INSO
7260-4-4
1st.Revision
2015

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

استاندارد ملی ایران
۷۲۶۰-۴-۴
تجدیدنظر اول
۱۳۹۳

سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) – قسمت ۴-۴: فنون آزمون و اندازه‌گیری – آزمون مصونیت در برابر پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگباره

Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test

ICS: 33.100.20

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است .

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی 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، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود . پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی 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 می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب ، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود . بدین ترتیب ، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می کند . در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی ، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون ، برای حمایت از مصرف کنندگان ، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی ، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی ، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور ، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه-بندی آن را اجباری نماید . همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره ، آموزش ، بازرسی ، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی ، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم ، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند . ترویج دستگاه بین المللی یکاها ، کالیبراسیون (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 of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

فهرست اعضای کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) – قسمت ۴-۴: فنون آزمون و اندازه‌گیری – آزمون مصونیت در برابر پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگباره »

(تجدیدنظر اول)

رئیس :	**سمت و/ یا نمایندگی**
میرفلاح، سیده مهسان (فوق لیسانس مهندسی برق - الکترونیک)	شرکت آزمایشگاه‌های صنایع برق
دبیر :	
سماروک، لیلا (لیسانس مهندسی برق – الکترونیک)	پژوهشگاه استاندارد
اعضاء : (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
حداد ، مرتضی (لیسانس مهندسی برق – الکترونیک)	مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک
دهاقین، مهدیه (لیسانس مهندسی برق – الکترونیک)	پژوهشگاه نیرو
ربیعی، آهنگ (لیسانس مهندسی پزشکی)	شرکت پویندگان راه سعادت
شعاع نیریزی، مهرداد (لیسانس فیزیک)	سازمان ملی استاندارد
منصوری، الهام (فوق لیسانس مهندسی الکترونیک)	شرکت میزان گستر رایانه

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

	آشنایی با سازمان ملی استاندارد	ب
	فهرست اعضای کمیسیون فنی تدوین استاندارد	ج
	پیش گفتار	ه
	مقدمه	و
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۲
۳	اصطلاحات، تعاریف و کوته نوشت‌ها	۲
۱-۳	اصطلاحات و تعاریف	۲
۲-۳	کوته نوشت‌ها	۵
۴	کلیات	۶
۵	سطوح آزمون	۶
۶	تجهیزات آزمون	۷
۱-۶	چکیده	۷
۲-۶	مولد رگباره	۷
۱-۲-۶	کلیات	۷
۲-۲-۶	مشخصه‌های مولد پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگباره	۸
۳-۲-۶	کالیبراسیون مشخصه‌های مولد پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگباره	۱۰
۳-۶	شبکهٔ کوپلاژ/ دکوپلاژ برای درگاه منابع تغذیهٔ a.c./d.c.	۱۱
۱-۳-۶	مشخصه‌های کوپلاژ/ دِکوپلاژ	۱۱
۲-۳-۶	کالیبراسیون شبکهٔ کوپلاژ/ دِکوپلاژ	۱۲
۴-۶	کلمپ کوپلاژ خازنی	۱۴
۱-۴-۶	کلیات	۱۴
۲-۴-۶	کالیبراسیون کلمپ کوپلاژ خازنی	۱۵
۷	چیدمان آزمون	۱۶
۱-۷	کلیات	۱۶
۲-۷	تجهیزات آزمون	۱۶
۱-۲-۷	کلیات	۱۶
۳-۷	چیدمان آزمون برای آزمون‌های نوعی که در آزمایشگاه‌ها انجام می‌شود	۱۸

ادامهٔ فهرست مندرجات

عنوان		صفحه
۷-۳-۱	شرایط آزمون	۱۸
۷-۳-۲	روش‌های کوپلاژ ولتاژ آزمون به EUT	۲۱
۷-۴	چیدمان آزمون برای تجهیزات در محل	۲۳
۷-۴-۱	چکیده	۲۳
۷-۴-۲	آزمون بر روی درگاه‌های تغذیه و درگاه‌های زمین	۲۳
۷-۴-۳	ازمون بر روی درگاه‌های سیگنال و کنترل	۲۵
۸	روش اجرایی آزمون	۲۶
۸-۱	کلیات	۲۶
۸-۲	شرایط مرجع آزمایشگاه	۲۶
۸-۲-۱	شرایط آب و هوایی	۲۶
۸-۲-۲	شرایط الکترومغناطیسی	۲۶
۸-۳	اجرای آزمون	۲۶
۹	ارزیابی نتایج آزمون	۲۷
۱۰	گزارش آزمون	۲۷
پیوست الف (اطلاعاتی) توضیحاتی در مورد پالس‌های الکتریکی تندگذر		۲۹
پیوست ب (اطلاعاتی) انتخاب سطوح آزمون		۳۱
پیوست پ (اطلاعاتی) ملاحظات عدم قطعیت اندازه‌گیری (MU)		۳۳
پیوست ت (اطلاعاتی) واژه نامه		۴۴
کتابنامه		۴۸

شکل ۱- نمودار مداری ساده شدهٔ یک مولد پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگباره	۷
شکل ۲- نمایش پالس الکتریکی تندگذر/رگباره	۹
شکل ۳- شکل موج ایده‌آل یک پالس منفرد در بار ۵۰Ω با پارامترهای نرمال t_r=۴/۰۵ns و t_w=۵۰ns	۹
شکل ۴- شبکهٔ کوپلاژ/دکوپلاژ برای درگاه/ ترمینال تغذیهٔ a.c./d.c.	۱۲
شکل ۵- کالیبراسیون شکل موج در خروجی شبکهٔ کوپلاژ/ دِکوپلاژ	۱۳
شکل ۶- ساختار یک کلمپ کوپلاژ خازنی	۱۴
شکل ۷- صفحهٔ مبدل برای کالیبراسیون کلمپ کوپلاژ	۱۵
شکل ۸- کالیبراسیون کلمپ کوپلاژ خازنی با استفاده از صفحهٔ مبدل	۱۶

ادامهٔ فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
شکل ۹- بلوک دیاگرام آزمون مصونیت در برابر پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگباره	۱۷
شکل ۱۰- مثالی از تصدیق چیدمان کلمپ کوپلاژ خازنی	۱۸
شکل ۱۱- مثالی از چیدمان کلی برای آزمون‌های نوعی آزمایشگاهی	۱۸
شکل ۱۲- مثالی از چیدمان آزمون با استفاده از سیستم دارای دو EUT ایستاده بر زمین	۲۰
شکل ۱۳- مثالی از چیدمان آزمون در تجهیزات با ورودی‌های کابل از بالا	۲۱
شکل ۱۴- مثالی از چیدمان آزمون برای کوپلاژ مستقیم ولتاژ آزمون به درگاه های تغذیه a.c./d.c. برای آزمون‌های نوعی آزمایشگاهی	۲۲
شکل ۱۵- مثالی از آزمون در محل بر روی درگاه‌های منبع تغذیهٔ a.c./d.c. و ترمینال‌های زمین حفاظتی در EUTهای ساکن و ایستاده روی زمین	۲۴
شکل ۱۶- مثالی از آزمون در محل بر روی درگاه‌های سیگنال و کنترل بدون کلمپ کوپلاژ خازنی	۲۵
جدول ۱- سطوح آزمون	۶
جدول ۲- مقادیر قلهٔ ولتاژ خروجی و فرکانس‌های تکرار	۱۱
جدول پ-۱- مثالی از بودجهٔ عدم قطعیت برای زمان صعود ولتاژ (t_r)	۳۵
جدول پ-۲- مثالی از بودجهٔ عدم قطعیت برای مقدار ولتاژ قلهٔ EFT/B (V_P)	۳۷
جدول پ-۳- مثالی از بودجهٔ عدم قطعیت برای پهنای پالس ولتاژ EFT/B (t_w)	۳۸
جدول پ-۴- ضریب α (معادلهٔ پ-۴) برای پاسخ‌های ایمپالس تک راستای گوناگون، مربوط به پهنای باند همسان سیستم B	۴۱

پیش گفتار

استاندارد «سازگاری الکترومغناطیسی **(EMC)** – قسمت ۴-۴: فنون آزمون و اندازه‌گیری – آزمون مصونیت در برابر پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگباره» نخستین بار در سال ۱۳۸۶ تدوین شد. این استاندارد براساس پیشنهادهای رسیده و بررسی و تأئید کمیسیون مربوط برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در صدوهفتادوششمین اجلاس کمیته ملی مخابرات مورخ ۹۳/۱۲/۴ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر 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 تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد .

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۴-۴-۷۲۶۰: سال ۱۳۸۶ است.

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

IEC 61000-4-4: 2012-04, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test

مقدمه

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شمارهٔ ۷۲۶۰ تحت عنوان سازگاری الکترومغناطیسی است. این مجموعه استاندارد از قسمت‌های مجزا و با ساختار زیر تدوین شده است.

قسمت۱: کلیات

ملاحظات عمومی (مقدمه، اصول اساسی)

تعاریف، اصطلاحات

قسمت ۲: شرایط محیطی

توضیح شرایط محیطی

طبقه‌بندی شرایط محیطی

سطوح سازگاری

قسمت ۳: محدوده‌ها

محدوده‌های گسیل[1]

محدوده‌های مصونیت[2] (در صورتی که در استاندارد محصول مشخص نشده باشد).

قسمت ۴: روش‌های آزمون و اندازه‌گیری

روش‌های اندازه‌گیری

روش‌های آزمون

قسمت ۵: راهنماهای نصب و تعدیل[3]

راهنماهای نصب

روش‌های تعدیل و وسایل

قسمت۶: استانداردهای عمومی

قسمت ۹: گوناگون

هر قسمت به قسمت‌های بیشتری تقسیم می‌شود که هر کدام به عنوان استاندارد ملی، مشخصات فنی یا گزارش فنی تلقی می‌گردد، برخی از آن‌ها قبلاً به عنوان بخش چاپ شده‌اند، بقیه با شماره‌هایی چاپ می‌شوند که با خط تیره از هم جدا شده‌اند و شمارهٔ دوم نشانگر تقسیم‌بندی زیرین آنهاست (به عنوان مثال: ۱-۶-۷۲۶۰)

این استاندارد ملی در ارتباط با الزامات مصونیت و روش‌های اجرایی آزمون پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگباره است.

1- Emission
2- Immunity
3- Mitigation

سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) –
قسمت ۴-۴: فنون آزمون و اندازه‌گیری –
آزمون مصونیت در برابر پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگباره

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین الزامات مصونیت و روش‌های آزمون تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی در برابر پالس‌های الکتریکی تندگذرِ تکراری است. در این استاندارد همچنین گستره‌های سطوح آزمون تعریف و مراحل اجرایی آزمون مشخص می‌شود.

منظور از این استاندارد تعیین یک مبنای مشترک و تجدیدپذیر برای ارزیابی عملکرد تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی به هنگام قرار گرفتن در معرض پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگباره بر روی درگاه‌های تغذیه، سیگنال، کنترل و زمین می‌باشد. روش آزمون مستند در این استاندارد یک روش منسجم برای ارزیابی مصونیت تجهیزات یا سیستم در برابر یک پدیدهٔ تعریف شده است.

یادآوری – این استاندارد پایهٔ EMC مبنایی برای استفادهٔ کمیسیون‌های فنی تدوین استاندارد محصول است. تعیین ضرورت، انجام آزمون‌های مصونیت و نیز مشخص کردن سطوح مناسب آزمون و معیارهای عملکردی برعهدهٔ کمیسیون‌های فنی تدوین استانداردهای محصول است[۱].

در این استاندارد مباحث زیر تعریف می‌شوند:

- شکل موج ولتاژ آزمون؛
- گسترهٔ سطوح آزمون؛
- تجهیزات آزمون؛
- روش‌های اجرایی کالیبراسیون و تصدیق[۲] تجهیزات آزمون؛
- چیدمان آزمون؛
- روش اجرایی آزمون.

در این استاندارد مشخصات آزمون برای آزمایشگاه‌ها و آزمون‌های در محل[۳] تعیین می‌شود.

۱- TC77 و کمیته‌های فرعی آن در IEC برای همکاری با این کمیسیون‌ها و ارزیابی ضرورت انجام آزمون‌های مصونیت خاص برای محصول درنظر گرفته شده‌اند. برای اطلاعات بیشتر به IEC Guide107 مراجعه شود.

2- Verification

3- In situ

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن موردنظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها موردنظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

IEC 60050-161: 1990, International Electro technical Vocabulary – Chapter 161: Electromagnetic compatibility

۳ اصطلاحات، تعاریف و کوته نوشت‌ها

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات، تعاریف و کوته نگاشت‌های زیر به‌کار می‌رود:

یادآوری - در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف IEC 60050-161 نیز به‌کار رفته است.

۳-۱-۱

تجهیزات کمکی

AE

تجهیزاتی که برای تدارک تجهیزات تحت آزمون (EUT) با سیگنال‌های موردنیاز برای کار عادی و تجهیزات تصدیق عملکرد EUT موردنیاز است.

۳-۱-۲

رگباره

زنجیره‌ای از تعداد محدودی پالس‌های جداگانه یا نوسانی با مدت زمان محدود

[منبع: IEC 60050-4: 1990، 161-02-07]

۳-۱-۳

کالیبراسیون

مجموعه عملیاتی که در آن، تحت شرایط مشخص، ارتباط میان یک نشاندهی[1] و نتیجهٔ اندازه‌گیری با ارجاع به استانداردها برقرار می‌شود.

یادآوری ۱- این عبارت براساس رویکرد «عدم قطعیت» است.

1- Indication

یادآوری ۲- ارتباط بین نشاندهی‌ها و نتایج اندازه‌گیری‌ها می‌تواند به طور اصولی توسط نمودار کالیبراسیون بیان شود.
[منبع: IEC 60050-311: 2001، 311-01-09]

۴-۱-۳

کوپلاژ

کُنشِ متقابل بین مدارها، ازنظرِ انتقال انرژی از یک مدار به مدارِ دیگر

۵-۱-۳

مُد مشترک (کوپلاژ)

کوپلاژِ همزمان به تمام خطوط، نسبت به صفحهٔ مرجع زمین

۶-۱-۳

کلمپ کوپلاژ[1]

وسیله‌ای با ابعاد و مشخصه‌های معین، برای کوپلاژِ مُد مشترک سیگنال اغتشاش به مدار تحت آزمون، بدون هیچگونه اتصال گالوانیک[2] به آن.

۷-۱-۳

شبکهٔ کوپلاژ

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

۸-۱-۳

شبکهٔ دِکوپلاژ

مداری الکتریکی، به منظور جلوگیری از تأثیرگذاری سیگنال‌های EFT اعمال شده به EUT بر روی سایر دستگاه‌ها، وسایل و یا سیستم‌هایی که تحت آزمون نیستند.

۹-۱-۳

کاهش کارایی

انحرافی ناخواسته در کارکرد وسیله، تجهیزات، یا سیستم که نسبت به کارکرد موردنظر رخ می‌دهد.

یادآوری – اصطلاح "کاهش کارایی" می‌تواند برای خرابی موقتی یا دائمی به کار رود.[**منبع:** IEC 60050-161: 1990، 161-01-19]

۱۰-۱-۳

EFT/B[3]

پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگباره

1- Coupling clamp
2- Galvanic
3- Electrical Fast Transient/Burst

۱۱-۱-۳

سازگاری الکترومغناطیسی

EMC

توانایی تجهیزات یا سیستم‌ها برای عملکرد رضایت‌بخش در محیط الکترومغناطیسی بدون آن که اغتشاشات الکترومغناطیسی غیرقابل تحمل برای سایر تجهیزات در آن محیط ایجاد کنند.

[منبع: IEC 60050-161: 1990، 161-01-07]

۱۲-۱-۳

EUT[1]

تجهیزات تحت آزمون

۱۳-۱-۳

صفحهٔ مرجع زمین

GRP[2]

یک سطح رسانای تخت که از پتانسیل آن به عنوان یک مرجع مشترک استفاده می‌شود.

[منبع: IEC 60050-161: 1990، 161-04-36]

۱۴-۱-۳

مصونیت (در برابر اغتشاش)

توانایی یک وسیله، تجهیزات یا سیستم برای عملکرد بدون کاهش کارایی، هنگامی که در معرض اغتشاش الکترومغناطیسی قرار می‌گیرد.

[منبع: IEC 60050-161: 1990، 161-01-20]

۱۵-۱-۳

درگاه

واسط ویژهٔ EUT برای ارتباط با محیط الکترومغناطیسی بیرونی

۱۶-۱-۳

پهنای پالس

فاصلهٔ زمانی بین اولین و آخرین لحظاتی که در آن مقدار لحظه‌ای پالس به ٪۵۰ لبهٔ صعود و سقوط پالس می‌رسد.

[منبع: IEC 60050-161: 1990، 702-03-04، اصلاح شده]

۱۷-۱-۳

زمان صعود

1- Equipment Under Test

2- Ground Reference Plane

فاصلهٔ زمانی بین لحظه‌هایی که در آن، مقدار لحظه‌ای پالس ابتدا به ٪۱۰ و سپس به ٪۹۰ مقدار خود می‌رسد.[منبع: IEC 60050-161: 1990، 161-02-05، اصلاح شده]

۳-۱-۱۸

گذرا

تغییرات یک پدیده یا کمیت بین دو حالت پایدارِ متوالی در فاصلهٔ زمانی که در برابر مقیاس زمان موردنظر، کوتاه است.

[منبع: IEC 60050-161: 1990، 161-02-01، اصلاح شده]

۳-۱-۱۹

مُد نامتقارن (کوپلاژ)

کوپلاژ یک خط[1] نسبت به صفحهٔ مرجع زمین

۳-۱-۲۰

تصدیق

مجموعه عملیاتی که برای بررسی سیستم تجهیزات آزمون (به عنوان مثال مولد آزمون و کابل‌های اتصال داخلی) استفاده می‌شود و نشان می‌دهد که سیستم آزمون مطابق مشخصات توضیح داده شده در بند ۶ عمل می‌کند.

یادآوری ۱- روش‌های مورد استفاده برای تصدیق ممکن است با روش مورد استفاده برای کالیبراسیون متفاوت باشد.

یادآوری ۲- تعاریف داده شده در این استاندارد پایهٔ EUT، با تعاریف توضیح داده شده در [IEC 60050-311، 13-01-311] متفاوت است.

