INSO

7260-4-6

2nd .Revision

2016

جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران

۷۲۶۰-۴-۶

تجدیدنظر دوم

۱۳۹۴

سازگاری الکترو مغناطیسی (EMC)
قسمت ۴-۶: روش‌های آزمون اندازه‌گیری – مصونیت در برابر اختلال‌های هدایتی، القا شده به وسیله میدان‌های بسامد رادیویی

Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields

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 واردکنندگان، 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 ۴-۶ : روش‌های اندازه‌گیری و آزمون – مصونیت در برابر اختلال‌های هدایتی، القا شده به وسیله میدان‌های بسامد رادیویی »

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

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
پیشگفتار	ه
مقدمه	و
مقدمه	ز
۱ دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات و تعاریف	۲
۳-۱ دست مصنوعی	۲
۳-۲ تجهیزات کمکی	۲
۳-۳ تزریق با گیره	۲
۳-۴ افزاره تزریق با گیره	۳
۳-۴-۱ گیره جریان	۳
۳-۴-۲ گیره الکترومغناطیسی	۳
۳-۵ مقاومت حالت مشترک	۳
۳-۶ ضریب تزویج	۳
۳-۷ شبکه تزویج	۴
۳-۸ شبکه تزویج/عدم تزویج	۴
۳-۹ شبکه عدم تزویج	۴
۳-۱۰ مولد آزمون	۴
۳-۱۱ نیروی الکتروموتوری (e.m.f.)	۵
۳-۱۲ نتیجه اندازه‌گیری، U_{mr}	۵
۳-۱۳ نسبت ولتاژ موج ایستا	۵
۴ کلیات	۵
۵ سطوح آزمون	۸
۶ تجهیزات آزمون و روال‌های تنظیم سطح	۱۰
۶-۱ مولد آزمون	۱۰
۶-۲ دستگاه‌های تزویج و عدم تزویج	۱۱
۶-۲-۱ کلیات	۱۱
۶-۲-۲ شبکه‌های تزویج و عدم تزویج (CDNs)	۱۵
۶-۲-۳ تزریق با گیره	۱۷
۶-۲- ۴ افزاره‌های تزریق مستقیم	۲۰
۶-۲-۴ شبکه عدم تزویج	۲۰

عنوان **صفحه**

۶-۳ تصدیق مقاومت حالت مشترک در درگاه EUT دستگاه‌های تزویج و عدم تزویج ۲۱
۶-۳-۱ افت مبدل‌های ۱۵۰Ω به ۵۰Ω ۲۱
۶-۴ تنظیم مولد آزمون ۲۳
۶-۴-۱ کلیات ۲۳
۶-۴-۲ تنظیم سطح خروجی در درگاه EUT دستگاه تزویج ۲۴
۷ چیدمان آزمون و روش‌های تزریق ۲۷
۷-۱ چیدمان آزمون ۲۷
۷-۲ تجهیزات تحت آزمون دارای یک واحد ۲۷
۷-۳ تجهیزات تحت آزمون چندواحدی ۲۸
۷-۴ قوانین انتخاب روش‌های تزریق و نقاط آزمون ۲۹
۷-۴-۱ کلیات ۲۹
۷-۴-۲ روش تزریق ۳۰
۷-۴-۳ درگاه‌های تحت آزمون ۳۱
۷-۵ کاربرد تزریق با CND ۳۱
۷-۶ روش کاربرد تزریق با گیره وقتی بتوان الزامات امپدانس حالت مشترک را رعایت کرد ۳۳
۷-۷ روش تزریق با گیره هنگامی که الزامات امپدانس حالت مشترک برآورده نمی‌شود ۳۵
۷-۸ کاربرد تزریق مستقیم ۳۶
۸ روش اجرای آزمون ۳۶
۹ ارزیابی نتایج آزمون ۳۷
۱۰ گزارش آزمون ۳۸
پیوست الف گیره‌های عدم تزویج و EM ۴۰
پیوست ب معیارهای انتخاب برای محدودهٔ بسامدی کاربرد ۵۲
پیوست پ راهنمایی برای انتخاب سطح‌های آزمون ۵۵
پیوست ت (آگاهی‌دهنده) اطلاعاتی دربارهٔ شبکه‌های تزویج و عدم تزویج ۵۷
پیوست ث (آگاهی‌دهنده) اطلاعاتی درباره مشخصات مولد آزمون ۶۲
پیوست ج (آگاهی‌دهنده) چیدمان آزمون برای تجهیزات تحت آزمون بزرگ ۶۳
پیوست خ (آگاهی‌دهنده) عدم قطعیت اندازه‌گیری سطح آزمون ولتاژ ۶۶
پیوست چ (آگاهی‌دهنده) اندازه‌گیری امپدانس AE ۸۵
پیوست د (آگاهی‌دهنده) تزریق درگاه به درگاه ۹۰
پیوست ذ (آگاهی‌دهنده) فشرده‌سازی و غیرخطی بودن تقویت‌کننده ۹۲

پیش‌گفتار

استاندارد «سازگاری الکترو مغناطیسی (EMC) قسمت ۴-۶: روش‌های آزمون اندازه‌گیری- مصونیت در برابر اختلال‌های هدایتی، القا شده به وسیله میدان‌های بسامد رادیویی» که نخستین بار در سال ۱۳۸۳ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمسیون‌های مربوطه برای دومین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در یکصد و نود و هفتمین 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 ۶-۴-۷۲۶۰: سال ۱۳۸۳ است.

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

IEC 61000-4-6:2013, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields

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 سازمان 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 الکترومغناطیسی (EMC) قسمت ۴-۶: روش‌های آزمون اندازه‌گیری - مصونیت در برابر اختلال‌های هدایتی، القا شده به وسیله میدان‌های بسامد رادیویی[1]

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین الزامات مصونیت هدایتی تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی در مقابل اختلال الکترومغناطیسی ناشی از فرستنده‌های بسامد رادیویی مورد نظر در گسترهٔ بسامدی ۱۵۰ kHz تا ۸۰MHz مربوط می‌شود. تجهیزاتی که دست کم یک سیم و/یا بافه هدایت‌کننده‌ای (مانند منبع تغذیه، خط سیگنال یا اتصال زمین) نداشته باشند که بتواند تجهیزات را با میدان‌های بسامد رادیویی مزاحم تزویج کند، در هدف و دامنه کاربرد این استاندارد قرار نمی‌گیرند.

یادآوری۱- روش‌های آزمونی که در این استاندارد تعریف شده‌اند برای ارزیابی تأثیر نشانک‌های اختلالی هدایتی بر روی تجهیزات مورد نظر هستند که به‌وسیله تابش الکترومغناطیسی القا می‌شوند. شبیه‌سازی و اندازه‌گیری این اختلال‌های هدایتی برای تعیین کمی تأثیرات به اندازهٔ کافی دقیق نیستند. ساختار روش‌های آزمون تعریف شده با هدف اولیه ایجاد قابلیت تکرار قابل قبول نتایج در آزمایشگاه‌های مختلف به منظور تحلیل کیفی تأثیرات، تعریف شده‌اند.

هدف این استاندارد ایجاد مرجع مشترکی برای ارزیابی مصونیت کارکردی تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی است زمانی که در معرض اختلالات هدایتی القایی از میدان‌های بسامدهای رادیویی قرار می‌گیرند. در روش آزمون مستندسازی شده در این استاندارد روش سازگاری برای ارزیابی مصونیت تجهیزات یا سامانه در برابر پدیده‌ای تعریف شده شرح داده شده است.

یادآوری۲- همان‌گونه که در راهنمای IEC 107 آمده است این استاندارد سند پایه EMC برای کاربری در کمیته‌های محصول IEC است و این کمیته‌ها مسئول تعیین اعمال یا عدم اعمال این استاندارد آزمون مصونیت هستند و اگر اعمال شود مسئول تعیین سطوح مناسب آزمون و معیارهای عملکردی هستند.

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

1 -Radio Frequency (RF)

<http://www.electropedia.org>)

یادآوری- مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۰۴۲۵، واژگان الکتروتکنیک، با استفاده از برخی قسمت‌های IEC 60050، تدوین شده است.

(استاندارد ملی شماره ۴۳۶۹ مصوب ۱۳۷۷ بر پایهٔ استاندارد IEC 801-3 مورخ ۱۹۸۴ تدوین شده است.)

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد IEC 60050(161) اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به‌کار می‌رود:

۱-۳

دست مصنوعی

Artificial hand

یک شبکه الکتریکی که مقاومت ظاهری بدن انسان را تحت شرایط کاری معمول بین وسیله الکتریکی دستی و زمین شبیه‌سازی می‌کند.

[IEV 161-04-27]

یادآوری- ساختار شبیه‌سازی شده باید مطابق CISPR 16-1-2 باشد.

۲-۳

تجهیزات کمکی

Auxiliary Equipment (AE)

تجهیزاتی که سیگنال‌های لازم را برای کارکرد عادی تجهیز تحت آزمون EUT[1] فراهم می‌آورند و نیز تجهیزاتی که عملکرد EUT را تصدیق می‌کنند.

۳-۳

تزریق با گیره

Clamp Injection

تزریق با گیره به‌وسیله نوعی دستگاه گیره مانند محقق می‌شود که جریان را روی بافه تزریق می‌کند.

1 -Equipment Under Test

۴-۳

افزاره تزریق با گیره

Clamp Injection device

افزاره تزریق جریان با گیره در کابل به دو نوع گیره جریان یا گیره الکترومغناطیسی تقسیم می‌شود.

۱-۴-۳

گیره جریان

Clamp current

مبدلی که سیم‌پیچ ثانویه آن از بافهی تشکیل می‌شود که تزریق در آن انجام می‌شود.

۲-۴-۳

گیره الکترومغناطیسی

EM-Clamp

افزاره تزریقی که ترکیبی از تزویج خازنی و سلفی را دارد.

۵-۳

مقاومت ظاهری حالت مشترک

نسبت ولتاژ حالت مشترک به جریان حالت مشترک در یک درگاه مشخص

یادآوری- این مقاومت ظاهری حالت مشترک می‌تواند با اعمال یک ولتاژ حالت مشترک واحد بین پایانه(ها) یا سطح آن درگاه نسبت به صفحه (نقطه) مرجع مشخص شود. جریان حالت مشترک حاصل شده سپس با جمع برداری تمام جریان‌های عبوری از داخل این پایانه(ها) یا محافظ الکتریکی اندازه‌گیری می‌شود، همچنین شکل‌های ۸-الف و ۸-ب را ببینید.

۶-۳

ضریب تزویج

Coupling factor

نسبت بدست آمده بین ولتاژ مدار بازنیروی الکتروموتوری (e.m.f.)[1] در درگاه افزاره تزویج (و عدم‌تزویج) مربوط به EUT به ولتاژ مدار باز بدست آمده در خروجی مولد آزمون

1 - electromotive forc

۳-۷

شبکه تزویج

Coupling network

مدار الکتریکی برای انتقال انرژی از یک مدار به مدار دیگر با یک مقاومت ظاهری مشخص

یادآوری- افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج می‌توانند در یک جعبه یکپارچه شوند (شبکه‌های تزویج وعدم تزویج (CDN) یا می‌توانند در شبکه‌های جدا باشند(معمولاً تزریق با گیره).

۳-۸

شبکه تزویج/عدم تزویج

Coupling/decoupling network

مدار الکتریکی دارای کارکردهای هر دو شبکه تزویج و عدم‌تزویج

۳-۹

شبکه عدم تزویج

Coupling network

افزاره عدم تزویج

decoupling device

مدار الکتریکی برای جلوگیری از تأثیر سیگنال‌های آزمون اعمالی به EUT، برروی افزاره‌ها، تجهیزات یا سامانه‌های دیگری که تحت آزمون نیستند

۳-۱۰

مولد آزمون

Test generator

یک مولد (مولد بسامد رادیویی، منبع مدوله‌کننده، تضعیف‌کننده‌ها، تقویت‌کننده قدرت باند پهن و پالایه‌ها) که قابلیت تولید نشانک لازم را دارد.

یادآوری ۱- شکل ۳ را ببینید.

۱۱-۳

نیروی الکتروموتوری (e.m.f.)

Electromotive force (e.m.f.)

ولتاژ در پایانه‌های منبع ولتاژ مطلوب به‌عنوان یک عنصر فعال

[IEV 131-01-38]

۱۲-۳

نتیجه اندازه‌گیری، U_{mr}

measurement result U_{mr}

ولتاژ خوانده شده در تجهیزات اندازه‌گیری

۱۳-۳

نسبت ولتاژ موج ایستا (VSWR)

Voltage standing wave ratio (VSWR)

نسبت یک بیشینه دامنه ولتاژ به یک کمینه مجاور آن در طول خط

۴ کلیات

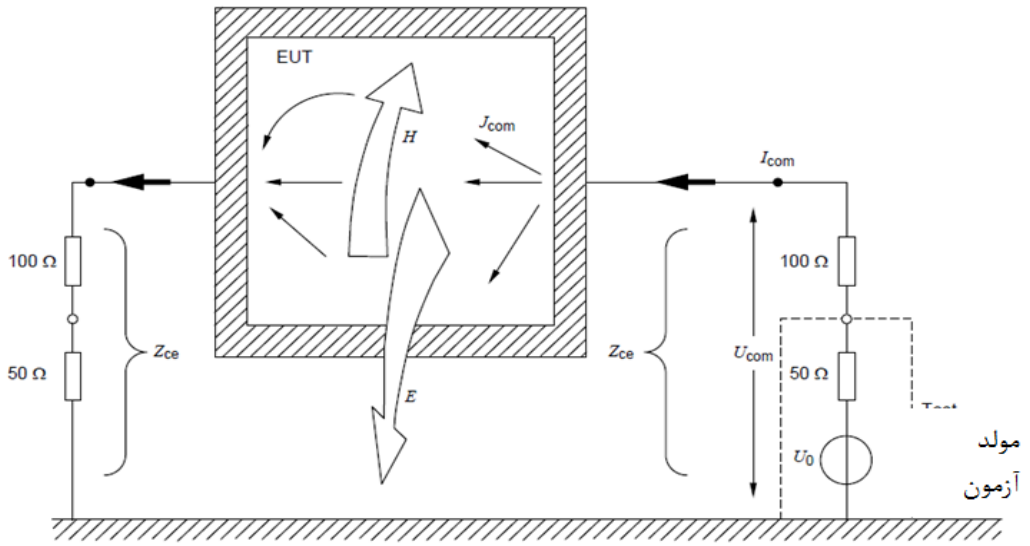
منبع اختلال که توسط این استاندارد پوشش داده می‌شود، اساساً یک میدان الکترومغناطیسی است که از فرستنده‌های بسامد رادیویی ناشی می‌شود و می‌تواند روی کل طول بافه‌های متصل به تجهیزات نصب شده تأثیر بگذارد. ابعاد تجهیزات در معرض اختلال که بیشتر آن‌ها زیر مجموعه‌ای از یک سامانه بزرگتر هستند، در مقایسه با طول موج‌های مربوط نشانک‌های تداخلی، کوچک فرض می‌شوند. سیم‌های ورودی وخروجی تجهیزات تحت آزمون (مانند تغذیه، خطوط ارتباطی، بافه‌های واسطه) برای نشانک‌های عمدی و غیرعمدی همچون شبکه‌های آنتن گیرنده غیرفعال و مسیرهای هدایت نشانک رفتار می‌کنند.

این روش آزمون EUT را در معرض یک منبع اختلال متشکل از میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی قرار می‌دهد که میدان‌های ناشی از فرستنده‌های بسامد رادیویی عادی را شبیه‌سازی می‌کند. این میدان‌های اختلالی (E و H) با میدان‌های نزدیک الکتریکی و مغناطیسی تقریب زده می‌شوند که ولتاژها و جریان‌های ناشی از چیدمان آزمون همان طور بوجود می‌آیند که در شکل ۱-الف نشان داده شده است،

استفاده از افزاره‌های تزویج و عدم تزویج برای اعمال نشانک اختلال به یک بافه در هر نوبت در حالی که سایر بافه‌ها تحریک نمی‌شوند، شکل ۱-ب را ببینید، تنها می‌تواند تقریبی از شرایط واقعی باشد که در آن

منابع اختلال به طور همزمان، در یک گستره برای دامنه‌ها و فازهای متفاوت، روی تمام بافه‌ها عمل می‌کنند.

افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج توسط مشخصات آنها که در ۶-۲-۱ داده شده است، تعریف می‌شوند. هر افزاره تزویج و عدم‌تزویج که این مشخصات را برآورده کند می‌تواند استفاده شود. شبکه‌های تزویج و عدم‌تزویج در پیوست ت تنها مثال‌هایی از شبکه‌های تجاری در دسترس هستند.



Zce

مقاومت ظاهری حالت مشترک در محل EUT برای سامانه شبکه تزویج و عدم‌تزویج، Zce = ۱۵۰Ω

U0 ولتاژ منبع مولد آزمون (e.m.f.)

Ucom ولتاژ حالت مشترک بین EUT و صفحه مرجع

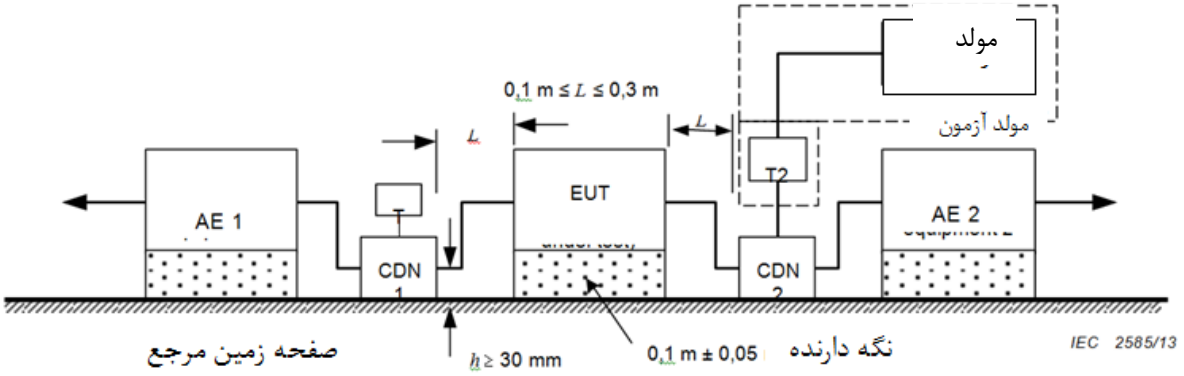
Icom جریان حالت مشترک عبوری از EUT

Jcom چگالی جریان روی سطح هدایت‌کننده یا جریان‌های روی سایر هادی‌های EUT

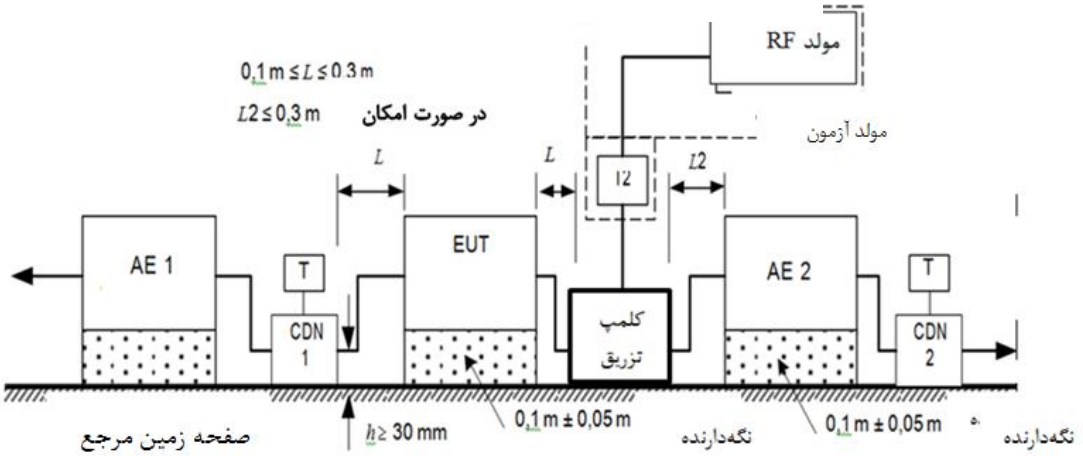
H,E میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی

یادآوری- مقاومت‌های Ω ۱۰۰ در شبکه‌های تزویج و عدم‌تزویج گنجانده می‌شود. ورودی سمت چپ به یک بار Ω ۵۰ (غیرفعال) ختم می‌شود و ورودی سمت راست با مولد آزمون بارگذاری می‌شود.

شکل الف- نمودار برای نشان دادن میدان‌های الکترومغناطیسی نزدیک به EUT ایجاد شده توسط جریان‌های حالت مشترک روی بافه‌های آن



نمودار چیدمان آزمون مصونیت مورد استفاده برای CDN



نمودار چیدمان آزمون مصونیت مورد استفاده برای گیره تزریق

T پایان‌دهی با ۵۰Ω

T2 تضعیف‌کنندهٔ توان (۶dB)

CDN[1] شبکه تزویج و عدم‌تزویج

گیره تزریق: گیره جریان با گیره EM

ب- نمودار چیدمان برای آزمون مصونیت نسبت به اختلال‌های هدایتی بسامد رادیویی

شکل ۱- آزمون مصونیت نسبت به اختلال‌های هدایتی بسامد رادیویی

1 -Coupling and Decoupling Network

۵ سطوح آزمون

طبق این استاندارد، اختلالات القایی ایجادشده توسط میدان‌های الکترومغناطیسی تولیدشده توسط فرستنده‌های بسامد رادیویی عادی در گستره بسامد ۱۵۰kHz تا ۸۰MHz باید تحت آزمون‌های لازم قرار گیرند.

سطوح آزمون مدار باز (e.m.f.) برای نشانک اختلال مدوله نشده، برحسب .r.m.s ، در جدول ۱ داده شده است.

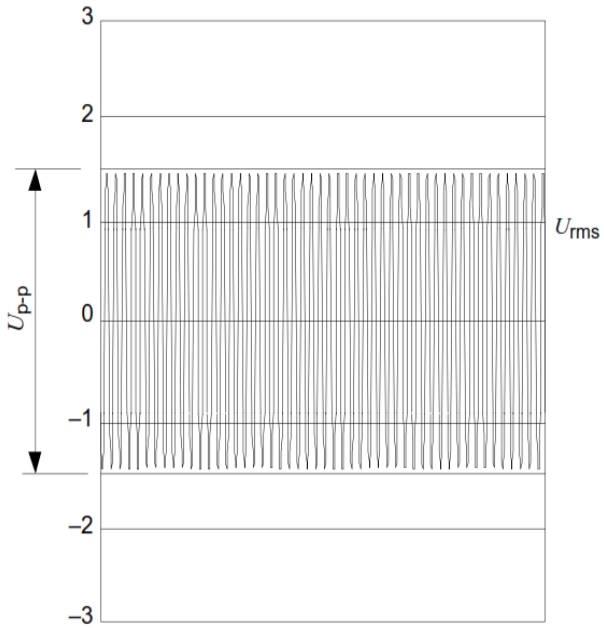
جدول ۱- سطوح آزمون

گستره بسامدی ۱۵۰ kHz –۸۰MHz		
سطح	سطح ولتاژ (e.m.f.)	
	U_0 dB(μV)	U_0 V
۱	۱۲۰	۱
۲	۱۲۹٫۵	۳
۳	۱۴۰	۱۰
X[1)]	مخصوص	
۱) X می‌تواند هر سطحی در بالا، پایین یا بین سایرین باشد. این سطح باید در مشخصات تجهیزات اختصاص یافته معین شده باشد.		

سطوح آزمون در درگاه EUT افزاره‌های تزویج تنظیم می‌شوند، زیربند ۶-۴ را ببینید. به منظور آزمون تجهیزات، این نشانک با یک موج سینوسی ۱kHz مدوله دامنه ۸۰٪ می‌شود تا تهدیدهای واقعی را شبیه‌سازی کند. مدوله‌سازی مؤثر دامنه در شکل ۲ نشان داده می‌شود. راهنمایی برای انتخاب سطوح آزمون در پیوست پ می‌آید.

یادآوری ۱ – استاندارد ملی ایران شماره ۳-۴-۷۲۶۰ همچنین روش‌های آزمونی را برای ایجاد مصونیت تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی در برابر انرژی الکترومغناطیسی تابشی تعریف کرده است. این استاندارد بسامدهای بالای ۸۰MHz را پوشش می‌دهد. کمیته‌های محصولات ممکن است برای انتخاب یک بسامد گذر بالاتر یا پایین‌تر از ۸۰MHz تصمیم‌گیری کنند (پیوست ب را ببینید) .

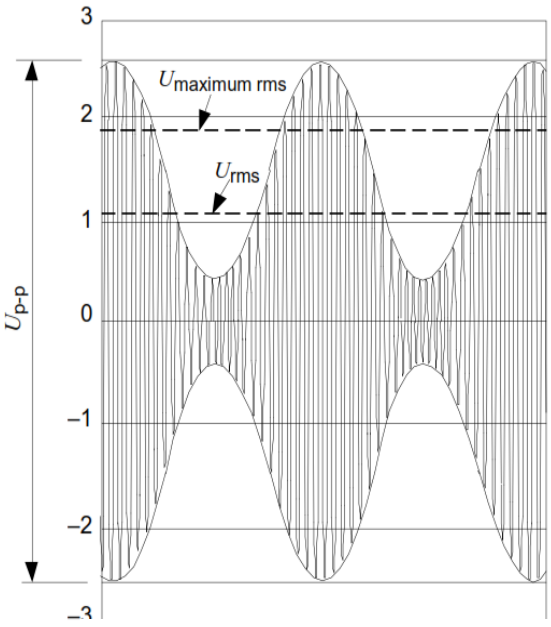
یادآوری ۲- کمیته‌های محصولات می‌توانند طرح‌های مدوله‌سازی دیگری انتخاب کنند.



الف- نشانک RF مدوله نشده

U_{p-p} = 2,82 V

U_{rms} = 1,00 V



ب- نشانک RF مدوله شده- نشانک AM %80

U_{p-p} = 5,09 V

U_{rms} = 1,12 V

$U_{maximum\ rms}$ = 1,80 V

شکل ۲- شکل‌موج‌های مدار باز در درگاه EUT افزاره تزویج برای سطح آزمون ۱

۶ تجهیزات آزمون و رویه‌های تنظیم سطح

۶-۱ مولد آزمون

مولد آزمون شامل کلیه تجهیزات و مؤلفه‌های لازم برای تأمین نشانک اختلال در درگاه ورودی هر افزاره تزویج در سطح نشانک مورد نیاز و در نقطه مورد نیاز است. یک آرایش معمول، شامل موارد زیر است که ممکن است جدا از یکدیگر یا به‌صورت یکپارچه در یک یا چند وسایل آزمون قرار گرفته باشند (به زیربند ۳-۱۰ و شکل ۳ مراجعه شود).

- نشانک مولد(های) بسامد رادیویی G1 با قابلیت پوشش باند بسامد دلخواه که به‌وسیله یک موج سینوسی ۱ KHz با عمق ٪۸۰ مدوله‌سازی دامنه شده‌اند. این نشانک مولدها باید دارای واپایش دستی (مثلاً بسامد، دامنه، شاخص مدوله‌سازی) باشند یا در مورد ترکیب‌کننده‌های بسامد رادیویی، باید با اندازهٔ گام‌ها و زمان‌های سکونِ وابسته به بسامدها قابل برنامه‌ریزی باشند.

- تضعیف‌کنندهٔ T1 (معمولاً صفر تا ۴۰dB) با بسامد نامی کافی برای واپایش سطح خروجی منبع آزمون اختلال T1 ممکن است درون مولد بسامد رادیویی قرار داشته باشد؛

- سودهی بسامد رادیویی S1 که بوسیله آن نشانک آزمون اختلال می‌تواند در هنگام اندازه‌گیری مصونیت EUT قطع و وصل شود. S1 ممکن است درون مولد بسامد رادیویی قرار گیرد و این امر اختیاری است؛

- تقویت‌کننده(های) توان باند پهن (PA)[1] درصورتی که توان خروجی مولد بسامد رادیویی ناکافی باشد ممکن است برای تقویت نشانک بسامد رادیویی مورد نیاز باشند؛

پالایه‌های پایین گذر، و/یا پالایه‌های بالاگذر ممکن است برای جلوگیری از تداخل با برخی انواع EUT، به عنوان مثال گیرنده‌های بسامد رادیویی بوجود آمده توسط (زیر) هم‌آهنگ‌ها، لازم باشند. هنگامی که وجود این پالایه‌ها لازم است، آنها باید بین تقویت‌کننده توان باند پهن PA و تضعیف‌کننده T2 قرار گیرند؛

- تضعیف کننده T2 (بطور ثابت بزرگتر یا مساوی ۶ dB)، با توان نامی کافی. T2 برای کاهش بدون تطبیق از تقویت‌کننده توان به شبکه به‌کار می‌رود و باید هر چه ممکن است به افزاره تزویج نزدیک باشد.

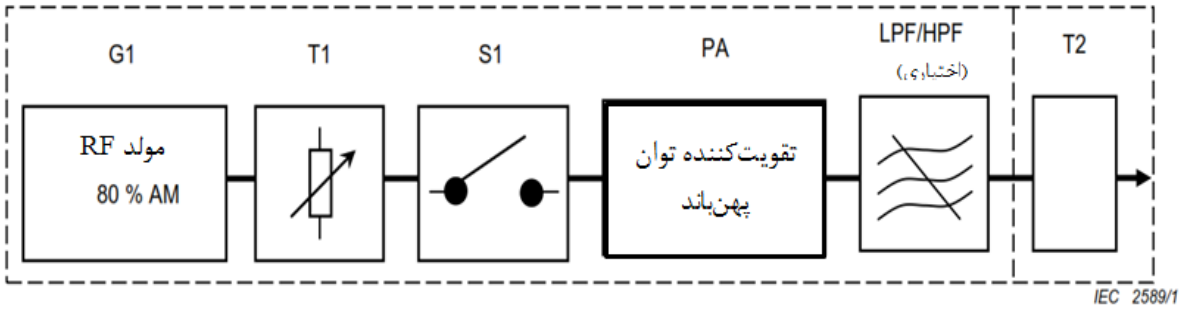
یادآوری- T_2 ممکن است درون یک شبکه تزویج و بدون تزویج قرار داشته باشد و اگر مقاومت ظاهری خروجی تقویت‌کننده توان باند پهن تحت هر شرایط بار در محدودهٔ مشخصات مورد نظر باشد، می‌تواند خارج از آن قرار گیرد.

مشخصات مولد آزمون بدون مدوله‌سازی در جدول ۲ داده شده است.

1 - power amplifier

جدول ۲- مشخصات مولد آزمون

مقاومت ظاهری خروجی	۵۰Ω ,VSWR≤ ۱٫۲
هم آهنگ‌ها و اعوجاج	در محدوده ۱۵۰ kHz تا ۸۰ kHz هر نشانک ناخواسته باید دست کم ۱۵ dB زیر سطح حامل اندازه‌گیری شده در درگاه EUT افزاره تزویج باشد. همچنین ۱۵ dBc – را می‌توان مستقیماً در خروجی تقویت‌کننده اندازه‌گیری کرد.
مدوله سازی دامنه	داخلی یا خارجی، $m = \left(80 \begin{smallmatrix} +5 \\ -20 \end{smallmatrix}\right)\%$ $m = 100 \times \frac{U_{pp,max} - U_{pp,min}}{U_{pp,max} + U_{pp,min}}$ موج سینوسی ۱kHz ±۰٫۱kHz
سطح خروجی	به اندازه کافی بالا برای پوشاندن سطح آزمون (پیوست ث را هم ببینید)
یادآوری ۱- برای گیره‌های جریان باید ۱۵ dBc – را در یکی از جیگ‌های بست آزمون انجام داد. **یادآوری ۲-** هم‌آهنگ‌ها و اعوجاج در موج پیوسته در ۱.۸ برابر سطح آزمون و بدون مدوله‌سازی انجام می‌شود.	



G1	مولد RF	T1	تضعیف‌کننده متغیر
PA	تقویت کننده توان فراخ باند	T2	تضعیف‌کننده ثابت(6db)
LPF/HPF	پالایه بالاگذر و/یا پایین‌گذر(اختیاری	S1	کلید RF

شکل ۳- چیدمان مولد آزمون

۶-۲ افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج[1]

۶-۲-۱ کلیات

افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج باید برای تزویج مناسب نشانک اختلال (در کل گستره بسامدی، با یک مقاومت ظاهری حالت مشترک مشخص در درگاه EUT) به بافه‌های مختلف متصل به EUT و برای

1 - Coupling and Decoupling Device

جلوگیری از اثرگذاری نشانک‌های آزمون اعمالی بر سایر افزاره‌ها، تجهیزات و سامانه‌های استفاده شوند که تحت آزمون نیستند.

افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج می‌توانند درون یک جعبه با هم ادغام شوند (شبکه تزویج/ عدم‌تزویج یا گیره AM) یا می‌توانند از قسمت‌های متعدد تشکیل شوند.

به دلایل تکرارپذیری آزمون و حفاظت از AE شبکه‌های CDN افزاره‌های مطلوب تزویج و عدم‌تزویج هستند. پارامتر اصلی افزاره تزویج و عدم‌تزویج، مقاومت ظاهری حالت مشترک است که در درگاه EUT دیده می‌شود و در جدول ۳ مشخص شده است. اگر CDN قابل اعمال نباشد یا در بازار وجود نداشته باشد می‌توان از سایر روش‌های تزریق بهره گرفت. قوانین انتخاب روش تزریق مناسب در بند ۷-۴-۱ می‌آید. سایر روش‌های تزریق به علت خواص الکتریکی آنها بعید است که مطابق پارامترهای جدول ۳ باشند.

یادآوری ۱- اگر تضعیف نشانک داخلی اثر غیرقابل قبول بر نشانک مورد نظر بگذارد CDN ممکن است قابل اعمال نباشد.

جدول ۳- پارامتر اصلی ترکیب افزاره تزویج و عدم تزویج

پارامتر	باند بسامدی	
	۱۵۰Ω ± ۲۰Ω	۲۴ MHz -۸۰MHz
$\lvert Z_{ce}\rvert$	۱۵۰Ω ± ۲۰Ω	+۶۰ Ω Ω۱۵۰ -۴۵ Ω

یادآوری۲- نه شناسه Z_{ce} و نه ضریب عدم تزویج بین درگاه EUT و درگاه تجهیزات کمکی به طور مجزا مشخص نمی‌شوند. در الزام به اینکه رواداری $\lvert Z_{ce}\rvert$ باید در محدوده مورد نظر، با درگاه تجهیزات کمکی مدار باز یا اتصال کوتاه به صفحه مرجع زمین باقی بماند، این ضرایب ادغام شده است.

یادآوری ۳- جزییات گیره‌ها در پیوست الف آمده است.

خط هم محور ۵۰Ω

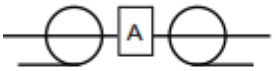
کابل توان، نشانک یا زمین

بار هم‌محور ۵۰Ω

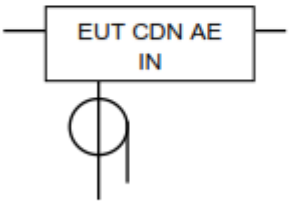
مبدل ۱۵۰Ω به ۵۰Ω، جعبه‌ای با یک مقاومت سری ۱۰۰Ω بین درگاه ورودی و خروجی

منبع نشانک ۵۰Ω

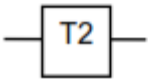
تجهیزات اندازه‌گیری ۵۰Ω مانند ولت‌متر چندگستره‌ای



تضعیف کننده ۱۰dB، ۵۰Ω

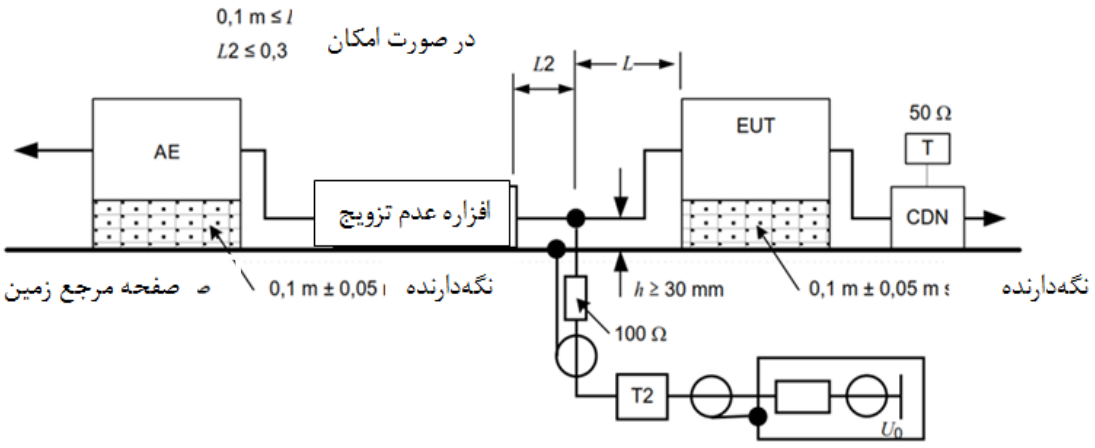


شبکه تزویج و عدم تزویج (CDN) با درگاه‌های EUT ورودی و تجهیزات کمکی

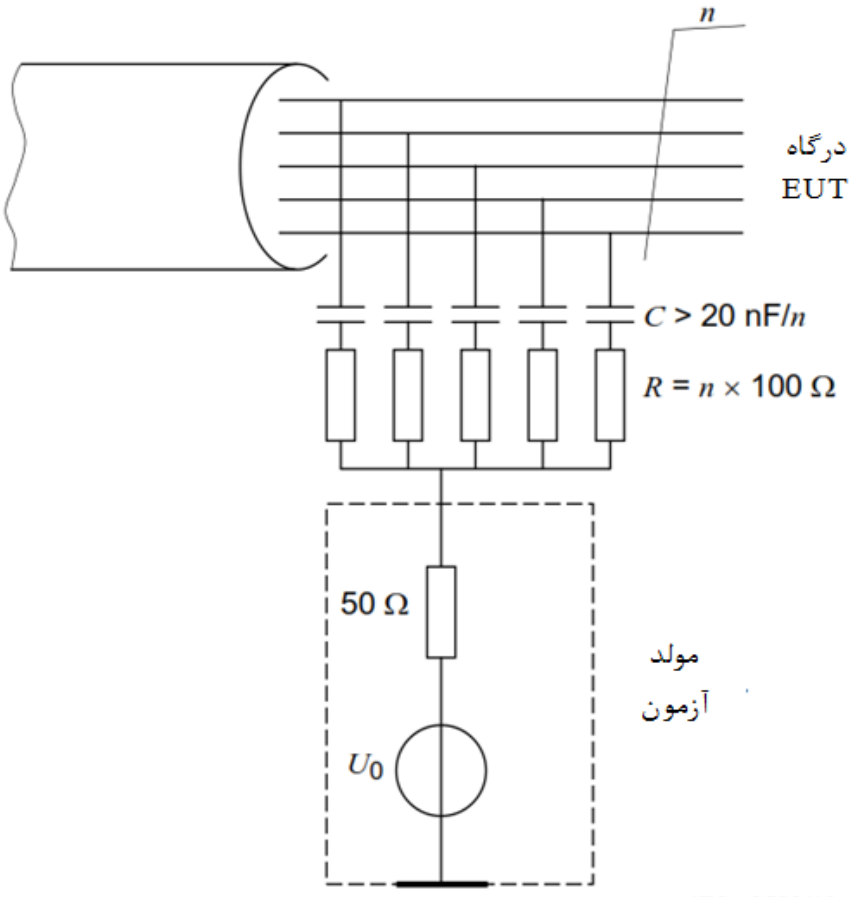


تضعیف‌کننده قدرت ۶ dB

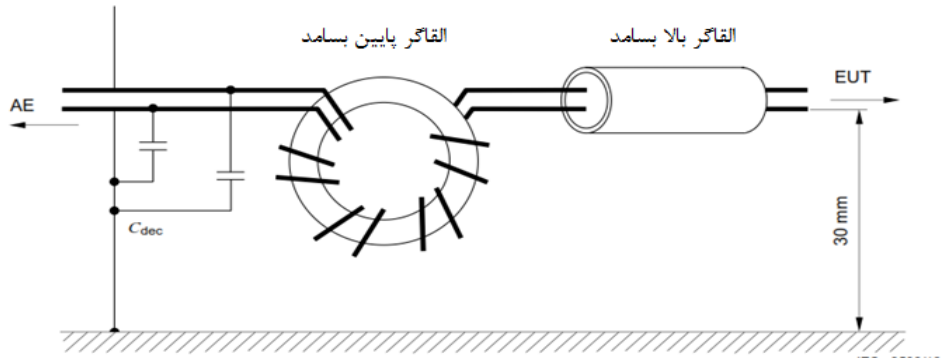
الف- فهرست نمادهای استفاده شده برای اصول چیدمان نشان داده شده



ب- اصل تزویج مستقیم به کابل‌های با محافظ الکتریکی



پ-اساس تزویج کابل‌های بدون محافظ الکتریکی طبق روش CDN



ت- اصول عدم تزویج

مثال: معمولا $C_{dek}= 47$ nF (فقط برای کابل‌های بدون محافظ الکتریکی) L(150KHz)≥۲۸۰μ H،

القا کننده بسامد پایین: ۱۷ دور روی یک حلقه از جنس فریت، $\mu R = 1200\ NiZn$

القا کننده بسامد بالا : ۲-۴ حلقه‌های فریتی (به شکل یک تیوب)، جنس مواد: $\mu R = 700\ NiZn$

شکل۴- اصول تزویج و عدم‌تزویج

۶-۲-۲ شبکه‌های تزویج و عدم‌تزویج (CDNs)

۶-۲-۲-۱ کلیات

این شبکه‌ها متشکل از مدارهای تزویج و عدم‌تزویج در یک جعبه هستند. مفاهیم نوعی شبکه‌های تزویج و عدم‌تزویج در شکل‌های ۴-پ و ۴-ت داده شده است. خلاصه کاربری انواع مختلف CDN در پیوست ت آمده است. این شبکه‌های منتخب نباید نشانک‌های کارکردی را بی‌جهت تحت تأثیر قرار دهند (به افزاره شکل ۱۲ مراجعه شود). محدودیت‌ها روی این گونه تأثیرات ممکن است در استانداردهای محصول مشخص شود.

