفاظت (اولیه) هستند. خارج از تجهیزات الکترونیکی، هیچ سامانه اتصال زمین گسترده‌ای وجود ندارد (دستگاه‌های در معرض تشعشع). ولتاژهای تداخل ناشی از خطاهای اتصال زمین (جریان‌های تا ۱۰ KA) و آذرخش (جریان‌های تا ۱۰۰ KA) می‌توانند به‌شدت زیاد باشند.

رده X : شرایط خاصی که در خصوصیات محصول ذکر شده است.

پ-۴ کمینه سطح مصونیت درگاه‌های متصل به منبع برق اصلی a.c./d.c

کمینه سطح مصونیت برای اتصال به شبکه تغذیه عمومی بشرح زیر است:

تزویج خط به خط : ۰٫۵ Kv

تزویج خط به زمین : ۱ Kv

پ-۵ مصونیت در سطح تجهیزات درگاه‌های متصل به خطوط اتصال میانی

آزمون‌های فراتاخت روی مدارات اتصال میانی فقط برای اتصالات خارجی (بیرون اتاقک/ بدنه) لازم است.

اگر انجام آزمون در سطح سامانه ممکن باشد (EUT با اتصال میانی بافه‌های متصل) به ویژه در مواردی که حفاظ بافه اتصال میانی قسمتی از اقدام حفاظتی باشد نیازی به انجام آزمون در سطح تجهیزات نیست. اگر نصب تأسیسات را شخصی غیر از سازنده تجهیزات انجام دهد ولتاژ قابل قبول ورودی‌ها/خروجی‌ها (مخصوصاً برای واسط فرایند) EUT بهتر است مشخص باشد.

سازنده بهتر است این تجهیزات را بر اساس سطوح مشخص شده آزمون مورد آزمایش قرار دهد و مصونیت در سطح تجهیزات را مثلاً با حفاظت ثانوی در درگاه‌هایEUT برای سطح ۰٫۵KV تصدیق کند. آن‌گاه کاربران تأسیسات یا مسئولان نصب بهتر است اقدامات لازم (مثل حفاظ‌گذاری، دسته‌بندی، حفاظت زمین) را انجام دهند تا مبادا ولتاژ اختلال مثلاً ناشی از آذرخش از سطح انتخابی مصونیت فراتر برود.

پیوست ت

(آگاهی‌دهنده)

ملاحظات تحقق مصونیت برای تجهیزات متصل سامانه‌های کم‌ولتاژ توزیع برق

آزمون‌های تعیین مصونیت از فراتاخت‌های جریان و ولتاژ برای سامانه‌ها و تجهیزات الکترونیکی در این استاندارد شرح داده شده است. تجهیزات یا سامانه‌های تحت آزمون را جعبه سیاه تلقی می‌کنند و نتایج آزمون‌ها طبق معیارهای زیر مورد قضاوت قرار می‌گیرند:

الف- عملکرد عادی

ب- از دست رفتن موقتی کارکرد یا کاهش موقتی عملکرد بدون نیاز به یک کاربر

پ-از دست رفتن موقتی کارکرد یا کاهش موقتی عملکرد با نیاز به یک کاربرد

ت-از دست رفتن کارکرد با آسیب دائمی به تجهیزات (که به معنای رد شدن آزمون است).

درحالی‌که آزمون‌های این‌استاندارد تمام گستره تأثیرات ممکن فراتاخت‌های باجریان نسبتاً کم بر روی تجهیزات الکترونیکی و سامانه‌ها، شامل آسیب دائمی و انهدام تجهیزات و سامانه‌ها را بررسی می‌کنند، استانداردهای آزمون مربوط دیگری وجود دارند که چندان نگران از دست رفتن موقتی کارکرد نیستند بلکه بیشتر به آسیب واقعی یا انهدام تجهیزات توجه دارند.

استاندارد IEC 60664-1 به هماهنگی عایق‌بندی برای تجهیزات داخل سامانه‌های ولتاژ پایین مربوط می‌شود و استاندارد IEC 61643-1 یک استاندارد آزمون برای افزاره‌های حفاظت فراتاخت متصل شده به سامانه‌های توزیع قدرت ولتاژ پایین است. به‌علاوه، هر دو این استانداردها به تاثیر ولتاژ اضافی موقتی روی توجه دارند. مجموعه‌ی استانداردهای IEC 61000 به اثر ولتاژهای اضافی موقت بر تجهیزات یا سامانه‌ها توجه ندارند.

از آنجایی که آسیب دائمی باعث وقفه در کار سامانه و هزینه‌های تعمیرات یا تعویض می‌شود، چنین آسیب‌هایی به ندرت قابل قبول هستند. این نوع خرابی معمولا ناشی از فقدان یا ناکافی بودن حفاظت فراتاخت می باشد که عبور ولتاژهای بالا و جریان‌های فراتاخت بیش از اندازه را به درون مدار تجهیزات ممکن ساخته و موجب اختلال در کارکرد، خرابی قطعات، فروپاشی دائمی عایق بندی و خطرات ایجاد آتش، دود یا ضربه الکتریکی می‌شود. بهرحال، تجربه هر گونه از دست رفتن کارکرد یا کاهش عملکرد تجهیزات یا سامانه نیز، بخصوص اگر تجهیزات یا سامانه بسیار مهم بوده و لازم باشد در طول فعالیت فراتاخت عملیاتی باشد، نامطلوب است.

برای آزمونهای شرح داده شده در این استاندارد، اندازه ولتاژ اعمالی سطح آزمون (رده تاسیسات) و جریان فراتاخت حاصله، بر روی واکنش تجهیزات تاثیر مستقیم خواهد داشت. به زبان ساده، هر چه سطح ولتاژ یک فراتاخت بالاتر باشد، احتمال از دست رفتن کارکرد یا کاهش عملکرد بیشتر می‌شود، مگر اینکه تجهیزات طوری طراحی شده باشند که مصونیت فراتاخت مناسبی را فراهم سازند.

برای آزمون SPDها که در سامانه‌های تغذیه ولتاژ پایین استفاده می‌شوند، استاندارد IEC 61643-11 برای رده آزمون ۳، یک مولد موج ترکیبی با مقاومت ظاهری خروجی موثر ۲ اهم را که یک شکل موج جریان اتصال کوتاه $\frac{8}{20}$ µs و یک شکل موج ولتاژ مدار باز $\frac{1/2}{50}$ µs به وجود می‌آورد، تعیین می‌کند.

این استاندارد برای آزمون مصونیت فراتاخت برای تجهیزات تغذیه شده و سامانه‌ها، از همین مولد موج ترکیبی ولی با عناصر تزویج متفاوت و همچنین بعضی اوقات با یک سری مقاومت ظاهری اضافی استفاده می‌کند. سطح ولتاژ آزمون (رده تاسیسات) این استاندارد و ولتاژ قله مدار باز U_{oc} در استاندارد IEC 61643-11 هم معنی هستند. این ولتاژ، اندازه جریان قله مدار باز را در پایانه‌های مولد تعیین می‌کند. به علت تفاوت‌های روش‌های آزمون، ممکن است نتایج آزمون به‌طور سر راست قابل مقایسه نباشند.

مصونیت فراتاخت تجهیزات یا سامانه‌ها ممکن است به وسیله قطعات یا افزاره‌های حفاظت فراتاخت (SPD) داخلی یا خارجی حاصل شود. یکی از مهمترین معیارهای انتخاب SPDها، سطح حفاظت ولتاژ (Up) است که در استاندارد IEC 61643-11 تعریف و تشریح شده است. این پارامتر بهتر است با ولتاژ استقامت تجهیزات (U_W) بر طبق استاندارد IEC 60664-1، هماهنگ باشد و این بیشینه ولتاژی است که در سرتاسر پایانه‌های SPD در طی آزمون در شرایط مشخص انتظار می‌رود. U_P تنها در استاندارد IEC 61643-12 برای هماهنگی با ولتاژ استقامت U_W به‌کار می‌رود. بهتر است اندازه سطح حفاظت ولتاژ تحت یک تنش مشابه نیز، سطح مصونیت ولتاژ در این تنش مشابه برای تجهیزات آزمون شده براساس این استاندارد باشد ولی این موضوع بخصوص به علت اینکه همیشه شکل موج‌ها بین دو نوع استاندارد قابل مقایسه نیستند، اکنون مطرح نمی‌شود.

به‌طور کلی، سطوح مصونیت فراتاخت تجهیزات براساس این استاندارد پایینتر از سطوح مقاومت عایق‌بندی برطبق استاندارد IEC 60364-1 است، بهرحال بهتر است درخصوص آثار ولتاژهای اضافی موقتی بر طبق استاندارد IEC 60364-4-44 بر روی یک SPD (یا قطعه داخلی حفاظت فراتاخت) با سطح ولتاژ بشدت پایین دقت شود. کاملا امکان‌پذیر است که یک SPD انتخاب شود که از تجهیزات در مقابل خرابی حفاظت کند، در طول فعالیت فراتاخت عملیاتی باقی بماند و طاقت اغلب شرایط ولتاژ اضافی موقتی را داشته باشد.

پیوست ث

(آگاهی‌دهنده)

مدل‌سازی ریاضی شکل‌موج‌های فراتاخت

ث-۱ کلیات

مرجع شکل‌موج‌های ریاضی موارد زیر در این پیوست آمده است:

- طراحی مولدهای فراتاخت
- شبیه‌سازی عملکرد فراتاخت در دستگاه‌های رقمی

با توجه به الزامات زیر فرمول‌هایی تعریف شده است:

۱- بازتولید زمان پیشانی نامی و زمان رسیدن به حالت میانه طبق تعریف استاندارد مختص مولدهای فراتاخت در حالت مدار باز و اتصال کوتاه خروجی

۲- کمک به طراحان دستگاه‌های رقمی برای ساخت مدل مدار مولدهای منبع با استفاده از مدارات ساده‌ی آمده در استاندارد اختصاصی و مقادیر نامی عناصر مدار.

۳- برابر صفر کردن مشتق در زمان آغاز به منظور پرهیز از ناپایداری به هنگام اجرای شبیه‌سازی عددی

۴- رسیدن به همان فرمول پایه مورد استفاده در IEC برای پدیده‌های گذرا مثل EFT/B، ESD و فراتاخت.

یادآوری- شکل‌موج‌های ریاضی تعریفی برای فراتاخت ولتاژ($\frac{1/2}{50}$ µs) و فراتاخت جریان($\frac{8}{20}$ µs) به خوبی با آن‌هایی که در IEEE Std C62.45-2002 تعریف شده انطباق دارد.فراتاخت ولتاژ($\frac{10}{1000}$ µs) قابل مقایسه نیست زیرا مقادیر آن در IEEE Std C62.45-2002 نیامده است. مقادیر فراتاخت جریان(5/320 µs) نیز موجود نیست.

تعاریف زیر برای پارامترها به کار رفته است:

۱) Tw پهنه زمانی تعریف شده بین ۵۰ درصد خیز و افت پیشانی شکل‌موج

۲) T زمان خیز فراتاخت ولتاژ که طبق تعریف زمان بین ۳۰ و ۹۰ درصد پاسخ زمانی اولیه شکل‌موج است.

۳) Tr زمان‌خیز فراتاخت جریان که طبق تعریف زمان بین ۱۰ و ۹۰ درصد پاسخ زمانی اولیه شکل‌موج است.

۴) Td مدت زمان بین مقدار کمینه پاسخ زمان اولیه و ۵۰ درصد زمان افت.

۵- Tf زمان پیشانی که طبق تعریف زمان بین تقاطع خط دارای شیب نزدیک به پاسخ زمانی اولیه و خط افقی عبوری به‌ترتیب از مقدار کمینه وبیشینه شکل‌موج است. مقادیر زیر طوری تعریف شده است که به خوبی با شکل موج مدارات ساده استفاده‌کننده از شبیه‌سازی‌های مدل انطباق دارد:

- فراتاخت ولتاژ($\frac{1/2}{50}$ µs): Tf = ۱٫۶۷× T; Td = Tw
- فراتاخت جریان($\frac{8}{20}$ µs): Tf =۱٫۲۵× Tr; Td =۱٫۱۸ × Tw
- فراتاخت ولتاژ($\frac{10}{700}$ µs): Tf =۱٫۶۷× T; Td = Tw
- فراتاخت جریان($\frac{5}{320}$ µs): Tf =۱٫۲۵× Tr; Td = Tw
- BW پهنای باند شکل‌موج‌های فراتاخت تعریفی در بسامدی که در آن پاسخ طیفی با شیب ۶۰- دبی بر دکاد شروع به افت می‌کند.