۳-۲ کوته نوشت‌ها

AE	Auxiliary Equipment	تجهیزات کمکی
CDN	Coupling/Decoupling Network	شبکهٔ کوپلاژ/ دِکوپلاژ
EFT/B	Electrical Fast Transient/Burst	پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگباره
EMC	ElectroMagnetic Compatibility	سازگاری الکترومغناطیسی
ESD	Electro Static Discharge	تخلیهٔ الکترواستاتیک
EUT	Equipment Under Test	تجهیزات تحت آزمون
GRP	Ground Reference Plane	صفحهٔ مرجع زمین
MU	Measurement Uncertainty	عدم قطعیت اندازه گیری
PE	Protective Earth	زمین حفاظتی
TnL	Terminator non Linearity	پایان دهندهٔ غیرخطی

1- Single Line

۴ کلیات

آزمون پالس‌های تندگذرِ تکراری، آزمونی با رگباره‌هایی متشکل از تعدادی پالس‌های تندگذر است که روی درگاه‌های تغذیه، کنترل، سیگنال و زمین تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی اعمال می‌شود. نکتهٔ حائز اهمیت آن است که پالس‌های گذرای مورد استفاده در این آزمون دارای دامنهٔ بالا، زمان صعود کوتاه، فرکانس تکرار بالا و انرژی پایین می‌باشند.

این آزمون برای نشان دادن مصونیت تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی به هنگام قرار گرفتن در معرض انواع اغتشاش‌های گذرا مانند اغتشاش ناشی از سوئچینگ(سودهی)سریع (قطع بارهای سلفی، پرش فنر گونه[۱] کنتاکت رله و غیره) درنظر گرفته شده است.

۵ سطوح آزمون

سطوح آزمون ترجیحی برای آزمون پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگباره قابل کاربرد، بر روی درگاه-های تغذیه، کنترل، سیگنال و زمین تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی در جدول ۱ شرح داده شده‌اند.

جدول ۱- سطوح آزمون

ولتاژ آزمون خروجی مدار باز و فرکانس تکرار ایمپالس‌ها				
سطح	درگاه‌های تغذیه، درگاه زمین (PE)		درگاه‌های سیگنال و کنترل	
	ولتاژ قله kV	فرکانس تکرار kHz	ولتاژ قله kV	فرکانس تکرار kHz
۱	۰/۵	۵ یا ۱۰۰	۰/۲۵	۵ یا ۱۰۰
۲	۱	۵ یا ۱۰۰	۰/۵	۵ یا ۱۰۰
۳	۲	۵ یا ۱۰۰	۱	۵ یا ۱۰۰
۴	۴	۵ یا ۱۰۰	۲	۵ یا ۱۰۰
X[a]	ویژه	ویژه	ویژه	ویژه
استفاده از فرکانس تکرار ۵kHz مرسوم است؛ اگرچه فرکانس تکرار ۱۰۰kHz به واقعیت نزدیک‌تر است. فرکانس مربوط به محصولات خاص یا انواع آن‌ها در استاندارد محصول تعیین می‌شود. در برخی محصولات ممکن است تفاوت واضحی بین درگاه‌های تغذیه و سیگنال نباشد، در این صورت باید به استانداردهای محصول مراجعه کرد.				
[a] "X" می‌تواند هر مقداری باشد، بالا، پائین یا بین مقادیر دیگر. سطح باید در مشخصه‌های محصول تعیین شود.				

برای انتخاب سطوح به پیوست ب مراجعه شود.

[۱] - جرقه های لحظه اتصال و قطع

۶ تجهیزات آزمون

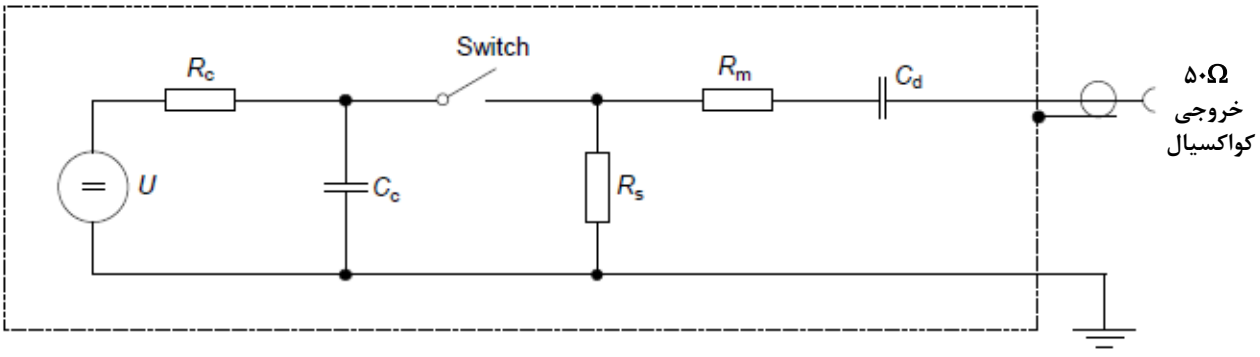
۶-۱ چکیده

روش‌های اجرایی کالیبراسیون بندهای ۶-۲-۳ و ۶-۳-۲ و ۶-۴-۲ به مفهوم اطمینان از عملکرد صحیح مولد آزمون، شبکه‌های کوپلاژ/دِکوپلاژ و دیگر مواردی است که چیدمان آزمون را به‌گونه‌ای فراهم می‌کند تا شکل موج موردنظر به EUT منتقل شود.

۶-۲ مولد رگباره

۶-۲-۱ کلیات

نقشه مدار ساده شدهٔ مولد آزمون در شکل ۱ نشان داده شده است. اجزای مدار C_C، R_S، R_m، R_C و C_d به گونه-ای انتخاب شده‌اند که مولد، یک حالتِ گذرای تند، تحت شرایط مدار باز و بار مقاومتی ۵۰Ω ایجاد کند. امپدانس خروجی مؤثر مولد باید ۵۰Ω باشد.



قطعات

U	**منبع ولتاژ بالا**
R_C	**مقاومت شارژ**
C_C	**خازن ذخیرهٔ انرژی**
R_S	**مقاومت شکل دهندهٔ مدت زمان ایمپالس**
R_m	**مقاومت تطبیق امپدانس**
C_d	**خازن سدکننده d.c.**
Switch	**کلید ولتاژ بالا**

یادآوری ۱- مشخصه‌های کلید به همراه مؤلفه‌های پراکنده (ظرفیت سلفی و خازنی)، شکل چیدمان برای زمان صعود موردنیاز.

شکل ۱- نقشه مدار ساده شدهٔ نشانگر اجزاء اصلی یک مولد پالس‌های الکتریکی تندگذر / رگباره

۶-۲-۲ مشخصه‌های مولد پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگباره

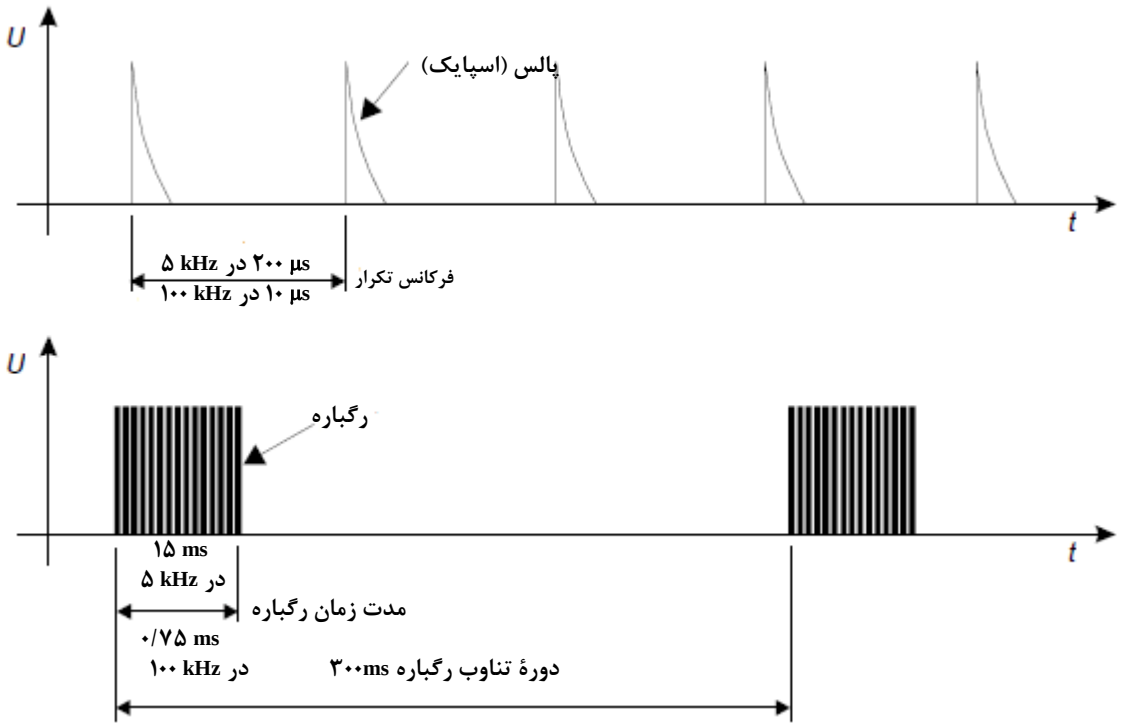
مشخصه‌های مولد پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگباره به شرح زیر است:

- گسترهٔ ولتاژ خروجی با بار ۱۰۰۰Ω باید دست کم ۰٫۲۴kV تا ۳٫۸kV باشد.
- گسترهٔ ولتاژ خروجی با بار ۵۰Ω باید دست کم ۰٫۱۲۵kV تا ۲kV باشد.

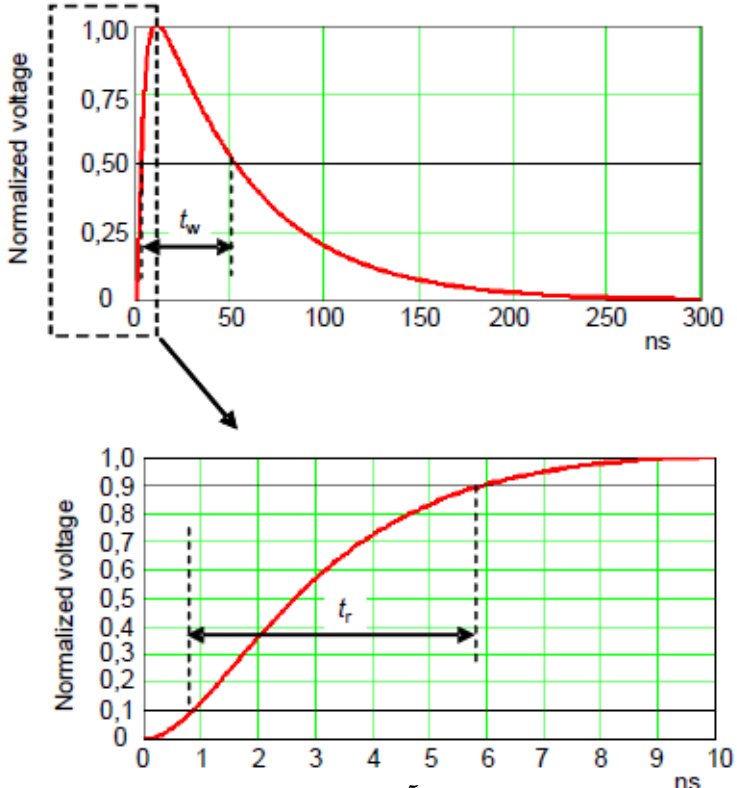
مولد باید بتواند تحت شرایط اتصال کوتاه بدون خرابی کار کند.

مشخصات:

- قطبیت: مثبت/ منفی
- نوع خروجی: کواکسیال، ۵۰Ω
- خازن حذف .d.c: (۱۰±۲) nF
- فرکانس تکرار: ٪۲۰± (به جدول ۲ مراجعه شود)
- وابستگی به منبع تغذیهٔ .a.c: ناهمزمان
- مدت زمان رگباره: (۱۵±۳) ms در فرکانس ۵kHz
  (به شکل ۲ مراجعه شود) (۰٫۷۵±۰٫۱۵) ms در فرکانس ۱۰۰kHz
- دورهٔ تناوب رگباره: (۳۰۰±۶۰) ms
  (به شکل ۲ مراجعه شود)
- شکل موج پالس
  - در بار ۵۰Ω: زمان صعود t_r = ns (۵±۱٫۵)
    پهنای پالس t_W = ns (۵۰±۱۵)
    ولتاژ قله: مطابق جدول ۲، ٪۱۰±
    (برای شکل موج ۵۰Ω به شکل ۳ مراجعه شود)
  - در بار ۱۰۰۰Ω: زمان صعود t_r = ns (۵±۱/۵)
    پهنای پالس t_W = ۵۰ ns با رواداری ۱۵ns- تا ۱۰۰ ns+
    ولتاژ قله: مطابق جدول ۲، ٪۲۰±
    (به یادآوری ۱ از جدول ۲ مراجعه شود)



شکل ۲- نمایش پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگبارہ



شکل ۳- شکل موج ایده‌آل یک پالس منفرد در بار ۵۰Ω

با پارامترهای نرمال t_r = ۵ ns و t_w = ۵۰ ns

فرمول شکل موج ایده‌آل شکل ۳، $v_{EFT}(t)$ به شرح زیر است:

$$v_{EFT}(t) = k_v \left[\frac{v_1}{k_{EFT}} \cdot \frac{\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{n_{EFT}}}{1+\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{n_{EFT}}} \cdot e^{\frac{-t}{\tau_2}} \right]$$

که در آن:

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

و

KV بیشینه مقدار قله ولتاژ مدار باز (k_V=۱ به معنی ولتاژ نرمالیزه شده است)

v_1 = ۰/۹۲ τ_1 = ۳/۵ ns τ_2 = ۵۱ ns n_{EFT} = ۱/۸

یادآوری – اصل این فرمول در پیوست ب از IEC 62305-1: 2005 داده شده است.

۶-۲-۳ کالیبراسیون مشخصه‌های مولد پالس‌های الکتریکی تندگذر/رگباره

مشخصه‌های مولد آزمون باید کالیبره شوند تا الزامات این استاندارد برآورده شود. بدین منظور روش اجرایی زیر باید به کار برده شود.

به منظور پایش ولتاژ، خروجی مولد آزمون باید به ترتیب به پایانهٔ کواکسیال ۵۰Ω و ۱۰۰۰Ω متصل و ولتاژ توسط یک نوسان نما[1] پایش شود. پهنای باند ۳dB- نوسان‌نما باید دست کم ۴۰۰MHz باشد. احتمال دارد امپدانس بار آزمون در ۱۰۰۰Ω یک شبکه مختلط شود. مشخصه‌های امپدانس بار آزمون عبارتند از:

- (۵۰±۱) Ω
- (۱۰۰۰±۲۰) Ω؛ اندازه‌گیری مقاومت در d.c. انجام می‌شود.

رواداری افت داخلی در هر دو بار آزمون نباید از مقادیر زیر بیشتر شود:

- ±۱dB تا ۱۰۰MHz
- ±۳dB از ۱۰۰MHz تا ۴۰۰MHz

عوامل زیر باید اندازه‌گیری شوند:

- ولتاژ قله

برای هر ولتاژ تنظیمی در جدول ۲، ولتاژ خروجی را در بار ۵۰Ω [V_p (۵۰Ω)] اندازه‌گیری کنید. این ولتاژ اندازه‌گیری شده باید V_p (۵۰Ω) با رواداری ٪۱۰± باشد.

1- Oscilloscope

با همان تنظیم قبلی (ولتاژ تنظیم شده) برای مولد آزمون، ولتاژ خروجی را در بار ۱۰۰۰Ω [V_p (۱۰۰۰Ω)] اندازه‌گیری کنید. این ولتاژ اندازه‌گیری شده باید V_p (۱۰۰۰Ω) با رواداری ٪۲۰± باشد.

- زمان صعود برای تمام ولتاژهای تنظیمی؛
- پهنای پالس برای تمام ولتاژهای تنظیمی؛
- فرکانس تکرار پالس‌ها در یک رگبار برای هر ولتاژ تنظیمی؛
- مدت زمان رگبار برای هر ولتاژ تنظیمی؛
- زمان تناوب رگبار برای هر ولتاژ تنظیمی.

جدول ۲- مقادیر قلهٔ ولتاژ خروجی و فرکانس‌های تکرار

ولتاژ تنظیمی kV	**V_p (مدار باز)** kV	**V_p (۱۰۰۰Ω)** KV	**V_p (۵۰Ω)** KV	**فرکانس تکرار** kHz
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۱۲۵	۵ یا ۱۰۰
۰/۵	۰/۵	۰/۴۸	۰/۲۵	۵ یا ۱۰۰
۱	۱	۰/۹۵	۰/۵	۵ یا ۱۰۰
۲	۲	۱/۹	۱	۵ یا ۱۰۰
۴	۴	۳/۸	۲	۵ یا ۱۰۰
یه منظور اطمینان از کمینه بودن خازن‌های پراکنده، بهتر است اقدامات ضروری انجام شود.				
یادآوری ۱- استفاده از مقاومت بار ۱۰۰۰Ω خود به خود، باعث می‌شود که مقدار ولتاژ خوانده شده ۵٪ کمتر از ولتاژ تنظیمی نشان داده شده در ستون V_p (۱۰۰۰Ω) باشد. مقدار ولتاژ خوانده شدهٔ V_p در ۱۰۰۰Ω معادل با (مدار باز) V_p ضرب در نسبت ۱۰۰۰/۱۰۵۰ است (نسبت بار آزمون به امپدانس کلی مدار ۱۰۰۰Ω به علاوهٔ ۵۰Ω). **یادآوری ۲**- همانگونه که در جدول بالا نشان داده شده است در بار Ω ۵۰ ولتاژ خروجی اندازه‌گیری شده نصف مقدار ولتاژ بدون بار است.				

۶-۳ شبکهٔ کوپلاژ/ دِکوپلاژ برای درگاه منبع تغذیهٔ a.c./d.c.