جدول۴ -کاربری شبکه‌های تزویج و عدم تزویج

نوع خط	مثال	نوع شبکه تزویج و عدم تزویج
منبع تغذیه(جریان مستقیم و متناوب) و اتصال زمین	منبع اصلی جریان متناوب، جریان مستقیم در تأسیسات صنعتی، اتصال زمین	CDN-Mx (به شکل ت-۲ مراجعه شود)
کابل‌های با محافظ الکتریکی	کابل‌های هم‌محور، کابل‌های مورد استفاده برای شبکه‌ی محلی رایانه و اتصالات USB، کابل‌های سامانه‌های صوتی	CDN-Sx (به شکل ت-۱ مراجعه شود)
خطوط دارای توازن با محافظ الکتریکی	خطوط ISDN، خطوط تلفن	CDN-Tx (به شکل‌های ت-۴ ، ت-۵ و ت-۷ و پیوست ج مراجعه شود)
خطوط بدون توازن بدون محافظ الکتریکی	تمام خطوطی که به گروه‌های دیگر تعلق ندارند	CDN-Mx یا CDN-AFx (به شکل‌های ت-۳ و ت-۶ مراجعه شود)

۶-۲-۲-۲ شبکه‌های تزویج و عدم تزویج برای خطوط تغذیه

شبکه‌های تزویج و عدم‌تزویج برای تمام اتصالات منبع‌تغذیه توصیه شده است. اگرچه، برای توان بالا (جریان بزگتر یا مساوی ۱۶A) و/یا سامانه‌های تغذیه پیچیده (چندفازه یا دارای ولتاژهای تغذیه موازی متعدد) سایر روش‌های تزریق ممکن است انتخاب شود.

نشانک اختلالی باید با استفاده از نوع CDN-M1 (یک‌سیمه)، CDN-M2 (دوسیمه) یاCDN-M3 (سه‌سیمه)، یا شبکه‌های معادل به خطوط تغذیه تزویج شود (پیوست ت را ببینید). شبکه‌های مشابه می‌تواند برای یک سامانه تغذیه ۳ فاز تعریف شود. مدار تزویج در شکل ۴-پ داده می‌شود.

عملکرد شبکه تزویج و عدم‌تزویج نباید بر اثر اشباع مواد مغناطیسی ناشی از جریان کشیده شده توسط افزاره تحت‌آزمون بی‌جهت افت کند. در صورت امکان ساخت شبکه بهتر است تضمین کند که اثر مغناطیسی جریان پیش‌سو با اثر مغناطیسی جریان برگشتی حذف شود.

اگر در نصب‌های واقعی سیم‌های تغذیه جدا کشیده شده باشند، باید شبکه‌های تزویج و عدم‌تزویج CDN-M1 جداگانه‌ای مورد استفاده قرار گیرد و باید به تمام درگاه‌های ورودی به طور جداگانه پرداخته شود.

اگر EUT دارای پایانه‌های زمین کارکردی است (به‌عنوان مثال به خاطر بسامد رادیویی یا جریان‌های نشتی زیاد)، آنها را باید به روش‌های زیر به صفحه مرجع زمین متصل کرد:

- از طریق CDN-M1 هنگامی که ویژگی‌ها یا مشخصات EUT اجازه این کار را می‌دهد. در این حالت، تغذیه باید از طریق شبکه مناسب نوع CDN-Mx انجام گیرد؛

- هنگامی‌که ویژگی‌ها یا مشخصات EUT حضور یک شبکه CDN-M1 را به طور سری با پایانه زمین برای بسامد رادیویی یا منظورهای دیگر مجاز نمی‌داند پایانه زمین باید مستقیماً به صفحه مرجع زمین متصل شود. در این حالت باید به‌جای شبکه CDN-M3 شبکهٔ CDN-M2 باید جایگزین شود تا از اتصال کوتاه بسامد رادیویی توسط هادی حفاظتی زمین جلوگیری شود. اگر تجهیزات ابتدا از طریق شبکه‌های CDN-M1 یا CDN-M2 تغذیه شده باشد، باید درحالت فعال باقی بمانند.

- برای تغذیه سه فاز تنظیمات مشابهی باید در مورد استفاده از شبکه مناسب نوع CDN-Mx انجام گیرد.

هشدار – خازن‌های استفاده شده در پل CDNها، اجزای برق دار هستند. بنابراین امکان ایجاد جریان‌های نشتی بالا وجود دارد و اتصالات ایمنی CDN به صفحه مرجع زمین اجباری است (در برخی موارد، ممکن است این اتصالات در ساختمان خود CDN در نظر گرفته شده باشد).

۶-۲-۲-۳ تزویج و عدم‌تزویج برای خطوط متعادل بدون محافظ الکتریکی

به منظور تزویج و عدم‌تزویج نشانک‌های اختلالی روی یک بافه بدون محافظ الکتریکی با خطوط متعادل، باید از CDN-T2، CDN-T4 یا CDN-T8 به‌عنوان شبکهٔ تزویج و عدم‌تزویج استفاده شود. شکل‌های ت-۴، ت-۵ و ت-۶ در پیوست ت این موارد را نشان می‌دهد.

- CDN-T2 برای بافهی با ۱ جفت متقارن (۲ سیمه).

- CDN-T4 برای بافهی با ۲ جفت متقارن (۴ سیمه).
- CDN-T8 برای بافهی با ۴ جفت متقارن (۸ سیمه).

سایر شبکه‌های CDN-Tx در صورتی که برای گستره بسامد مورد نظر مناسب باشند و الزامات ۶-۲-۱ را برآورده کنند، می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. به‌عنوان مثال، افت تبدیل از حالت تفاضلی به حالت مشترک CDNها بهتر است بزرگتر از نسبت تبدیل مشخص شدهٔ بافه نصب شده یا تجهیزات متصل به بافه نصب شده باشد. اگر مقادیر متفاوت نسبت تبدیل برای بافه و تجهیزات مشخص شده باشد، آنگاه مقدار کمتر اعمال می‌شود. اغلب برای بافه‌های چند جفت متعادل، باید از تزریق با گیره استفاده کرد زیرا شبکه‌های CDN مناسب ممکن است موجود نباشد.

۶-۲-۲-۴ تزویج و عدم‌تزویج برای خطوط نامتعادل بدون محافظ الکتریکی

به منظور تزویج و عدم‌تزویج نشانک‌های اختلال روی یک بافه بدون محافظ الکتریکی با خطوط نامتعادل، شبکه تزویج و عدم‌تزویج توضیح داده شده در شکل ت-۳ برای خطوط تک زوج و ت-۶ برای چهار زوج استفاده شود.

اگر تزویج و عدم‌تزویجی برای خط نامتعادی بدون پوشش موجود نباشد باید طبق نمودار تصمیم‌گیری شکل ۱۲ عمل کرد.

۶-۲-۲-۵ تزویج و عدم تزویج برای کابل‌های دارای پوشش

برای تزویج و عدم‌تزویج نشانک‌های اختلال به کابل پوشش‌دار باید از شبکه تزویج و عدم‌تزویج نوع SX ستفاده کرد. مثالی برای کابل هم محور (S1) در شکل ت-۱ آمده است.

برای آن که کابلی را در استفاده از شبکه تزویج و عدم‌تزویج برای تزویج نشانک اختلال دارای محافظ الکتریکی در نظر بگیریم پوشش باید به هر دو سر کابل وصل باشد وگرنه بهتر است آن را بدون محافظ الکتریکی در نظر گرفت.

۶-۲-۳ تزریق با گیره

۶-۲-۳-۱ کلیات

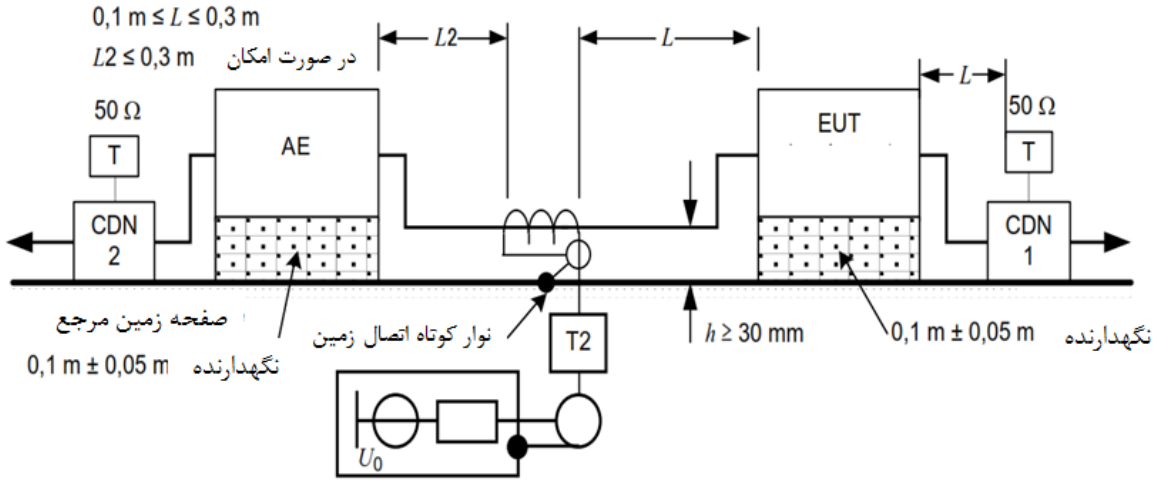
به‌وسیلهٔ افزاره‌های تزریق با گیره، کارکردهای تزویج و عدم‌تزویج از یکدیگر جدا می‌شوند. تزویج از طریق افزاره گیره مانند انجام می‌شود در حالی که مقاومت ظاهری حالت مشترک و کارکردهای عدم‌تزویج در تجهیزات کمکی ایجاد می‌شود. بنابراین، تجهیزات کمکی قسمتی از افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج می‌شوند (شکل ۵ را ببینید). لازم به یادآوری است که با افزاره‌های تزریق با گیره، تجهیزات کمکی در معرض همان جریان تزریقی افزاره تحت آزمون قرار دارد بنابراین بهتر است در برابر سطح آزمون مورد نظر مصون باشد.

یادآوری ۱- وقتی از روش‌های تزریق با گیره استفاده شود و الزامات مقاومت ظاهری حالت مشترک تجهیزات کمکی استفاده نشود الزامات Z_{ce} هم رعایت نمی‌شود. ولی اگر رهنمود ۷-۴-۱ رعایت شود گیره‌های تزریق نتایج آزمونی مقبولی برای آزمون به دست می‌دهند.

یادآوری ۲- گیره الکترومغناطیسی در بالاتر از ۱۰ MHz مقداری عدم تزویج به دست می‌دهد. به پیوست الف مراجعه شود.

زیر بند ۷-۶ دستورالعمل‌های کاربرد مناسب را ارائه می‌دهد.

هنگامی‌که یک گیره الکترومغناطیسی یا یک گیره جریان بدون برآوردن محدودیت‌های داده شده در بند ۷-۶ به‌کار گرفته می‌شود، رویه اجرایی تعریف شده در بند ۷-۷ باید دنبال شود. در این رویه، ولتاژ القایی مانند روش مشابه گفته شده در بند ۶-۴-۱ تنظیم می‌شود. علاوه بر این، جریان حاصل باید پایش و به I_{max} محدود شود. در این رویه از مقاومت ظاهری حالت مشترک کم‌تری می‌توان استفاده کرد اما جریان حالت مشترک به مقدار گذری از منبع ۱۵۰ Ω محدود است.



CDN متصل به تجهیزات کمکی مثل CDN-M1 که متصل به پایانه زمین تخصیصی یاCDN-M3 است باید در درگاه ورودی به ۵۰ Ω ختم شود.

شکل ۵- اصول تزویج و عدم‌تزویج طبق روش تزریق با گیره

۶-۲-۳-۲ گیره جریان

این افزاره یک تزویج القاکننده روی بافه متصل به EUT ایجاد می‌کند. به‌عنوان مثال، با یک نسبت دور پنج به یک، مقاومت ظاهری‌های سری حالت مشترک منتقل شده، در مقابل ۱۵۰Ω بوجود آمده توسط تجهیزات کمکی قابل صرفنظر است. در این حالت، مقاومت ظاهری خروجی مولد آزمون (۵۰Ω) به ۲Ω تبدیل می‌شود.

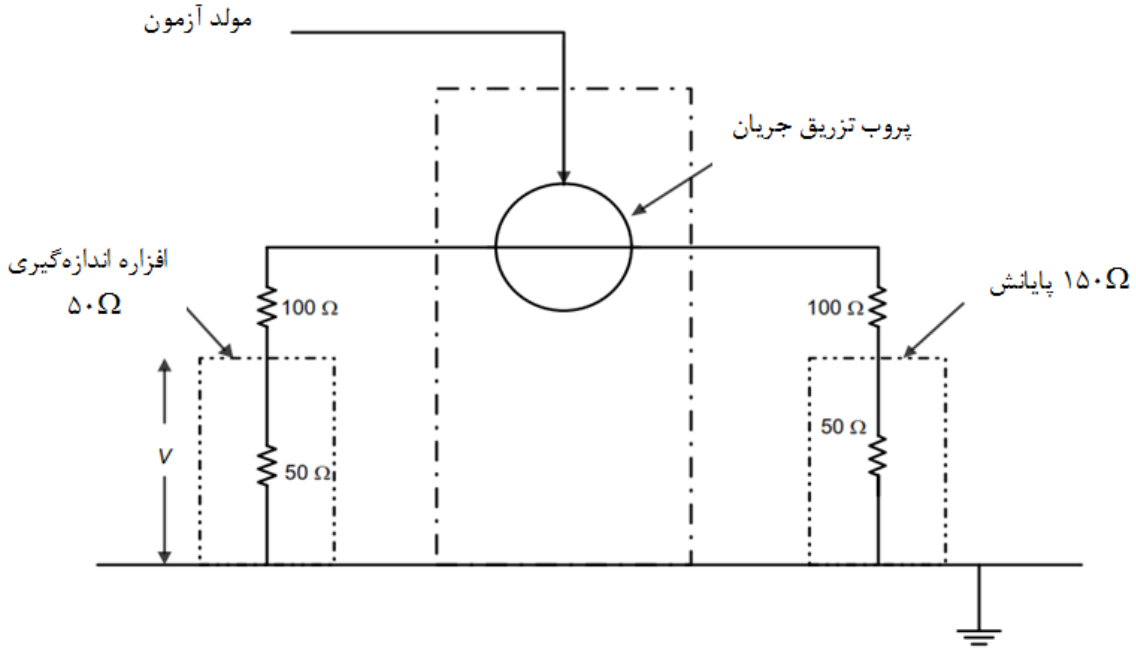
عملکرد لازم گیره جریان طوری است که افزایش اتلاف انتقال بست آزمون بر اثر جاگذاری گیره جریان نباید از ۱٫۶ dB فراتر برود. در شکل ۷ چیدمان مدار صحت‌سنجی اتلاف انتقال آمده است.

یادآوری۱- صحت‌سنجی چنین عملکردی را می‌توان در دو گام انجام داد. در گام نخست، گیره جریان حذف و ولتاژ ثبت می‌شود. در گام دوم، گیره جریان جاگذاری می‌شود و در درگاه ورودی آن به بار ۵۰Ω ختم و ولتاژ اندازه‌گیری می‌شود. تفاوت این دو اندازه طبق تعریف بالا نباید از ۱٫۶ dB فراتر برود.

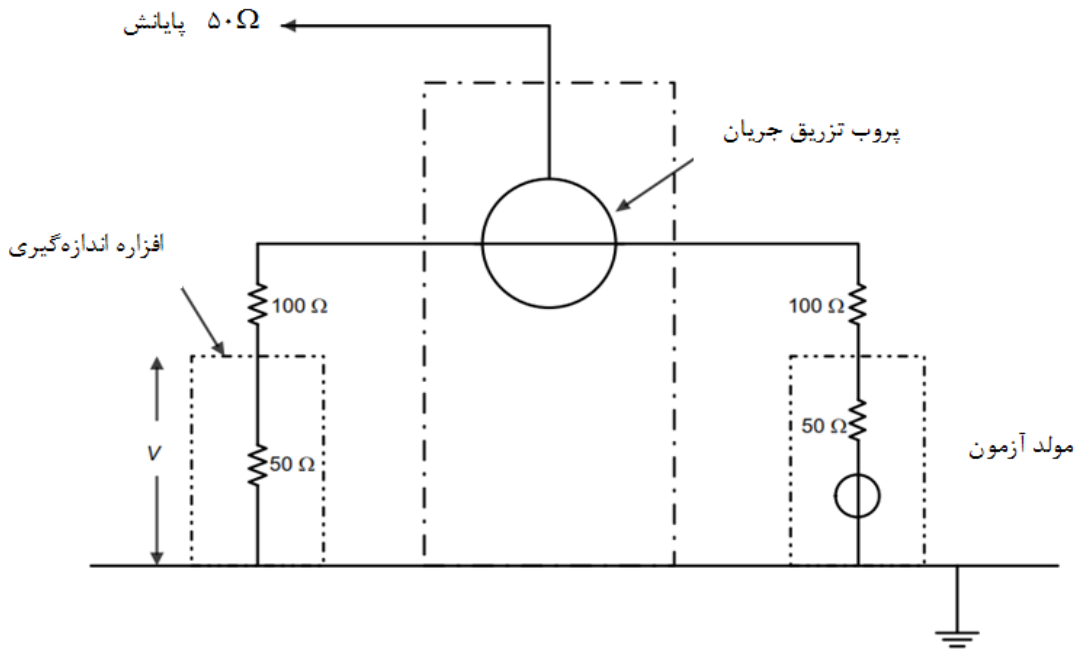
سطح نشانک اعمالی به گیره تزریق جریان قبل از آزمون انجام می‌شود. روال تنظیم سطح آزمون در ۶-۴-۱ و شکل ۶ آمده است.

هنگام استفاده از گیره جریان بهتر است دقت کرد و از ایجاد هم‌آهنگ‌های تقویت‌کننده توان در سطوح بالاتر از سطوح نشانک اصلی در درگاه افزاره تحت آزمون افزاره تزویج جلوگیری کرد.

یادآوری ۲- عموماً ضروری است کابل را در وسط گیره بگذاریم تا تزویج خازنی به کمینه برسد.



شکل۶- مثالی از مدار چیدمان تنظیم سطح در بست آزمون Ω ۱۵۰



شکل۷- مثالی از مدار ارزیابی عملکرد گیره جریان

۶-۲-۳-۳ گیره الکترومغناطیسی

گیره الکترومغناطیسی هر دو صورت تزویج خازنی و القاکننده را روی بافه متصل به EUT ایجاد می‌کند. ساختار و عملکرد گیره الکترومغناطیسی در پیوست الف توضیح داده می‌شود.

۶-۲- ۴ افزاره‌های تزریق مستقیم

وقتی از تزریق مستقیم استفاده می‌کنیم نشانک اختلال‌کننده که از مولد آزمون ناشی می‌شود از طریق مقاومت ۱۰۰ اهم به کابل‌های پوشش‌دار و هم‌محور تزریق می‌شود (حتی اگر محافظ به زمین وصل نباشد یا فقط یک سر آن به زمین وصل باشد). بین تجهیزات کمکی و نقطه تزریق باید افزاره عدم‌تزویج (به زیربند ۶-۲-۵ مراجعه شود) را هرچه نزدیک‌تر به نقطه تزریق نصب کرد (به شکل ۴ب مراجعه شود). برای افزایش عدم‌تزویج و تثبیت مدار باید اتصال زمینی از پوشش درگاه ورودی افزاره تزریق مستقیم تا صفحه زمین مرجع برقرار کرد.

هنگام ایجاد اتصال مستقیم به پوشش‌های فلزی بهتر است دقت کرد زیرا اتصال مطلوب باعث می‌شود نتایج قابل اطمینانی در آزمون به دست آید.

۶-۲-۴ شبکه عدم‌تزویج

معمولاً، شبکه عدم‌تزویج شامل القاکننده‌های مختلفی می‌شود تا مقاومت ظاهری بزرگی را در گستره بسامدی ایجاد کند. این امر توسط مواد فریت استفاده شده، تعیین می‌شود و یک القاءگری دست کم ۲۸۰μH در ۱۵۰kHz لازم است. راکتانس باید مساوی یا بزرگتر از ۲۶۰Ω تا۲۶MHz و مساوی یا بزرگتر از ۱۵۰Ω بیش از ۲۶MHz باقی بماند. این القاءگری می‌تواند با استفاده از تعدادی سیم‌پیچی روی حلقه‌های فریت (به شکل ۴- ت مراجعه شود) یا با استفاده از تعدادی حلقه‌های فریت روی بافه (معمولاً شبیه یک لوله گیره مانند) به‌دست آید.

یادآوری- مشخصات گیره‌ها در پیوست الف آمده است.

شبکه تزویج و عدم‌تزویج تعریف شده در پیوست ت را می‌توان به‌عنوان شبکه‌های تزویج به صورت درگاه ورودی بسامد رادیویی بدون بار به کار گرفت مگر آن که خلاف آن در این استاندارد ذکر شده باشد. در صورتی که از این روش استفاده شود باید الزامات زیربند ۶-۲-۵ رعایت شود.

شبکه‌های عدم‌تزویج باید در تمام کابل‌های انتخاب نشده برای آزمون اما متصل به تجهیزات تحت آزمون و/یا تجهیزات کمکی به‌کار رود. (به زیربند ۳-۷ مراجعه شود.)

۶-۳ صحت‌سنجی مقاومت ظاهری حالت مشترک در درگاه EUT افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج

۶-۳-۱ کلیات

افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج به‌وسیله مقاومت ظاهری حالت مشترک دیده شده در درگاه EUT یعنی $|Z_{ce}|$ متمایز می‌شوند. مقدار صحیح آن باز تولیدپذیری نتایج آزمون را تضمین می‌کند. مقاومت ظاهری حالت مشترک افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج با استفاده از چیدمان شکل ۸ واسنجی می‌شود.

افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج و صفحه مرجع مقاومت ظاهری (شکل ۸-الف) باید روی یک صفحه مرجع زمین قرار گیرند که اندازه آن باید دست کم ۰٫۲ m از تصویر هندسی چیدمان در تمام جوانب فراتر رود.

نقطه مرجع مقاومت ظاهری باید طبق شکل ۸ الف به درگاه EUT شبکه تزویج و عدم‌تزویج وصل باشد. مقدار مقاومت ظاهری حالت مشترک دیده شده در اتصال‌دهنده صفحه مقاومت ظاهری را باید اندازه‌گیری کرد.

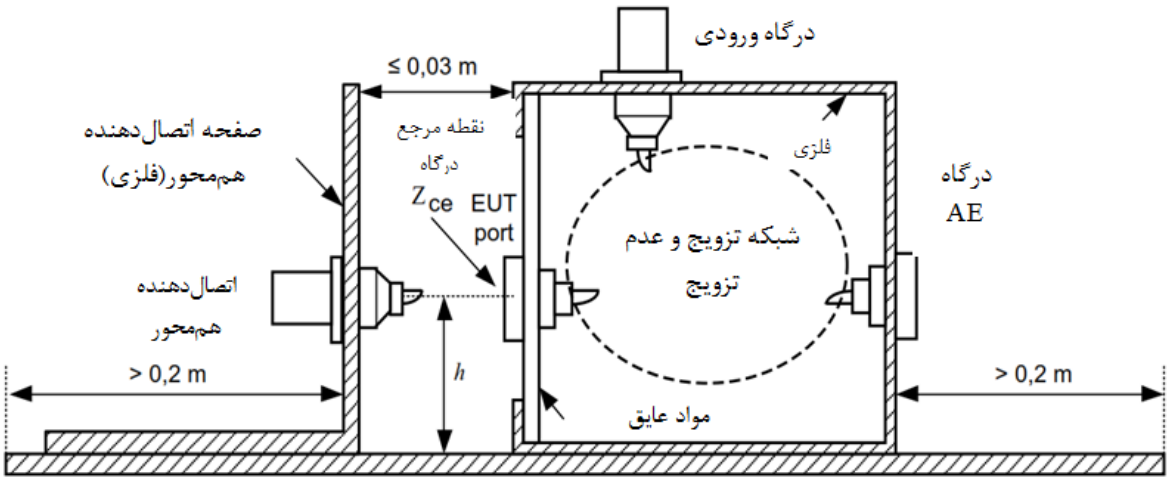
شبکه‌های تزویج و عدم‌تزویج باید الزامات مقاومت ظاهری جدول ۳ را وقتی که بار درگاه ورودی ۵۰Ω باشد و درگاه تجهیزات کمکی به‌طور متوالی در حالت مشترک در شرایط اتصال کوتاه و مدار باز مانند شکل ۸-ب بارگذاری شده باشد، برآورده سازند. این الزام باعث اطمینان از تضعیف کافی می‌شود و چیدمان تجهیزات کمکی، مانند ورودی‌های مدار باز شده یا اتصال کوتاه شده را بی‌اهمیت می‌کند.

اگر تزریق با گیره یا تزریق مستقیم استفاده شود، صحت‌سنجی کردن مقاومت ظاهری حالت مشترک برای هر چیدمان تجهیزات کمکی متصل به EUT واقع‌بینانه نیست. معمولاً، دنبال کردن رویه اجرایی داده شده در بند۶-۷ کافی است. در سایر موارد رویه اجرایی تعریف شده در زیربند ۷-۷ باید مورد استفاده قرار گیرد. برای تزریق مستقیم معمولاً پیروی از رویه ۷-۸ کفایت می‌کند.

۶-۳-۲ افت مبدل‌های ۱۵۰Ω به ۵۰Ω

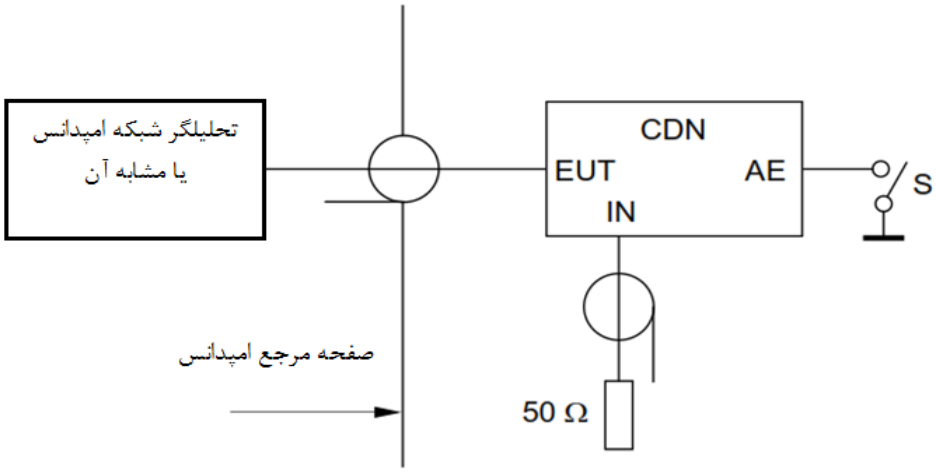
وقتی مولد آزمون قبل از آزمایش تنظیم شده باشد سطح آزمون باید در محیط مقاومت‌ظاهری حالت مشترک ۱۵۰ اهم صحت‌سنجی شود. این کار با متصل کردن نقطه مناسب حالت مشترک به افزاره اندازه‌گیری ۵۰ اهم از طریق مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم طبق شکل ت-۸ میسر می‌شود. ساختمان این مبدل در شکل ۸- ث نشان داده شده است.

این مبدل‌ها باید روی یک صفحه مرجع زمین قرار گیرند که ابعاد آن در تمام جوانب دست کم ۰٫۲m از تصویر هندسی این چیدمان بیشتر باشد. افت ایجاد شده، بر مبنای شکل ۸-پ اندازه‌گیری می‌شود. اندازه آن باید در گستره ۹٫۵dB±۰٫۵dB باشد (مقدار نظری ۹٫۵dB به‌وسیله مقاومت ظاهری سری اضافه شده در هنگام اندازه گیری سامانه ۵۰Ω، به‌وجود می‌آید). تضعیف‌کننده‌های دارای VSWR مناسب (کوچک‌تر مساوی ۱٫۲) در ورودی‌ها گیرنده‌ها و خروجی‌های مولدها توصیه شده است.



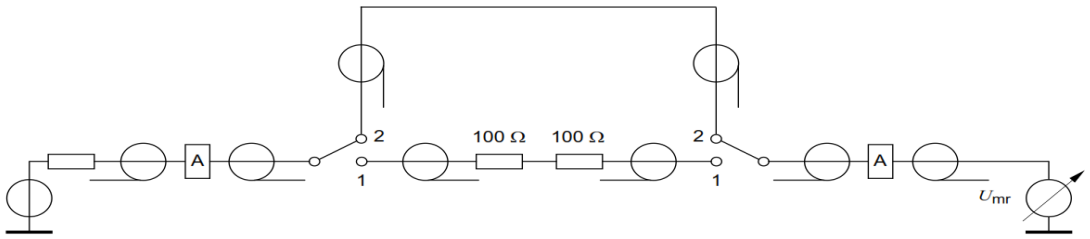
- صفحه مرجع زمین: باید از پیش‌آمدگی افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج و سایر عناصر کمینه ۲۰۰ mm تجاوز کند.
- اتصال‌دهنده هم محور باید افقی به درگاه EUT وصل شود.
- بلندی درگاه EUT یعنی h به شبکه تزویج و عدم‌تزویج مجزا بستگی دارد و از ۳۰mm تا ۱۰۰ mm متغیر است در شبکه‌هایی که جریان زیاد باشد درگاه EUT بالاتر از صفحه زمین مرجع قرار می‌گیرد.
- صفحه اتصال‌دهنده (با اتصال‌دهنده هم‌محور): ۱۰۰mm در ۱۰۰ mm برای ارتفاع ۳۰mm و ۱۵۰mm در ۱۵۰mm برای سایر ارتفاع‌ها.
- هر دو صفحه اتصال‌دهنده باید از مس، برنج یا آلومینیوم ساخته شده باشد و باید دارای اتصال بسامد رادیویی مناسب باشند.

الف- مثالی از شکل هندسی چیدمان صحت‌سنجی مشخصات مقاومت ظاهری افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج



الزامات مقاومت ظاهری ی در کلید S در حالت باز و بسته باید رعایت شود. (به زیربند ۳-۶ مراجعه شود)

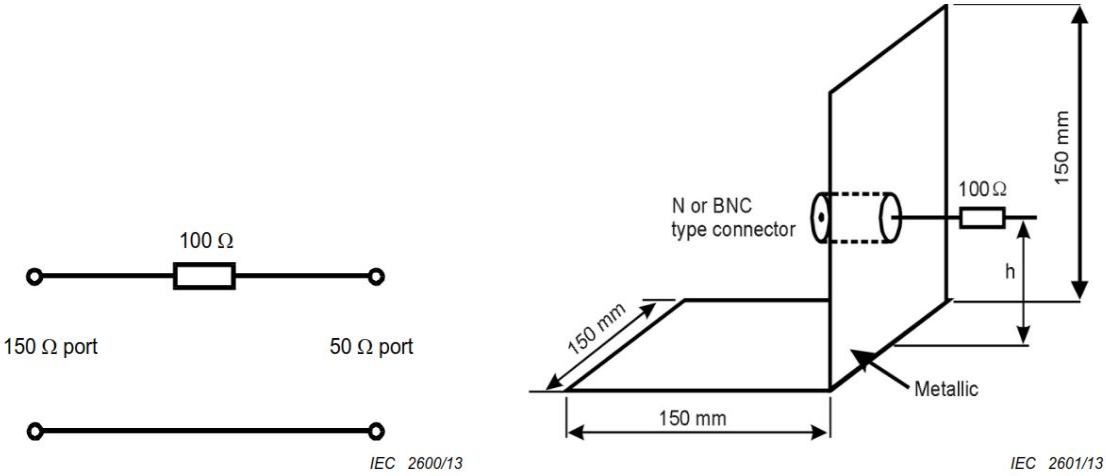
ب- اصول چیدمان صحت‌سنجی Zce افزاره تزویج و عدم‌تزویج



(کلیدها در مکان ۱) U_{mr}- (کلیدها در مکان ۲) U_{mr} = افت جاگذاری

dB dB(μV) dB(μV)

پ- اصول چیدمان اندازه‌گیری اتلاف جاگذاری دو مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم



یادآوری- شبیه شکل ۸-الف (صفحه‌اتصال‌دهنده) فقط مقاومت ۱۰۰ اهمی دارای مقاومت القایی کم به آن اضافه شده است

ث- **مثال**- نمودار ساختمان مبدل۱۵۰ اهم به۵۰ اهم (مثال ۱۵۰mm در ۱۵۰mm)

یادآوری- مقاومت دارای ویژگی القایی کم:
توان نامی بزرگ‌تر مساوی ۲٫۵ وات
ت- مدار مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم

شکل۸- جزییات چیدمان‌ها و اجزای صحت سنجی مشخصات اساسی افزاره‌های تزویج و عدم تزویج و مبدل‌های ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم

۶-۴ تنظیم مولد آزمون

۶-۴-۱ کلیات

برای تنظیم صحیح سطح آزمون مدوله نشده، رویه اجرایی در زیربند ۶-۴-۲ باید اعمال شود. فرض می‌شود که مولد آزمون، افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج و مبدل ۱۵۰Ω به ۵۰Ω الزامات زیربندهای ۶-۱، ۶-۲-۱ و ۶-۳-۱ را برآورده می‌کنند.

برای تنظیم سطح می‌توان از دو رویه استفاده کرد:

- توان خروجی مولد آزمون را می‌توان با اندازه‌گیری توان خروجی تقویت‌کننده (توان پیش‌سو، قابل اندازه‌گیری با تزویج‌گر مستقیم) تعیین کرد.
- تا زمانی که بتوان پایداری تجهیزات آزمون (به ویژه تقویت‌کننده) را تضمین کرد خروجی مولد بسامد رادیویی نیز از طریق بازتولید داده‌های تنظیم سطح قابل تنظیم است.

۶-۴-۲ تنظیم سطح خروجی در درگاه EUT افزاره تزویج

مولد آزمون باید به درگاه ورودی بسامد رادیویی افزاره تزویج متصل شود. درگاه EUT افزاره تزویج باید در حالت مشترک از طریق مبدل ۱۵۰Ω به ۵۰Ω به تجهیزات اندازه‌گیری دارای یک مقاومت ظاهری ورودی ۵۰Ω متصل شود. درگاه تجهیزات کمکی باید در حالت مشترک با یک مبدل ۱۵۰Ωبه ۵۰Ω، پایان‌دهی شده با مقاومت ۵۰Ω بارگذاری شود. این چیدمان در شکل ۹پ برای کلیه افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج شده است.

یادآوری۱- با تزریق مستقیم، بار ۱۵۰Ω در درگاه تجهیزات کمکی هنگامی که پوشش فلزی[1] به صفحه مرجع زمین در طرف درگاه تجهیزات کمکی وصل شده است، لازم نیست.

یادآوری۲- در تزریق با گیره، گیره‌های جریان عموماً دوسویه هستند و بنابراین دارای درگاه EUT و درگاه AE نیستند. این افزاره‌ها طبق شکل ۶ با استفاده از بست آزمون واسنجی می‌شوند.

هشدار- در حین تنظیم مولد آزمون، تمام اتصال‌ها به درگاه‌های تجهیزات کمکی و EUT افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج غیر از اتصال‌های مورد نیاز (به شکل ۹ مراجعه شود) باید قطع شوند تا از شرایط اتصال کوتاه یا صدمه دیدن تجهیزات اندازه‌گیری جلوگیری شود.

با استفاده از چیدمان ذکر شده در بالا، مولد آزمون باید طوری تنظیم شود که کمیت‌های ذیل در تجهیزات اندازه‌گیری خوانده شود.