ث-۲ فراتاخت ولتاژ دامنه زمانی به‌هنجار $\frac{1/2}{50}$ µs

عبارت دامنه زمانی به هنجارفراتاخت ولتاژ$\frac{1/2}{50}$ µs از رابطه زیر به دست می‌آید:

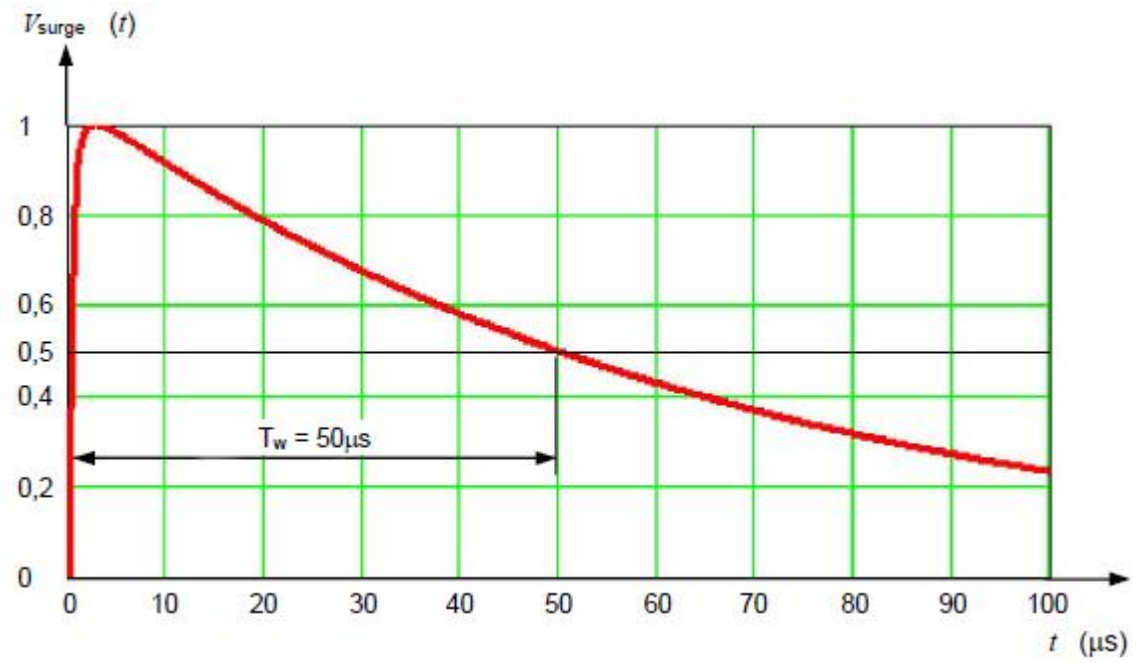
$$v_{SURGE}(t) = k_V \cdot \left[\frac{v_1}{k_{SURGE}} \cdot \frac{\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{\eta_{SURGE}}}{1+\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{\eta_{SURGE}}} \cdot e^{\frac{-t}{\tau_2}} \right] \qquad \text{ث-۱}$$

ضرایب درون معادله ث-۱ دارای مقادیر زیر هستند:

$$k_V = 1 \qquad \tau_1 = 0{,}356\ \mu s \qquad \tau_2 = 65{,}845\ \mu s \qquad v_1 = 0{,}94 \qquad \eta_{SURGE} = 1{,}852$$

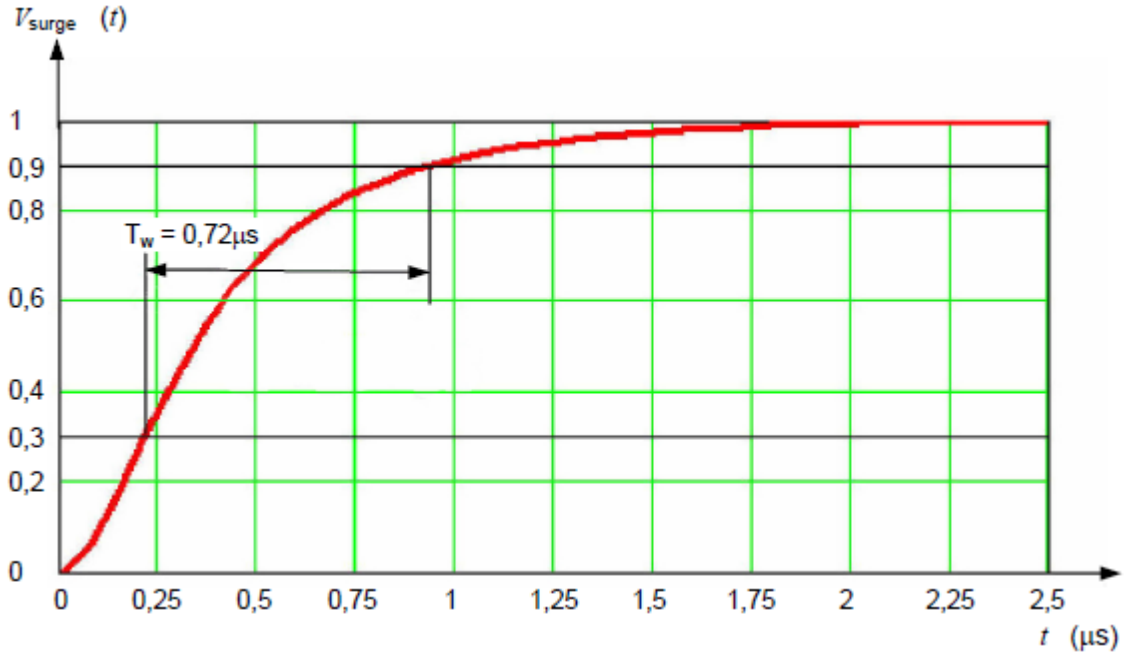
$$k_{SURGE} = e^{\frac{-\tau_1}{\tau_2}\left(\frac{\eta_{SURGE}\cdot\tau_2}{\tau_1}\right)^{\frac{1}{\eta_{SURGE}}}}$$

نمودار فراتاخت ولتاژ $\frac{1/2}{50}$ µs به عنوان تابعی از زمان در شکل ث-۱ آمده است.



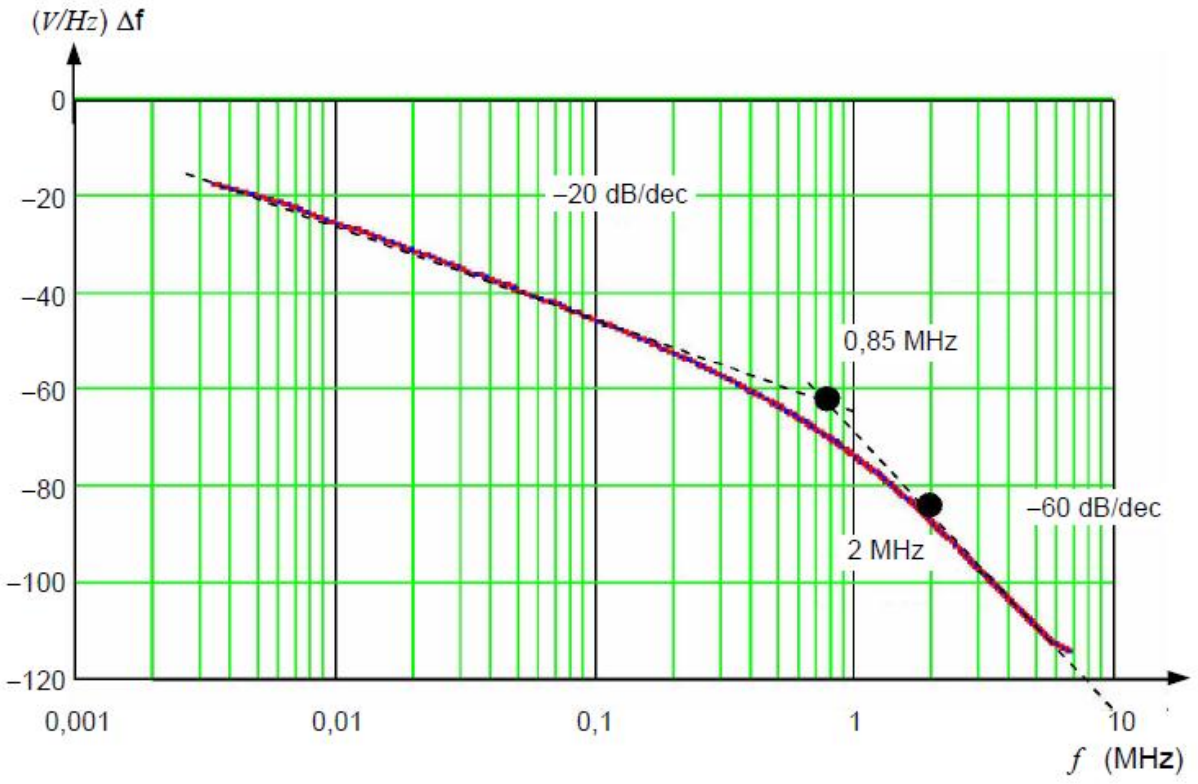
شکل ث-۱- فراتاخت ولتاژ $\frac{1/2}{50}$ µs : پهنه زمانی T_w

نمودار بزرگ شده پاسخ زمانی اولیه در شکل ث-۲ آمده است.



شکل ث-۲- فراتاخت ولتاژ $\frac{1/2}{50}$ µs: پاسخ زمان پیشانی T

دامنه پاسخ طیفی متناظر با معادله ث-۱ در شکل ث-۳ آمده است.



شکل ث-۳- فراتاخت ولتاژ $\frac{1/2}{50}$ µs پاسخ طیفی با Δf= ۳/۳۳۳kHz

ضربه ولتاژ در دامنه زمانی به‌خوبی برای بسامدهای تا ۲ MHz و بنابراین پهنای باند مربوطه BW=۲MHz شبیه‌سازی شده است.

ث-۳ فراتاخت جریان دامنه زمانی به‌هنجار($\frac{8}{20}$ µs)

عبارت دامنه زمانی به‌هنجارفراتاخت جریان $\frac{8}{20}$ µs از رابطه زیر به دست می‌آید:

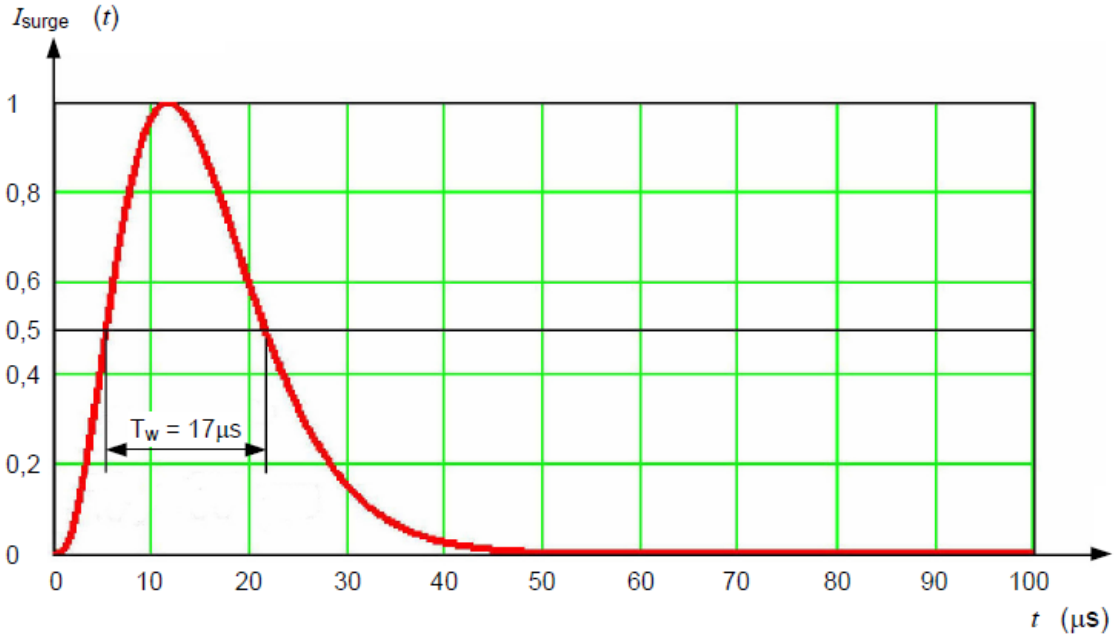
$$I_{SURGE}(t) = k_i \cdot \left[\frac{i_1}{k_{SURGE}} \cdot \frac{\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{\eta_{SURGE}}}{1+\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{\eta_{SURGE}}} \cdot e^{\frac{-t}{\tau_2}} \right] \qquad \text{(ث-۲)}$$