۶-۳-۱ مشخصه‌های شبکه کوپلاژ/دِکوپلاژ

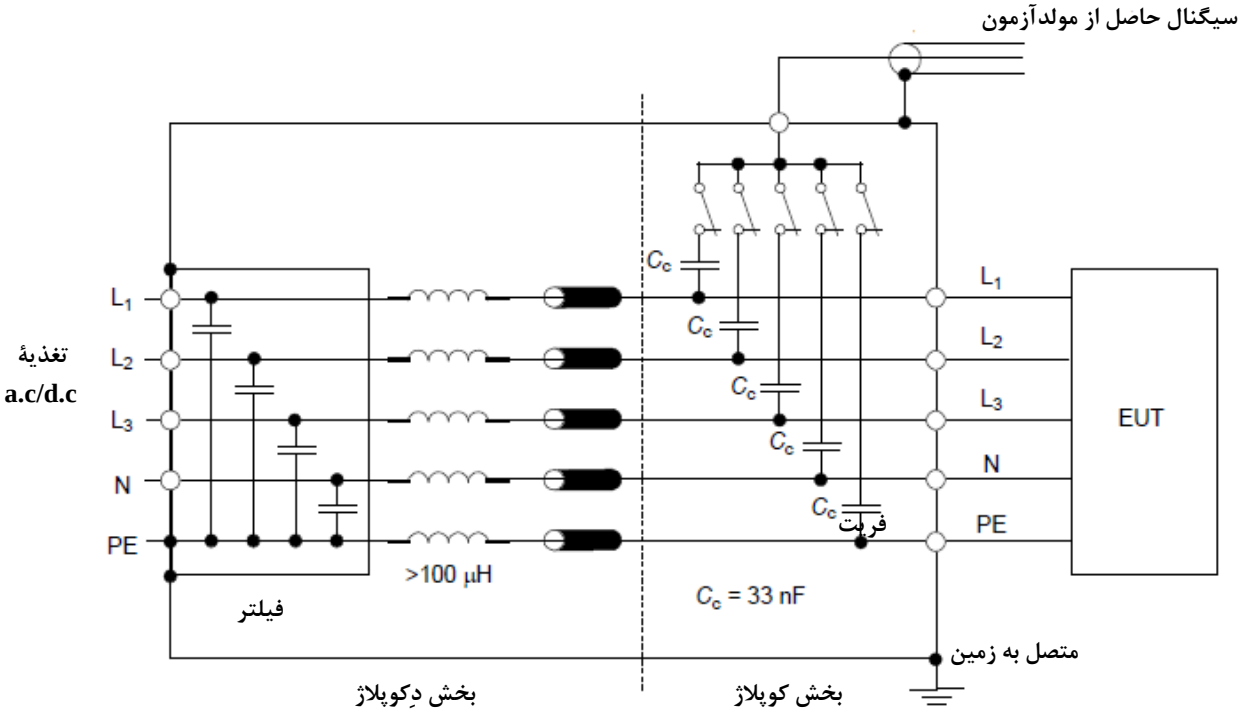
شبکهٔ کوپلاژ/ دِکوپلاژ به منظور آزمون‌های درگاه‌های منبع تغذیهٔ a.c./d.c. استفاده می‌شود.

نمودار مدار (مثالی از یک منبع تغذیهٔ سه فاز) در شکل ۴ نشان داده شده است.

مشخصه‌های نوعی شبکه‌های کوپلاژ/کوپلاژ به شرح زیر است:

- القاگر دِکوپلاژ با فریت[1]: >۱۰۰ µH؛
- خازن‌های کوپلاژ: ۳۳nF؛

[1]- Ferrite



قطعات:

L1، L2، L3	فازها
N	نول
PE	زمین حفاظتی
C_c	خازن‌های کوپلاژ

شکل ۴- شبکهٔ کوپلاژ/ دِکوپلاژ برای درگاه‌ها/ترمینال‌های تغذیهٔ a.c./d.c.

۶-۳-۲ کالیبراسیون شبکهٔ کوپلاژ/ دِکوپلاژ

تجهیزات اندازه‌گیری مشخص شده که برای کالیبراسیون تعریف شده در بند ۶-۲-۳ مناسب هستند باید همچنین برای کالیبراسیون مشخصه‌های شبکهٔ کوپلاژ/دِکوپلاژ مورد استفاده قرار گیرند.

شبکهٔ کوپلاژ/دِکوپلاژ باید با مولدی کالیبره شود که با الزامات بند ۶-۲-۳ مطابق باشد.

شکل موج باید در کوپلاژ مُد مشترک کالیبره شود، این بدان معنی است که کوپلاژ ولتاژهای گذرا به تمام خطوط به طور همزمان انجام می‌شود. شکل موج باید به صورت منفرد برای هر خط کوپلاژ در هر ترمینال خروجی (L1، L2، L3، N و PE) شبکهٔ کوپلاژ/ دِکوپلاژ با یک پایانهٔ ۵۰Ω نسبت به زمین مرجع کالیبره شود. شکل ۵ یکی از پنج نقطه اندازه‌گیری‌های کالیبراسیون L1 نسبت به زمین مرجع را نشان می‌دهد.

یادآوری ۱- تصدیق هر خط کوپلاژ به صورت جداگانه به منظور اطمینان از آنکه هر خط به طور صحیح عمل کرده و کالیبره شده است، انجام می‌شود.

به هنگام استفاده از مبدل‌های کواکسیال برای ارتباط با خروجی CDN، باید احتیاط ویژه به عمل آید.

بهتر است ارتباط بین خروجی CDN و مبدل کواکسیال تا حد امکان کوتاه باشد، اما از ۰/۱m بیشتر نشود.

کالیبراسیون با تنظیم ولتاژ خروجی مولد در ۴kV انجام می‌شود. مولد، به ورودی شبکهٔ کوپلاژ/ دِکوپلاژ متصل می‌شود. هر خروجی منفرد CDN (که به طور معمول به EUT متصل می‌شود) به ترتیب به یک بار ۵۰Ω ختم می‌شود، در حالی که سایر خروجی‌ها باز هستند. ولتاژ قله و شکل موج در هر قطب ثبت می‌شود.

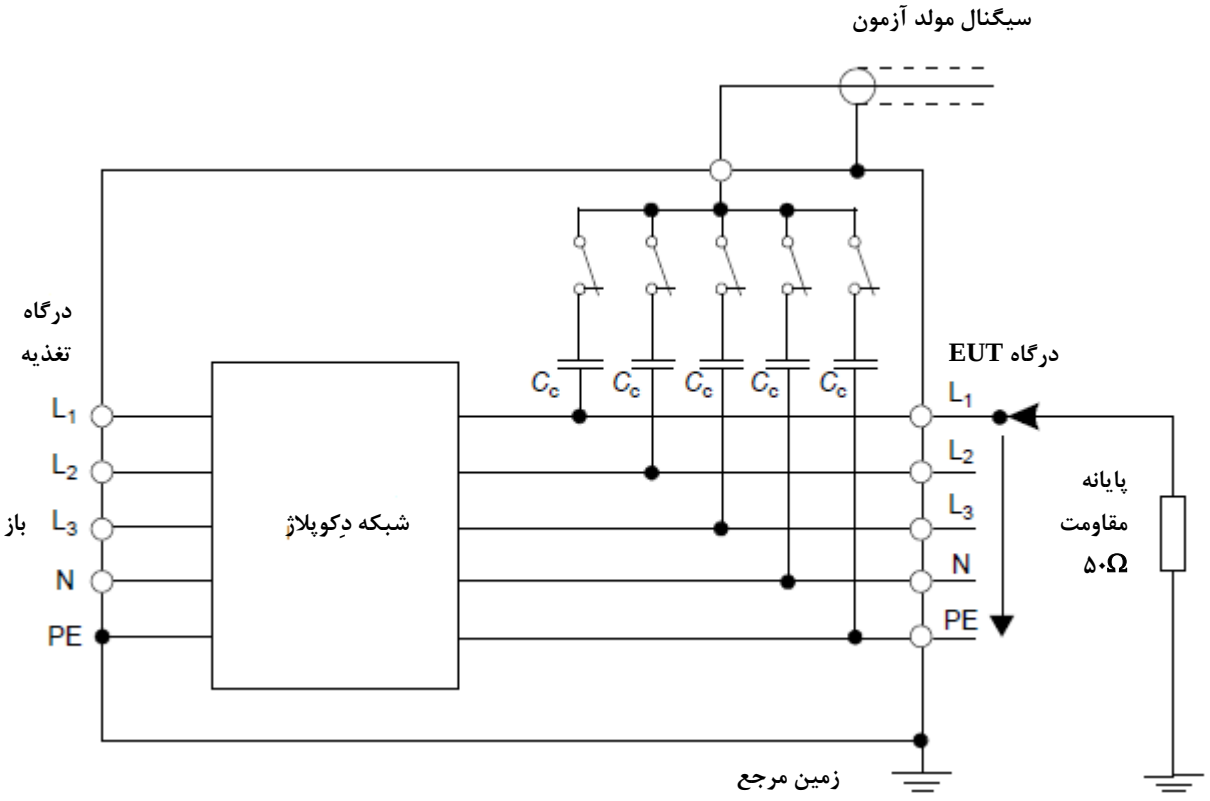
زمان صعود پالس‌ها باید ns(۵/۵±۱/۵) باشد.

پهنای پالس باید ns(۴۵±۱۵) باشد.

ولتاژ قله باید kV(۲±۰/۲) مطابق جدول ۲ باشد.

یادآوری ۲- مقادیر نشان داده شده در بالا ناشی از روش کالیبراسیون **CDN** است.

ولتاژ باقی‌ماندهٔ پالس آزمون بر روی ورودی‌های شبکهٔ کوپلاژ/ دِکوپلاژ در زمان قطع EUT و شبکهٔ تغذیه هنگامی که در هر یک از ترمینال ورودی (L1، L2، L3، N و PE) با یک پایانه ۵۰Ω اندازه‌گیری می‌شود، نباید از ۴۰۰V بیشتر شود. هنگامی که مولد در ۴kV تنظیم می‌شود و شبکهٔ کوپلاژ/ دِکوپلاژ در کوپلاژ مُد مشترک تنظیم می‌شود، بدان مفهوم است که پالس‌های گذرا به تمام خطوط به طور همزمان کوپل می‌شود.



شکل ۵- کالیبراسیون شکل موج در خروجی شبکه کوپلاژ/ دِکوپلاژ

IEC 639/12

۶-۴ کلمپ کوپلاژ خازنی

۶-۴-۱ کلیات

کلمپ امکان، کوپلاژ پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگباره به مدار تحت آزمون را بدون هیچگونه اتصال گالوانیکی به ترمینال‌های درگاه EUT، شیلد کابل‌ها یا هر قسمت دیگر از EUT فراهم می‌کند.

ظرفیت خازنی کلمپ کوپلاژ بستگی به قطر و جنس کابل و شیلد آن (در صورت وجود) دارد.

این وسیله از یک کلمپ (از جنس فولاد گالوانیزه، برنج، مس یا آلومینیم) برای قرارگیری کابل (تخت یا گرد) مدارهای آزمون تشکیل شده است و باید بر روی یک صفحهٔ مرجع زمین به کمینه مساحت $1m^2$ قرار داده شود.

صفحهٔ زمین (مرجع) باید دست کم از هر طرف کلمپ به اندازهٔ ۰/۱m ادامه یابد.

برای اتصال به مولد آزمون، کلمپ باید در هر دوسر، مجهز به یک اتصال دهندهٔ کواکسیال ولتاژ بالا باشد.

مولد باید به آن سرِ کلمپ متصل شود که به EUT نزدیک‌تر است.

هنگامی که کلمپ کوپلاژ فقط یک اتصال دهنده کواکسیال HV دارد، بهتر است به گونه‌ای قرار گیرد که اتصال دهندهٔ کواکسیال HV در نزدیک‌ترین فاصله نسبت به EUT باشد.

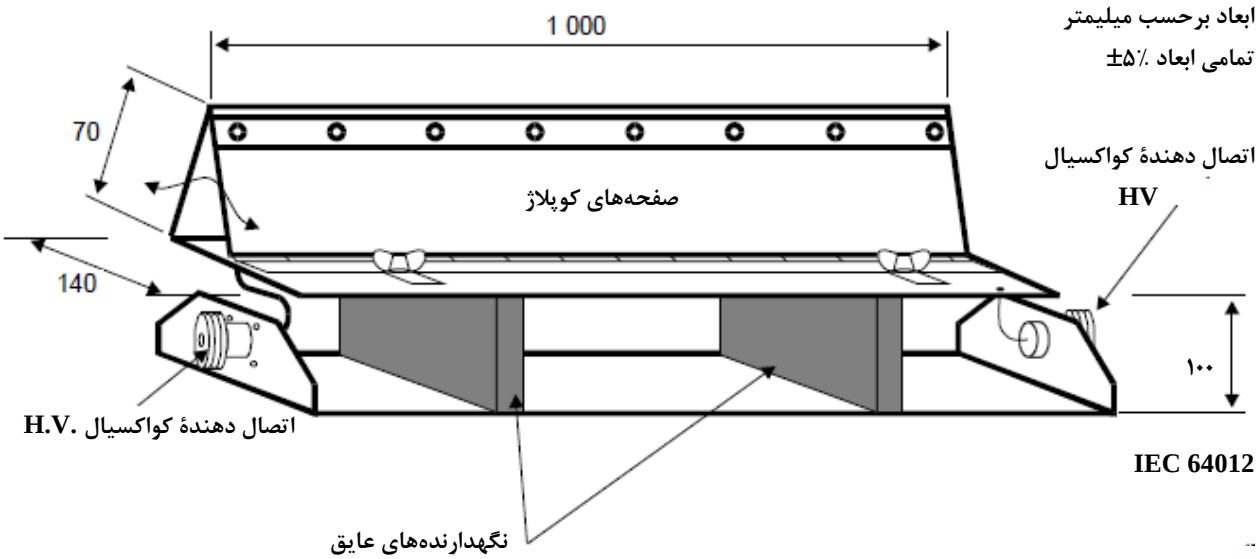
کلمپ خود باید به منظور تأمین بیشینه ظرفیت خازنی کوپلاژ بین کابل و کلمپ، تاحد امکان، بسته باشد.

مثالی از چینش مکانیکی کلمپ کوپلاژ در شکل ۶ نشان داده شده است. ابعاد زیر باید استفاده شود:

ارتفاع صفحهٔ کوپلاژ پائینی: mm(۱۰۰±۵)

عرض صفحهٔ کوپلاژ پائینی: mm(۱۴۰±۷)

طول صفحهٔ کوپلاژ پائینی: mm(۱۰۰۰±۵۰)



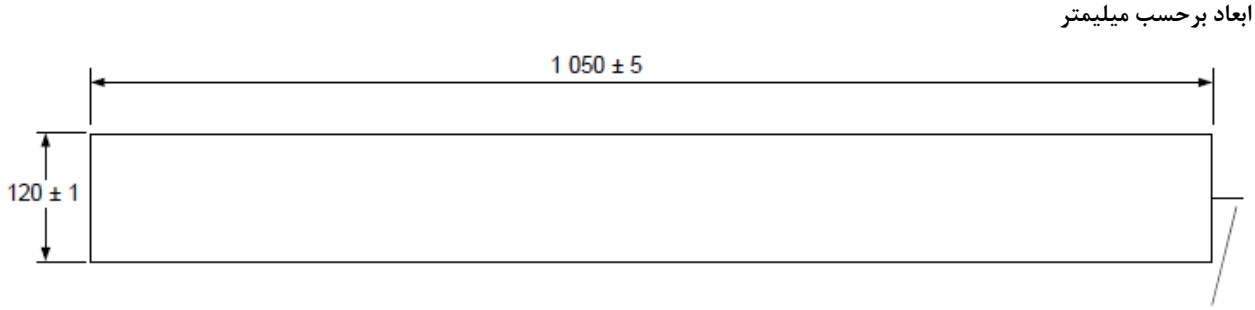
شکل ۶- ساختار یک کلمپ کوپلاژ خازنی

۶-۴-۲ کالیبراسیون کلمپ کوپلاژ خازنی

تجهیزات اندازه‌گیری که برای کالیبراسیون تعریف شده در بند ۶-۳-۲ مناسب هستند، همچنین باید برای کالیبراسیون مشخصه‌های کلمپ کوپلاژ خازنی کوپلاژ/ دِکوپلاژ مورد استفاده قرار گیرند.

یک صفحهٔ مبدل[1] (به شکل ۷ مراجعه شود) باید در کلمپ کوپلاژ قرار گیرد و یک آداپتور[2] با مقاومت ظاهری سلفی[3] پائین متصل به زمین باید برای اتصال به پایان دهنده/ تضعیف کننده[4] اندازه‌گیری استفاده شود.

چیدمان آزمون در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۷- صفحهٔ مبدل برای کالیبراسیون کلمپ کوپلاژ

صفحهٔ مبدل باید شامل ورقهٔ فلزی ۱۲۰mm×۱۰۵۰mm با بیشینه ضخامت ۰/۵mm باشد که در بالا و پائین توسط یک ورقهٔ دی الکتریک ۰/۵mm عایق شده است. عایق بندی دست کم ۲/۵kV بر روی تمام سطوح باید تضمین شود تا از اتصال کلمپ به صفحهٔ مبدل جلوگیری شود. مبدل از یک سر به یک اتصال امپدانسی پائین به طول بیشینهٔ ۳۰mm متصل می‌شود. صفحهٔ مبدل باید در کلمپ کوپلاژ خازنی قرار گیرد به‌گونه‌ای که اتصال سر آن در یک ردیف با انتهای صفحهٔ کوپلاژ قرار گیرد. آداپتور اتصال باید دارای امپدانس اتصال پائین نسبت به صفحهٔ مرجع زمین برای زمین کردن پایان دهنده/تضعیف کننده کواکسیال ۵۰Ω اندازه‌گیری باشد. فاصلهٔ بین صفحهٔ مبدل و پایان دهنده/تضعیف کننده کواکسیال ۵۰Ω نباید از ۰/۱m بیشتر باشد.

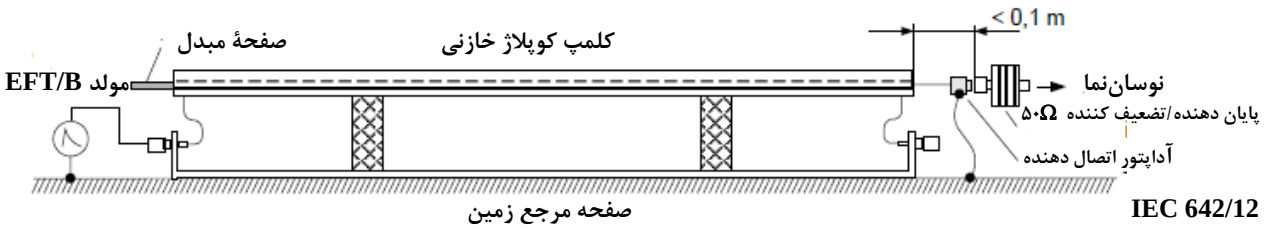
یادآوری – فاصلهٔ هوایی بین صفحهٔ کوپلاژ بالایی و صفحهٔ مبدل قابل اهمیت نمی‌باشد.

شکل موج باید با یک پایان دهنده **۵۰Ω** کالیبره شود.

کلمپ باید با مولدی کالیبره شود که با الزامات بند ۶-۲-۲ و ۶-۲-۳ مطابق باشد.

کالیبراسیون با مولدی که ولتاژ خروجی آن در ۲kV تنظیم شده است، انجام می‌شود.

1- Transducer
2- Adaptor
3- Inductance
4- Terminator/attenuator



شکل ۸- کالیبراسیون کلمپ کوپلاژ خازنی با استفاده از صفحهٔ مبدل

مولد به ورودی کلمپ کوپلاژ متصل است.