رویه که برای هر افزاره تزویج دنبال می‌شود:

الف- اعمال توان پیش‌سو (بدون مدوله‌سازی) به افزاره تزویج به طوری که ولتاژ به دست آمده برابر با U_{mr} در درگاه خروجی مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم باشد.

ثبت سطح مولد RF یعنی P_{gen} و/یا توان پیش‌سو در خروجی تقویت‌کننده توان P_{for} و ولتاژ U_{mr} در درگاه خروجی مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم

ب- افزایش بسامد تا بیشینه ۱ درصد بسامد کنونی

پ- تکرار گام‌های الف و ب تا بسامد بعدی در دنباله از بالاترین بسامد (مثلاً ۸۰MHz) در گستره آزمون فراتر رود.

ت- با استفاده از سطح ثبت شده مولد بسامد رادیویی P_{gen}، توان پیش‌سو P_{for} و ولتاژ U_{mr} به دست آمده در الف توان پیش‌سو و/یا توان مولد بسامد رادیویی لازم برای ایجاد ولتاژ لازم در درگاهEUT افزاره تزویج محاسبه می‌شود.

1 -Screen

ث- اطمینان حاصل کردن از این که تقویت‌کننده اشباع نشده است. مولد آزمون را باید با استفاده از داده‌های گام ت طوری تنظیم کرد که سطح آزمون مطلوب U_{mr} ایجاد شود. گام‌های ۱ تا ۴ را فقط باید برای بالاترین سطح آزمون مورد استفاده انجام داد:

۱- افزایش دادن سطح مولد بسامد رادیویی به میزان ۵۱ dB

۲- ثبت کردن توان خروجی جدید تحویلی به افزاره تزویج $P_{for,inc}$ یا ولتاژ در درگاه خروجی مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم $U_{mr,inc}$

۳- محاسبه تفاضل $P_{for,inc}$ -P_{for} یا $U_{mr,inc}$-U_{mr} (مقیاس لگاریتمی)

۴- اگر این تفاضل بین ۳٫۱ dB و ۷٫۱ dB باشد آن‌گاه تقویت‌کننده در محدوده رواداری قرار دارد و سامانه آزمون برای آزمایش در سطح آزمون انتخابی کفایت می‌کند اما اگر تفاضل کمتر از این گستره باشد تقویت‌کننده غیرخطی و برای آزمون نامناسب است.

اطلاعات فشرده‌سازی مولد آزمون و غیرخطی بودن تقویت‌کننده در پیوست د آمده است.

در گام الف فرایند تنظیم ولتاژ U_{mr} برابر است با :

$$_{nr} = U_0/6 \begin{pmatrix} +19\% \\ -16\% \end{pmatrix}$$ در کمیت‌های خطی، یا

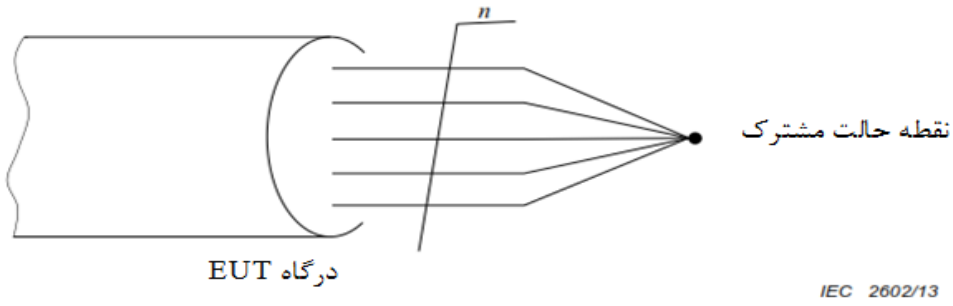
Umr = U_0-۱۵٫۶dB± ۱.۵dB در کمیت‌های لگاریتمی.

یادآوری ۳- U_0 ولتاژ آزمون مشخص شده در جدول ۱ و U_{mr} مقدار ولتاژ اندازه‌گیری شده است که در بند ۳-۱۲ و شکل ۹ مشخص شده است. برای کمینه کردن خطاهای آزمون، سطح خروجی مولد آزمون با تنظیم کردن U_{mr} به همراه بارهای ۱۵۰Ω (مثلاً با مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم و پایاندهی ۵۰ اهمی) و نه با تنظیم کردن U_0، تنظیم می‌شود.

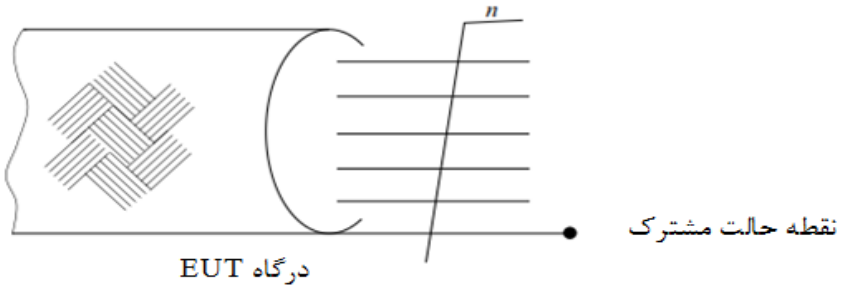
یادآوری۴ - عامل (ضریب) ۶ (۱۵٫۶dB) از مقدار e.m.f. مشخص شده برای سطح آزمون حاصل می شود. سطح بار تطبیق شده، نصف سطح e.m.f. است و سپس تقسیم ولتاژ ۳:۱ توسط مبدل ۱۵۰Ω به ۵۰Ω بوجود می آید که به وسیله تجهیزات اندازه گیری ۵۰Ω ختم شده است.

یادآوری ۵ - در موردی که در ابزار آزمون، واپایش توان خروجی تقویت‌کننده نباشد این رویه برای هر افزاره تزویج و هر سطح آزمون هدف تکرار می‌شود. اگر سامانه آزمون دارای واپایش توان خروجی تقویت‌کننده باشد یا رویه خطی بودن تقویت‌کننده در پیوست ذ رعایت شود رویه ۶-۴-۲ برای افزاره تزویج فقط در بالاترین سطح آزمون هدف انجام می‌شود.

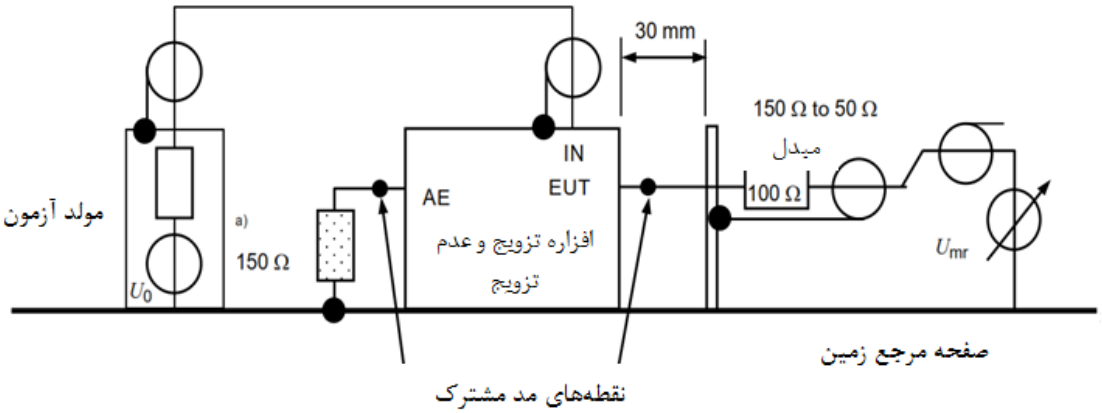
پارامترهای واپایش تنظیم مولد آزمون (پارامترهای نرم‌افزار، تنظیم تضعیف‌کننده و غیره) باید ثبت و برای آزمایش استفاده شود.



الف- تعریف نقطه حالت مشترک برای کابل‌های بدون پوشش



ب- تعریف نقطه حالت مشترک برای کابل‌های بدون پوشش



مثال‌های افزاره‌های تزویج و عدم تزویج:

- CDN شبکه تزریق مستقیم (با عدم‌تزویج)
- افزاره تزریق با گیره (گیره EM)

الف- بارگذاری ۱۵۰ اهم مثل مبدل ۱۵۰ اهم به۵۰ اهم پایاندهی شده با بار ۵۰ اهم در درگاه AE باید فقط به کابل‌های بدون پوشش اعمال شود (پوشش کابل‌های دارای پوشش به صفحه زمین مرجع در طرف AE وصل است).

چیدمان تنظیم سطح درگاه EUT برای افزاره‌های تزویج/ عدم‌تزویج

شکل ۹- چیدمان تنظیم سطح

۷ چیدمان آزمون و روش‌های تزریق

۷-۱ چیدمان آزمون

تجهیزات تحت آزمون روی یک پایه عایق به ارتفاع ۰٫۱ m ±۰٫۰۵ m بالای یک صفحه مرجع زمین قرار می‌گیرند. به جای نگه‌دارنده عایق می‌توان از پایه‌های چرخ‌دار رسانا در گستره ۰٫۱ m ± ۰٫۰۵ m بالا صفحه زمین مرجع استفاده کرد. تمام کابل‌های خروجی از EUT باید در ارتفاع کمینه ۳۰mm بالای صفحه زمین مرجع دارای نگه‌دارنده باشند.

اگر تجهیزات برای نصب در صفحه، قفسه یا اتاقک طراحی شده باشد باید در همین پیکربندی تحت آزمایش قرار گیرد. وقتی برای نگه‌داشتن نمونه آزمون وسیله‌ای لازم باشد چنین نگه‌دارنده‌ای باید از مواد نارسانا و غیرفلزی ساخته شود. اتصال زمین تجهیزات هم باید مطابق دستور نصب سازنده باشد.

اگر افزاره‌های تزویج و/یا عدم‌تزویج لازم باشد باید در فاصله بین ۰٫۱ m تا ۰٫۳ m EUT مستقر شوند (این فاصله در این استاندارد با حرف L نشان داده شده است). این فاصله به صورت افقی از برآمدگی EUT از صفحه زمین مرجع تا افزاره تزویج و/یا عدم تزویج اندازه‌گیری شود. مراجعه شود به شکل‌های ۵، ۱۰ و ۱۱ اطلاعات تفصیلی‌تر درزیر بندهای ۷-۲ تا ۷-۸ آمده است.

یادآوری- لازم نیست فاصله L از همه طرف EUT یکی باشد ولی بین ۰٫۱ m تا ۰٫۳m باشد.

۷-۲ تجهیزات تحت آزمون شامل یک واحد

تجهیزات تحت آزمون باید روی نگه‌دارنده عایقی ۰٫۱mبالای صفحه زمین مرجع قرار داده شود. برای تجهیزات رومیزی می‌توان صفحه زمین مرجع را روی میز قرار داد (به شکل۱۰ مراجعه شود)

روی تمام کابل‌های تحت آزمون باید افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج نصب شود (به زیربند ۷-۴-۳ مراجعه شود). افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج باید روی صفحه زمین مرجع قرار گیرند و با آن در فاصله ۰٫۱ mm تا ۰٫۳ mm از تجهیزات تحت آزمون تماس مستقیم داشته باشند. کابل‌های بین افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج و EUT باید تا حد امکان کم باشند و نباید دسته‌ای یا تابیده باشند. ارتفاع آن‌ها از صفحه زمین مرجع باید دست کم ۳۰mm باشد.

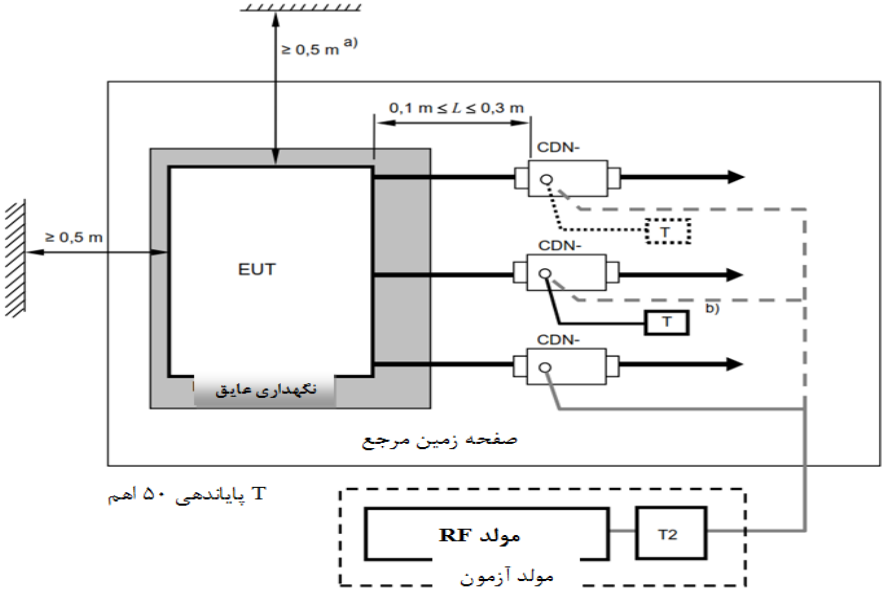
کابل واسط بین EUT و AE بهتر است کوتاه‌ترین کابل موجود باشد.

اگر EUT با پایانه‌های زمین دیگری ارائه شده باشد در صورتی که مجاز باشد باید از طریق CDN-M1 به زیربند ۶-۲-۲-۲ مراجعه شود (یعنی درگاه تجهیزات کمکی CDN-M1 به صفحه زمین مرجع وصل شود) به صفحه زمین مرجع وصل شوند.

اگر EUT با صفحه کلید یا لوازم کمکی دستی ارایه شده باشد آن‌گاه باید دست مصنوعی روی این صفحه کلید قرار گیرد یا دور وسیله کمکی تاب داده شود و به صفحه زمین مرجع وصل شود.

تجهیزات کمکی لازم برای عملیات تعریف شده EUT طبق مشخصات کمیته محصولات مثلاً تجهیزات ارتباطی، مدم، چاپگر، حسگر و غیره، همچنین تجهیزات کمکی لازم برای تضمین هرگونه انتقال داده و

ارزیابی تمام کارکردها، باید از طریق افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج به EUT وصل شوند. تا حد امکان تعداد کابل‌ها مورد آزمون محدود باشد اما تمام انواع درگاه‌های فیزیکی بهتر است تحت تزریق قرار گیرند.



الف- فاصله EUT از هر شی فلزی غیر از تجهیزات آزمون باید کمینه ۰٫۵ متر باشد.

ب- فقط یکی از شبکه‌های تزویج و عدم تزویج استفاده نشده برای تزریق باید به ۵۰ اهم ختم شود و فقط یک مسیر برگشت فراهم کند. بقیه باید به صورت شبکه‌های عدم تزویج پیکربندی شوند.

شکل ۱۰- مثال چیدمان آزمونEUT تک واحدی(نمای بالا)

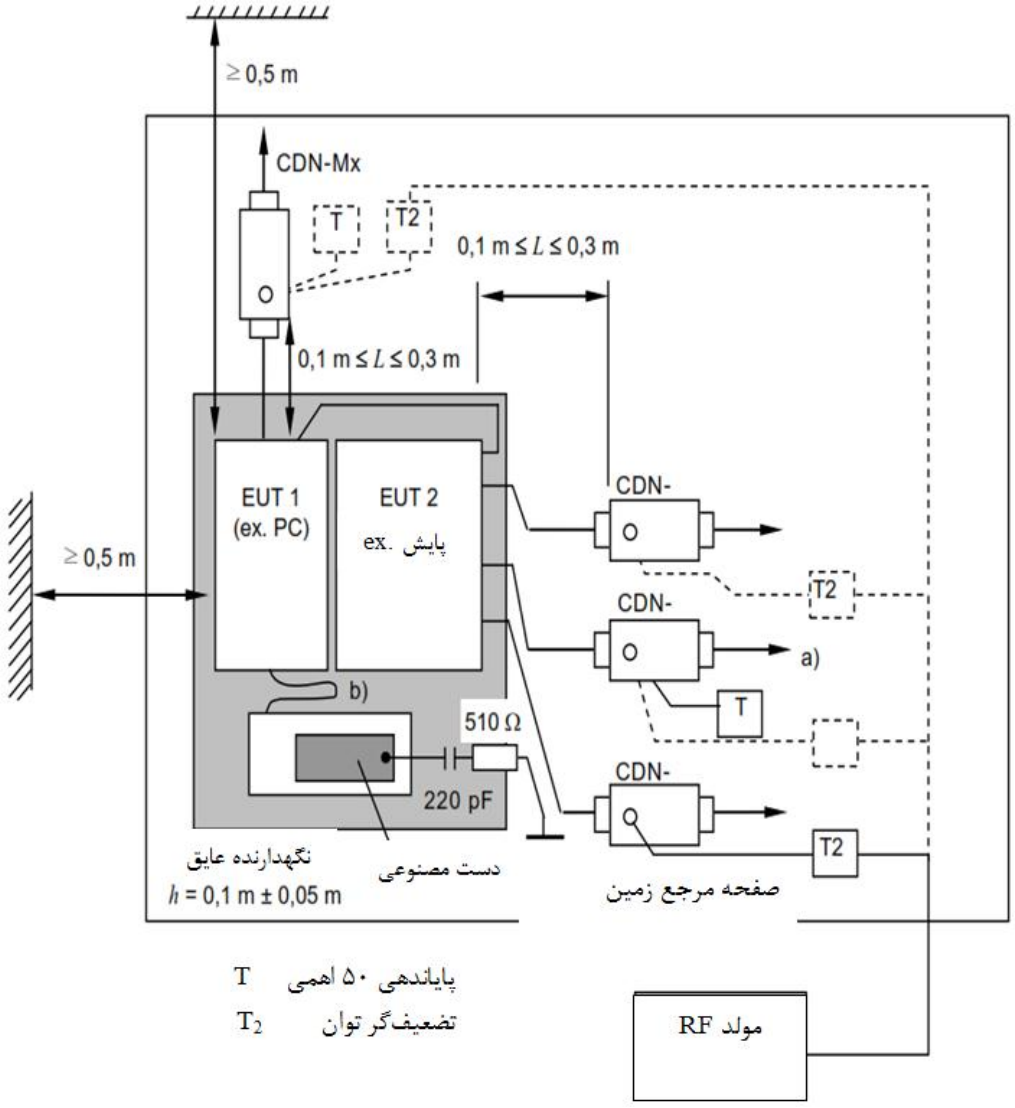
۷-۳ تجهیزات تحت آزمون چندواحدی

تجهیزات چندواحدی که واحدهای آن به هم وصل باشند بهتر است با استفاده از یکی از شیوه‌های زیر تحت آزمایش قرار گیرند.

- **روش ارجح**: هر واحد فرعی را باید به طور مجزا به عنوان EUT در نظر گرفت و تحت آزمایش قرار داد (به زیربند ۷-۲ مراجعه شود) و بقیه را AE در نظر گرفت. افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج (یا CDN) باید روی کابل‌های واحدهای فرعی در نظر گرفته شده به‌عنوان EUT قرار گیرد (طبق زیربند ۷-۴-۱). تمام واحدهای فرعی را به نوبت تحت آزمون قرار داد.
- **روش جانشین:** واحدهای فرعی همواره از طریق کابل‌های کوتاه متصل به هم هستند مثلاً کوتاه‌تر مساوی ۱m و جزئی از تجهیزات تحت آزمون را می‌توان یک EUT قلمداد کرد. کابل‌های اتصال متقابل آن‌ها کابل‌های درونی سامانه تلقی می‌شوند و آزمایش مصونیت روی آن‌ها نباید انجام شود. به شکل ۱۱ مراجعه شود.

واحدهای این‌گونه EUT بی‌آن‌که تماسی با هم داشته باشند باید تا حد امکان به همدیگر نزدیک باشند و روی نگه‌دارنده عایق نصب شوند. کابل‌های اتصال متقابل این واحدها هم باید روی نگه‌دارنده عایق نصب شوند. بقیه کابل‌ها باید طبق قواعد زیربندهای ۷-۴ تا ۷-۸ تحت آزمایش قرار گیرند.

فاصله EUT از تمام موانع فلزی غیر از تجهیزات آزمون باید کمینه ۰٫۵ m باشد.



الف- فقط یکی از شبکه‌های تزویج و عدم‌تزویج استفاده نشده برای تزریق باید به ۵۰ اهم ختم شود و فقط یک مسیر برگشت فراهم کند. بقیه باید به صورت شبکه‌های عدم تزویج پیکربندی شوند.

ب- کابل‌های اتصال متقابل (کوتاه‌تر مساوی ۱ m) تجهیزات تحت آزمون باید روی نگه‌دارنده عایق بمانند

شکل ۱۱- مثال چیدمان آزمون برای EUT چندواحدی

۴-۷ قوانین انتخاب روش‌های تزریق و نقاط آزمون

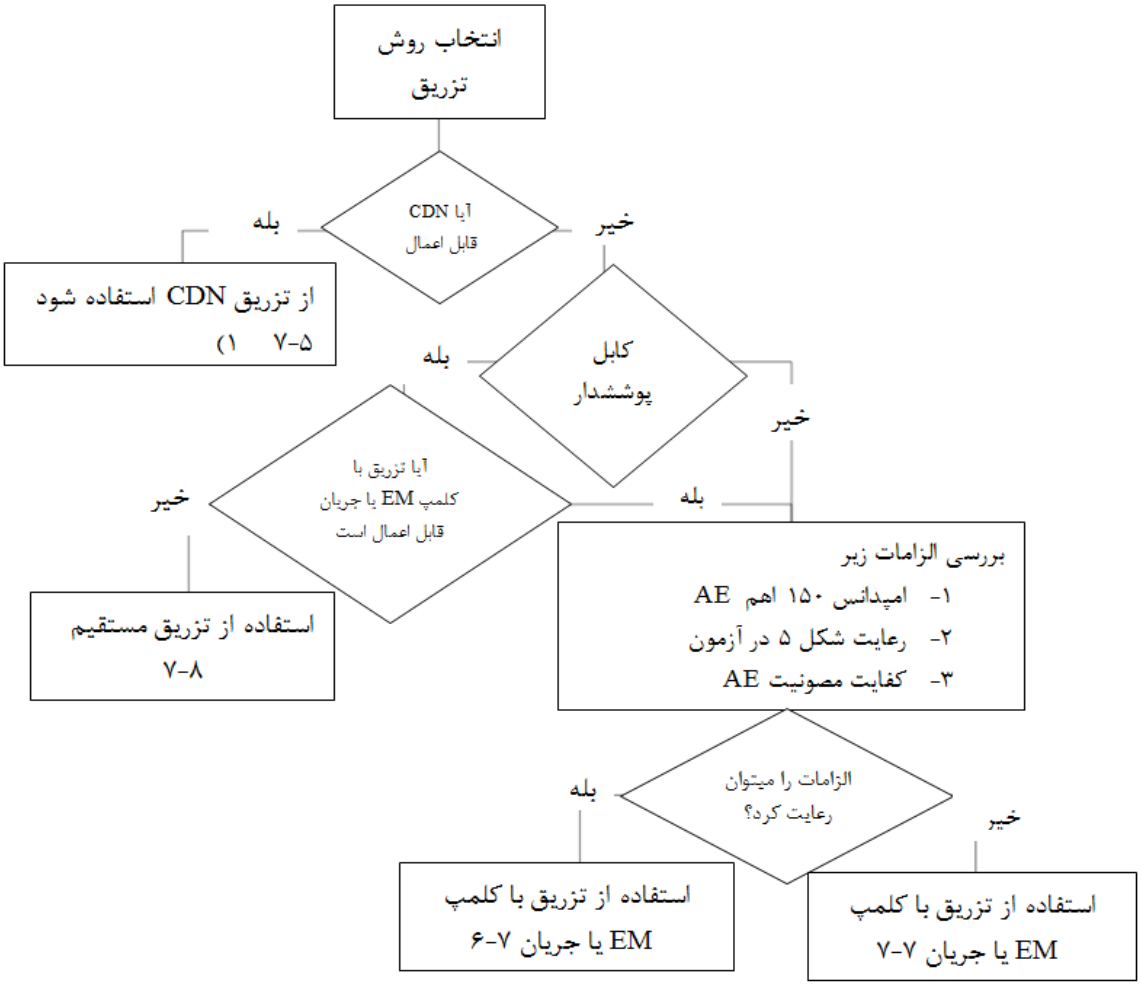
۱-۴-۷ کلیات

به منظور انتخاب نوع و تعداد بافه‌هایی که با افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج تدارک دیده می‌شوند، پیکربندی فیزیکی و شرایط نصب عمومی مانند طول احتمالی طولانی‌ترین بافه‌ها باید در نظر گرفته شود.

برای تمام آزمون‌ها، طول کل کابل بین EUT و AE (شامل کابل‌بندی داخلی هر CDN مورد استفاده نباید از بیشینه طول مشخص شده توسط سازنده EUT فراتر برود.

۷-۴-۲ روش تزریق

شکل ۱۲ قوانین انتخاب روش تزریق را به دست می‌دهد.



شکل ۱۲- قواعد انتخاب روش تزریق

در صورتی که مشخص نشده باشد EUT شامل بافه‌هایی است که برای آزمون انتخاب می‌شوند، باید به روشی همساز با کاربردهای معمول (نوعی) پیکربندی، نصب، آرایش و بهره‌برداری شوند. CDNهایی که در این استاندارد فهرست نشده‌اند، اما الزامات این استاندارد را برآورده می‌کنند، نیز ممکن است استفاده شوند.

هنگامی که بافه‌های متعددی که از EUT خارج می‌شوند در طول‌های بالای ۱۰m به یکدیگر بسیار نزدیک باشند یا از EUT به تجهیزات دیگر درون یک سینی بافه یا مجرا[1] مسیردهی شوند، بهتر است با آنها به عنوان یک بافه رفتار شود.

اگر یک کمیته محصول تصمیم بگیرد که نوع خاصی از افزاره تزویج و عدم‌تزویج برای بافه‌های متصل به آن خانواده خاص از محصولات مناسب‌تر است، آنگاه این انتخاب (توجیه شده بر پایه‌های فنی) دارای تقدم است. این افزاره ها باید در استاندارد محصول توضیح داده شوند. مثال‌هایی از CDNها در پیوست ت توضیح داده شده است.

۷-۴-۳ درگاه‌های تحت آزمون

در هر آزمونی فقط دو شبکه ۱۵۰ اهم لازم است. شبکه مورد استفاده برای تزریق نشانک آزمون را می‌توان هنگام آزمایش درگاه‌های مختلف بین آن‌ها حرکت داد. وقتی CDN را از درگاهی برداشتند می‌توانند شبکه عدم‌تزویج به جای آن بگذارند.

اگر EUT چند درگاه مشابه داشته باشد(مدارات الکترونیکی ورودی یا خروجی همانند بار، تجهیزات متصل و غیره) دست کم یکی از این درگاه‌ها را باید برای آزمون برگزید تا تضمین شود که تمام انواع مختلف درگاه‌ها پوشش داده شده‌اند.

۷-۵ کاربرد تزریق با CND

در صورت استفاده از تزریق CDN باید اقدامات زیر را انجام داد.

الف- اگر AE مستقیماً به EUT وصل باشد(مثلاً هیچ عدم‌تزویجی روی اتصال بین آن‌ها مثل شکل ۱۳الف نباشد) آن‌گاه روی نگه‌دارنده عایق ۰٫۱ m ±۰٫۰۵ m بالاتر از صفحه زمین مرجع قرار گیرد و از طریق CDN پایاندهی شده به زمین وصل شود.

اگر EUT چند AE داشته باشد که مستقیماً به آن وصل شده‌اند فقط یک AE باید به این صورت پایاندهی شود و تمام اتصالات دیگر آن‌ها باید بدون تزویج شود. به این ترتیب فقط یک حلقه در هر سر به ۱۵۰ اهم پایاندهی می‌شود.

ب- اگر AE از طریق CDN به EUT وصل شود آن گاه آرایش آن عموماً حالت بحرانی ندارد و قابل اتصال به صفحه زمین مرجع طبق الزامات نصب سازنده است.

پ- یک CDN باید به درگاه تحت آزمون وصل شود و یکی با پایاندهی ۵۰ اهمی به درگاه دیگر نصب شود.

1 -Conduit

شبکه‌های عدم تزویج باید روی تمام درگاه‌های دیگر که کابل‌ها به آن‌ها وصل هستند نصب شوند. به این ترتیب فقط یک حلقه در هر سر به ۱۵۰ اهم پایاندهی می‌شود.

ت- شبکه تزویج و عدم‌تزویجی که باید پایاندهی شود طبق اولویت‌بندی زیر انتخاب می‌شود:

۱- برای اتصال به پایانه زمین از CDN-M1 استفاده شود.

۲- برای منابع اصلی تغذیه (تجهیزات رده ۱) از CDN-M3،CDN-M4، یاCDN-M5 استفاده شود.

۳- CDN-S_n (n=1,2,3…): اگر EUT دارای چندین درگاه CDN-S_n باشد از درگاهی استفاده شود که به درگاه انتخابی برای تزریق نزدیک‌ترین باشد (کوتاه‌ترین فاصله هندسی).

۴- برای منابع اصلی تغذیه (تجهیزات رده ۲) از CDN-M2 استفاده شود.

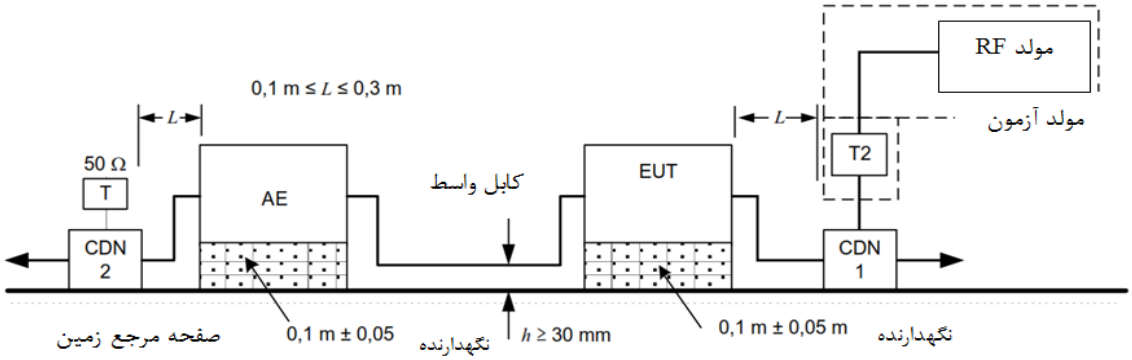
۵- سایر شبکه‌های CDN به درگاهی وصل شود که به درگاه انتخابی برای تزریق نزدیک‌ترین باشد (کوتاه‌ترین فاصله هندسی).

یادآوری- راهنمای فرایندی دیگر برای تزریق CDN با برای محصولاتی خاص در پیوست د آمده است.

ث- اگر EUT فقط یک درگاه داشته باشد همان درگاه متصل به CDN برای تزریق به‌کار می‌رود.

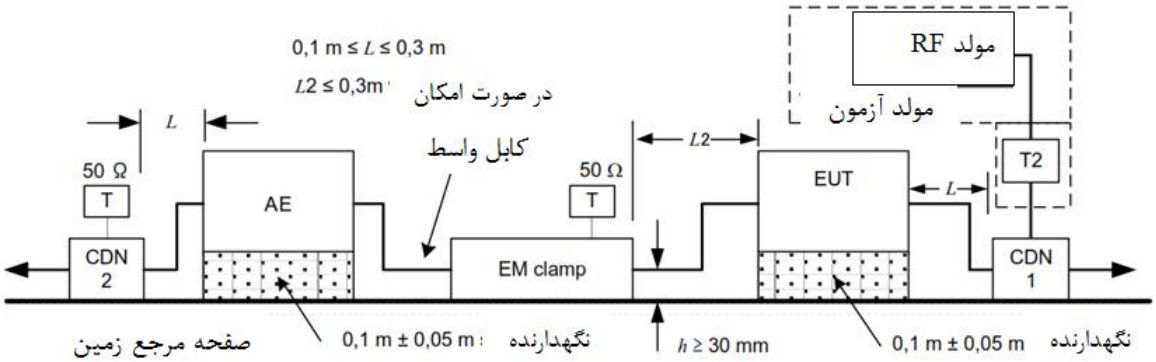
ح- اگرEUT دارای دو درگاه باشد و فقط یک CDN را بتوان به EUT وصل کرد درگاه دیگر باید به AE دارای یکی از درگاه‌های دیگر آن وصل شود که طبق اولویت‌بندی فوق‌الذکر به CDN پایان‌یافته به ۵۰ اهم وصل است. تمام اتصال‌های دیگر AE باید عدم‌تزویج شود (به شکل ۱۳الف مراجعه شود). اگر AE متصل به EUT خطایی طی آزمون نشان دهد بهتر است افزاره عدم تزویجی (ترجیحاً پایان‌دهی شده به گیره EM) بین EUT و AE وصل شود (به شکل ۱۳ب مراجعه شود).

ج- اگر EUT بیش از دو درگاه داشته باشد و فقط یک CDN را بتوان به EUT وصل کرد باید طبق آن چه برای دو درگاه شرح داده شده است تحت آزمایش قرار گیرد ولی سایر درگاه‌های دیگر EUT باید عدم‌تزویج شوند. اگر AE متصل به EUT خطایی طی آزمون نشان دهد بهتر است افزاره عدم‌تزویجی(ترجیحاً پایان‌دهی شده به گیره EM) همانطور که ذکر شد بین EUT و AE وصل شود.



کابل واسط در صورت امکان در ۱ m تنظیم می‌شود.

الف- نمودار چیدمان EUT دو درگاهی متصل به یک CDN



ب- مثال: نمودار چیدمان وقتی که AE طی آزمون خطاهایی را نشان دهد.

T- پایاندهی ۵۰ اهم

T2 - تضعیف‌کننده توان (6dB)

CDN- شبکه تزویج و عدم‌تزویج

شکل ۱۳- آزمون مصونیت EUT دودرگاهی(وقتی فقط بتوان از یک CDN استفاده کرد)

۶-۷ کاربرد تزریق با گیره وقتی بتوان الزامات مقاومت ظاهری حالت مشترک را رعایت کرد.

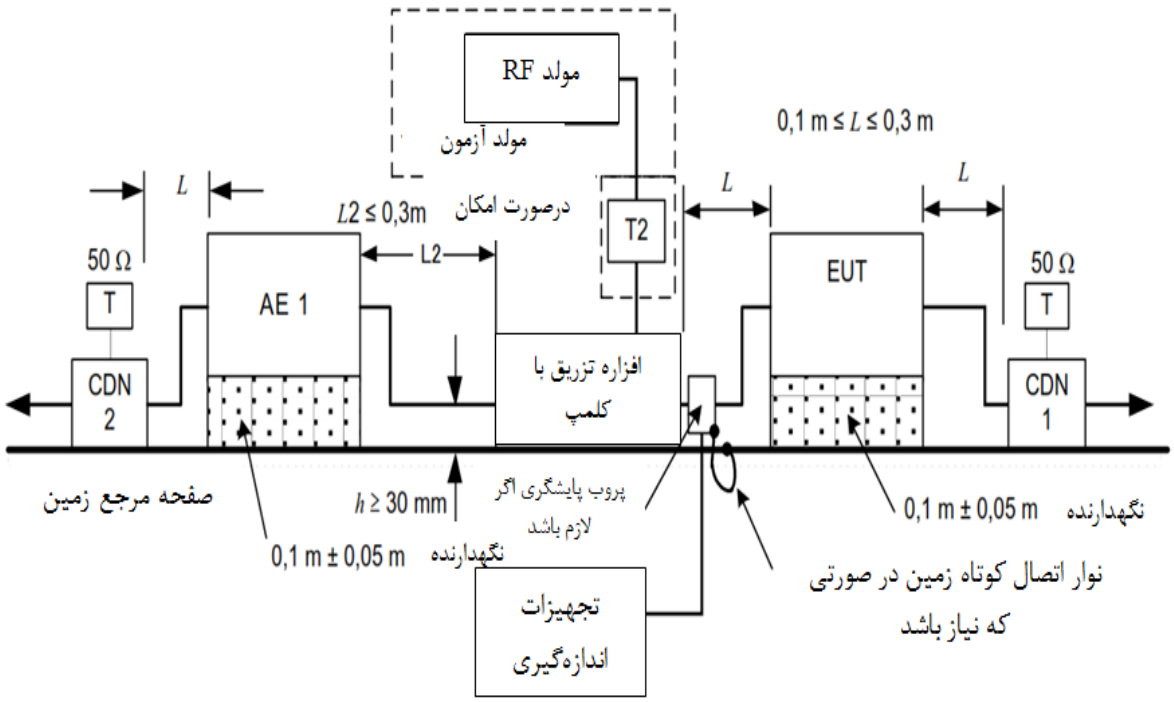
هنگامی که از تزریق با گیره استفاده می‌شود، چیدمان تجهیزات کمکی باید مقاومت ظاهری حالت مشترک مورد نیاز زیربند ۶-۲-۱ را تا جایی که ممکن است، نشان دهد (به پیوست ج مراجعه شود). هر تجهیزات کمکی استفاده شده به‌همراه تزریق با گیره باید شرایط نصب کارکردی را تاجایی که ممکن است نمایش دهد. برای تقریب زدن مقاومت ظاهری حالت مشترک مورد نیاز، اندازه گیری‌های زیر انجام می شود.

- هر تجهیزات کمکی، استفاده شده به‌همراه تزریق با گیره، باید روی یک نگهدارنده عایق ۰٫۱m بالای صفحه مرجع زمین قرار گیرد.
- گیره باید روی کابل تحت آزمون قرار گیرد. گیره باید با سطح مولد آزمون که قبلاً طی رویه تنظیم

سطح برقرار شده است ارائه شود.