ضرایب درون معادله ث-۲ دارای مقادیر زیر هستند:

$k_i = 1$ $\quad \tau_1 = 47{,}52\ \mu s$ $\quad \tau_2 = 4{,}296\ \mu s$ $\quad i_1 = 0{,}939$ $\quad \eta_{SURGE} = 2{,}741$

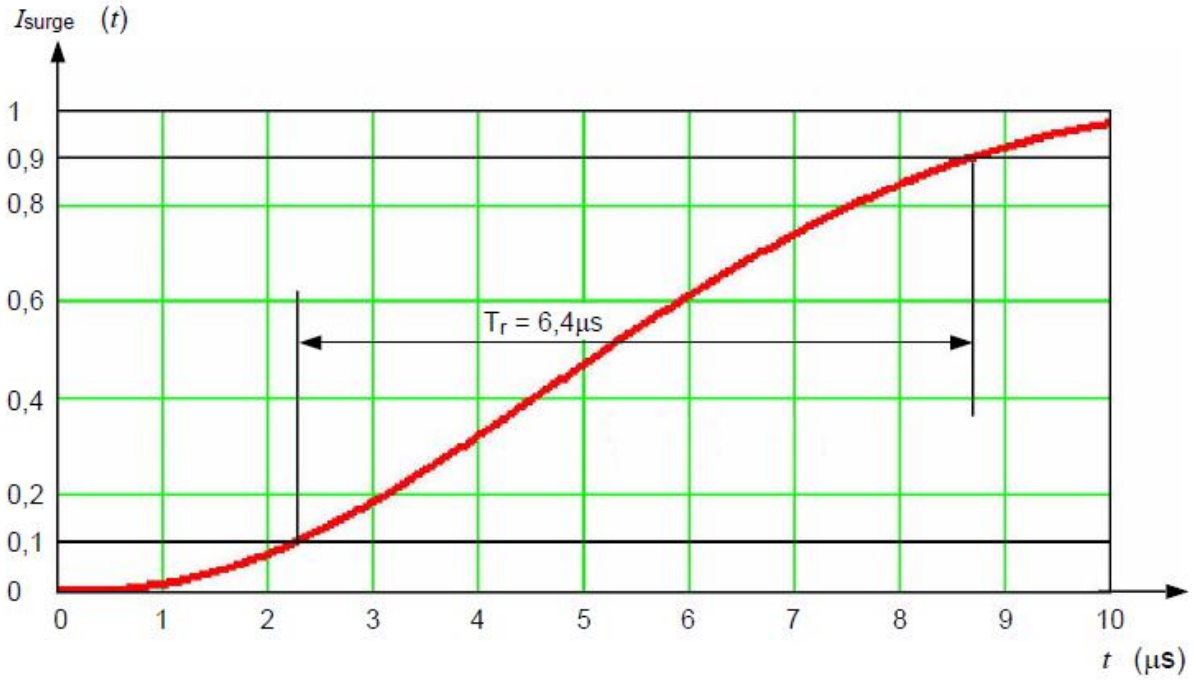
$$k_{SURGE} = e^{\frac{-\tau_1}{\tau_2}\left(\frac{\eta_{SURGE}\cdot\tau_2}{\tau_1}\right)^{\frac{1}{\eta_{SURGE}}}}$$

نمودار فراتاخت جریان $\frac{8}{20}$ µs به عنوان تابعی از زمان در شکل ث-۴ آمده است.



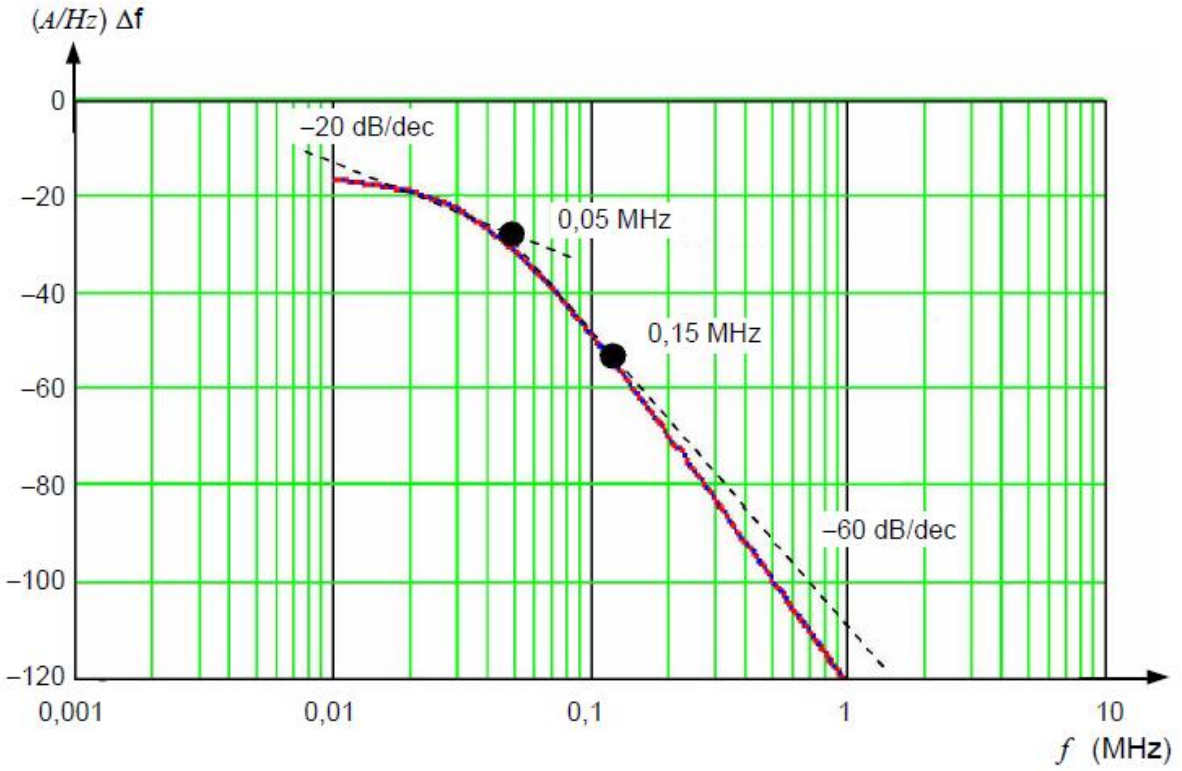
شکل ث-۴- فراتاخت جریان $\frac{8}{20}$ µs: پهنه زمانی T_w

نمودار بزرگ شده پاسخ زمانی اولیه در شکل ث-۵ آمده است.



شکل ث-۵- فراتاخت جریان $\frac{8}{20}$ µs: پاسخ زمان خیز Tr

دامنه پاسخ طیفی متناظر با معادله ث-۲ در شکل ث-۶ آمده است.



شکل ث-۶- فراتاخت جریان $\frac{8}{20}$ µs؛ پاسخ طیفی با Δf= ۱۰kHz

ضربه ولتاژ در دامنه زمانی به خوبی برای بسامدهای تا ۰٫۱۵ MHz و بنابراین پهنای باند مربوطه BW= ۰٫۱۵ MHz شبیه‌سازی شده است.

ث-۴ فراتاخت ولتاژ دامنه زمانی به‌هنجار($\frac{10}{700}$ µs µs)

عبارت دامنه زمانی به‌هنجارفراتاخت ولتاژ ۱۰/۷۰۰ µs از رابطه زیر به دست می‌آید:

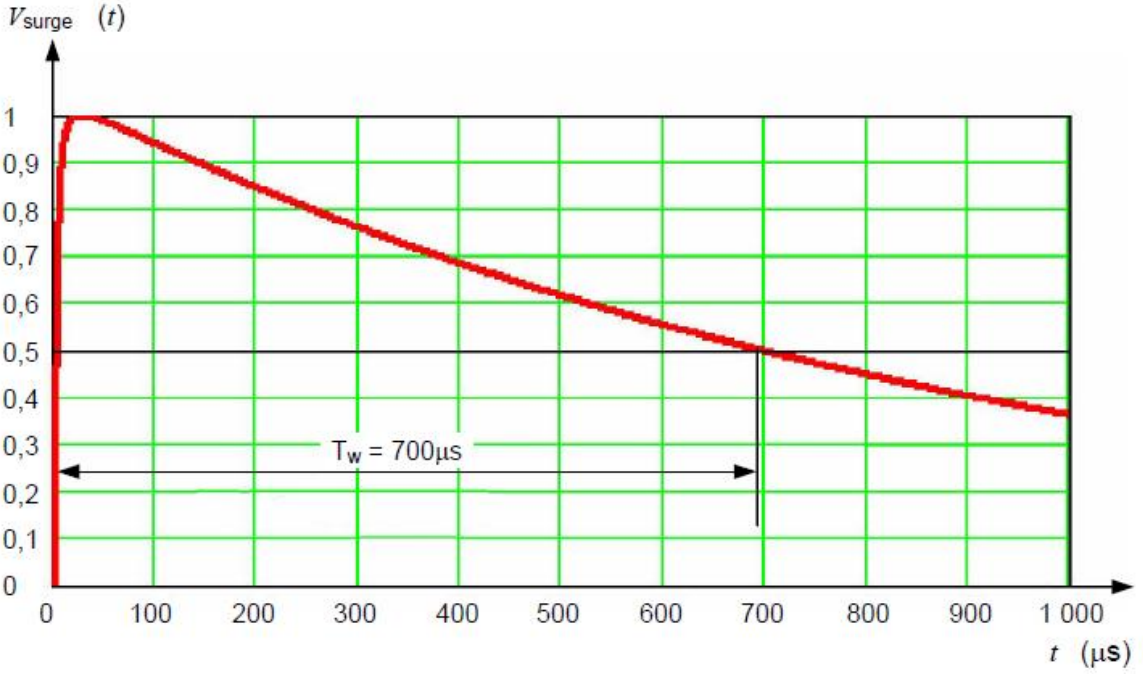
$$v_{SURGE}(t) = k_V \cdot \left[\frac{v_1}{k_{SURGE}} \cdot \frac{\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{\eta_{SURGE}}}{1+\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{\eta_{SURGE}}} \cdot e^{\frac{-t}{\tau_2}} \right] \qquad \text{ث-۳}$$

ضرایب درون معادله ث-۳ دارای مقادیر زیر هستند:

$k_V = 1$ $\tau_1 = 2{,}574\ \mu s$ $\tau_2 = 945{,}1\ \mu s$ $v_1 = 0{,}937$ $\eta_{SURGE} = 1{,}749$

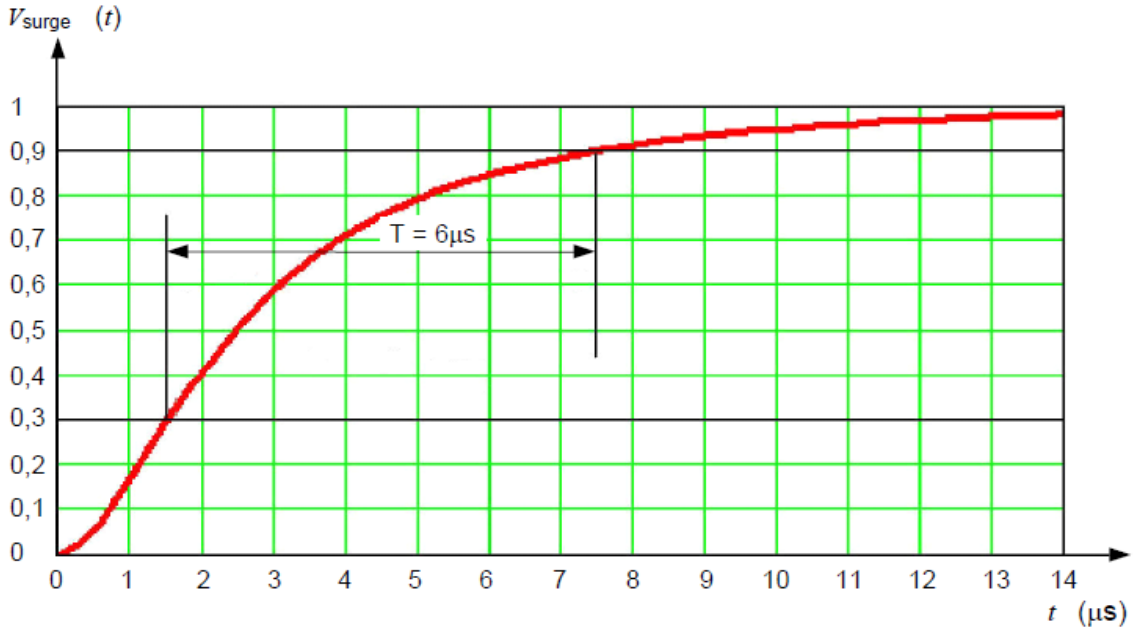
$$k_{SURGE} = e^{\frac{-\tau_1}{\tau_2}\left(\frac{\eta_{SURGE}\cdot\tau_2}{\tau_1}\right)^{\frac{1}{\eta_{SURGE}}}}$$

نمودار فراتاخت ولتاژ $\frac{10}{700}$ µs به عنوان تابعی از زمان در شکل ث-۷ آمده است.