پارامترهای شکل موج و ولتاژ قله در خروجی صفحهٔ مبدل که در سرمخالف کلمپ قرار دارد، ثبت می‌شود.

مشخصه‌های شکل موج باید الزامات زیر را برآورد کند:

- زمان صعود ns (۵±۱/۵)؛
- پهنای پالس ns (۵۰±۱۵)؛
- ولتاژ قله V (۱۰۰۰±۲۰۰).

۷ چیدمان آزمون

۷-۱ کلیات

در این استاندارد دو نوع مختلف آزمون برمبنای شرایط محیطی آزمون تعریف شده است:

- آزمون‌های نوعی (انطباق) که در آزمایشگاه‌ها انجام می‌شوند؛
- آزمون‌های در محل که بر روی تجهیزات در شرایط نهایی نصب انجام می‌شوند.

روش آزمون ترجیحی، آزمون‌های نوعی است که در آزمایشگاه انجام می‌شود.

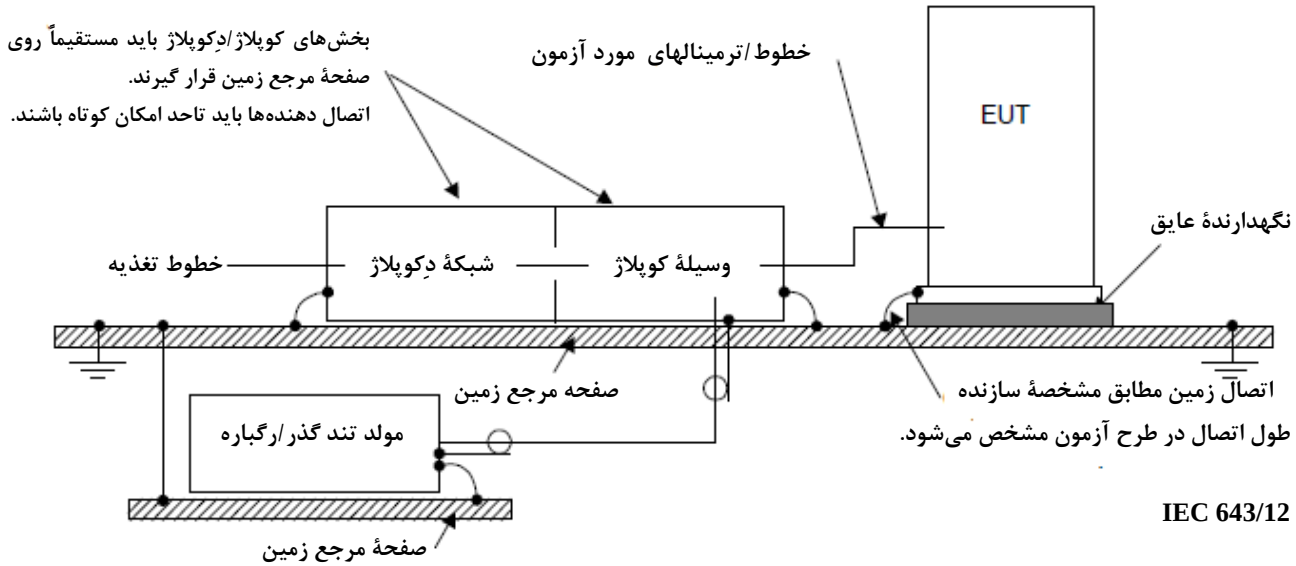
EUT باید مطابق دستورالعمل سازنده (در صورت وجود) برای نصب آماده شود.

۷-۲ تجهیزات آزمون

۷-۲-۱ کلیات

چیدمان آزمون شامل تجهیزات زیر است (به شکل ۹ مراجعه شود):

- صفحهٔ مرجع زمین؛
- وسیلهٔ کوپلاژ (شبکهٔ کوپلاژ یا کلمپ)؛
- شبکهٔ دِکوپلاژ (در صورت نیاز)؛
- مولد آزمون.



شکل ۹- بلوک دیاگرام آزمون مصونیت در برابر پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگباره

۷-۲-۲ تصدیق تجهیزات آزمون

منصور از تصدیق، اطمینان از کارکرد صحیح چیدمان آزمون EFT/B بین کالیبراسیون‌ها است. چیدمان آزمون EFT/B شامل:

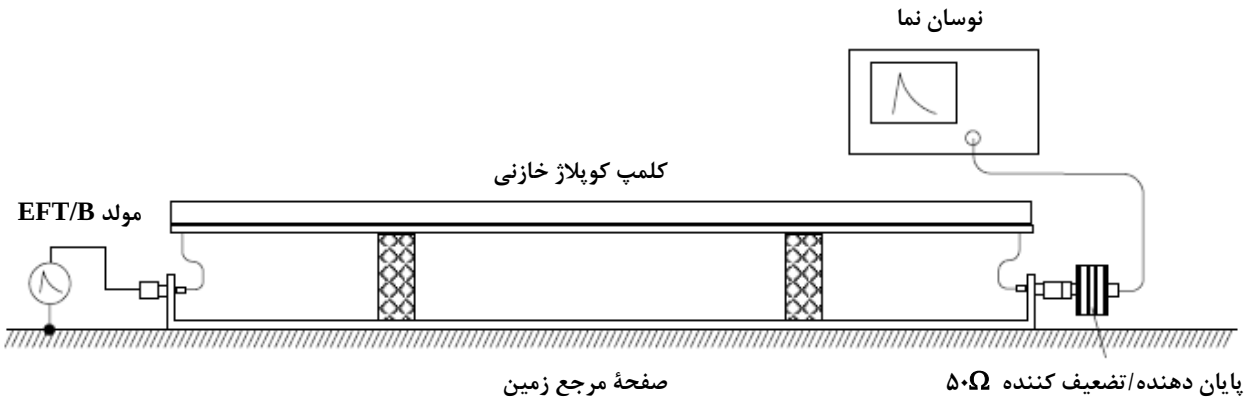
- مولد EFT/B؛
- CDN؛
- کلمپ کوپلاژ خازنی؛
- کابل‌های اتصال داخلی.

برای تصدیق آنکه سیستم به طور صحیح کار می‌کند؛ توصیه می‌شود، سیگنال‌های زیر مورد بررسی قرار گیرند:

- سیگنال EFT/B در ترمینال خروجی CDN وجود داشته باشد؛
- سیگنال EFT/B در کلمپ کوپلاژ خازنی وجود داشته باشد.

کافی است که وجود پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگباره (به شکل ۲ مراجعه کنید) در هر سطح با استفاده از تجهیزات اندازه‌گیری مناسب (به عنوان مثال نوسان‌نما) بدون اتصال EUT به سیستم تصدیق شود.

آزمون‌های آزمایشگاهی ممکن است یک مقدار مرجع کنترل داخلی برای این روش تخصیص دهد. یک مثال از روش اجرایی تصدیق کلمپ کوپلاژ خازنی در شکل ۱۰ نشان داده شده است.



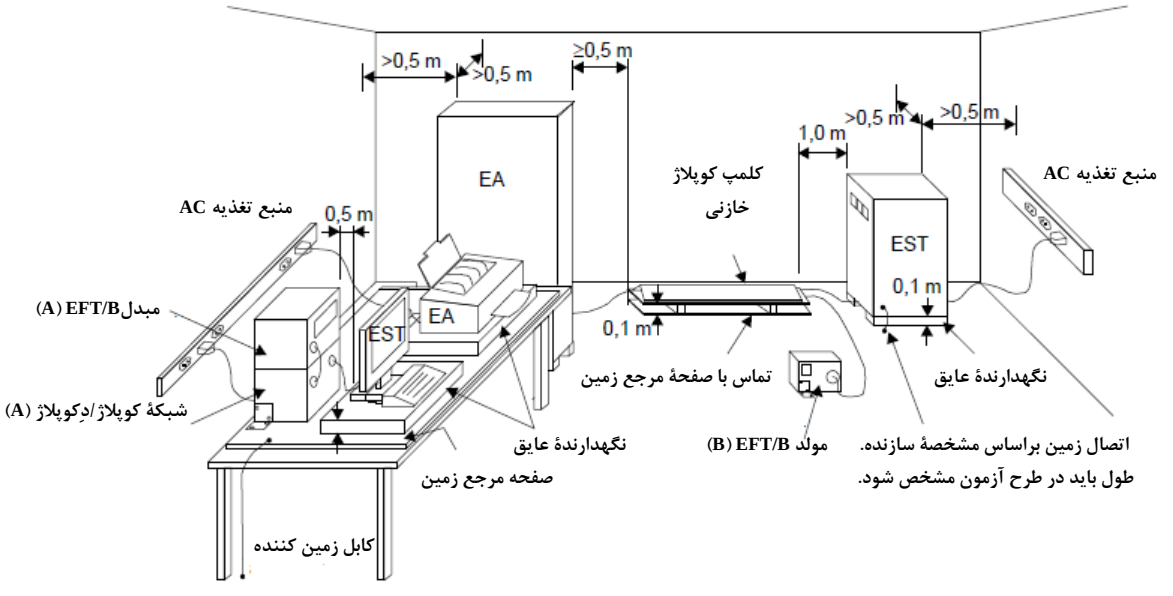
شکل ۱۰- مثالی از تصدیق چیدمان کلمپ کوپلاژ خازنی

۷-۳ چیدمان آزمون برای آزمون‌های نوعی که در آزمایشگاه‌ها انجام می‌شود

۷-۳-۱ شرایط آزمون

الزامات زیر در مورد آزمون‌هایی به کار می‌رود که در آزمایشگاه با شرایط محیطی مرجع، مشخص شده در بند ۸-۱، انجام می‌شود.

EUT های ایستاده بر روی زمین و تجهیزاتی که برای نصب در موقعیت‌های دیگر طراحی شده‌اند، باید بر روی صفحهٔ مرجع زمین قرار گیرند که توسط یک نگهدارندهٔ عایق دارای چرخ‌های[1] نارسانا به‌ضخامت m (۰/۱±۰/۰۵) جدا شده است (به شکل ۱۱ مراجعه شود)، مگر به صورت دیگری مشخص شده باشد.

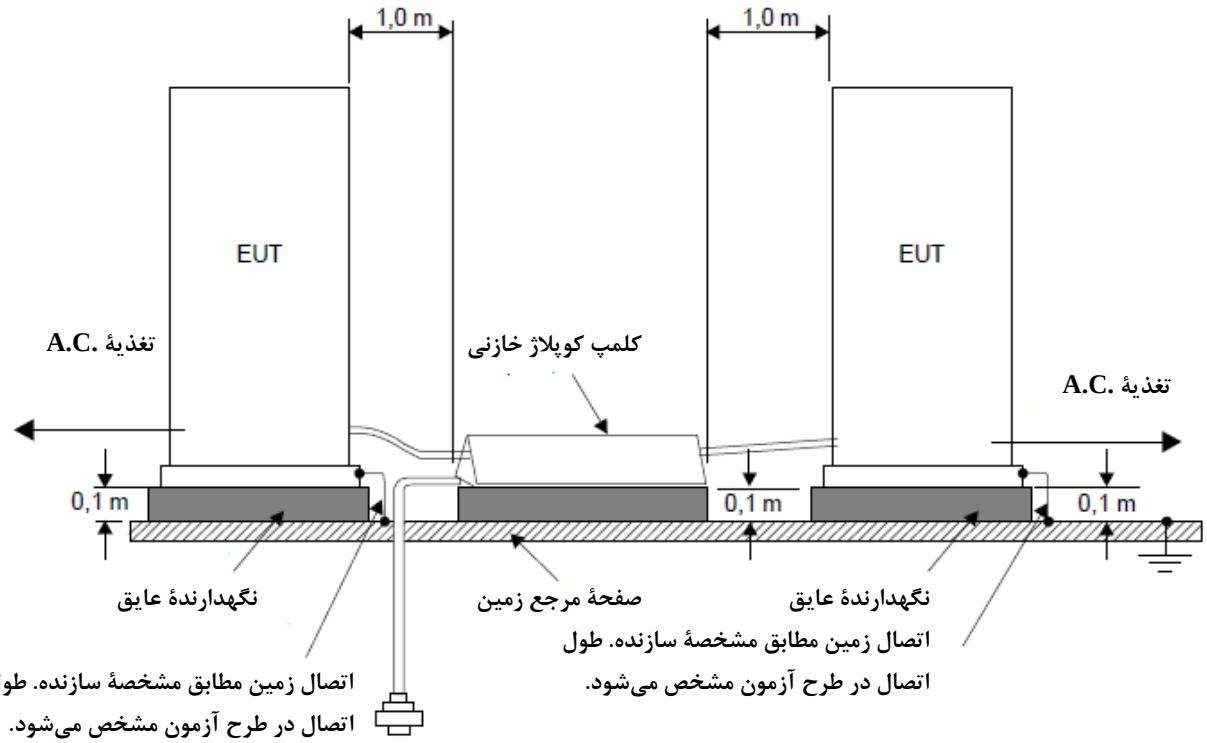


شکل ۱۱- مثالی از چیدمان کلی برای آزمون‌های نوعی آزمایشگاهی

1- Roller/Casters

تجهیزات روی میز و تجهیزاتی که به طور معمول بر روی سقف یا دیوار قرار می‌گیرند باید همانند تجهیزات توکار[1] در شرایطی که EUT به اندازهٔ m (۰/۱±۰/۰۱) بالای صفحهٔ مرجع زمین قرار گرفته است، آزمون شوند.
آزمون تجهیزات روی میز بزرگ یا سیستم‌های چندکاره[2] می‌تواند بر روی سطح زمین، با فاصله‌ای مشابه چیدمان تجهیزات روی میز انجام شود.
مولد آزمون و شبکهٔ کوپلاژ/ دِکوپلاژ باید به صفحهٔ مرجع زمین متصل شوند.
صفحه مرجع زمین باید یک ورقهٔ فلزی (مس یا آلومینیوم) با کمینه ضخامت ۰/۲۵mm باشد؛ از سایر مواد فلزی هم می‌توان استفاده کرد به شرط آن که ضخامت آن‌ها دست کم ۰/۶۵mm باشد.
کمینه اندازهٔ صفحهٔ مرجع زمین باید ۰/۸m×۱m باشد، اندازهٔ واقعی آن بستگی به ابعاد EUT دارد.
صفحهٔ مرجع زمین باید از هر طرف دست کم ۰/۱m از ابعاد EUT بزرگ‌تر باشد.
صفحهٔ مرجع زمین برای حفظ ایمنی باید به زمین حفاظتی (PE)[3] متصل شود.
چیدمان و اتصال EUT باید برطبق مشخصات نصب خود باشد، به گونه‌ای که الزامات عملکردی آن برآورده شود.
کمینه فاصلهٔ بین EUT و تمام ساختارهای رسانای دیگر (شامل مولد، AE و دیوارهٔ اتاقک شیلد) به استثنای صفحهٔ مرجع زمین باید بیشتر از ۰/۵m باشد.
تمام کابل‌های متصل به EUT باید بر روی یک نگهدارندهٔ عایق قرار گیرند که به اندازهٔ ۰/۱m بالای صفحهٔ مرجع زمین است. کابل‌هایی که در معرض پالس‌های الکتریکی تندگذر نیستند باید برای کمینه کردن کوپلاژ بین کابل‌ها تا حد امکان دور از کابل‌های تحت آزمون قرار گیرند.
EUT باید برطبق مشخصات نصب سازنده به سیستم زمین متصل شود؛ هیچ گونه اتصال زمین اضافی مجاز نیست.
اتصال کابل‌های زمین شبکهٔ کوپلاژ/ دِکوپلاژ به صفحهٔ مرجع زمین و تمام اتصالات باید دارای امپدانس القایی پایین باشند.
برای اعمال ولتاژ آزمون باید از یک شبکه کوپلاژ مستقیم یا کلمپ خازنی استفاده کرد. ولتاژهای آزمون باید به تمام درگاه‌های EUT شامل آن‌هایی که بین دو واحد مختلف از تجهیزات تحت آزمون قرار گرفته‌اند اعمال شود؛ مگر آنکه طول کابل ارتباط داخلی، امکان آزمون را غیرممکن سازد (به شکل ۱۲ مراجعه شود).

1- Built in
2- Multiple system
3- Protective earthing



تجهیزاتی که بدون کابل تهیه شده‌اند، بهتر است یا براساس دستورالعمل عملکردی/نصب، یا براساس سخت‌ترین شرایط آزمون شوند.

یادآوری – طول کابل مورد آزمون معمولاً در استاندارد محصول مشخص می‌شود.

شکل ۱۲- مثالی از چیدمان آزمون با استفاده از سیستم دارای دو EUT ایستاده بر روی زمین

چیدمان تجهیزا ت با ورودی‌های کابل از بالا باید همانند طرح شکل ۱۳ باشد.

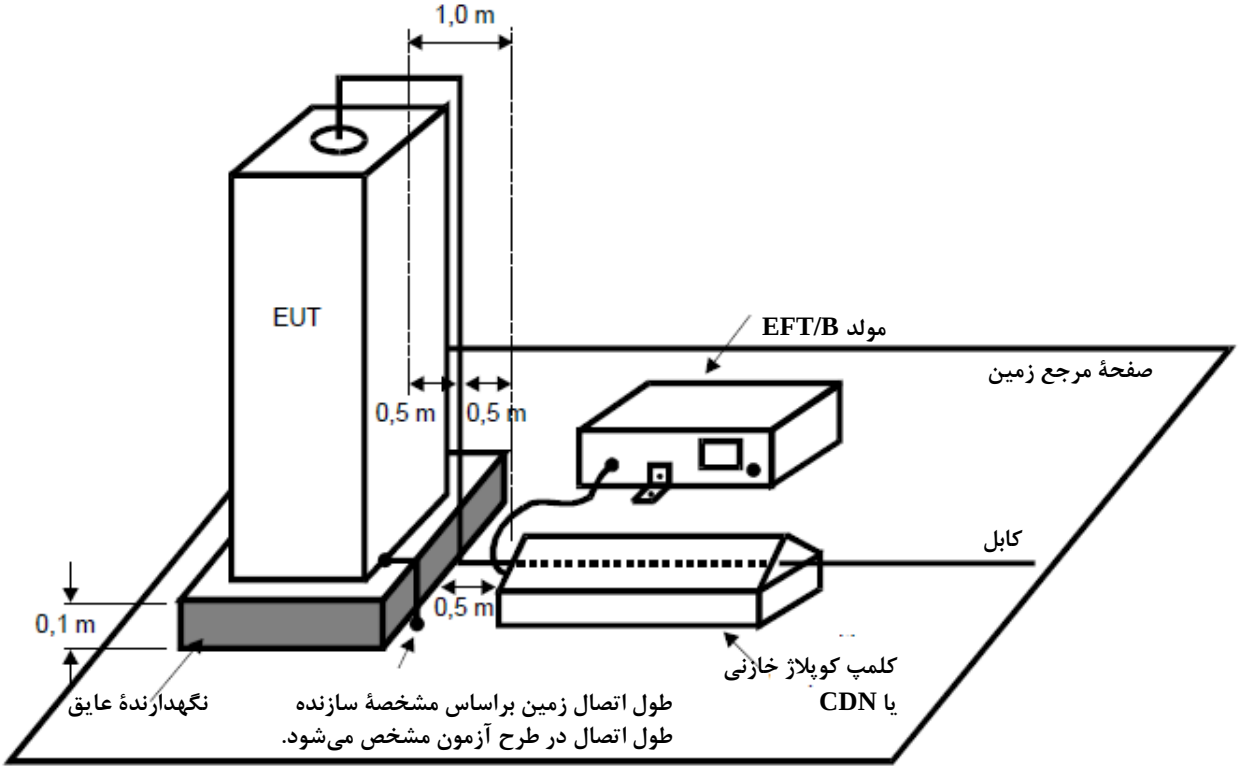
برای حفاظت تجهیزات کمکی و شبکه‌های عمومی باید از شبکه‌های دِکوپلاژ یا مُد مشترک استفاده کرد.