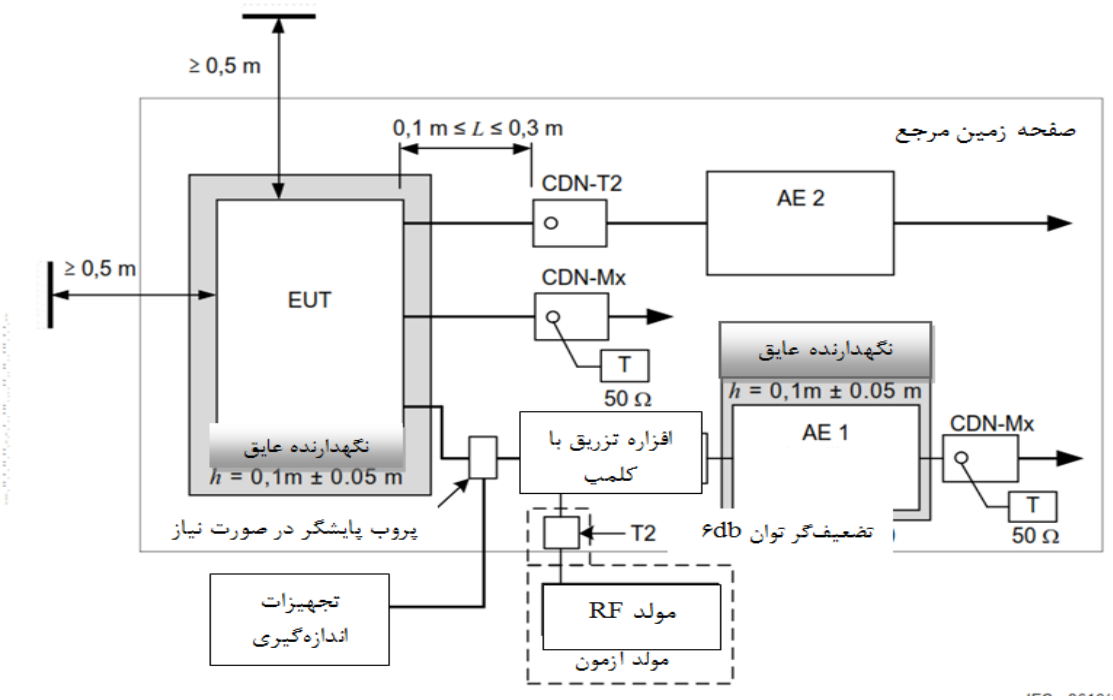
- طی آزمون باید اتصال زمین از پوشش درگاه ورودی گیره تزریق جریان یا از میله زمین گیره EM تا صفحه زمین مرجع برقرار شود (به شکل‌های ۱۴ و ۱۵ مراجعه شود).
- روی تمام کابل‌های بین EUT و AE غیر از کابل تحت آزمون باید شبکه عدم تزویج نصب شود.
- تمام کابل‌های متصل به هر AE غیر از آن‌هایی که متصل به EUT هستند باید دارای شبکه‌های عدم‌تزویج باشند. به زیربند ۶-۲-۵ و شکل ۵ مراجعه شود.
- شبکه‌های عدم‌تزویج متصل به هر AE (غیر از آن‌هایی که روی کابل‌های بین EUT و AE هستند) نباید در فاصله بیش از ۰٫۳ متر از AE اعمال شود (فاصله: L2). کابل‌های بین AE و شبکه(های) عدم‌تزویج یا بین AE و گیره تزریق نباید دسته‌ای یا تابیده باشد و باید در ارتفاع ۳۰ mm یا بیشتر بالای صفحه زمین مرجع باشد (به شکل ۵ مراجعه شود).
- در یک سر کابل تحت آزمون EUT و در سر دیگر AE قرار دارد. چند CDN را می‌توان به EUT و AE وصل کرد اما فقط یک CDN در هر EUT و AE باید به ۵۰ اهم پایاندهی شود. پایاندهی CDN باید طبق اولویت ۷-۵ انتخاب شود.
- وقتی چند گیره به کار رود تزریق روی تمام کابل‌های انتخابی برای آزمون یک به یک انجام می‌شود. کابل‌هایی که برای آزمون با گیره تزریق انتخاب شده‌اند اما عملاً تحت آزمایش قرار نمی‌گیرند باید طبق زیربند ۶-۲-۵ عدم تزویج شوند.

در تمامی حالات دیگر، رویه داده شده در بند ۷-۷ بهتر است دنبال شود.



یادآوری- در مورد کاربری پروب‌های پایشگری به بند ۷-۷ مراجعه شود.

شکل۱۴- اصول عمومی چیدمان آزمون استفاده از افزاره‌های تزریق با گیره



یادآوری- در مورد کاربری پروب‌های پایش به ۷-۷ مراجعه شود

شکل۱۵- مثالی از مکان‌های واحد آزمون در صفحه زمین به هنگام استفاده از گیره‌های تزریق (نمای بالا)

۷-۷ کاربرد تزریق با گیره هنگامی که الزامات مقاومت ظاهری حالت مشترک برآورده نمی‌شود

هنگامی که از تزریق با گیره استفاده می‌شود و الزامات مقاومت ظاهری حالت مشترک در طرف تجهیزات کمکی، حاصل نمی‌شود، لازم است که مقاومت ظاهری حالت مشترک تجهیزات کمکی کمتر یا مساوی مقاومت ظاهری حالت مشترک درگاهی از EUT باشد که تحت آزمون قرار می‌گیرد. در غیر این صورت، اندازه‌گیری‌ها باید (به‌عنوان مثال با استفاده از CDN-M1 یا مقاومت ۱۵۰ اهم از درگاه تجهیزات کمکی به زمین) در درگاه تجهیزات کمکی انجام گیرد، تا این شرط ارضا شود و از تشدیدها (همنوایی‌ها) جلوگیری شود. در این رویه، فقط تفاوت‌های مرتبط با بخش ۷-۶ داده می‌شود.

هر تجهیزات کمکی و EUT استفاده شده با تزریق با گیره باید تا جایی که ممکن است شرایط نصب کارکردی را نمایش دهند به‌عنوان مثال EUT باید به صفحه مرجع زمین متصل شود یا روی یک نگهدارنده عایق قرار گیرد (شکل‌های ۱۴ و ۱۵ را ببینید).

به‌وسیله یک پروب پایش جریان (با افت جاگذاری پایین)، قرار گرفته در بین گیره تزریق و EUT، جریان حاصل از ولتاژ القایی (تنظیم شده بر مبنای زیربند ۶-۴-۱) باید پایش شود. اگر جریان از مقدار جریان نامی مدار Imax داده شده در زیر بیشتر شود، سطح ولتاژ مولد آزمون باید تا زمانی که جریان اندازه‌گیری شده مساوی مقدار Imax شود، کاهش داده شود:

$$Imax = U_0/150\Omega$$

سطح ولتاژ آزمون اصلاح شده اعمالی، باید در گزارش آزمون ثبت شود.

برای اطمینان از بازتولیدپذیری، چیدمان آزمون باید به طور کامل در گزارش آزمون توضیح داده شود.

۸-۷ کاربرد تزریق مستقیم

وقتی از تزریق مستقیم به کابل‌های پوشش‌دار استفاده می‌کنیم اقدامات زیر رعایت شود.

- EUT باید روی یک نگهدارنده عایق، ۰٫۱m بالای صفحه مرجع زمین قرار گیرد.
- در کابل تحت آزمون، شبکه عدم تزویج باید بین نقطه تزریق و AE و هر چه نزدیک‌تر به نقطه تزریق باشد. درگاه دوم باید با ۱۵۰ اهم (CDN دارای پایاندهی ۵۰ اهم) بارگذاری شود. این درگاه باید طبق اولویت ۷-۵ انتخاب شود. در تمام کابل‌های دیگر متصل به EUT باید شبکه‌های عدم تزویج نصب شود. (CDN باز گذاشته شده، شبکه بدون تزویج تلقی می‌شود.)
- نقطه تزریق باید بین ۰٫۱ تا ۰٫۳ متر از برآمدگی هندسی EUT در صفحه زمین مرجع قرار داشته باشد.
- نشانک آزمون باید مستقیماً در محافظ کابل از طریق مقاومت ۱۰۰ اهمی تزریق شود. (به زیربند ۶-۲-۴ مراجعه شود)

هنگام اتصال مستقیم به پوشش‌های فلزی بهتر است احتیاط مناسب انجام شود تا اتصال مطلوب فراهم شده و نتایج آزمون قابل اطمینان تضمین و تولید شود.

۸ روش اجرای آزمون

EUT باید در شرایط دلخواه کارکردی و آب و هوایی تحت آزمون قرار گیرد.

تشعشعات حاصل از چیدمان آزمون نباید برخلاف مقررات تداخل محلی باشد. اگر انرژی تابیده شده از سطح مجاز بالاتر باشد، از یک محفظه حفاظت شده باید استفاده شود.

یادآوری - عموماً، این آزمون بدون استفاده از یک محفظه محافظ، می‌تواند انجام شود. به این دلیل که سطوح اختلال اعمال شده و مشخصات هندسی چیدمان‌ها طوری نیست که مخصوصاً در بسامدهای پایین، موجب تابش مقدار زیادی انرژی شود.

آزمون باید با اتصال مولد آزمون به نوبت به هر یک از افزاره‌های تزویج (CDN، گیره EM، گیره جریان) انجام گیرد. تمام کابل‌های دیگری که تحت آزمون نیستند باید اتصال آنها قطع شود (وقتی به لحاظ کارکردی مجاز باشد) یا با شبکه‌های عدم تزویج یا فقط CDN بدون پایاندهی باشند.

پالایه پایین‌گذر (LPF) و/یا بالاگذر (HPF) (مثلاً دارای بسامد قطع ۱۰۰KHz) مجاز است برای جلوگیری از اختلال در EUT توسط هم آهنگ‌ها(ی مرتبه بالاتر یا زیر هم آهنگ‌ها) استفاده گردند. ویژگی‌های عدم عبور پالایه‌های پایین‌گذر (LPF) باید برای توقف هم آهنگ ها کافی باشد تا هم آهنگ‌ها تأثیری روی نتایج ب نگذارند. این پالایه ها باید قبل از تنظیم سطح آزمون، بعد از مولد آزمون قرار داده شوند (به زیربندهای ۶-۱ و ۶-۴-۱مراجعه شود).

گستره بسامدی از ۱۵۰kHz تا ۸۰MHz، با استفاده از سطوح نشانک برقرار شده درحین فرآیند تنظیم و به همراه نشانک اختلال با دامنه ۸۰ ٪ مدوله شده با یک موج سینوسی ۱kHz جاروب می‌شود. این نشانک اختلالی در هنگام تنظیم سطح نشانک بسامد رادیویی یا تغییر افزاره‌های تزویج در صورت لزوم قطع می‌شود. هنگامی که بسامد بصورت افزایش پله‌ای جاروب می‌شود، اندازه پله نباید بیش از ۱٪ مقدار بسامد قبلی بیشتر باشد.

زمان سکون هر حامل مدوله شده دامنه در هر بسامد نباید کمتر از زمانی باشد که برای EUT به منظور به‌کار افتادن و توانایی پاسخ دادن لازم است اما در هیچ مورد نباید کم‌تر از ۰٫۵ S باشد. بسامدهای حساس (مانند بسامد(های) ساعت یا بسامدهایی که سازنده مشخص کرده است یا در نتیجه آزمون به دست آمده‌اند) باید افزون بر بسامدهای پله‌ای تحلیل شوند.

یادآوری ۲- از آنجا که EUT بر اثر حالت‌های گذار رخ داده طی افزایش بسامد دچار اختلال می‌شود برای پرهیز از چنین اختلالی باید تدابیری اندیشید مثلاً قبل از تغییر بسامد می‌توان توان نشانک را چند dB زیر سطح آزمون کاهش داد.

بهتر است تلاش شود که در حین آزمون، EUT به‌طور کامل به‌کار گرفته شود و در مورد تمام حالت‌های به‌کار رفته که برای حساسیت (مغناطیس‌پذیری) انتخاب شده‌اند، تحقیق کامل صورت گیرد.

استفاده از برنامه ویژه انجام آزمون توصیه می‌شود.

آزمون باید مطابق با طرح آزمون انجام شود.

شاید انجام برخی آزمایش‌های تحقیقاتی برای تعیین برخی وجوه طرح آزمون لازم باشد.

۹ ارزیابی نتایج آزمون

نتایج آزمون باید برحسب از دست رفتن کارکرد و یا کاهش عملکرد تجهیزات تحت آزمون، نسبت به یک سطح عملکرد 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 نرم افزار، یا از بین رفتن اطلاعات، قابل بازیابی نیست.

مشخصات سازنده ممکن است تأثیرات روی EUT را که ممکن است مهم تلقی نشوند و بنابراین قابل قبول باشند، مشخص کند.

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

۱۰ گزارش آزمون

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

- مدارک شناسایی EUT و هرگونه تجهیزات وابسته (کمکی)، برای مثال، نام تجاری، نوع محصول، شماره سریال؛
- اندازه EUT
- شرایط کاری نمونه EUT
- منفرد یا چند واحدی آزمایش کردن EUT
- انواع کابل اتصال متقابل شامل طول و درگاه واسط EUT که به آن وصل هستند.
- هرگونه شرایط خاص برای استفاده، از قبیل طول بافه یا نوع آن، حفاظ کردن یا زمین کردن، یا شرایط کاری EUT که برای دست یافتن به شرایط قابل قبول لازم است.
- زمان بازیابی EUT اگر لازم باشد
- نوع تجهیزات آزمون مورد استفاده و موقعیت EUT، AE و افزاره‌های تزویج و عدم تزویج
- مدارک شناسایی تجهیزات آزمون، برای مثال، نام تجاری، نوع محصول، شماره سریال؛
- افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج مورد استفاده در هر کابل
- مشخص کردن افزاره‌های عدم‌تزویج پایاندهی شده به ۵۰ اهم هر درگاه تزریق
- شرح روش انجام آزمون EUT
- هرگونه شرایط خاص که برای انجام آزمون لازم است؛
- گستره بسامد اعمال آزمون
- نرخ بسامد جاروب، زمان سکون و گام‌های بسامد
- سطح آزمون اعمال شده
- سطح عملکرد که به‌وسیله تولیدکننده، درخواست‌کننده یا خریدار تعریف شده است؛
- معیار عملکرد اعمال شده

- هرگونه تأثیرات روی EUT که در طی یا بعد از کاربرد اختلال آزمون مشاهده شده و طول دوره زمانی که این تأثیرات باقی می‌مانند؛
- دلایل منطقی تصمیم بر رد یا قبول (بر پایه معیار عملکرد ذکر شده در استاندارد عام، محصول یا خانواده محصول، یا توافق بین تولید کننده و خریدار)؛

پیوست الف

(الزامی)

گیره‌های عدم‌تزویج و الکترومغناطیسی

الف-۱ گیره‌های الکترومغناطیسی

الف-۱-۱ کلیات

الزامات گیره‌های الکترو مغناطیسی در پیوست الف آمده است که (بر خلاف گیره تزریق جریان متعارف) دارای راستاوری بالای چند MHz ۱۰ است.

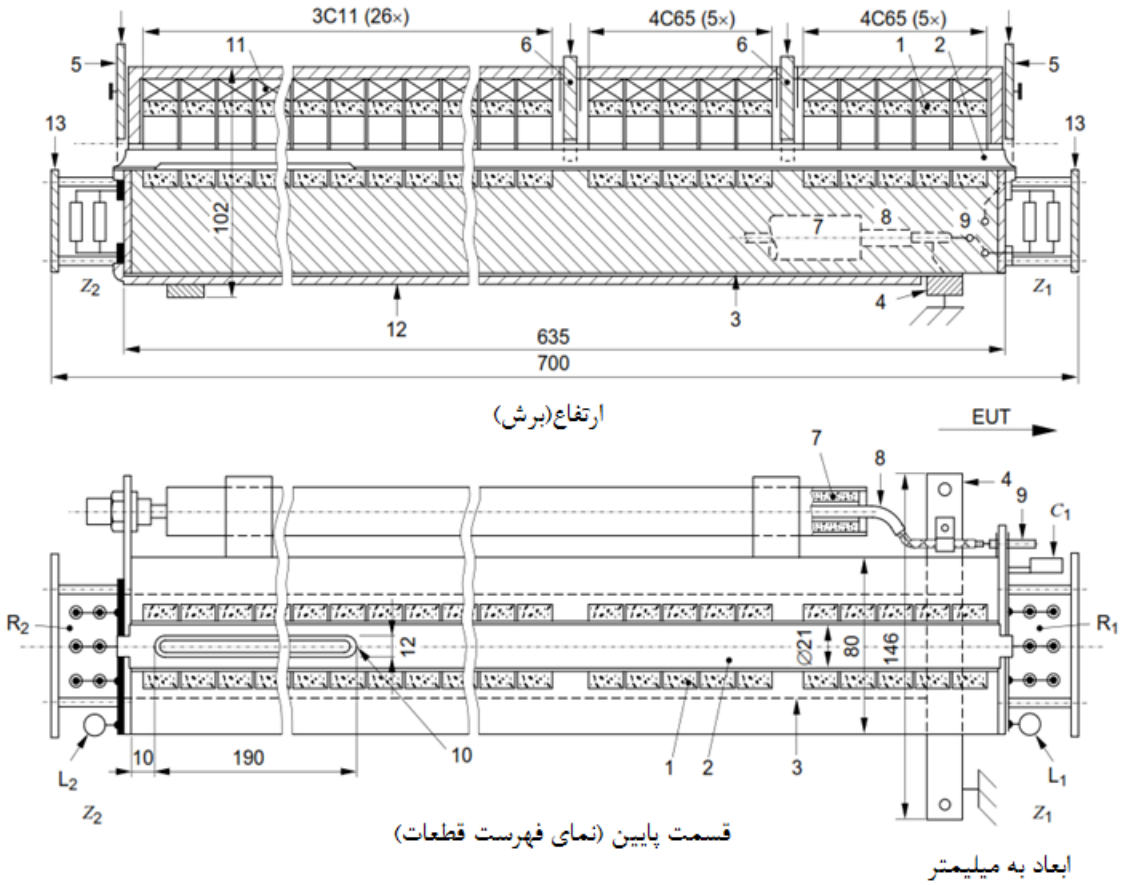
الف-۱-۲ مشخصات معمول گیره‌های الکترومغناطیسی

گیره های الکترو مغناطیسی برای تزریق به کابل‌ها به‌کار می‌روند و الزامات این کار عبارت است از:

- گستره بسامدی بهره‌برداری: MHz ۰٫۱۵ تا MHz ۸۰
- طول: mm ۵۰ ± mm ۶۵۰
- ارتفاع مرکز روزنه گیره از صفحه زمین: mm ۵۰ تا mm ۷۰
- قطر روزنه گیره: mm ۲ ± mm ۲۰
- نقطه‌ی مرجع گیره (فاصله از بعد بیرونی تا هسته نخست): کم‌تر از mm ۳۰
- ساختمان و مفهوم گیره الکترو مغناطیسی در شکل‌های الف-۱ و الف-۲ آمده است.
- مشخصات معمول مقاومت ظاهری در شکل الف-۷ آمده است
- مشخصات معمول ضریب عدم تزویج در شکل الف-۸ آمده است
- مشخصات معمول ضریب تزویج در شکل الف-۱۱ آمده است

یادآوری- سایر ابعاد فیزیکی گیره را می‌توان به‌کار گرفت (مثل کابل‌های آزمون دارای قطر بزرگ‌تر) به شرطی که خود گیره مطابق الزامات تعریف شده در الف-۲ باشد.

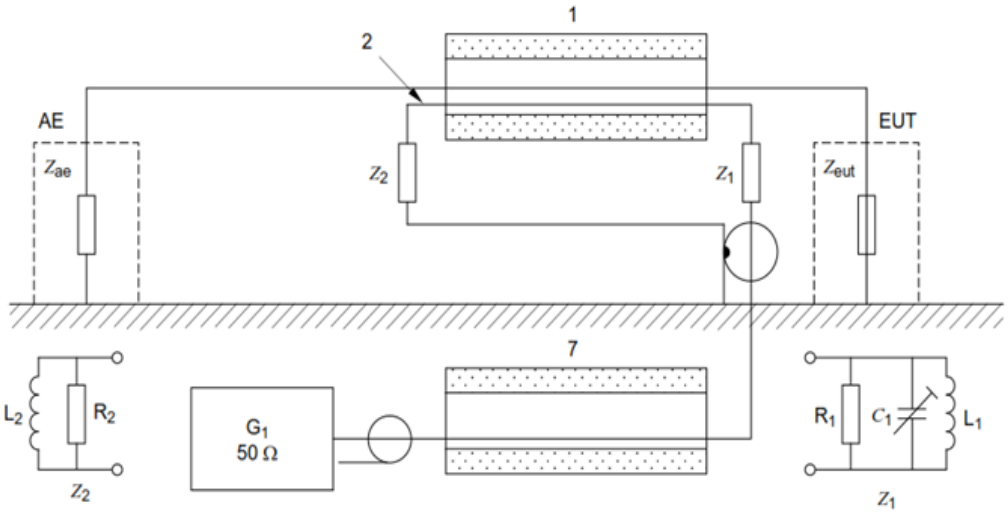
گیره الکترومغناطیسی ۰٫۱۵-۸۰MHz



ابعاد به میلیمتر

۱ هسته‌های حلقوی فریتی ۱۵mm× Ø۲۳ × Ø۳۶
۱۰ حلقه، نوع 4C65 ، NiZn، μ≈۱۰۰
۲۶ حلقه، نوع 3C11، MnZn، μ≈۴۳۰۰
۲ نیمه استوانه ورق مسی چسبانده شده به شیار
۳ صفحه هادی پایینی
۴ میله زمین
۶٫۵ افزاره‌ها برای فشردن بافه تحت آزمون به درون قسمت‌های شیاری مواد عایقی به همراه فنرهای فشار(نشان داده نشده است)
۷ لوله فریتی، 4C65
۸ بافه هم محور ، ۵۰Ω، با رابط BNC
۹ کلید برای قطع Z1
۱۰ شکاف برای قطعه شماره ۲
۱۱ نگهدارنده کشسان فریت (نیم حلقه بالایی)
۱۲ صفحه عایقی پایینی
۱۳ صفحه حفاظت برای Z۱، Z۲
EUT : تجهیزات تحت آزمون
Z_1 : مقاومت ظاهری سری : C_1:۲۰-۱۰۰pF ، L_1:۰٫۱۵μH، R_1: ۵۰Ω /۱۲W
$Z_۲$: مقاومت ظاهری سری : $L_۲$:۰٫۸μH ، $R_۲$:۵۰Ω /۱۲W

شکل الف- ۱- جزییات ساختمانی گیره الکترو مغناطیسی



۱ طول لوله (گیره) فریتی m ۰٫۶ ، ∅۲۰mm ، شامل ۱۰ حلقه، 4C65 (μ ≈ ۱۰۰) در طرف EUT و ۲۶ حلقه 3C11 (μ ≈ ۴۳۰۰) در طرف تجهیزات کمکی

۲ نیمه استوانه ورق مسی

۷ لوله فریتی (μ ≈۱۰۰) گنجانده شده در ساختمان گیره EM

$Z_۱$، $Z_۲$ قرارداده شده در داخل برای بهینه‌کردن پاسخ بسامدی و قطعی بودن آن

$G_۱$ مولد آزمون

اصل گیره الکترومغناطیسی:

- تزویج مغناطیسی بوسیله لوله فریتی (مورد ۱)
- تزویج الکتریکی به‌وسیله همسایگی نزدیک بین بافه EUT و ورق مس (مورد ۲)

شکل الف-۲- مثال- مفهوم گیره الکترو مغناطیسی

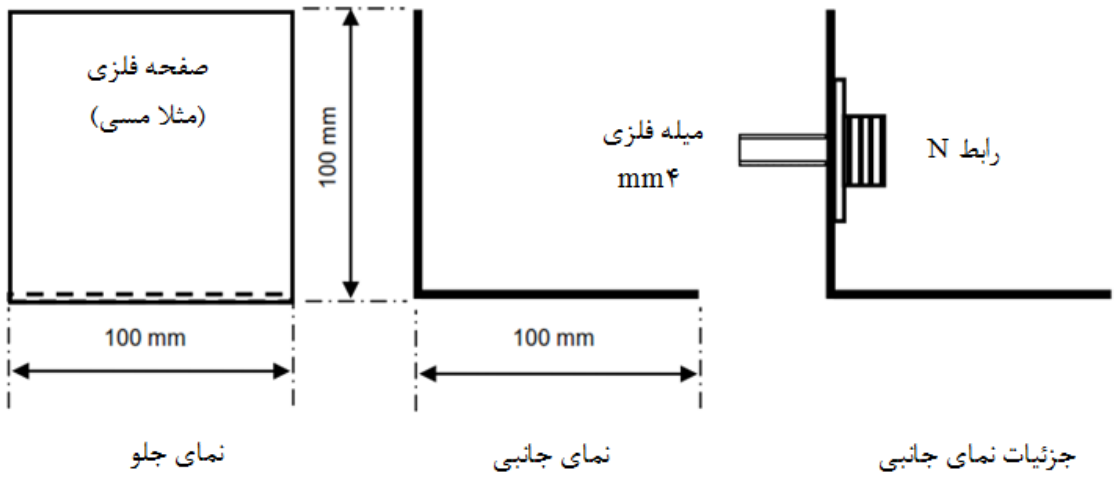
الف-۲ مشخصات گیره الکترو مغناطیسی

الف-۲-۱ مشخصات بست آزمون گیره

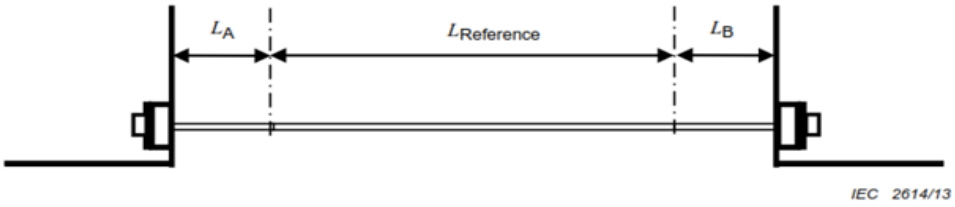
بست آزمون مورد استفاده برای اندازه‌گیری پارامترهای S گیره‌ها باید طبق شکل الف-۴ و ال-۵ دارای میله‌های فلزی استوانه‌ای در بالای صفحه فلزی (صفحه زمین مرجع) باشد. بست آزمون دارای سه بخش است: یک بخش خط انتقالی در بست بین دو صفحه مرجع و دو صفحه مرجع دارای مبدل‌های بدون افت ۵۰ اهمی تشکیل می‌دهد، به شکل‌های الف-۳ تا الف-۵ مراجعه شود. برای مشخصات گیره EM از یک میله فلزی منفرد استفاده می‌شود. طول میله فلزی ($L_A + L_B + L_{reference}$) را طوری تنظیم می‌کنند که ابعاد شکل الف-۵ رعایت شود.

قطر d میله استوانه‌ای باید mm ۴ باشد. ارتفاع h از صفحه زمین با ابعاد گیره تعریف می‌شود. مقادیر معمول mm ۵۰ تا ۷۰mm است. اندازه‌گیری باید در ارتفاع تعریف شده با ساختمان گیره و با استفاده از موقعیت مرکز دریچه گیره انجام شود.

فاصله بین نقطه مرجع گیره (هسته اول) و لبدیس عمودی بست L_A و L_B باید 30 mm ± 5 mm باشد (به شکل الف-۵ مراجعه شود). اندازه صفحه زمین مرجع دست کم باید به اندازه ۰٫۲ mm از برآمدگی چیدمان هندسی در تمام جهات فراتر باشد.



شکل الف-۳- ابعاد صفحه مرجع



شکل الف-۴- بست آزمون

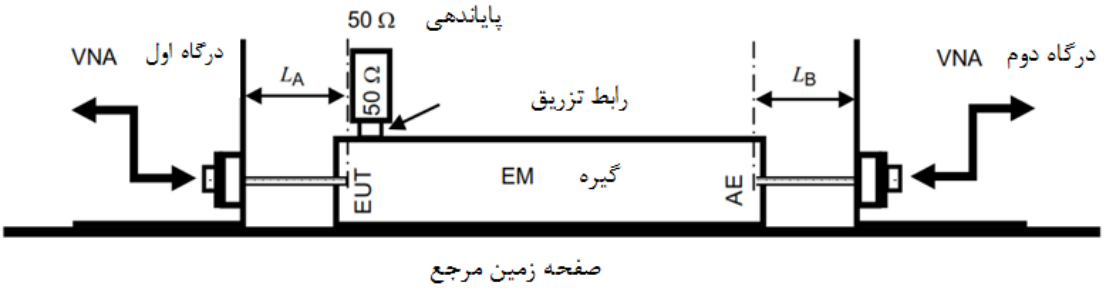
شکل الف-۵- بست آزمون دارای گیره

الف ۲-۲ مشخصات گیره

الف ۲-۲-۱ مقاومت ظاهری

الف ۲-۲-۱-۱ چیدمان اندازه‌گیری

بست آزمون طبق تعریف الف-۲-۱ باید برای اندازه‌گیری مقاومت ظاهری به‌کار رود. گیره (مثلاً درگاه تزریق) باید با بار ۵۰ اهمی پایاندهی شود و در بست آزمون قرار گیرد، مراجعه شود به شکل الف-۶ برای اندازه‌گیری مقاومت ظاهری، گیره M را افزاره‌ای دودرگاهی قلمداد می‌کنند که با پارامترهای S یعنی S11، S12، S21 و S22 مشخص می‌شود و با استفاده از تحلیل‌گر شبکه در سامانه ۵۰ اهم اندازه‌گیری می‌شود. تحلیل‌گر شبکه باید قبل از اندازه‌گیری با استفاده از روش انطباق-کوتاه-باز-گذری (TOSM) استاندارد و جعبه مناسب واسنجی‌سازی در سرهای کابل (که قرار است به بست متصل شود) به هنجارسازی شود. طول بین سر کابل و نقطه مرجع گیره باید توسط ورنهاد درگاه تحلیل‌گر شبکه بردار (VNA) یا سایر وسایل رعایت شود.



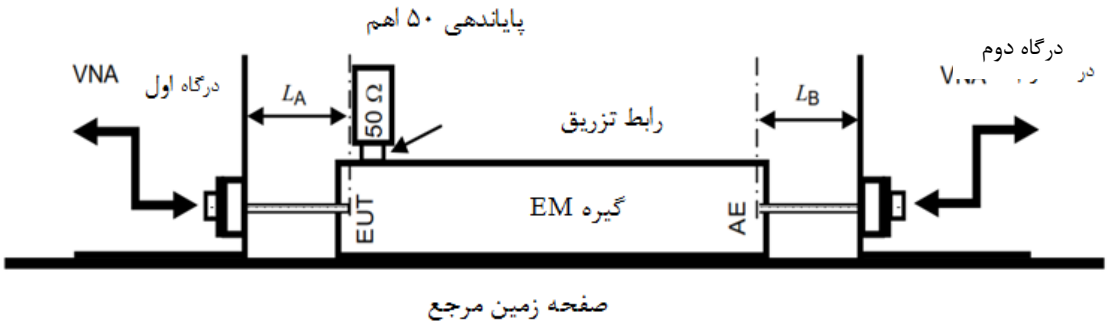
شکل الف-۶ چیدمان اندازه‌گیری ضریب تزویج/ عدم‌تزویج

الف-۲-۲-۱-۲ تبدیل

پارامترهای S از اندازه‌گیری تحلیل‌گر شبکه طبق شرح الف-۲-۲-۱-۱ در سامانه ۵۰ اهم اندازه‌گیری می‌شود. اما مقاومت ظاهری مشخصه Z'_{ref} بست آزمون معمولاً با ۵۰ اهم فرق دارد و بر اساس ارتفاع روزنه گیره از صفحه زمین تعیین می‌شود. با استفاده از تبدیل ABCD مجموعه‌ای از پارامترهای تبدیلی مستقل از Z_{ref} را می‌توان با استفاده از معادلات زیر به دست آورد:

یادآوری- تمام محاسبات با اعداد مختلط[1] انجام می‌شود.

1 -complex number



$$Z_{\text{ref}} = 50\ \Omega \qquad \text{الف-۱}$$

$$A = \frac{(1+S_{11})(1-S_{22})+S_{12}S_{21}}{2S_{21}} \qquad \text{الف-۲}$$

$$B = \frac{(1+S_{11})(1+S_{22})-S_{12}S_{21}}{2S_{21}} Z_{\text{ref}} \qquad \text{الف-۳}$$

$$C = \frac{(1-S_{11})(1-S_{22})-S_{12}S_{21}}{2S_{21}} / Z_{\text{ref}} \qquad \text{الف-۴}$$

$$D = \frac{(1-S_{11})(1+S_{22})+S_{12}S_{21}}{2S_{21}} \qquad \text{الف-۵}$$

بر اساس پارامترهای ABCD مجموعه‌ای از پارامترهای S مبتنی بر مقاومت ظاهری مشخصه Z'_{ref} بست آزمون قابل محاسبه است.

$$Z'_{\text{ref}} = 60\ \Omega \cosh^{-1}\left(\frac{2h}{d}\right), \qquad \text{الف-۶}$$

که در آن

d- قطر رابط بست (طبق تعریف mm ۴ است)

h- ارتفاع مرکز رابط بست از صفحه زمین

$$B' = B / Z'_{ref} \qquad \text{الف-۷}$$

$$C' = C \cdot Z'_{ref} \qquad \text{الف-۸}$$

$$S'_{11} = \frac{A + B' - C' - D}{A + B' + C' + D} \qquad \text{الف-۹}$$

$$S'_{12} = \frac{2(AD - BC)}{A + B' + C' + D} \qquad \text{الف-۱۰}$$

$$S'_{21} = \frac{2}{A + B' + C' + D} \qquad \text{الف-۱۱}$$

$$S'_{22} = \frac{-A + B' - C' + D}{A + B' + C' + D} \qquad \text{الف-۱۲}$$

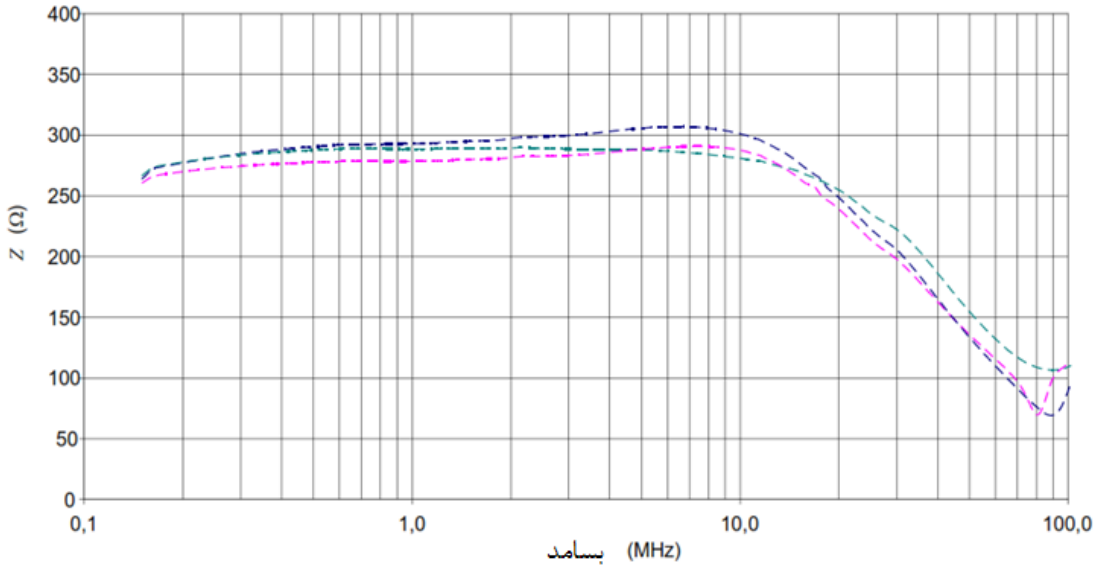
الف-۲-۲-۱-۳ محاسبه مقاومت ظاهری

مقاومت ظاهری ورودی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Z_{in} = Z'_{ref} \frac{1 + S'_{11}}{1 - S'_{11}}$$

مثال‌های معمول منحنی مقاومت ظاهری برای سه گیره‌های EM در شکل ال-۷ آمده است.

تبدیل (TOSM- ABCD) $|Z - EUT|$ گیره EM



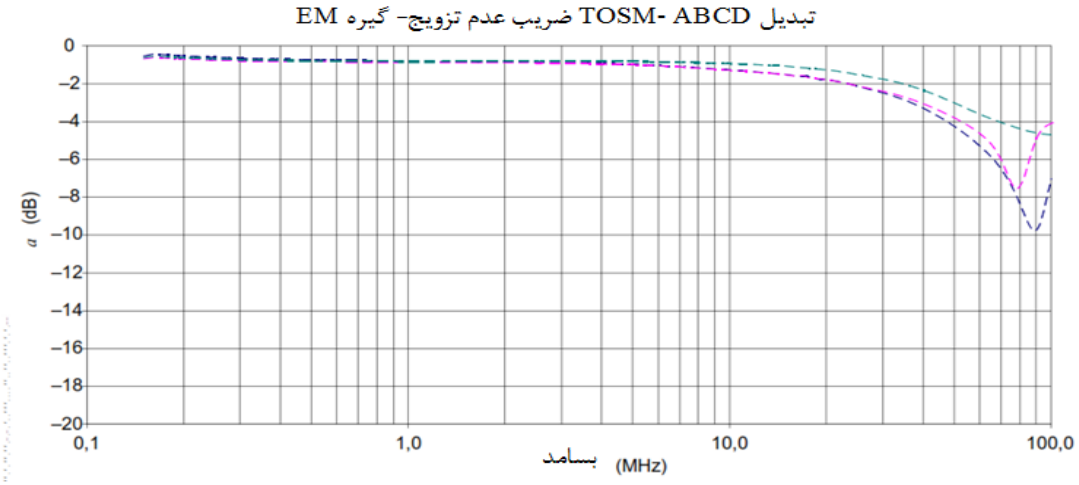
شکل الف-۷- مثال‌های معمول مقاومت ظاهری گیره، سه گیره معمول

یادآوری- مقاومت ظاهری اندازه‌گیری شده طبق این رویه برای حالتی معتبر است که انتهای دور افزاره به Z_{ref} پایان‌دهی شده باشد. به‌علت مقاومت ظاهری واقعی AE ممکن است این مقدار به هنگام استفاده از گیره در چیدمان‌های آزمون مصونیت فرق داشته باشد.

الف-۲-۲-۲ ضریب عدم‌تزویج بین EUT و AE

چیدمان و تبدیل اندازه‌گیری باید طبق شرح الف-۲-۲-۱-۱ و الف-۲-۲-۱-۲ اعمال شود. ضریب عدم‌تزویج از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

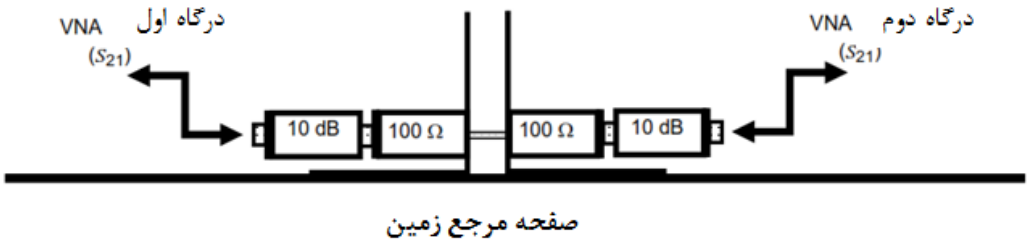
مثال‌های معمول منحنی ضریب عدم‌تزویج برای سه گیره مختلف الکترو مغناطیسی در شکل ال-۸ آمده است.