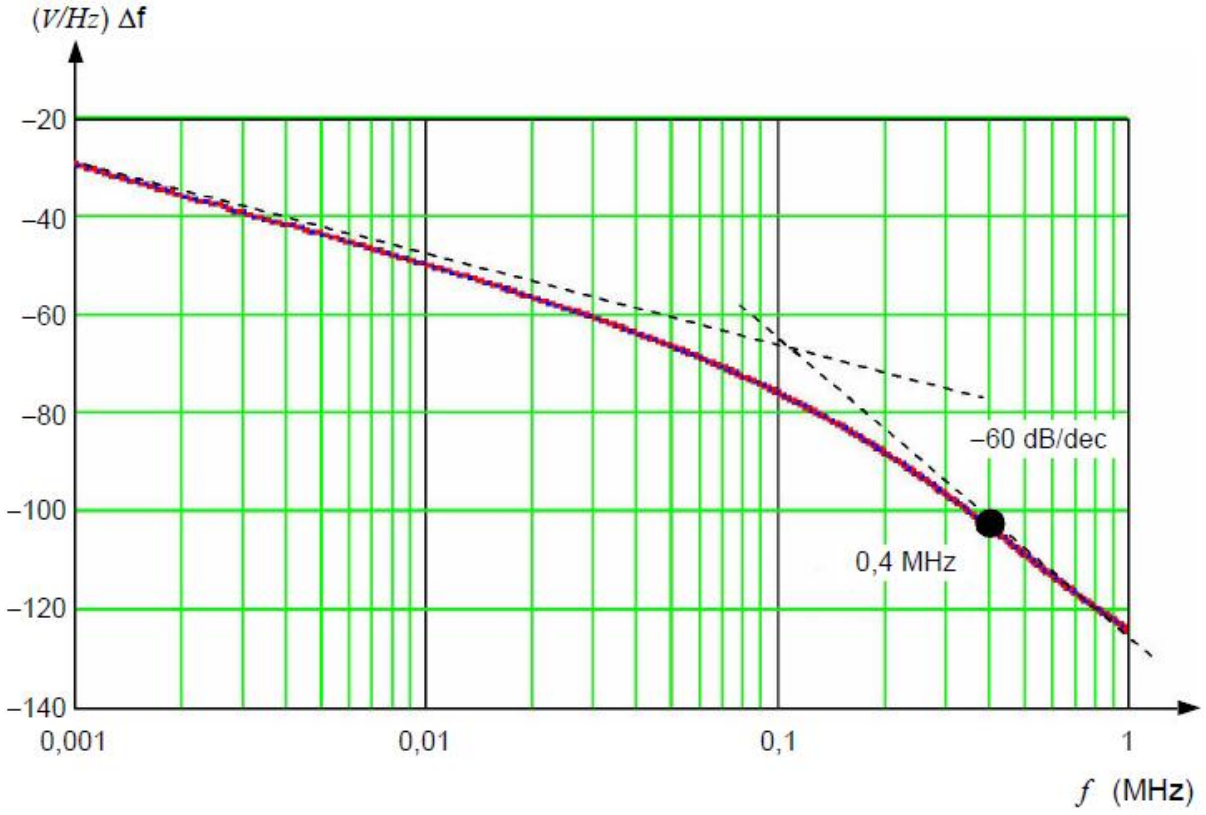
شکل ث-۷- فراتاخت ولتاژ $\frac{10}{700}$ µs: پهنه زمانی T_w

نمودار بزرگ شده پاسخ زمانی اولیه در شکل ث-۸ آمده است.



شکل ث-۸- فراتاخت ولتاژ $\frac{10}{700}$ µs: پاسخ زمان خیز T

دامنه پاسخ طیفی متناظر با معادله ث-۳ در شکل ث-۹ آمده است.



شکل ث-۹- فراتاخت ولتاژ $\frac{10}{700}$ µs پاسخ طیفی با Δf= ۰٫۲kHz

ضربه ولتاژ در دامنه زمانی به خوبی برای بسامدهای تا ۰٫۴ MHz و بنابراین پهنای باند مربوطه BW= ۰٫۴ MHz شبیه سازی شده است.

ث-۵ فراتاخت جریان دامنه زمانی به‌هنجار($\frac{5}{203}$ µs)

عبارت دامنه زمانی به‌هنجار فراتاخت جریان $\frac{5}{320}$ µs از رابطه زیر به دست می‌آید:

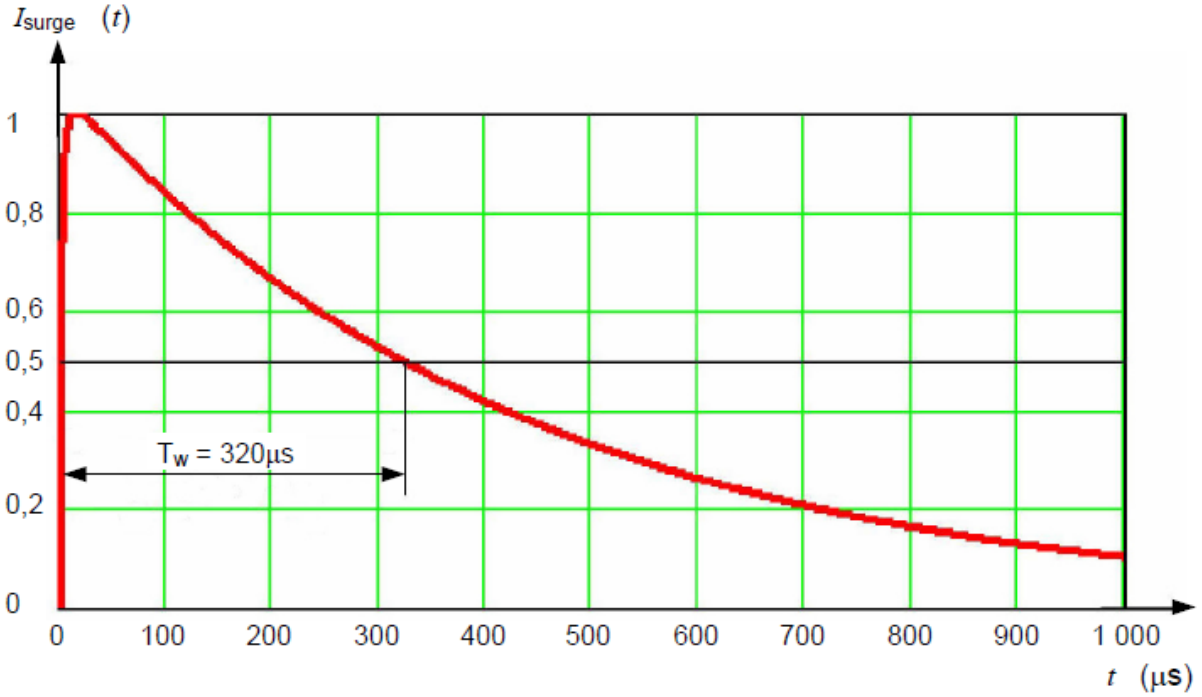
$$I_{SURGE}(t) = k_i \cdot \left[\frac{i_1}{k_{SURGE}} \cdot \frac{\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{\eta_{SURGE}}}{1+\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{\eta_{SURGE}}} \cdot e^{\frac{-t}{\tau_2}} \right] \qquad \text{ث-۴}$$

ضرایب درون معادله ث-۴ دارای مقادیر زیر هستند:

$k_i = 1 \quad \tau_1 = 1{,}355\ \mu s \quad \tau_2 = 429{,}1\ \mu s \quad i_1 = 0{,}895 \quad \eta_{SURGE} = 1{,}556$

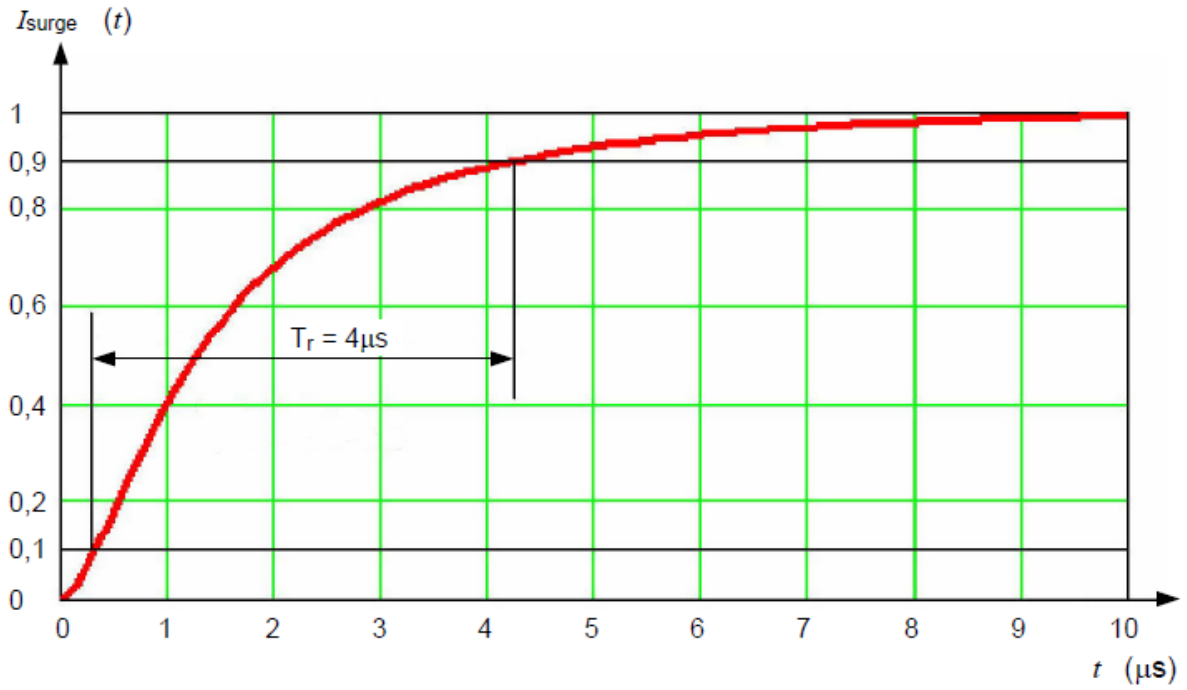
$$k_{SURGE} = e^{\frac{-\tau_1}{\tau_2}\left(\frac{\eta_{SURGE}\cdot\tau_2}{\tau_1}\right)^{\frac{1}{\eta_{SURGE}}}}$$

نمودار فراتاخت جریان $\frac{5}{320}$ µs به عنوان کارکردی از زمان در شکل ث-۱۰ آمده است.



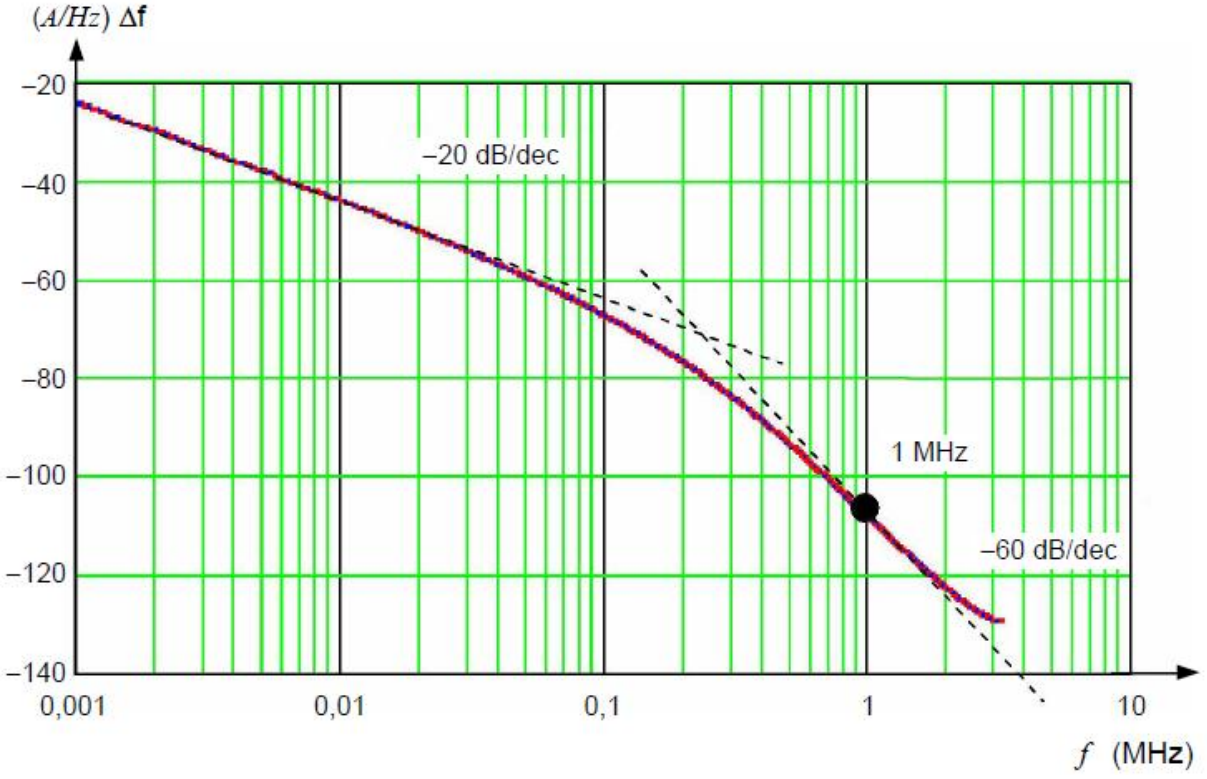
شکل ث-۱۰- فراتاخت جریان $\frac{5}{320}$ µs پهنه زمانی T_w

نمودار بزرگ شده پاسخ زمانی اولیه در شکل ث-۱۱ آمده است.



شکل ث-۱۱- فراتاخت جریان $\frac{5}{320}$ µs: پاسخ زمان خیز Tr

دامنه پاسخ طیفی متناظر با معادله ث-۴ در شکل ث-۱۲ آمده است.



شکل ث-۱۲- فراتاخت جریان $\frac{5}{320}$ µs: پاسخ طیفی با Δf= ۰/۴kHz

ضربه ولتاژ در دامنه زمانی به خوبی برای بسامدهای تا ۱ MHz و بنابراین پهنای باند مربوطه BW= ۱MHz شبیه سازی شده است.

پیوست ج

(اطلاعاتی)

ملاحظات عدم قطعیت اندازه‌گیری(MU)

ج-۱ راهنمای علائم

VP قله ضربه ولتاژ مدار باز

TfV زمان پیشانی ضربه ولتاژ مدار باز : TfV= ۱٫۶۷TV

TV زمان خیز ضربه ولتاژ مدار باز که طبق تعریف زمان بین ۳۰ و ۹۰ درصد مقدار قله است.

TrV زمان خیز ضربه ولتاژ مدار باز که طبق تعریف زمان بین ۱۰ و ۹۰ درصد مقدار قله است:TV
TrV=۰٫۸۰ TfV = ۱٫۳۳

Tw پهنای ضربه ولتاژ مدار باز

Ip قله ضربه جریان اتصال کوتاه

Tflزمان پیشانی ضربه جریان اتصال کوتاه: Trl ۱٫۲۵ =Tfl

Trl زمان خیز ضربه جریان اتصال کوتاه که طبق تعریف زمان بین ۱۰ و ۹۰ درصد مقدار قله است.

Td مدت ضربه جریان اتصال کوتاه

یادآوری- شرح معنا و روابط نمادها u(xi) ،ci، ui(y)، uc(y)، U (y) وy در IEC/TR 61000-1-6آمده است.

ج-۲ کلیات

سازگاری کمیت اختلال واقعی با کمیت اختلال مشخص شده در این استاندارد معمولاً با مجموعه اندازه‌گیری‌هایی (مثل اندازه‌گیری زمان خیز ضربه با نوسان نما و تضعیف‌گر) تصدیق می‌شود. حاصل هر اندازه‌گیری شامل مقدار معینی عدم‌قطعیت (MU) ناشی از نقص افزاره‌های اندازه‌گیری و همچنین تکرارناپذیری خود کمیت اندازه‌گیری شده است. ارزیابی MU در این جا طبق اصول و روش‌های شرح داده شده در IEC/TR 61000-1-6 است.

برای ارزیابی MU بهتر است کارهای زیر را انجام داد:

الف- شناسایی منابع عدم قطعیت مربوط به افزاره‌ها اندازه‌گیری و کمیت اندازه‌گیری

ب- شناسایی رابطه کارکردی (مدل اندازه‌گیری) بین کمیت‌های(ورودی) اثرگذار و کمیت‌های(خروجی) اثرپذیر

پ- به دست آوردن عدم قطعیت تخمینی و استاندارد کمیت‌های ورودی

ت- برآورد بازه‌ای دارای سطح بالای اطمینان از مقدار واقعی کمیت اندازه‌گیری شده

جزئیات بیش‌تر در IEC/TR 61000-1-6 آمده است.

در آزمون‌های مصونیت برآوردها و عدم‌قطعیت‌های پارامترهای کمیت اختلال(مثلاً زمان‌خیز، قله و زمان رسیدن به حالت میانه) را ارزیابی می‌کنند. بنابراین میزان توافق کمیت اختلال با مشخصه‌های مرتبط این استاندارد پایه مشخص می‌شود.

این برآوردها و عدم‌قطعیت‌ها برای کمیت اختلال خاصی استخراج می‌شوند و میزان توافق بین پدیده الکترومغناطیسی شبیه‌سازی شده طبق تعریف استاندارد پایه و پدیده الکترومغناطیسی واقعی در محیط بیرون از آزمایشگاه را مشخص نمی‌کنند.

از آنجا که اثر پارامترهای کمیت اختلال برEUT از پیش مشخص نیست و EUT در اکثر موارد رفتار غیرخطی دارد یک برآورد و تعداد عدم قطعیت منفرد نمی‌توان برای کمیت اختلال تعریف کرد. بنابراین هر پارامتر کمیت اختلال بهتر است با برآورد و عدم کمیت متناظر همراه باشد. در نتیجه بیش از یک بودجه عدم قطعیت ایجاد می‌شود.

ج-۳ موارد اثر گذاری در عدم قطعیت اندازه‌گیری فراتاخت

فهرست زیر اثرگذاری مورد استفاده از ارزیابی، اثرات چیدمان آزمون و وسایل اندازه‌گیری را نشان می‌دهد:

- مقدار قله قرائت شده
- قرائت ۱۰ یا ۳۰ درصد سطح
- قرائت ۹۰ درصد سطح
- قرائت ۵۰ درصد سطح
- پهنای باند سامانه اندازه‌گیری
- شکل پاسخ ضربه سامانه اندازه‌گیری
- خطای اندازه‌گیری محور افقی نوسان نما
- خطای اندازه‌گیری محور عمودی نوسان نما
- سامانه اندازه‌گیری، مولفه تحت اندازه‌گیری و تکرارپذیری چیدمان(نوع الف)
- واسنجی‌سازی نوسان نما و سامانه اندازه‌گیری

ج-۴ عدم قطعیت واسنجی‌سازی اندازه‌گیری

ج-۴-۱ کلیات

در مورد آزمون فراتاخت، کمیت‌های اختلال عبارتند از ولتاژ فراتاخت و جریان فراتاخت تولیدی توسط مولد فراتاخت و اعمالی به EUT. همان طور که ج-۲ مورد بحث قرار گرفت بودجه عدم قطعیت هر پارامتر اندازه‌گیری شده کمیت اختلال لازم است. پارامترهای این کمیت‌های اختلال برای ولتاژ مدار باز عبارتند از VP، TfV و Tw و برای جریان اتصال کوتاه عبارتند از IP، TfI و Td.

شرح رهیافت اتخاذی در این جا برای ارزیابیMU ضربه در زیربندهای ج-۴-۶ و ج-۴-۷ آمده است. مثال‌هایی از بودجه‌های عدم قطعیت پارامترهای فراتاخت در جداول ج-۱، ج-۲ و ج-۳ آمده است. مهم‌ترین کمیت‌های ورودی این مثال‌ها، جزئیات(مقادیر عددی، نوع تابع چگالی احتمال، غیره) تمام عوامل موثر در MU و نتایج محاسبات لازم برای تعیین هر بودجه عدم قطعیت در این جداول آمده است.

ج-۴-۲ زمان پیشانی ولتاژ مدار باز فراتاخت

مولفه‌ی تحت اندازه‌گیری زمان پیشانی ولتاژ مدار باز فراتاخت که با استفاده از روابط تابعی زیر محاسبه شده است :

$$T_{fV} = 1{,}25\sqrt{[1{,}33(T_{90\%} - T_{30\%} + \delta R)]^2 - T_{MS}^2}$$

که

$$T_{MS} = \frac{\alpha}{B}$$

(ج-۱)

و:

T30%	زمان در ۳۰ درصد دامنه قله
T90%	زمان در ۹۰ درصد دامنه قله
σR	اصلاحیه تکرار ناپذیری
TMS	زمان خیز پاسخ گام در سامانه اندازه‌گیری (۱۰ تا ۹۰ درصد)
B	پهنای باند ۳ dB- سامانه اندازه‌گیری
α	ضریب با مقدار µs. kHz (۳۶۰±۴۰) (B بر حسب kHz وTMS برحسبµs)

جدول ج-۱ مثال بودجه عدم قطعیت برای زمان پیشانی ولتاژ مدار باز فراتاخت (TfV)

نماد	برآورد	واحد	مرز خطا	واحد	PDFالف	مقسوم علیه	U(xi)	ci	واحد	Ui(y)	واحد
T30%	۰٫۲۵	µs	۰٫۰۰۵۰	µs	مثلثی	۲٫۴۵	۰٫۰۰۲۰	-۲٫۰۸	۱	۰٫۰۰۴ ۳	µs
T90%	۱٫۱۵	µs	۰٫۰۰۵۰	µs	مثلثی	۲٫۴۵	۰٫۰۰۲۰	۲٫۰۸	۱	۱	µs
σR	۰	µs	۰٫۰۲۵	µs	عادی k=1)	۱٫۰۰	۰٫۰۲۵	۲٫۰۸	۱	۰٫۰۵۲	µs
α	۳۶۰	s.kHµz	۴۰	s.kHµ	مستطیلی	۱٫۷۳	۱٫۲۳	۰٫۰۰۱ -۹	1/kHz	۰٫۰۴۳	µs

جدول ج-۱- ادامه

B	۵۰۰	kHz	۵۰	kHz	مستطیلی	۱٫۷۳	۲۸٫۹	۰٫۰۰۱ ۴	μs/kHz	۰٫۰۳۹	μs
							Uc(y)=√ui (y)2			۰٫۰۸	μs
							U(y)=2uc(y)			۰٫۱۶	μs
							y			۱٫۲۰	μs
الف تابع چگالی احتمال											

T۳۰٪، T۹۰٪: زمان قرائتی در ۳۰ یا ۹۰ درصد دامنه قله. مرز خطا با فرض بسامد نمونه‌گیری ۱۰۰MS/s و قابلیت درون‌یابی ردگیری دامنه (تابع چگالی احتمال مثلثی) به دست آمده است. در غیر این صورت، تابع چگالی احتمال را بهتر است مستطیلی فرض کرد. در این جا فقط اثرگذاری ناشی از نرخ نمونه‌برداری برMU در نظر گرفته شده است برای سایر عوامل اثرگذار به ج-۴-۵ مراجعه شود. مقادیر قرائتی T ۳۰٪=۱/۱۵μs و T90%=0.25 μs فرض شده‌اند.

TMS: زمان خیز محاسبه‌ای پاسخ پله‌ای سامانه اندازه‌گیری. ضریبα (به ج-۱ مراجعه شود) به شکل پاسخ ضربه سامانه اندازه‌گیری بستگی دارد. گستره (360±40) μs.kHz نمایان‌گر رده وسیعی از سامانه‌ها است که هر یک شکل پاسخ ضربه متفاوتی دارند (به ج-۴-۶ و جدول ج-۴ مراجعه شود). پهنای باند B سامانه اندازه‌گیری را می‌توان به صورت تجربی(اندازه‌گیری مستقیم پهنای باند) به دست آورد یا از پهنای باند Bi هر عنصر سامانه اندازه‌گیری(پروب ولتاژ، بافه و نوسان نما) با استفاده از معادله زیر محاسبه کرد:

$$\frac{1}{B}=\sqrt{\left(\frac{1}{B_1}\right)^2+\left(\frac{1}{B_2}\right)^2+\ldots}$$

برآورد مرز خطای ۵۰۰ KHz و ۵۰KHz تابع چگالی احتمال مستطیلی برایB فرض می‌شود.

σR: ۳۰ تا ۹۰ درصد تکرارناپذیری زمان خیز که به فقدان تکرارپذیری در اندازه‌گیری T90%-T30% ناشی از وسایل اندازه‌گیری، نقشه چیدمان اندازه‌گیری و خود مولد فراتاخت دارای کمیت یا واجد شرایط است. تعیین مقدار به صورت تجربی صورت می‌گیرد. این ارزیابی از نوع الف و مبتنی بر رابطه انحراف معیار تجربی s(qk) نمونهn و اندازه‌گیری‌های مکررqj است و از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$s(q_k)=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{j=1}^{n}\left(q_j-\bar{q}\right)^2}$$

که در $\bar{q}$ آن میانگین حسابی مقادیر qj است. فرض بر آن است که مرز خطا s(qk) (انحراف معیار۱ تابع چگالی احتمال عادی) و برآورد صفر نانوثانیه باشد.

یادآوری- به همین ترتیب می‌توان بودجه جریان اتصال کوتاه را به دست آورد. در این حالت پروب ولتاژ در TMS جای خود را به پروب جریان می‌دهد.رابطه تابعی هم به صورت زیر اصلاح می‌شود:

$$T_{fV} = 1{,}25\sqrt{(T_{90\%} - T_{10\%} + \delta R)^2 - T_{MS}^2}$$

ج-۴-۳ قله ولتاژ مدارباز فراتاخت

مولفه مورد اندازه‌گیری قله ولتاژ مدارباز فراتاخت است که با استفاده از رابطه کارکردی زیر قابل محاسبه است.

$$V_p = \frac{V_{PR}(1 + \delta R + \delta V)}{1 - \left(\frac{\beta}{B}\right)^2} A$$

که در آن داریم:

VPR قله ولتاژ قرائت شده

A تضعیف d.c. پروب ولتاژ

σR اصلاحیه تکرارناپذیری

σV دقت عمودی d.c. هدف و دامنه کاربرد

B پهنای باند dB ۳- سامانه اندازه‌گیری

□ ضریبی به مقدار kHz (۱/۴ ±۱۲/۷)

جدول ج-۲ مثال بودجه عدم قطعیت برای مقدار قله ولتاژ مدار باز فراتاخت(Vp)

نماد	برآورد	واحد	مرز خطا	واحد	PDFالف	مقسوم علیه	U(xi)	ci	واحد	Ui(y)	واحد
VPR	۳/۸۴	V	۰/۰۰۷۵	V	مثلثی	۲/۴۵	۰/۰۰۳۱	۱۰۰۱	۱	۳/۰۶	V
A	۱۰۰۰	۱	۵۰	۱	مستطیلی	۱/۷۳	۲۸/۹	۳.۸۴	V	۱۱۱	V
σR	۰	۱	۰/۰۳	۱	عادی (=1)	۱/۰۰	۰/۰۳	۳/۸۴× ۱۰۳	V	۱۱۵	V
σV	۰	۱	۰/۰۲	۱	مستطیلی	۱/۷۳	۰/۰۱۲	۳/۸۴× ۱۰۳	V	۴۴/۴	V
B	۱۲/۷	kHz	۱/۴	kHz	مستطیلی	۱/۷۳	۰/۸۱	۰/۳۸	V/kHz	۰/۳۲	V
B	۵۰۰	kHz	۵۰	kHz	مستطیلی	۱/۷۳	۲۸/۹	- ۰/۰۰۹۶	V/kHz	۰/۲۹	V
							$u_c(y) = \sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$			۰/۱۶۶	kV
							U(y)=2uc(y)			۰/۱۶	kV
							y			۱/۲۰	kV
							برحسب درصدی از ۳/۸۴ کیلوولت			۸.۶	٪

الف تابع چگالی احتمال

VPR: قله ولتاژ قرائت شده مرز خطا با این فرض به دست می‌آید که دامنه کاربرد دارای توان تفکیک عمودی ۸ بیتی و قابلیت درون‌یابی (تابع چگالی احتمال مثلثی) است.

A: تضعیف d.c. پروب ولتاژ فرض بر آن است که مقدار برآورد ۱۰۰۰ و مرز خطا ۵ درصد (تابع چگالی احتمال مستطیلی) باشد.

σR: حالت کمیت به تکرارناپذیری افزاره‌ها اندازه‌گیری، چیدمان و تنظیمات اندازه‌گیری می‌دهد و ارزیابی نوع الف است که با انحراف معیار تجربی نمونه‌ای از اندازه‌گیری‌های مکرر ولتاژ قله حالت کمی پیدا می‌کند. این کمیت نسبی است و فرض بر آن است که برآورد صفر درصد و مرز خطا ۳درصد (انحراف معیار۱) باشد.

σV: حالت کمیت به عدم‌دقت اندازه‌گیری دامنه توسط نوسان نما در حالت d.c. می‌دهد. فرض بر آن است که مرز خطا ۲درصد تابع چگالی احتمال مستطیلی و برآورد صفر باشد.

□ : ضریبی وابسته به شکل پاسخ ضربه سامانه اندازه‌گیری و شکل‌موج ضربه استاندارد در قله همسایه (به ج-۴-۷ مراجعه شود). بازه kHz (۱٫۴ ± ۱۲٫۷) نماینده رده وسیعی از سامانه‌ها است که هر یک شکل پاسخ ضربه متفاوتی دارد.

B: به ج-۴-۲ مراجعه شود،

برآورد و مرز خطا همان معنی و مقادیر قبل را دارند.

یادآوری- به همین ترتیب می‌توان با بودجه جریان اتصال کوتاه رفتار کرد. در این حالت پروب ولتاژ درBجای خود را به پهنای باند پروب جریان می‌دهد. در ضمن پارامتر □ طبق جدول ج-۵ در ج-۴-۷ اصلاح می‌شود.

ج-۴-۴ مدت ولتاژ مدارباز فراتاخت

مولفه مورد اندازه‌گیری مدت ولتاژ مدارباز فراتاخت است که با استفاده از رابطه کارکردی زیر قابل محاسبه است.

$$T_W = \left(T_{50\%,F} - T_{50\%,R} + \delta R\right) \cdot \left[1 - \left(\frac{\beta}{B}\right)^2\right]$$

که در آن داریم:

T ۵۰٪ ,R زمان در ۵۰ درصد دامنه قله در لبه افزاینده فراتاخت

T ۵۰٪,F زمان در ۵۰ درصد دامنه قله در لبه افت فراتاخت

σR اصلاحیه تکرارناپذیری

B پهنای باندdB ۳- سامانه اندازه‌گیری

□ : ضریبی با مقدار kHz (۱/۴ ± ۱۲/۷)

جدول ج-۳ مثال بودجه عدم قطعیت برای مدت ولتاژ مدار باز فراتاخت(Td)

نماد	برآورد	واحد	مرز خطا	واحد	PDFالف	مقسوم علیه	U(xi)	ci	واحد	Ui(y)	واحد
T50%R	۰/۵	µs	۰ ۰/۰۰۵	µs	مثلثی	۲/۴۵	۰/۰۰۲ ۰	-۱/۰۰	µs	۰/۰۰۲ ۰	µs
T50%F	۵۱/۲	µs	۰ ۰/۰۰۵	µs	مثلثی	۲/۴۵	۰/۰۰۲ ۰	۱/۰۰	µs	۰/۰۰۲۰	µs
σR	۰	µs	۰/۱۵	µs	عادی (k=1)	۱/۰۰	۰/۱۵	۱/۰۰	µs	۰/۱۵	µs
□	۱۲/۷	kHz	۰/۴	kHz	مستطیلی	۱/۷۳	۰/۸۱	- ۰/۰۰۵۲	s/kH µz	۰/۰۴۲	µs
B	۵۰۰	kHz	۵۰	kHz	مستطیلی	۱/۷۳	۲۸/۹	۰/۰۰۱ ۳	s/kH µz	۰/۰۳۸	µs
							$U_c(y) = \sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$			۰/۱۵	µs
							U(y)=2uc(y)			۰/۳	µs
							y			۵۰/۷	µs

الف تابع چگالی احتمال

T50%R،T50%F : زمان قرائتی در ۵۰ درصد دامنه قله در لبه افزاینده یا کاهنده ولتاژ مدار باز فراتاخت. مرز خطا با فرض بسامد نمونه‌گیری ۱۰۰MS/s (همانند ج-۴-۲) و قابلیت درون‌یابی ردگیری دامنه (تابع چگالی احتمال مثلثی) به دست آمده است. در غیر این صورت، تابع چگالی احتمال را بهتر است مستطیلی فرض کرد. در این جا فقط اثرگذاری ناشی از نرخ نمونه‌برداری برMU در نظر گرفته شده است برای سایر عوامل اثر گذار مراجعه شود به ج-۴-۵. مقادیر قرائتیT50%R=0. 5 µs وT50%F=51.2 µs فرض شده‌اند.

σR: حالت کمیت به تکرارناپذیری اندازه‌گیری اختلاف زمان T50%F-T50%R بر اثر وسایل اندازه‌گیری، چیدمان و تنظیمات اندازه‌گیری و خود مولد فراتاخت می‌دهد و به طور تجربی تعیین می‌شود و ارزیابی نوع الف است که با انحراف معیار تجربی نمونه‌ای از اندازه‌گیری‌های مکرر حالت کمی پیدا می‌کند. فرض بر آن است که مرز خطا s(qk)= ns۱۵۰ (انحراف معیار۱ تابع چگالی احتمال عادی) و برآورد صفر درصد و باشد.

□ : مراجعه شود به ج-۴-۳، مرز خطا و برآورد همان معنی و مقادیر قبل را دارند.

B: مراجعه شود به ج-۴-۲، مرز خطا و برآورد همان معنی و مقادیر قبل را دارند.

یادآوری- به همین ترتیب می‌توان برای مدت Td با بودجه جریان اتصال کوتاه رفتار کرد. در این حالت پروب ولتاژ در B جای خود را به پهنای باند پروب جریان می‌دهد. در ضمن پارامتر □ طبق جدول ج-۵ در ج-۴-۷ و رابطه تابع زیر اصلاح می‌شود.

$$T_d = 1{,}18 \cdot \left(T_{50\%,F} - T_{50\%,R} + \delta R\right) \cdot \left[1 - \left(\frac{\beta}{B}\right)^2\right]$$

ج -۴-۵ اثرگذاری‌های دیگرMU بر اندازه‌گیری‌های دامنه و زمان

لغزه و خطای زمانی: مشخصه‌های نوسان نما را می‌توان مرزهای خطای توابع چگالی احتمال مستطیلی در نظر گرفت. این اثرگذاری‌های معمولاً قابل چشم پوشی است.

توان تفکیک عمودی: اثرگذاری به توان تفکیک دامنه عمودی ΔA و شیب ردگیری dA/dt بستگی دارد.عدم قطعیت با نصف پهنای توان تفکیک ارتباط دارد و برابر با (ΔA/۲)/(dA/dt) است.در صورت انجام درون‌یابی ردگیری(مراجعه شود به راهنمای نوسان نما) تابع چگالی احتمال مثلثی به کار می‌رود وگرنه تابع چگالی احتمال مستطیلی به کار می‌رود. اگر $|dA/dt| < (\Delta A/T_i)$ باشد که در آن بازه نمونه‌گیری نوسان نما است این اثرگذاری ممکن است قابل چشم‌پوشی نباشد.

ورنهاد DC: اگر قله ولتاژ از خط صفر دی‌سی نامی هدف و دامنه کاربرد اندازه‌گیری شود ورنهاد دی‌سی نوسان نما بر اندازه‌گیری این قله اثر می‌گذارد اما اگر نرم‌افزار خوانش نوسان نما این قله را از خط پایه ضربه ضربه اندازه‌گیری کند این اثرگذاری قابل چشم‌پوشی است.

ج-۴-۶ اعوجاج زمان خیز بر اثر پهنای باند محدود سامانه اندازه‌گیری

اعوجاج زمان خیز را با قاعده معمول ترکیب زمان‌های خیز ارزیابی می‌کنند که در صورت اتصال آبشاری دو سامانه‌ی نامتعامل و افزایش یکنواخت پاسخ‌های پله‌ای آن‌ها (مراجعه شود به المور) اعتبار دارد.

$$T_{rd} = \sqrt{T_r^2 + T_{MS}^2}$$

(ج-۲)

که در آن Trdزمان خیز نشانک در خروجی سامانه اندازه‌گیری(زمان خیز معوج)، Tr زمان خیز نشانک در ورودی سامانه اندازه‌گیری و TMS زمان خیز نشانک پاسخ پله‌ای سامانه اندازه‌گیری است. بهتر است توجه داشت که انحراف معادله ج-۲ بر اساس تعریف زیر از زمان‌خیز (شود به المور) است:

$$T_{MS} = \sqrt{2\pi \int_0^\infty (t - T_s)^2 h_0(t) dt}$$

(ج-۳)

که در آن h0(t) پاسخ ضربه سامانه اندازه‌گیری دارای ناحیه عادی یزه مثل $\int_0^\infty h_0(t)dt = 1$ است و Tsزمان تأخیر است که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$T_s = \int_0^\infty t h_0(t) dt$$

(ج-۴)

از نظر ریاضی کار کردن با معادلهج-۳ خیلی آسان‌تر از معادله عادی مبتنی بر ۱۰ و ۹۰ درصد سطوح آستانه است. به هر حال در کاربردهای فنی، زمان‌های خیز ۱۰ تا ۹۰ درصد را معمولاً با استفاده از معادله ج-۲

تلفیق می‌کنند. با توجه به پهنای باند سامانه، این دو تعریف به زمان‌های خیز قابل مقایسه منجر می‌شود. در واقع اگر تعریف زیر را داشته باشیم:

$$\alpha = T_{MS} \cdot B$$

(ج-۵)

متوجه می‌شویم که مقادیر استخراجی α از دو تعریف زمان خیز تفاوت چندانی با هم ندارند. در جدول ج-۴ مقادیر متناظر با شکل‌های مختلف پاسخ ضربه h(t) برای α آمده است. از این جدول نمایان است که نمی‌توان مقدار یکتایی برای α تعریف کرد زیرا هم به تعریف زمان‌خیز (مثلاً مبتنی بر آستانه‌ها یا معادله ج-۳) بستگی دارد هم به شکل پاسخ ضربه سامانه اندازه‌گیری. میانگین حسابی مقادیر کمینه (۳۲۱×۱۰^{-۳}) و بیشینه (۳۹۹×۱۰^{-۳}) که در جدول ۱ آمده است یعنی ۳۶۰×۱۰^{-۳} می‌تواند برآورد معقولی برای α باشد. در ضمن اگر اطلاعاتی از سامانه اندازه‌گیری به غیر از پهنای باند آن در دست نباشد می‌توان فرض کرد که هر مقداری بین (۳۲۱×۱۰^{-۳})و (۳۹۹×۱۰^{-۳}) به طور مساوی برایα محتمل است. به بیانی دیگر، فرض بر آن است که α مقداری اتفاقی با تابع چگالی احتمال مستطیلی داشته باشد که حدود پایین و بالای آن به ترتیب(۳۲۱×۱۰^{-۳}) و (۳۹۹×۱۰^{-۳}) باشد. عدم قطعیت استاندارد هم به الف) نابستگی به مدل ریاضی انتخابی برای تعریف زمان خیز حالت کمی می‌دهد هم به ب- نابستگی به شکل پاسخ ضربه سامانه.

جدول ج-۴- ضریب α ، معادله ج-۵ پاسخ‌های ضربه تک‌راستایی مختلف متناظر با پهنای باند مشابه سامانه B

مقادیر با α ضریب ۱۰۳	گوسی	درجه ۱	درجه ۲ (بحرانی.میرا)	مستطیلی	مثلثی
α:معادله‌ی ج-۳	۳۳۲	۳۹۹	۳۶۳	۳۲۱	۳۲۶
α: ۱۰تا۹۰ درصد	۳۳۹	۳۵۰	۳۴۴	۳۵۴	۳۵۳

ج-۴-۷ اعوجاج پهنا و قله ضربه بر اثر پهنای باند محدود سامانه اندازه‌گیری

شکل موج ضربه معوج Vout(t) درخروجی سامانه اندازه‌گیری از انتگرال همبسته زیر به دست می‌آید:

$$V_{out}(t) = \int_0^t V_{in}(\tau) \cdot h(t-\tau) d\tau$$

(ج-۶)

که در آنVin(t) شکل موج ضربه و h(t) پاسخ ضربه سامانه اندازه‌گیری است. لازم به توجه است که A.h(t)=h0(t) است و در آن A تضعیف دی‌سی سامانه اندازه‌گیری است. شکل موج ورودی را می‌توان با بسط سری تیلور آن حول ثابت زمانی tp وقتی ورودی به مقدار قله Vpمی‌رسد تقریب زد.

(ج-۷)

$$V_{in}(t) = V_p + \frac{V_{in}''(t_p)}{2} \cdot (t-t_p)^2 + \frac{V_{in}'''(t_p)}{6} \cdot (t-t_p)^3 + \dots$$

لازم به توجه است که جمله درجه یک از معادله ج-۷ حذف شده است زیرا $V'(t_p)=0$ است. در ضمن $V''_{in}(t_p)<0$ است زیرا نقاط تقعر به‌سوی پایین (بیشینه) هستند و $V''_{in}(t_p)>0$ است زیرا برای شکل‌موج‌های استاندارد مورد نظر در این جا، زمان خیز کم‌تر از زمان افت است. اگر معادله ج-۷ را در معادله ج-۶ جاگذاری کنیم و ساده‌سازی انجام دهیم و پهنای باند سامانه اندازه‌گیری نسبت به پهنای باند نشانک ورودی بزرگ باشد(تا جملات سری‌های توانی دارای توان بیش از دو قابل چشم‌پوشی باشند) خواهیم داشت:

$$V_{pd}=\frac{V_p}{A}\left[1-\left(\frac{\beta}{B}\right)^2\right]$$

(ج-۸)

که در آن Vpd قله ضربه خروجی، A تضعیف DC سامانه اندازه‌گیری و

$$\beta=\alpha\cdot\sqrt{\frac{\left|V''_{in}(t_p)\right|}{4\pi V_p}}$$

(ج-۹)

بهتر است توجه داشت که β به مشتق دوم شکل موج ورودی استاندارد و پارامتر α طبق ج-۴-۶ بستگی دارد. چون عبارت ریاضی شکل‌موج‌های فراتاخت استاندارد در پیوست ج این استاندارد آمده است مقدار β را به صورت ریاضی می‌توان محاسبه کرد که در جدول ج-۵ آمده است.

برآورد اعوجاج پهنای ضربه ورودی Tw به سادگی با توجه به این نکته به دست می‌آید که مساحت ضربه ضربه خروجی برابر با مساحت ضربه ورودی تقسیم بر تضعیف DC است. بنابراین داریم:

$$V_pT_W=AV_{pd}T_{wd}$$

(ج-۱۰)

که در آن Twdپهنای ضربه خروجی است. بنابراین داریم:

$$T_{wd}=\frac{V_p}{AV_{pd}}\cdot T_W=\frac{1}{1-\left(\frac{\beta}{B}\right)^2}\cdot T_W$$

(ج-۱۱)

جدولج-۵- ضریب β، معادله ج-۹ شکل‌موج‌های فراتاخت استاندارد

kHz	$\frac{2/1}{50}$ µs	$\frac{8}{20}$ µs	$\frac{10}{700}$ µs	$\frac{5}{320}$ µs
β	۱۲٫۷±۱٫۴ β	۱۴٫۸ ± ۱٫۶	۱٫۰۵ ± ۰٫۱۱	۲٫۰۰ ± ۰٫۲۲

ج-۵ کاربرد عدم‌قطعیت‌ها در معیار سازگاری مولد فراتاخت

در کل برای اطمینان یافتن از این که مولد در محدوده مشخصات خودش است نتایج واسنجی‌سازی بهتر است در حدود مشخص شده این استاندارد باشد(MU رواداری‌ها را کاهش نداده است). راهنمایی بیش‌تر در بند ۶ استاندارد IEC/TR 61000-1-6:2012 آمده است.

پیوست ح

(اطلاعاتی)

روش واسنجی‌سازی سامانه‌های اندازه‌گیری ضربه

ح-۱ کلیات

برای واسنجی‌سازی مولد ضربه بهتر است از سامانه اندازه‌گیری استفاده کرد که شکل موج ضربه دچار اعوجاج شده را اندازه‌گیری می‌کند. این اعوجاج کارکردی از ضربه اعمالی و مشخصات سامانه اندازه‌گیری استفاده می‌شود.

برآورد پاسخ سامانه اندازه‌گیری به ضربه استاندارد شده را می‌توان از انتگرال همبستگی به دست آورد (IEEE Std 4-1995 و IEC 60060-2). در این روش بهتر است پاسخ پله‌ای تجربی سامانه اندازه‌گیری را به دست آورد و سپس اعوجاج القایی در شکل‌موج ضربه نظری توسط سامانه اندازه‌گیری را از طریق محاسبات عددی به دست‌آورد. به این ترتیب می‌توان اثر پاسخ سامانه اندازه‌گیری بر پارامترهای ضربه مثل زمان خیز، مقدار و مدت قله را به دست آورد. خطاهای تشخیصی سامانه‌ای را می‌توان برای اصلاح نتایج واسنجی‌سازی به‌کار گرفت و دقت واسنجی‌سازی را افزایش داد.

ح- ۲ برآورد پاسخ سامانه اندازه‌گیری با استفاده از انتگرال همبستگی

از لحاظ نظری، با اعمال ضربه مطلوب دیراک به ورودی سامانه را می‌توان تابع انتقال سامانه اندازه‌گیری مورد استفاده برای واسنجی‌سازی(مبدل به اضافه نوسان نما) تعیین کرد. با داشتن تابع انتقال می‌توان اعوجاج اعمالی توسط سامانه اندازه‌گیری را برآورد کرد. فرض کنیم Vin(t) ضربه اعمالی به ورودی سامانه اندازه‌گیری باشد. ضربه خروجی Vout(t) با استفاده از انتگرال همبستگی زیر به دست می‌آید:

$$V_{\text{out}}(t) = \int_0^t V_{\text{in}}(\tau) \cdot h_0(t-\tau) d\tau \qquad \text{(ح-۱)}$$

که در آن h0(t) پاسخ ضربه $\int_0^\infty h_0(\tau) d\tau = 1$ عادی شده سامانه اندازه‌گیری مثل است.

چون اندازه‌گیری پاسخ پله‌ای سامانه اندازه‌گیری از پاسخ ضربه عملی‌تری است. پاسخ پله‌ای یک نواخت تجربی g(t) به جای h0(t) به کار می‌رود و معادله ح-۱ به صورت زیر اصلاح می‌شود:

$$V_{\text{out}}(t) = \frac{d}{dt} \int_0^t V_{\text{in}}(\tau) \cdot g(t-\tau) d\tau \qquad \text{(ح-۲)}$$

که در $g(t) = \int_0^t h_0(\tau) d\tau$ آن است. برای تعیین g(t) بهتر است به سامانه اندازه‌گیری ولتاژ/جریان پله‌ای

اعمال کرد و خروجی آن را اندازه‌گیری کرد. زمان خیز پله اعمالی بهتر است از یک‌دهم زمان پیشانی/خیز ضربه کم‌تر باشد(مراجعه شود به جدول ۲) زیرا غیر مطلوب بودن گریزناپذیر منبع پله‌ای به سوی Vout(t) انتشار می‌یابد و بنابراین به صورت نا مطلوب بودن سامانه اندازه‌گیری مورد استفاده بروز می‌کند. در ضمن به علت تضعیف مبدل، دامنه پله بهتر است آن قدر زیاد باشد که در ورودی نوسان نما وجود نشانک با پویایی کافی برای حصول به دقت مطلوب را تضمین کند.

مدل ریاضی شکل‌موج‌های استاندارد فراتاخت تولیدی توسط مولدی‌های موج ترکیبیμs $\frac{1/2}{50}$و μs $\frac{1/2}{700}$ در پیوست ث آمده است. این گونه شکل‌موج‌های ریاضی را می‌توان به عنوان ورودی(Vin(t در نظر گرفت. خروجی اعوجاج متناظر Vout(t) با استفاده از معادله ح-۲ محاسبه می‌شود. خطای سامانه‌ای ایجادی توسط سامانه اندازه‌گیری در پارامترهای شکل موج استاندارد (زمان‌خیز، مقدار قله و مدت رسیدن به مقدار میانی) را به آسانی با مقایسه و می‌توان مشخص کرد.

در روش واسنجی‌سازی از مبدل(مقسم ولتاژ/جریان) و نوسان‌نما استفاده می‌شود که بهتر است پهنای باند کافی و قابلیت ولتاژ/جریان برای کار با شکل موج جریان اتصال کوتاه/ولتاژ مدار باز را داشته باشند. نوسان نما بهتر است دارای پهنای باند کمینه‌ای ۱۰MHz و بسامد نمونه‌برداری MS/s ۱۰۰ باشد.

ح-۳ سامانه اندازه‌گیری ضربه برای ولتاژ مدار باز ($\frac{1/2}{50}$ μs،$\frac{1/2}{700}$ μs)

نشانک ولتاژ پله‌ای در ورودی مقسم ولتاژ اعمال می‌شود و پاسخ پله‌ای با استفاده از نوسان نما ذخیره‌ای رقمی ثبت می‌شود. مولد پله‌ای ولتاژ بهتر است با الزامات ح-۱ انطباق داشته باشد. سپس پاسخ پله‌ای ثبت شده را طوری عادی یزه می‌کنند که سطح حالت پایدار برابر مقدار واحد باشد. پاسخ سامانه اندازه‌گیری (مقسم ولتاژ به اضافه نوسان نما) Uout(t) به ولتاژ مدار باز استاندارد شده را می‌توان به صورت زیر محاسبه کرد:

$$U_{\text{out}}(t) = \frac{d}{dt}\int_0^t U_{\text{in}}(\tau)\cdot g_{\text{u}}(t-\tau)d\tau$$

(ح-۳)

که در آن داریم:

gu(t) پاسخ پله‌ای تجربی عادی یزه سامانه اندازه‌گیری ولتاژ

Uin(t) شکل‌موج ولتاژ مدار باز استاندارد

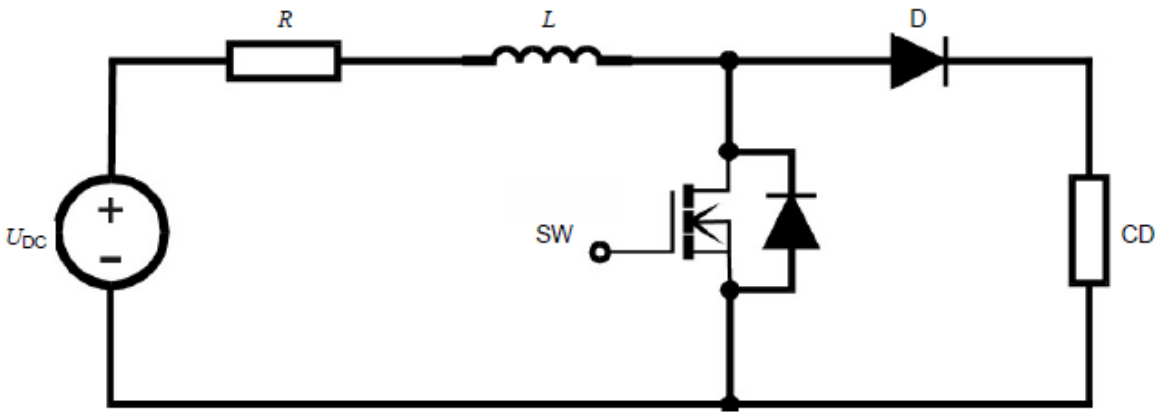
خطای سامانه‌ای ایجادی توسط سامانه اندازه‌گیری با مقایسه Uin(t) و Uout(t) ارزیابی می‌شود. سپس نتیجه‌ی واسنجی‌سازی فراتاخت را با در نظر گرفتن خطای سامانه‌ای اصلاح می‌کنند.

برای واسنجی‌سازی ولتاژ مدار باز بهتر است عامل مقیاس‌بندی مقسم ولتاژ در حالت دی‌سی ارزیابی کرد. برای کاهش دادن عدم قطعیت اندازه‌گیری بهتر است برای ثبت پاسخ پله‌ای سامانه اندازه‌گیری و واسنجی‌سازی مولد فراتاخت از یک نوسان نما استفاده کرد. چون دامنه ولتاژ پله به طور معمول خیلی کم‌تر از دامنه ولتاژ ضربه فراتاخت است هنگام اجرای این دو اندازه‌گیری احتمال دارد که تغییر مقیاس عمودی

نوسان نما (ولت بر قسمت) لازم باشد. اگر نوسان نما ذخیره‌ای پیشرفته به‌کار رفته باشد اثر عدم قطعیت ناشی از تعویض مقیاس عمودی نوسان نما قابل چشم‌پوشی است. البته واسنجی‌سازی قابل ردگیری مقیاس عمودی نوسان نما را توصیه کرده‌اند تا بتوان طبق تنظیم انتخابی ولت بر قسمت بتوان عدم دقت مقیاس عمودی را ارزیابی کرد.

ح-۴ سامانه‌ی اندازه‌گیری ضربه برای جریان اتصال کوتاه ($\frac{8}{20}$ µs ، $\frac{5}{320}$ µs)

نشانک جریان پله‌ای در ورودی مقسم ولتاژ اعمال می‌شود و پاسخ پله‌ای با استفاده از نوسان نما ذخیره‌ای رقمی ثبت می‌شود. نمودار مدار ساده شده مولد پله‌ای جریان مناسب در شکل ح-۱ آمده است. مولد پله‌ای جریان بهتر است با الزامات ح-۱ انطباق داشته باشد.



UDC منبع ولتاژ دی‌سی پایدار میزان‌پذیر
R مقاومت محدودساز جریان
L القا کننده ذخیره‌ساز انرژی
SW کلید برق سریع
D دیود توان سریع
CD مقسم جریان

شکل ح-۱- نمودار مدار ساده شده مولد پله‌ای جریان

سپس پاسخ پله‌ای ثبت شده را طوری عادی یزه می‌کنند که سطح حالت پایدار برابر مقدار واحد باشد. پاسخ سامانه اندازه‌گیری (مقسم جریان به اضافه نوسان نما) Iout(t) به ولتاژ مدار باز استاندارد شده را می‌توان به صورت زیر محاسبه کرد:

$$I_{out}(t) = \frac{d}{dt}\int_0^t I_{in}(\tau)\cdot g_i(t-\tau)d\tau \qquad \text{(ح-۴)}$$

که در آن داریم:

gi(t) پاسخ پله‌ای تجربی عادی یزه سامانه اندازه‌گیری جریان
Iin(t) شکل موج جریان اتصال کوتاه استاندارد

خطای سامانه‌ای ایجادی توسط سامانه اندازه‌گیری با مقایسه Iin(t) و Iout(t) ارزیابی می‌شود. سپس نتیجه واسنجی‌سازی فراتاخت را با در نظر گرفتن خطای سامانه‌ای اصلاح می‌کنند.

برای واسنجی‌سازی جریان اتصال کوتاه بهتر است از مبدل جریان یا شنت استفاده کرد. برای کاهش دادن عدم قطعیت اندازه‌گیری بهتر است برای ثبت پاسخ پله‌ای سامانه اندازه‌گیری و واسنجی‌سازی مولد فراتاخت از یک نوسان نما استفاده کرد. چون دامنه ولتاژ پله به طور معمول خیلی کم‌تر از دامنه ولتاژ ضربه فراتاخت است هنگام اجرای این دو اندازه‌گیری احتمال دارد که تغییر مقیاس عمودی نوسان نما (ولت بر قسمت) لازم باشد. اگر نوسان نما ذخیره‌ای پیشرفته به کار رفته باشد اثر عدم قطعیت ناشی از تعویض مقیاس عمودی نوسان‌نما قابل چشم‌پوشی است. البته واسنجی‌سازی قابل ردگیری مقیاس عمودی نوسان نما را توصیه کرده‌اند تا بتوان طبق تنظیم انتخابی ولت بر قسمت بتوان عدم دقت مقیاس عمودی را ارزیابی کرد.

پیوست خ

(آگاهی‌دهنده)

فراتاخت‌های تزویج /عدم‌تزویج به خطوط دارای جریان نامی بیش از A ۲۰۰

خ-۱ کلیات

چون تجهیزات تحت آزمون دارای جریان زیاد مقاومت ظاهری‌های کمی دارند که ممکن است مولد فراتاخت را طوری بارگذاری کنند که قسمت اعظم انرژی فراتاخت در مقاومت ظاهری خروجی مولد فراتاخت جذب شود برای تعیین موارد زیر بهتر است ارزیابی مقدماتی کرد:

معقول بودن آزمون فراتاخت

قابلیت آزمایش تک به تک تجهیزات فردی

آزمون EUT در حالتی که جریان کم‌تری مصرف می‌کند (به ۶-۳ مراجعه شود)

تجهیزات تحت آزمون دارای جریان زیاد را معمولاً در محل آزمایش می‌کنند.

خ-۲ ملاحظات تزویج و عدم‌تزویج

برای آزمایش تجهیزات تحت آزمون دارای جریان زیاد کهCDN تجاری ندارند از چیدمان زیر می‌توان استفاده کرد:

بهتر است از شبکه تزویج شکل‌های ۷ و ۸ استفاده کرد.

شبکه عدم تزویج می‌تواند دارای چوک‌های منفرد یا بافه تغذیه آن قدر طولانی باشد که اندوکتانس کافی فراهم کند. فرض بر آن است که هر متر سیم راست معادل حدود µ H ۱ باشد. مقادیر اندوکتانس توصیه‌ای در جدول خ-۱ آمده است. برای تضمین حالت تفاضلی مناسب عدم‌تزویج بهتر است برای هر خط از یک سیم یا چوک منفرد استفاده کرد.

عناصر عدم تزویج مثل خازن یا MOV یا تلفیق این دو ممکن است در شبکه عدم تزویج لازم نباشد.

جدول خ-۱ مقادیر اندوکتانس توصیه‌ای برای خطوط عدم‌تزویج (بزرگ تر از A۲۰۰)

تجهیزات تحت آزمون دارای جریان نامی	اندوکتانس عدم تزویج توصیه‌ای
۴۰۰ A ≥جریان نامی>۲۰۰A	۱۰۰ µ H تا ۲۰۰ µ H
۸۰۰ A ≥جریان نامی>۴۰۰A	۵۰ µ H تا ۱۰۰ µ H
۱۶۰۰ A ≥جریان نامی>۸۰۰A	۲۵ µ H تا ۵۰ µ H
2×A≥جریان نامی>(آمپر) I	اندوکتانس با ضریب ۲ کاهش می‌یابد

خ-۳ احتیاط‌های دیگر

هنگام آزمون سامانه‌های برق سه فاز، اگر ولتاژ نامی EUT بیش V ۴۱۵ برای هر فاز باشد ولتاژ منبع ممکن است به مولد فراتاخت آسیب بزند. ولتاژ نامی اجزای تزویج بهتر است کمینه مانند EUT باشد.

کتابنامه

IEC 60060-2, *High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems*
IEC 60364-4-44, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*
IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*
IEC/TR 61000-1-6:2012, *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 1-6: General – Guide to the assessment of measurement uncertainty*
IEC 61000-4-4, *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*
IEC 61643 (all parts), *Low-voltage surge protective devices*
IEC 61643-11, *Low-voltage surge protective devices – Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems – Requirements and test methods*
IEC 61643-12, *Low-voltage surge protective devices – Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Selection and application principles*
IEC 61643-21:2000, *Low voltage surge protective devices – Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Performance requirements and testing methods*
Amendment 1:2008
Amendment 2:2012
IEC 62305-1, *Protection against lightning – Part 1: General principles*
IEEE Std 4-1995, *IEEE Standard Techniques for High-Voltage Testing*
IEEE Std C62.45-2002, *IEEE Recommended Practice on Surge Testing for Equipment Connected to Low-Voltage (1000 V and Less) AC Power Circuits*
ITU-T K.44, *Resistibility tests for telecommunication equipment exposed to over voltages and Over currents – Basic Recommendation*
W.C. Elmore, *"The Transient Response of Damped Linear Networks with Particular Regard*