به هنگام استفاده از کلمپ کوپلاژ، کمینه فاصلهٔ بین صفحات کوپلاژ و تمامی سطوح رسانای دیگر شامل مولد به استثنای صفحهٔ مرجع زمین که زیر کلمپ کوپلاژ و EUT قرار دارد، باید دست کم ۰/۵m باشد.

فاصلهٔ بین هر وسیلهٔ کوپلاژ و EUT باید برای آزمون تجهیزات روی میز m (۰/۱ ± ۰/۵)، و برای تجهیزات ایستاده روی زمین m (۰/۱±۱/۰) باشد، مگر به صورت دیگری در استانداردهای محصول مشخص شده باشد. هنگامی که به کارگیری فاصلهٔ مذکور در بالا امکان پذیر نباشد، دیگر فاصله‌ها می‌تواند استفاده شود و باید در گزارش آزمون ثبت شود.

اگر کابل بین EUT و وسیلهٔ کوپلاژ، جداشدنی باشد باید برای مطابقت با الزامات این بند تاحد امکان کوتاه باشد. اگر سازنده، کابلی را تدارک دیده باشد که از فاصلهٔ بین وسیلهٔ کوپلاژ و ورودی EUT بیشتر باشد، طول اضافی این کابل باید جمع شده و در بالای صفحهٔ مرجع زمین به فاصلهٔ ۰/۱m قرار گیرد. هنگامی که کلمپ خازنی به عنوان وسیلهٔ کوپلاژ استفاده شود، طول اضافی کابل باید در سمت AE جمع شود.

قسمت‌هایی از EUT با کابل‌های اتصال داخلی دارای طول کمتر از ۳m، که آزمون نمی‌شوند، باید بر روی نگهدارندهٔ عایق قرار گیرند. بین EUTها باید ۰/۵m فاصله باشد. کابل اضافی باید جمع شود.
مثال‌هایی از چیدمان آزمون‌های آزمایشگاهی در شکل‌های ۱۱ تا ۱۴ نشان داده شده است.



شکل ۱۳- مثالی از چیدمان آزمون در تجهیزات با ورودی‌های کابل از بالا

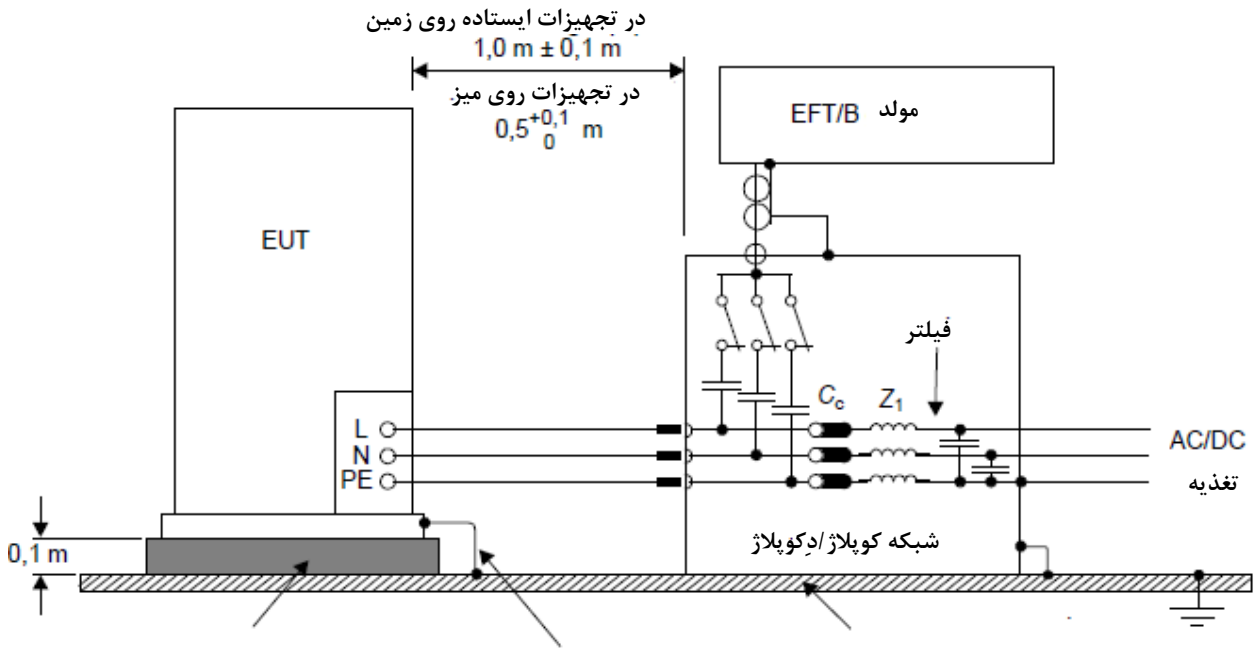
۷-۳-۲ روش‌های کوپلاژ ولتاژ آزمون به EUT

۷-۳-۲-۱ کلیات

روش کوپلاژ ولتاژ آزمون به EUT بستگی به نوع درگاه EUT دارد (همانگونه که در زیر نشان داده شده است).

۷-۳-۲-۲ درگاه‌های تغذیه

مثالی از چیدمان آزمون برای کوپلاژ مستقیم ولتاژ اغتشاش EFT/B از طریق یک شبکهٔ کوپلاژ/دِکوپلاژ در شکل ۱۴ نشان داده شده است. این یک روش ترجیحی برای کوپلاژ به درگاه‌های تغذیه است.



اجزا:

PE	زمین حفاظتی
N	نول
L	فاز
Z_1	امیدانس دِکوپلاژ
C_C	خان کوپلاژ

شکل ۱۴- مثالی از چیدمان آزمون برای کوپلاژ مستقیم ولتاژ آزمون به درگاه‌های تغذیه a.c./d.c برای آزمون‌های نوعی آزمایشگاهی

اگر یک شبکهٔ کوپلاژ/ دِکوپلاژ مناسب در دسترس نباشد؛ به عنوان مثال، در خصوص منابع تغذیه a.c. با جریان بیشتر از ۱۰۰A، می‌توان روش‌های جایگزین را به شرح زیر به کار برد:

- در مُدهای مشترک و غیرمتقارن، تزریق مستقیم با استفاده از خازن‌های nf (۶/۶±۳۳)، مُد کوپلاژ ترجیحی است؛
- اگر تزریق مستقیم عملی نباشد، کلمپ خازنی استفاده می‌شود.

۷-۳-۲-۳ درگاه‌های سیگنال و کنترل

در مثال‌های شکل‌های ۱۱ و ۱۲ نحوهٔ استفاده از کلمپ کوپلاژ خازنی برای کاربرد ولتاژ آزمون اغتشاش به درگاه‌های سیگنال و کنترل نشان داده شده است. کابل باید در مرکز کلمپ کوپلاژ قرار گیرد. تجهیزاتی که مورد آزمون نیستند و تجهیزات کمکی متصل شده باید به نحوه مناسب دِکوپلاژ شوند.

۴-۲-۳-۷ ترمینال زمین

نقطهٔ آزمون بر روی محفظهٔ فلزی تجهیزات که دارای درگاه تغذیه با ترمینال زمین هستند، باید دارای ترمینال هادی زمین حفاظتی باشند.

در صورتی که یک CDN نتواند استفاده شود، ولتاژ آزمون باید از طریق یک خازن کوپلاژ nf (۶/۶±۳۳) به اتصال زمین حفاظتی (PE)، اعمال شود.

۴-۷ چیدمان آزمون برای آزمون‌های در محل

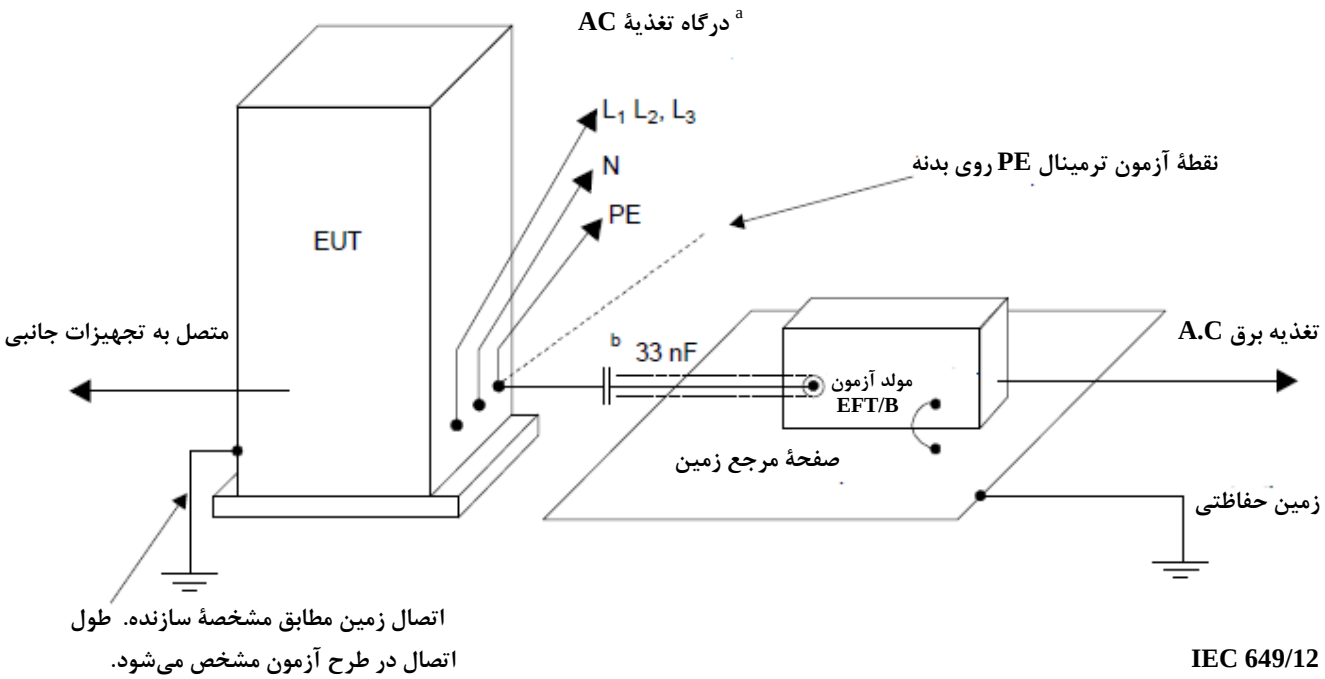
۱-۴-۷ چکیده

آزمون‌های در محل ممکن است تنها با توافق بین سازنده و مشتری انجام شود. باید توجه شود که این آزمون ممکن است برای EUT تخریبی باشد و سایر تجهیزاتی که در همان مکان قرار دارند ممکن است خراب شوند یا به طور غیرقابل قبولی تحت تأثیر آزمون قرار گیرند.

تجهیزات یا سیستم باید در شرایط نهایی نصب خود، آزمون شوند. به منظور شبیه سازی هرچه نزدیک‌تر به محیط الکترومغناطیسی واقعی، آزمون‌های در محل باید بدون استفاده از شبکهٔ کوپلاژ/دِکوپلاژ انجام شود. اگر تجهیزات یا سیستم‌های دیگر، به غیر از EUT، در خلال روند اجرایی آزمون تحت تأثیر قرار گیرند، باید با توافق بین سازنده و کاربر از شبکهٔ دِکوپلاژ استفاده کرد.

۲-۴-۷ آزمون بر روی درگاه‌های تغذیه و درگاه‌های زمین

ولتاژ آزمون باید به طور همزمان بین یک صفحهٔ مرجع زمین و تمامی ترمینال‌های منبع تغذیه a.c. یا d.c. و درگاه زمین حفاظتی یا زمین کارکردی که بر روی بدنهٔ EUT واقع است، اعمال شود (به شکل ۱۵ مراجعه شود).



[a] در مورد تمام ترمینال‌های DC به روش مشابه عمل می‌شود.

[b] خازن‌های کوپلاژ

اجزاء:

PE	زمین حفاظتی
N	نول
L1,L2,L3	فازها

شکل ۱۵- مثالی از آزمون در محل، بر روی درگاه‌های تغذیهٔ a.c./d.c. و ترمینال‌های زمین حفاظتی در EUTهای ساکن و ایستاده بر روی زمین

صفحهٔ مرجع زمین همان‌گونه که در بند ۷-۳-۱، توضیح داده شده است باید نزدیک EUT و متصل به هادی زمین حفاظتی در تغذیهٔ برق A.C. باشد.

مولد EFT/B باید بر روی صفحهٔ مرجع زمین قرار گیرد و توسط یک کابل کواکسیال به خازن(های) کوپلاژ متصل شود. شیلد کابل کواکسیال نباید به انتهای خازن متصل باشد. طول اتصال از خازن کوپلاژ به درگاه‌های EUT باید تاحد امکان کوتاه باشد. این اتصال نباید شیلد شود ولی باید بخوبی عایق شده باشد ظرفیت خازن‌های کوپلاژ باید nf (۶/۶±۳۳) باشد. بهتر است تمامی اتصالات دیگر مطابق الزامات کارکردی خود باشند.

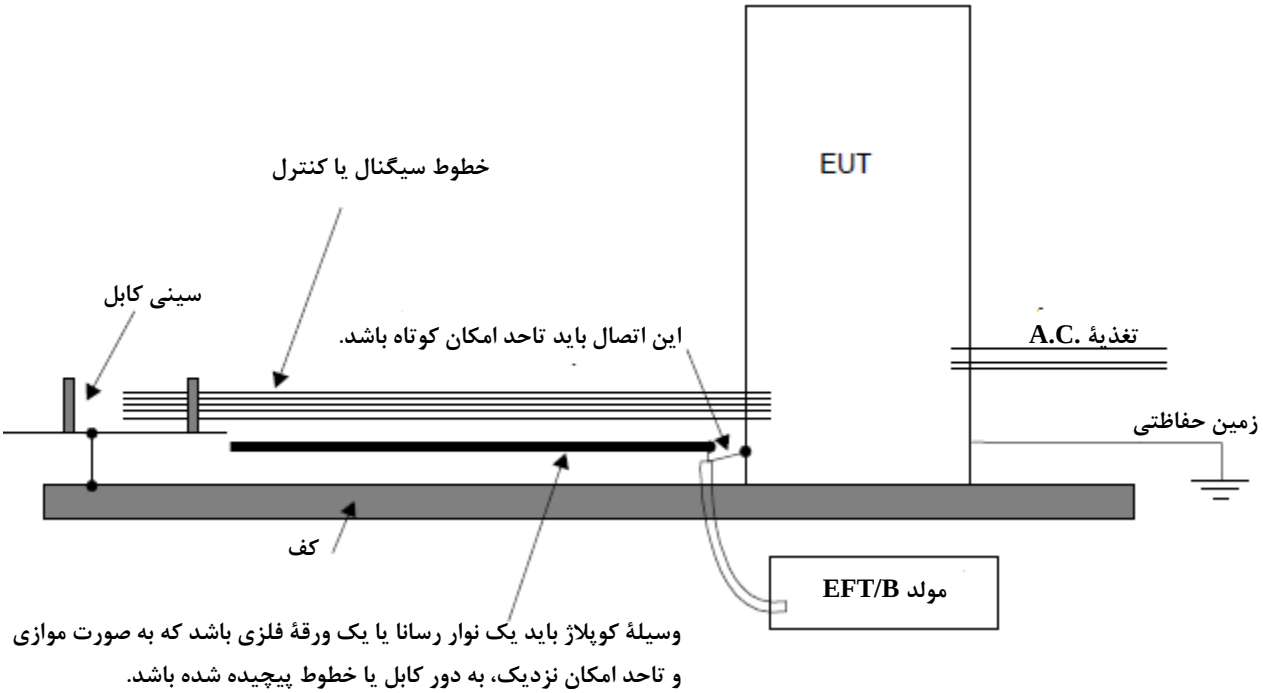
۳-۴-۷ آزمون بر روی درگاه‌های سیگنال و کنترل

کلمپ کوپلاژ خازنی روش ترجیحی برای کوپلاژ ولتاژ آزمون به درگاه‌های سیگنال و کنترل است. کابل باید در مرکز کلمپ کوپلاژ قرار گیرد. به هرحال در صورتی که نتوان به واسطهٔ مشکلات مکانیکی (اندازه، مسیر کابل) از کلمپ، در مسیر کابل استفاده کرد، به عنوان جایگزین باید از یک نوار یا ورقهٔ رسانا برای پوشش دادن خطوط تحت آزمون استفاده کرد.

یک روش جایگزین دیگر، کوپلاژ مولد EFT/B به ترمینال‌های خطوط از طریق خازن‌های PF (۲۰±۱۰۰) است که از این خازن‌ها به جای ظرفیت‌های پراکندهٔ کلمپ یا نوار ورقهٔ رسانا استفاده می‌شود.

کابل کواکسیال مولد آزمون باید در نزدیکی نقطهٔ کوپلاژ، زمین شود. اعمال ولتاژ آزمون به اتصال دهنده‌های کواکسیال یا خطوط دارای شیلد مجاز نیست.

ولتاژ آزمون باید به طریقی اعمالی شود که میزان حفاظت شیلد تجهیزات کاهش نیابد. برای پیکربندی آزمون به شکل ۱۶ مراجعه شود.



شکل ۱۶- مثالی از آزمون در محل بر روی درگاه‌های سیگنال و کنترل بدون کلمپ کوپلاژ خازنی

احتمال دارد نتایج بدست آمده از کوپلاژ از طریق خازن‌های مجزا با نتایج کوپلاژ از طریق کلمپ کوپلاژ یا ورقهٔ رسانا متفاوت باشد، بنابراین سطوح آزمون مشخص شده در بند ۵ این استاندارد، می‌تواند با درنظر گرفتن مشخصه‌های مهم نصب در استانداردهای محصول تعیین شود.