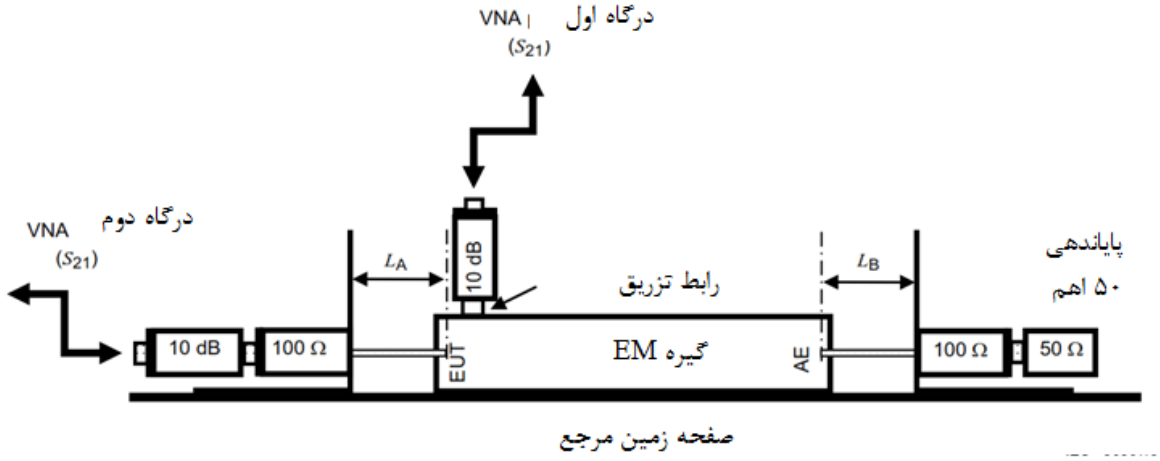
شکل الف-۸- مثال‌های معمول ضریب‌های عدم‌تزویج، سه گیره معمول

الف-۲-۲-۳ ضریب تزویج

ضریب تزویج باید طبق چیدمان شکل الف-۱۰ در سامانه ۱۵۰ اهم اندازه‌گیری شود. بست آزمون طبق شرح الف-۲-۱ باید با اصلاحات زیر به‌کار رود: ارتفاع میله استوانه‌ای باید طوری تنظیم شود که در ته دریچه گیره قرار گیرد. در ضمن مبدل‌های ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم باید در صفحه‌های مرجع استقرار داده شوند. چیدمان را قبل از اندازه‌گیری باید با اتصال پشت به پشت صفحه‌های مرجع بست به هنجار کرد. به شکل الف-۹ مراجعه شود. کاربری دو تضعیف‌گر ۱۰ dB طبق شکل الف-۹ و الف-۱۰ توصیه می‌شود.

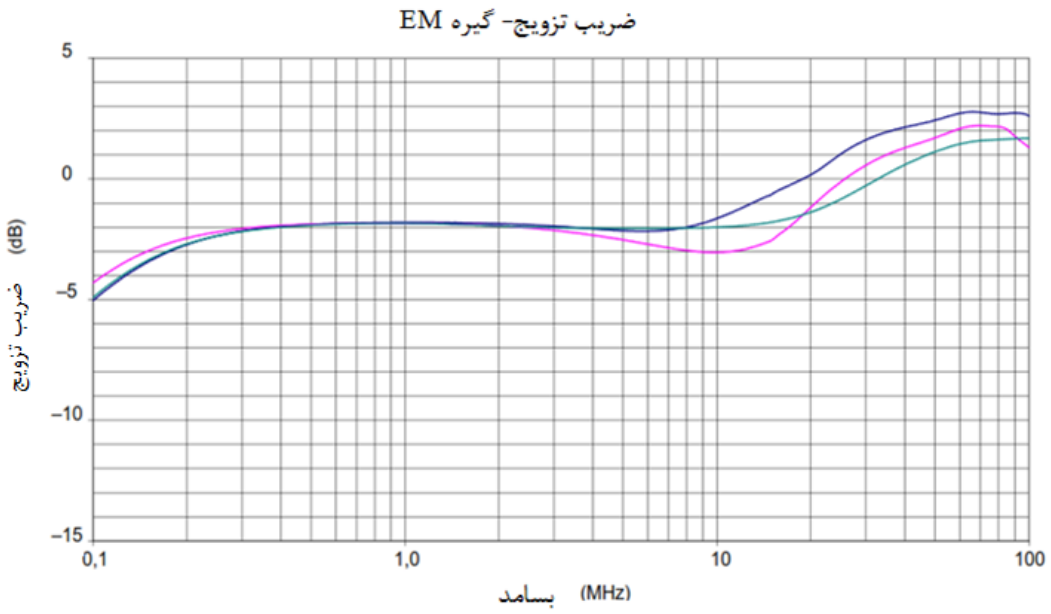


شکل الف-۹- چیدمان به هنجارسازی برای اندازه‌گیری ضریب تزویج



شکل الف-۱۰- چیدمان اندازه‌گیری ضریب تزویج S_{12}

مثال‌های معمول منحنی ضریب تزویج برای سه گیره مختلف الکترو مغناطیسی در شکل الف-۱۱ آمده است.



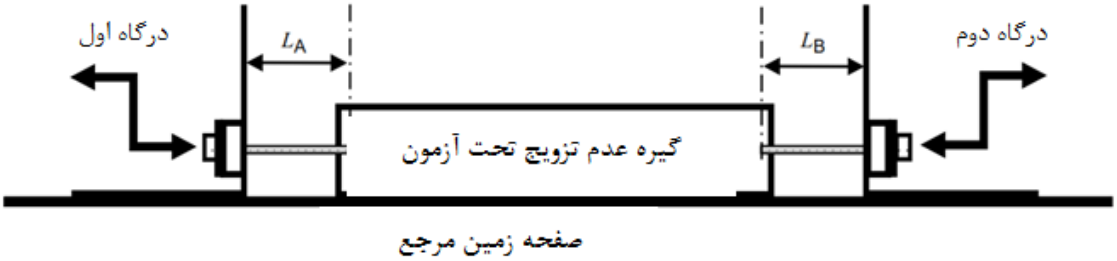
شکل الف-۱۱- مثال‌های معمول ضریب تزویج، ۳ گیره معمول

الف-۳ مشخصات گیره عدم تزویج

الف-۳-۱ مقاومت ظاهری

الف-۳-۱-۱ چیدمان اندازه‌گیری

بست آزمون تعریف شده در الف-۲-۱ باید برای اندازه‌گیری مقاومت ظاهری به‌کار رود. گیره عدم‌تزویج باید در بست آزمون قرار گیرد. به شکل الف-۱۲ مراجعه شود. برای اندازه‌گیری مقاومت ظاهری، گیره عدم‌تزویج را افزاره‌ای دو درگاهی قلمداد می‌کنند که با پارامترهای S آن یعنی S21،S12،S11 و S22 مشخص می‌شود و با استفاده از تحلیل‌گر شبکه در سامانه ۵۰ اهم اندازه‌گیری می‌شود. تحلیل‌گر شبکه باید قبل از اندازه‌گیری با استفاده از روش TOSM استاندارد و جعبه مناسب واسنجی‌سازی در سرهای کابل (که قرار است به بست متصل شود) به‌هنجارسازی شود. طول بین سر کابل و نقطه مرجع گیره عدم تزویج باید توسط ورنهاد درگاه تحلیل‌گر شبکه یا سایر وسایل رعایت شود.

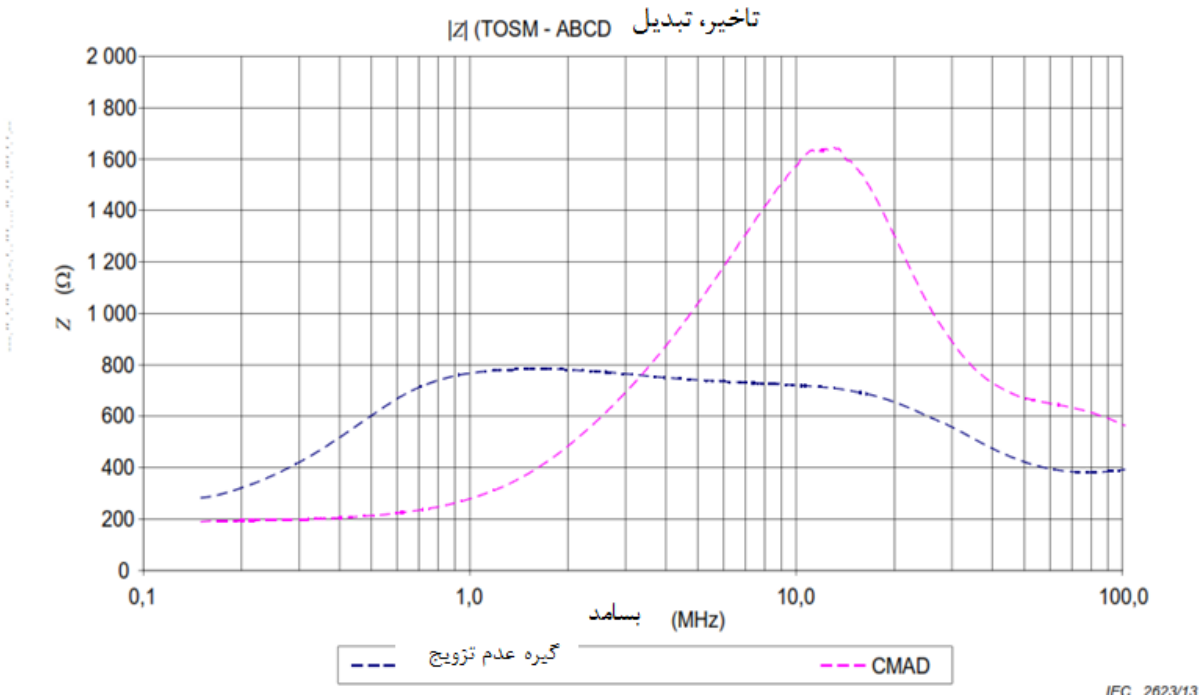


شکل الف-۱۲- چیدمان اندازه‌گیری مشخصات گیره عدم تزویج

الف-۳-۱-۲ محاسبه مقاومت ظاهری

تبدیل شرح داده شده در الف-۲-۲-۱-۲ باید اعمال شود. مقاومت ظاهری ورودی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Z_{in} = Z'_{ref}\frac{1+S'_{11}}{1-S'_{11}}$$ الف-۱۵



شکل الف-۱۳- مثال‌های معمول مقاومت ظاهری گیره عدم تزویج

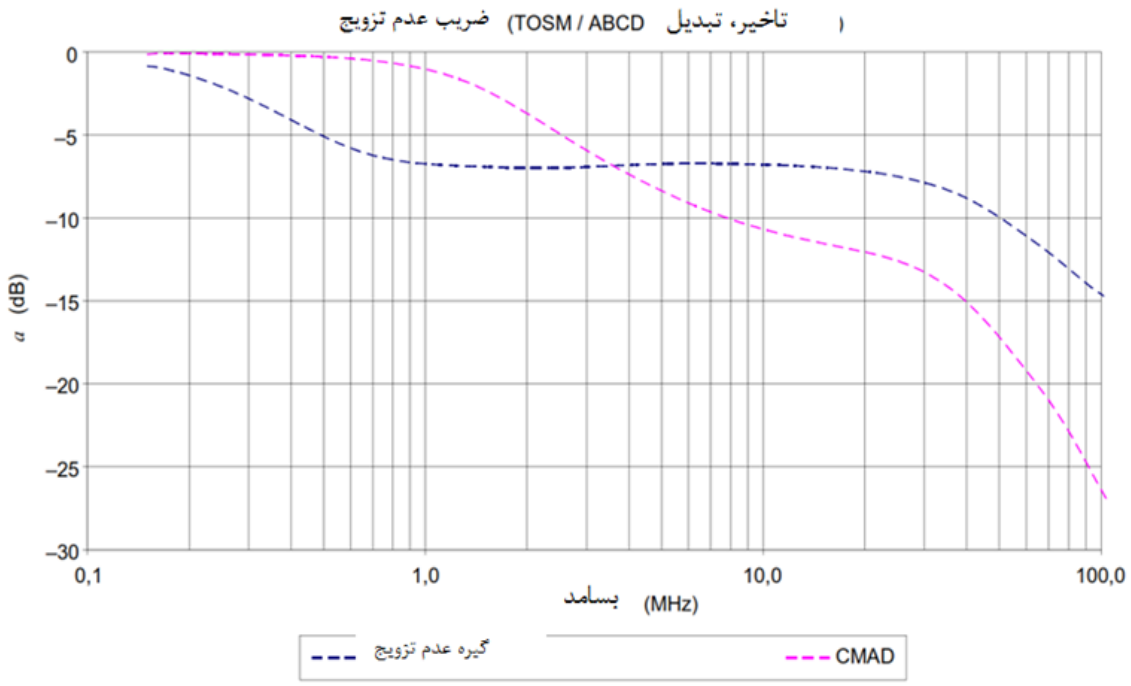
یادآوری- مقاومت ظاهری اندازه‌گیری شده طبق این رویه برای حالتی معتبر است که انتهای دور افزاره به Z_{ref} پایان‌دهی شده باشد. به علت مقاومت ظاهری واقعی AE ممکن است این مقدار به هنگام استفاده از گیره در چیدمان‌های آزمون مصونیت فرق داشته باشد.

الف-۳-۲ ضریب عدم تزویج

چیدمان و تبدیل اندازه‌گیری باید طبق شرح الف-۳-۱-۱ و الف-۲-۲-۱-۲ اعمال شود. ضریب عدم‌تزویج از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$a[\mathrm{dB}] = 20\log_{10}\left(ABS\left(S'_{21}\right)\right)$$ الف-۱۶

یادآوری- افزاره جذب حالت مشترک (CMAD)(CISPR 16-1-4) برای عدم تزویج مطلوب بین ۳۰ MHz و ۲۰۰ MHz طراحی شده است و بنابراین برای گستره بسامدی پایین‌تر آمده در این استاندارد کم‌تر مناسب است.



شکل الف-۱۴- مثال‌های معمول ضریب‌های عدم‌تزویج

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

معیارهای انتخاب برای گستره بسامدی کاربرد

اگرچه الزامات در این استاندارد برای گستره بسامدی ۱۵۰kHz تا ۸۰MHz مشخص شده است، گستره بسامدی قابل اعمال بستگی به شرایط نصب و کارکرد عادی تجهیزات تحت آزمون دارد. به‌عنوان مثال: یک وسیله کوچک که با باتری تغذیه می‌شود و تمام ابعاد آن کمتر از ۰٫۴m و بدون هیچ‌گونه بافه‌های فلزی متصل به آن است، لازم نیست در بسامدهای زیر ۸۰MHz مورد آزمون قرار گیرد برای اینکه به‌نظر نمی‌رسد که انرژی بسامد رادیویی القایی ناشی از میدان الکترومغناطیسی اختلالی باعث خراب شدن افزاره شود.

به‌طور کلی، بسامد قطع ۸۰MHz خواهد بود. در برخی موارد، هنگامی که تجهیزات با ابعاد کوچک مدنظر هستند (ابعاد< $\frac{\lambda}{4}$)، استانداردهای محصول اختصاصی ممکن است مشخص کنند که بسامد قطع تا یک بیشینه ۲۳۰MHz گسترش داده شود. افزاره‌های تزویج و عدم‌تزویج در این مورد باید برآورنده پارامتر مقاومت ظاهری حالت مشترک دیده شده در درگاه EUT مشخص شده در جدول ب-۱ پایین باشد. هنگام استفاده از این روش آزمون تا بسامدهای بالاتر، نتایج متاثر از: اندازه تجهیزات، نوع(های) بافه‌های ارتباط داخلی استفاده شده و در دسترس بودن CDNهای ویژه و غیره می‌باشند. راهنمایی‌های بیشتر برای کاربرد مناسب بهتر است در استاندرادهای محصول اختصاصی تهیه شود.

جدول ب-۱- پارامتر اصلی ترکیب افزاره تزویج و عدم‌تزویج وقتی که گستره بسامد آزمون فراتر از MHz ۸۰ است.

	باند بسامد		
پارامتر	**۰٫۱۵ MHz تا ۲۴MHz**	**۲۴ MHz تا ۸۰MHz**	**۸۰ MHz تا ۲۳۰MHz**
$\|Z_{ce}\|$	150 Ω ± 20 Ω	150 Ω $^{+60\Omega}_{-45\Omega}$	150 Ω ± 60 Ω
نه شناسه Z_{ce} نه ضریب عدم تزویج بین درگاه EUT و درگاه AE مجزا مشخص نمی‌شوند. این ضرایب در این الزام درج شده است که رواداری |Zce| باید با مدار باز یا اتصال کوتاه درگاه AE به صفحه زمین مرجع رعایت شود.			
وقتی روش‌های تزریق با گیره به‌کار رود بی آن که با الزامات مقاومت ظاهری حالت مشترک AE سازگاری وجود داشته باشد الزامات Z_{ce} ممکن است رعایت نشود.اما اگر رهنمود ۷-۷ رعایت شود گیره‌های تزریق می‌توانند نتایج آزمون قابل قبولی به دست دهند.			

بسامد شروع، بستگی به این نکته دارد که آیا تجهیزات و بافه‌های متصل شده به آن‌ها توانایی دریافت مقدار زیادی انرژی بسامد رادیویی از میدان الکترومغناطیسی اختلالی را دارند یا نه.

سه حالت مختلف در نظر گرفته می‌شود:

الف- تجهیزات تغذیه شده با باتری (ابعاد $< \frac{\lambda}{4}$ که هیچ اتصالی نه با زمین و نه با سایر تجهیزات (غیرعایق شده) ندارند و در حین شارژ باتری مورد استفاده قرار نمی‌گیرند، لازم نیست مطابق با این استاندارد تحت آزمون قرار گیرند. اگر تجهیزات در حین شارژ باتری کار می‌کند، مورد ب یا پ اعمال می‌شود.

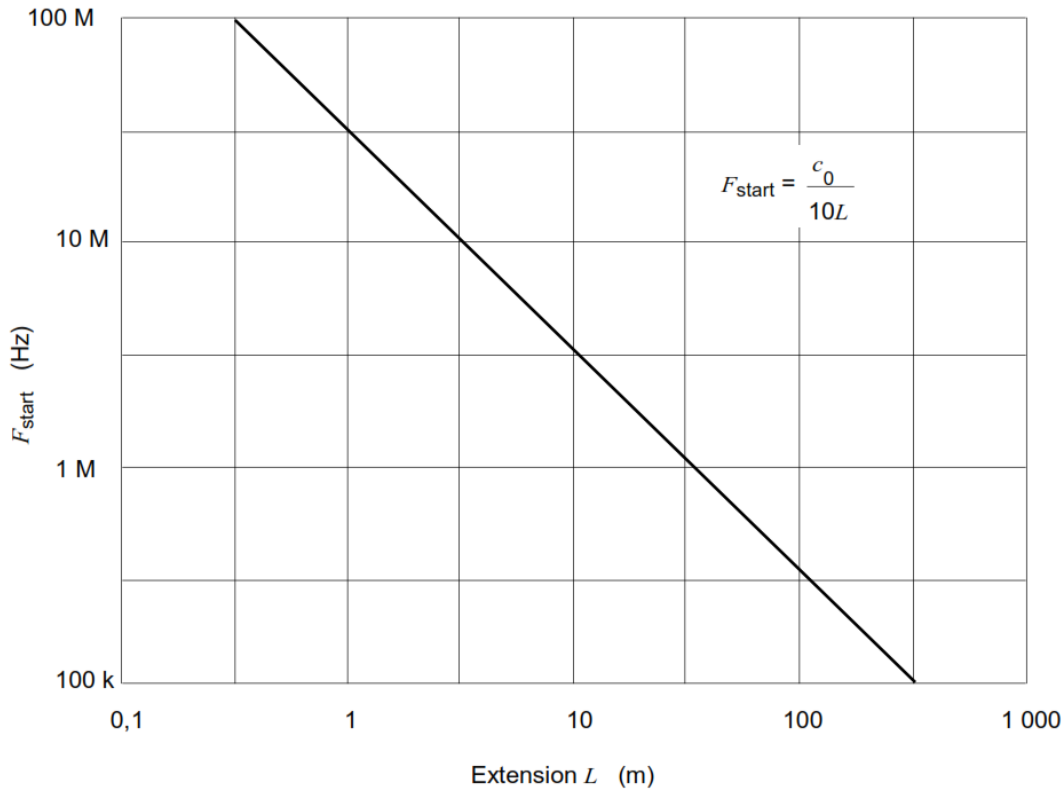
برای تجهیزات تغذیه شده با باتری (ابعاد $\leq \frac{\lambda}{4}$)، اندازه آن، شامل طول بیشینه بافه‌های متصل، بسامد شروع را تعیین می‌کند، به شکل ب-۱ مراجعه شود.

ب- تجهیزات متصل به یک شبکه تغذیه (توان) اما نامتصل به بعضی تجهیزات یا بافه‌های دیگر.

منبع تغذیه از طریق یک افزاره تزویج و عدم‌تزویج متصل می‌شود و تجهیزات با یک دست مصنوعی بارگذاری می‌شود، بسامد شروع ۱۵۰kHz است.

پ- تجهیزات متصل به یک شبکه تغذیه (توان) که همچنین از طریق بافه‌های واپایش و ورودی/خروجی یا ارتباطات راه دور (مخابراتی) به سایر تجهیزات عایق شده یا عایق نشده متصل است.

بسامد شروع ۱۵۰kHz است.



C_0 =۳ ×۱۰^۸ m/s

اندازه تجهیزات + طول بافه = L

مثال‌ها :

- برای یک بافه متصل به یک صفحه کلید($\frac{\lambda}{4}$ ≥ گسترش ابعاد) تغذیه شده توسط یک رایانه شخصی که با باتری کار می‌کند، با یک بافه مارپیچی با طول ۴m، بسامد آغازین بهتر است ۶٫۶۷MHz باشد. صفحه کلید بهتر است توسط دست مصنوعی پوشانده شود. برای یک موشواره که طول بافه آن فقط ۲ m باشد، بسامد شروع ۱۵MHz خواهد بود و غیره.
- یک ماشین‌حساب جیبی دارای مبدل a.c./d.c. اختیاری، بهتر است در طرف تغذیه مبدل از بسامد ۱۵۰kHz به بالا تحت آزمون قرار گیرد. ماشین‌حساب جیبی بهتر است توسط دست مصنوعی پوشانده شود.
- یک توان‌سنج قابل حمل در دست، تغذیه شده با باتری که می‌تواند اتصالاتی به زمین داشته باشد، بهتر است روی بافه‌هایش از بسامد ۱۵۰kHz به بالا تحت آزمون قرار گیرد. مولتی‌متر بهتر است توسط دست مصنوعی پوشانده شود.
- یک دستگاه CD خوان با عایقی دوگانه (تغذیه) که می‌تواند به یک گیرنده صوتی، جعبه‌های بلندگو عایق شده متصل شود، اما دارای یک پایانه ورودی آنتن نیز هست که می‌تواند به زمین متصل شود، بهتر است روی هر دو بافه(های) صوتی و تغذیه از بسامد ۱۵۰kHz به بالا تحت آزمون قرار گیرد.
- یک زنگ هشدار دزدگیر دارای چند حسگر عایق شده توزیع شده در میان یک ساختمان، که بیشینه طول بافه آن ممکن است از ۲۰۰m تجاوز کند (مشخصات تولیدکننده) بهتر است روی این بافه‌ها از ۱۵۰KHz به بالا آزمون شود.

شکل ب-۱- بسامد شروع به‌عنوان تابع طول بافه و اندازه تجهیزات

پیوست پ

(آگاهی‌دهنده)

راهنمایی برای انتخاب سطح های آزمون

سطح‌های آزمون بهتر است مطابق با تابش الکترومغناطیسی محیطی انتخاب شوند که EUT و بافه‌ها ممکن است در هنگام نصب نهایی در معرض آن قرار گیرند. نتایج حاصل از وقوع خطا در انتخاب سطح آزمون که مورد استفاده قرار می‌گیرد، بهتر است مورد نظر قرار گیرد. اگر نتایج حاصل از وقوع خطا، زیاد است، سطح بالاتری بهتر است در نظر گرفته شود.

اگر EUT قرار است فقط در مکان‌های محدودی نصب شود، آنگاه بازرسی منابع بسامد رادیویی محلی، محاسبه شدت میدان‌هایی که احتمالاً با آن مواجه می‌شود را میسر می‌سازد. اگر توان‌های منبع‌ها، مشخص نیست، اندازه‌گیری شدت میدان واقعی در مکان(های) مورد نظر ممکن است امکان‌پذیر باشد.

برای تجهیزاتی که قرار است در مکان‌های متعددی کار کنند، راهنمایی‌های ذیل برای انتخاب سطح آزمون مورد استفاده، ممکن است دنبال شود.

رده‌های ذیل بستگی به سطح های فهرست شده در بند ۵ دارند؛ این رده‌ها به‌عنوان راهنمایی‌های عمومی برای انتخاب سطح‌های مناسب در نظر گرفته می‌شوند:

رده ۱- محیط دارای تابش الکترومغناطیسی سطح پایین. سطح نوعی در مکان‌هایی است که ایستگاه‌های رادیو/تلویزیون در فاصله‌ای بیشتر از km ۱ قرار دارند و سطح نوعی برای فرستنده گیرنده‌های کم‌توان.

رده ۲- محیط دارای تابش الکترومغناطیسی متوسط فرستنده گیرنده‌های قابل حمل کم‌توان (به‌طور نوعی کمتر از W ۱نامی) استفاده می‌شوند، اما با محدودیت‌هایی برای کاربرد در همسایگی نزدیک تجهیزات یک محیط تجاری نوعی.

رده ۳- محیط دارای تابش الکترومغناطیسی شدید. فرستنده گیرنده‌های قابل حمل (۲W و بالاتر) در فاصلهٔ نسبتاً نزدیکی نسبت به تجهیزات به‌کار می‌روند اما این فاصله کمتر از ۱m نیست. فرستنده‌های رادیو تلویزیونی پر توان در همسایگی نزدیک تجهیزات قرار دارند و ممکن است تجهیزات ISM در کنار آنها باشند. یک محیط صنعتی نوعی.

رده X- X یک سطح باز می‌باشد که ممکن است در مشخصات تجهیزات اختصاصی یا استانداردهای تجهیزات مورد بحث قرار گرفته و تعیین شده باشد.

سطح‌های آزمون ذکر شده مقادیر نوعی هستند که به ندرت در مکان‌های ذکر شده از این مقادیر تجاوز می‌کند. در برخی مکان‌ها از این مقادیر تجاوز می‌شود، به‌عنوان مثال در همسایگی فرستنده‌های پر توان یا تجهیزات ISM که در همان ساختمان قرار گرفته‌اند. در این گونه موارد، ممکن است ترجیح داده شود

به‌جای اینکه همه تجهیزات در مقابل این سطح‌ها مصون در نظر گرفته شوند، اتاق یا ساختمان حفاظ شود، و سیم‌های توان و نشانک متصل به تجهیزات پالایش شوند.

پیوست ت

(آگاهی‌دهنده)

اطلاعاتی دربارهٔ شبکه‌های تزویج و عدم‌تزویج

ت-۱ مشخصه‌های اساسی شبکه‌های تزویج و عدم‌تزویج

شبکه تزویج و عدم‌تزویج بهتر است موارد زیر را تامین کند:

- تزویج نشانک اختلالی به EUT؛
- مقاومت ظاهری پایدار، دیده شده از EUT، مستقل از مقاومت ظاهری حالت مشترک تجهیزات کمکی؛
- بدون تزویج نشانک اختلالی در تجهیزات کمکی برای جلوگیری از تداخل با تجهیزات کمکی؛

شفافیت نسبت به نشانک دلخواه.

پارامترهای نوعی برای شبکه‌های تزویج و عدم‌تزویج در گستره بسامدی ۱۵۰kHz تا۸۰MHz در زیربند ۶-۲-۱ و مثال‌ها در ت-۲ داده می‌شود.

درشکل‌های ت-۱ تا ت-۷، مقاومت ظاهری حالت مشترک، Zce، از مجموع مقاومت ظاهری داخلی مولد آزمون (۵۰Ω) و ترکیب موازی مقاومت‌های رساناهای کابل تحت آزمون (۱۰۰Ω) تشکیل می‌شود. با استفاده از یک القاکننده مناسب L (|ωL| >>۱۵۰Ω)، عناصر عدم‌تزویج، C۲، بهتر است روی Zce تأثیر نگذارند.

مرکز درگاه EUT روی شبکه تزویج و عدم‌تزویج بهتر است ۳۰mm بالای صفحه مرجع زمین قرار گیرد. در آن صورت بافه بین شبکه تزویج و عدم‌تزویج و EUT می‌تواند نمایانگر یک خط انتقال با یک مقاومت ظاهری مشخصه تقریباً ۱۵۰Ω باشد که ۳۰mm بالای صفحه مرجع زمین قرار گرفته باشد.

مقاومت ظاهری خازن‌های C۱ که جداسازی DC و LF مولد آزمون و سیم‌های مجزای شبکه تزویج و عدم تزویج را ایجاد می‌کنند، بهتر است بسیار کمتر از ۱۵۰Ω در گستره بسامدی مورد نظر باشند.

یک القاکننده حالت مشترک L و خازن‌های C۲ برای بافه‌های بدون پوشش فلزی یا فقط یک القاکننده حالت مشترک L مانع از عدم تزویج تجهیزات کمکی می‌شوند. برای بافه‌های دارای پوشش فلزی، خازن‌های C۲ نیاز نیست زیرا پوشش فلزی در طرف تجهیزات کمکی به صفحه مرجع زمین متصل می‌شود.

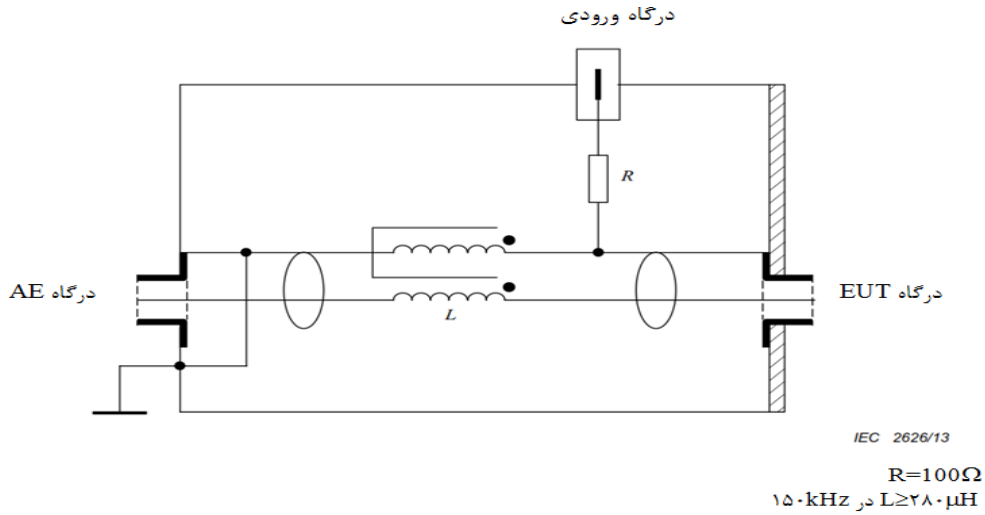
برای بافه‌های بدون پوشش فلزی انتخاب مقدار C۲ به طوری که نشانک دلخواه بی‌جهت تحت تأثیر قرار نگیرد، یک نکته اساسی است. برای شبکه‌های تزویج و عدم‌تزویج، مجاز نیست پارامترها توسط نشانک دلخواه بی جهت تحت تأثیر قرار گیرند به‌عنوان مثال در CDN-M1، اشباع فریت(ها) .

-

هشدار- از آنجایی که پل C۱ و C۲ در شبکه‌های تزویج و عدم‌تزویج تغذیه قطعات یک پایانه زمین باشد که در تحت تمام شرایط آزمون متصل به صفحه مرجع زمین باشد. برق‌دار است، خازن‌های Y مناسب بهتر است استفاده شود.

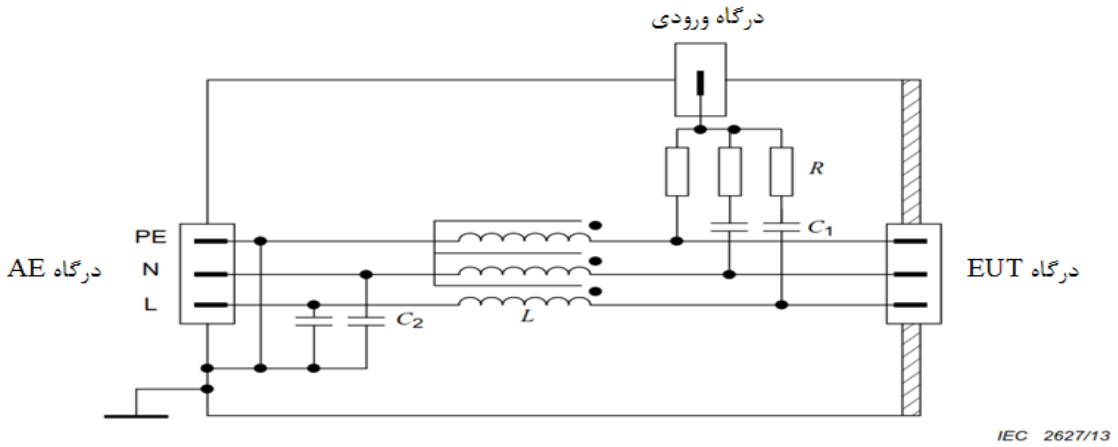
ت-۲ مثال‌هایی از شبکه‌های تزویج و عدم تزویج

تعدادی از امکانات در شکل‌های ت-۱ تا ت-۶ داده می‌شود زیرا پوشش دادن کل الزامات کارکردی با یک شبکه تزویج و عدم‌تزویج غیرممکن است.



R=100Ω
L≥۲۸۰μH در ۱۵۰kHz

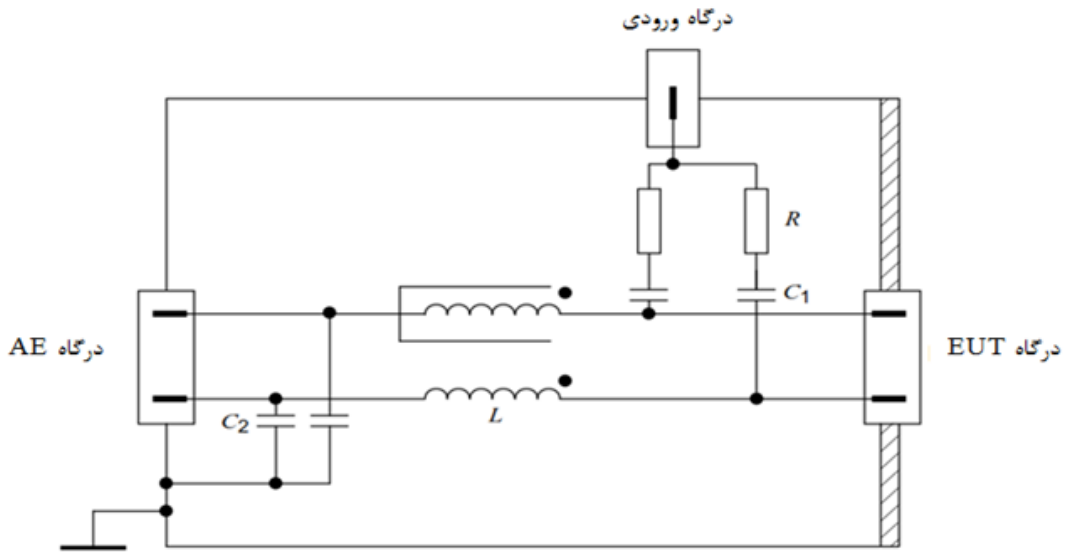
شکل ت-۱- مثالی ازیک نمودار ساده شده برای مدار CDN-S1 به کار رفته با بافه‌های دارای پوشش



در CDN-M3،C۱(typ)=۱۰nF،C۲(typ)=۴۷nF،R=۳۰۰Ω ،L≥۲۸۰μH،۱۵۰kHz
در CDN-M2،C۱(typ)=۱۰nF،C۲(typ)=۴۷nF،R=۲۰۰Ω ،L≥۲۸۰μH،۱۵۰kHz
در CDN-M1،C۱(typ)=۲۲ nF،C۲(typ)=۴۷nF،R=۱۰۰Ω ،L≥۲۸۰μH،۱۵۰kHz

در CDN-M3،C۱(typ)-۱۰nF،C۲(typ) -۴۷nF،R-۳۰۰Ω ،L≥ ۲۸۰μH،۱۵۰kHz
در CDN-M2،C۱(typ)-۱۰nF،C۲(typ) -۴۷nF،R-۲۰۰Ω ،L≥ ۲۸۰μH،۱۵۰kHz
در CDN-M1،C۱(typ)-۲۲ nF،C۲(typ) -۴۷nF،R-۱۰۰Ω ،L≥ ۲۸۰μH،۱۵۰kHz

شکل ت-۲- مثالی از نمودار ساده شده برای مدار CDN-M1/-M2/-M3 به کار رفته با شبکهٔ برق بدون پوشش فلزی (بند ۶-۲-۲-۱ را ببینید)



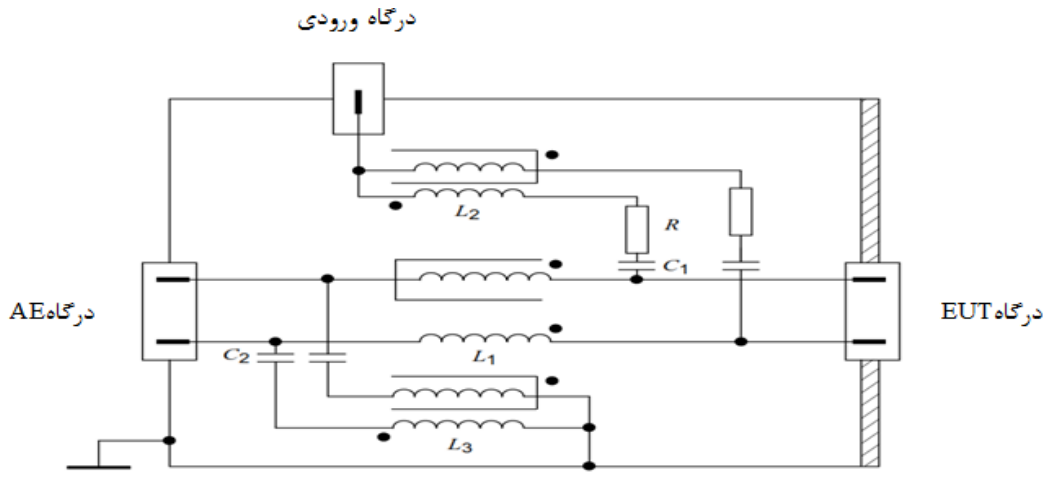
یادآوری - C_1 (typ)-۱۰nF

C_2 (typ)-۴۷nF

R-۲۰۰Ω

L≥ ۲۸۰ µH ، در بسامد ۱۵۰kHz

شکل ت-۳- مثالی از نمودار ساده شده برای مدار CDN-AF2 به کار رفته با خطوط نامتعادل بدون پوشش فلزی (بند ۶-۲-۲-۳ را ببینید)