در آزمون تجهیزات در محل، می‌توان با توافق بین سازنده و کاربر، کابل‌های خارجی را با قرار دادن همزمان تمامی کابل‌ها در کلمپ کوپلاژ، آزمون کرد.

۸ روش اجرایی آزمون

۸-۱ کلیات

روش اجرایی آزمون به شرح زیر است:

- تصدیق تجهیزات آزمون براساس بند ۷-۲-۲؛
- تصدیق شرایط مرجع آزمایشگاه؛
- تصدیق عملکرد صحیح EUT؛
- انجام آزمون؛
- ارزیابی نتایج آزمون (به بند ۹ مراجعه شود).

۸-۲ شرایط مرجع آزمایشگاه

۸-۲-۱ شرایط آب و هوایی

شرایط آب و هوایی مشخص شدهٔ آزمایشگاه باید در محدودهٔ تعیین شده توسط سازنده برای عملکرد EUT و تجهیزات آزمون باشد، مگر به صورت دیگری در استانداردهای عام یا محصول مشخص شده باشد.

در صورتی که رطوبت نسبی به گونه‌ای بالا باشد که باعث ایجاد ذرات آب بر روی EUT یا تجهیزات آزمون شود، آزمون‌ها نباید انجام شوند.

۸-۲-۲ شرایط الکترومغناطیسی

شرایط الکترومغناطیسی آزمایشگاه باید به گونه‌ای باشد که با عدم تأثیر بر نتایج آزمون، عملکرد صحیح EUT را تضمین کند.

۸-۳ انجام آزمون

آزمون باید برمبنای طرح آزمون که شامل تصدیق عملکرد EUT مطابق مشخصه‌های فنی آن است انجام شود.

EUT باید در شرایط کار عادی خود باشد.

در طرح آزمون باید موارد زیر مشخص شود:

- نوع آزمون (آزمایشگاهی یا در محل)؛
- سطح آزمون؛
- مُد کوپلاژ (مُد مشترک)، و مُد غیرمتقارن در مورد آزمون در محل یا هنگامی که CDN قابل دسترس نباشد؛
- قطبیت ولتاژ آزمون (هر دو قطب الزامی هستند)؛
- مدت زمان آزمون در هر درگاه (نباید کمتر از زمان موردنیاز EUT برای عملکرد و پاسخ باشد اما هیچگاه نباید کمتر از ۱min باشد. در استانداردهای محصول ممکن است مدت زمان‌های آزمون دیگری انتخاب شود)؛
- فرکانس تکرار؛

- درگاه‌های مورد آزمون EUT؛
- شرایطی که نمایانگر عملکرد EUT می‌باشد؛
- ترتیب اعمال ولتاژ آزمون به درگاه‌های متفاوت EUT؛
- تجهیزات کمکی (AE).

۹ ارزیابی نتایج آزمون

طبقه‌بندی نتایج آزمون باید، یا براساس از دست رفتن عملکرد یا کاهش کارایی تجهیزات تحت آزمون نسبت به سطح عملکردی که توسط سازنده یا متقاضی آزمون مشخص شده است انجام شود، یا برمبنای توافق بین سازنده و خریدار محصول صورت پذیرد. طبقه بندی توصیه شده به شرح زیر است:

الف) عملکرد عادی در محدودهٔ مشخص شده توسط سازنده، متقاضی یا خریدار؛

ب) از دست رفتن موقتی عملکرد یا کاهش کارایی که بعد از اتمام اغتشاش، خاتمه یافته و تجهیزات تحت آزمون عملکرد عادی خود را بدون مداخلهٔ کاربر باز می‌یابند؛

پ) از دست رفتن موقتی عملکرد یا کاهش کارایی، که اصلاح آن نیاز به مداخلهٔ کاربر دارد؛

ت) از دست رفتن موقتی عملکرد یا کاهش کارایی که به دلیل آسیب نرم افزاری و سخت افزاری یا از دست رفتن داده‌ها قابل بازیابی نیست؛

در مشخصه‌های سازنده ممکن است تأثیراتی بر روی EUT تعریف شود که ناچیز و بنابراین قابل قبول درنظر گرفته می‌شود.

یادآوری – کمیسیون‌های فنی مسئول برای تدوین استانداردهای عام، محصول و خانوادهٔ محصول می‌توانند از این طبقه‌بندی به عنوان یک راهنما به منظور قانونمند کردن معیارهای عملکردی استفاده کننده، همچنین در مواردی که استانداردهای عام، محصول و خانوادهٔ محصول مناسب وجود ندارد، این طبقه‌بندی می‌تواند به عنوان چهارچوبی برای توافق بین سازنده و خریدار در مورد معیارهای عملکردی درنظر گرفته شود[۱].

۱۰ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل تمامی اطلاعات ضروری برای تجدید آزمون باشد. به ویژه موارد زیر باید ثبت شود:

- مواردی که در طرح آزمون در بند ۸ این استاندارد الزام شده‌اند؛
- موارد مربوط به شناسایی EUT و تجهیزات وابسته مانند علامت تجاری، نوع محصول، شمارهٔ سریال؛
- هرگونه شرایط ویژهٔ محیطی که آزمون در آن انجام می‌شود، مانند محفظهٔ شیلد شده؛
- شناسایی تجهیزات آزمون به عنوان مثال، نام تجاری، نوع محصول و شمارهٔ سریال؛

۱- برای اطلاعات بیشتر به IEC 61000-4-4 مراجعه شود.

- هرگونه شرایط ویژه‌ای که برای انجام آزمون موردنیاز باشد؛
- ترسیم و/یا تصویر چیدمان و جانمایی[1] EUT ؛
- سطح عملکردی که توسط سازنده، متقاضی یا فروشنده تعریف شده است؛
- معیارهای عملکردی که در استانداردهای عام، محصول یا خانوادهٔ محصول تعیین شده باشد؛
- هر تأثیری که به هنگام کاربرد اغتشاش یا بعد از آزمون بر روی EUT مشاهده می‌شود و مدت زمان تأثیر آن پدیده؛
- نوع کابل، شامل طول و درگاه واسط EUT که به آن متصل شده است؛
- استدلال برای اتخاذ تصمیم مبنی بر قبولی/مردودی (با توجه به معیارهای عملکردی مشخص شده در استانداردهای عام، محصول یا خانوادهٔ محصول یا توافق بین سازنده و خریدار)؛
- هرگونه شرایط ویژه برای استفاده، مانند طول یا نوع کابل، شیلد یا زمین شدن یا شرایط عملکردی EUT که برای احراز مطابقت لازم است.

1- Layout

پیوست الف
(اطلاعاتی)
توضیحاتی در مورد پالس‌های الکتریکی تندگذر

الف-۱ کلیات

پالس‌های الکتریکیِ تندگذر/ رگباره (EFT/B) با سوئیچینگ بارهای القایی ایجاد می‌شوند. به این سوئیچینگ-های گذرا به طورکلی حالت‌های تندگذر نسبت داده می‌شود و ممکن است با مشخصه‌های زیر توضیح داده شوند:

- مدت زمان رگباره (که غالباً با انرژی ذخیره شده در القاگر قبل از عمل سوئیچینگ تعیین می‌شود)؛
- فرکانس تکرار حالت‌های گذرای منفرد؛
- دامنهٔ متغیر حالت‌های گذاری یک رگباره، که اصولاً توسط مشخصه‌های مکانیکی و الکتریکی کنتاکت سوئیچینگ (سرعت کنتاکت‌ها در عملِ بازشدنِ، توانایی تحمل ولتاژ کنتاکت‌ها در شرایط باز) تعیین می‌شود.

به‌طورکلی EFT/B فاقد پارامترهای واحدی است که وابسته به خصوصیات کنتاکت سوئیچینگ یا بار در حالت سوئیچ شده باشد.

الف-۲ دامنه اسپایک[1] (خاره)

سطح اسپایک‌های اندازه‌گیری شده در هادی‌های خط ممکن است دارای همان مقداری باشد که در اتصال گالوانیکی این خط با کنتاکت سوئیچینگ اندازه‌گیری می‌شود. در منبع تغذیه و برخی مدارهای کنترل این اتفاق ممکن است در نزدیکی (با فاصلهٔ یک متری) کنتاکت‌ها رخ بدهد. در این مورد، اغتشاش از طریق القا (به عنوان مثال خازنی) منتقل می‌شود. دامنه، کسری از سطح اندازه‌گیری شده در کنتاکت‌ها است.

الف-۳ زمان صعود

باید توجه داشت که با افزایش فاصله از منبع، شکل موج به واسطهٔ تلفات انتشاری، پخشی و انعکاسی ناشی از اعوجاج ایجاد شده توسط بارهای متصل شده، تغییر می‌کند. زمان صعود 5ns که برای مشخصه‌های مولد آزمون محسوب شده است اثر تضعیف کنندگی مؤلفه‌های فرکانس بالا را در انتشار اسپایک لحاظ می‌کند.

در یک زمان صعود کوتاه‌تر به عنوان مثال 1ns ممکن است نتایج آزمون با احتیاط بیشتری به دست آید و مناسب بودن آن اساساً بستگی به تجهیزاتی دارد که اتصال آن‌ها در مقایسه با منبع مولد EFT/B کوتاه‌تر است.

یادآوری – زمان صعود **EFT** منبع آزمون، برای گسترهٔ ولتاژ **۵۰۰V** تا **۴kV** و بیشتر از آن، به زمان صعود یک تخلیهٔ الکترواستاتیک (در هوا) بسیار نزدیک است، مکانیزم تخلیه مشابه است.

۱- اثر زودگذری که در آن به‌طور ناگهانی دامنهٔ سیگنال نسبت به دامنهٔ متوسط همان سیگنال زیاد می‌شود.

الف-۴ مدت زمان اسپایک

مدت زمان واقعی اسپایک به طور قابل توجهی با آنچه که در ویرایش‌های قبلی این استاندارد مشخص شده است متفاوت است. این زمان به دلیل وابستگی کمتر مؤلفه‌های فرکانس پایین اسپایک‌ها، با مدت زمان اسپایک‌های اندازه‌گیری شده به عنوان ولتاژهای القایی در مدارهای متأثر از آن، سازگار است.

الف-۵ فرکانس تکرار اسپایک

فرکانس تکرار بستگی به پارامترهای مختلف دارد. به عنوان مثال:

- ثابت زمانی مدار شارژ (مقاومت، ظرفیت القایی و ظرفیت خازنی پراکندهٔ بار القایی سوئیچ شده)؛
- ثابت زمانی مدار سوئیچینگ، شامل امپدانس خط اتصال دهندهٔ این بار به کنتاکت سوئیچینگ؛
- سرعت کنتاکت در عمل باز شدن؛
- ولتاژ تحمل کنتاکت سوئیچینگ.

بنابراین فرکانس تکرار متغیر است و یک گسترهٔ ده تایی یا بیشتر، کاملاً معمول است.

یادآوری – در عمل فرکانس‌های تکرار **۵kHz** و **۱۰۰kHz** می‌تواند به عنوان فرکانس تکرار توافقی انتخاب شود چرا که لازم است تا یک آزمون در گسترهٔ مهم‌ترین پارامترهای مولد **EFT/B** انتخاب شود.

الف-۶ تعداد اسپایک‌ها در هر رگباره و مدت زمان رگباره

این پارامترها بستگی به انرژی ذخیره شده توسط بار القایی سوئیچ شده و نیز ولتاژ تحمل کنتاکت سوئیچینگ دارد.

تعداد اسپایک‌ها در هر رگباره مستقیماً بستگی به فرکانس اسپایک و مدت زمان رگباره دارد. با بررسی و نتایج اندازه‌گیری‌ها درمی‌یابیم که مدت زمان بسیاری از رگباره‌ها بسیار نزدیک به ۲ms است؛ به استثنای رله‌های جیوه‌ای که استفاده از آن‌ها معمول نیست.

یادآوری – مدت زمان **۰/۷۵ms** به عنوان زمان مرجع برای آزمون در **۱۰۰kHz** انتخاب شده است. بنابراین عدد ۷۵ برآیند اسپایک در هر رگباره است. وقتی در فرکانس **۵kHz** آزمون می‌شود، مدت زمان رگباره **۱۵ms** است.

پیوست ب
(اطلاعاتی)
انتخاب سطوح آزمون

سطوح آزمون بهتر است مطابق شرایط محیطی و نصب واقعی انتخاب شود. این سطوح در بند ۵ این استاندارد مشخص شده‌اند.

آزمون‌های مصونیت، برای برقراری یک سطح عملکردی در محیط قابل انتظار جهت کارکرد تجهیزات، به این سطوح وابسته است.

برای آزمون درگاه‌های کنترل و سیگنال نصف ولتاژ آزمون اعمالی به درگاه تغذیه به کار می‌رود.

گزینهٔ توصیه شدهٔ سطوح آزمون برای انجام آزمون EFT/B برطبق الزامات محیط الکترومغناطیسی و با توجه به تجارب نصب عمومی به شرح زیر است:

الف) سطح ۱: محیط خوب محافظت شده

خصوصیات زیر نشان دهندهٔ محیط نصب است:

- حذف هرگونه EFT/B در منبع تغذیهٔ سوئیچینگ و مدارهای کنترل؛
- جداسازی بین خطوط منبع تغذیه (a.c. , d.c.)، مدارهای کنترل و اندازه‌گیری که متعلق به محیط‌های دیگر با سطوح سختی بالاتر هستند؛
- کابل‌های منبع تغذیهٔ شیلد شده که پوشش فلزی آن‌ها از هر دو طرف به زمین مرجع تأسیسات متصل است و حفاظت منبع تغذیه توسط فیلتر؛

اتاق رایانه ممکن است نمایانگر چنین محیطی باشد.

کاربرد این سطح در آزمون تجهیزات، به آزمون‌های نوعی در مدارهای منبع تغذیه و آزمون‌های بعد از نصب در مدارهای زمین و بدنهٔ تجهیزات محدود می‌شود.

ب) سطح ۲: محیط محافظت شده

خصوصیات زیر نشان دهندهٔ محیط نصب است:

- حذف جزئی EFT/B در منبع تغذیه و مدارهای کنترل که تنها توسط رله (شامل کنتاکتور نمی‌شود) قطع و وصل می‌شوند؛
- جداسازی ضعیف مدارهای صنعتی متعلق به محیط صنعتی از سایر مدارهای وابسته به محیط‌های با سطوح سختی بالاتر؛
- جداسازی فیزیکی کابل‌های بدون شیلد منبع تغذیه و کنترل از کابل‌های ارتباطی و سیگنال؛

اتاق کنترل یا اتاق ترمینال مجتمع‌های صنعتی و الکتریکی می‌توانند نمایانگر چنین محیطی باشند.

پ) سطح ۳: محیط صنعتی معمولی

خصوصیات زیر نشان دهندهٔ محیط نصب است:

- عدم حذف EFT/B در منبع تغذیه و مدارهای کنترل که تنها توسط رله (شامل کنتاکتور نمی‌شود) قطع و وصل می‌شوند؛
- جداسازی ضعیف مدارهای صنعتی از سایر مدارهای وابسته به محیط‌های با سطوح سختی بالاتر؛
- تخصیص کابل برای خطوط ارتباطی، منبع تغذیه، کنترل و سیگنال؛
- جداسازی ضعیف بین کابل‌های ارتباطی، منبع تغذیه، کنترل و سیگنال؛
- در دسترس بودن سیستم اتصال زمین توسط لوله‌های هادی، هادی‌های زمین در سینی کابل (متصل به سیستم زمین حفاظتی) و صفحهٔ زمین شبکه‌ای.

محوطهٔ تجهیزات در فرآیند صنعتی ممکن است نمایانگر چنین محیطی باشد.

ت) سطح ۴: محیط صنعتی سخت

خصوصیات زیر نشان دهندهٔ محیط نصب است:

- عدم حذف EFT/B در منبع تغذیه و مدارهای کنترل و قدرت که توسط رله و کنتاکتور قطع و وصل می‌شوند؛
- عدم جداسازی مدارهای صنعتی متعلق به محیط صنعتی سخت از سایر مدارهای وابسته به محیط‌های با سطوح سختی بالاتر؛
- عدم جداسازی بین کابل‌های ارتباطی، منبع تغذیه، کنترل و سیگنال ؛
- استفاده از کابل‌های چند رشته‌ای به صورت مشترک برای خطوط کنترل و سیگنال.

محوطهٔ بیرونی تجهیزات در فرآیند صنعتی که در آن‌ها هیچ‌گونه عمل نصب مشخصی اتخاذ نشده است، نیروگاه‌ها، اتاق‌های رله در پست‌های ولتاژ بالای فضای باز و پست‌های عایق شدهٔ گازی با ولتاژ عملکردی تا ۵۰۰kV (با نصب معمول) می‌توانند نمایانگر چنین محیطی باشند.

ث) سطح X : وضعیت‌های ویژه جهت بررسی

جداسازی الکترومغناطیسی کلی یا جزئی منابع اغتشاش از مدارهای تجهیزات، کابل‌ها، خطوط و غیره ... که کیفیت نصب آن‌ها نیاز به استفاده از سطح محیطی بالاتر یا پایین‌تر از موارد مشروح در بالا را دارد. بهتر است توجه داشت که می‌توان خطوط تجهیزات با یک سطح محیطی بالاتر را در محیطی با سطوح سختی پایین‌تر نیز مورد استفاده قرار داد.

پیوست پ
(اطلاعاتی)
ملاحظات عدم قطعیت اندازه‌گیری (MU)

پ-۱ کلیات

تجدیدپذیری آزمون‌های EMC، به عوامل و تأثیرات زیادی که نتایج آزمون را تحت تأئید می‌دهند، بستگی دارد. این تأثیرات ممکن است به اثرات تصادفی یا سیستماتیک طبقه بندی شوند. انطباق کمیت اغتشاش واقعی با کمیت اغتشاش تعیین شده در این استاندارد معمولاً از طریق یک مجموعه اندازه‌گیری (برای مثال: اندازه‌گیری زمان صعود ایمپالس با نوسان‌نما و توسط تضعیف کننده) تأیید می‌شود. به علت ایده‌آل نبودن دستگاه‌های اندازه‌گیری و همچنین تکرارپذیر نبودن خود اندازه‌ده، نتیجه‌ی هر اندازه‌گیری دارای مقدار معینی عدم قطعیت اندازه‌گیری (MU) است. برای ارزیابی MU لازم است که:

الف) منابع عدم قطعیت مربوط به دستگاه‌های اندازه‌گیری و اندازه دِه شناسایی و مشخص شوند،

ب) روابط عملیاتی (مدل اندازه‌گیری) بین کمیت‌های تأثیرگذار (ورودی) و کمیت مورد اندازه‌گیری (خروجی) شناسایی و مشخص شوند،

پ) عدم قطعیت تخمینی و استاندارد کمیت‌های ورودی تعیین شوند،

ت) تخمینی از بازه واقعی اندازه دِه، با سطح اطمینان بالا تعیین شود.

در آزمون‌های مصونیت، تخمین‌ها و عدم قطعیت‌ها برای پارامترهای کمیت اغتشاش (برای مثال: زمان صعود، قله و پهنای پالس) ارزیابی می‌شوند. به این ترتیب میزان مطابقت کمیت اغتشاش با مشخصات مرتبط از این استاندارد پایه، شرح داده می‌شود.

تخمین و عدم قطعیت‌های استخراج شده برای یک کمیت اغتشاش خاص، میزان انطباق بین پدیده‌ی الکترومغناطیسی شبیه‌سازی شده، همان گونه که در این استاندارد پایه تعریف شده است و پدیده‌ی الکترومغناطیسی واقعی، در دنیای بیرون از آزمایشگاه را شرح نمی‌دهد.

از آنجایی که اثر پارامترهای کمیت اغتشاش روی EUT از قبل معلوم نیست و در اکثر موارد EUT رفتاری غیرخطی نشان می‌دهد، تخمین و عدم قطعیت واحدی را نمی‌توان برای کمیت اغتشاش تعریف کرد. بنابراین هر پارامتر کمیت اغتشاش با تخمین و عدم قطعیت مربوط به آن همراه می‌شود. این بیش از یک بودجه‌ی عدم قطعیت را درپی دارد.

این پیوست برروی عدم‌قطعیت کالیبراسیون آزمایشگاه‌های کالیبراسیون و آزمایشگاه‌های آزمونی که کالیبراسیون مربوط به خود را، خودشان انجام می‌دهند، تمرکز دارد.

پ-۲ منابع دخیل در عدم قطعیت EFT/B

برای پارامترهای کمیت اغتشاش، هم‌چنین می‌توان عدم قطعیت تعیین کرد. به این ترتیب میزان مطابقت دستگاه‌های معین با مشخصات این استاندارد پایه شرح داده خواهد شد.

فهرست زیر منابع عدم قطعیت بکار رفته در ارزیابی عوامل تأثیرگذار بر دستگاه‌های اندازه‌گیری و هم‌چنین چیدمان آزمون را نشان می‌دهد.

- خواندن مقدار قله؛
- خواندن در ٪۱۰ سطح؛
- خواندن در ٪۹۰ سطح؛
- خواندن در ٪۵۰ سطح؛
- نسبت تضعیف؛
- نامناسب بودن زنجیره‌ی[1] نوسان نما؛
- زنجیرهٔ پایانه - تضعیف کننده - کابل؛
- سهم اندازه‌گیری افقی نوسان نما؛
- سهم اندازه‌گیری عمودی نوسان نما ؛
- تکرارپذیری سیستم اندازه‌گیری (نوع A)؛
- تغییر در چیدمان آزمون (نوع A)؛
- کالیبراسیون نوسان نما، تضعیف کننده.

باید توجه داشته باشیم که منابع دخیل در عدم قطعیت کالیبراسیون و آزمون ممکن است یکسان نباشند. بنابراین بودجه‌های عدم قطعیت متفاوتی برای هر فرآیند وجود دارد.

پ-۳ عدم قطعیت کالیبراسیون

پ-۳-۱ کلیات

ضروری است که برای هر مورد از یک کالیبراسیون، بودجه‌های عدم قطعیت مستقلی درنظر گرفته شود. یعنی برای V_P، t_r، t_w. در یک آزمون EFT/B، کمیت اغتشاش عبارت است از انرژی پالس و طیف حاصل از مولد EFT که به EUT اعمال می‌شود. همان گونه که در زیربند پ-۱ شرح داده شده است، بهتر است برای هریک از این پارامترها یک بودجه‌ی عدم قطعیت مستقل، محاسبه شود.

رویکرد کلی برای عدم قطعیت اندازه‌گیری (MU) پالس به شرح زیر است. جدول های پ-۱ تا پ-۳ مثال‌هایی از بودجه‌های عدم قطعیت محاسبه شده برای این پارامترها را ارائه می‌دهند. در این جداول، منابع دخیل در بودجه‌ی عدم قطعیت، که برای چنین مثال‌هایی بسیار حائز اهمیت است، جزئیات (مقادیر عددی، نوع اغتشاش و غیره) هر منبع دخیل در عدم قطعیت و نتایج محاسبات که برای تعیین هر بودجه‌ی عدم قطعیت لازم است، ذکر شده است.

1- Chain - Oscilloscope

پ-۳-۲ زمان صعود ولتاژ EFT/B

اندازه‌ده، زمان صعود ولتاژ EFT/B در دوسر بار ۵۰Ω می‌باشد، که با استفاده از تابع زیر محاسبه می‌شود:

$$t_r = \sqrt{(T_{90\%} - T_{10\%} + \delta R)^2 - T_{MS}^2}$$

که در آن

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

و

$T_{10\%}$ عبارت است از زمان در لحظه‌ی ٪۱۰ دامنه‌ی قله؛

$T_{90\%}$ عبارت است از زمان در لحظه‌ی ٪۹۰ دامنه‌ی قله؛

δR عبارت است از تصحیح برای عدم تکرارپذیری؛

T_{MS} عبارت است از زمان صعود پاسخ پلهٔ سیستم اندازه‌گیری (٪۱۰ تا ٪۹۰)؛

B عبارت است از پهنای باند ۳dB – سیستم اندازه‌گیری؛

α عبارت است از ضریبی که مقدار آن برابر است با ۴۰±۳۶۰ (B برحسب MHz و T_{MS} برحسب ns).

جدول پ-۱- مثالی از بودجه‌ی عدم قطعیت برای زمان صعود ولتاژ (t_r)

نماد	تخمین	یکا	حدود خطا	یکا	*PDF	مقسوم علیه	$u(x_i)$	c_i	یکا	$u_i(y)$	یکا
$T_{10\%}$	۰/۸۵	ns	۰/۱۰	ns	مثلثی	۲/۴۵	۰/۰۴۱	-۱/۰۲	۱	۰/۰۴۱	ns
$T_{90\%}$	۶/۱	ns	۰/۱۰	ns	مثلثی	۲/۴۵	۰/۰۴۱	۱/۰۲	۱	۰/۰۴۱	ns
δR	۰	ns	۰/۱۵	ns	نرمال (k=۱)	۱/۰۰	۰/۱۵۰	۱/۰۲	۱	۰/۱۵۲	ns
A	۳۶۰	ns.MHz	۴۰	ns×MHz	مستطیلی	۱/۷۳	۲۳/۰۹	-۴۴×۱۰^{-۵}	۱/MHz	۰/۰۱۰	ns
B	۴۰۰	MHz	۳۰	MHz	مستطیلی	۱/۷۳	۱۷/۳۲	۳۹×۱۰^{-۵}	ns/MHz	$۶/۷۸\times۱۰^{-۳}$	ns
* تابع تراکم احتمال								$u_c(y)=\sqrt{\sum u_i(y)^2}$		۰/۱۶	ns
								U (y)=2 u_c(y)		۰/۳۳	ns
								Y		۵/۳۳	ns
								برحسب درصدی از ۵/۳۳ ns		۶/۲	٪

$T_{10\%}$ و $T_{90\%}$ عبارتند از خواندن زمان در ٪۱۰ یا ٪۹۰ دامنه‌ی قله. حدود خطا، با این فرض که فرکانس نمونه‌گیری 5GS/s است و نوسان‌نما قابلیت درون یابی اثر (تابع تراکم احتمال مثلثی) را دارد، تعیین می‌شود. اگر چنین نباشد، بهتر است تابع تراکم احتمال، مستطیلی فرض شود. در اینجا فقط عامل دخیل در عدم قطعیت اندازه‌گیری ناشی از آهنگ نمونه‌گیری مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ برای دیگر عوامل دخیل به زیربند پ-۳-۵ مراجعه شود. فرض می‌شود که خوانده‌ها $T_{10\%}$ = ۰/۸۵ ns و $T_{90\%}$ = ۶/۱ ns باشند.

T_{MS}، عبارت است از زمان صعود محاسبهٔ شدهٔ پاسخ پلهٔ سیستم اندازه‌گیری. ضریب α بستگی به شکل پاسخ ایمپالس سیستم اندازه‌گیری دارد. گستره‌ی ۳۶۰±۴۰ حاکی از آن است که سیستم‌ها رده‌ی وسیعی دارند، سیستم‌هایی که هر کدام از آنها دارای شکل متفاوتی از پاسخ ایمپالس هستند (به زیربند پ-۳-۶ و جدول پ-۴ مراجعه شود). پهنای باند B سیستم اندازه‌گیری را می‌توان به صورت تجربی (اندازه‌گیری مستقیم پهنای باند) یا محاسبه‌ی پهنای باند B_i هر جزء سیستم اندازه‌گیری (به ویژه، پراب ولتاژ، کابل و نوسان نما) با استفاده از فرمول زیر، تعیین کرد:

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

تخمین ۴۰۰MHz و حدود خطای ۳۰MHz با تابع تراکم احتمال مستطیلی برای B درنظر گرفته می‌شود.

δR عبارت است از عدم تکرارپذیری زمان صعود ٪۱۰ تا ٪۹۰، این موضوع حاکی از آن است که در اندازه‌گیری $T_{90\%}$ تا $T_{10\%}$، به علت بکارگیری دستگاه‌های اندازه‌گیری، طراحی چیدمان اندازه‌گیری و خود مولد EFT/B، تکرارپذیری وجود ندارد. بنابراین آن را به صورت تجربی به دست می‌آورند. این یک ارزیابی نوع A براساس فرمول انحراف استاندارد تجربی $S(q_k)$ مربوط به نمونه‌ای از nبار تکرار اندازه‌گیری، q_j است، که با فرمول زیر ارائه شود:

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

که در آن $\bar{q}$ برابر است با متوسط حسابی مقادیر q_i. حدودخطای $S(q_k)$ برابر ۱۵۰ ps (تابع تراکم احتمال نرمال با انحراف استاندارد ۱) و تخمینی برابرصفر ns درنظر گرفته می‌شود.

یادآوری – برای ولتاژ دوسر بار ۱KΩ، ممکن است به همین طریق بودجه‌ی عدم قطعیت تعیین شود. در این صورت از پهنای باند اندازه‌گیری با مبدل ۱KΩ بجای مبدل ۵۰Ω استفاده خواهد شد.

پ-۳-۳ ولتاژ قله‌ی EFT/B

اندازه ده، ولتاژ قله‌ی EFT/B دوسر بار ۵۰Ω می‌باشد، که با استفاده از تابع زیر محاسبه می‌شود:

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

که در آن

V_{PR} عبارت است از قله‌ی ولتاژ خوانده شده؛

A عبارت است از تضعیف DC پراب ولتاژ؛

δR عبارت است از تصحیح بری عدم تکرارپذیری (نسبی)؛

δV عبارت است از درستی عمودی DC نوسان نما (نسبی)؛

B عبارت است از پهنای باند ۳dB – سیستم اندازه‌گیری؛

β عبارت است از ضریبی که مقدار آن برابر است با MHz (۷/۰±۰/۸).

جدول پ-۲- مثالی از بودجه‌ی عدم قطعیت برای مقدار ولتاژ قله‌ی EFT/B (V_P)

نماد	تخمین	یکا	حدود خطا	یکا	*PDF	مقسوم علیه	$u(x_i)$	c_i	یکا	$u_i(y)$	یکا
V_{PR}	۳/۷۵	V	۰/۰۰۷ ۳	V	مثلثی	۲/۴۵	۰/۰۰۳ ۰	۱ ۰۰۰	۱	۲/۹۹	V
A	۱ ۰۰۰	۱	۵۰	۱	مستطیلی	۱/۷۳	۲۸/۹	۳/۷۵	V	۱۰۸	V
δR	۰	۱	۰/۰۳	۱	نرمال (k=۱)	۱/۰۰	۰/۰۳۰	۳ ۷۵۱	V	۱۱۲/۵	V
δV	۰	۱	۰/۰۲	۱	مستطیلی	۱/۷۳	۰/۰۱۲	۳ ۷۵۱	V	۴۳/۳	V
β	۰/۷	MHz	۰/۸	MHz	مستطیلی	۱/۷۳	۰/۴۶۲	۰/۳۲۸	V/MHz	۰/۱۵۲	V
B	۴۰۰	MHz	۳۰	MHz	مستطیلی	۱/۷۳	۱۷/۳۲	-۰/۰۰۵ ۸	V/MHz	۰/۰۹۹ ۵	V
* تابع تراکم احتمال								$u_c(y)=\sqrt{\sum u_i(y)^2}$		۰/۱۶۲	kV
								U (y)=2 $u_c(y)$		۰/۳۲	kV
								Y		۳/۷۵	kV
								برحسب درصدی از ۳/۷۵ kV		۸/۶	٪

V_{PR} عبارت است از ولتاژ قله‌ی خوانده شده. حدود خطا با این فرض تعیین می‌شود که نوسان نما تفکیک پذیری عمودی ۸bit و توان درون یابی (تابع تراکم احتمال مثلثی) دارد.

A عبارت است از تضعیف DC پراب ولتاژ. فرض بر این است که مقدار تخمین ۱۰۰۰ و حدود خطا ٪۵ (تابع تراکم احتمال مستطیلی) باشد.

δR مبین آن است که چیدمان اندازه‌گیری، جانمایی و دستگاه‌ها تکرارپذیر نیستند. در واقع آن یک ارزیابی نوع A است که با انحراف استاندارد تجربی یک نمونه از تکرار اندازه‌گیری‌های ولتاژ قله تعیین می‌شود و آن را برحسب عبارات نسبی بیان می‌کنند و فرض می‌شود که تخمین ٪0 و حدود خطا، ٪۳ (انحراف استاندارد ۱) است.

δV عدم درستی اندازه‌گیری دامنه‌ی نوسان نما در DC را نشان می‌دهد. حدود خطا ٪۲ تابع تراکم احتمال مستطیلی و تخمین صفر درنظر گرفته می‌شود.

β ضریبی است که به شکل پاسخ ایمپالس سیستم اندازه‌گیری و شکل موج ایمپالس استاندارد در نزدیکی قله بستگی دارد (به زیربند پ-۳-۷ مراجعه شود). بازه‌ی ۷/۰±۰/۸ حاکی از آن است که سیستم‌ها رده‌ی وسیعی دارند، سیستم‌هایی که هر کدام از آنها دارای شکل متفاوتی از پاسخ ایمپالس می‌باشند.

B: به زیربند پ-۳-۲ مراجعه شود، با همان معنی و همان مقادیر، هم برای تخمین و هم برای حدود خطا.

برای ولتاژ دوسر بار ۱KΩ، ممکن است به همین طریق بودجه‌ی عدم قطعیت تعیین شود. در این صورت از پهنای باند سیستم اندازه‌گیری با مبدل ۱KΩ بجای مبدل ۵۰Ω استفاده خواهد شد.

پ-۳-۴ پهنای پالس ولتاژ EFT/B

اندازه ده پهنای پالس ولتاژ EFT/B دو سر بار ۵۰Ω می‌باشد، که با استفاده از تابع زیر محاسبه می‌شود:

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

که در آن:

$T_{50\%,R}$ عبارت است از زمان ٪۵۰ دامنه‌ی قله در لبه‌ی صعود EFT/B؛

$T_{50\%,F}$ عبارت است از زمان ٪۵۰ دامنه‌ی قله در لبه‌ی سقوط EFT/B؛

δR عبارت است از تصحیح برای عدم تکرارپذیری؛

B عبارت است از پهنای باند ۳dB – سیستم اندازه‌گیری؛

β عبارت است از ضریبی که مقدار آن برابر است با MHz (۷/۰±۰/۸).

جدول پ-۳- مثالی از بودجه‌ی عدم قطعیت برای پهنای پالس ولتاژ EFT/B (t_w)

نماد	تخمین	یکا	حدود خطا	یکا	*PDF	مقسوم علیه	$u(x_i)$	c_i	یکا	$u_i(y)$	یکا
$T_{50\%R}$	۳/۵	Ns	۰/۱۰	ns	مثلثی	۲/۴۵	۰/۰۴۱	-۱/۰۰	ns	۰/۰۴۰ ۸	ns
$T_{50\%F}$	۵۴/۵	Ns	۰/۱۰	ns	مثلثی	۲/۴۵	۰/۰۴۱	۱/۰۰	ns	۰/۰۴۰ ۸	ns
δR	۰	Ns	۱/۵	ns	نرمال (k=۱)	۱/۰۰	۱/۵۰	۱/۰۰	ns	۱/۵۰	ns
β	۷/۰	MHz	۰/۸	MHz	مستطیلی	۱/۷۳	۰/۴۶۲	-۰/۰۰۴ ۵	ns/MHz	۰/۰۰۲ ۱	ns
B	۴۰۰	MHz	۳۰	MHz	مستطیلی	۱/۷۳	۱۷/۳۲	$۸/۰\times۱۰^{-۵}$	ns/MHz	۰/۰۰۱ ۴	ns
* تابع تراکم احتمال								$u_c(y)=\sqrt{\sum u_i(y)^2}$		۱/۵۰۲	ns
								U (y)=2 $u_c(y)$		۳/۰۰	ns
								Y		۵۱/۰	ns
								برحسب درصدی از ۵۱/۰ ns		۵/۹	٪

$T_{50\%,R}$و $T_{50\%,F}$ عبارتند از زمان خوانده شده در ٪۵۰ دامنه‌ی قله در لبه‌ی صعود و سقوط ولتاژ EFT/B. حدود خطا با این فرض که فرکانس نمونه‌گیری ۵GS/s است (همانند زیربند پ-۳-۲) و نوسان نما قابلیت درون یابی اثر (تابع تراکم احتمال مثلثی) را دارد، تعیین می‌شود. اگر چنین نباشد، بهتر است تابع تراکم احتمال، مستطیلی فرض شود. در اینجا فقط عامل دخیل در عدم قطعیت اندازه‌گیری آهنگ نمونه‌گیری درنظر گرفته می‌شود. برای دیگر عوامل دخیل به زیربند پ-۳-۵ مراجعه شود. فرض می‌شود که خوانده‌ها $T_{50\%,R}$=۳/۵ ns و $T_{50\%,F}$=۵۴/۵ ns باشند.

δR مبین آن است که $T_{50\%,F}$–$T_{50\%,R}$ اندازه‌گیری اختلاف زمان ناشی از دستگاه‌های اندازه‌گیری، طراحی چیدمان اندازه‌گیری و خود مولد EFT/B تکرارپذیر نیستند و آن را به صورت تجربی تعیین می‌کنند. در واقع این یک ارزیابی نوع A است که با انحراف استاندارد تجربی یک نمونه از تکرار اندازه‌گیری‌ها تعیین می‌شود. حدود

خطای $S(q_k)$ برابر ۱/۵ns (تابع تکرار احتمال نرمال با انحراف استاندارد ۱) و تخمینی برابرصفر ns درنظر گرفته می‌شود.