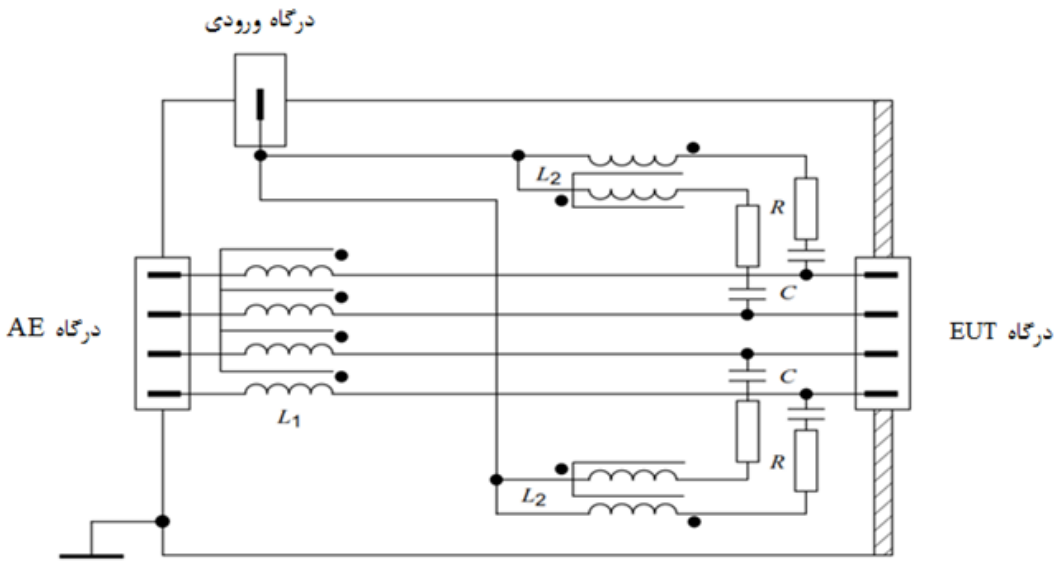
C_1 (typ)=۱۰nF،

C_2 (typ)=۴۷nF ، R=۲۰۰Ω

L_1≥ ۲۸۰µH ، در بسامد ۱۵۰KHz

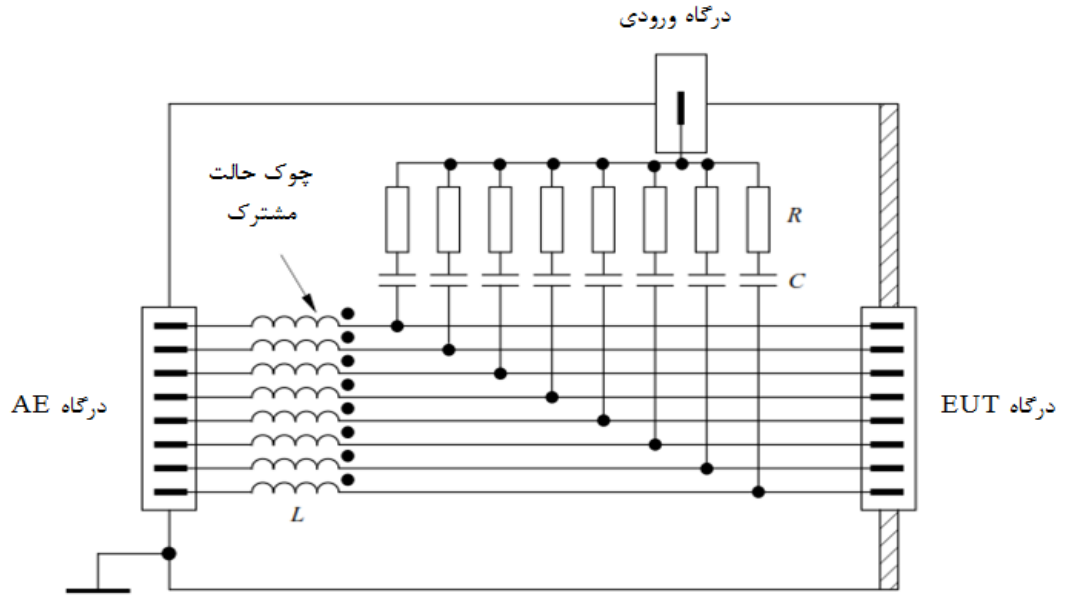
L_2= L_3=۶mH (هنگامیکه C_2 و L_3 استفاده نشوند، L_1≥ ۳۰ mH)

شکل ت-۴- مثالی از نمودار ساده شده برای مدار یک CDN-T2، به کار رفته با یک جفت متعادل بدون پوشش فلزی (بند ۶-۲-۲-۲ را ببینید)



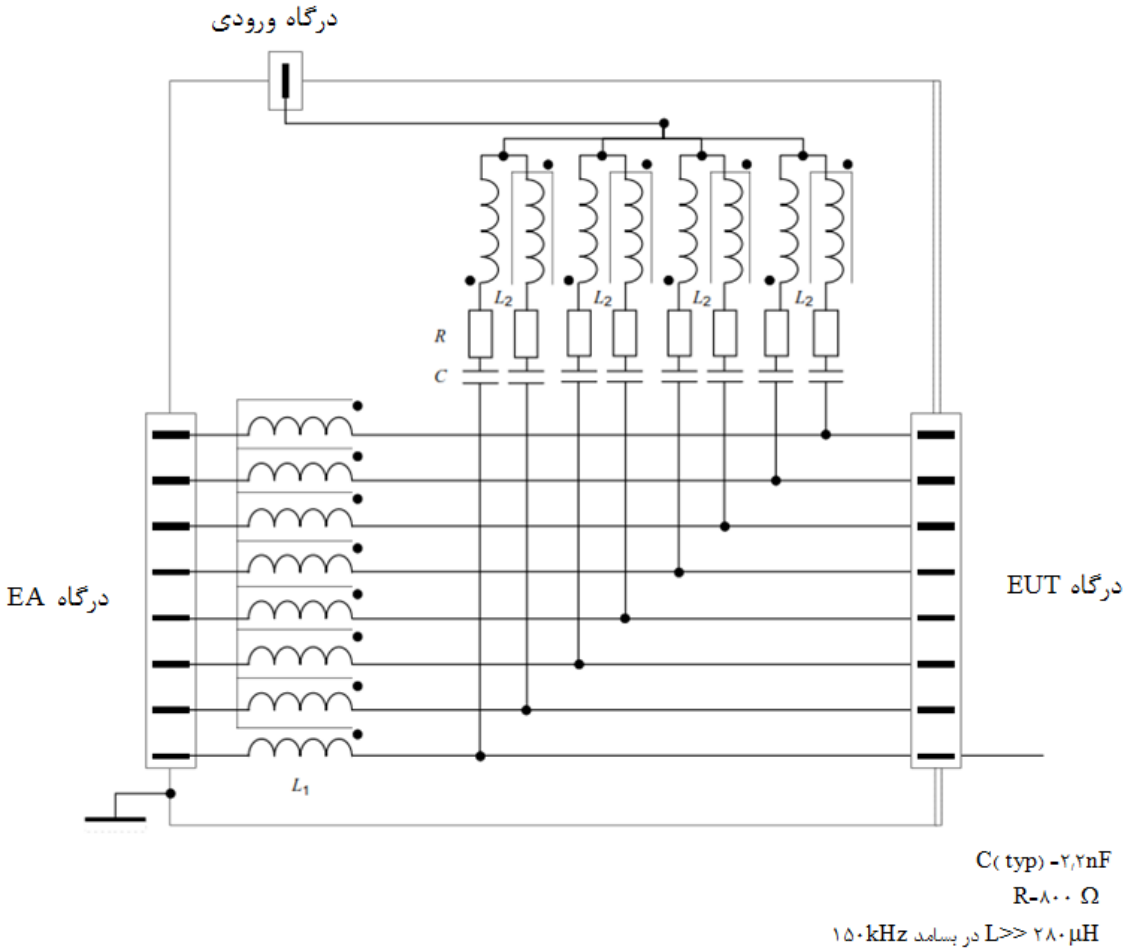
$C_{(نوعی)}$ -۵/۶nF
R-۴۰۰Ω
L_1>> ۲۸۰µH در بسامد ۱۵۰kHz
L_2-۶ mH

شکل ت-۵- مثالی از نمودار ساده شده مدار یک CDN-T4 بکار رفته با جفت‌های متعادل بدون پوشش فلزی(بند ۶-۲-۲-۳ را ببینید)



C(typ) =۲/۲nF
R=۸۰۰ Ω
L>> ۲۸۰µH در بسامد ۱۵۰kHz

شکل ت-۶- مثالی از نمودار ساده شده مدار یک CDN-T8 بکار رفته با جفت‌های متعادل بدون پوشش فلزی (بند ۶-۲-۲-۴ را ببینید)



ت-۷ مثال نمودار ساده شده مدار CDN-T8 استفاده شده با جفت‌های متعادل بدون صفحه(به زیربند ۶-۲-۲-۳ مراجعه شود)

پیوست ث

(آگاهی‌دهنده)

اطلاعاتی درباره مشخصات مولد آزمون

توان خروجی در دسترس تقویت‌کننده توان، PA، (شکل ۳) با در نظر گرفتن تضعیف‌کننده T2 (۶dB)، عمق مدوله‌سازی دامنه (۸۰٪) (شکل ۴ را ببینید) و کمینه عامل تزویج CDN یا گیره مورد استفاده تعیین می‌شود.

جدول ث-۱-توان خروجی تقویت‌کننده توان لازم برای بدست آوردن یک سطح آزمون $10V_{e.m.f.}$

افزاره تزریق	کمینه عامل تزویج ± ۱٫۵dB dB	توان مورد نیاز در خروجی PA W
CDN	۰	۷
	-۱۴	۱۷۶
	-۶	۲۸
نسبت سیم پیچی گیره جریان ۵:۱ گیره الکترومغناطیسی		
یادآوری- عامل تزویج در ۴-۵ تعریف می‌شود که می‌تواند با استفاده از مدار تنظیم سطح خروجی اندازه‌گیری شود، شکل ۸-پ را ببینید، عامل تزویج نسبت بین ولتاژ خروجی Umr، بدست آمده در هنگام استفاده از یک افزاره تزویج و عدم‌تزویج بطور سری با یک مبدل ۱۵۰Ω به ۵۰Ω و ولتاژ خروجی هنگام استفاده از دو مبدل ۱۵۰Ω به ۵۰Ω به صورت سری می‌باشد.		

پیوست ح

(آگاهی‌دهنده)

چیدمان آزمون برای تجهیزات تحت آزمون بزرگ

ح-۱ کلیات

چیدمان آزمون شرح داده شده در بدنه اصلی این استاندارد (به بند ۷ مراجعه شود) برای پوشش دادن نیازهای برخی از تجهیزات تحت آزمون بزرگ و دارای کابل‌های ورودی یا خروجی در ارتفاع بیش‌تر از ۱ m کاملاً کافی نیست. چون بسامد بالای نشانک آزمون ۸۰ MHz است اندازه تجهیزات تحت آزمون در مقایسه با طول موج می‌تواند چشم‌گیر باشد و ممکن است در کابل‌های متصل به چنین تجهیزاتی اثرات تشدید حضور داشته باشد.

در این مورد پیوست ح روش آزمون دیگری به دست می‌دهد که به تجهیزات تحت آزمون بزرگی قابل اعمال است که افزاره تزویج را نزدیک مدخل کابل قرار می‌دهند و ناحیه حلقوی کوچکی با اثرات تشدیدی کمتر نتیجه می‌دهد.

نمونه‌هایی از تجهیزات تحت آزمون بزرگ مشمول پیوست ح عبارتند از:

- سامانه‌های سودهی مخابراتی نصب شده در قفسه
- ماشین‌افزارهای برقی
- تجهیزات واپایش و سودهی نصب شده در قفسه

ح-۲ چیدمان آزمون برای تجهیزات تحت آزمون بزرگ

نمونه‌هایی از چیدمان آزمون برای تجهیزات بزرگ تحت آزمون در شکل‌های ح-۱ و ح-۲ آمده است.

صفحه زمین مرجع مرتفع در شکل ح-۱ صفحه زمین مرجع برای این چیدمان آزمون است و هدف آن کاهش دادن طول کابل بین EUT و CDN و در نتیجه واپایش یا کاهش اثرات تشدیدها در کابل‌ها است.

اندازه این صفحه باید آنقدر باشد که کمینه ۰٫۲ m فراتر از تمام شبکه‌های تزویج و عدم تزویج مورد استفاده در آزمون باشد. طول کابل تحت آزمون بین EUT و CDN باید بیشینه ۰٫۳ m باشد.

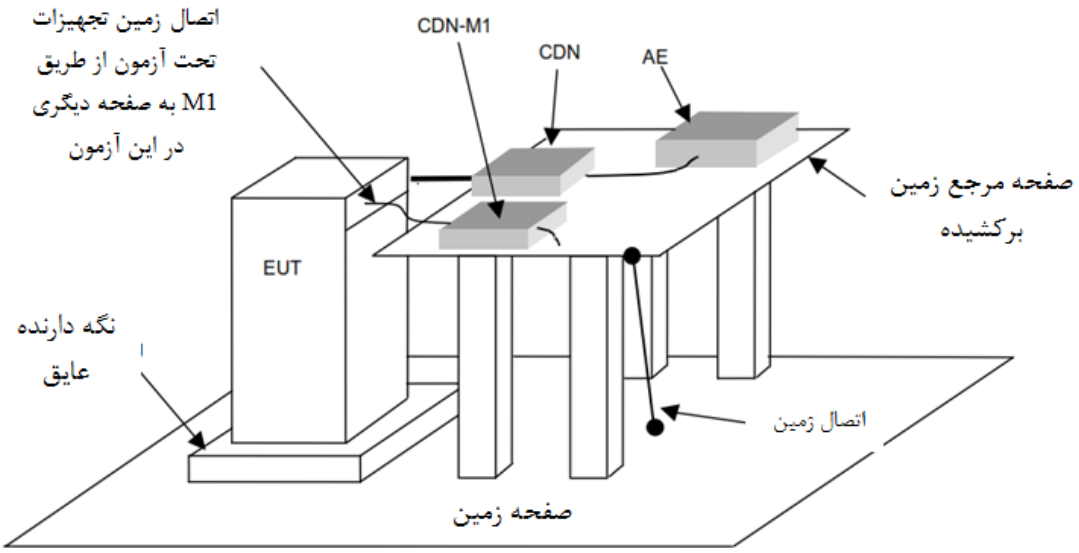
صفحه‌ی زمین مرجع مرتفع باید در ارتفاعی بالاتر از صفحه زمین اصلی قرار داشته باشد که کابل‌های EUT بتوانند در آرایش افقی از شبکه‌های تزویج و عدم‌تزویج بگذرند.

صفحه زمین مرجع مرتفع باید به دلایل ایمنی از لحاظ الکتریکی به زمین وصل باشد. در صورتی که بیش از یک CDN برای این چیدمان به کار رود این اتصال از نظر بسامد رادیویی اهمیتی ندارد.

یادآوری ۱- ساختمان فیزیکی صفحه زمین مرجع برکشیده و ساختار نگه‌دارنده آن مهم است که شرایط ایمن مکانیکی را تضمین کند.

تجهیزات تحت آزمون بهتر است روی نگه‌دارنده عایقی در ارتفاع ۰٫۱ m ± ۰٫۰۵ m بالای صفحه زمین قرار داشته باشد. در صورتی که تجهیزات را روی تخت بار ترابری تحویل داده باشند و به علت وزن زیاد یا اندازه آن نتوان به طور ایمن آن را از روی بارکف برداشت تجهیزات تحت آزمون را می‌توان روی بارکف نگه داشت حتی اگر ارتفاع آن از ۰٫۱ m ± ۰٫۰۵m بیشتر شود. در مواردی که تجهیزات را نتوان به علت اندازه یا وزن آن ۰٫۱ m ± ۰٫۰۵ m بالا برد می‌توان از عایق نازک‌تر استفاده کرد به شرطی که تجهیزات تحت آزمون از نظر الکتریکی از صفحه زمین جدا باشد. هر گونه تخطی از روش استاندارد آزمون باید در گزارش آزمون ثبت شود.

AE را می‌توان روی صفحه زمین مرجع مرتفع قرار داد اما اگر از طریق CDN به EUT وصل باشد نیازی به این کار نیست. وقتی از تزریق مستقیم استفاده شود اگر از عدم تزویج استفاده شده باشد AE را می‌توان از صفحه زمین مرجع مرتفع برداشت. در مواردی که به جای تزریق از طریق CDN از تزریق با گیره استفاده شود AE باید روی صفحه زمین مرجع مرتفع قرار داده شود.



شکل ح-۱ مثال چیدمان آزمون EUT بزرگ با صفحه زمین مرجع افقی مرتفع

صفحه زمین مرجع عمودی شکل ح-۲ صفحه زمین مرجع این چیدمان آزمون است و هدف آن کاهش دادن طول کابل بین EUT و CDN و در نتیجه واپایش یا کاهش اثرات تشدیدها در کابل‌ها است.

یادآوری ۲- در مواردی که کابل‌ها در چندین ارتفاع به EUT ورود /خروج می‌کنند یا فقط یک CDN اعمال شده است صفحه زمین مرجع عمودی از صفحه زمین مرجع مرتفع افقی کاربردی‌تر است.

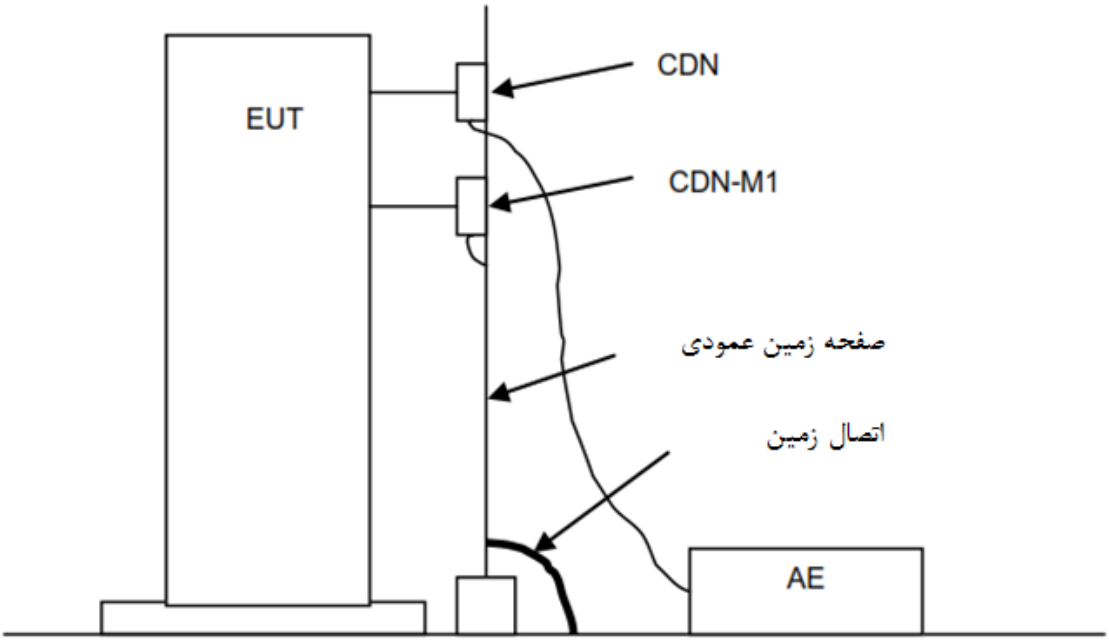
صفحه زمین مرجع عمودی باید به دلایل ایمنی از لحاظ الکتریکی به زمین وصل باشد. این اتصال از نظر بسامد رادیویی اهمیتی ندارد.

اندازه صفحه زمین مرجع عمودی باید آن قدر بزرگ باشد که کمینه ۰٫۲ m متر از تمام شبکه‌های تزویج و عدم‌تزویج مورد استفاده در آزمون فراتر برود. در مواردی که EUT فقط یک خط دارد صفحه زمین مرجع

عمودی باید به کف امتداد یابد و با حالت القایی کم به کف وصل باشد. طول کابل تحت آزمون بین EUT و CDN باید بیشینه ۰٫۳ m باشد. فاصله بین EUT و صفحه زمین مرجع عمودی باید طوری باشد الزام طول کابل ۰٫۳ m رعایت شود. یک دیوار اتاقک دارای محافظ می‌تواند نقش صفحه زمین مرجع عمودی را ایفا کند.

شبکه‌های تزویج و عدم‌تزویج باید در ارتفاعی روی صفحه زمین مرجع نصب شود که کابل‌های EUT بتوانند در آرایش افقی از شبکه‌های تزویج و عدم تزویج بگذرند.

گفته‌های مربوط به چیدمان آزمون با استفاده از صفحه زمین مرجع مرتفع افقی (مثل نگه‌دارنده عایق و مکان AE) برای چیدمان آزمون با استفاده از صفحه زمین مرجع عمودی صدق می‌کند.



شکل ح-۲ - مثال چیدمان آزمون EUT بزرگ با صفحه زمین مرجع عمودی

پیوست خ

(آگاهی‌دهنده)

عدم قطعیت اندازه‌گیری سطح آزمون ولتاژ

خ-۱ کلیات

در پیوست خ اطلاعات مربوط به عدم قطعیت (MU) اندازه‌گیری ولتاژ تولیدی وسایل اندازه‌گیری آزمون طبق نیازهای خاص روش آزمون ارائه شده است که در بدنه اصلی این استاندارد آمده است. اطلاعات بیش‌تر راجع به MU در مراجع ۱،۲ و ۳ انتهای این پیوست آمده است.

تمرکز این پیوست بر عدم‌قطعیت‌های تنظیم سطح به صورت مثال است و تهیه بودجه عدم قطعیت بر اساس عدم قطعیت وسایل اندازه‌گیری و رویه تنظیم سطح آزمون ولتاژ شرح داده شده در ۶-۴ ذکر شده است. سایر پارامترهای کمیت اختلال (مثل بسامد مدوله‌سازی، عمق مدوله‌سازی و غیره) می‌تواند اهمیتی برابر داشته باشد و بهتر است به تناسب مورد توجه آزمایشگاه قرار گیرد. روش این پیوست برای تمام پارامترهای کمیت اختلال قابل اعمال است.

موضوع این پیوست ارزیابی MU تنظیم سطح ولتاژ در مورد مقاومت ظاهری ۱۵۰ اهمی EUT است که طبق رویه تنظیم سطح آزمون در ۶-۴ لازم است. تحلیل مسائل تکرارناپذیری مربوط به آزمون‌های آزمایشگاه‌های مختلف بر همین EUT از هدف و دامنه کاربرد این پیوست خارج است.

خ-۲ نمادهای کلی

نمادهای کلی در جدول خ-۱و فهرست شده در پایین زیرمجموعه نمادهای تعریف شده در مرجع ۱ این پیوست است.

X_i	کمیت ورودی
x_i	برآورد X_i
$u(x_i)$	عدم قطعیت استاندارد x_i
c_i	ضریب حساسیت
y	نتیجه اندازه‌گیری(برآورد اندازه‌گیری شده)، تصحیح شده برای تمام اثرات سامانه‌ای مهم شناخته شده
$u_c(y)$	عدم قطعیت استاندارد(ترکیبی)y
$U(y)$	عدم قطعیت گسترده‌y
k	ضریب پوشش
ΔX_i	اصلاحیه کمیت اثرگذاریX_i

خ-۳ بودجه‌های عدم قطعیت روش‌های آزمون

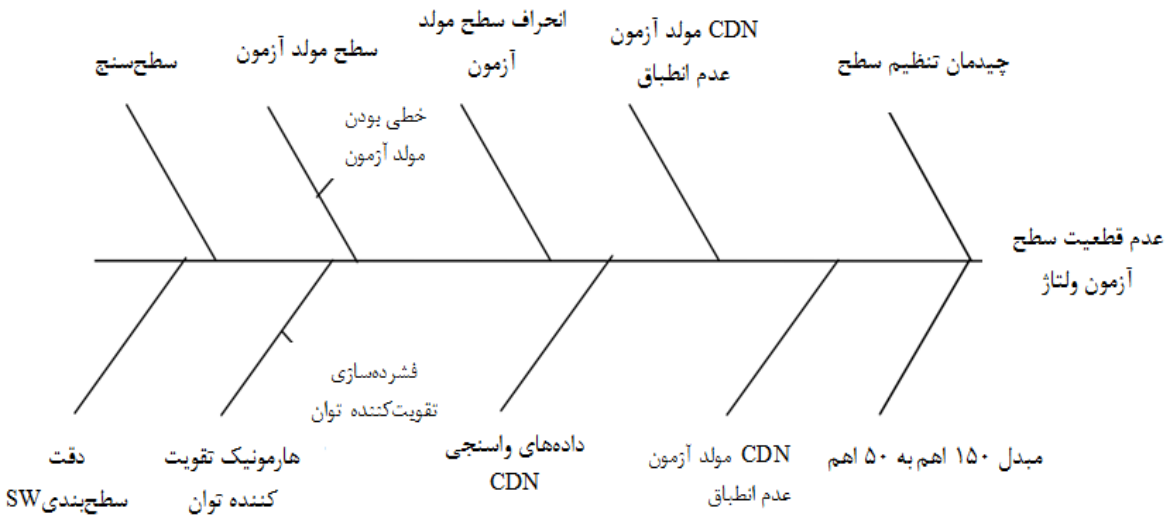
خ-۳-۱ تعریف اندازه

اندازه سطح آزمون مدار باز U_0 تعریف شده در بند ۵ است.

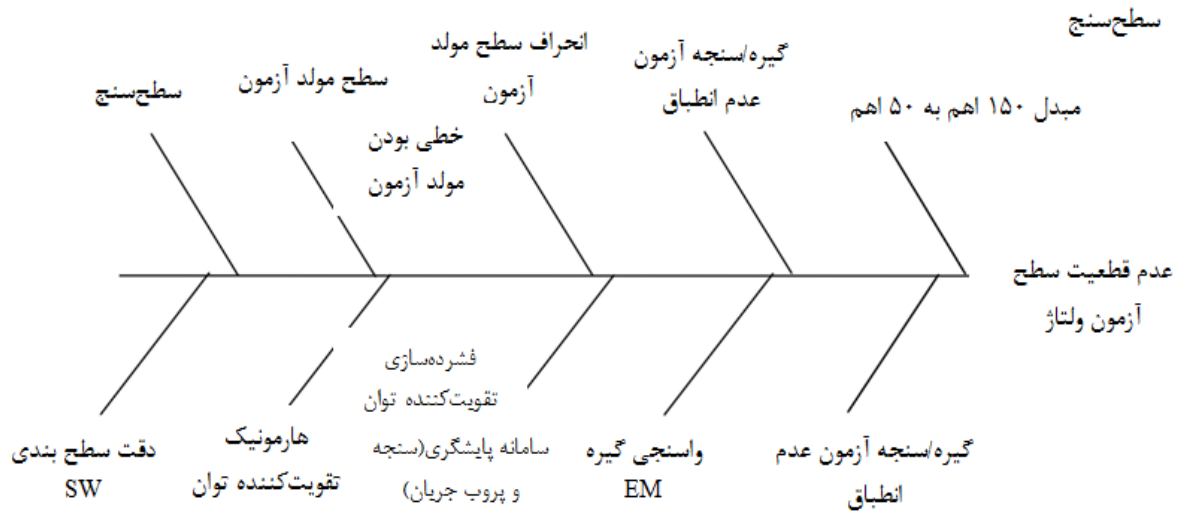
یادآوری- U_0ولتاژ عرضه شده از طریق افزاره تزویج به بار ۱۵۰ اهم در بسامد خاص بین ۱۵۰ MHz تا ۸۰MHz است که برای عدم‌قطعیت های اندازه‌گیری بر حسب dB(µv) بیان می‌شود.

خ-۳-۲ عوامل دارای سهم در بدون قطعیت اندازه‌گیری

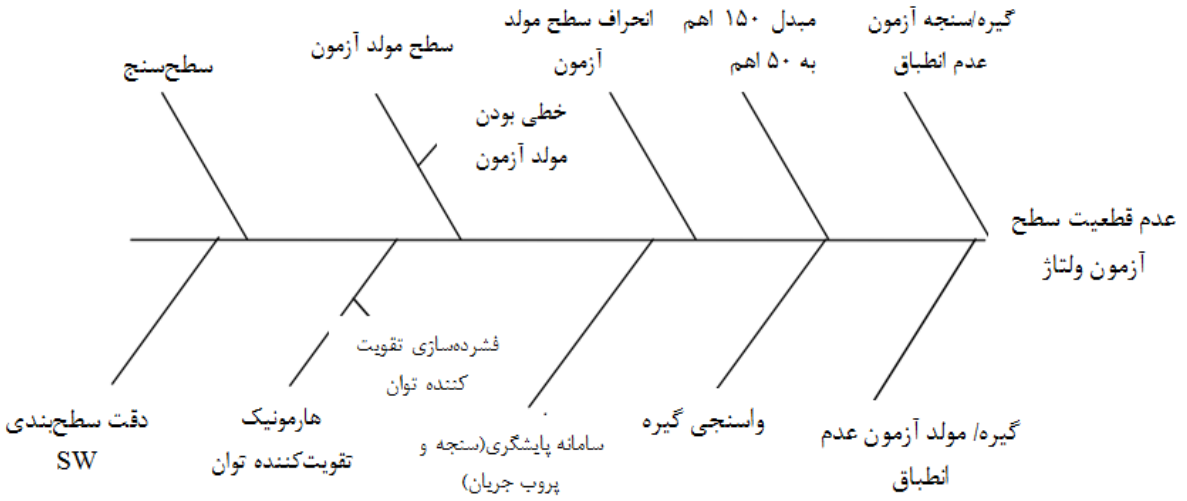
نمودارهای اثرگذاری زیر(شکل خ-۱ تا خ-۴) مثال‌هایی از کمیت‌های اثرگذار بر سطح آزمون ولتاژ است: بهتر است دانست که این نمودارها جامع نیستند و مهم‌ترین‌ها برای نمونه‌های محاسبات بودجه عدم قطعیت جداول خ-۱ تا خ-۸ انتخاب شده‌اند. دست کم این عوامل فهرست شده در جداول خ-۱ تا خ-۸ باید برای محاسبه MU به منظور رسیدن به بودجه‌های شبیه آزمایشگاه‌ها یا مراکز آزمون مختلف به‌کار روند. لازم به ذکر است که بسته به شرایط خاص ممکن است آزمایشگاهی عوامل دیگری (مثلاً نوع الف) را در محاسبه به‌کار گیرد.



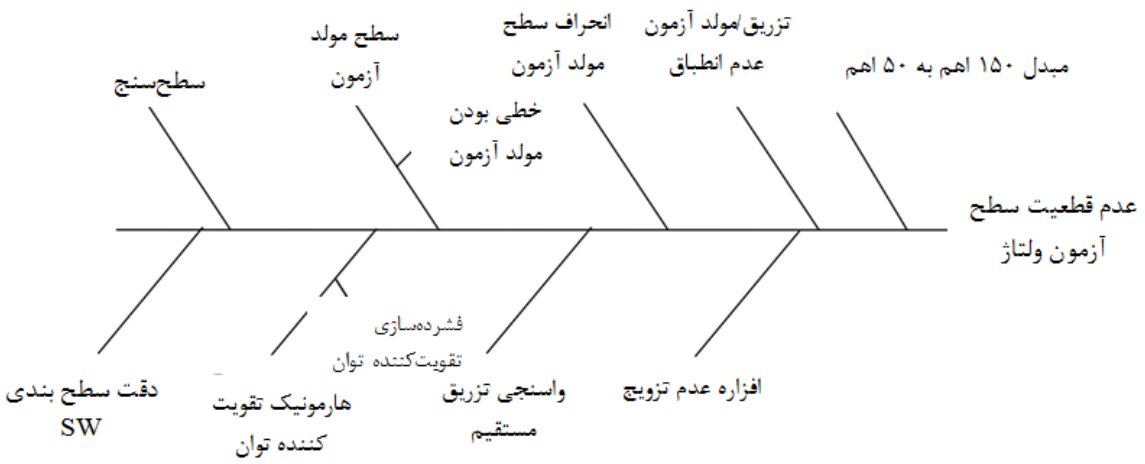
شکل خ-۱- مثال اثرگذاری بر سطح آزمون ولتاژ با استفاده از CDN



شکل خ-۲- مثال اثرگذاری بر سطح آزمون ولتاژ با استفاده از گیره CDN



شکل خ-۳- مثال اثرگذاری بر سطح آزمون ولتاژ با استفاده از گیره جریان



شکل خ-۴- مثال اثرگذاری بر سطح آزمون ولتاژ با استفاده تزریق مستقیم

خ-۳-۳ مثال‌های محاسبه و کمیت‌های ورودی برای عدم قطعیت گسترده

در مثال‌های زیر فرض بر آن است که همان وسایل اندازه‌گیری مورد استفاده در رویه تنظیم سطح آزمون برای تولید سطح آزمون ولتاژ به‌کار رود (چیدمان اندازه‌گیری برای تنظیم سطح آزمون در شکل پ-۹ آمده است) فقط وسایل اندازه‌گیری به هنگام آزمون حضور ندارند. البته اگر از وسایل اندازه‌گیری دیگری استفاده شود اثرات عدم‌قطعیت وجود خواهد داشت که در جداول خ.۱ تا خ-۸ آمده است ولی مقادیر آنها روی صفر تنظیم شده است (به یادآوری‌های زیر جداول خ-۱ تا خ-۸ مراجعه شود).

بنابراین باید توجه داشت که عوامل موثر در فرایند تنظیم سطح و آزمون ممکن است یکی نباشند. در نتیجه بودجه‌های عدم قطعیت فرآیندها (اندکی) متفاوت است.

جداول خ-۱ تا خ-۸ مثال‌هایی از بودجه عدم قطعیت برای تنظیم سطح ولتاژ به دست می‌دهد. هر بودجه عدم قطعیت از دو بخش عدم قطعیت برای تنظیم سطح و عدم قطعیت برای آزمون تشکیل شده است. رابطه بین U_x و U_{mr} را فرایند تنظیم سطح تعیین می‌کند. (به شکل خ-۱ مراجعه شود) U_x طی فرایند آزمون بازتولید می‌شود.

تابع مدل فرایند تنظیم سطح ولتاژ CDN (تمام کمیت‌ها با واحد لگاریتمی):

$$U_0 = U_{LMc} + 15{,}6\ \text{dB} + \delta LM_c + \delta RCAL + \delta SETUP + \delta SW_c + \delta ML$$

توضیح عوامل اثرگذار:

U_{LMc} شناسه ولتاژ U_{mr} از توان‌سنج به طور مستقیم یا تبدیل به dB(μV)

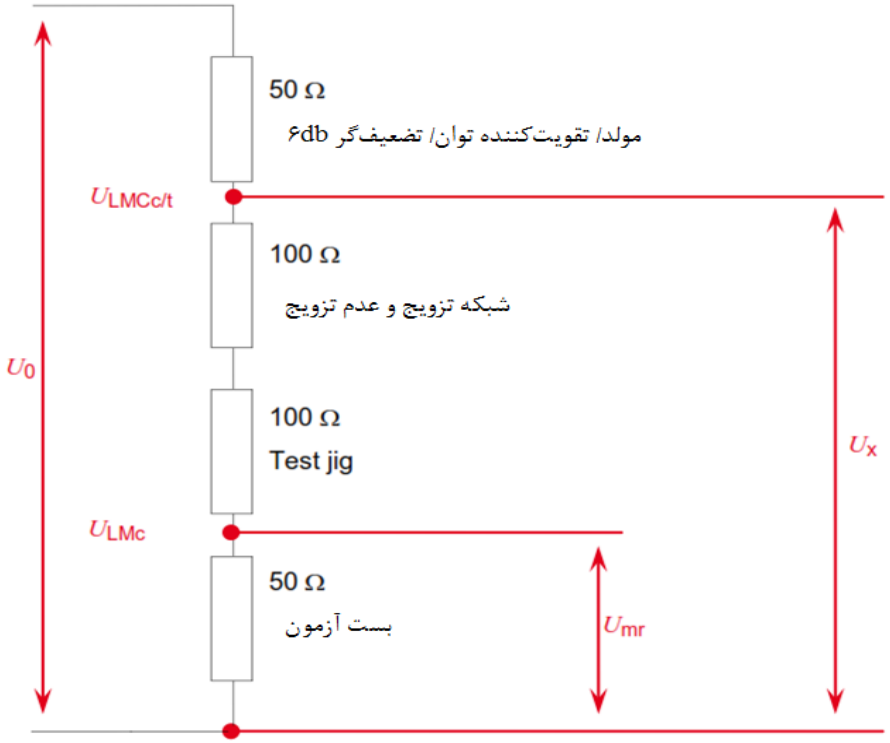
یادآوری ۱- سایر نمادها در توضیح اصطلاحات زیر آمده است.

تابع مدل فرایند آزمون CDN (تمام کمیت‌ها با واحد لگاریتمی):

$$U_0 = U_x + 20\ \log\ (6/5) + \delta LMC_t + \delta CAL + \delta SW_t$$

$$U_x = U_{LMc} + 20\log(5)$$

یادآوری ۲- سایر نمادها در توضیح اصطلاحات زیر آمده است.



شکل خ-۵- مدار چیدمان تنظیم سطح

جدول خ-۱- فرایند تنظیم سطح

نماد	منبع بدون قطعیت x_i	$U(x_i)$	واحد	توزیع	مقسوم علیه	$u(x_i)$	واحد	c_i	$u_i(y)$	واحد	$u_i(y)^2$
RC δAL	مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم، انحراف	۰/۳	dB	مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم، انحراف	۰/۳	dB	مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم، انحراف	/۳ ۰	dB	مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم، انحراف	۰/۰۳
	مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم، واسنجی‌سازی	۰/۲	dB	عادی K=2	۲	۰/۱۰	dB	۱	۰/۱۷	dB	۰/۰۳
SET δUP	چیدمان تنظیم سطح	۰/۳۵	dB	عادی K=1	۱	۰/۳۵	dB	۱	۰/۳۵	dB	۰/۱۲
LM_c δ	سنجه سطح	۰/۵	dB	مستطیلی	۱/۷۳	./۲۹	dB	۱	۰/۲۹	dB	۰/۰۸
SW_c δ SW	دقت سطح‌بندی	۰/۳	dB	مستطیلی	۱/۷۳	۰/۱۷	dB	۱	۰/۱۷	dB	۰/۳۰
LM_c δ (1,2)	سنجه حلقه در حلقه واپایش	۰	dB	مستطیلی	۱/۷۳	۰/۰۰	dB	۱	۰/۰۰	dB	۰/۰۰
TG_c δ (1,2)	مولد آزمون	۰	dB	مستطیلی	۱/۷۳	۰/۰۰	dB	۱	۰/۰۰	dB	۰/۰۰
MT_c δ (3)	CDN/مولد آزمون عدم انطباق	۰	dB	به شکل U	۱/۴۱	۰/۰۰	dB	۱	۰/۰۰	dB	۰/۰۰
δML	CDN/سنجه سطح عدم انطباق	۰/۵	dB	به شکل U	۱/۴۱	۰/۳۵	dB	۱	۰/۳۵	dB	۰/۱۳
									$\Sigma u_i(y)^2$		۰/۴۰
									$u(y) = \sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$ عدم قطعیت ترکیبی		۰/۶۳
									U=u(y)×k,k=2 عدم قطعیت گسترده(CAL)		۱/۲۷ dB

جدول خ-۲- فرایند آزمون CDN

نماد	منبع عدم قطعیت x_i	$U(x_i)$	واحد	توزیع	مقسوم علیه	$u(x_i)$	واحد	c_i	$u_i(y)$	واحد	$u_i(y)^2$
δCAL	واسنجی‌سازی	۱٫۲۷	dB	عادی K=2	۲	۰٫۶۳	dB	۱	۰٫۶۳	dB	۰٫۴۰
δLMCt(1,2) (1,2)	سنجه حلقه در حلقه واپایش	۰٫۳	dB	مستطیلی	۱٫۷۳	۰٫۱۷	dB	۱	۰٫۱۷	dB	۰٫۳۰
$(1,2)\delta TG_c$	مولد آزمون	۰	dB	مستطیلی	۱٫۷۳	۰٫۰۰	dB	۱	۰٫۰۰	dB	۰٫۰۰
(3) δMTt	CDN/مولد آزمون عدم انطباق	۰	dB	به شکل U	۱٫۴۱	۰٫۰۰	dB	۱	۰٫۰۰	dB	۰٫۰۰
δSWt	دقت سطح‌بندی SW	۰.۳	dB	مستطیلی	۱٫۷۳	۰٫۱۷	dB	۱	۰٫۱۷	dB	۰٫۰۳
									$\Sigma u_i(y)^2$		۰٫۴۶
									$u(y) = \sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$ عدم قطعیت ترکیبی		۰٫۶۸
									$U=u(y)\times k, k=2$ عدم قطعیت گسترده		dB۳۶ ۱٫

یادآوری ۳- بر اساس آن که حلقه واپایش سطح خروجی تقویت‌کننده و مولد نشانک به‌کار رود یا نرود اثرات LMC یا مولد آزمون(TG) وارد جداول خ-۱ و خ-۲ برای تنظیم سطح و/یا آزمون می‌شود. در این مثال، مولد آزمون اثری در بودجه عدم‌قطعیت ندارد زیرا بخشی از حلقه واپایش است. اثر حلقه واپایش با سنجه سطح برقرار می‌شود(همچنین به یادآوری ۴ مراجعه شود). اما مولد آزمون در جداول خ-۱ و خ-۲ گنجانده شده است تا به آزمایشگاه‌ها یادآوری شود که می‌توانند بر اساس چیدمان خاص خود آنها برای آزمایش به این موضوع توجه کنند. در این مورد تحلیل مفصل‌تر نقش TG لازم است. مراجعه شود به توضیح اصطلاحات.

یادآوری ۴- اگر برای تنظیم و آزمایش سطح تجهیزات مشابهی به‌کار رود آن گاه فقط سهم خطی بودن و تکرارپذیری وارد جدول خ-۲ برای فرایند آزمون وارد می‌شود. از سهم تنظیم سطح می‌توان صرف نظر کرد.

یادآوری ۵- اگر برای تنظیم و آزمایش سطح مدار مشابهی به کار رود آن گاه این اثرات وارد جداول خ-۱ و خ-۲ نمی‌شوند.

توضیح اصطلاحات:

RCAL[1]: عدم قطعیت مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم است و معمولاً از گزارش واسنجی‌سازی به دست می‌آید. اتلاف جاگذاری را هم می‌توان با استفاده از تحلیل‌گر شبکه اندازه‌گیری کرد (به شکل پ-۸ مراجعه شود).

1 - Resource Center For Accessible

بیشینه انحرف از اتلاف مشخص شده dB ۹٫۵) و عدم قطعیت واسنجی‌سازی آن را بهتر است در جداول خ-۱ و خ-۲ گنجاند. اگر در گواهی واسنجی‌سازی فقط سازگاری با رواداری آمده باشد به‌کارگیری مقدار بیش از dB ۰٫۵ را توصیه کرده‌اند.

یادآوری ۶- انحراف‌ها را می‌توان در نرم‌افزار اصلاح کرد. در این مورد می‌توان بیشینه انحراف را به عدم قطعیت درون‌یابی و عدم قطعیت واسنجی‌سازی کاهش داد.

یادآوری ۷- مقاومت ظاهری مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم را نیز می‌توان مستقیماً اندازه‌گیری کرد، مثلاً از تحلیل‌گر شبکه استفاده کرد یا از گواهی واسنجی‌سازی بهره گرفت. در این مورد می‌توان انحراف از ۱۰۰ اهم و عدم قطعیت واسنجی‌سازی را در جداول خ-۱ و خ-۲ درج کرد. ضریب حساسیت C_i برای این اثرگذاری تغییر یافته است.

چیدمان- تلفیقی از عدم‌قطعیت‌های ایجادی توسط چیدمان تنظیم سطح مثل ماندافزارواسنجی‌سازی، اتصال بین CDN و مبدل CDN و اثرات صفحه زمین مرجع، مثلاً تماس با صفحه زمین مرجع. این اثرگذاری را می‌توان از آزمون‌های تکرارپذیری در شرایط متغیر به دست آورد یا مانند مثال بر اساس تجربه تخمین زد.

LM_c: عدم قطعیت سنجه سطح مثلاً ولت‌سنج یا توان‌سنج مورد استفاده برای اندازه‌گیری سطح خروجی CDN که مثلاً در مشخصات ارایه شده توسط سازنده می‌توان یافت اما از سایر منابع هم قابل تعیین است.

SW_c: عدم قطعیت مشتق از اندازه گام سطح گسسته مولد نشانک و پنجره نرم‌افزار تنظیم سطح طی فرایند تنظیم سطح. دریچه نرم‌افزار را معمولاً در آزمایشگاه می‌توان تنظیم کرد.

LMC_c: عدم قطعیت سنجه سطح مثلاً ولت‌سنج یا توان‌سنج مورد استفاده برای حلقه واپایش برای سطح خروجی تقویت‌کننده و مولد نشانک که در مشخصات ارایه شده توسط سازنده می‌توان یافت اما از سایر منابع هم قابل تعیین است.

TG_c: عدم قطعیت مولد آزمون شامل مولد بسامد، تقویت‌کننده توان و تضعیف‌کننده که از مشخصات ارایه شده توسط سازنده یا سایر منابع قابل تعیین است.

یادآوری ۸- عدم قطعیت یکایک اجزای مولد آزمون (مثلاً مولد نشانک، قابلیت ثبات تقویت‌کننده توان، تغییرات سریع بهره تقویت‌کننده توان، تضعیف‌کننده، غیره) را می‌توان جداگانه ارزیابی کرد، به خصوص در مواردی که حلقه واپایش در چیدمان آزمون به کار نرفته باشد.

MT_c: تلفیق عدم‌انطباق‌های بین تقویت‌کننده، تضعیف‌کننده وCDN

ML: عدم انطباق بین CDN و سنجه سطح

CAL: عدم قطعیت گسترده سطح ولتاژ در فرایند تنظیم سطح

LMC_t: عدم قطعیت سنجه سطح، مثلاً ولت‌سنج، به‌کار رفته در خروجی تقویت‌کننده توان که از مشخصات ارایه شده توسط سازنده به دست می‌آید. برای کاهش عدم‌قطعیت می‌توان از توان‌سنج استفاده کرد.

TG_t: عدم قطعیت مولد آزمون شامل مولد بسامد، تقویت‌کننده توان و تضعیف‌کننده که از مشخصات ارایه شده توسط سازنده یا سایر منابع قابل تعیین است.

یادآوری ۹- عدم‌قطعیت یکایک اجزای مولد آزمون(مثلاً مولد نشانک، قابلیت ثبات تقویت‌کننده توان، تغییرات سریع بهره تقویت‌کننده توان، تضعیف‌کننده، غیره) را می‌توان جداگانه ارزیابی کرد، به خصوص در مواردی که حلقه واپایش در چیدمان آزمون به کار نرفته باشد.

MT_t: تلفیق عدم‌انطباق‌های بین تقویت‌کننده، تضعیف‌کننده وCDN اگر چیدمان مثلاً تضعیف‌کننده و کابل‌ها، به‌کار رفته برای آزمون و تنظیم سطح یکسان باشد می‌توان از این اثرگذاری صرف‌نظر کرد.

SW_t: عدم قطعیت مشتق از اندازه گام سطح گسسته مولد نشانک و پنجره نرم‌افزار تنظیم سطح طی فرایند تنظیم سطح دریچه نرم‌افزار را معمولاً در آزمایشگاه می‌توان تنظیم کرد.

تابع مدل فرایند تنظیم سطح ولتاژ گیره EM (تمام کمیت‌ها به واحدهای لگاریتمی است):

$$U_0 = U_{\mathrm{LMc}} + 15{,}6\ \mathrm{dB} + \delta LM_c + \delta RCAL + \delta SETUP + \delta SW_c + \delta ML$$

شرح عوامل اثرگذار:

U_{LMc}: میزان ولتاژ U_{mr} نشان داده شده توسط سنجه توان به طور مستقیم یا تبدیل شده به dB(μV)

یادآوری ۱۰- سایر نمادها در شرح اصطلاحات زیر آمده است.

تابع مدل فرایند آزمون ولتاژ گیره EM (تمام کمیت‌ها به واحدهای لگاریتمی است):

$$U_0 = U_x + 20\ \log\ (6/5) + \delta LMC_t + \delta CAL + \delta SW_t + \delta AETERM$$

$$U_x = U_{\mathrm{LMc}} + 20\log\ (5)$$

یادآوری ۱۱- سایر نمادها در شرح اصطلاحات زیر آمده است.

جدول خ-۳- فرایند تنظیم سطح ولتاژ گیره EM

نماد	منبع عدم قطعیت x_i	$U(x_i)$	واحد	توزیع	مقسوم علیه	$u(x_i)$	واحد	c_i	$u_i(y)$	واحد	$u_i(y)^2$
δRCAL	مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم، انحراف	۰٫۳	dB	مستطیلی	۱٫۷۳	۰٫۱۷	dB	۱	۰٫۱۷	dB	۰٫۰۳
	مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم، واسنجی‌سازی	۰٫۲	dB	عادی K=2	۲	۰٫۱۰	dB	۱	۰٫۱۰	dB	۰٫۰۱
δSETUP	چیدمان تنظیم سطح	۰٫۳۵	dB	عادی K=1	۱	۰٫۳۵	dB	۱	۰٫۳۵	dB	۰٫۱۲
δLM_c	سنجه سطح	۰٫۵	dB	مستطیلی	۱٫۷۳	۰٫۲۹	dB	۱	۰٫۲۹	dB	۰٫۰۸
δSW_c	دقت سطح‌بندی SW	۰٫۳	dB	مستطیلی	۱٫۷۳	۰٫۱۷	dB	۱	۰٫۱۷	dB	۰٫۰۳
δLM_c (8,9)	سنجه سطح در حلقه واپایش	۰	dB	مستطیلی	۱٫۷۳	۰٫۰۰	dB	۱	۰٫۰۰	dB	۰٫۰۰
δTG_c (8,9)	مولد آزمون	۰	dB	مستطیلی	۱٫۷۳	۰٫۰۰	dB	۱	۰٫۰۰	dB	۰٫۰۰
δMT_c (10)	گیره /مولد آزمون عدم انطباق	۰	dB	به شکل U	۱٫۴۱	۰٫۰۰	dB	۱	۰٫۰۰	dB	۰٫۰۰
δML	گیره /سنجه سطح عدم انطباق	۰٫۵	dB	به شکل U	۱٫۴۱	۰٫۳۵	dB	۱	۰٫۳۵	dB	۰٫۱۳
									$\Sigma u_i(y)^2$		۰٫۴۰
									عدم قطعیت ترکیبی $u(y) = \sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$		۰٫۶۳
									عدم قطعیت گسترده(CAL) U=u(y)×k,k=2		**۱٫۲۷**

جدول خ-۴- فرایند آزمون گیره EM

نماد	منبع عدم قطعیت x_i	$U(x_i)$	واحد	توزیع	مقسوم علیه	$u(x_i)$	واحد	c_i	$u_i(y)$	واحد	$u_i(y)^2$
δCAL	واسنجی‌سازی	۱٫۲۷	dB	عادی K=2	۲	۰٫۶۳	dB	۱	۰٫۶۳	dB	۰٫۴۰
δLMCt(8,9)	سطح سنج در حلقه واپایش	۰٫۳	dB	مستطیلی	۱٫۷۳	۰٫۱۷	dB	۱	۰٫۱۷	dB	۰٫۰۳
δTG_c (8,9)	مولد آزمون	۰	dB	مستطیلی	۱٫۷۳	۰٫۰۰	dB	۱	۰٫۰۰	dB	۰٫۰۰
δMTt (10)	گیره /مولد آزمون عدم انطباق	۰	dB	به شکل U	۱٫۴۱	۰٫۰۰	dB	۱	۰٫۰۰	dB	۰٫۰۰
δSWt	دقت سطح‌بندی SW	۰٫۳	dB	مستطیلی	۱٫۷۳	۰٫۱۷	dB	۱	۰٫۱۷	dB	۰٫۰۳
δAETERM	پایاندهی AE	۲٫۵	dB	مستطیلی	۱٫۷۳	۱٫۴۵	dB	۱	۱٫۴۵	dB	۲٫۰۹
									$\Sigma u_i(y)^2$		۰٫۵۵
									$u(y) = \sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$ عدم قطعیت ترکیبی		۱٫۶۰
									عدم قطعیت گسترده U=u(y)×k,k=2		**۳٫۱۹ dB**

یادآوری ۱۲- بر اساس آن که حلقه‌ی واپایش سطح خروجی تقویت‌کننده و مولد نشانک به کار رود یا نرود اثرات LMC یا مولد آزمون (TG) وارد جداول خ-۳ و خ-۴ برای تنظیم سطح و/یا آزمون می‌شود. در این مثال، مولد آزمون اثری در بودجه عدم قطعیت ندارد زیرا بخشی از حلقه واپایش است. اثر حلقه واپایش با سطح‌سنج برقرار می‌شود(همچنین به یادآوری ۱۳ مراجعه شود). اما مولد آزمون در جداول خ-۳ و خ-۴ گنجانده شده است تا به آزمایشگاه یادآوری شود که می‌توانند بر اساس چیدمان خاص خودشان برای آزمایش به این موضوع توجه کنند. در این مورد تحلیل مفصل‌تر نقش TG لازم است. به توضیح اصطلاحات مراجعه شود

یادآوری ۱۳- اگر برای تنظیم و آزمایش سطح تجهیزات مشابهی به کار رود آن گاه فقط سهم خطی بودن و تکرارپذیری وارد جدول ۴ برای فرایند آزمون می‌شود. از سهم تنظیم سطح می‌توان صرف نظر کرد.

یادآوری ۱۴- اگر برای تنظیم و آزمایش سطح مدار مشابهی به کار رود آن گاه این اثرات وارد جداول خ-۳ و خ-۴ نمی‌شوند.

توضیح اصطلاحات:

کاربرد چند اصطلاح اصولاً مانند مثال قبل است(روش CDN) که در این جا شرح آنها نیامده و می‌توان از مثال قبل استفاده کرد.

یادآوری ۱۵- عدم قطعیت مربوط به ۷-۴-۱ که در آن پروب پایشگری به کار رفته و محدودیت جریان اعمال شده است در پیوست خ در نظر گرفته نشده است. در این مورد مقدار U_o دیگر مانند مقدار تعیین شده در رویه تنظیم سطح نیست و به مقدار نامعلومی کاهش می‌یابد بنا براین در این مورد هیچ عدم قطعیتی نمی‌توان به آن تخصیص داد.

AETERM: اثر مقاومت ظاهری AE که بهتر است در ۱۵۰ اهم حفظ شود. انحرافات از این مقدار اثر چشم‌گیری به ویژه در گستره بسامد پایین (زیر ۱۰ MHz) دارد که راستاوری گیره EM ضعیف است. در این مورد، اثرگذاری AETERM بر بودجه عدم قطعیت بزرگ‌تر از مقدار عددی به کار رفته در مثال‌های این جا است. برای بسامدهای بالای ۱۰ MHz مقدار کم‌تری به‌کار می‌رود.

این اثرگذاری را می‌توان با استفاده از تحلیل‌گر شبکه به طور تجربی بررسی کرد. ضریب تزویج گیره را می‌توان برای مقاومت ظاهری AE برابر با ۱۵۰ اهم اندازه‌گیری کرد و با مقاومت ظاهری های مختلف AE مقایسه کرد.

تابع مدل فرایند تنظیم سطح ولتاژ گیره جریان (تمام کمیت‌ها به واحدهای لگاریتمی است):

$$U_0 = U_{\mathrm{LMc}} + 15{,}6\ \mathrm{dB} + \delta LM_c + \delta RCAL + \delta JIG + \delta SW_c + \delta ML$$

شرح عوامل اثرگذار:

U_{LMc}: میزان ولتاژ U_{mr} نشان داده شده توسط توان سنج به‌طور مستقیم یا تبدیل شده به dB(µV)

یادآوری ۱۶- سایر نمادها در شرح اصطلاحات زیر آمده است.

تابع مدل فرایند آزمون گیره جریان (تمام کمیت‌ها به واحدهای لگاریتمی است):

$$U_0 = U_x + 20\ \log\ (6/5) + \delta LMC_t + \delta CAL + \delta SW_t + \delta AETERM$$

$$U_x = U_{\mathrm{LMc}} + 20\log\ (5)$$

یادآوری ۱۷- نمادها در شرح اصطلاحات زیر آمده است.

جدول خ-۵- فرایند تنظیم سطح گیره جریان

نماد	منبع عدم قطعیت x_i	$U(x_i)$	واحد	توزیع	مقسوم علیه	$u(x_i)$	واحد	c_i	$u_i(y)$	واحد	$u_i(y)^2$
δRCAL	مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم، انحراف	۰/۳	dB	مستطیلی	۱/۷۳	۰/۱۷	dB	۱	۰/۱۷	dB	۰/۰۳
	مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم، واسنجی‌سازی	۰/۲	dB	عادی K=2	۲	۰/۱۰	dB	۱	۰/۱۰	dB	۰/۰۱
δJIG	بست آزمون	۰/۵	dB	عادی K=1	۱	۰/۵۰	dB	۱	۰/۵۰	dB	۰/۲۵
δLM_c	سطح‌سنج	۰/۵	dB	مستطیلی	۱/۷۳	۰/۲۹	dB	۱	۰/۲۹	dB	۰/۰۸
δSW_c	دقت سطح‌بندی SW	۰/۳	dB	مستطیلی	۱/۷۳	۰/۱۷	dB	۱	۰/۱۷	dB	۰/۰۳
δLM_c (12,13)	سنجه سطح در حلقه واپایش	۰	dB	مستطیلی	۱/۷۳	۰/۰۰	dB	۱	۰/۰۰	dB	۰/۰۰
δTG_c (12,13)	مولد آزمون	۰	dB	مستطیلی	۱/۷۳	۰/۰۰	dB	۱	۰/۰۰	dB	۰/۰۰
δMT_c (14)	گیره /مولد آزمون عدم انطباق	۰	dB	به شکل U	۱/۴۱	۰/۰۰	dB	۱	۰/۰۰	dB	۰/۰۰
δML	گیره سطح سنج عدم انطباق	۰/۵	dB	به شکل U	۱/۴۱	۰/۳۵	dB	۱	۰/۳۵	dB	۰/۱۳
									$\Sigma u_i(y)^2$		۰/۵۳
									$u(y) = \sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$	عدم قطعیت ترکیبی	۰/۷۳
									U=u(y)×k,k=2 (CAL)	عدم قطعیت گسترده	۱/۴۶ dB

جدول خ-۶: فرایند آزمون گیره جریان

نماد	منبع عدم قطعیت x_i	$U(x_i)$	واحد	توزیع	مقسوم علیه	$u(x_i)$	واحد	c_i	$u_i(y)$	واحد	$u_i(y)^2$
δCAL	واسنجی‌سازی	۱٫۴۶	dB	عادی K=2	۲	۰٫۷۳	dB	۱	۰/۷۳	dB	۰٫۵۳
$\delta LMC_t(12,13)$	سنجه سطح در حلقه واپایش	۰٫۳	dB	مستطیلی	۱٫۷۳	۰٫۱۷	dB	۱	۰/۱۷	dB	۰٫۰۳
δTG_c (12,13)	مولد آزمون	۰	dB	مستطیلی	۱٫۷۳	۰٫۰۰	dB	۱	۰/۰۰	dB	۰٫۰۰
δMT_t (14)	گیره /مولد آزمون عدم انطباق	۰	dB	به شکل U	۱٫۴۱	۰٫۰۰	dB	۱	۰/۰۰	dB	۰٫۰۰
δSW_t	دقت سطح‌بندی SW	۰٫۳	dB	مستطیلی	۱٫۷۳	۰٫۱۷	dB	۱	۰/۱۷	dB	۰٫۰۳
δAETERM	پایاندهی AE	۲٫۵	dB	مستطیلی	۱٫۷۳	۱٫۴۵	dB	۱	۱/۴۵	dB	۲٫۰۹
									$\Sigma u_i(y)^2$		۲٫۶۸
									عدم قطعیت ترکیبی $u(y) = \sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$		۱٫۶۴
									عدم قطعیت گسترده U=u(y)×k,k=2		**۳٫۲۷ dB**

یادآوری ۱۸- بر اساس آن که حلقه واپایش سطح خروجی تقویت‌کننده و مولد نشانک به کار رود یا نرود اثرات (LMC) [1] یا مولد آزمون (TG) [2] وارد جداول خ-۵ و خ-۶ برای تنظیم سطح و/یا آزمون می‌شود. در این مثال، مولد آزمون اثری در بودجه عدم قطعیت ندارد زیرا بخشی از حلقه واپایش است. اثر حلقه واپایش با سنجه سطح برقرار می‌شود(همچنین به یادآوری ۱۹ مراجعه شود). اما مولد آزمون در جداول خ-۳ و خ-۴ گنجانده شده است تا به آزمایشگاه یادآوری شود که می‌توانند بر اساس چیدمان خاص خودشان برای آزمایش به این موضوع توجه کنند. در این مورد تحلیل مفصل‌تر نقش TG لازم است. به توضیح اصطلاحات مراجعه شود.

1_
2_

یادآوری ۱۹- اگر برای تنظیم و آزمایش سطح تجهیزات مشابهی به‌کار رود آن‌گاه فقط سهم خطی بودن و تکرارپذیری جدول ۴ برای فرایند آزمون وارد می‌شود. از سهم تنظیم سطح می‌توان صرف‌نظر کرد.

یادآوری ۲۰- اگر برای تنظیم و آزمایش سطح مدار مشابهی به کار رود آن‌گاه این اثرات وارد جداول خ-۵ و خ-۶ نمی‌شوند.

توضیح اصطلاحات:

کاربرد چند اصطلاح اصولاً مانند مثال قبل است (مثلاً روش CDN) که در این جا شرح آنها نیامده و می‌توان از مثال قبل استفاده کرد.

یادآوری ۲۱- عدم قطعیت مربوط به ۷-۴-۱ که در آن پروب پایشگری به کار رفته و محدودیت جریان اعمال شده است در پیوست خ در نظر گرفته نشده است. در این مورد مقدار U_o دیگر مانند مقدار تعیین شده در رویه تنظیم سطح نیست و به مقدار نامعلومی کاهش می‌یابد بنا براین در این مورد هیچ عدم قطعیتی نمی‌توان به آن تخصیص داد.

JIG – ترکیب عدم‌قطعیت‌های ناشی از بست آزمون. این اثرگذاری را می‌توان از آزمون‌های تکرارپذیری در شرایط متغیر به دست آورد یا مانند مثال بر اساس تجربه تخمین زد.

تابع مدل فرایند تنظیم سطح ولتاژ تزریق مستقیم(تمام کمیت‌ها با واحد لگاریتمی):

$$U_0 = U_{\mathrm{LMc}} + 15{,}6\ \mathrm{dB} + \delta LM_c + \delta RCAL + \delta SETUP + \delta SW_c + \delta ML$$

توضیح عوامل اثرگذار:

U_{LMc} شناسه ولتاژ U_{mr} از توان سنج به طور مستقیم یا تبدیل شده به dB(µV)

یادآوری ۲۲- سایر نمادها در توضیح اصطلاحات زیر آمده است.

تابع مدل فرایند آزمون تزریق مستقیم(تمام کمیت‌ها با واحد لگاریتمی):

$$U_0 = U_x + 20\ \log\ (6/5) + \delta LMC_t + \delta CAL + \delta SW_t + \delta DD$$

$$U_x = U_{\mathrm{LMc}} + 20\log\ (5)$$

یادآوری ۲۳- سایر نمادها در توضیح اصطلاحات زیر آمده است.

جدول خ-۷- فرایند تنظیم سطح تزریق مستقیم

نماد	منبع عدم قطعیت xi	U(xi)	واحد	توزیع	مقسوم علیه
δRCAL	مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم، انحراف	۰/۳	dB	مستطیلی	۱/۷۳
	مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم، واسنجی‌سازی	۰/۲	dB	عادی K=2	۲
δSETUP	چیدمان تنظیم سطح	۰/۵	dB	عادی K=1	۱
δRCAL	مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم، انحراف	۰/۳	dB	مستطیلی	۱/۷۳
	مبدل ۱۵۰ اهم به ۵۰ اهم، واسنجی‌سازی	۰/۲	dB	عادی K=2	۲
δSETUP	چیدمان تنظیم سطح	۰/۵	dB	عادی K=1	۱
δLM_c	سنجه سطح	۰/۵	dB	مستطیلی	۱/۷۳
δSW_c	دقت سطح‌بندی SW	۰/۳	dB	مستطیلی	۱/۷۳
δLM_c (16,17)	سنجه سطح در حلقه واپایش	۰	dB	مستطیلی	۱/۷۳
δTG_c (16,17)	مولد آزمون	۰	dB	مستطیلی	۱/۷۳
δMT_c (18)	مولد آزمون عدم انطباق/CDN	۰	dB	به شکل U	۱/۴۱
δML	سنجه سطح عدم انطباق/CDN	۰/۵	dB	به شکل U	۱/۴۱
				$\Sigma u_i(y)^2$	۰/۵۳
				عدم قطعیت ترکیبی $u(y) = \sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$	۰/۷۳

جدول خ-۸- فرایند آزمون گیره جریان

نماد	منبع عدم قطعیت x_i	$U(x_i)$	واحد	توزیع	مقسوم علیه	$u(x_i)$	واحد	c_i	$u_i(y)$	واحد	$u_i(y)^2$
δCAL	واسنجی‌سازی	۱٫۴۶	dB	عادی K=2	۲	۰٫۷۳	dB	۱	۰٫۷۳	dB	۰٫۵۳
$\delta LMC_t(16,17)$	سنجه سطح در حلقه واپایش	۰٫۳	dB	مستطیلی	۱٫۷۳	۰٫۱۷	dB	۱	۰٫۱۷	dB	۰٫۰۳
δTG_c (16,17)	مولد آزمون	۰	dB	مستطیلی	۱٫۷۳	۰٫۰۰	dB	۱	۰٫۰۰	dB	۰٫۰۰
δMT_t (18)	گیره /مولد آزمون بدون انطباق	۰	dB	به شکل U	۱/۴۱	۰٫۰۰	dB	۱	۰٫۰۰	dB	۰٫۰۰
δSW_t	دقت سطح‌بندی SW	۰٫۳	dB	مستطیلی	۱٫۷۳	۱٫۱۷	dB	۱	۰٫۱۷	dB	۰٫۰۳
δDD	افزاره‌های بدون تزویج	۲٫۳	dB	مستطیلی	۱٫۷۳	۱٫۳۳	dB	۱	۱٫۳۳	dB	۱٫۷۷
									$\Sigma u_i(y)^2$		۲٫۳۶
									$u(y) = \sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$ عدم قطعیت ترکیبی		۱٫۵۴
									U=u(y)×k,k=2 عدم قطعیت گسترده		**۳٫۰۷ dB**

یادآوری ۲۴- بر اساس آن که حلقه واپایش سطح خروجی تقویت‌کننده و مولد نشانک به کار رود یا نرود اثرات LMC یا مولد آزمون (TG) وارد جداول خ-۷ و خ-۸ برای تنظیم سطح و/یا آزمون می‌شود. در این مثال، مولد آزمون اثری در بودجه عدم قطعیت ندارد زیرا بخشی از حلقه واپایش است. اثر حلقه واپایش با سنجه سطح برقرار می‌شود (همچنین به یادآوری ۲۵ مراجعه شود). اما مولد آزمون در جداول خ-۳ و خ-۴ آمده است تا به آزمایشگاه یادآوری شود که می‌توانند بر اساس چیدمان خاص خود آنها برای آزمایش به این موضوع توجه کنند. در این مورد تحلیل مفصل‌تر نقش TG لازم است. به توضیح اصطلاحات مراجعه شود.

یادآوری ۲۵- اگر برای تنظیم و آزمایش سطح تجهیزات مشابهی به کار رود آن گاه فقط سهم خطی بودن و تکرارپذیری وارد جدول ۸ برای فرایند آزمون می‌شود. از سهم تنظیم سطح می‌توان صرف‌نظر کرد.

یادآوری ۲۶- اگر برای تنظیم و آزمایش سطح مدار مشابهی به‌کار رود آن گاه این اثرات وارد جداول خ-۷ و خ-۸ نمی‌شوند.

توضیح اصطلاحات:

کاربرد چند اصطلاح اصولاً مانند مثال‌های قبل است (مثلاً روش CDN) که در این جا شرح آنها نیامده و بهتر است از مثال‌های قبل استفاده کرد.

DD – ترکیب عدم‌قطعیت ناشی از افزاره‌های عدم‌تزویج و پایاندهی AE. در عدم‌تزویج مطلوب اثرات ناشی از پایاندهی AE کم‌تر است اما در عدم‌تزویج ضعیف این اثرات قوی است. این اثرگذاری را می‌توان از مقاومت ظاهری عنصر عدم‌تزویج محاسبه کرد.

خ-۴ تبیین بدون قطعیت اندازه‌گیری محاسبه‌ای و کاربرد آن

عدم قطعیت اندازه‌گیری بر حسب واحدهای لگاریتمی محاسبه می‌شود تا با اثرات عدم‌قطعیت در عدم‌قطعیت سطح آزمون (مثلاً مشخصات دامنه ولت‌سنج و واسنجی‌سازی اتلاف جاگذاری مبدل) که معمولاً بر حسب dB است همگن باشد. بنابراین بهترین تخمین نیز باید بر حسب واحدهای لگاریتمی بیان شود.(مثلاً dB(µV)).

گزارش سطح آزمون ولتاژ باید بر حسب بهترین برآورد ولتاژ و عدم قطعیت گسترده آن باشد. بهترین برآورد باید میانگین ولتاژ U_0 در گستره بسامدی مربوطه باشد.

مثالی از نمایش عدم قطعیت اندازه‌گیری در مثال زیر آمده است:

بر حسب واحدهای لگاریتمی:

$$U_0 = 129{,}5\ \text{dB}(\mu\text{V}) \pm 1{,}36\ \text{dB}$$ (مثال تزریق CN)

که در مقیاس خطی متناظر است با:

$U0 = 3\ \text{V} + (17\ \%) - (14{,}5\ \%)$

عدم قطعیت محاسبه‌ای را به منظورهای مختلف مثلاً طبق استانداردهای محصول یا برای اعتباردهی آزمایشگاه می‌توان به‌کار برد. استفاده از نتیجه این محاسبه برای تنظیم سطح آزمون اعمالی به EUT طی فرایند آزمون مورد نظر نیست. استفاده از آن برای ارزیابی الزامات رواداری ولتاژ طبق تعریف ۶-۴ هم مدنظر نیست.

خ-۵ کتاب‌نامه

[1] IEC/TR 61000-1-6:2012, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1-6: General – Guide to the assessment of measurement uncertainty*

[2] UKAS, M3003, Edition 2:2007, *The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement*, www.ukas.com

[3] ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995)*

پیوست چ

(آگاهی‌دهنده)

اندازه‌گیری مقاومت ظاهری AE

چ-۱ کلیات

اطلاعات چگونگی اندازه‌گیری مقاومت ظاهری حالت مشترک AE عمومی وقتی با EUT استفاده شده است در پیوست چ آمده است. جزییات چیدمان آزمون EUT در متن اصلی استاندارد آمده است. اگر واحد AE خاصی همیشه با EUT به کار رود طی آزمون هم به کار رود. در مورد دوم، AE را بخشی از EUT قلمداد می‌کنند و از الزامات مقاومت ظاهری زیر مستثنا است.

مثال‌هایی از چگونگی اندازه‌گیری مقاومت ظاهری AE و اطلاعات بیش‌تر در مورد تقریب مقاومت ظاهری حالت مشترک AE به مقاومت ظاهری مطلوب ۱۵۰ اهم در پیوست چ آمده است.

چ-۲ مقاومت ظاهری حالت مشترک

چ-۲-۱ الزامات مقاومت ظاهری

طبق شرح چیدمان‌های آزمون در بندهای ۶ و۷، مقاومت ظاهری AE بهتر است ترجیحاً الزامات مقاومت ظاهری جدول ۳ (برای راحتی در جدول چ-۱ تکرار شده است) را برآورده سازد.

جدول چ-۱- الزامات مقاومت ظاهری AE

پارامتر	باند بسامدی	
	۰٫۱۵MHz-۲۴MHz	۲۴MHz-۸۰MHz
$\lvert Z_{ce} \rvert$	۱۵۰Ω ± ۲۰Ω	+۶۰ Ω ۱۵۰ Ω -۴۵ Ω
یادآوری- هنگام آزمایش طبق ۷-۷ احتمال دارد مقاومت ظاهری AE کم‌تر از مقدار مشخص شده در جدول باشد. برای اطلاعات بیش‌تر راجع به پایشگری جریان طی تزریق با گیره به ۷-۷ مراجعه شود.		

چ-۲-۲ چیدمان اندازه‌گیری با استفاده از تحلیل‌گر مقاومت ظاهری

مقاومت ظاهری AE را با استفاده از چیدمان شکل ۸- ب این استاندارد اندازه‌گیری می‌کنند. تمام سیم‌های کابل AE به هم وصل هستند تا مقاومت ظاهری کمی در بسامدهای بالا (خیلی کم‌تر از ۱۵۰ اهم در بسامد بزرگ‌تر از KHz ۱۵۰) و به تحلیل‌گر شبکه مقاومت ظاهری وصل هستند. باید توجه داشت که طی آزمون،

AE باید کار کند و به منبع اصلی تغذیه و AE دیگر(در صورت وجود) وصل باشد. AE ممکن است نتواند در کابلی که تحلیل‌گر مقاومت ظاهری به آن وصل است به طور عادی کار کند.

یادآوری- باید توجه داشت که AE و تحلیل‌گر مقاومت ظاهری وقتی که سیم‌های کابل AE به هم وصل هستند بر اثر جریانها /ولتاژها زیاد بالقوه آسیب نبیند. می‌توان اتصال‌ها را از طریق خازن‌هایی با ظرفیت کمینه ۲۰ نانو فاراد برقرار کرد.

چ-۲-۳ اندازه‌گیری با استفاده از چیدمان واسنجی‌سازی سطح

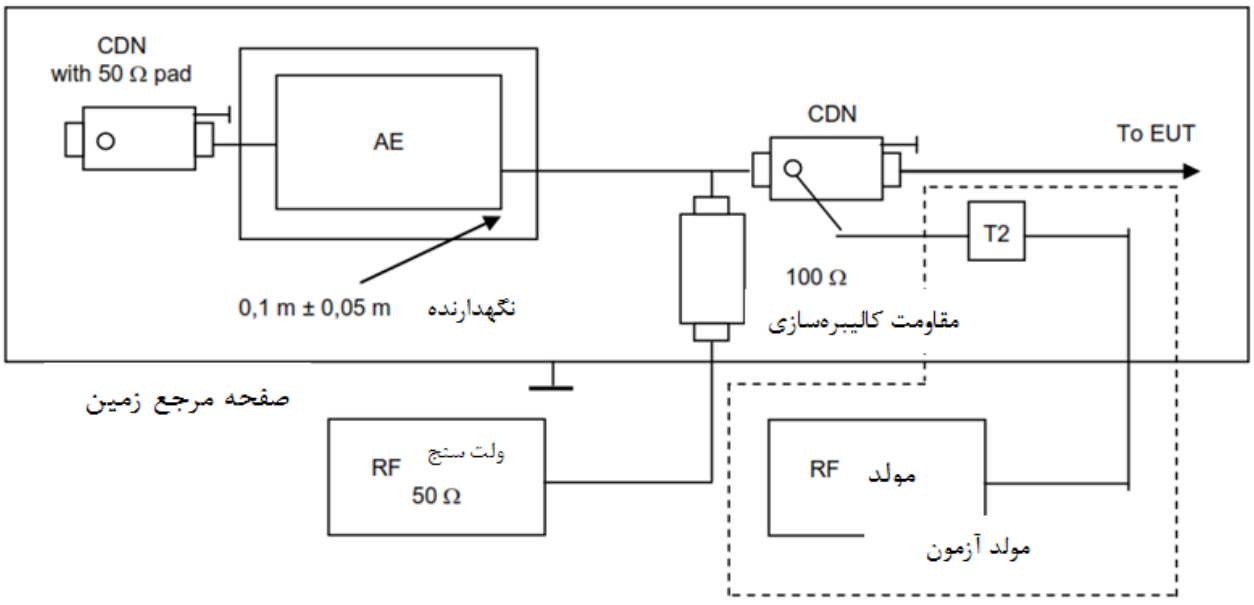
مقاومت ظاهری AE را نیز می‌توان با استفاده از چیدمان تنظیم سطح شکل ۹پ اندازه‌گیری کرد. در این مورد، AE به طور موازی به CDN مناسب و به طور سری به مقاومت واسنجی‌سازی ۱۰۰ اهمی و مقاومت ظاهری ۵۰ اهمی ولت‌سنج وصل است.

اطلاعات چیدمان عملی و عملکرد AE طی اندازه‌گیری‌هایی در چ-۲-۲ آمده است.

مقاومت ظاهری AE از تغییر نسبت تقسیم ولتاژ در قیاس باU_0 به علت بارگذاری AE به دست می‌آید. حدود ولتاژ قرائت شده از ولت‌سنج ۵۰ اهمی در جدول چ-۲ آمده است. به شکل چ-۱ مراجعه شود.

جدول چ-۲ نسبت‌های تقسیم ولتاژ به دست آمده برای اندازه‌گیری‌های مقاومت ظاهری AE

	باند بسامدی	
پارامتر	۰٫۱۵MHz-۲۴MHz	۲۴MHz-۸۰MHz
Ideal ($\|Z_{ce}\|$ = 150 Ω)	$0{,}111 \times U_0$ (-19,1 dB)	$0{,}111 \times U_0$ (-19,1 dB)
حد ولتاژ بالا	$0{,}116 \times U_0$ (-18,7 dB)	$0{,}123 \times U_0$ (-18,2 dB)
حد ولتاژ پایین	$0{,}106 \times U_0$ (-19,5 dB)	$0{,}097 \times U_0$ (-20,2 dB)
یادآوری- در مقادیر نامی جدول چ۲ عدم قطعیت اندازه‌گیری در نظر گرفته نشده است و تمام مقاومت‌های ظاهری مقاومت‌های خالص فرض شده‌اند. آن‌ها رهنمود هستند نه الزام		



شکل چ-۱- اندازه‌گیری مقاومت ظاهری با استفاده از ولت‌سنج

چ-۲-۴ اندازه‌گیری با استفاده از چیدمان پروب جریان

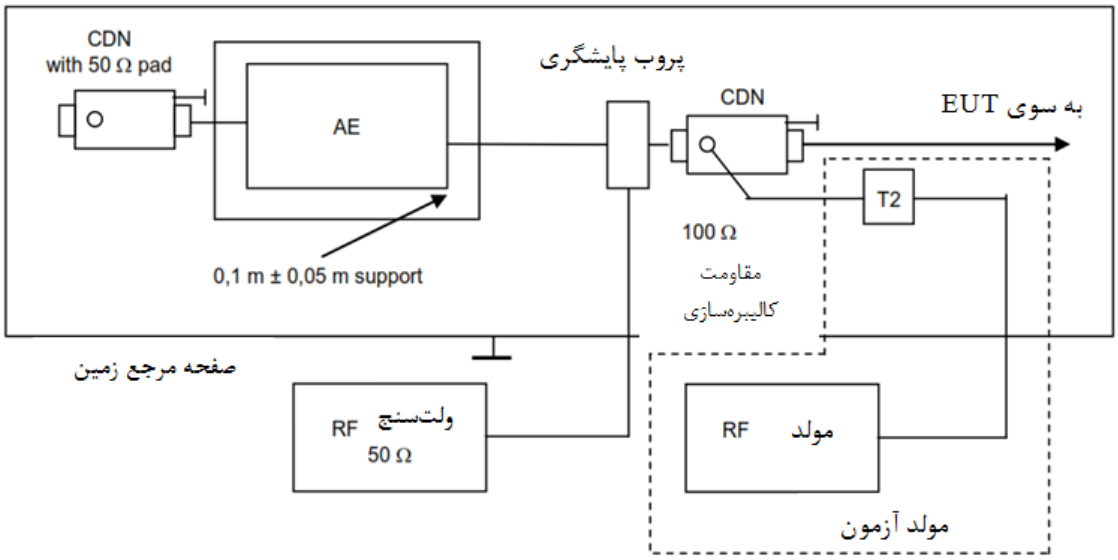
مقاومت ظاهری AE را نیز می‌توان با استفاده از پروب پایشگری جریان ذکر شده در ۷-۷ اندازه‌گیری کرد. در این مورد، AE به طور موازی به CDN مناسب وصل است و جریان گذری از CDN تزریق پایشگری می‌شود و با جریان انتظاری از مقاومت ظاهری مطلوب ۱۵۰ اهم AE مقایسه می‌شود.

مقاومت ظاهری AE را می‌توان با استفاده از چیدمان تنظیم سطح شکل چ-۲ اندازه‌گیری کرد. باید توجه داشت که طی اندازه‌گیری، AE باید کار کند و به منبع اصلی برق و AE دیگر(در صورت وجود) وصل باشد. AE ممکن است نتواند در کابل نشانک به طور عادی کار کند زیرا CDN ممکن است بر انتقال نشانک کارکردی بین AE و EUT اثر بگذارد.

مقاومت ظاهری AE از تغییر نسبت تقسیم ولتاژ از سطح آزمون U_0 به علت بارگذاری AE به دست می‌آید. حدود ولتاژ قرائت شده از ولت‌سنج ۵۰ اهمی در جدول چ-۳ آمده است. لازم به ذکر است که این اعداد برای پروب مطلوب جریان داده شده است که دارای ضریب تبدیل 0 dB(V/A) است. اگر ضریب مبدل پروب برابر 0 dB(V/A) نباشد ولتاژ قرائت شده را باید برای ضریب تبدیل واقعی اصلاح کرد.

جدول چ-۳ نسبت‌های ولتاژ به دست آمده برای اندازه‌گیری‌های مقاومت ظاهری AE

	باند بسامدی	
پارامتر	۰٫۱۵MHz-۲۴MHz	۲۴MHz-۸۰MHz
$\lvert Z_{ce}\rvert$	150 Ω ± 20 Ω	150 Ω $^{+60\Omega}_{-45\Omega}$
مطلوب ($\lvert Z_{ce}\rvert$ = 150 Ω) (به فرض آن که ضریب مبدل پروب 0dB باشد)	0,003 333 × U_0 (-49,5 dB)	0,003 333 × U_0 (-49,5 dB)
حد بالای جریان(به فرض آن که ضریب مبدل پروب0dB باشد)	0,003 571 × U_0 (-48,9 dB)	0,003 922 × U_0 (-48,1 dB)
حد پایین جریان(به فرض آن که ضریب مبدل پروب0dB باشد)	0,003 125 × U_0 (-50,1 dB)	0,002 778 × U_0 (-51,1 dB)
یادآوری- در مقادیر نامی جدول چ۳ عدم قطعیت اندازه‌گیری در نظر گرفته نشده است و تمام مقاومت ظاهری‌ها مقاومت‌های خالص فرض شده‌اند. آن‌ها رهنمود هستند نه الزام		



شکل چ-۲ اندازه‌گیری مقاومت ظاهری با استفاده از پروب جریان

چ-۳ رهنمود فراهم‌سازی مقاومت ظاهری AE مطلوب

هدف از به‌کارگیری AE عمومی و حصول مقاومت ظاهری حالت مشترک AE مطلوب ۱۵۰ اهم رسیدن به قابلیت تکرارپذیری آزمون EUT است.

وقتی CDN قابل اعمال نباشد AE بهتر است دارای حالت مشترک ۱۵۰ اهم باشد تا نتایج درست و قابل تکرار باشد. وقتی کابل‌های AE متصل به EUT دارای خواص زیر باشند می‌توان به این وضعیت رسید:

- اگر کابل پوشش‌دار باشند پوشش به بدنه فلزی AE (یا صفحه زمین PBC) وصل باشد.
- یا کابل پوشش‌دار نباشند برخی سیم‌ها به بدنه وصل باشند یا با تزویج خازنی قوی به بدنه وصل باشند یا به صفحه زمین PBC وصل باشند.

پیشنهادهای زیر برای برقرارسازی مقاومت ظاهری ۱۵۰ اهم با استفاده از AE دارای بدنه فلزی ارایه شده است:

- وصل کردن بدنه AE به صفحه زمین مرجع از طریق مقاومت ۱۵۰ اهم
- تامین توان AE با استفاده از مبدل جداسازی دارای ظرفیت خازنی کم(کم‌تر از ۱۰۰ پیکوفاراد) متصل به شبکه برق. سیم اتصال محافظ اتصال به زمین نباید مستقیماً به زمین وصل باشد. به دلایل مربوط به ایمنی می‌توان از سیم‌پیچ بسامد رادیویی بزرگ‌تر از ۲۸۰ میکروهانری استفاده کرد. اگر منبع تغذیه‌ی جریان مستقیم (با جداسازی گالوانیزه‌ای) لازم باشد یا باتری به کار رود از رویه مشابهی می‌توان بهره گرفت.
- در صورت امکان از چند کابل خارجی استفاده شود.
- دسته کردن کابل‌های AE نزدیک به AE و قراردهی AE روی عایق ۳۰۰ mm به منظور کاهش تزویج به صفحه زمین مرجع
- استفاده از مبدل‌های نشانک نوری برای اتصال به AE دیگر.

پیشنهادهای زیر برای برقرارسازی مقاومت ظاهری ۱۵۰ اهم با استفاده از AE در جایی که بدنه از جنس مواد نارسانا باشد ارایه شده است:

- وصل کردن محافظ کابل پوشش‌دار به صفحه زمین مرجع از طریق مقاومت ۱۵۰ اهم یا وصل کردن صفحه‌ی زمین PCB به صفحه زمین مرجع از طریق مقاومت ۱۵۰ اهمی
- وصل کردن تمام سیم‌های کابل AE به نقطه‌ای مشترک از طریق خازن‌ها و وصل کردن آن نقطه به صفحه زمین مرجع از طریق مقاومت۱۵۰اهمی. بهتر است توجه داشت که AE وقتی که سیم‌های کابل AE به هم وصل هستند بر اثر جریان‌ها/ ولتاژها بالقوه زیاد آسیب نبیند. می‌توان اتصال‌ها را از طریق خازن‌هایی با ظرفیت کمینه ۲۰ نانو فاراد برقرار کرد.

اگر علی‌رغم اقدامات فوق نتوان به شرط $Z_{AE} \leq 150\Omega$ دست یافت آن‌گاه در صورت امکان با اعمال شبکه‌های CDN پایان‌یافته دیگری به AE می‌توان Z_{AE} را کاهش داد. همچنین به یادآوری جدول چ-۱ مراجعه شود.

پیوست د

(آگاهی‌دهنده)

تزریق درگاه به درگاه

د-۱ کلیات

وقتی تزریق روی یک درگاه باشد و درگاه مشابه دیگری پایاندهی شده باشد تجربه نشان داده است که برخی EUTهای خاص ممکن است با حساسیت بیشتری به نشانک‌های بسامد رادیویی واکنش نشان ندهند. کمیته‌های محصول ممکن است تصمیم بگیرند که به جای رویه این استاندارد از روش شرح داده شده در این پیوست استفاده کنند.

در این پیوست اطلاعات آزمون درگاه‌هایی ارائه شده است که در یک EUT چندین مورد مشابه از آن‌ها هست. در این پیوست روش تزریقی معرفی شده است که در آن نشانک بسامد رادیویی به یکی از این درگاه‌های مشابه تزریق شده است و مقاومت ظاهری پایاندهی روی یکی دیگر از این درگاه‌ها نصب شده است به‌جای درگاه انتخابی بر اساس بند ۷-۵ این آزمون مکمل موارد آزمون مشخص شده در بند ۷-۵ است و برای ارزیابی مصونیت EUT در برابر نشانک‌های RF القایی به یک درگاه و جریان یافته در درگاه مشابه دیگر به کار می‌رود.

شبکه محلی (اترنت و غیره)، ورودی‌های دمایی ۱۰۰PT، ورودی‌ها/خروجی‌های قیاسی و رقمی و ورودی‌های شمارنده سرعت‌سنج از جمله مثال‌های درگاه‌های مشابه هستند.

د-۲ چیدمان آزمون تزریق به درگاه‌های مشابه

د-۲-۱ انتخاب درگاه‌ها

تزریق بین دو نوع درگاه مشابه انجام می‌گیرد. دو درگاه انتخابی برای آزمون دو درگاهی هستند که به لحاظ فیزیکی تا حد امکان هر چه نزدیک‌تر به هم باشند. ممکن است چندین گروه از مجموعه‌های مشابه درگاه‌ها در EUT وجود داشته باشد و در چنین مواردی هر نوع درگاه مجموعه‌هایی برای آزمون انتخاب می‌شوند.
یادآوری: ممکن است کمیته محصول مشخص کرده باشد که آزمون فقط برای انواع خاصی از کابل یا واسط لازم باشد یا فقط برای درگاه‌های دارای کابل هایی با طولی بیش از حد مشخصی انجام شود.
پیوست د فقط به چنین درگاه‌هایی اعمال می‌شود که برای آزمون انتخاب شده‌اند.

د-۲-۲ رویه تزریق درگاه به درگاه

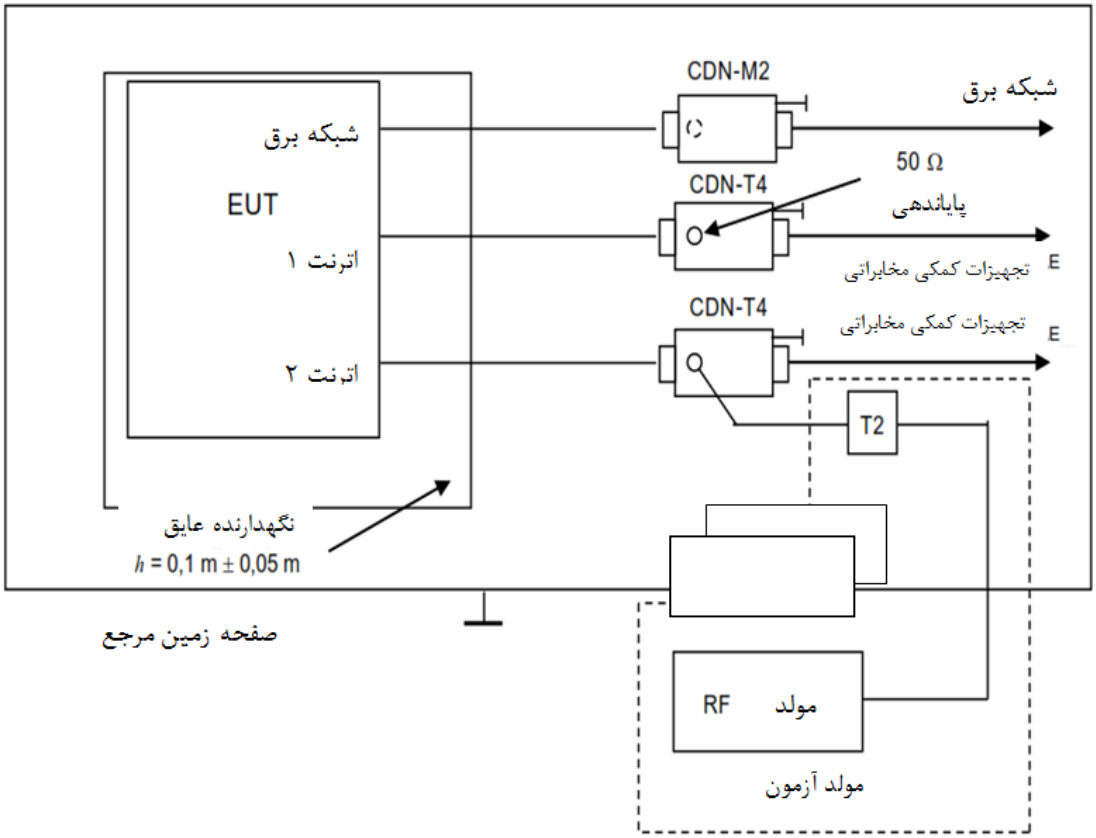
یک درگاه به عنوان درگاه تزریق انتخاب می‌شود و دیگری به عنوان درگاه پایاندهی که مقاومت پایاندهی ۵۰ اهم را به CDN وصل می‌کند. به شکل د-۱ مراجعه شود.

طبق متن اصلی این استاندارد، تمام دیگر درگاه‌های EUT مجهز به شبکه‌های CDN هستند که نقش افزاره‌های عدم‌تزویج را ایفا می‌کنند و طبق متن اصلی این استاندارد پایانگاه ۵۰ اهم وصل نیست.

اگر انواع بیشتری از درگاه‌ها در مورد دستگاه تحت آزمون وجود داشته باشد آزمون روی مجموعه‌ای از این انواع باقی‌مانده درگاه نیز تکرار می‌شود.

اگر نتوان روی درگاه‌های مشابه با استفاده از شبکه‌های CDN آزمون انجام داد قواعد عمومی بند ۷ در مورد تزریق به درگاه‌های مشابه اعمال می‌شود. رهنمودانتخاب روش تزریق در شکل ۱۲ آمده است.

آزمون درگاه‌ها و رسیدگی به نتایج آزمون طبق شرح متن اصلی این استاندارد انجام می‌شود.



شکل د-۱ مثالی از چیدمان تزریق درگاه به درگاه

پیوست ذ

(آگاهی‌دهنده)

فشرده‌سازی و غیرخطی بودن تقویت‌کننده

ذ-۱ هدف محدودسازی اعوجاج تقویت‌کننده

غیرخطی بودن تقویت‌کننده می‌تواند بر روی عدم قطعیت نشانک اختلال اعمالی به EUT تأثیر بگذارد. هدف آن است که غیرخطی بودن تقویت کننده آن قدر کم باشد که در عدم قطعیت تأثیر نداشته باشد. هدف از این پیوست کمک به آزمایشگاه‌های آزمون در فهم و محدودسازی اعوجاج تقویت‌کننده است.

ذ-۲ مشکلات محتملی ناشی از هم آهنگ‌ها و اشباع

بهره‌برداری از تقویت‌کننده در حالت اشباع فرانامه‌های زیر را نتیجه می‌دهد:

الف- هم آهنگ ها ممکن است اثر چشم‌گیری بر مقادیر اندازه‌گیری شده طی واسنجی‌سازی سطح آزمون بگذارند زیرا توان‌سنج، توان کل یعنی هم توان اصلی و هم آهنگ‌ها را اندازه‌گیری می‌کند. مثلاً فرض کنید هم آهنگ‌های دوم و سوم ۱۵ dB پایین‌تر از بسامد اصلی در پایانه ورودی گیره EM باشد و همه هم آهنگ‌های دیگر قابل چشم‌پوشی باشند. همچنین فرض کنید ضریب موثر گیره EM در بسامد هم‌آهنگ سوم ۵ dB کم‌تر از بسامد اصلی باشد. در این صورت سطح ولتاژ بسامد اصلی فقط ۱۰ dB بیش‌تر از سطح هم آهنگ سوم خواهد بود. اگر دامنه‌ی کل اندازه‌گیری شده ۱۰ ولت باشد سهم بسامد اصلی فقط ۹٫۵ V خواهد بود. این خطا به شرطی قابل قبول خواهد بود که کم‌تر از عدم قطعیت واسنجی‌سازی گیره EM باشد. افزاره‌های بسامدگزین مثل تحلیل‌گر طیف این خطا در اندازه‌گیری را ندارند.

ب- جایی که EUT در بسامد اصلی مورد نظر مقاوم باشد اما در بسامد هم آهنگ مقاوم نباشد هم آهنگ‌ها ممکن است باعث ایجاد خرابی درEUT شوند. این ایراد نادرست ممکن است به طور نادرست ثبت شود و به طراحی مجدد نادرست منتج شود.

پ- هم آهنگ‌ها حتی اگر در موقعیت‌های خاص به خوبی هم حذف شده باشند ممکن است بر نتیجه آزمون اثر بگذارند. مثلاً اگر گیرنده ۶۰ MHZ تحت آزمون باشد حتی هم آهنگ خیلی ضعیف نشانک ۲۰ MHZ هم می‌تواند بر ورودی گیرنده بارگذاری اضافی شود. اگر خروجی مولد نشانک هم دارای نشانک‌های غیرهم‌آهنگ مرتبط باشد همین فرانامه رخ می‌دهد. برای حفاظت از EUTهای حساس می‌توان از پالایه‌های پایین‌گذر یا میان‌نگذر خاص استفاده کرد.

ت- اشباع بدون هم‌آهنگ‌های قابل اندازه‌گیری هم رخ می‌دهد. اگر تقویت‌کننده دارای پالایه خروجی پایین‌گذر باشد که هم‌آهنگ‌ها را حذف می‌کند چنین حالتی رخ می‌دهد و/یا مدار داخلی و فناوری تلفیق‌کننده می‌تواند هم‌آهنگ‌ها را در لبه‌های باند حذف کند. این وضعیت نیز ممکن است نتایج نادرست را در پی داشته باشد.

۱- اگر این حالت طی واسنجی‌سازی رخ دهد داده‌های واسنجی‌سازی اشتباهی به دست می‌آید زیرا در الگوریتم شرح داده شده در ۶-۴-۲ فرض غیرخطی بودن به کار رفته است.
۲- این نوع اشباع طی آزمون به نمایه مدوله‌سازی نادرست و هم آهنگ‌های بسامد مدوله‌سازی (به طور معمول ۱ KHz) منجر خواهد شد.
از مثال‌های بالا روشن است که برای اعوجاج تقویت‌کننده نمی‌توان حد عددی تعیین کرد زیرا اثر اعوجاج به نوع EUT آزمون شده وابستگی شدید دارد.

ذ-۳ محدودسازی محتوای هم‌آهنگ نشانک اختلال

با استفاده از پالایه‌ی تنظیم‌پذیر/ردگیری/اصلاح‌پذیر پایین‌گذر در خروجی تقویت‌کننده می‌توان محتوای هم‌آهنگ نشانک اختلال را محدود کرد.

در تمام بسامدهایی که هم‌آهنگ‌هایی در خروجی تقویت‌کننده ایجاد می‌کنند هم‌آهنگ‌های نشانک خروجی تقویت‌کننده بهتر است از بسامد اصلی dB ۱۵ کم‌تر باشد. به غیر از فرانامه‌ای که در حالت پ ذ-۲ آمد این حالت کفایت می‌کند.

به این ترتیب خطای سطح ولتاژ اختلال به ۱۰ درصد محدود می‌شود. مثلاً در نشانک فراخ‌باند اندازه‌گیری شده V ۱۰ ، V ۹ ولت ناشی از بسامد اصلی و V ۴٫۵ ناشی از هم‌آهنگ‌ها است. این وضعیت برای عدم قطعیت واسنجی‌سازی قابل قبول است.

در تقویت‌کننده‌هایی که دارای پالایه پایین‌گذر ثابت در خروجی خود هستند بسامد اصلی بالایی مورد نظر حدود یک سوم بیشینه بسامد مشخص شده تقویت‌کننده است.

در مواقعی که پالایه پایین‌گذر هم‌آهنگ‌های تقویت‌کننده اشباع را حذف می‌کند نقطه فشرده‌سازی dB ۲ تقویت‌کننده بهتر است تحت هر شرایطی (مثلاً بدترین بسامد، سطح ولتاژ اختلال بیشینه با مدوله‌سازی) افزایش نیابد. در نقطه‌ی فشرده‌سازی dB ۲ دامنه اوج (ولتاژ) ۲۰ درصد کاهش می‌یابد که باعث می‌شود شاخص مدوله‌سازی ۸۰٪ دامنه به ۶۸٪ کاهش یابد به عبارت دیگر ولتاژ یکسوسازی شده در EUT به میزان ۲۰٪ کاهش یابد.

ذ-۴ اثر ویژگی خطی بر آزمون مصونیت

ذ-۴-۱ کلیات

مسائل اثرگذار بر نتیجه آزمون مصونیت عبارتند از ویژگی خطی تقویت‌کننده، هم‌آهنگ‌ها و اشباع تقویت‌کننده.
فرض بر آن است که رویه شرح داده شده در بند ۶-۴-۲ برای تنظیم سطح گیره و/یا CDN است که در تقویت‌کننده به‌کار می‌رود بهتر است متناسب با نشانک ورودی، خروجی خطی تولید کند.

خطی بودن تقویت‌کننده بهتر است صحت‌سنجی شود تا مطمئن شویم که تقویت‌کننده مورد استفاده، سطح ولتاژ اختلال درستی را در سطح ولتاژ واسنجی‌سازی یا در سطوح محاسبه‌ای پایین‌تر ایجاد می‌کند.
خطی بودن تقویت‌کننده بر عمق مدوله‌سازی دامنه (AM) نیز اثر می‌گذارد. بنابراین این عمق نیز بهتر است صحت‌سنجی شود.

ذ-۴-۲ ارزیابی ویژگی خطی بودن تقویت‌کننده

ذ-۴-۲-۱ ارزیابی گستره سطح

ویژگی خطی بودن تقویت‌کننده بهتر است در گستره‌ای ارزیابی شود که تقویت‌کننده برای آزمون به کار رفته است. این مورد باید شامل سطح کمینه، افزایش از مدوله‌سازی تا سطح بیشینه و افزایش از مدوله‌سازی باشد.

سطح بیشینه را سطح بیشینه نشانک موج پیوسته مورد اندازه‌گیری، با افزایش ۵٫۱ dB در نظر می‌گیرند تا اثر مدوله‌سازی در نظر گرفته شود.

هنگام محاسبه سطوح مختلف ولتاژ اختلال آزمون بر اساس فرایند تنظیم سطح افزاره تزویج منفرد، گستره ارزیابی خطی باید کمینه تا بیشینه خروج تقویت‌کننده مورد استفاده برای آزمون باشد. مثلاً اگر آزمون یک ولتی با استفاده از داده‌های به دست آمده از فرایند تنظیم سطح ۱۰ V اجرا شود گستره ارزیابی خطی بودن را به عنوان خروجی‌های تقویت‌کننده توان لازم برای حصول به کمینه ۱٫۸ V تا ۱۸ V (e.m.f) تعریف می‌کنند.

افزاره‌های مختلف تزویج به توان خروجی مختلف تقویت‌کننده برای حصول به سطح اختلال لازم نیاز دارند و این مورد باید در نظر گرفته شود. مثلاً پروب جریان ممکن است به توان بیش‌تر از CDN نیاز داشته باشد تا به سطح آزمون اختلال ۱۰ V برسد.

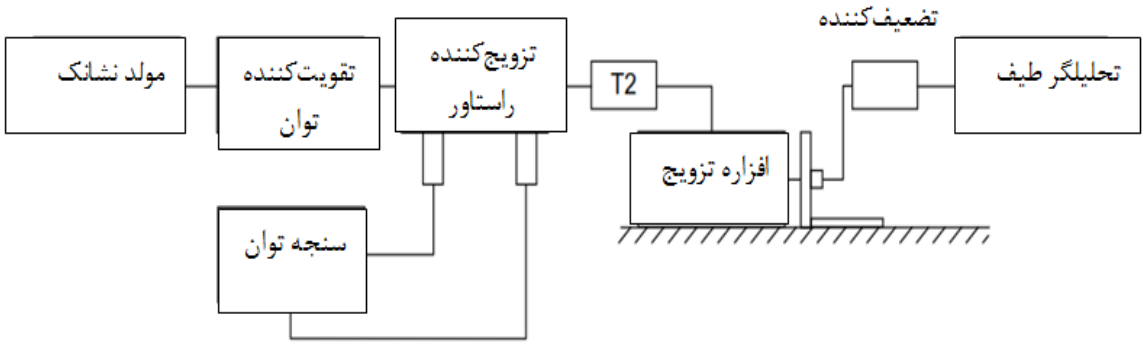
یادآوری- طبق شرح فرایند واسنجی‌سازی افزاره‌های تزویج در بند ۶-۴-۲ وقتی توان خروجی بیشینه تقویت‌کننده ۵٫۱ dB افزایش یابد آزمایشگاه آزمون باید ۲ dB رواداری را تأیید کند. این فرایند فقط برای تأیید وضعیت اشباع تقویت‌کننده به‌کار می‌رود نه ارزیابی ویژگی خطی بودن مورد بحث در پیوست ذ.

ذ-۴-۲-۲ فرایند ارزیابی

برای ارزیابی خطی بودن تقویت‌کننده، استفاده از شرایط واقعی محیطی و بارگذاری مثل افزاره تزویج و سامانه آزمون مورد استفاده برای آزمون EUT اهمیت دارد. آرایش آزمون در شکل ذ-۱ نشان داده شده است.

خطی بودن تقویت‌کننده دست کم در گستره بسامد کمینه، میانه و بیشینه موجود برای تقویت‌کننده ارزیابی شود. مثلاً تقویت‌کننده دارای گستره‌ی بسامد ۰٫۱۵ MHz تا ۸۰MHz باید در ۰٫۱۵ MHz، ۴۰ MHz و ۸۰ MHz ارزیابی شود.

یادآوری- ارزیابی داده‌های آزمون برای تقویت‌کننده برای توجیه انتخاب نقاط مختلف بسامدی قابل استفاده است.



شکل ذ-۱ چیدمان اندازه‌گیری خطی بودن تقویت‌کننده

آزمون خطی بودن باید طبق رویه زیر برای هر بسامد تعریف شده در بالا اجرا شود.

۱- تعیین تنظیم مولد نشانک لازم برای ایجاد سطوح کمینه و بیشینه (به ذ-۴-۲-۱ مراجعه شود) برای چیدمان افزاره مناسب تزویج.

۲- تنظیم مولد نشانک روی مقدار کمینه تعیین شده در گام ۱ و ثبت خروجی مولد نشانک و توان پیش رو تقویت کننده

۳- افزایش مقدار تنظیمی مولد نشانک به میزان dB ۱ و ثبت خروجی مولد نشانک و توان پیش رو تقویت‌کننده

۴- تکرار گام‌های ۲و۳ تا وقتی که مقدار تنظیمی بیشینه مولد نشانک که در گام ۱ معین شده است حاصل شود.

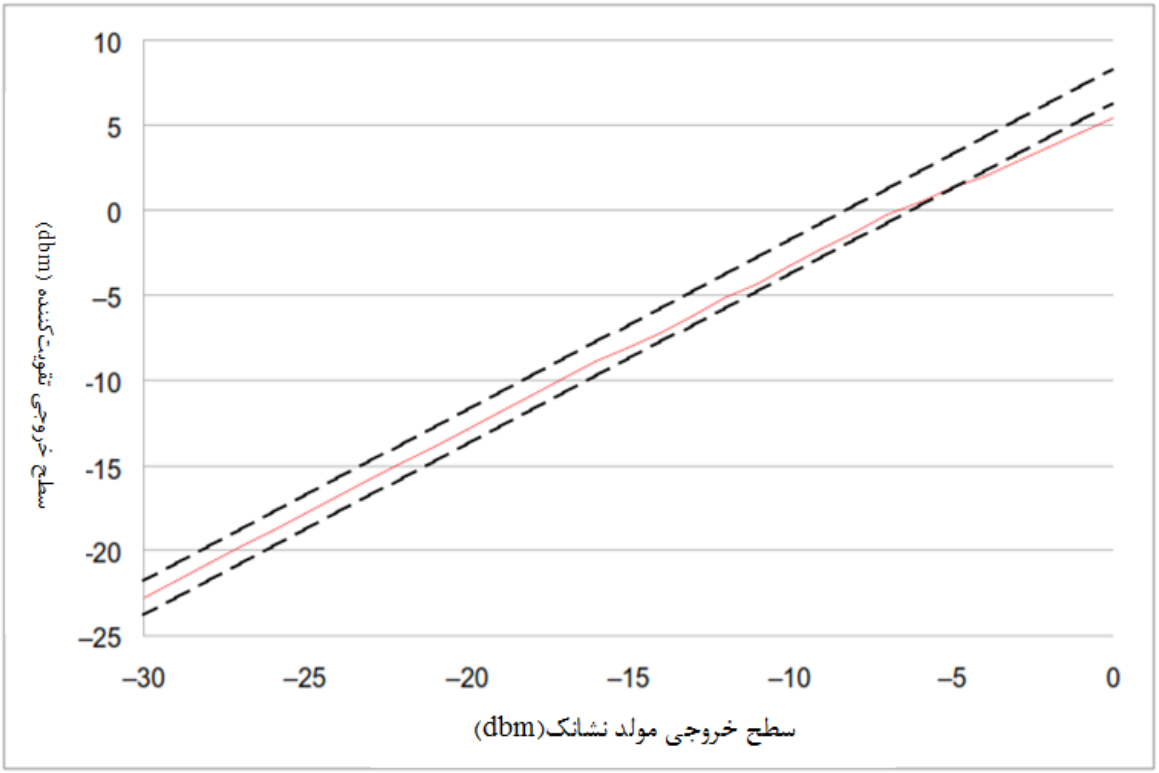
۵- تکرار گام‌های ۱ت۴ برای بقیه بسامدها

ذ-۴-۲-۳ معیار خطی بودن

برای نتایج به دست آمده در ذ-۴-۲-۲ خروجی اندازه‌گیری‌شده تقویت‌کننده به ازای هر dB ۱ (±۱dB) افزایش در خروجی مولد نشانک باید ۱dB افزایش یابد (یعنی رواداری خطی بودن تقویت‌کننده توان dB ۱± است).

اگر داده اندازه‌گیری شده به دست آمده طبق فرایند تعریف شده در ذ-۴-۲-۲ برآورنده مشخصه dB ۱± باشد آن گاه تقویت‌کننده مورد استفاده آزمایشگاه آزمون معیار خطی بودن را برآورده می‌کند اگر داده از مشخصه خطی بودن فراتر بود باید ذ-۴-۲-۴ و ذ-۴-۲-۵ را هم اعمال کرد.

مثال تعریف رواداری dB ۱± بر اساس خروجی تک بسامد تقویت‌کننده در شکل ذ-۲ آمده است. خروجی مولد نشانک در این مثال بین سطح کمینه dBm ۳۰- و سطح بیشینه dBm 0 متغیر است. در این مثال تقویت کننده از رواداری تجاوز می‌کند.

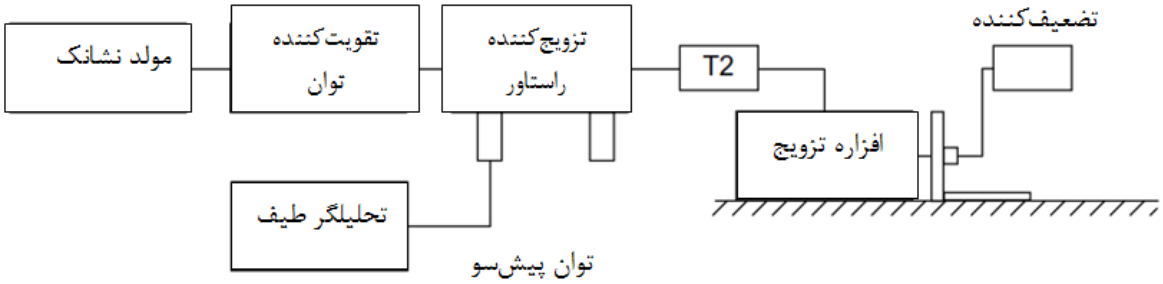


شکل ذ-۲ : ویژگی خطی بودن

ذ-۴-۲-۴ تأیید مدوله‌سازی AM

وقتی نتیجه ارزیابی به دست آمده طبق ذ-۴-۲-۳ از dB ۱± معیار خطی بودن فراتر برود مدوله‌سازی AM بهتر است طبق رویه زیر به تأیید آزمایشگاه برسد. آرایش آزمایش در شکل ذ-۳ آمده است.

بسامد آزمون باید هر بسامد ناموفق مقرر در ذ-۴-۲-۳ را ایجاد کند



شکل ذ-۳ چیدمان اندازه‌گیری برای عمق مدوله‌سازی

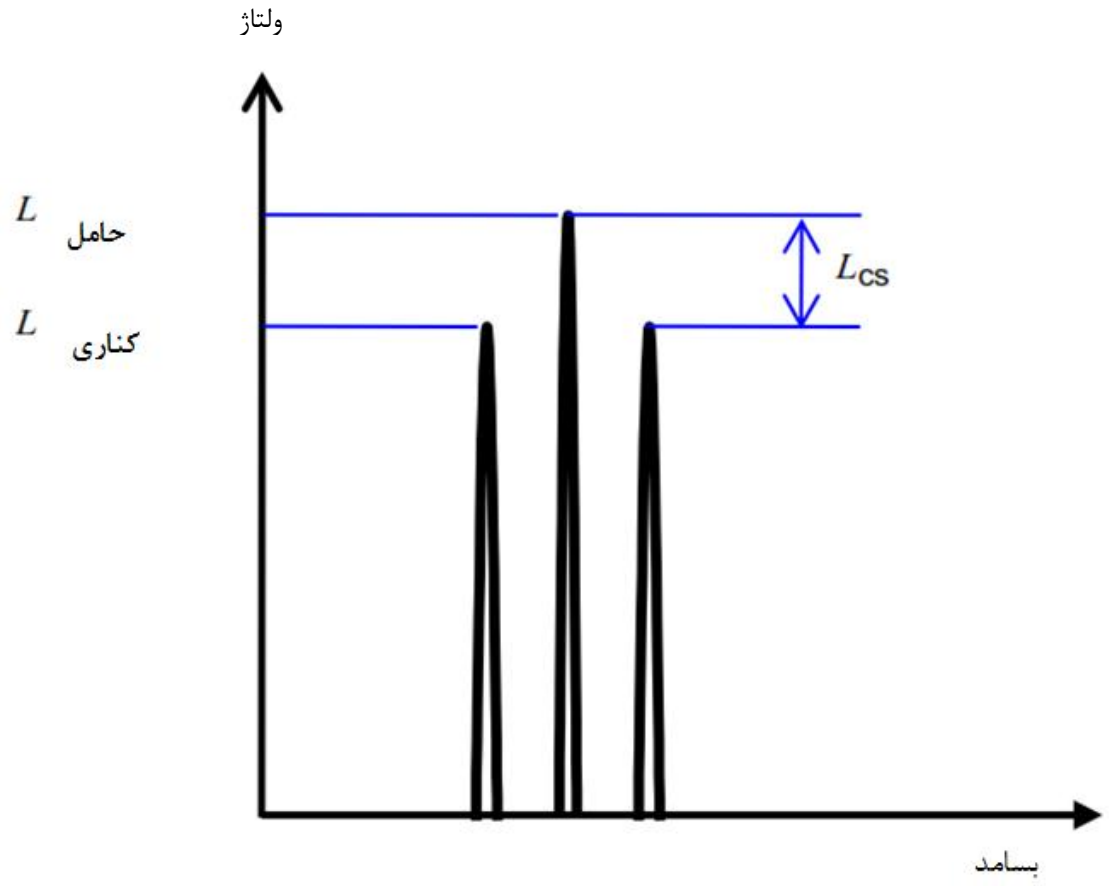
۱- تنظیم خروجی مولد نشانک روی مقدار بیشینه تعیین شده در ذ-۴-۲-۱ در بسامد مناسب و فعال‌سازی مدوله‌سازی AM

۲- تنظیم بسامد مرکزی تحلیل‌گر طیف نشان داده شده در شکل ذ-۳ در بسامد خروجی نشانک تعریف شده در گام ۱

۳- تنظیم تحلیل‌گر طیف به طوری که طیف حامل، طیف باند کناری بالا و باند کنارپایین را در صفحه نشان دهد. مثلاً پهنای‌باند توان تفکیک مساوی ۱۰۰Hz و پهنه برابر ۱۰KHz باشد.

۴- ثبت اختلاف دامنه (L_{cs}) بین سطح حامل ($L_{carrier}$) و سطح باند کنار بالا یا پایین ($L_{sideband}$). (به شکل ذ-۴ مراجعه شود)

وقتی L_{cs} بزرگ‌تر از dB ۱۰ (m<%64) یا کوچک‌تر از dB ۶ باشد نتایج بهتر است در گزارش آزمون بیاید.



شکل ذ-۴ طیف نشانک مدوله‌سازی شده‌ی AM

ذ-۴-۲-۵ آزمون مصونیت در حالتی که ویژگی خطی تقویت‌کننده از معیار فراتر برود

وقتی نتیجه ارزیابی ذ-۴-۲-۳ برآورنده معیار خطی بودن dB ۱± نباشد اما معیار ذ-۴-۲-۴ را برآورده کند بهتر است توان پیش رو را طی آزمون واقعی EUT طبق روش‌های زیر تنظیم کرد.

یک روش استفاده شده از سامانه دارای بازخورد است که در آن از توان سنج برای پایش توان خروجی از مولد آزمون استفاده می‌کنند.

روش دیگر مختص سامانه‌های بدون بازخورد است که در آن بهتر است واسنجی‌سازی توان پیش رو را برای تمام سطوح مورد نظر آزمون انجام داد.

در هر دو مورد الزامات ۶-۱ باید رعایت شود.

کتاب‌نامه

IEC 61000-4-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*
CISPR 16-1-2, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Conducted disturbances*
CISPR 16-1-4, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Antennas and test sites for radiated disturbance measurements*
CISPR 20, *Sound and television broadcast receivers and associated equipment – Immunity characteristics – Limits and methods of measurement*