β: به زیربند پ-۳-۳ مراجعه شود، با همان معنی و همان مقادیر، هم برای تخمین و هم برای حدود خطا.

B: به زیربند پ-۳-۲ مراجعه شود، با همان معنی و همان مقادیر، هم برای تخمین و هم برای حدود خطا.

برای ولتاژ دوسر بار ۱KΩ، ممکن است به همین طریق بودجه‌ی عدم قطعیت تعیین شود. در این صورت از پهنای باند سیستم اندازه‌گیری با مبدل ۱KΩ به جای مبدل ۵۰Ω استفاده خواهد شد.

پ-۳-۵ دیگر عوامل دخیل در عدم قطعیت اندازه‌گیری‌های زمان

آهنگ نمونه‌گیری: معمولاً مقدار این عدم قطعیت، نصف معکوس فرکانس نمونه‌گیری نوسان نما است. اگر درون‌یابی اثر[1] برای تعیین زمان یک سطح اثر معین (به کتابچه‌ی راهنمای نوسان‌نما مراجعه شود)، انجام شود، توزیع ممکن است مثلثی (K=۲/۴۵) درنظر گرفته شود، درغیر این صورت توزیع مستطیلی با K=۱/۷۳ باید درنظر گرفته شود.

خطای زمانی ولغزش[2]: مشخصات نوسان نما ممکن است به عنوان عدم قطعیت با توزیع مستطیلی محسوب شود. معمولاً این توزیع‌ها ناچیز می‌باشند.

تفکیک‌پذیری عمودی: توزیع بستگی به تفکیک پذیری دامنه‌ی عمودی ΔA و شیب اثر dA/dt دارد. عدم قطعیت به نیم پهنای تفکیک پذیری مربوط می‌شود و برابر است با (ΔA/2)/(dA/dt). اگر درون‌یابی اثر انجام شود(به کتابچه‌ی راهنمای نوسان نما مراجعه شود) از توزیع مثلثی استفاده خواهد شد، در غیر این صورت، توزیع مستطیلی است. این توزیع اغلب ناچیز است.

پ-۳-۶ اعوجاج[3] زمان صعود به علت محدود شدن پهنای باند سیستم اندازه‌گیری

اعوجاج زمان صعود از طریق قانون ترکیبی متداول زمان‌های صعود، ارزیابی می‌شود و وقتی معتبر است که دو سیستم غیر تأثیرگذار بر یکدیگر، با هم سری می‌شوند و پاسخ‌های پله‌ای آنها هم آهنگ افزایش می‌یابد، یعنی:

$$t_{rd} = \sqrt{t_r^2 + T_{MS}^2} \qquad (پ-۱)$$

که در آن

t_{rd} عبارت است از زمان صعود سیگنال در خروجی سیستم اندازه‌گیری (زمان صعود با اعوجاج)؛

t_r عبارت است از زمان صعود سیگنال در ورودی سیستم اندازه‌گیری ، و

T_{MS} عبارت است از زمان صعود پاسخ پله‌ای سیستم اندازه‌گیری.

مهم است که بدانیم فرمول (پ-۱) براساس تعریف زمان صعود زیر، استخراج می‌شود:

1- Trace
2- Jitter
3- Distortion

$$T_{MS} = \sqrt{2\pi \int_0^{\infty} (t - T_s)^2 h_0(t) dt} \qquad (پ-۲)$$

که در آن

$h_0(t)$ عبارت است از پاسخ ایمپالس سیستم اندازه‌گیری با سطح نرمال، یعنی:

$$\int_0^{\infty} h_0(t) dt = 1;$$

و T_s عبارت است از زمان تأخیر که با معادله‌ی پ-۳ تعیین می‌شود:

$$T_s = \int_0^{\infty} t h_0(t) dt \qquad (پ-۳)$$

تعریف پ-۲ از لحاظ ریاضی خیلی راحت‌تر قابل درک است تا آن را براساس سطوح آستانه‌ی ٪۱۰ و ٪۹۰ تعیین کرد. با این حال در عمل، زمان‌های صعود ٪۱۰ تا ٪۹۰ معمولاً از طریق معادله‌ی پ-۱، با هم ترکیب می‌شوند. با توجه به معلوم بودن پهنای باند سیستم دو تعریف داده شده منجر به زمان‌های صعود قابل مقایسه خواهد شد. در واقع اگر تعریف کنیم که

$$\alpha = T_{MS} B \qquad (پ-۴)$$

متوجه خواهیم شد مقادیر α که از دو تعریف زمان صعود بدست می‌آیند، خیلی متفاوت نیستند. مقادیر α، مربوط به شکل‌های مختلف پاسخ ایمپالس h(t)، در جدول پ-۴ نوشته شده‌اند. جدول پ-۴ مبین آن است که اختصاص یک تک مقدار به α غیر ممکن است، زیرا α بستگی به تعریف پذیرفته شده‌ی زمان صعود (برای مثال، مبنی بر آستانه‌ها یا براساس معادله‌ی پ-۲) و شکل پاسخ ایمپالس سیستم اندازه‌گیری دارد. از متوسط حسابی بین مقادیر کمینه (۳۲۱×۱۰^{-۳}) و بیشینه (۳۹۹×۱۰^{-۳}) جدول پ-۴ می‌توان تخمینی منطقی برای α به دست آورد، یعنی ۳۶۰×۱۰^{-۳}. علاوه بر آن اگر هیچ اطلاعاتی درباره سیستم اندازه‌گیری، غیر از پهنای باند آن موجود نباشد، می‌توان چنین فرض کرد که احتمال وقوع هر مقدار α بین ۳۲۱×۱۰^{-۳} و ۳۹۹×۱۰^{-۳} یکسان است. در حالت دیگر، چنین فرض می‌شود که α یک متغیر تصادفی با تابع تراکم احتمال مستطیلی است و حد پایین و بالای آن به ترتیب عبارتند از ۳۲۱×۱۰^{-۳} و ۳۹۹×۱۰^{-۳}.

عدم قطعیت استاندارد α، هر دو مورد:

الف) یکسانی مدل ریاضی اتخاذ شده برای تعریف زمان صعود، و

ب) یکسانی شکل پاسخ ایمپالس سیستم

را از لحاظ کمی تعیین می‌کند.

جدول پ-۴- ضریب α (معادله‌ی پ-۴) برای پاسخ‌های ایمپالس تک راستای گوناگون، مربوط به پهنای باند همسان سیستم B

مقادیر α در 10^{-3} ضرب می‌شوند	گوسی	مرتبه‌ی I	مرتبه‌ی II (میرائی بحرانی)	مستطیلی	مثلثی
α: از معادله پ-۲ استفاده شود	۳۳۲	۳۹۹	۳۶۳	۳۲۱	۳۲۶
α: ۱۰٪ تا ۹۰٪	۳۳۹	۳۵۰	۳۴۴	۳۵۴	۳۵۳

پ-۳-۷ قله‌ی ایمپالس و اعوجاج پهنا ناشی از پهنای باند محدود شده‌ی سیستم اندازه‌گیری

شکل موج ایمپالس با اعوجاج $v_{out}(t)$ در خروجی سیستم اندازه‌گیری با انتگرال پیچیده زیر تعیین می‌شود:

$$v_{out}(t) = \int_0^t v_{in}(\tau)h(t-\tau)\mathrm{d}\tau \qquad (پ-۵)$$

که در آن

$v_{in}(t)$ عبارت است از شکل موج ایمپالس ورودی و

$h(t)$ عبارت است از پاسخ ایمپالس سیستم اندازه‌گیری.

توجه داشته باشید که $A.h(t) = h_o(t)$ است، که در آن A عبارت است از تضعیف DC سیستم اندازه‌گیری. شکل موج ورودی را می‌توان با استفاده از سری بسط یافته‌ی تیلور حول لحظهٔ زمانی t_p وقتی که ورودی به مقدار قله می‌رسد تخمین زد.

$$v_{in}(t) = V_p + \frac{v''_{in}(t_p)}{2}(t-t_p)^2 + \frac{v'''_{in}(t_p)}{6}(t-t_p)^3 + \ldots \qquad (پ-۶)$$

توجه داشته باشید که عبارت مرتبه‌ی اول از معادله پ-۶ را نخواهیم داشت، زیرا $v'(t_p)=0$. علاوه بر آن، به علت نقاط کاو به طرف پائین (بیشینه)، $v''(t_p)<0$، و به علت شکل موج‌های استاندارد مورد بررسی در اینجا، $v_{in}''(t_p)>0$، زمان صعود از زمان سقوط کم‌تر است. با قرار دادن معادله‌ی پ-۶ در معادله‌ی پ-۵ و بعد از ساده کردن آن، معادله‌ی پ-۷ به دست می‌آید. این وقتی معتبر است که پهنای باند سیستم اندازه‌گیری نسبت به پهنای باند سیگنال ورودی (به طوری که عبارات سری توان که مرتبه‌ای بزرگ‌تر از دو دارند، قابل صرف‌نظر کردن باشند) بزرگ‌تر باشد.

$$V_{pd} = \frac{V_p}{A}\left[1-\left(\frac{\beta}{B}\right)^2\right] \qquad (پ-۷)$$

که در آن

V_{pd} عبارت است از قله‌ی ایمپالس خروجی

A عبارت است از تضعیف DC سیستم اندازه‌گیری و

$$\beta = \alpha \sqrt{\frac{\left|v''_{in}(t_p)\right|}{4\pi V_p}} \qquad (پ-۸)$$

توجه داشته باشید که پارامتر β بستگی به مشتق دوم شکل موج ورودی استاندارد و پارامتر α که براساس زیربند پ-۳-۶ تعریف و تعیین می‌شود، دارد. از آنجایی که در زیربند ۶-۲-۲ شکل موج EFT/B استاندارد به شکل ریاضی بیان شده است، مقدار β را می‌توان از لحاظ عددی محاسبه کرد، که مقدار آن برابر است با (۷/۰±۰/۸)MHz.

با توجه به اینکه سطح ایمپالس خروجی A برابر است با ایمپالس ورودی تقسیم بر تضعیف DC، تخمین اعوجاج پهنای ایمپالس ورودی t_w به سادگی قابل تعیین است.

$$V_p t_w = A V_{pd} t_{wd} \qquad (پ-۹)$$

که در آن t_{wd} عبارت است از پهنای ایمپالس خروجی.

بنابراین

$$t_{wd} = \frac{V_p}{A V_{pd}} t_w = \frac{1}{1-\left(\frac{\beta}{B}\right)^2} t_w \qquad (پ-۱۰)$$

پ-۴ کالیبراسیون وسیله‌ی کوپلاژ

برای کالیبراسیون پارامترهای EFT/B در خروجی وسایل کوپلاژ/ دِکوپلاژ از همان تجهیزات (تضعیف کننده، نوسان نما و غیره) و برخی آداپتورها برای اتصال تجهیزات اندازه‌گیری به ترمینال‌های مخصوص وسیله کوپلاژ استفاده می‌شود.

یادآوری – به علت عملکرد بسیار ضعیف این آداپتورها در فرکانس‌های بالا، به سختی می‌توان با این آداپتورها اندازه‌گیری‌های قابل قبولی در فرکانس‌های بالا انجام داد و به درستی عوامل دخیل در عدم قطعیت را تعیین کرد.

برای سنجش کیفیت این آداپتورها فرآیند زیر پیشنهاد می‌شود:

- اندازه‌گیری‌های DC اتصال زمین: مقدار آن باید از ۰/۴Ω کم‌تر باشد؛
- اندازه‌گیری‌های DC هادی داخلی: مقدار آن باید از ۰/۴Ω کم‌تر باشد؛
- اندازه‌گیری‌های DC بین هادی داخلی و زمین: این مقدار باید "بی‌نهایت" باشد؛ باید به اندازه‌ی کافی عایق‌بندی شود تا EFT/B اعمال شده را تحمل کند (۲kV یا بیشتر)؛
- تأثیر گذاری این آداپتورها را مشخص کنید. اینکار را با اتصال یک پایانهٔ کواکسیال ۵۰Ω به کواکسیال خروجی مولد EFT/B (نه به خروجی شبکه کوپلاژ/ دِکوپلاژ) و اندازه‌گیری پارامترهای پالس انجام دهید. سپس بین خروجی مولد و ترمینال ۵۰Ω، دو عدد آداپتور به صورت رو در رو قرار دهید و دوباره پارامترهای پالس را اندازه‌گیری کنید. مقدار پارامترهای پالس، با و بدون زوج آداپتور در خط، برای تعداد

کافی پالس تخمین زده می‌شود. اختلاف بین پارامترهای پالس اندازه‌گیری شده (که نشان دهندهٔ افت داخلی آداپتورهاست و ممکن است یکدیگر را جبران کنند) اضافه عدم قطعیتی است که علت آن آداپتورها هستند. مقادیر تخمین زده عبارتند از، ٪۴ برای دامنه ولتاژ، ۶۰ps برای زمان صعود و ۴ns برای مدت زمان پالس.

- در نهایت عدم قطعیت آداپتور رگباره را بررسی کنید که برابر است با اختلاف بدترین مشاهده (توزیع، مستطیلی درنظر گرفته می‌شود). با توجه به این حقیقت که تأثیرگذاری آداپتورها تعیین شده‌اند، از دوتای آنها استفاده کنید، در حال حاضر تقسیم بر ۲ اختلاف مشاهده شده (با و بدون آداپتور) پیشنهاد نمی‌شود.

پ-۵ کاربرد عدم قطعیت در میزان انطباق مولد EFT/B

به‌طورکلی برای اطمینان از قرار گرفتن مولد در محدودی مشخصات خود، بهتر است نتایج کالیبراسیون در حدود تعیین شده در این استاندارد باشند (رواداری‌ها با عدم قطعیت کاهش نمی‌یابند).

پیوست ت
(اطلاعاتی)
واژه نامه
(فارسی به انگلیسی)

اتصال‌دهنده	Connector
اداپتور	Adaptor
اسپایک(خاره)	Spike
اعوجاج	Distortion
اغتشاش	Disturbance
افت داخلی	Insertion loss
ایمپالس	Impulse
پالس	Pulse
پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگباره	Electrical Fast Transient/Burst(EFT/B)
تجهیزات ایستاده روی زمین	Floor-standing equipment
تجهیزات تحت آزمون	Equipement Under Test (EUT)
تخلیهٔ الکترواستاتیک	Electrostatic discharge (ESD)
تخلیهٔ هوایی	Air discharge
تصدیق	Verification
تضعیف کننده	Attenuator
تندگذر	Fast Ttransient
توکار	Built in
چیدمان	Set up
خازن مسدود کننده	Blocking Capacitor
درگاه	Port
درمحل	Insitu
رگباره	Burst
زمان صعود	Rise time
زمین حفاظتی	Protective Earthing(PE)

Eectromagnetic Compatibility(EMC)	سازگاری الکترومغناطیسی
Test level	سطح آزمون
Decouling network	شبکهٔ دِکوپلاژ
Coupling network	شبکهٔ کوپلاژ
Coupling/ Decouling network (CDN)	شبکهٔ کوپلاژ/ دِکوپلاژ
Shield	شیلد
Ground Reference Plane(GRP)	صفحهٔ مرجع زمین
Test plan	طرح آزمون
Distributed capacitance	ظرفیت خازنی پراکنده
Uncertainty	عدم قطعیت
Peak	قله
Calibration	کالیبراسیون
Degradation	کاهش کارایی
Clamp	کلمپ
Coaxial	کواکسیال
Range	گستره
Emision	گسیل
Jitter	لغزش
Trasducer	مبدل
Common Mode	مُدمشترک
Immunity	مصونیت
Test generator	مولد آزمون
Oscilloscope	نوسان نما
Typical	نوعی

پیوست ت
(اطلاعاتی)
واژه نامه
(انگلیسی به فارسی)

Adaptor	اداپتور
Air discharge	تخلیهٔ هوایی
Attenuator	تضعیف کننده
Blocking Capacitor	خازن مسدود کننده
Built in	توکار
Burst	رگباره
Calibration	کالیبراسیون
Clamp	کلمپ
Coaxial	کواکسیال
Common Mode	مُدمشترک
Connector	اتصال‌دهنده
Coupling network	شبکهٔ کوپلاژ
Coupling/ Decouling network (CDN)	شبکهٔ کوپلاژ/ دِکوپلاژ
Decouling network	شبکهٔ دِکوپلاژ
Degradation	کاهش کارایی
Distortion	اعوجاج
Distributed capacitance	ظرفیت خازنی پراکنده
Disturbance	اغتشاش
Eectromagnetic Compatibility(EMC)	سازگاری الکترومغناطیسی
Electrical Fast Transient/Burst(EFT/B)	پالس‌های الکتریکی تندگذر/ رگباره
Electrostatic discharge (ESD)	تخلیهٔ الکترواستاتیک
Emision	گسیل
Equipement Under Test (EUT)	تجهیزات تحت آزمون
Fast Ttransient	تندگذر

Floor-standing equipment	تجهیزات ایستاده روی زمین
Ground Reference Plane(GRP)	صفحهٔ مرجع زمین
Immunity	مصونیت
Impulse	ایمپالس
Insertion loss	افت داخلی
Insitu	درمحل
Jitter	لغزش
Oscilloscope	نوسان نما
Peak	قله
Port	درگاه
Protective Earthing(PE)	زمین حفاظتی
Pulse	پالس
Range	گستره
Rise time	زمان صعود
Set up	چیدمان
Shield	شیلد
Spike	اسپایک(خاره)
Test generator	مولد آزمون
Test level	سطح آزمون
Test plan	طرح آزمون
Trasducer	مبدل
Typical	نوعی
Uncertainty	عدم قطعیت
Verification	تصدیق

کتاب نامه

استاندارد ملی شمارهٔ ۲-۴-۷۲۶۰، سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) – قسمت ۴-۲: روش‌های آزمون و اندازه‌گیری - آزمون مصونیت در برابر تخلیهٔ الکترواستاتیک

استاندارد ملی شمارهٔ ۵-۴-۷۲۶۰، سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) – قسمت ۴-۵: روش‌های آزمون و اندازه‌گیری– آزمون مصونیت در برابر فراتاخت

IEC 60050-311:2001, *International Electrotechnical Vocabulary – Electrical and electronic measurements and measuring instruments – Part 311: General terms relating to measurements*

IEC 60050-702:1992, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 702: Oscillations, signals and related devices*

IEC 61000-4-4:2004, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*[2]
Amendment 1 (2010)

IEC Guide 107, *Electromagnetic compatibility – Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications*