



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian national standardization organization



استاندارد ایران ای ان

۱۱۸۷۵-۲

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO

11875-2

1st. Edition

2014

قرارگیری انسان در معرض میدان‌هایی با بسامد
رادیویی ناشی از افزاره‌های مخابراتی بی‌سیم دستی و
قابل نصب بر بدن - مدل‌های انسانی، ابزار و روش‌های
اجرائی -

قسمت ۲: رویه تعیین نرخ جذب ویژه (SAR) برای
افزاره‌های دستی که در مجاورت بدن انسان استفاده
می‌شوند (گستره‌ی بسامدی ۳۰ MHz تا ۶ GHz)

**Human exposure to radio frequency fields from
hand-held And body-mounted wireless
communication devices – Human models,
instrumentation, and procedures –**

**Part 2: Procedure to determine the specific
absorption rate (SAR) for wireless communication
devices used in close proximity to the human body
(frequency range of 30 MHz to 6 GHz)**

ICS: 33.050.10

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است. تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

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

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« قرارگیری انسان در معرض میدان‌هایی با بسامد رادیوئی ناشی از افزاره‌های مخابراتی بی‌سیم

دستی و قابل نصب بر بدن – مدل‌های انسانی، ابزار و روش‌های اجرایی –

قسمت ۲: رویه تعیین نرخ جذب ویژه (SAR) برای افزاره‌های دستی که در مجاورت بدن انسان

استفاده می‌شوند (گستره‌ی بسامدی ۳۰ MHz تا ۶ GHz) »

رئیس:

راشد محصل، جلیل
(دکتری مخابرات-میدان)

سمت و/یا نمایندگی

هیات علمی دانشگاه تهران

دبیر:

قاسم‌پوری، میرماهان
(فوق لیسانس مخابرات-میدان)

سرپرست آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیس مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

باقریان، محسن
(دکتری الکترونیک)

سرپرست آزمایشگاه سازگاری الکترومغناطیس دانشگاه علم و صنعت

بوجاریان، سعید
(فوق لیسانس محیط زیست)

مسئول ایمنی و بهداشت و محیط زیست شرکت ایرانسل

جمشیدی، سامان
(لیسانس الکترونیک)

کارشناس ایمنی و سازگاری الکترومغناطیسی شرکت صنایع برق ایپل

خسروی، رامین
(فوق لیسانس مخابرات)

هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی

زندباف، عباس
(لیسانس مخابرات)

کارشناس شرکت ارتباطات زیرساخت

عروجی، سیدمهدی
(فوق لیسانس مدیریت فناوری اطلاعات)

کارشناس استاندارد سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی

فلاحی، رجب
(فوق لیسانس مخابرات)

عضو هیات علمی پژوهشگاه فضای مجازی

فهرست مندرجات

| صفحه | عنوان |
|------|--|
| ۱ | ۱ هدف و دامنه کاربرد |
| ۲ | ۲ مراجع الزامی |
| ۲ | ۳ اصطلاحات و تعاریف |
| ۶ | ۴ نمادها و کوتاه نوشت ها |
| ۶ | ۴-۱ کمیت های فیزیکی |
| ۷ | ۴-۲ ثابت ها |
| ۷ | ۴-۳ کوتاه نوشت ها |
| ۸ | ۵ ویژگی های سامانه اندازه گیری |
| ۸ | ۵-۱ الزامات عمومی |
| ۹ | ۵-۲ مشخصات پیکر- پوسته و مایع |
| ۹ | ۵-۲-۱ الزامات عمومی |
| ۹ | ۵-۲-۲ جنس پیکر، شکل و اندازه ی |
| ۱۰ | ۵-۲-۳ ویژگیهای مواد مایع هم ارز بافت |
| ۱۲ | ۵-۳ ویژگی های سامانه دستگاههای اندازه گیری |
| ۱۲ | ۵-۳-۱ الزامات عمومی |
| ۱۲ | ۵-۳-۲ سامانه پایش |
| ۱۲ | ۵-۳-۳ پروبها |
| ۱۲ | ۵-۳-۴ واسنجی کردن پروبها |
| ۱۲ | ۵-۳-۵ ویژگیهای ابزار(های) نگهدارنده DUT در وضعیت آزمون |
| ۱۳ | ۶ پروتکل ارزیابی SAR |
| ۱۳ | ۶-۱ آماده سازی برای اندازه گیری |
| ۱۳ | ۶-۱-۱ آماده سازی کلی |
| ۱۳ | ۶-۱-۲ بازبینی سامانه |

| | |
|----|--|
| ۱۳ | آماده‌سازی افزاره‌های تحت آزمون ۳-۱-۶ |
| ۱۶ | وضعیت افزاره‌های تحت آزمون نسبت به پیکر ۴-۱-۶ |
| ۲۶ | بسامدهای آزمون ۵-۱-۶ |
| ۲۶ | آزمون‌هایی که باید انجام شوند ۲-۶ |
| ۲۶ | الزامات عمومی ۱-۲-۶ |
| ۲۷ | کاستن آزمون‌ها ۲-۲-۶ |
| ۲۸ | رویه عمومی آزمون ۳-۲-۶ |
| ۲۹ | ارزیابی سریع SAR ۴-۲-۶ |
| ۳۰ | رویه اندازه‌گیری ۳-۶ |
| ۳۰ | رویه عمومی ۱-۳-۶ |
| ۳۲ | رویه‌های آزمون DUT با ارسال چندباندی همزمان ۲-۳-۶ |
| ۳۵ | پسپردازش ۴-۶ |
| ۳۵ | درون‌یابی ۱-۴-۶ |
| ۳۵ | برون‌یابی آفست پروب ۲-۴-۶ |
| ۳۵ | تعریف حجم میانگین‌گیری ۳-۴-۶ |
| ۳۵ | جستجوی بیشینه‌ها ۴-۴-۶ |
| ۳۶ | ۷ تخمین عدم قطعیت |
| ۳۶ | ۱-۷ ملاحظات کلی |
| ۳۶ | ۱-۱-۷ مفهوم تخمین عدم قطعیت |
| ۳۶ | ۲-۱-۷ ارزیابی‌های نوع الف و ب |
| ۳۷ | ۳-۱-۷ درجه‌های آزادی و ضریب پوشش‌دهی |
| ۳۸ | ۲-۷ مولفه‌های اثرگذار بر عدم قطعیت |
| ۳۸ | ۱-۲-۷ کلیات |
| ۳۸ | ۲-۲-۷ اثر سامانه‌ی اندازه‌گیری (پروب و مدارات الکترونیکی مربوطه) |
| ۴۶ | ۲-۳-۷ سهم محدودیت‌های مکانیکی |
| ۵۰ | ۴-۲-۷ سهم پارامترهای فیزیکی |
| ۵۴ | ۵-۲-۷ قسمت مربوط به پسپردازش |

| | |
|-----|---|
| ۶۰ | ۶-۲-۷ رواداری و آفست منبع استاندارد |
| ۶۰ | ۳-۷ تخمین عدم قطعیت |
| ۶۰ | ۱-۳-۷ عدم قطعیت‌های مرکب و بسط یافته |
| ۶۱ | ۲-۳-۷ بیشینه عدم قطعیت بسط یافته |
| ۶۷ | ۸ گزارش اندازه گیری |
| ۶۷ | ۱-۸ عمومی |
| ۶۸ | ۲-۸ بندهایی که باید در گزارش اندازه گیری ثبت شوند |
| ۱۳۲ | کتابنامه |

پیش گفتار

استاندارد « قرارگیری انسان در معرض میدان‌هایی با بسامد رادیویی ناشی از افزاره‌های مخابراتی بی‌سیم دستی و قابل نصب بر بدن – مدل‌های انسانی، ابزار و روش‌های اجرایی – قسمت ۲: رویه تعیین نرخ جذب ویژه (SAR) برای افزاره‌های دستی که در مجاورت بدن انسان استفاده می‌شوند (گستره‌ی بسامدی 30 MHz تا 6 GHz) » که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک تهیه و تدوین شده و در یکصد و پنجاه و ششمین اجلاس هیئت کمیته ملی استاندارد مخابرات مورخ ۹۳/۰۲/۱۴ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان ملی استاندارد ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

EN 62209-2:2010 Human exposure to radio frequency fields from hand-held And body-mounted wireless communication devices – Human models, instrumentation, and procedures – Part 2: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for wireless communication devices used in close proximity to the human body (frequency range of 30 MHz to 6 GHz)

« قرارگیری انسان در معرض میدان‌هایی با بسامد رادیویی ناشی از افزاره‌های مخابراتی بی‌سیم دستی و قابل نصب بر بدن - مدل‌های انسانی، ابزار و روش‌های اجرایی - قسمت ۲: رویه تعیین نرخ جذب ویژه (SAR) برای افزاره‌های دستی که در مجاورت بدن انسان استفاده می‌شوند (گستره‌ی بسامدی ۳۰ MHz تا ۶ GHz) »

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش اندازه‌گیری (SAR)^۱ برای افزاره‌های مخابراتی بی‌سیم مورد استفاده در مجاورت و نزدیک بدن انسان (در گستره بسامدی ۳۰ MHz تا ۶ GHz) است. این قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران به شماره ۱۳۸۷: ۱۱۸۷۵ برای هر افزاره مخابراتی بی‌سیم که قادر به ارسال میدان‌های الکترومغناطیسی مطابق با روش شرح داده شده توسط تولیدکننده و برای استفاده در نزدیکی بدن انسان به کار رود، به طوری که قسمت(های) تشعشع‌کننده افزاره در فاصله‌ای کم‌تر یا برابر با ۲۰۰ میلی‌متر از بدن باشد. به عبارت دیگر وضعیت‌هایی مثل قرارگیری در دست یا در مقابل صورت، نصب بر بدن، هنگام استفاده با سایر افزاره‌ها یا لوازم جانبی فرستنده یا غیر فرستنده (مثل گیره کمربند، دوربین یا افزایه بلوتوثی) یا کار گذاشته شده در لباس در دامنه کاربرد این استاندارد قرار می‌گیرند. برای فرستنده‌هایی که در مجاورت گوش انسان استفاده می‌شوند، روش‌های اجرایی استاندارد ملی به شماره: ۱-۱۱۸۷۵ سال: ۱۳۸۷ قابل اعمال است.

این استاندارد برای قرارگیری در معرض بسامدهای رادیویی در گستره بسامد ۳۰ MHz تا ۶ GHz کاربرد دارد و می‌توان آن را برای سنجش قرارگیری همزمان در معرض چند منبع رادیویی که مجاور بدن انسان استفاده می‌شوند، به کار گرفت. تعاریف و روش‌های اجرایی ارزیابی برای رده‌های کلی از انواع افزاره‌های زیر ارائه شده است: افزاره‌های قابل نصب بر بدن، تکیه داده شده بر بدن، رومی‌زی، قرارگرفته جلوی صورت، دستی، روی زانو، نصب روی دست و پا، چند باند، صحبت با فشار دکمه، همراه لباس. انواع افزاره‌هایی که مورد نظر هستند، شامل تلفن‌های سیار، میکروفن‌های بدون سیم، افزاره‌های جانبی پخش و فرستنده‌های رادیویی در رایانه‌های شخصی می‌شوند، اما به این دستگاه‌ها محدود نمی‌شوند.

این استاندارد ملی رهنمودهایی را برای یک شیوه اندازه‌گیری قابل تکرار و محافظه‌کارانه به منظور تعیین انطباق افزاره‌های بی‌سیم با حدود SAR ارائه می‌کند.

از آنجا که بر اساس مطالعات انجام شده، پیشنهاد می‌شود استثنا کردن خصوصیتی که نماینده‌ی دست در مدل‌های انسانی باشد طرحی محافظه‌کارانه برای SAR در بدن و سر ایجاد می‌کند، وجود دست، در صورتی که دستگاه قرار است کنار سر، روی یا نزدیک بالاتنه تکیه داده شود، گنجانده نشده است [۷۳]^۲ و [۸۰].

این استاندارد برای قرارگیری در معرض تابش از افزاره‌های پزشکی فرستنده یا غیرفرستنده کاشته شده در بدن کاربرد ندارد. این استاندارد برای قرارگیری در معرض تابش از افزاره‌هایی با فاصله‌ی بیش از ۲۰۰ میلی‌متر از بدن انسان، اعمال نمی‌شود.

1- Specific Absorption Rate

۲- اعداد داخل کروشه به کتابنامه مربوط می‌شوند.

۲ مراجع الزامی^۱

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 ISIRI 11875-1, Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices – Human models, instrumentation, and procedures – Part 1: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz) 2 Figures in square brackets refer to the Bibliography.

2-2 ISIRI 17025, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر واژه‌های به‌کار رفته در استاندارد ملی به شماره: ۱۳۸۷: ۱۱۸۷۵، اصطلاحات با تعاریف زیر نیز به‌کار می‌رود.

۱-۳

لوازم جانبی

قطعات اختیاری که می‌توان همراه با یک افزاره‌ی فرستنده به‌کار گرفت.

مثال‌ها

لوازم جانبی برای تلفن‌های همراه، افزاره‌های فرستنده بی‌سیم، افزاره‌های گیرنده بی‌سیم یا افزاره‌های فرستنده-گیرنده بی‌سیم یا رادیوهای دو سوویه، شامل موارد زیر می‌شوند:

الف- لوازم جانبی برای: نگه‌داشتن، نصب کردن یا در غیر این صورت حمل کردن، بر تن کردن یا پیوست کردن همچنین ایجاد فاصله از بدن (برای مثال یک گیره کمربند، مچ بند یا مشابه آنها که به بدن آویخته شود یا گردن‌آویزی که بتوان افزاره را مانند گردن‌بند آویخت).

ب- لوازم جانبی الکترونیکی برای این که وظایفی را انجام یا ویژگی‌هایی را فراهم آورند (برای مثال پیمانه GPS^۲، چاپ‌گرهای بیرونی، پخش‌کننده‌های MP3^۳، دوربین‌ها یا افزاره‌های ی برای دیدن)،

پ- لوازم جانبی الکترونیکی که ورودی یا خروجی صوتی یا تصویری را تأمین کنند (مانند هدفون‌ها، میکروفون‌ها، دوربین‌ها)،

ت- لوازم جانبی که قابلیت بسامد رادیویی بهبود یافته‌ای را برای افزاره‌های مورد نظر تأمین کنند (برای مثال آنتن‌های جایگزین یا جانبی)،

ث- باتری‌ها و قطعات مربوط به تغذیه d.c.

۱- جهت توضیحات بیشتر به پیوست س مراجعه شود.

2- General Packet Service
3- Muzic Player

ج- ترکیب‌هایی از لوازم جانبی به‌صورتی که دو یا چند تا از موارد بالا در یک قطعه ترکیب شوند (برای مثال ترکیب گیره کمر بند با بلوتوث داخلی و کابل صوتی دم‌خوکی^۱ متصل به افزارهای مورد نظر).

۲-۳

تن پوش

افزارهای است قابل حمل شامل یک فرستنده یا فرستنده-گیرنده بی‌سیم که در طی استفاده مورد نظر از آن یا به‌کار انداختن عملکردهای رادیویی‌اش، با استفاده از یک ابزار فرعی قابل حمل، مجاور بالا تنه (به‌جز سر) یا دست و پای شخص قرار می‌گیرد.

۳-۳

افزاره تکیه داده شده بر بدن

افزارهای است که کاربرد مورد نظر از آن، شامل مخابره در حالتی است که هر قسمتی از افزاره مستقیماً با بدن کاربر نگاه‌داشته می‌شود.

یادآوری- تفاوت این افزاره با افزارهای که بر بدن نصب می‌شود در این است که این افزاره توسط یک ابزار فرعی حمل، به بدن کاربر وصل نمی‌شود.

۴-۳

کابل

سیم‌ی که برای عملکرد در پیکربندی عملیاتی مورد نظر، ضرورت دارد.

۵-۳

قرارگیری محافظه‌کارانه در معرض تابش

برآوردی از بیشینه متوسط فضایی SAR، شامل عدم قطعیت‌های شرح داده شده در این استاندارد، نشان‌دهنده آن و کمی بیش از آنچه که در بدن اکثریت چشم‌گیری از افراد در طی استفاده مورد نظر از افزارهای دستی انتظار می‌رود، رخ دهد.

یادآوری- برآورد محافظه‌کارانه به معنی مقدار بیشینه مطلق SARی که ممکن است تحت هر ترکیب قابل‌تصوری از اندازه بدن، شکل بدن، جهت افزاره بی‌سیم و فاصله آن نسبت به بدن رخ دهد، نیست. برای اطمینان از این که نتایج حاصله بیش از حد محدودکننده نیستند و در نتیجه به گونه‌ای غیر ضروری جلوی پیشرفت فناوری‌های جدید مخابرات سیار را نخواهند گرفت، توصیه می‌شود تخمین‌های دست بالای SAR تا حد امکان کم باشند. برای مثال تخمین‌های دسته بالایی از مرتبه ۲۰٪ برای قرار گرفتن سر انسان در معرض پرتو، گزارش شده و معقول است. [۷۸] و [۷۹] رسیدن به مصالحه بهینه‌ای بین شرایط تخمین دست بالای بافت یا برآوردهای دست پایین، کاری پیچیده است و به همین علت است که برای مثال، میزان رسانایی مایع هم‌ارز بافت پوست بدن را به‌طور دلخواه بزرگ انتخاب نکرده‌اند.

۶-۳

افزاره روی میزی

افزارهای که بر روی میز، میز کار یا سازه‌های نگهدارنده مشابه قرار داده یا سوار شود و آنتن آن برای عمل کردن در فاصله کمتر از ۲۰۰ میلی‌متری بدن انسان قرار گرفته باشد.

افزاره تحت آزمون (DUT)^۱

افزاره‌ای شامل یک یا چند فرستنده یا فرستنده-گیرنده بی‌سیم است که مشمول این استاندارد می‌شود.

یادآوری- افزاره‌ی تحت آزمون می‌تواند علاوه بر این، به‌عنوان تن‌پوش، تکیه داده بر بدن، روی میزی، مقابل صورت، دستی، نصب شده به دست یا پا، گنجانده شده در لباس یا یک افزاره‌ی عام طبقه بندی شود.

ضریب کار

ضریب متوسط‌گیری زمان کارکرد

قسمتی از زمان که فرستنده طی دوره تناوبی خاصی مخابره می‌کند.

افزاره‌ی روبروی صورت

افزاره‌ی ای که در دست گرفته می‌شود و مجاور صورت به‌کار می‌رود.

مثال- انواع افزاره‌ی روبروی صورت شامل افزاره‌های صحبت با فشار دکمه، رادیوهای دو سویه و افزاره‌های مجهز به دوربین می‌شوند.

افزاره‌ی نوعی

افزاره‌ای که نمی‌توان آن را به‌عنوان هیچ‌یک از انواع خاص افزاره، طبقه‌بندی کرد.

افزاره‌ی دستی

افزاره‌ی قابل حملی که در طی استفاده مورد نظر از آن، در دست یک کاربر قرار می‌گیرد.

میزبان

هر تجهیزیتی که به‌هنگام متصل نبودن به قسمت رادیویی تجهیز، عملکرد کامل خود را به‌کاربر ارائه می‌دهد و قسمت رادیویی تجهیز، عملکرد اضافه‌ای را برای آن تأمین می‌کند و همچنین اتصال به آن، به‌منظور این که قسمت رادیویی تجهیز، عملکرد خود را عرضه کند، ضروری است.

کاربری مورد نظر

هدف مورد نظر

استفاده‌ای که از یک محصول، فرایند یا خدمت، براساس مشخصات، دستورالعمل‌ها و اطلاعات ارائه شده توسط تولیدکننده مورد نظر است. همچنین به‌کارگیری یک افزاره برای گستره کامل عملکردهای قابل حصول براساس مشخصات، دستورالعمل‌ها و اطلاعات ارائه شده توسط تولیدکننده است.

یادآوری ۱- دستورالعمل‌های راهنمای کاربر ممکن است شامل موقعیت و راستای افزاره برای استفاده مورد نظر باشد.

یادآوری ۲- استفاده مورد نظر، به عبارت دیگر، شیوه‌ای که به توصیه تولیدکننده برای به‌کارگیری افزاره مشخص شده است، ممکن است تمام حالت‌های مورد استفاده را شامل نشود.

۱۴-۳

رایانه قابل حمل^۱

یک افزاره قابل حمل شامل یک یا چند فرستنده - گیرنده بی‌سیم، که بتواند روی زانوی کاربر قرار گیرد و برای استفاده در دست منظور نشده است.

یادآوری- انواع افزاره‌های روی زانویی شامل رایانه‌های روی زانو (رایانه کتابی)^۲ که به‌صورت نوعی متشکل از قسمت‌های صفحه کلید و نمایشگر جدا از هم هستند و توسط یک مدار به یکدیگر متصل شده‌اند. و همچنین شامل (رایانه‌های لوحی)^۳ که به‌صورت نوعی ساختاری یک تکه دارند و قسمت نمایشگر آن با به‌کارگیری قلم یا صفحه کلید مجازی، به‌عنوان واسط ورودی عمل می‌کند.

۱۵-۳

افزاره نصب شده بر دست و پا

افزاره‌ای که استفاده مورد نظر از آن در هنگام مخابره، شامل بستن آن با تسمه یا بند به بازو یا پای کاربر است. (مگر در حالت بی‌کاری^۴)

مثال - انواع افزاره‌های ی که به دست یا پا بسته می‌شوند شامل افزاره‌های ی است که بر مچ، زانو و ساعد سوار می‌شوند.

۱۶-۳

رانش^۵ اندازه‌گیری

تغییر مداوم یا جزئی نمایشگر با گذشت زمان، در اثر تغییرات مشخصات اندازه‌شناختی یک ابزار اندازه‌گیری.

۱۷-۳

مخابره چند بانده

حالتی از عملکرد برای مخابره همزمان بر روی چند بسامد رادیویی

۱۸-۳

توان خروجی

توان در خروجی فرستنده بسامد رادیویی (Radio frequency) RF در زمانی که آنتن یا باری با همان امپدانس در بسامد آزمون و در وضعیت آزمون مورد نظر، به آن متصل شده است.

۱۹-۳

مقدار قله SAR، اصلی

بیش‌ترین مقدار SAR که در اندازه‌گیری پویا منطقه‌ای تعیین شده است.

۲۰-۳

مقدار قله SAR، فرعی

-
- 1-Laptop
 - 2- Notebook
 - 3- Tablet Computer
 - 4- Idle
 - 5- Drift

سایر بیشینه‌های SAR محلی معلوم شده در اندازه گیری پویش منطقه‌ای که کوچکتر از مقدار اولیه قله SAR هستند.

۲۱-۳

فاصله جدایی

فاصله بین افزاره‌ی تحت آزمون و سطح بیرونی پیکر که نشان‌دهنده فاصله ضمن استفاده مورد نظر است.

۲۲-۳

افزاره‌ی قابل صحبت با فشار دکمه

فرستنده- گیرنده رادیویی دستی که در آن کلید برای تغییر حالت بین ارسال و دریافت رادیویی استفاده می‌شود.

۴ نمادها و کوتاه نوشت ها

۱-۴ کمیت های فیزیکی

در سراسر این استاندارد یکاهای پذیرفته شده بین‌المللی SI استفاده شده‌اند.

| نماد | کمیت | یکا | بعد |
|------------|----------------------------|---------------------|------------------|
| E | شدت میدان الکتریکی | ولت بر متر | V/m |
| f | بسامد | هرتز | Hz |
| H | شدت میدان مغناطیسی | آمپر بر متر | A/m |
| J | چگالی جریان | آمپر بر متر مربع | A/m ² |
| P_{avg} | میانگین زمانی توان جذب شده | وات | W |
| SAR | نرخ جذب ویژه | وات بر کیلو گرم | W/kg |
| T | دما | کلوین | K |
| ϵ | گذردهی | فاراد بر متر | F/m |
| λ | طول موج | متر | m |
| μ | تراوایی | هنری بر متر | H/m |
| ρ | چگالی جرم | کیلوگرم بر متر مکعب | kgm ³ |
| σ | رسانایی ویژه الکتریکی | زیمنس بر متر | S/m |

یادآوری- در این استاندارد دما به درجه سلسیوس نشان داده شده که طبق رابطه $T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,16$ تعریف شده است.

۲-۴ ثابت ها

| مقدار | ثابت فیزیکی | نماد |
|------------------------------------|-------------------|--------------|
| $2988 \times 10^8 \text{ m/s}$ | سرعت نور در خلاء | c |
| 120π یا 377Ω | امپدانس فضای آزاد | η |
| $8854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ | گذردهی فضای آزاد | ϵ_0 |
| $4 \pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ | تراوایی فضای آزاد | μ_0 |

۳-۴ کوتاه‌نوشت‌ها

| | | |
|---------|--|--------------------------------|
| CDMA | code division multiple access | دسترسی چندگانه با تقسیم کد |
| CW | continuous wave | موج پیوسته |
| DOE | design of experiments | طراحی آزمایش‌ها |
| DUT | device under test | افزازه‌ی تحت آزمون |
| E-field | electric field | میدان الکتریکی |
| EMC | electromagnetic compatibility | سازگاری الکترومغناطیسی |
| FDTD | finite-difference time-domain | تفاضل محدود حوزه زمان |
| FDMA | frequency division multiple access | دسترسی چندگانه با تقسیم بسامد |
| GPRS | general packet radio service | خدمات رادیویی بسته عمومی |
| GSM | global system for mobile communication | سامانه جهانی برای مخابرات سیار |
| MIMO | multiple input multiple output | چند ورودی چند خروجی |
| MOD | modulation | مدوله سازی |
| OFAT | one-factor-at- a-time | یک عامل در هر بار |
| PTT | push-to-talk | قابل صحبت با فشار دکمه |
| RF | radio frequency | بسامد رادیویی |
| RMS | root mean square | جذر میانگین توان دوم |
| RSS | root sum square | جذر مجموع توان دوم |
| SAR | specific absorption rate | نرخ جذب ویژه |
| TDMA | time division multiple access | دسترسی چندگانه با تقسیم زمانی |

۵ ویژگی های سامانه اندازه گیری

۱-۵ الزامات عمومی

سامانه اندازه گیری SAR، شامل حالتی از بدن یک انسان (پیکر)، ابزار الکترونیکی اندازه گیری، یک سامانه پوشش و نگه دارنده افزاره است.

آزمون باید با استفاده از یک پروب ظریف انجام شود که به طور خودکار، برای اندازه گیری توزیع میدان E داخلی در پیکری که نماد بدن انسانی است و در معرض میدان های الکترومغناطیسی تولید شده توسط افزاره های بی سیم قرار گرفته است، مکان دهی می شود. از مقادیر اندازه گیری شده ی میدان E ، توزیع SAR و مقدار بیشینه متوسط فضایی SAR باید محاسبه شوند.

آزمون باید در آزمایشگاهی انجام شود که با شرایط محیطی زیر سازگار باشد:

- دمای محیطی و دمای مایع هر دو باید در گستره 18°C تا 25°C باشد، برای تعیین عدم قطعیت دمای مایع به زیربند ۷-۲-۴-۴ مراجعه کنید.
- افزاره ی تحت آزمون، تجهیزات آزمون، مایع و پیکر باید به خاطر این که دماهایشان تثبیت شود، به مدت کافی در آزمایشگاه نگه داشته شده باشند. (به عبارت دیگر آنها نباید به تازگی از جای دیگری مثل یخچال یا فضای باز با دمای محیطی متفاوت، منتقل شده باشند.)
- میزان تغییر دمای مایع در طی آزمون نباید بیش از ± 2 درجه سلسیوس از دمای مایع، طی اندازه گیری ویژگی های دی الکتریک یا تغییر دمایی که موجب انحراف ± 5 درصدی SAR، شود، انحراف پیدا کند. برای تعیین عدم قطعیت دمای مایع به زیربند ۷-۲-۴-۴ مراجعه کنید.
- نوفه محیط (مثال: نوفه سامانه اندازه گیری، نوفه ناشی از موتور روبات ها، سایر فرستنده های بسامد رادیویی و غیره) که طبق زیربند ۷-۲-۴-۵ در حالی که فرستنده بسامد رادیویی افزاره ی تحت آزمون خاموش شده است اندازه گیری شده باشد، نباید SAR یک گرمی بیش از 0.12 W/kg ایجاد کند. (سه درصد مقدار کوچکتر اندازه گیری 0.4 W/kg که می تواند با عدم قطعیت های جدول ۵ تعیین شود.)
- در مدت آزمون، DUT نباید به هیچ شبکه بی سیمی وصل شود اما اتصال به یک شبیه ساز ایستگاه پایه، قابل قبول است.
- تأثیر پراکنده کننده ها (مثال: کف اتاق، ربات، افزاره های دیگر) غیر از فرستنده و پیکر، باید کمتر از ۳ درصد SAR اندازه گیری شده ای باشد که طبق زیربند ۷-۲-۴-۵ و در حال روشن بودن فرستنده RF مربوط به DUT، اندازه گیری شده است. در صورتی که اثر پراکنده کننده ها بیش از سه درصد باشد، عدم قطعیت اضافه ای باید افزوده شود. (۷-۲-۴-۵)

راستی آزمایی سامانه طبق پروتکل تعریف شده در پیوست ب باید کمینه سالی یک بار انجام شود که شامل زمان هایی است که سامانه جدیدی به راه انداخته شود و نیز هر زمان که اصلاحاتی در سامانه اعمال شود مثل زمانی که یک ویرایش جدید از نرم افزار، نوع یا نمونه جدیدی از ساختار الکترونیکی قرائت یا انواع مختلفی از پروب ها به کار گرفته می شود. منابع استاندارد ی که برای صحت گذاری سامانه استفاده می شوند (نظیر یک آنتن دو قطبی نیم- آنتن پیچ یا مسطح، موج بر با انتهای باز) باید طبق پروتکل مندرج در پیوست ب طراحی و صحت گذاری شوند. منابع افزون بر این (مثل آنتن های دو قطبی در بسامدهای خاص که در حال حاضر در جدول های

ب ۱، ت ۱، ت ۲ گنجانده نشده‌اند) را می‌توان به‌عنوان منابع استاندارد به‌کار گرفت مشروط بر این که الزامات مندرج در پیوست ب را برآورده سازند.

در جاهایی که این استاندارد به روشنی خصوصیات عملکردی را برای سامانه اندازه‌گیری یا یک قسمت از افزارهای از سامانه اندازه‌گیری تعیین می‌کند، تولیدکننده سامانه یا افزاره یا کسی که سامانه را یکپارچه می‌کند، باید انطباق آن را با تمهیدات این استاندارد مستند کند.

۲-۵ مشخصات پیکر - پوسته و مایع

۱-۲-۵ الزامات عمومی

خصوصیات فیزیکی پیکر^۱ تخت استاندارد، با هدف شبیه‌سازی بدن یک انسان است. پیکر تخت، ظرفی است در باز با پوسته نازک دی‌الکتریک و از مایعی هم ارز بافت بدن پر شده است. ویژگی‌های عایقی (گذردهی و رسانایی ویژه) مایع در زیربند ۲-۵-۳ مشخص شده است و به منظور دستیابی به یک ارزیابی محتاطانه از SAR القا شده به کاربر فرمول‌بندی شده است. (منطقی که برای استخراج پارامترهای مایع فوق به‌کار رفته است را در پیوست الف ملاحظه کنید).

۲-۲-۵ جنس پیکر، شکل و اندازه‌ی

پوسته پیکر باید به شکل ظرفی رو باز با کفی تخت^۲ ساخته شده باشد. در این استاندارد، پیکرهای تخت باید برای راستی‌آزمایی سامانه، بازبینی سامانه و اندازه‌گیری‌های SAR برای افزاره‌ی تحت آزمون در وضعیت‌های مشخص شده در زیربند ۶-۱-۴ استفاده شوند.

هر پیکر تختی که استفاده می‌شود باید آنقدر بزرگ باشد که بتوان SAR را در حجم‌های یک gr و ۱۰ gr اندازه گرفت (برای مایع از چگالی ۱۰۰۰ کیلوگرم در متر مکعب استفاده می‌شود) و میزان تأثیر شکل پیکر باید کمتر از ۱٪ باشد. (به پیوست الف مراجعه شود).

یادآوری - استفاده از یک پیکر تخت به‌عنوان یک پیکر استاندارد جهت ارزیابی‌های SAR وسایل تن‌پوش و وسایلی که توسط بدن نگه‌داشته می‌شوند، با این نیت است که بیشینه تزویج بین افزاره‌ی تحت آزمون و پیکر را در مقایسه با اکثریت قابل توجهی از فرارگیری در معرض تابش که مردم با آن درگیر هستند، نمایش دهد. چنین تزویجی به مرزها در حالی که فاصله‌های توصیه‌شده رعایت می‌شوند احتمالاً موجب یک برآورد محتاطانه از SAR می‌شوند. درباره این موضوع، پیوست ح جزئیات بیشتری را ارائه می‌دهد.

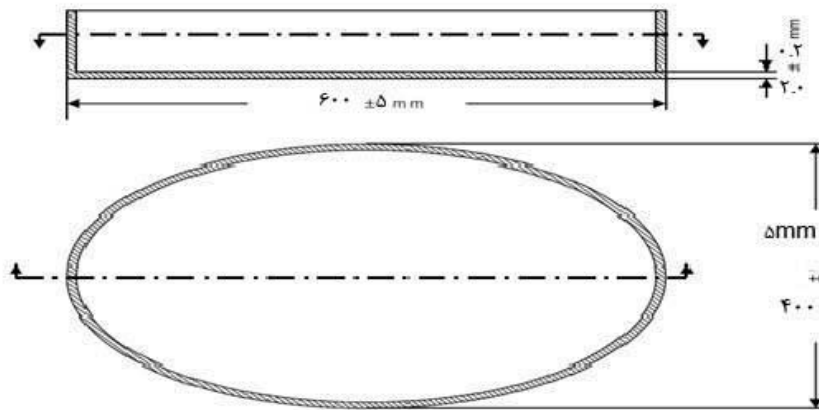
پیکر تخت باید شکل و ابعاد زیر را داشته باشد:

الف) به‌جز آنچه که در بند ب تعیین شده است، شکل پیکر باید یک بیضی با طول 600 ± 5 mm و عرض $5 \pm$ mm باشد. (به شکل ۱ مراجعه شود).

ب) به‌جز در بسامدهای بیش از ۳۰۰ MHz و فاصله‌های جداسازی کوچک‌تر یا مساوی با ۲۵ mm از سطح بیرونی کف پوسته پیکر، پیکرهایی با اشکال دیگر و ابعاد کوچکتر بشرح زیر مجاز هستند. [۵]

• بین ۳۰۰ و ۸۰۰ MHz، کف تخت پیکر می‌تواند هر شکلی باشد که بر یک بیضی با طول $0.6\lambda_0$ و عرض $0.4\lambda_0$ محیط باشد. λ_0 طول موج در هوا است.

- بین ۸۰۰ MHz و ۶ GHz، کف تخت پیکر می‌تواند هر شکلی باشد که بر یک بیضی با طول ۲۲۵ mm و عرض ۱۵۰ mm محیط شود.



شکل ۱- ابعاد پیکر بیضی شکل

پیکر باید با مایع هم ارز بافت بدن با عمقی کمینه ۱۵۰ mm پر شود. برای گستره بسامدی ۳ GHz تا ۶ GHz نیز عمق ۱۵۰ mm برای مایع توصیه می‌شود اما می‌توان آنرا کاهش داد مشروط بر این که بازتاب سطح مایع در بالا، مقادیر بیشینه میانگین فضایی SAR را بیش از یک درصد تغییر ندهد. پس از این که پیکر از مایع پر شد، فرورفتگی سطح بیرونی در مرکز دیواره کف باید کمتر از دو میلی‌متر باشد. پوسته پیکر باید از ماده‌ای کم تلف و با گذردهی پایین ساخته شده باشد و تانژانت تلفات آن کم‌تر از ۰٫۰۵ باشد ($\tan \delta \leq 0.05$) و دارای گذردهی الکتریکی نسبی به شرح زیر باشد:

برای بسامدهای کم‌تر از ۳ GHz: $\epsilon_r \leq 5$

برای بسامدهای بیش‌تر از ۳ GHz: $3 \leq \epsilon_r \leq 5$

ضخامت دیواره کف پیکر تخت باید ۲۱۰ mm با رواداری ± 0.2 mm باشد.

اگر الزامات فوق برآورده شود، تاثیر شکل و ضخامت پیکر در نتایج اندازه‌گیری SAR کمتر از ۱٪ است. اثرات وارده بر روی SAR به‌خاطر تاثیر انحراف از پارامترها و ضخامت پوسته باید در تخمین عدم قطعیت گنجانده شود.

مواد پوسته پیکر باید در برابر صدمه/واکنش نسبت به مواد شیمیایی مایع هم‌ارز بافت بدن مقاوم باشد.

۳-۲-۵ ویژگی‌های مواد مایع هم ارز بافت

مقادیر نامی دی‌الکتریک مایع هم‌ارز بافت در پیکر برای بسامدهای گسسته بین ۳۰ MHz و ۶ GHz در جدول شماره ۱ مشخص شده‌اند. برای سایر بسامدهای این گستره، مقادیر نامی دی‌الکتریک را باید از طریق درون‌یابی خطی مقادیر بالاتر و پایینتر جدول به‌دست آورد. چند نمونه طرز تهیه مایع‌های هم‌ارز بافت که به منظور ایجاد ویژگی‌های دی‌الکتریک در برخی از بسامدهای گستره ۳۰ MHz تا ۶ GHz ابداع شده‌اند، در پیوست ۳ ارائه شده‌اند. دلایل منطقی برای ویژگی‌های ماده هم‌ارز بافت در پیوست الف داده شده است. ویژگی‌های دمایی مایع در زیربند ۵-۱ داده شده‌اند.

جدول ۱- ویژگی‌های دی‌الکتریک ماده مایع هم‌ارز بافت

| رسانایی، σ s/m | قسمت حقیقی گذردهی نسبی مختلط، ϵ_r' | بسامد MHz |
|--------------------------|--|--------------|
| ۰٫۷۵ | ۵۵٫۰ | ۳۰ |
| ۰٫۷۶ | ۵۲٫۳ | ۱۵۰ |
| ۰٫۸۷ | ۴۵٫۳ | ۳۰۰ |
| ۰٫۸۷ | ۴۳٫۵ | ۴۵۰ |
| ۰٫۸۹ | ۴۱٫۹ | ۷۵۰ |
| ۰٫۹۰ | ۴۱٫۵ | ۸۳۵ |
| ۰٫۹۷ | ۴۱٫۵ | ۹۰۰ |
| ۱٫۲۰ | ۴۰٫۵ | ۱۴۵۰ |
| ۱٫۴۰ | ۴۰٫۰ | ۱۸۰۰ |
| ۱٫۴۰ | ۴۰٫۰ | ۱۹۰۰ |
| ۱٫۴۰ | ۴۰٫۰ | ۱۹۵۰ |
| ۱٫۴۰ | ۴۰٫۰ | ۲۰۰۰ |
| ۱٫۴۹ | ۳۹٫۸ | ۲۱۰۰ |
| ۱٫۸۰ | ۳۹٫۲ | ۲۴۵۰ |
| ۱٫۹۶ | ۳۹٫۰ | ۲۶۰۰ |
| ۲٫۴۰ | ۳۸٫۵ | ۳۰۰۰ |
| ۲٫۹۱ | ۳۷٫۹ | ۳۵۰۰ |
| ۳٫۴۳ | ۳۷٫۴ | ۴۰۰۰ |
| ۳٫۹۴ | ۳۶٫۸ | ۴۵۰۰ |
| ۴٫۴۵ | ۳۶٫۲ | ۵۰۰۰ |
| ۴٫۶۶ | ۳۶٫۰ | ۵۲۰۰ |
| ۴٫۸۶ | ۳۵٫۸ | ۵۴۰۰ |
| ۵٫۰۷ | ۳۵٫۵ | ۵۶۰۰ |
| ۵٫۲۷ | ۳۵٫۳ | ۵۸۰۰ |
| ۵٫۴۸ | ۳۵٫۱ | ۶۰۰۰ |

یادآوری- برای سادگی، مقادیر گذردهی الکتریکی و رسانایی در بعضی از بسامدها که جزء داده‌های اصلی Drossos و دیگران [۱۶] یا بسط داده‌های FCC [۱۷] نیستند، ارائه شده است. (این مقادیر در جدول شماره ۱ با حروف مایل نشان داده شده‌اند.) مقادیر مایل از طریق درونیابی خطی بین اعداد مایل نشده‌ای که بلافاصله بالا و پایین این اعداد هستند به‌دست آمده‌اند، به استثنای مقادیر در ۶۰۰۰ MHz که با برون‌یابی خطی مقادیر ۳۰۰۰ MHz و ۵۸۰۰ MHz حاصل شده‌اند. برای ارزیابی‌های SAR، باید فرض شود که مایع‌های هم‌ارز بافت بدن دارای چگالی 1000 kg/m^3 هستند.

۳-۵ ویژگی‌های سامانه دستگاه‌های اندازه‌گیری

۱-۳-۵ الزامات عمومی

الزامات سامانه پویش و پروب‌ها به ترتیب در زیربندهای ۲-۳-۵ و ۳-۳-۵ ارائه شده‌اند. الزامات واسنجی^۱ کردن پروب و نگه‌دارنده افزاره‌ی تحت آزمون به ترتیب در زیربندهای ۴-۳-۵ و ۵-۳-۵ تعریف شده‌اند.

۲-۳-۵ سامانه پویش

کمینه الزامات برای سامانه پویش عبارتند از:

- دقت مکانی: $\geq 0.2 \pm$ میلی‌متر
- کمینه تفکیک‌پذیری (اندازه گام): ≥ 1 میلی‌متر
- گستره پویش: $\leq 90\%$ ابعاد پیکر در همه جهات

۳-۳-۵ پروب‌ها

برای اندازه‌گیری دقیق لازم است که نوک پروب به اندازه کافی کوچک باشد تا بتواند به‌طور موثر توزیع میدان‌های القا شده در پیکر را تفکیک کند. پروب باید کمینه اعوجاج در توزیع میدان را ایجاد کند که تنها اگر قطر پروب کمتر از یک سوم طول موج در داخل مایع باشد، قابل دستیابی است. علاوه بر این، برای این که خطای برون‌یابی تا حد امکان پایین نگاه داشته شود، اندازه‌گیری‌های دقیقی که تا حد ممکن نزدیک به سطح پیکر باشد ضرورت دارند. بند M.1 پایه منطقی برای الزامات پروب را ارائه می‌کند.

کمینه الزامات در پاراگراف قبل در صورتی حاصل می‌شود که پروب دارای ویژگی‌های زیر باشد:

- قطر نوک پروب:
- ≥ 8 میلی‌متر، برای بسامدهای کوچک‌تر یا مساوی ۲ گیگاهرتز
- $\geq \lambda/3$ برای بسامدهای بزرگتر از ۲ گیگاهرتز
- که در آن λ طول موج در محیط مایع بر حسب میلی‌متر است.
- حساسیت: ≥ 0.1 W/kg

۴-۳-۵ واسنجی کردن پروب‌ها

پروب باید به همراه ساختار الکترونیکی قرائت مربوطه واسنجی شود و واسنجی‌سازی حاصله باید برای هر نوع ساختار الکترونیکی قرائت یکسان یا از نظر فنی مشابه، معتبر باشد. پروب باید در هر مایع هم‌ارز بافت در بسامد کاری و گستره دمای منطبق با روش‌های مندرج در پیوست ب استاندارد ملی ۱۱۸۷۵-۱ واسنجی شود.

۵-۳-۵ ویژگی‌های ابزار(های) نگهدارنده DUT در وضعیت آزمون

نگهدارنده افزاره باید از موادی کم‌افت و با گذردهی ناچیز ساخته شده باشد:

- تانژانت تلفات $\tan \delta \leq 0.05$

- گذردهی نسبی $\epsilon_r \leq 5$

نگهدارنده افزاره باید استقرار دقیق و قابل تکرار DUT را تضمین کند. عدم قطعیت استقرار افزاره باید طبق روش‌های مندرج در زیربند ۷-۲-۳-۴-۳ برآورد شود.

۶ پروتکل ارزیابی SAR

۱-۶ آماده سازی برای اندازه گیری

۱-۱-۶ آماده سازی کلی

خصوصیات عایقی مایع‌های هم‌ارز بافت باید ۲۴ ساعت قبل از اندازه‌گیری‌های SAR، اندازه گرفته شوند یا چنانچه آزمایشگاه بتواند انطباق با توصیه‌های زیربند ۵-۲-۳ را مستند کند، خصوصیات مزبور می‌تواند با تناوب کمتری تا یک هفته، اندازه‌گیری شود. رسانایی ویژه و گذردهی نسبی اندازه‌گیری شده باید در محدوده ۱۰ درصدی مقادیر هدف قرار گیرند. نتایج حاصل از اندازه‌گیری SAR باید با استفاده از رویه‌های اجرایی پیوست ج تصحیح شوند. در صورتی که Δ SAR اصلاحی علامت منفی داشته باشد، نتایج اندازه‌گیری SAR نباید تصحیح شوند.

رویه‌های اندازه‌گیری برای پارامترهای دی‌الکتریک مندرج در پیوست خ باید به کار گرفته شوند. در پیوست ج روش‌های تعیین میزان اثرگذاری انحراف‌های گذردهی و رسانایی ویژه بر SAR شرح داده شده است.

۲-۱-۶ واریسی سامانه

پیش از انجام اندازه‌گیری‌های SAR برای یک DUT، باید واریسی سامانه طبق رویه‌های اجرایی پیوست ب به عمل آید.

۳-۱-۶ آماده سازی افزاره‌ی تحت آزمون

۱-۳-۱-۶ کلیات

DUT باید فرستنده درونی، مجتمع و متصل خود را به کار گیرد. آنتن(ها) و لوازم جانبی استفاده شده باید در گزارش اندازه‌گیری مشخص شوند.

توان خروجی و بسامد (مجرا^۱) RF باید با استفاده از یک برنامه درونی آزمون یا توسط ارتباط بی‌سیم با ایستگاه پایه یا شبیه‌ساز شبکه کنترل شود.

DUT باید در حالت ارسال بالاترین سطح متوسط زمانی توان خروجی RF به نحوی تنظیم شود که در حالت انتقال و/یا الزامات کارکردی DUT تعریف شده است. چنانچه این امر ممکن یا عملی نباشد، اجازه داده شده که آزمون در هر سطح توان پایین‌تری انجام شود و سپس با محاسبه، نتیجه‌ی بالاترین سطح توان استخراج شود؛ مشروط بر این که ضریب مقیاس معلوم بوده و در گزارش اندازه‌گیری مستند شده باشد. پیوست ر مثالی از رویه افزایش به مقیاس را شرح داده است.

چنانچه حالت عادی کارکرد شامل انتقال رگبارهای^۲ بدون ضریب کار ثابتی باشد، آزمون‌ها باید با استفاده از ضریب کار ثابت کنترل شده انجام شوند و نتایج SAR باید پس از آن به مقیاس بیشینه ضریب کار مورد نظر برای آن حالت ارتقا یابند و در گزارش اندازه‌گیری مستند شوند. در صورتی که بیشینه ضریب کار مورد نظر کاملاً مشخص نشده باشد یا این که ایجاد ضریب کار ثابت کنترل شده مشکل باشد، باید یک حالت کارکردی موجود را به کار گرفت و مقیاس‌گذاری مناسبی را انتخاب کرد و در گزارش اندازه‌گیری مستند نمود.

آزمون‌های قرارگیری در معرض بسامدهای رادیویی باید بر اساس خصوصیات DUT یعنی حالت‌های کارکرد، باندهای کارکرد، پیکربندی آنتن‌ها و غیره باشند. در جایی که حالت‌های چندگانه کارکرد در دسترس باشند،

1 - Channel
2 - Burst

همه آنها باید آزمایش شوند، مگر این که بتوان به روشنی نشان داد که بعضی از حالت‌ها نسبت به بقیه و در همان بسامد، یک توان خروجی با متوسط زمانی پایین‌تری را مصرف می‌کنند. برای مثال اگر یک DUT دارای چندین شکاف فرستندگی باشد باید حالتی را که بیش‌ترین تعداد شکاف را استفاده می‌کند به کار گرفت و نیازی نیست حالت‌هایی را که در همان بسامد از تعداد کمتری شکاف استفاده می‌کنند آزمون کرد. (با این فرض که توان خروجی متوسط زمانی در طی آزمون با آن شکاف، برای تمام حالت‌ها یکسان باشد). در مواردی که بعضی از حالت‌ها باید از آزمون کنار گذاشته شوند، باید توضیح روشنی از ارتباط حالت‌های کارکردی از نظر سطح توان، ضریب کار، بسامد کاری و آنتنی که به کار رفته است وجود داشته باشد، زیربند ۶-۲ و پیوست پ را مشاهده کنید. آزمون در حالت بی‌کاری در جایی که این حالت دارای توان خروجی متوسط زمانی پایین‌تری نسبت به زمان ارسال فعال است، ضرورت ندارد.

به‌طور کلی، DUT را باید با به‌کارگیری پیکربندی کارکردی موجود آن، همانگونه که در دستورالعمل استفاده‌کننده توضیح داده شده است آزمایش کرد. هیچ کابلی نباید به DUT متصل شود، مگر این که کابل‌ها برای کارکردن در پیکربندی کارکردی مورد نظر ضروری باشند. (مثلاً کابل یک هدفون برای استفاده دست آزاد^۱ یا یک کابل داده برای ارسال داده‌ها) وصل کردن کابل‌ها به DUTی مورد نظر می‌تواند توزیع جریان RF را روی سطح DUT، تغییر دهد. کابل‌هایی که در پیکربندی کارکردی مورد نظر لازم نیستند باید عمود بر سطح پیکر قرار داده شوند تا تاثیر آنها بر SAR اندازه‌گیری شده، کمینه باشد. کابل‌هایی که در پیکربندی کارکردی مورد نظر لازم هستند، باید به‌گونه‌ای قرار داده شوند تا نتایج محافظه‌کارانه‌ای از SAR ایجاد کنند. طرز قرارگیری کابل‌ها باید در گزارش اندازه‌گیری مستند شود.

چنانچه حالت کارکردی قادر به شبیه‌سازی ارسال چندگانه همزمان باشد (مثل ارسال بلوتوث و GSM با همدیگر)، این حالت کارکردی هم باید آزمایش شود. (برای مشاهده رویه‌های اجرایی، به زیربند ۶-۳-۲ مراجعه شود).

زمانی که قرار است DUT فقط با منبع تغذیه خارجی کار کند، سیم‌کشی ارائه شده توسط سازنده باید برای اتصال به منبع توان مناسب به کار گرفته شود. در جایی که منبع تغذیه مورد نظر یک باتری باشد، قبل از اندازه‌گیری، باید باتری کاملاً شارژ شده باشد و نباید هیچ منبع تغذیه خارجی وجود داشته باشد. تا زمانی که رانش، آن‌طور که در زیربند ۶-۱-۳-۲ شرح داده شده، ارزیابی شود و مقادیر SAR طبق رهنمودهای گنجانده شده در این سند اصلاح شوند، می‌توان از یک‌بار شارژ کردن باتری برای یک توالی از اندازه‌گیری‌ها بهره گرفت.

۶-۱-۳-۲ اندازه‌گیری‌های متعدد SAR با تنها یک بار شارژ کردن باتری

۶-۱-۳-۱ الزامات عمومی

زمانی که با یک‌بار شارژ کردن باتری، چندین بار، SAR اندازه‌گیری می‌شود، سه شرط باید برآورده شود:
الف) مقادیر اندازه‌گیری شده SAR باید با ضریبی بزرگتر یا مساوی اندازه رانش تصحیح شوند،

یادآوری- زمانی که رانش صعودی باشد، به‌عبارت دیگر افزایشی آشکار در میدان الکتریکی (یا توان) ایجاد شود، هیچ تصحیحی نباید به مقدار اندازه‌گیری شده SAR اعمال شود. تنها در مورد رانش نزولی باید اصلاح صورت گیرد.

ب) رانش جمعی (منظور شدت رانش بعد از اندازه‌گیری دوم، سوم، چهارم و غیره از رشته اندازه‌گیری‌ها است) باید کوچک‌تر مساوی $1/0 \text{ dB} \pm$ باشد،
پ) نتایج اندازه‌گیری‌هایی که رانش جمعی برای آنها بیش از $1/0 \text{ dB} \pm$ است باید کنار گذاشته شوند.
(به عبارت دیگر در هر جا که مناسب باشد، تکرار شود).

اندازه رانش را به سه شیوه مختلف می‌توان ارزیابی کرد که جزئیات آن در زیر شرح داده شده است.

۶-۱-۳-۲ روش ۱: ارزیابی رانش از طریق اندازه‌گیری مشخصه تخلیه باتری^۱

در این روش ارزیابی رانش، از مشخصه تخلیه اندازه‌گیری شده‌ی باتری در همان بسامد و حالت عملکردی استفاده می‌شود که در آزمون (SAR) به کار رفته است. خصوصیت تخلیه الکتریکی را می‌توان با اندازه‌گیری توان هدایت شده، با به کارگیری رابط^۲ خارجی RF وسیله تحت آزمون (اگر موجود باشد) یا با اندازه‌گیری SAR در پیکر پهن پر از مایع، اندازه گرفت. برای هر دو نوع اندازه‌گیری، توان خارج شده از DUT را (که برای ارسال بسامد و مد لازم تنظیم شده است) باید به‌طور مداوم تا زمانی پایش شود که شدت رانش بیش از 1 dB (۲۶٪) شود.

برای اندازه‌گیری توان هدایت شده، مستقیماً قرائت توان انجام می‌شود. اندازه‌گیری‌های توان هدایت شده، بر روی DUT در درگاه آنتن با استفاده از تجهیزاتی انجام شود که قادر به اندازه‌گیری توان RF قبل از مستقر کردن DUT جهت آزمون SAR باشند. چنانچه اندازه‌گیری توان هدایت شده به عمل می‌آید، باید اندازه‌گیری توان بلافاصله قبل و بلافاصله پس از اندازه‌گیری SAR انجام شود.

در مورد اندازه‌گیری میدان الکترومغناطیسی تشعشع شده، مقدار SAR تک نقطه‌ای در یک نقطه مرجع ثابت درون پیکر پهن پر شده از مایع، به‌طور پیوسته اندازه‌گیری می‌شود و نتیجه پس از تکمیل اندازه‌گیری، به SAR تبدیل می‌شود. نقطه مرجع باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که مقدار SAR تک نقطه‌ای بیش‌تر از حد پایین آشکارسازی، در سامانه SAR باشد. بلافاصله پس از اندازه‌گیری SAR، باید اندازه‌گیری دومی توسط سامانه در نقطه‌ای که کاربر تعیین کرده است به عمل آید.

منحنی به‌دست آمده از توان یا کاهش SAR بر حسب زمان، باید جهت تصحیح رانش در اندازه‌گیری‌های چندگانه استفاده شود. تصحیح باید با توجه به مدت زمانی از شروع رشته آزمون‌های چندگانه تا پایان هر آزمون متوالی و با خواندن افت توان یا SAR متناظر آن مدت زمانی از روی منحنی، انجام شود.

۶-۱-۳-۲ روش ۲: ارزیابی رانش از طریق محاسبه رانش جمعی

در این روش، رانش ثبت‌شده برای هر یک از اندازه‌گیری‌های جداگانه SAR به رانش جمعی ثبت‌شده برای تمام اندازه‌گیری‌های قبلی در رشته اضافه می‌شود. برای مثال چنانچه در یک رشته آزمون سه‌گانه، رانش اولین آزمون به مقدار $0/4 \text{ dB}$ ، دومین آزمون $0/25 \text{ dB}$ و سومین آزمون $0/31 \text{ dB}$ باشد، پس رانش‌هایی که باید جبران شوند عبارتند از:

- برای آزمون نخست $0/4 \text{ dB}$
- برای آزمون دوم $0/65 \text{ dB}$ (یعنی $0/4 \text{ dB} + 0/25 \text{ dB}$)

۱- به منظور پرهیز از تکرار متعدد اندازه‌گیری خصوصیت تخلیه الکتریکی باتری برای هر باتری که جهت هر بسامد و مد احتمالی استفاده می‌شود، می‌توان تنها یک اندازه‌گیری با استفاده از بسامد و مد دارای بالاترین توان خروجی متوسط زمانی انجام داد.

• برای آزمون سوم ۰٫۹۶ dB (یعنی ۰٫۴ dB + ۰٫۲۵ dB + ۰٫۳۱ dB).

اندازه رانش برای هر اندازه‌گیری جداگانه SAR باید با اندازه‌گیری قدرت میدان الکترومغناطیسی گسیل شده (یا SAR تک نقطه‌ای) در یک نقطه ثابت مرجع در درون پیکر پر شده از مایع، همان‌گونه که در زیربند ۱-۶-۳-۲-۲ شرح داده شده، قبل و بعد از هر اندازه‌گیری SAR، سنجیده شود. چنانچه روش توانایی میدان الکتریکی قرارگیری در معرض پرتو، حساسیت لازم را نداشته باشد، به‌عنوان جایگزین باید قبل و بعد از هر اندازه‌گیری SAR، توان هدایت شده از رابط هم محور خارجی روی DUT را اندازه‌گیری کرد. در صورتی که DUT در بین اندازه‌گیری‌های پی در پی SAR به ارسال ادامه دهد، باید تاخیر زمانی بین این اندازه‌گیری‌های جداگانه SAR را به کمینه رساند و نباید از ۵ دقیقه بیشتر شود.

زمانی که رانش تجمعی پس از اندازه‌گیری دوم، سوم، چهارم، ... بیش از ۱٫۰ dB شود، باید از آخرین اندازه‌گیری جداگانه SAR صرف‌نظر کرد و مقادیر اندازه‌گیری‌های پیشین SAR در رشته را برای شدت رانش مربوطه تصحیح کرد.

۱-۶-۳-۲-۴ روش ۳: ارزیابی رانش از طریق محاسبه رانش تجمعی

این روش فقط در صورتی که DUT در طی توالی آزمون‌های چندگانه حرکت داده نشود قابل اعمال است. این روش ارزیابی رانش مشابه روش زیربند ۱-۶-۳-۲-۳ است لیکن در این مورد، رانش تجمعی از طریق بازنشانی^۱ کردن DUT، پس از هر آزمون متوالی، به بسامد و ارسالی که در اولین آزمون به‌کار رفته و ثبت سطح توان هدایت شده یا میدان الکترومغناطیسی گسیل شده (یا مقدار SAR) مربوط به سطح ثبت شده پیش از شروع آزمون نخست، محاسبه می‌شود.

وقتی که رانش تجمعی بزرگتر یا مساوی ۱٫۰ dB شود، باید از آخرین اندازه‌گیری جداگانه SAR صرف‌نظر و مقادیر اندازه‌گیری‌های پیشین SAR در زنجیره را برای شدت رانش مربوطه تصحیح کرد.

۱-۶-۴ وضعیت افزاره‌ی تحت آزمون نسبت به پیکر

۱-۶-۴-۱ ملاحظات و الزامات کلی

این زیربند روش‌های اجرایی قراردادن انواع افزاره‌های زیر را شرح می‌دهد:

- افزاره‌ی عام (۱-۶-۴-۳)
- افزاره‌ی تن‌پوش (۱-۶-۴-۴)
- افزاره‌ی دارای آنتن لولایی یا گردان (۱-۶-۴-۵)
- افزاره‌هایی که به بدن تکیه می‌کنند (۱-۶-۴-۶)
- افزاره‌هایی که رومیزی هستند (۱-۶-۴-۷)
- افزاره‌هایی که جلوی صورت قرار می‌گیرند (۱-۶-۴-۸)
- افزاره‌هایی که در دست گرفته می‌شوند (۱-۶-۴-۹)
- افزاره‌هایی که بر دست و پا نصب می‌شوند (۱-۶-۴-۱۰)
- افزاره‌هایی که در لباس گنجانده شده‌اند (۱-۶-۴-۱۱)

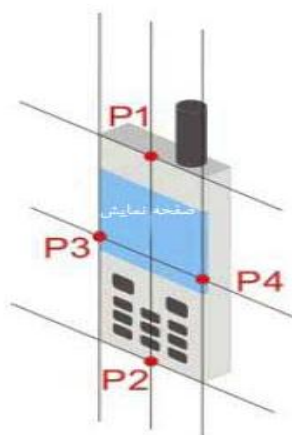
در این زیربند نحوه‌ی قرار دادن جهت و پیکربندی DUT با یا بدون لوازم جانبی را نسبت به پیکر توصیف می‌کند. وضعیت(های) مشخص شده برای آزمون، در مورد وسایلی قابل اعمال است که فاصله‌ی بین سطح افزاره تا پیکر کوچک‌تر یا مساوی ۲۰۰ میلی‌متر باشد.

یادآوری - شکل‌های ارائه شده در این زیر بند، فقط به منظور روشن شدن مطلب است و نه برای مقیاس یا نمایش منطقه پوشش شده.

اگر تولیدکننده، چندین وضعیت و سمت‌دهی را برای کارکرد افزاره‌ی مورد نظر تعیین کرده باشد، هر یک از این‌ها باید آزمایش شوند و آزمون باید محدود به همین وضعیت‌ها شود. در صورتی که هیچ وضعیتی برای استفاده مورد نظر مشخص نشده باشد یا هیچ دستورالعملی موجود نباشد، باید روش‌های اجرایی آزمون افزاره‌ی عام به کار رود.

در تمام موارد، DUT باید در برابر یک پیکر پهن آزمون شود. DUT باید در زیر پیکر مستقر شود به گونه‌ای که بیشینه متوسط فضایی SAR را بتوان اندازه گرفت. برای افزاره‌ی بزرگتر، یا در مواردی که بیشینه متوسط فضایی در لبه منطقه پوشش ثبت می‌شود، ممکن است یک پیکر بزرگتر با ابعادی کمینه ۲۰٪ بزرگتر از سایه عمودی DUT (شامل کابل‌ها، اگر باشند) ضرورت پیدا کند یا این که لازم شود DUT جابه‌جا شده و مجدداً اندازه‌گیری به عمل آید تا این که بیشینه متوسط فضایی در محدوده پایش کاملاً به دست آید. (به زیربند ۶-۱ - ۴-۲ مراجعه شود.)

در صورت مشخص بودن، DUT باید مطابق جهتی قرار گیرد که تولیدکننده برای کاربری آن را در نظر داشته است. راهنمای کلی از نظر سمت و سوی DUT یا تجهیزات جانبی حمل‌کردنی موازی با پیکر، به شرح زیر است. از این راهنما باید تا زمانی تبعیت کرد که با کاربری مورد نظر تولیدکننده برای DUT سازگار باشد. همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، P1، P2، P3 و P4 به‌عنوان نقاط میانی هر لبه سطح تعریف شده‌اند. خطوط P1-P2 و P3-P4 باید موازی سطح پیکر باشند به گونه‌ای که فاصله بین P1 و P2 برابر فاصله بین P2 و P3 باشد. همچنین، فاصله بین P3 و P4 باید برابر فاصله بین P3 و P4 باشد. فاصله جدایی، به‌عنوان فاصله بین پوسته پیکر و نزدیک‌ترین نقطه DUT تعریف شده است در زمانی که DUT آن‌طور که در بالا شرح داده شد مستقر شده باشد. پس نزدیک‌ترین نقطه عملاً می‌تواند P1 و P2، P3 و P4 یا نقطه‌ای باشد که با فاصله جدایی بین پوسته پیکر و نزدیک‌ترین نقطه DUT در زمانی که DUT مطابق توضیح بالا مستقر شده باشد تعریف شده است.



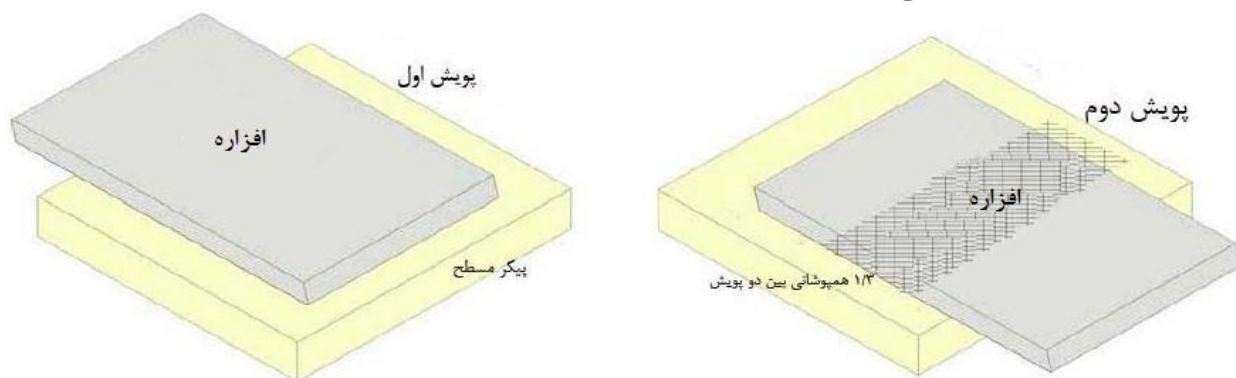
شکل ۲- تعریف نقاط مرجع

۶-۱-۴-۲ استقرار افزاره‌هایی که نسبت به سطح پیکر بزرگ هستند

چنانچه DUT بزرگتر از کمینه پیکر بیضی‌گونه مشروح در شکل ۱ و متن مربوطه باشد، DUT باید طوری جابه‌جا شود که پوشش‌های منطقه‌ای متعدد را بتوان برای کل DUT انجام داد. وقتی که پیکر بر فراز سطح مورد نظر DUT جابه‌جا می‌شود، تزویج بین DUT و پیکر می‌تواند تغییر کند و در نتیجه از آنچه با پیکر بزرگتری دیده می‌شود که تمامی DUT را می‌پوشاند، متفاوت خواهد بود.

برای این که تفاوت‌های اندازه‌گیری‌های SAR در اثر تغییرات تزویج محدود شود، نواحی پوشش شده DUT در دو آزمون پشت سر هم، به اندازه‌ی کمینه یک سوم آن ناحیه در جهت تغییر، باید هم‌پوشانی داشته باشد، همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است.

بیشینه انحراف تک نقطه‌ای SAR بین دو ناحیه‌ی پوشش شده‌ی دارای هم‌پوشانی باید کمتر از عدم قطعیت بسط یافته برای تکرارپذیری، مندرج در جدول ۷ باشد. در غیر این صورت، عدم قطعیت حاصل باید بر اساس روش‌های اجرایی و فنون ارائه شده در بند ۷، ارزیابی و مستند شود. اگر ساختارهای قرارگیری در معرض پرتوکننده RF در مقایسه با DUT و پیکر، کوچک هستند و/یا اولین پوشش منطقه‌ای نشان می‌دهد که پراکندگی SAR در محدوده پوشش شده تماماً گرفته شده است، نیازی به جابه‌جایی نیست. انگیزه‌های منجر به حذف جابه‌جا کردن باید به روشنی در گزارش اندازه‌گیری اظهار شود.



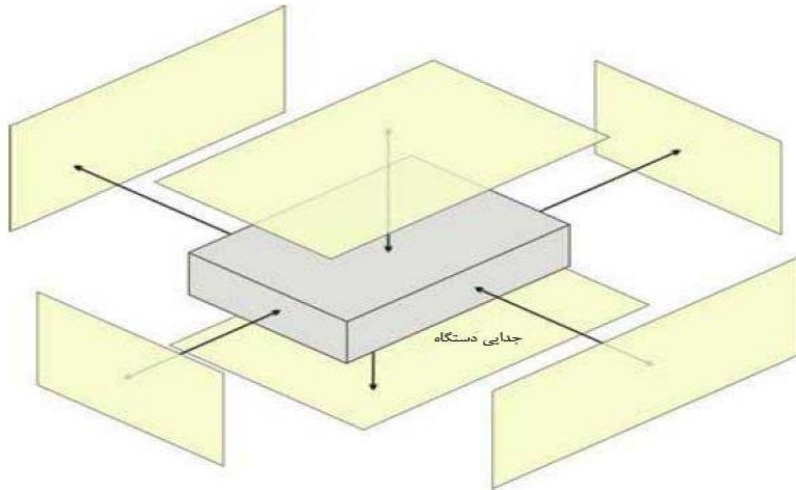
شکل ۳- اندازه‌گیری‌ها از طریق جابه‌جا کردن افزاره در برابر پیکر

۶-۱-۴-۳ افزاره عام

در مورد افزاره‌ای که نتوان آن را به‌عنوان هیچ‌یک از انواع خاص افزاره مندرج در زیربند ۶-۱-۴-۱-۱ دسته‌بندی کرد، باید آن را به‌عنوان یک افزاره عام در نظر گرفت، به عبارت دیگر مانند یک جعبه بسته که کمینه یک فرستنده RF و یک آنتن داخلی داشته باشد.

برآورد SAR برای تمام سطوح DUT که در زمان استفاده قابل دسترسی هستند، همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است، باید انجام شود. باید فاصله در زمان آزمون با فاصله مورد نظر برای کاربری منطبق باشد، همان‌طور که در دستورالعمل‌های کاربری ارائه شده توسط سازنده شرح داده شده است، چنانچه کاربری مورد نظر مشخص نشده باشد، باید تمام سطوح DUT مستقیماً در برابر پیکر پهن آزمون شوند.

آن سطح افزاره عام (یا سطح لوازم جانبی حمل‌شدنی که DUT را نگه می‌دارند) که رو به سوی پیکر پهن است باید موازی با سطح پیکر باشد.



شکل ۴- وضعیت های آزمون برای یک افزاره عام

اصولی که برای افزاره عام^۱ است را می توان برای همه افزاره ها به کار برد. در موردی که یک فرستنده به یک افزاره میزبان اضافه شده به طوری که میزبان و فرستنده به صورت یک افزاره منفرد عمل می کنند، باید طبق زیربندهای ۴-۴-۱-۶ و ۱۱-۴-۱-۶ بر حسب این که کدام زیربند کاربرد داشته باشد، لحاظ می شوند. در جایی که آنتن یا فرستنده RF متصل، بیرون از میزبان باشد و وضعیت استقرار آنتن یا فرستنده RF متصل، مستقل از وضعیت قرارگیری میزبان باشد، مثلاً فرستنده از طریق یک کابل متصل باشد، باید با استفاده از روش های اجرایی افزاره نوعی ارزیابی شود.

برای DUT هایی با چندین آنتن، همان قواعد قابل اعمال هستند و تمام ترکیبات وضعیت های آنتن باید آزمایش شوند. پیوست پ بینش پیش تری را از نظر روش کاهش تعداد ترکیبات آزمون شده ارائه می کند.

۴-۱-۶ وسایل تن پوش

نمونه یک افزاره نصب شده بر بدن، یک تلفن همراه، PDA بی سیم فعال شده یا سایر افزاره های بی سیمی است که با باتری کار می کنند و در مدتی که با استفاده از یک افزاره حمل کننده جانبی تایید شده توسط تولید کننده افزاره بی سیم، بر روی بدن شخص سوار شده اند، توانایی ارسال دارند.

چنانچه دستورالعمل های کاربری تهیه شده توسط تولید کننده، کاربری مورد نظر را با یک افزاره حمل کننده جانبی (گیره کمر بند، جلد چرمی، کیف و امثال آن) تعیین کرده است، افزاره باید آن طور که مورد نظر بوده در آن افزاره جانبی حمل قرار گیرد و افزاره جانبی حمل باید در سمت و سویی که مورد نظر است در مقابل پیکر پهن جا داده شود.

در مورد افزاره های جانبی حمل کننده که از مواد غیر رسانا (مثلاً فلز) ساخته شده اند و قادرند DUT را در کمترین فاصله متغیر نسبت به پیکر نگه دارند، انتظار می رود که آن افزاره جانبی حملی که نزدیکترین فاصله را تأمین می کند، بالاترین SAR را تولید کند و بنابراین آزمون افزاره های جانبی حملی که فاصله های بزرگتری را تأمین می کنند لازم نخواهد بود. در مورد افزاره های جانبی حملی که حاوی مواد رسانا (مثلاً فلز) نیستند، جایگزین کردن افزاره جانبی حمل با یک فاصله هوایی یا با یک فاصله گذاری که DUT را در فاصله ای نزدیک به سطح پیکر نگه می دارد که از فاصله تأمین شده توسط افزاره جانبی حمل بیش تر نیست، قابل قبول است.

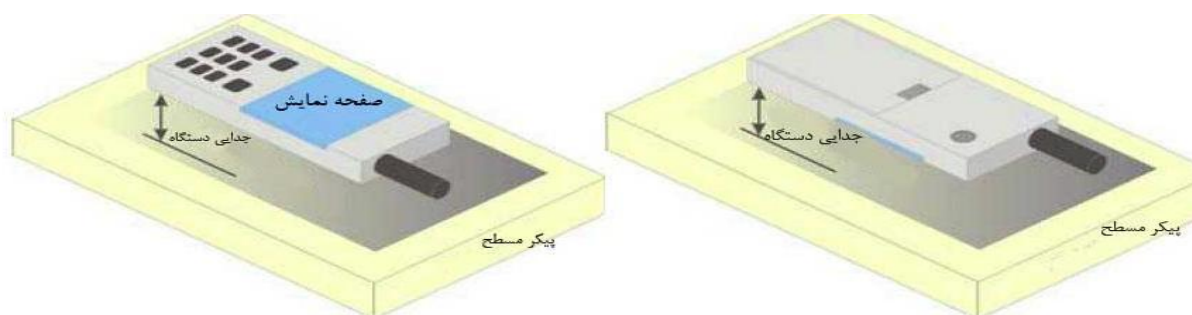
فاصله‌گذار^۱ باید از موادی با اتلاف کم و گذردهی الکتریکی پایین ساخته شده باشد و تاثرات تلفات آن کوچک‌تر یا مساوی ۰/۰۰۵ و گذردهی نسبی آن کوچک‌تر یا مساوی ۱/۱ باشد. افزاره‌های جانبی مثل کیت‌های دست آزاد، که شامل فرستنده‌های RF نیستند و اثبات شده‌اند که قله SAR را کمتر از ۵٪ افزایش می‌دهند، نیازی به آزمون‌های SAR، جدای از آزمون‌های SAR مربوط به یک پیکربندی اصلی DUT، ندارند. پیوست ث اطلاعات و پایه منطقی دیگری در مورد آزمون کیت دست آزاد ارائه می‌کند.

یادآوری- در این متن، منظور از کیت دست‌آزاد عبارت است از فقط گوشی(ها) و/یا افزاره جانبی هدفون غیرفرستنده که توسط یک کابل به تلفن همراه متصل است ولی هیچ افزاره‌ای همچون گوشی‌ها و/یا هدفون‌های بلوتوث، به عبارت دیگر " کیت بی‌سیم دست‌آزاد" را شامل نمی‌شود.

چنانچه دستورالعمل‌های کاربری ارائه شده توسط تولیدکننده، استفاده‌ای را تعیین کرده است که در نظر است همراه با یک افزاره جانبی مناسب و در فاصله مشخصی از بدن باشد، افزاره باید در فاصله‌ای از سطح بیرونی پیکر قرار داده شود که منطبق با فاصله تعیین شده باشد. (شکل ۵) زمانی که SAR بدون افزاره جانبی حمل مشخصی ارزیابی می‌شود، فاصله جدایی نباید بیش از ۲۵ میلی‌متر باشد. توصیه می‌شود سطحی از افزاره که رو به پیکر پهن قرار دارد موازی سطح پیکر باشد. هر چند، همه افزاره‌ها دارای یک سطح صاف نیستند، از این رو جزییات استقرار افزاره مثلاً شرح فاصله و رابطه فیزیکی بین افزاره و پیکر (به زیربند ۶-۱-۴-۱مراجعه شود) باید در گزارش اندازه‌گیری مطابق با دستورالعمل‌های سازنده مستند شود.

مثال- معمولاً برای تلفن‌های همراه پوشاندنی بر بدن، یک فاصله جدایی ۱۵ میلی‌متری به کار می‌رود تا جایگزین فاصله‌ای باشد که افزاره‌ی جانبی مورد نظر ایجاد می‌کنند.

اگر استفاده مورد نظر در دستورالعمل‌های کاربری مشخص نشده باشد، باید افزاره را برای تمام سطوح آن که مستقیماً مقابل پیکر پهن قرار داده می‌شوند آزمون کرد. جزییات وضعیت قرار گرفتن افزاره به خصوص نقاط تماس آن با سطح پیکر باید در گزارش اندازه‌گیری مستند شود. چنانچه آزمون یک یا چند سطح افزاره حذف شده باشد، این موضوع باید در گزارش اندازه‌گیری همراه با پایه منطقی مربوطه مستند شود.



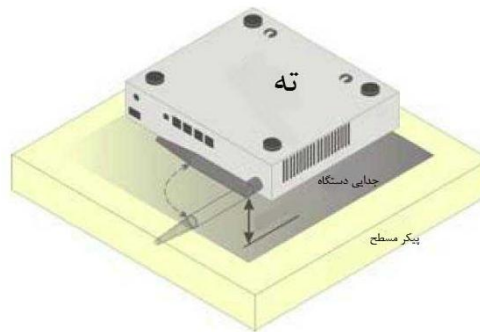
شکل ۵- وضعیت‌های قرارگرفتن برای آزمون افزاره‌های پوشاندنی بر بدن

۵-۴-۱-۶ وسایل دارای آنتن لولایی یا گردان

برای افزاره‌هایی که یک یا چند آنتن بیرونی با وضعیت‌های تغییرپذیر را به کار می‌گیرند (مثل آنتن کشیده شده، جمع شده، چرخانده شده) این آنتن‌ها باید طبق دستورالعمل‌های کاربری ارائه شده توسط سازنده استقرار یابند. در مورد افزاره‌ای با فقط یک آنتن، چنانچه هیچ وضعیت مورد نظری برای آنتن تعیین نشده باشد، باید

1- Spacer

آزمون‌ها را چنانچه قابل اعمال باشد در هر دو وضعیت افقی و عمودی نسبت به پیکر انجام داد و آنتن به سمتی غیر از بدنه DUT باشد (شکل ۶) و/یا آزمون با آنتن کشیده شده و جمع شده انجام شود به گونه‌ای که شرایط قرارگیری در بیش‌ترین قرارگیری در معرض پرتو حاصل شود. برای آنتن‌هایی که می‌توانند در یک یا دو سطح چرخانده شوند توصیه می‌شود که یک ارزیابی انجام و در گزارش اندازه‌گیری مستند شود که کدام برنامه آزمون بیش‌ترین قرارگیری در معرض پرتو را داشته و چرا فقط نیاز به آزمون آن وضعیت(های) استقرار بوده است. برای افزاره‌هایی با چندین آنتن جداشدنی، تمهیدات مندرج در زیر بند ۶-۲-۲ را ببینید.



شکل ۶- افزاره ای با آنتن گردان (نمونه افزاره روی میزی)

۶-۱-۴-۶- وسایلی که به بدن تکیه می‌کنند

نمونه متداولی از افزاره‌ای که به بدن تکیه می‌کند عبارت است از یک افزاره رایانه قابل حمل بی‌سیم فعال شده که فارغ از سمت و سوی آن، می‌توان آن را بر روی ران‌های یک کاربر نشسته تکیه داد. برای نمایش این سمت‌گیری، افزاره باید در حالتی که قاعده آن در مقابل پیکر پهن باشد مستقر شود. ممکن است سمت‌گیری‌های دیگری در دستورالعمل‌های کاربری ارائه‌شده توسط سازنده تعیین شده باشد. چنانچه کاربرد مورد نظر مشخص نشده باشد، باید افزاره در تمام سمت‌های قابل استفاده آن مستقیماً در برابر پیکر پهن آزمون شود.

قسمت صفحه نمایش افزاره باید در وضعیت باز و با زاویه 90° به گونه‌ای که در شکل ۷ الف (سمت چپ) مشاهده می‌شود یا تحت زاویه‌ای که در دستورالعمل‌های کاربری ارائه‌شده توسط تولیدکننده برای استفاده مورد نظر تعیین شده است، قرار گیرد. در موردی که افزاره تکیه‌کننده به بدن دارای یک صفحه نمایش جدا شدنی است که برای کارکرد عادی آن ضرورت دارد، در این صورت اگر معمولاً در ۲۰۰ میلی‌متری از بدن قرار می‌گیرد، لزومی به آزمون سمت صفحه نمایش نیست. در جایی که یک آنتن سوار شده بر صفحه نمایش وجود داشته باشد، باید این وضعیت را با قرار دادن صفحه نمایش در مقابل پیکر پهن، همان‌طور که در شکل ۷ الف (سمت راست) نشان داده شده است تکرار کرد، با این فرض که این امر با کاربرد مورد نظر سازگار باشد.

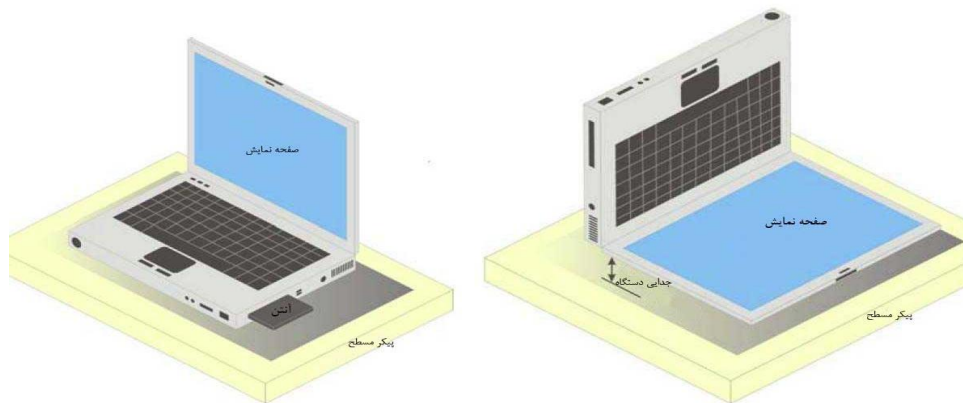
سایر افزاره‌هایی که در این دسته‌بندی قرار می‌گیرند شامل رایانه‌های لوحی و پایانه‌های معتبرسازی تراکنش‌های کارت‌های اعتباری، پایانه‌های فروش و/یا پایانه‌های موجودی انبار می‌شوند. در مواردی که این افزاره‌ها ممکن است بر بالاتنه یا دست و پا تکیه‌زنند، همان اصول حاکم بر افزاره‌های تکیه‌کننده بر بدن اعمال می‌شوند.

مثال شکل ۷ ب یک رایانه قابل حمل لوحی را نشان می‌دهد که لازم است ارزیابی SAR برای آن به‌طور جداگانه به‌صورت‌های زیر انجام شود

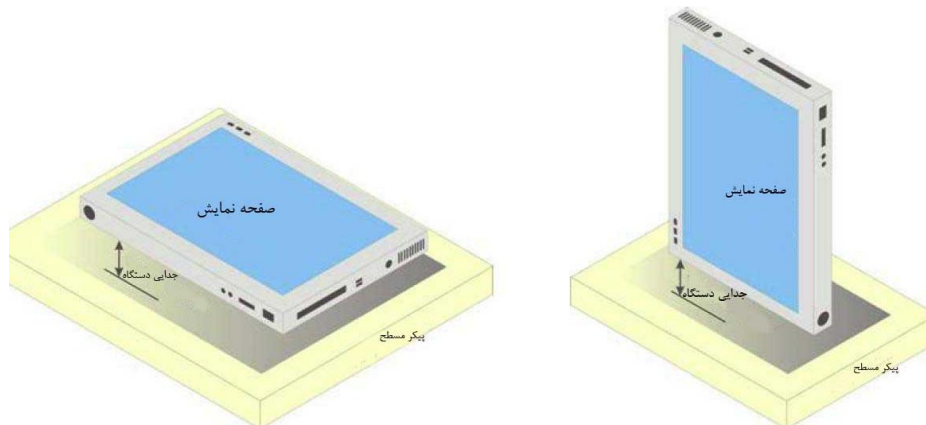
ت) هر سطح و

ث) فاصله‌های جدایی

که در مقابل پیکر پهن طوری قرار داده شده‌اند که با کاربرد مورد نظر به گونه‌ای که تولیدکننده مشخص کرده است منطبق باشد. چنانچه کاربرد مورد نظر در دستورالعمل‌های کاربری مشخص نشده باشد، افزاره را باید در تمام سمت و سوهای قابل استفاده آن مستقیماً در برابر پیکر پهن آزمایش کرد. ممکن است برخی از افزاره‌های تکیه‌کننده بر بدن، این امکان را داشته باشد که آزمون با یک منبع تغذیه بیرونی (مثلاً آداپتور a.c.) متصل به باتری انجام شود، ولی باید در گزارش اندازه‌گیری تایید و مستند شود که SAR همچنان محافظه کارانه است. برای افزاره‌هایی که دارای یک آنتن بیرونی با وضعیت‌های قابل تغییر (مثلاً آنتن گردان) هستند به زیربند ۶-۱-۴-۵ و شکل ۶ مراجعه شود.

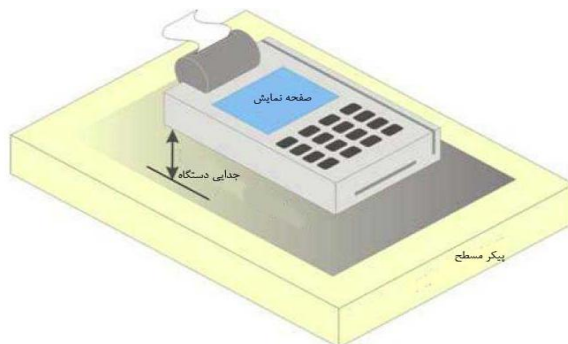


الف) رایانه قابل حمل دارای آنتن بیرونی کارت رادیویی وصل شدنی (Plug-in) (سمت چپ) یا آنتن داخلی قرار گرفته در قسمت صفحه نمایش (سمت راست)



ب) رایانه قابل حمل از نوع لوحی

شکل ۷- وضعیت‌های آزمون برای افزاره‌های تکیه‌کننده بر بدن



پ) پایانه بی سیم معتبرسازی تراکنش های کارت اعتباری

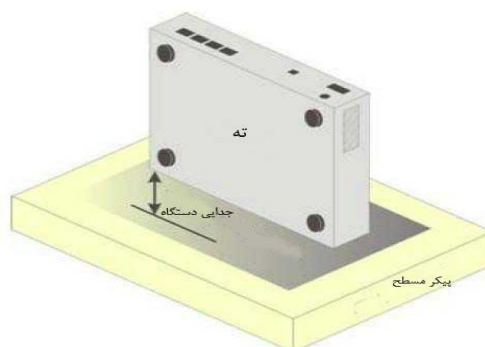
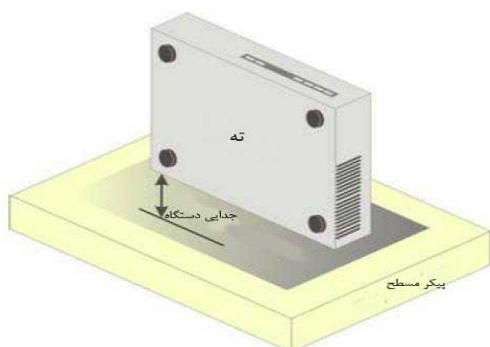
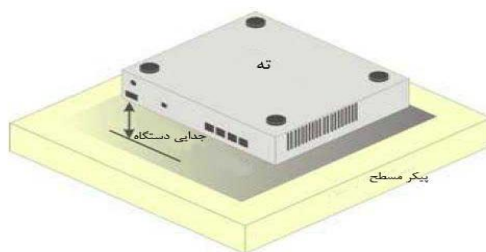
شکل ۷- ادامه

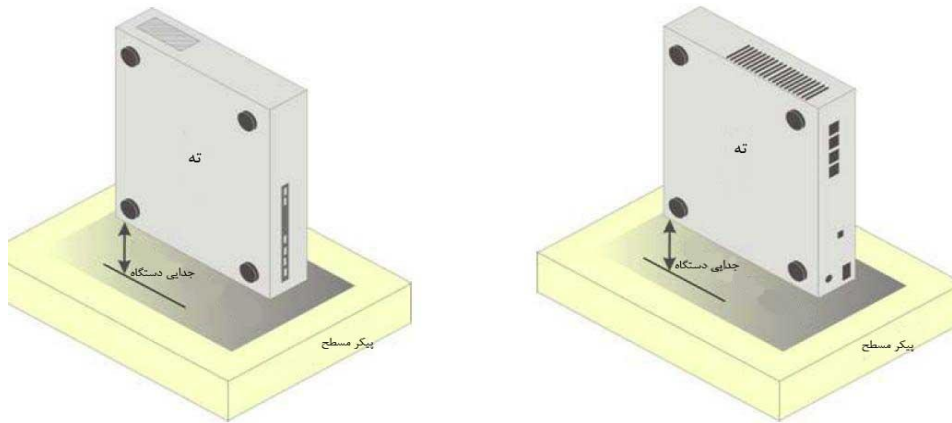
۶-۱-۴-۷ افزاره هایی که رومیزی هستند

یک رایانه بی سیم روی میزی فعال شده که در زمان استفاده بر روی یک میز عادی یا میز تحریر قرار داده شده یک نمونه نوعی از افزاره روی میزی است.

باید در DUT در فاصله و سمت و سویی نسبت به پیکر قرار داده شود که با کاربری مورد نظری که تولیدکننده در دستورالعمل های کاربری تعیین کرده است، منطبق باشد. در مورد افزاره هایی با آنتن بیرونی با وضعیت های قابل تغییر، باید آزمون ها برای تمام وضعیت های مشخص شده آنتن انجام شود. شکل های ۸ و ۶ طرز قرارگیری افزاره روی میزی را برای آزمون های SAR نشان می دهند. چنانچه استفاده مورد نظر مشخص نشده باشد، افزاره باید مستقیماً در برابر پیکر پهن آزمایش شود.

برخی از سطوح افزاره به خاطر طراحی فیزیکی آنها، ممکن است نیاز به آزمون نداشته باشند، برای مثال کف یک افزاره ایستاده روی میز تحریر.

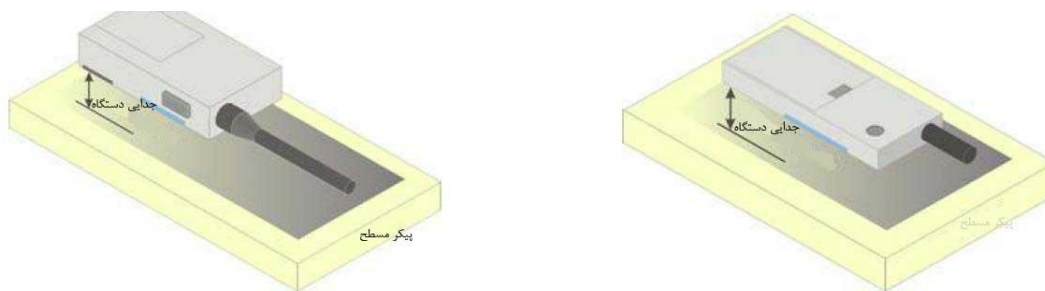




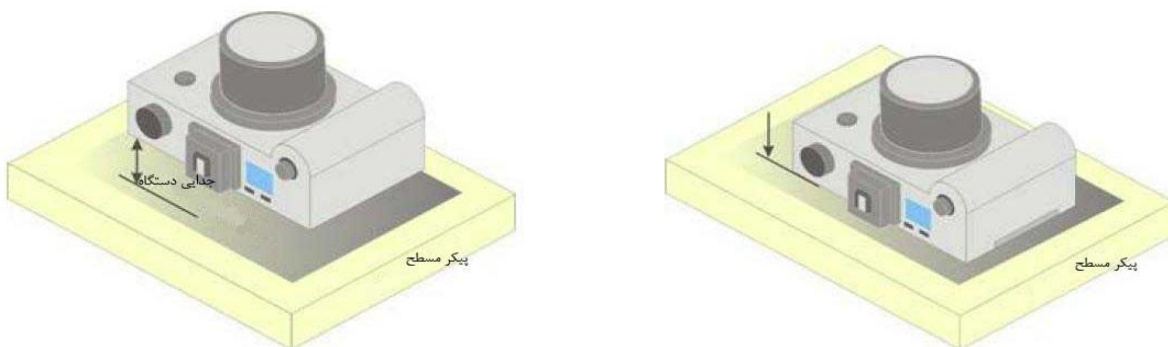
شکل ۸ - وضعیت‌های آزمون برای افزاره‌ی روی میزی

۸-۴-۱-۶ افزاره‌هایی که جلوی صورت قرار می‌گیرند

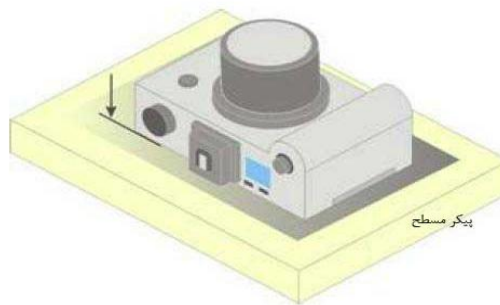
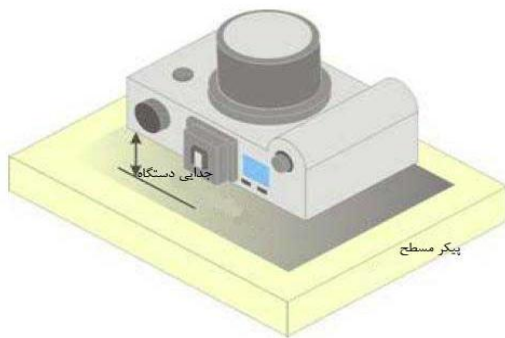
یک نمونه نوعی از افزاره مقابل صورت، رادیوی دو سوپه‌ای است که در هنگام ارسال در فاصله‌ای از صورت کاربر نگه داشته می‌شود. در این موارد، افزاره تحت آزمون باید در فاصله‌ای از سطح پیکر قرار داده شود که با کاربری مورد نظری که توسط تولیدکننده در دستورالعمل‌های کاربری تعیین شده است، منطبق باشد. (شکل ۹ الف) اگر استفاده مورد نظر مشخص نشده باشد، باید از یک فاصله 25^* میلی‌متری بین سطح پیکر و افزاره استفاده شود.



الف) رادیوهای دو سوپه



♣ این فاصله منطبق است با ۹۵٪ فاصله برآمدگی بینی که در بررسی اندام شناسی انسانی توسط گوردون و دیگران به دست آمده است. [۲۷]



ب) دوربین‌های عکاسی و دوربین‌های فیلم برداری

شکل ۹- وضعیت‌های آزمون برای افزاره‌های مقابل صورت

سایر افزاره‌هایی که در این دسته‌بندی قرار می‌گیرند شامل دوربین‌های عکاسی و دوربین‌های فیلم‌برداری بی‌سیم فعال‌شده‌ای هستند که می‌توانند داده‌ها را به یک شبکه یا سایر افزاره‌ها بفرستند. (شکل ۹ب) در مورد افزاره‌ای که کاربری مورد نظر از آن مستلزم یک فاصله از کاربر است (برای مثال افزاره‌ای با یک صفحه نمایش)، این افزاره باید در فاصله‌ای از سطح پیکر قرار داده شود که با کاربری مورد نظری که توسط تولیدکننده در دستورالعمل‌های کاربری تعیین شده است، منطبق باشد. (شکل ۹ ب، سمت چپ) اگر استفاده مورد نظر مشخص نشده باشد، باید از یک فاصله ۲۵ میلی‌متری بین سطح پیکر و افزاره استفاده شود.

در مورد افزاره‌ای که استفاده مورد نظر از آن مستلزم این است که صورت کاربر با افزاره تماس پیدا کند، (برای مثال افزاره‌ای با یک منظره‌یاب چشمی)، این افزاره باید مستقیماً در مقابل پیکر قرار گیرد. (شکل ۹ ب، سمت راست)

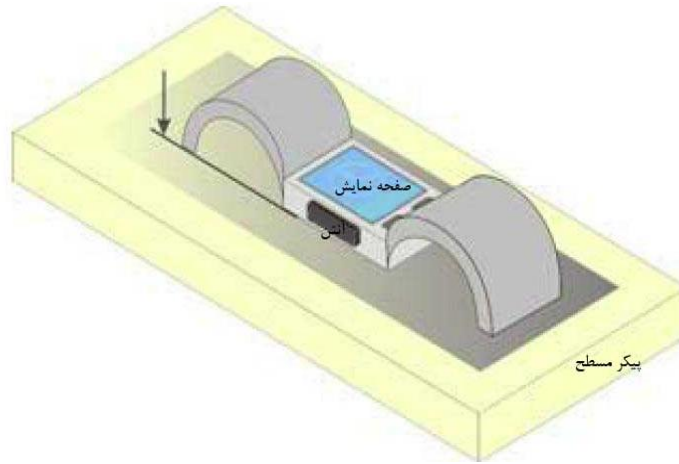
۶-۱-۴-۹ افزاره‌هایی که در دست گرفته می‌شوند

برای ابداع روشی جهت ارزیابی SAR در دست، برای افزاره‌ای که در دست نگه داشته می‌شوند مطالعات بیشتری لازم است. هدف این است که ویرایش‌های بیشتر این استاندارد، یک روش آزمون متکی بر داده‌های علمی و منطقی را در بر داشته باشد. پیوست د روش اجرای آزمونی را که فعلاً موجود است نشان می‌دهد.

۶-۱-۴-۱۰ افزاره‌ای که بر دست و پا نصب می‌شود

یک افزاره که بر دست یا پا نصب می‌شود دستگاهی است که استفاده مورد نظر از آن شامل مواردی است که مادامی که دستگاه در حال ارسال است، به بازو یا ساق پای کاربر بسته شده است. (به جز در وضعیت غیرفعال) این افزاره شبیه افزاره‌ای است که بر بدن پوشانده می‌شود. بنابراین وضعیت‌های قرارگیری برای آزمون مندرج در زیربندهای ۶-۱-۴-۴ در این مورد نیز قابل اعمال است. همان‌طور که در شکل ۱۰ نشان داده شده است باید بند باز شده و دو قسمت شود. افزاره باید در حالی که بند تا حد ممکن صاف شده است، مستقیماً در مقابل سطح پیکر قرار داده شود و پشت افزاره به سمت پیکر باشد.

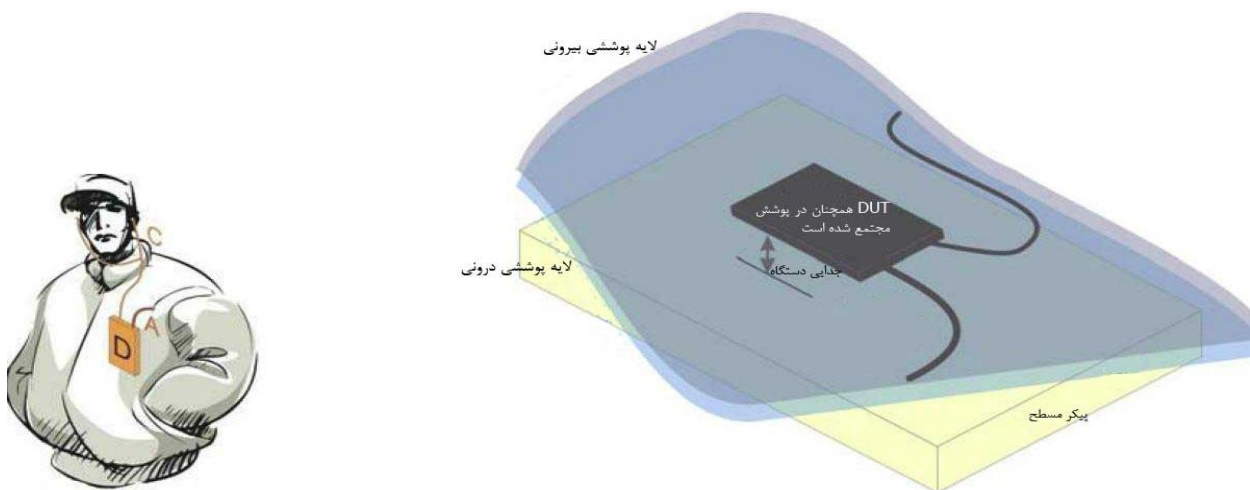
چنانچه بند را نتوان به‌طور عادی باز کرد تا امکان تماس مستقیم با سطح پیکر باشد، ممکن است لازم شود که بند افزاره را جدا کنیم ولی باید مطمئن باشیم که به آنتن صدمه نرسد.



شکل ۱۰- وضعیت آزمون برای افزاره‌ی نصب شده بر دست و پا

۶-۱-۴-۱۱ افزاره‌هایی که در لباس گنجانده شده‌اند

یک نمونه نوعی از افزاره‌ای که در لباس گنجانده شده باشد، افزاره بی‌سیم (تلفن همراه) است که در داخل یک کت گنجانده شده تا ارتباطات صوتی را از طریق یک بلندگو و یک میکروفون جاسازی شده در آن فراهم کند. این طبقه بندی شامل گیره سر^۱ که افزاره بی‌سیم در آن گنجانده شده باشد نیز می‌شود. دسته تمام قطعات فرستنده RF یا بی‌سیم باید در سمت و سو و با فاصله‌ای نسبت به سطح پیکر باشند که با کاربری مورد نظر افزاره در زمانی که در داخل لباس گنجانده شده است، منطبق باشند. (شکل ۱۱)



شکل ۱۱- وضعیت‌های آزمون برای افزاره‌ی بی‌سیم که در لباس گنجانده می‌شوند

۶-۱-۵ بسامدهای آزمون

باید از روش‌های اجرایی استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۱۸۷۵ استفاده شود.

۶-۲ آزمون‌هایی که باید انجام شوند

۶-۲-۱ الزامات عمومی

روش اجرایی آزمون دو مرحله اصلی را در بر می‌گیرد:

الف) انتخاب شرایط آزمون که قرار است با استفاده از فنون کاستن از آزمون‌ها، مطرح شده در زیربند ۶-۲-۲ انجام شود و

ب) ارزیابی SAR برای این شرایط آزمون با استفاده از روش‌های عمومی اجرای آزمون مطرح شده در زیربند ۶-۲-۳. اجازه داده شده که به صورت اختیاری روش‌های ارزیابی سریع SAR سازگار با الزامات ارائه شده در زیربند ۶-۲-۴ می‌تواند به کار بسته شود.

به منظور تعیین بالاترین مقدار اوج متوسط فضایی SAR یک DUT بر اساس مراحل بالا، باید وضعیت‌های قرار گرفتن افزاره، پیکربندی‌ها و حالت‌های عملیاتی برای هر باند بسامد به شرح زیر آزمایش شوند:

پ) تمام شرایط آزمون ممکن افزاره را شناسایی کنید. (بسامدها، باندهای بسامد، حالت‌های عملیاتی، لوازم جانبی، وضعیت‌های قرار گرفتن افزاره و غیره)

ت) شرایط آزمون را که قرار است اندازه‌گیری شوند با به کارگیری روش‌های کاستن آزمون‌ها (۶-۲-۲) انتخاب کنید. (اختیاری)

۱) براساس پایه منطقی فیزیکی (۶-۲-۲-۲) یا تجزیه و تحلیل داده‌های SAR، شرایط آزمون غیرضروری را مستثنی کنید. (۶-۲-۲-۳)

۲) جستجویی را (۶-۲-۲-۴) جهت انتخاب شرایط آزمون انجام دهید که قرار است آزمایش شوند. (اختیاری)

ث) با به کارگیری مندرجات زیربند ۶-۲-۳، شرایط آزمون انتخابی را آزمایش کنید.

در تمام مواردی که کاستن آزمون‌ها (۶-۲-۲) امتحان یا اعمال شده است، باید ترکیب‌های مرتبط افزاره با تجهیزات جانبی یا سمت و سوهایی که حذف شده‌اند و پایه منطقی کاستن آزمون‌ها به طور واضح در گزارش اندازه‌گیری مستند شود.

۶-۲-۲ کاستن آزمون‌ها

۶-۲-۱ الزامات عمومی

در تمام مواردی که کاستن آزمون‌ها امتحان یا اعمال شده است، باید ترکیب‌های تجهیزات جانبی مرتبط با وسیله یا سمت و سوهایی که مستثنی شده‌اند و پایه منطقی کاستن آزمون‌ها به طور روشن در گزارش اندازه‌گیری مستند شود. برای اطلاعات بیشتر در زمینه کاستن آزمون‌ها به پیوست‌های پ و ذ مراجعه کنید.

۶-۲-۲ کاستن آزمون‌ها بر پایه منطق فیزیکی

در صورتی که از طریق علمی یا منطق مهندسی نشان داده شده باشد که هیچ افزایشی در SAR نسبت به یک ترکیب مرجع ایجاد نشده است می‌توان حذف آزمون SAR را برای بعضی ترکیب‌های افزاره با تجهیزات جانبی توجیه کرد. دو مورد رایجی که در آنها استفاده از پایه منطق فیزیکی قابل پذیرش فرض می‌شوند عبارتند از:

- تجهیزات جانبی پوشاندنی بر بدن که حاوی مواد رسانا نیستند (مثل فلز) تنها با آن تجهیزات جانبی که افزاره را به بدن نزدیکتر قرار می‌دهد آزمون می‌شود، و
- تجهیزات جانبی مشابه (با محتوای فلزی یکسان) که فقط رنگ آنها متفاوت است که هیچ تأثیری بر SAR ندارند، تنها با یکی از این چنین تجهیزاتی آزمون می‌شوند.

۶-۲-۳ کاستن آزمون‌ها بر پایه تجزیه و تحلیل داده‌های SAR

به منظور پروراندن پایه‌های منطقی علمی یا مهندسی برای کاستن آزمون در مورد آزمون‌های به خصوصی از SAR می‌توان از تجزیه و تحلیل داده‌های SAR مثلاً تجزیه و تحلیل آماری بر پایه یک رویکرد طراحی مبتنی بر آزمایش استفاده کرد. برای مثال اگر افزاره‌هایی با پوشش‌های حفاظی دلخواهی با محتوای فلزی متفاوت با پوشش رنگی، در دسترس هستند، از تجزیه و تحلیل آماری داده‌های SAR برای توجیه حذف آزمون پوشش‌های حفاظی با فلز، کمتر از مقداری مشخص، می‌توان استفاده کرد. باید دقت شود که به‌کارگیری کاستن آزمون به محصولاتی که به اندازه کافی همانند محصولی که برای آن کاستن آزمون تعیین شده بود، محدود شود.

۴-۲-۲-۶ جستجو برای بالاترین شرایط آزمون SAR

افزاره ممکن است در حالت‌های مختلف ارسال، کار کند و احتمال دارد که با چندین گزینه برای آنتن، باتری و سایر لوازم جانبی، قابل استفاده باشد و لذا تعداد ترکیب‌های ممکن می‌تواند خیلی زیاد باشد. بنابراین روش‌هایی مورد نیاز است که فرایند اندازه‌گیری را ساده و پر بازده کند به طوری که بالاترین شرایط آزمون SAR را بتوان به سرعت شناسایی کرد. برای مثال، برای افزاره‌ای با دو پیکربندی آنتنی (آنتن کشیده شده و جمع شده) چهار نوع باتری، چهار نوع تجهیزات جانبی حمل و چهار نوع تجهیزات جانبی صوتی، آزمایش کردن تمام ترکیبات ممکن منجر به کمینه $2^7 = 128$ آزمون به ازای هر باند بسامد و وضعیت استقرار افزاره خواهد شد. لازم نیست که تمام ترکیب‌ها آزمایش شوند، می‌توان فنون آماری را برای نمایش رویه‌هایی از یک مجموعه کوچکتر داده‌ها به کار برد و مشخص کرد که چه ترکیب‌هایی از افزاره و تجهیزات جانبی به مقادیر بالاتری از SAR می‌انجامند. روش آماری ترجیح داده شده برای دستیابی به این منظور، استفاده از یک طراحی مبتنی بر آزمایش (DOE)^۱ است. DOE عبارت از یک روش ساختاریافته سازمان‌دهی شده برای تجزیه و تحلیل تأثیر عوامل و اثرات متقابل بین آنها، بر روی خروجی یک فرایند است. نوشتارهای مربوطه به تفصیل به رویکرد طراحی مبتنی بر تجارب (DOE) پرداخته‌اند. [۶۲] سایر روش‌های جستجو برای شرایط آزمون با SAR بالا در پیوست پ (پ-۴) ارائه شده است.

۳-۲-۶ رویه عمومی آزمون

به منظور تعیین بالاترین مقدار اوج متوسط فضایی SAR یک فرستنده - گیرنده دستی، باید شرایط آزمون قابل اعمال را برای هر باند بسامد طبق گام‌های ۱ تا ۳ زیر آزمایش کرد. در شکل ۱۲ روند نمای رویه آزمون نشان داده شده است.

گام اول: باید آزمون‌های مشروح در زیربند ۴-۲-۶ یا زیربند ۱-۳-۶ ذیل را در مجرای که نزدیک‌ترین مجرا به مرکز باند بسامد ارسال پوشش داده شده توسط فرستنده و آنتن است برای وضعیت‌های استقرار افزاره که در زیربند ۱-۶ شرح داده شده، برای تمام پیکربندی‌های هر وضعیت استقرار افزاره و برای تمام حالت‌های کارکردی هر وضعیت استقرار و پیکربندی افزاره در هر باند بسامدی، انجام شود.

گام دوم: برای حالتی که در گام اول مشخص شده است و بالاترین مقدار اوج متوسط فضایی SAR را تأمین می‌کنند، آزمون‌های مشروح در زیربند ۱-۳-۶ را در تمام بسامدهای آزمون تعیین شده در زیربند ۱-۶-۵ انجام

دهید. علاوه بر این، برای سایر شرایط (وضعیت قرار گرفتن افزاره، پیکربندی و حالت عملیاتی) در مواردی که مقدار اوج متوسط فضایی SAR تعیین شده در گام اول، در محدوده ۳dB حد قابل اعمال انطباق SAR است، تمام بسامدهای دیگر نیز همان طور که در زیربند ۶-۳-۱ شرح داده شده است باید آزمایش شوند.

گام سوم: تمام داده‌هایی را که برای مشخص شدن بالاترین مقدار اوج متوسط فضایی SAR در گام اول و دوم به دست آمده است امتحان کنید.

گام چهارم: برای افزاره‌ای که قادرند از چند آنتن مجزا به‌طور همزمان ارسال کنند، روش اجرایی مربوط مندرج در زیربند ۶-۳-۲ را به کار برید.

۶-۲-۴ ارزیابی سریع SAR

برای تشخیص بالاترین شرایط آزمون SAR، آزمون کامل SAR (به زیربند ۶-۳ مراجعه شود) ضرورت ندارد. روش‌های سریع‌تری برای تعیین SAR می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. عدم قطعیت هر روش سریع SAR باید تعیین و پس از رویه اجرا و فنون، همان‌طور که در بند ۷ ارائه شده است، مستند شود. چندین روش برای ارزیابی سریع SAR در [47] شرح داده شده است. پیوست پ اطلاعات بیش‌تری در مورد سنجش سریع SAR ارائه می‌کند.

عدم قطعیت هر روش سریع SAR باید تا جایی که امکان داشته باشد، تعیین و پس از روش‌های اجرا و تکنیک‌ها، همان‌طور که در بند ۷ ارائه شده است، مستند شود. لیکن بند ۷ ممکن است برای تعیین بودجه کامل عدم قطعیت برای هر روش سریع SAR کافی نباشد. در واقع، برخی از این فنون از سخت‌افزارهای ویژه‌ای استفاده می‌کنند و سهم خاصی از عدم قطعیت وابسته به سخت افزار هستند. وقتی یک سهم خاصی از عدم قطعیت گزارش شده در بند ۷ در مورد بعضی از فنون خاص سریع SAR قابل اعمال نباشد، باید به‌وضوح توجیه شود. (برای مثال عدم قطعیت استقرار پروب در زیربند ۷-۲-۳-۱ برای سامانه‌ای که از یک آرایه پروب ثابت استفاده می‌کند، نامربوط است.) علاوه بر آن، سهم عدم قطعیت منحصر به فناوری نیز باید ارزیابی و به‌دنبال پایه‌های منطقی صریح علمی یا مهندسی، گزارش شوند. در تمام موارد لازم است، پیکربندی منجر به بالاترین مقدار SAR با روش اندازه‌گیری استاندارد شده، تکرار شود.

به علاوه، تمام پیکربندی‌های آزمون دیگری که نتیجه SAR آنها از حد تطابق قابل اعمال، منهای عدم قطعیت روش سریع ارزیابی SAR بیش‌تر باشد ($K=2$)، به زیربند ۷-۱-۲ مراجعه شود) لازم است با روش اندازه‌گیری استاندارد شده، تکرار شوند.

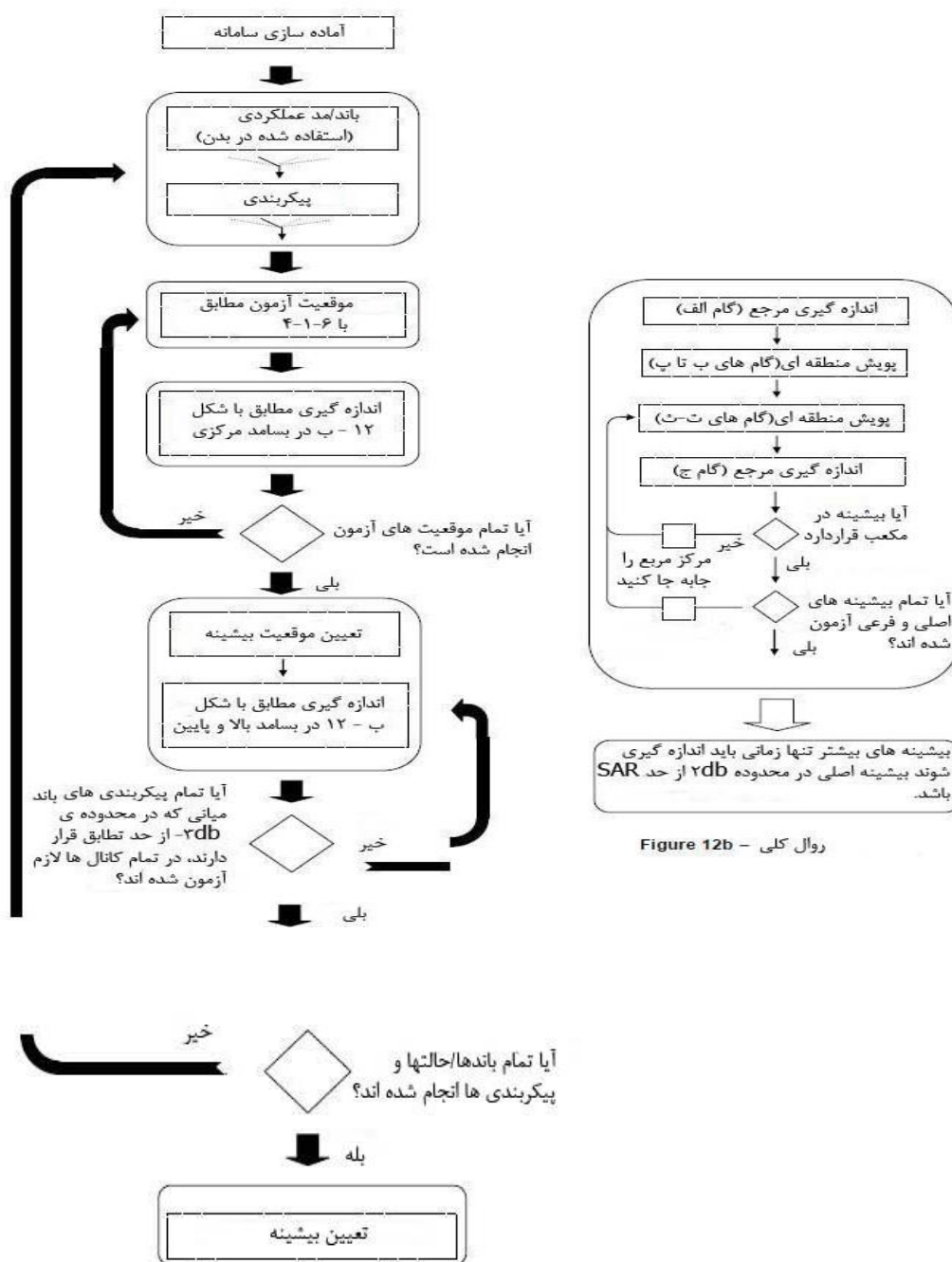


Figure 12b - روال کلی

شکل شماره ۱۲ - نمودار بلوکی آزمون هایی که باید انجام شود

۳-۶ رویه اندازه گیری

۱-۳-۶ رویه عمومی

رویه ای که در ادامه می آید باید برای تمام شرایط آزمون (به شکل ۱۲ رجوع شود) شرح داده شده در قسمت ۶-۲ به اجرا درآید.

الف- SAR محلی در نقطه ی آزمایشی در محدوده ی ۸ mm سطح داخلی پیکر که نزدیک ترین فاصله را به DUT دارد اندازه گیری شود. یا به روشی دیگر توان هدایت شده طبق زیربند ۷-۲-۲-۱۰ اندازه گیری شود.

ب- توزیع دوبعدی SAR در داخل پیکر (رویه پوشش منطقه ای) اندازه گیری شود. مرز منطقه ی اندازه گیری نباید از دیواره های جانبی پیکر کم تر از ۲۰ میلی متر فاصله داشته باشد. فاصله ی بین نقاط اندازه گیری باید طوری

باشد که بتوان مکان بیشینه‌ی محلی را با دقتی بهتر از نصف ابعاد خطی مکعب بافت، بعد از درون‌یابی، شناسایی کرد. حداکثر مش‌بندی برای بسامدهای زیر ۳ GHz برابر با ۲۰ mm و برای بسامدهای ۳ GHz و بیش‌تر برابر با $(60/f \text{ [GHz]})$ mm توصیه شده است. تفکیک‌پذیری را هم می‌توان با استفاده از توابع زیربند ۲-۵-۲-۷-۲-۷-۲-۷-۲-۷ سنجدید. حداکثر فاصله‌ی بین مرکز هندسی آشکارسازهای پروب و سطح داخلی پیکر باید برای بسامدهای ۳ GHz ۵ mm و برای بسامدهای ۳ GHz و بیش‌تر $\delta \ln(2)/2$ mm باشد که در آن δ عمق پوستی موج تخت و $\ln(x)$ لگاریتم طبیعی است. بیشینه‌ی تغییر فاصله‌ی سطح حس‌گر- پیکر باید برای بسامدهای زیر ۳ GHz ± 1 mm و برای بسامدهای ۳ GHz و بیش‌تر ± 0.5 mm باشد. در تمام نقاط اندازه‌گیری، زاویه‌ی پروب نسبت به خط عمود بر این سطح باید کم‌تر از ۵ درجه باشد (به شکل ۱۳ و پیوست ز رجوع شود). اگر این وضعیت برای فاصله‌ی اندازه‌گیری تا سطح داخلی پیکر که کم‌تر از قطر پروب باشد قابل حصول نباشد باید عدم‌قطعیت دیگری را مورد ارزیابی قرار داد.

پ- موقعیت مقدار بیشینه‌ی SAR از روی توزیع SAR پویش‌شده و همچنین موقعیت‌های تمام بیشینه‌های محلی را در حالی که SAR در محدوده‌ی 2dB دارای مقدار بیشینه باشند و در محدوده‌ی پویش متمرکز سایر حداکثرها نباشند شناسایی کنید. بیشینه‌های دیگر را فقط وقتی باید اندازه‌گیری کرد که بیشینه‌ی اولیه در محدوده‌ی (2dB)^۱ از حد تطابق SAR باشد (مثلاً 1W/kg برای حد 1g، 1.6 W/kg یا 1.26 W/kg برای حد 10g, 2W/kg)

ت- توزیع سه‌بعدی SAR در نقاط بیشینه‌ی محلی شناسایی شده در مرحله‌ی پ (رویه پویش متمرکز) را اندازه‌گیری کنید. گام شبکه‌ی افقی باید $(24/f \text{ [GHz]})$ mm یا کم‌تر باشد اما نباید از ۸ mm بیش‌تر باشد. برای بسامدهای کم‌تر از ۳ GHz اندازه‌ی کمینه‌ی پویش متمرکز ۳۰ mm در ۳۰ mm در ۳۰ mm و برای بسامدهای بیش‌تر این اندازه به ۲۲ mm در ۲۲ mm در ۲۲ mm کاهش می‌یابد. اگر از فاصله‌بندی یکنواخت استفاده شده باشد گام شبکه در جهت عمودی باید $(8/f \text{ [GHz]})$ mm یا کم‌تر باشد اما نباید از ۵ mm بیش‌تر باشد (پیوست پ.۳.۳ در IEC 62209-1:2005). اما اگر از فاصله‌بندی متغیر در جهت عمودی استفاده شده باشد فاصله‌بندی بیشینه‌ی بین دو نزدیک‌ترین نقطه‌ی اندازه‌گیری به پوسته‌ی پیکر باید $(12/f \text{ [GHz]})$ mm یا کم‌تر باشد اما نباید از ۴ mm بیش‌تر باشد و فاصله‌بندی بین نقاط دورتر باید با ضریب فزاینده افزایش پیدا کند اما نباید از ۱/۵ فراتر برود. وقتی از فاصله‌بندی متغیر استفاده شده باشد رویه‌های برون‌یابی را باید با همان فاصله‌بندی مورد استفاده در اندازه‌گیری‌ها آزمایش کرد. فاصله‌ی بیشینه بین مرکز هندسی آشکارسازهای پروب و سطح داخلی پیکر باید برای بسامدهای کم‌تر از ۳ GHz ۵ mm و برای بسامدهای ۳ GHz و بیش‌تر $\delta \ln(2)/2$ mm باشد که در آن δ عمق پوستی موج تخت و $\ln(x)$ لگاریتم طبیعی است. شبکه‌های مجزا باید با مرکزیت هر یک از بیشینه‌های محلی SAR به‌دست آمده در قسمت ج باشند. عدم قطعیت‌های ناشی از اعوجاج میدان بین مرز ماده و محفظه‌ی الکتریکی پروب نیز باید کمینه شود که اگر فاصله‌ی بین سطح پیکر و نوک فیزیکی پروب بیش‌تر از قطر نوک پروب باشد محقق می‌شود. در شیوه‌های دیگری می‌توان از رویه‌های اصلاح این اثرات مرزی استفاده کرد که اندازه‌گیری‌های بادقت بالا برای فواصل نزدیک‌تر از نصف قطر پروب را میسر می‌کند. [66], [2] برای تمام نقاط اندازه‌گیری، زاویه‌ی پروب نسبت به سطح صاف پیکر باید از ۵ درجه کم‌تر باشد و گرنه باید طبق زیربند ۲-۲-۲-۶ عدم‌قطعیت دیگری را تحت ارزیابی قرار داد.

۱- این حد بر اساس کمینه فاصله‌بندی لازم بین نقاط اندازه‌گیری و عدم‌قطعیت آرایش‌های درون‌یابی تعیین می‌شود.

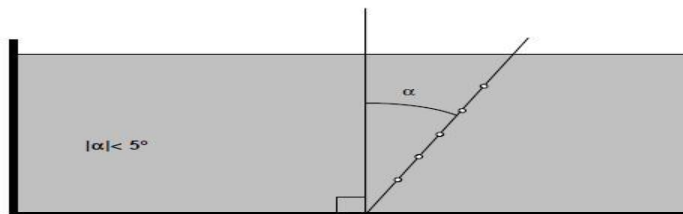
ث- رویه‌های پساپردازشی (مثل درون‌یابی و برون‌یابی) تعریف‌شده در زیربند ۴-۶ برای تعیین مقادیر SAR محلی در تفکیک فضایی مورد نیاز برای میانگین‌گیری جرم را به کار گیرید.

ج- SAR محلی باید در همان مکان ذکر شده در قسمت الف اندازه‌گیری شود. رانش SAR طبق زیربند ۱۰-۲-۷ در بودجه‌ی عدم قطعیت (جدول ۵) ارزیابی و گزارش‌دهی می‌شود.

در مواردی که ارزیابی رانش اندازه‌گیری شده، از رواداری ۵ درصد فراتر برود باید SAR را طبق رهنمودهای مندرج در این استاندارد از نو ارزیابی کرد.

اگر این رانش بیش از ۵ درصد باشد رانش اندازه‌گیری را باید انحراف تلقی کرد نه عدم قطعیت و مقدار SAR اندازه‌گیری شده را باید اصلاح کرد. درج این رانش در بودجه‌ی عدم قطعیت (یعنی $u_i = 0\%$) ضرورتی ندارد. بودجه عدم قطعیت گزارش شده در گزارش اندازه‌گیری باید با بالاترین مقدار SAR گزارش شده (و اگر تصحیحی بعد از آن صورت گرفته باشد) متناظر باشد. روش دیگر این است که بودجه عدم قطعیت گزارش شده باید تمام اندازه‌گیری‌ها را پوشش دهد یعنی مقداری محافظه‌کارانه را گزارش می‌دهد.

راه دیگر آن است که توان هدایت‌شده باز هم طبق آن چه در زیربند ۱۰-۲-۷ شرح داده شده اندازه‌گیری شود.



شکل ۱۳- جهت پروب نسبت به خط عمود بر سطح پیکر

۲-۳-۶ رویه‌های آزمون DUT با ارسال چندباندی همزمان

۱-۲-۳-۶ الزامات عمومی

رویه‌هایی که در ادامه می‌آید در وسیله‌های دارای حالت‌های ارسال چندگانه به کار می‌آید، حالت‌هایی که هدف از آن‌ها کارکرد همزمان در بسامدهای (f_1 ، f_2 و غیره) است که این بسامدها بیش از گستره‌ی بسامدی معتبر کالیبراسیون پروب یا مایع هم‌ارز بافت، هر کدام که کوچک‌تر باشد از هم فاصله دارند. (یعنی وقتی که نتوان SAR را با استفاده از مایع و پروب مشابه به صورت همزمان به طور عادی ارزیابی کرد). گستره‌ی بسامدی معتبر واسنجی کردن پروب (۴-۳-۵) معمولاً برای پروب‌های میدان الکتریکی که اکنون در اکثر سامانه‌ها به کار می‌رود، باریک است. (مثلاً ± 50 MHz) در ضمن از آن جایی که پروب‌های میدان‌های الکتریکی مورد استفاده در سامانه‌های کنونی به طور معمول در خروجی دارای ولتاژ DC هستند، این پروب‌ها نمی‌توانند سیگنال‌های بسامدهای مختلف را از هم تمیز دهند. گستره‌ی بسامدی معتبر مایع هم‌ارز بافت به گستره‌ای از بسامدها اطلاق می‌شود که در آن پارامترهای عایقی در محدوده‌ی رواداری مقادیر هدف هستند. (به زیربند ۲-۵ رجوع شود). به علت این محدودیت‌ها، نخست باید حالت‌های چندگانه‌ی ارسال را جداگانه ارزیابی کرد و سپس به صورت ریاضی درآمیخت.

برخی فرستنده‌های فرعی (یعنی فرستنده‌های کم‌توان) را در صورتی که سطح توان‌شان کم‌تر از سطح آستانه باشد می‌توان از دایره‌ی ارزیابی حذف کرد. جزییات رویه‌های ایجاد این سطح‌های آستانه که به بسامد و فاصله‌ی جدایی بستگی دارند در پیوست ذ آمده است.

رویه‌های دیگر ارزیابی نیز در زیربندهای ۶-۳-۲-۲ تا ۶-۳-۲-۵ شرح داده شده است که پیش‌نیازهای‌شان عبارتند از:

الف- پویش منطقه‌ای، پویش متمرکز و اوج متوسط فضایی SAR در هر بسامد (طبق زیربند ۶-۳-۱) به صورت جداگانه و در وضعیتی که حالت ارسال در آن بسامد روشن و حالت‌های ارسال در بسامدهای دیگر خاموش است ارزیابی می‌شود.

ب- در مواردی که عملکرد همزمان دو یا چند حالت مورد نظر باشد داده‌های SAR هر وضعیت آزمون (موقعیت وسیله، کانال، پیکربندی و لوازم جانبی) در هم آمیخته می‌شوند.

خلاصه‌ای از این روش‌های جانشین عبارت‌اند از:

۱- جمعیت مقادیر اوج متوسط فضایی SAR: ساده‌ترین و در عین حال محافظه‌کارانه‌ترین روش یافتن کران بالا است. (۶-۳-۲-۲)

۲- انتخاب بالاترین مقادیر SAR بیشینه‌ی ارزیابی شده: وقتی بیشینه‌های مجزا خیلی از هم فاصله داشته باشند و بیش از ۵ درصد بر هم اثر نداشته باشند (۶-۳-۲-۳) برآورد دقیقی است.

۳- محاسبه‌ی SAR چندبند از روی پویش‌های منطقه‌ای و متمرکز موجود- شیوه‌ای دقیق و سریع که همیشه قابل استفاده است. (۶-۳-۲-۴)

۴- پویش‌گری حجمی: دقیق‌ترین شیوه که همیشه قابل استفاده است.

روش جانشین یک، که محافظه‌کارانه‌ترین روش است به‌عنوان روش مرجع مشخص شده است. DUT در صورتی که الزامات استفاده از این رویه‌های ارزیابی جانشین را برآورده سازد کاملاً با الزامات این استاندارد انطباق دارد.

۶-۳-۲-۳ روش جانشین ۱: ارزیابی از طریق جمعیت مقادیر اوج متوسط فضایی SAR

این رویه آسان‌ترین و محافظه‌کارانه‌ترین شیوه‌ی تعیین حدبالای SAR چندبندی است. لازم به یادآوری است که مقادیر اوج متوسط فضایی SAR حالت‌های مختلف، ممکن است مربوط به مکان‌های مختلف باشند. این شیوه در موارد زیر برآورد بیش از حدی از SAR چندبندی به دست می‌دهد:

۱) در تمامی آن دسته از شرایط آزمون که عملکرد همزمان مورد نظر است مقادیر اوج متوسط فضایی SAR هر بسامد f_1 ، f_2 و غیره را جمع کنید. (به یادآوری پایین رجوع شود).

۲) اگر مقدار SAR جمعیتی بیشینه در محدوده‌ی 3 dB حد تطابق باشد برای این شرایط آزمون، اندازه‌گیری‌های دیگری باید برای بسامدهای پایین و بالا انجام داد. برای تعیین SAR بیشینه باید از این مقادیر اضافی استفاده کرد.

۳) مقدار SAR جمعیتی بیشینه‌ی در مرحله ۱ یا ۲ برابر با SAR چندبندی است.

یادآوری- صرف‌نظر از شرایط آزمون، شکل قابل قبولی از مرحله‌ی ۱ آن است که بالاترین مقادیر اوج متوسط فضایی SAR را جمع کنیم. به عبارت دیگر، بالاترین مقدار اوج متوسط فضایی SAR در بسامد f_1 (در میان تمام شرایط آزمون آن بسامد) را با بالاترین مقدار اوج متوسط فضایی SAR در بسامد f_2 (در میان تمام شرایط آزمون) جمع کنید و برای هر بسامد دیگری همین‌گونه باید عمل کرد. مراحل ۲ و ۳ را باید همچنان با استفاده از این روش دنبال کرد. این شیوه از شیوه‌ی مرحله‌ی ۱ محافظه‌کارانه‌تر است.

۶-۳-۲-۳ روش جانشین ۲: ارزیابی از طریق انتخاب بالاترین مقادیر SAR بیشینه‌ی ارزیابی شده

وقتی که توزیع‌های پویش متمرکز SAR که به‌صورت جدا اندازه‌گیری شده‌اند هم‌پوشانی نداشته باشند یا هم‌پوشانی کمی داشته باشند، این رویه برآورد دقیقی از SAR چندباندی به‌دست می‌دهد. اگر توزیع‌های SAR به‌صورت مکانی جمع شوند آن گاه بیشینه‌ها به میزانی از هم جدا می‌شوند که سطح آنها کم‌تر از ۵ درصد با بیشینه‌ی برآمده از مقدار حداکثر SAR تفاوت دارد.

۱- بیشینه‌ی SAR متوسط جرمی در هر بسامد را جداگانه طبق زیربند ۱-۳-۶ اندازه‌گیری کنید.

۲- برای تمام شرایط مشابه آزمون، میزان هم‌پوشانی توزیع‌های SAR بر اثر جمع فضایی یعنی نقطه‌به‌نقطه‌ی پویش‌های منطقه‌ای را تحلیل کنید.

۳- اگر بیشینه‌ی حاصل شده‌ی مقدار حداکثر SAR در توزیع افزوده کم‌تر از ۵ درصد بالاترین بیشینه‌ی مجزای مقادیر حداکثر SAR باشد، آن گاه SAR چندباندی برابر با مقدار بزرگ‌تر از دو مقدار مجزای SAR میانگین جرمی است.

۶-۳-۲-۴ روش جانشین ۳: ارزیابی از طریق داده‌های SAR حجمی محاسبه شده

در این رویه از پویش‌های منطقه‌ای و متمرکز موجود در تلفیق با درون‌یابی و برون‌یابی برای تولید داده‌های SAR حجمی استفاده می‌شود و راهی سریع برای به‌دست آوردن SAR چندباندی است. این روش همیشه قابل استفاده است.

۱- در هر بسامد توزیع حجمی SAR را در منطقه‌ی تصویرشده توسط پویش منطقه‌ای، محاسبه کنید. الگوریتم‌های مختلف برای این کار ارائه شده است. (مثل [57], [56], [55], [54], [43], [9], [4]) عدم قطعیت روش مورد استفاده باید به خوبی مستندسازی و ثبت شود.

۲- در صورت لزوم طبق زیربند ۶-۴-۱ و با استفاده از درون‌یابی، توزیع‌های حجمی SAR تمام بسامدها را به‌صورت فضایی جمع کنید.

۳- با استفاده از رویه‌های پس‌پردازشی تعریف شده در زیربند ۶-۴-۶ از روی توزیع SAR مرحله ۲، مقدار اوج متوسط فضایی SAR را تعیین کنید.

۶-۳-۲-۵ روش جانشین ۴: ارزیابی با پویش حجمی

این رویه دقیق‌ترین راه ارزیابی SAR چندباندی بوده و همیشه قابل استفاده است. همان‌طور که در بالا ذکر شد در مواردی که عملکرد همزمان دو یا چند حالت مورد نظر باشد داده‌های SAR هر وضعیت آزمون (موقعیت وسیله، کانال، پیکربندی و لوازم جانبی) در هم آمیخته می‌شوند (طبق زیربند ۶-۲)

۱- شبکه‌بندی حجمی تعیین کنید که در بردارنده‌ی پویش‌های متمرکز در تمام بسامدهای اندازه‌گیری شده‌ی قبلی f_1, f_2 و غیره باشد. (به یادآوری رجوع شود).

۲- در هر بسامد، پویش متمرکز حجمی به‌دست آمده در مرحله‌ی ۱ را اندازه‌گیری کنید. این اندازه‌گیری پویش متمرکز تابع تمام الزامات زیربند ۶-۳-۱ به‌غیر از اندازه‌ی حجم است. این اندازه‌گیری وقتی انجام می‌شود که حالت ارسال - در آن بسامد روشن است و حالت‌های سایر بسامدها خاموش است.

۳- توزیع‌های SAR به‌دست آمده در مرحله‌ی ۲ را به‌صورت فضایی جمع کنید تا توزیع تجمیعی SAR به‌دست آید. از این توزیع تجمیعی و با استفاده از رویه‌های پساپردازشی تعریف شده در زیربند ۴-۶ که برای تعیین اوج متوسط فضایی SAR به‌کار می‌رود، پیشینه‌ی SAR چندباند را محاسبه کنید.

وسیله‌ی آزمایش شده، به هنگام تعویض مایعات باید روی پیکر تثبیت شود تا تجمیع توزیع‌های SAR در حد امکان دقیق باشد. پیشنهاد می‌شود که اگر باتری وسیله به شارژ مجدد نیاز پیدا کرد همچنان روی پیکر مستقر بماند و کابل شارژکننده به آن وصل شود.

یادآوری: حجم دربرگیرنده مورد نظر در مرحله‌ی ۱ ممکن است بزرگ باشد (مثلاً در حالتی که پوشش‌های متمرکز در بسامدهای f_1 و f_2 و غیره خیلی فاصله دارند) و در نتیجه زمان‌های اندازه‌گیری مرحله‌ی ۲ طولانی شود. شکل قابل قبولی از مرحله‌ی ۱ انتخاب حجم‌های پوشش متمرکز برای هر بسامد به‌صورتی است که با پوشش‌های متمرکز اندازه‌گیری شده در گذشته برای سایر بسامدها انطباق داشته باشد. برای مرحله‌ی ۲ و با استفاده از پوشش‌های متمرکز جداگانه‌ی بسامدهای f_1 ، f_2 و غیره اندازه‌گیری‌های SAR بسامد f_1 حاصل می‌شود. سپس با استفاده از پوشش‌های متمرکز بسامدهای f_1 ، f_3 و غیره اندازه‌گیری‌های SAR بسامد f_2 حاصل می‌شود و الی آخر.

۴-۶ پساپردازش

۱-۴-۶ درون‌یابی

اگر شبکه‌ی اندازه‌گیری، دقت لازم برای محاسبه‌ی میانگین SAR در جرم معین را نداشته باشد باید بین نقاط اندازه‌گیری درون‌یابی انجام داد. مثال‌هایی از درون‌یابی در پیوست پ در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۱۸۷۵ ISIRI آمده است و عدم قطعیت طبق بند ۷ ارزیابی می‌شود.

۲-۴-۶ برون‌یابی ورنهاد پروب

پروبوهای میدان الکتریکی رایج دارای سه دوقطبی متعامد هستند که خیلی به هم نزدیک هستند و درون لوله‌ی محافظی قرار دارند. نقطه‌ی اندازه‌گیری در چند mm نوک پروب قرار دارد و هنگام شناسایی موقعیت SAR اندازه‌گیری شده باید این فاصله را در نظر گرفت. مثال‌هایی از برون‌یابی در پیوست پ در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۱۸۷۵ ISIRI آمده است و عدم قطعیت طبق بند ۷ ارزیابی می‌شود.

۳-۴-۶ تعریف حجم میانگین‌گیری

حجم میانگین‌گیری باید به شکل ابعاد مکعبی به جرم ۱ یا ۱۰ گرم باشد. چگالی ۱۰۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب باید برای معرفی چگالی بافت بدن به‌کار رود تا با تعریف خواص دی‌الکتریکی مایع مطابقت داشته باشد (از چگالی مایع پیکر نباید استفاده کرد)، یعنی ضلع مکعب ۱ گرمی ۱۰ mm و مکعب ۱۰ گرمی ۲۱/۵ mm باشد. وقتی که پیکر پر از مایع باشد سطح کف بیرونی آن ممکن است از سطح صفحه آرمانی فاصله بگیرد. طرح‌های میانگین‌گیری حجم مکعبی با توجه به پوسته‌ی دارای انحنا در پیوست پ در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۱۸۷۵ ISIRI آمده است.

۴-۴-۶ جستجوی پیشینه‌ها

حجم‌های مکعبی باید طبق قواعد ذکر شده در پیوست پ در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۱۸۷۵ ISIRI در سطح درونی پیکر و در نزدیکی SAR پیشینه‌ی محلی حرکت داده شود. مکعب دارای بالاترین SAR پیشینه‌ی محلی نباید در لبه‌ی حجم تحت پوشش باشد و گرنه حجم تحت پوشش را باید جابجا و اندازه‌گیری را تکرار کرد.

۷ تخمین عدم قطعیت

۱-۷ ملاحظات کلی

۱-۱-۷ مفهوم تخمین عدم قطعیت

مفهوم برآورد عدم قطعیت در اندازه‌گیری مقادیر SAR که توسط وسیله‌های بی‌سیم ایجاد می‌شود مبتنی بر قواعد کلی ارایه شده در راهنمای 98-3:2008 سازمان ISO/IEC است.

با این حال برآورد عدم قطعیت در اندازه‌گیری‌های پیچیده همچنان کار دشواری است و به دانش مهندسی عالی و ویژه‌ای نیاز دارد. برای تسهیل این کار، رهنمودها و فرمول‌هایی تقریبی در این بند ارایه شده است که تخمین یکایک مولفه‌های عدم قطعیت را میسر می‌کند. هدف از قالب‌های عدم قطعیت در جدول ۵، جدول ۶ و جدول ۷ پرداختن به عدم قطعیت سامانه‌ای کلی است که کل گستره‌ی بسامدی ۳۰ MHz تا ۶ GHz و تمامی وسیله‌های تحت آزمون را پوشش می‌دهند. هر چند که، کمیت‌ها و مقادیر واقعی مولفه‌ی عدم قطعیت در سراسر گستره‌ی بسامدی ۳۰ MHz تا ۶ GHz یکسان نمی‌ماند و عدم قطعیت گستره‌های بسامدی جزئی باید مطابق با خودشان تنظیم شود. ایراد استفاده از قالب استاندارد و مقادیر مولفه‌ی عدم قطعیت استاندارد این است که عدم قطعیت در برخی موارد برآورد بیش از حد می‌شود اما مزیت‌های آن استفاده از تقریب‌ها و فرمول‌های ارایه شده در این بند است.

سازندگان سامانه‌های اندازه‌گیری SAR باید مشخص کنند که سامانه آنها برای اندازه‌گیری در چه بسامد عملکرد تحت پوششی طراحی شده است. (مثلاً ۴۵۰ تا ۱۹۰۰ MHz) به این ترتیب تعیین کردن متغیرهای کمیت‌های مورد استفاده در جدول ۵ آسان‌تر می‌شود، کمیت‌هایی که باید با توجه به مقادیر ثابت بسامدهایی خاص مثل همسان‌گردی پروب، اثر مرزی، موقعیت‌دهنده‌ی پروب و غیره به‌روز شوند. در صورتی که اندازه‌گیری‌ها از دامنه‌ی بسامدی مشخص شده توسط سازنده‌ی سامانه فراتر برود کاربر باید مسؤولیت تعیین کمیت‌ها و اثر عدم قطعیت را متقبل شود و جدول را طبق آن به‌روز کند. در جاهایی که از رشته مقادیری برای پوشش دادن گستره‌ی بسامدی پهن (۳ تا ۶ GHz) استفاده شده باشد ممکن است برای ثبت جزئیات تخمین هر کمیت، تاثیر و روش‌شناسی، مستندسازی تکمیلی لازم باشد. در جاهایی که برای کمیت ثابتی از جدول عدم قطعیت، مقدار صفر در سامانه به‌کار گرفته شده باشد توجیه فنی قوی باید توسط سازنده‌ی سامانه یا کاربر ارایه شده باشد.

۲-۱-۷ ارزیابی‌های نوع الف و ب

از هر دو نوع ارزیابی‌های الف و ب برای عدم قطعیت استاندارد باید استفاده کرد. وقتی تحلیل نوع الف انجام شده باشد عدم قطعیت استاندارد U_i را باید با استفاده از انحراف استاندارد تخمینی به‌دست آمده از مشاهدات آماری استخراج کرد. وقتی تحلیل نوع ب انجام شده باشد U_i از حدهای بالا a_+ و پایین a_- کمیت مورد نظر و بر اساس تابع توزیع احتمال تعریف شده به صورت $a = (a_+ - a_-)/2$ به‌دست می‌آید، بنابراین:

- توزیع مستطیلی: $u_i = a/\sqrt{3}$

- توزیع مثلثی: $u_i = a/\sqrt{6}$

- توزیع نرمال: $u_i = a/k$

- توزیع (نامتقارن) به شکل U: $u_i = a/\sqrt{2}$

که در آن

a نصف طول بازه‌ی تعیین شده توسط حدهای کمیت اثرگذاری است.

k ضریب پوشش است.

U_i عدم قطعیت استاندارد است.

برای n تکرار اندازه‌گیری وسیله‌ای خاص یا کمیتی در یک آرایش مشابه آزمایش از انحراف معیار میانگین می‌توان برای عدم قطعیت استاندارد استفاده کرد که در آن s انحراف معیار به دست آمده از مجموعه‌ی بزرگ‌تر قرائت‌های قبلی از همان شرایط آزمایش است. در جایی که سامانه، شیوه، پیکربندی، شرایط و غیره نماینده‌ی آزمایش وسیله‌ی خاصی باشد از انحراف‌های معیار از پیش تعیین شده‌ی مبتنی بر شمار بزرگ‌تری از آزمایش‌های مکرر، می‌توان برای برآورد مولفه‌های عدم قطعیت استفاده کرد.

از پیش تعیین شده بودن شامل اثرات DUT خاص نمی‌شود. برای وسیله‌ای خاص، مقدار n مورد استفاده برای انحراف معیار میانگین برابر با تعداد آزمایش‌ها با آن وسیله‌ی خاص است نه آزمایش‌های مورد استفاده که از پیش تعیین شده‌اند.

۳-۱-۷ درجه‌های آزادی و ضریب پوشش‌دهی

وقتی درجه‌های آزادی کم‌تر از ۳۰ باشد ضریب پوشش‌دهی دو ضریب مناسبی برای رسیدن به سطح اطمینان ۹۵ درصد نیست. روشی ساده اما تقریباً درست استفاده از t به جای ضریب پوشش‌دهی k است که در آن t عبارت است از ضریب t استیودنت. انحراف‌های معیار استاندارد توزیع‌های t از توزیع‌های نرمال (گوسی) باریک‌تر است اما برای عددهای بزرگ‌تر درجه‌های آزادی، منحنی‌ها به سوی شکل گوسی می‌گرایند. درجه‌های آزادی اکثر عدم قطعیت‌های استاندارد مبتنی بر ارزیابی‌های نوع B را می‌توان بی‌نهایت فرض کرد. بنابراین درجه‌های موثر آزادی اثرات عدم قطعیت استاندارد مرکب u_c بیش‌ترین وابستگی را به درجه‌های آزادی اثرات نوع الف و دامنه‌اشان نسبت به اثرات نوع B خواهد داشت.

ضریب پوشش‌دهی (k_p) برای جمعیت‌های کوچک نمونه را باید به صورت زیر تعیین کرد:

$$k_p = t_p(v_{eff}),$$

k_p که در آن، ضریب پوشش‌دهی برای احتمال مفروض است،

$tp(v_{eff})$ توزیع t است،

v_{eff} درجه‌های موثر آزادی است که با استفاده از فرمول ولش - ساترویت برآورد شده است.

$$v_{eff} = \frac{u_c^4}{\sum_{i=1}^m \frac{c_i^4 u_i^4}{v_i}}$$

نمایه پایین P به سطح تقریبی اطمینان مثلاً ۹۵ درصد اشاره دارد. مقادیر جدول‌بندی شده‌ی $tp(v_{eff})$ برای مثال در [61] آمده است.

مثال: فرض می‌کنیم عدم قطعیت استاندارد مرکب محاسبه شده از تمام کمیت‌های اثرگذاری جدول ۵ و به فرض برابر بودن عدم قطعیت موقعیت‌دهی با ۷ درصد برابر با $u_c = 14,5\%$ باشد. همچنین فرض می‌کنیم تعداد نمونه‌ها یا آزمایش‌ها برابر با ۵ باشد بنابراین $V_i=4$ (تعداد نمونه‌ها یا آزمایش‌ها برابر با ۵ است) و درجه‌های آزادی برای تمامی مولفه‌های دیگر برابر با $V_i=\infty$ باشد. طبق معادله‌ی

$$v_{eff} = \frac{u_c^4}{\sum_{i=1}^m \frac{c_i^4 u_i^4}{v_i}}$$

درجه‌های موثر آزادی برای عدم قطعیت استاندارد ترکیبی برابر با $v_{eff} = 74$ است. بنابراین $k = 2$ در این مورد قابل اعمال است و عدم قطعیت گسترده برابر با $U = 29\%$ است. اگر عدم قطعیت استاندارد تغییرات موقعیت‌دهی به 9% درصد برسد و تعداد آزمایش‌ها به 4 کاهش یابد. ($v_i = 3$) آن گاه:

$u_c = 15,6\%$, $v_{eff} = 27$, $k = k_p = k_{95} = t = t_{95} = 2,11$,

و عدم قطعیت گسترده برابر با: $U = 2,11 \times 15,6 = 32,9\%$ خواهد بود.

۲-۷ مولفه‌های اثرگذار بر عدم قطعیت

۱-۲-۷ کلیات

هر مولفه‌ی اثرگذار بر عدم قطعیت که وابسته به بسامد باشد باید در همان باند بسامدی ارزیابی شود که سنجش SAR در آن انجام می‌گیرد. برای حالت‌های عملکرد بسامدگسترده، سهم عدم قطعیت بیش‌ترین مقدار در پهنای باند مورد نظر را دارد.

۲-۲-۷ اثر سامانه‌ی اندازه‌گیری (پروب و مدارات الکترونیکی مربوطه)

۱-۲-۲-۷ عدم قطعیت واسنجی‌سازی پروب

عدم قطعیت واسنجی‌سازی پروب میدان الکتریکی با رویه‌هایی برآورد می‌شود که در پیوست ب از استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۱۸۷۵ ISIRI مربوط به روش کالیبره‌سازی موج‌بر و دما آمده است. عدم قطعیت حساسیت را باید با فرض توزیع احتمال نرمال برآورد کرد.

۲-۲-۲-۷ عدم قطعیت همسان‌گردی پروب

همسان‌گردی پروب میدان الکتریکی معیاری برای انحراف در پاسخ پروب به قطبش میدان اختیاری است. در کل، میدان‌های قرارگیری در معرض پرتو شده توسط DUT دارای قطبش اختیاری هستند. البته میدان‌های القایی در مایع هم‌ارز بافت دارای مولفه‌ی قطبشی غالب به موازات سطح هستند که ناشی از خواص فیزیکی سازوکار جذب است. [74] وقتی طی اندازه‌گیری، جهت پروب اساساً بر سطح پیکر عمود باشد (در محدوده‌ی $\pm 5^\circ$) عدم قطعیت همسان‌گردی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$SAR_{uncertainty} [\%] = \sqrt{0,5 \times dev_{isotropyaxial} [\%]^2 + 0,5 \times dev_{isotropyhemispherical} [\%]^2}$$

که در آن

$dev_{isotropyhemispherical} [\%]$ بیشینه انحراف (درصد) از پاسخ همسان‌گرد ارزیابی شده برای θ ، $\Phi: \pm 180^\circ$ است.

$dev_{isotropyaxial} [\%]$ بیشینه انحراف (درصد) از پاسخ همسان‌گرد ارزیابی شده برای $\theta = 0^\circ$ ، $\Phi: \pm 180^\circ$ است.

Φ زاویه گردش حول محور پروب است.

θ زاویه گردش حول خط عمود بر محور پروب است.

عدم قطعیت ایجادی توسط انحراف همسان گردی می تواند نسبتاً زیاد باشد و به جزییات ساخت بستگی دارد یعنی باید برای یکایک پروبها ارزیابی شود.

این انحراف با روش شرح داده شده در پیوست ب از استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۱۸۷۵ ISIRI ارزیابی می شود.

در جدول ۵، توزیع احتمال برای عدم قطعیت همسان گردی پروب، مستطیلی فرض شده است.

۷-۲-۳ عدم قطعیت خطی بودن پروب

آشکارسازهای دیودی در کل نسبت به دامنه حالت غیرخطی و نسبت به پاسخ میدانهای متغیر با زمان حالت غیرممتقارن دارند یعنی پاسخ آن نسبت به قدرت میدان و مدوله سازی غیرخطی است. عدم قطعیت نسبت به آشکارساز توان متوسط واقعی را باید با رویه شرح داده در زیر تعیین کرد:

تنظیمات می تواند با آن چه در پیوست ب از استاندارد ملی به شماره: ۱-۱۱۸۷۵ سال: ۱۳۸۷ شرح داده شده است یکسان باشد. چون اثرات فقط تابع عنصر حس گر (دیود، حس گر، خط) است نه تابع محیط اطراف، انحراف از پاسخ توان میانگین را می توان در هر محیطی از جمله هوا تعیین کرد.

برای سیگنالهای CW هم باید ضریب عدم قطعیت را ارزیابی کرد. همچنین برای سیگنالهای پالسی دارای ضریب کار ۱۰٪ و نرخ تکرار پالس ۱۱ Hz و ضریب کار ۴٪ درصد و نرخ تکرار ۱۰۰۰ Hz در پایین ترین و بالاترین بسامد کاربردی مورد استفاده در سامانه های TDMA باید عدم قطعیت را ارزیابی کرد.

برای مدوله سازیهای غیر از CW (شامل CDMA) و TDMA، انحراف از خطی بودن را باید به صورت مجزا ارزیابی کرد.

عدم قطعیت خطی بودن حس گر میدان الکتریکی با استفاده از رویه های تشریح شده در پیوست ب از استاندارد ملی به شماره: ۱-۱۱۸۷۵ سال: ۱۳۸۷ و با توجه به مربع دامنه ی شدت میدان الکتریکی اندازه گیری شده، ارزیابی می شود. بیشینه انحراف از پاسخ توان میانگین در گامهای 3 dB یا کمتر و از 0,01 W/kg تا 100 W/kg برای گستره ی هم ارز SAR توان میانگین ارزیابی می شود. انتظار می رود این گستره در حجم مکعبی آزمون تطابق در گستره ی 0,4 W/kg تا 10 W/kg رخ دهد.

$$SAR_{uncertainty}[\%] = \left| 100 \left(\frac{SAR_{eval}}{SAR_{ref}} \right) \right|_{max} \quad \text{for } 0.01 \frac{W}{kg} \leq SAR_{ref}^{rms} \\ \leq 100 \frac{W}{kg}; \text{ modulation (CW; pulsed; system modulation)}$$

که در آن

SAR_{eval} مقدار SAR اندازه گیری شده است.

SAR_{ref} مقدار SAR مرجع، تعیین شده توسط توان سنج متوسط است.

عدم قطعیت ایجاد شده توسط پاسخ غیرخطی می تواند نسبتاً زیاد باشد و به اجزای مختلف پروب بستگی دارد یعنی باید برای یکایک پروبها ارزیابی شود. اگر عدم قطعیت پروب خاصی معین نشده باشد باید از عدم قطعیت ۲۰٪ استفاده کرد. در جدول ۵، توزیع احتمال برای عدم قطعیت ویژگی خطی پروب، مستطیلی فرض شده است.

۴-۲-۲-۷ عدم قطعیت پاسخ مدوله سازی پروب

پاسخ به سیگنال های مدوله ی پروب های متکی به آشکارسازهای دیودی می تواند پیچیده باشد زیرا دیودها خیلی غیرخطی هستند. نظریه های پاسخ دیود در [50][40] آمده است. پارامترهای خطی شدن هر مدوله سازی خاصی را به دو روش می توان تعیین کرد: (۱) تعیین عددی مبتنی بر پوش مدوله سازی و مشخصات الکتریکی دیود و سایر عناصر حس گر (باید به صورت تجربی تعیین شود) یا (۲) کالیبره سازی تجربی نسبی یعنی روبش توان در آن مدوله سازی خاص. این پارامترها را باید به طور جداگانه برای هر حس گر تعیین کرد. برای سیگنال های پالسی دارای پوش ثابت (GSM, GMSK, Bluetooth, DECT) پارامترهای تابع جبران به یک پارامتر برای برخی پروبها تقلیل می یابد و ضریب اوج نام دارد.

با تنظیمات همسان یا هم ارز تنظیمات شرح داده شده در شکل ۱-ب می توان عدم قطعیت را با استفاده از هر منبعی (مثلاً موج بر یا دوقطبی) تعیین کرد. تنظیمات تولید سیگنال باید مدوله سازی هایی را که برایشان عدم قطعیت طبق مشخصات استاندارد سامانه ی ارتباطی تعیین می شود، شبیه سازی کند. توان باید در گام های 5 dB برای ولتاژ حس گر پروب هم ارز کم تر از 100 mW/kg به هم ارز بیش تر از 10 W/kg برای حس گر تحت بررسی افزایش یابد. در هر سطح توان، SAR باید با سیگنال مدوله و قرار داشتن CW^۱ در همان توان میانگین اندازه گیری شود. (راستی آزمایی این که توان سنج آشکارساز واقعی توان متوسط است و تقویت کننده به اندازه ی کافی برای کل پویه های سیگنال حالت خطی دارد ضروری است.) این رویه را باید برای هر حس گر میدان تکرار کرد.

از معادله ی زیر می توان برای به دست آوردن عدم قطعیت مدوله سازی هر مدوله سازی خاص X استفاده کرد:

$$SAR_{mod X} \text{Uncertainty} [\%] = \text{MAX}_{i=\{x,y,z\}} \left(\frac{P_0 + 20dB}{P_i = P_0} \left(100 \times \left| \frac{SAR(P_i)_{mod X_i}}{SAR(P_i)_{CW_i}} - 1 \right| \right) \right)$$

که در آن

$SAR_{mod X} \text{Uncertainty}$ عدم قطعیت مدوله سازی خاص X به درصد است.

$SAR(P_i)_{mod X_i}$ برابر با SAR اندازه گیری شده در حالتی است که سیگنال مدوله در توان میانگین باشد.

$SAR(P_i)_{CW}$ برابر با SAR اندازه‌گیری شده در حالتی است که CW در همان توان میانگین باشد. عدم قطعیت SAR، در هر مرحله تمام سه حس‌گر به‌عنوان بیشینه‌ی تمام SAR_modX تعیین می‌شود. در جدول ۵، توزیع احتمال برای عدم قطعیت پاسخ مدوله‌سازی پروب، مستطیلی فرض شده است.

۷-۲-۲-۵ حدهای حساسیت و آشکارسازی پروب

وقتی که شدت میدان اندازه‌گیری شده خیلی به حد آشکارسازی پروب و ابزار دقیق مربوطه نزدیک باشد، عدم قطعیت حد آشکارسازی سامانه و حساسیت پروب میدان ممکن است رخ دهد. تنظیمات مورد استفاده در پیوست ب از استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۱۸۷۵ ISIRI تشریح شده است. این عدم قطعیت باید با سیگنال CW و سیگنال پالسی مطابق با کمینه ضریب کار مجاز یا مشخص شده برای سامانه‌ی آزمون CW ارزیابی شود. CW و سیگنال‌های پالسی باید حدود 0.1 W/kg ، 2.0 W/kg و 10.0 W/kg مقدار SAR میانگین زمانی برای این ارزیابی تولید کنند. مثلاً در ضریب کار ۱۰ درصد 10 W/kg منطبق با بیشینه‌ی اوج 100 W/kg مشخص در پروتکل‌های این استاندارد است. سطح SAR برابر با 0.1 W/kg انتخاب شده است تا نسبت سیگنال به نویز کافی برای این ارزیابی فراهم شود که منطبق با 1.0 W/kg در ضریب حضور ۱۰ درصد است. انتخاب این سطح همچنین به علت آن است که سطوح SAR کم‌تر از 0.1 W/kg به‌طور معمول اثری قابل چشم‌پوشی بر اوج متوسط فضایی SAR می‌گذارند. این گستره‌ی سطوح SAR باید نسبت توان اوج - به- متوسط و الزامات سیگنال‌دهی DUT معمولی مورد عملکرد در حالت‌های FDMA، TDMA و CDMA را پوشش دهد. برای وسیله‌های تحت عملکرد در ضرایب کار کم‌تر از ۱۰ درصد مثل سامانه‌ی DECT، ارزیابی را باید طوری اصلاح کرد که آن گستره‌ی عملکرد را پوشش دهد. عدم قطعیت ناشی از حدهای آشکارسازی باید با این فرض ارزیابی شود که دارای توزیع احتمال مستطیلی است.

۷-۲-۲-۶ عدم قطعیت اثر مرزی

در برخی موارد برای آن که عدم قطعیت‌های درون‌یابی و برون‌یابی کاهش یابد لازم است که پروب برای اندازه‌گیری نزدیک‌تر از I_p شعاع نوک پروب به‌کار رود. بنابراین بهتر است که عدم قطعیت اثر مرزی با استفاده از سامانه‌ی موج‌بر تشریح شده در پیوست ب از استاندارد ملی به شماره: ۱-۱۱۸۷۵ سال: ۱۳۸۷ ارزیابی شود. راه دیگر استفاده از روش دمایی است. شیوه‌ی زیر با فرض آن که زاویه‌ی بین محور پروب و خط عمود بر سطح کم‌تر از ۵ درجه باشد معتبر است. چون اثر مرزی مشخصه‌ی یک پروب خاص است باید طی کالیبره‌سازی پروب تعیین شود. (یا طبق مقدار I_p پروب) اگر برای جبران اثر مرزی، الگوریتم‌هایی اعمال شود آن گاه عدم قطعیت SAR باید با همان نرم‌افزار و سخت‌افزار ارزیابی مورد استفاده برای انجام اندازه‌گیری‌ها، تعیین شود. عدم قطعیت اثر مرزی را می‌توان طبق فرمول تخمین عدم قطعیت که در ادامه می‌آید برآورد کرد. اساس تخمین، برون‌یابی‌های خطی و نمایی بین سطح و $(d_{be} + d_{step})$ در راستای خطوط است که تقریباً عمود بر سطح هستند:

$$SAR_{\text{uncertainty}} [\%] = \Delta SAR_{\text{be}} [\%] \frac{(d_{\text{be}} + d_{\text{step}})^2}{2d_{\text{step}}} \frac{\left(\frac{e^{-d_{\text{be}}}}{\delta/2} \right)}{\delta/2}$$

برای $(d_{\text{be}} + d_{\text{step}}) < 10 \text{ mm}$ and $f \leq 3 \text{ GHz}$

$$SAR_{\text{uncertainty}} [\%] = \Delta SAR_{\text{be}} [\%] \frac{\delta}{\delta - d_{\text{be}}} \quad \text{برای } d_{\text{be}} < \delta \text{ and } f > 3 \text{ GHz}$$

که در آن

$SAR_{\text{uncertainty}}$ عدم قطعیت به صورت درصدی از اثر مرزی پروب است
 d_{be} فاصله‌ی بین سطح و نزدیک‌ترین نقطه‌ی اندازه‌گیری مورد استفاده در فرایند میانگین‌گیری، بر حسب mm است.

d_{step} فاصله‌ی بین سطح و نزدیک‌ترین نقطه‌ی اندازه‌گیری بر حسب mm است، به شرطی که عدم قطعیت‌های مربوط به اثر مرزی در نقطه‌ی اندازه‌گیری دوم، قابل چشم‌پوشی باشد.
 δ کمینه عمق نفوذ مایعات هم‌ارز بافت بر حسب mm (به جدول ۱ رجوع شود)، یعنی $\delta = 6 \text{ mm}$ در ۶ GHz است.

ΔSAR_{be} انحراف بین مقدار اندازه‌گیری شده‌ی SAR در فاصله‌ی dBe از مرز و مقدار تحلیلی موج‌بر یا مقدار ارزیابی شده توسط پروب دما SAR_{ref} است.

اگر قطر پروب از یک سوم طول موج (در محیط) فراتر رود اثر مرزی بزرگ است ($>> 1 \text{ dB}$) و رسیدن به اندازه‌گیری‌های دقیق دشوار است و همچنین شرط قابل چشم‌پوشی بودن اثر مرزی در نقطه‌ی اندازه‌گیری دوم ممکن است نقض شود. در این موارد، باید از مقدار پیش‌گزیده ۵۰ درصد برای عدم قطعیت مرزی استفاده کرد (پیوست ژ). در حالتی که زاویه‌ی بین محور پروب و بردار عمودی سطح بزرگ‌تر از 5° باشد ΔSAR_{be} را باید طبق مراحل زیر و با استفاده از تنظیمات تعریف شده در ب-۳ برای بسامد آزمون ارزیابی کرد:

مرحله ۱: پویش به صورت منطقه‌ای و حرکت با بیشینه‌ی درون‌یابی اجرا شود. (تمام اندازه‌گیری‌ها در مراحل ۲ تا ۸ روی خط عمود بر سطح و شامل این بیشینه‌ی درون‌یابی شده انجام می‌شود).

مرحله ۲: اجرای پویش متمرکز که در آن تمام نقاط اندازه‌گیری متناظر با نقاط شبکه‌ای و در جهت Z پویش حجمی است. این مقادیر نماینده‌ی مقادیر مرجع هستند. مقادیر مرجع را باید با مقادیر عددی مقایسه و مستندسازی کرد و نباید بیش از عدم قطعیت مربوط به اعتبارسنجی سامانه انحراف داشته باشند.

مرحله ۳: چرخاندن زاویه‌ی میل پروب به میزان 10° باشد. (زاویه‌ی بیشینه‌ی 5° به اضافه‌ی 5°)

مرحله ۴: چرخاندن چرخش محوری به 0° برسد.

مرحله ۵: اجرای پویش متمرکز و ارزیابی انحراف در مقایسه با مقادیر مرجع نخستین نقطه اندازه‌گیری شود.

مرحله ۶: چرخاندن پروب حول محور و با گام‌های 5° با چرخش کم‌تر از 360° و تکرار مراحل چهار تا شش انجام شود.

مرحله ۷: چرخاندن زاویه‌ی میل پروب به میزان 5° با چرخشی کم‌تر از حداکثر میل به دست آمده طی اندازه‌گیری‌ها حاصل شود و تکرار مراحل چهار تا شش صورت گیرد.

مرحله ۸: گزارش دادن تمام مقادیر. بیشینه انحراف ثبت شده در مرحله‌ی پنج بیشینه عدم قطعیت مرزی ΔSAR_{be} است که باید در معادله‌های بالا به کار رود.

در جدول ۵، توزیع احتمال عدم قطعیت مربوط به اثر مرزی، مستطیلی فرض شده است.

۷-۲-۲-۷ عدم قطعیت مربوط به مدارهای الکترونیکی قرائت

مولفه‌های عدم قطعیت مربوط به مدارات الکترونیکی قرائت پروب میدانی عبارتند از عدم قطعیت‌های مربوط به تقویت، ویژگی خطی، بارگذاری پروب، الگوریتم ارزیابی و غیره. محدوده‌ی قابل انتظار این مولفه‌های عدم قطعیت را می‌توان عموماً با استفاده از پایان‌دهی^۱‌های شبیه‌سازی شده به جای پروب‌های میدانی و استفاده از مشخصات سازنده برای اجزای الکترونیکی ارزیابی کرد. سپس باید با استفاده از مجذور جمع مربعات مقدار مولفه‌های عدم قطعیت، به عدم قطعیت کل مدارات الکترونیکی قرائت رسید در جدول ۵، توزیع احتمال عدم قطعیت مربوط به اثر مرزی، نرمال فرض شده است.

۷-۲-۲-۷ زمان پاسخ

پروب باید در معرض میدان الکتریکی به دقت تعریف شده‌ای قرار گیرد که دست کم 2 W/kg در نزدیکی سطح پیکر و مایع هم‌ارز یافت ایجاد کند. زمان پاسخ سیگنال به‌عنوان زمانی ارزیابی می‌شود که برای دستگاه‌های اندازه‌گیری (پروب و مدارات الکترونیکی قرائت) لازم است تا پس از تغییرات پله‌ای یا خاموش/روشن شدن منبع تغذیه، به 90% مقدار نهایی مورد انتظار برسند.

اگر پروب به مدت بیش از دو برابر زمان پاسخ و قبل از اندازه‌گیری SAR دارای ایستایی مکانی باشد عدم قطعیت SAR حاصل از این زمان پاسخ، قابل صرف‌نظر کردن است. در این حالت در ستون c از جدول ۵ عدد صفر را وارد کنید. اگر پروب به مدت بیش از دو برابر زمان پاسخ و بیش‌تر دارای ایستایی مکانی نباشد، عدم قطعیت واقعی ناشی از پاسخ زمانی را در ستون c از جدول ۵ درج کنید. در جدول ۵، توزیع احتمال عدم قطعیت مربوط به پاسخ زمانی، مستطیلی فرض شده است.

۷-۲-۲-۷ زمان یکپارچه‌سازی

وقتی افزاره‌ی آزمون سیگنال پیوسته گسیل نکنند که مثلاً در مدوله‌سازی‌های دیجیتال مورد استفاده در برخی DUTها رخ می‌دهد، عدم قطعیت‌های مربوط به زمان یکپارچه‌سازی پروب ممکن است پدیدار شود. وقتی زمان یکپارچه‌سازی و بازه‌های نمونه‌برداری گسسته‌ی مورد استفاده در مدارات الکترونیکی پروب با مشخصات مدوله‌سازی سیگنال اندازه‌گیری شده هم‌زمانی نداشته باشد، انرژی RF در هر نقطه‌ی اندازه‌گیری ممکن است

کامل یا درست دریافت نشود. این عدم قطعیت را می توان بر اساس مشخصات سیگنالی وسیله ی آزمون پیش از اندازه گیری SAR ارزیابی کرد.

برای سیگنال های دارای مولفه های مدوله سازی دامنه یا پالسی و تناوب بزرگ تر از ۱ درصد زمان یکپارچه سازی پروب، اگر زمان یکپارچه سازی پروب ضریب صحیحی از طولانی ترین تناوب T نباشد باید عدم قطعیت های SAR تکمیلی در نظر گرفته شود. عدم قطعیت را باید براساس بیشینه عدم قطعیت مورد انتظار برای زمان یکپارچه سازی پروب فاقد همزمانی و مستطیلی فرض کردن توزیع احتمال، ارزیابی کرد. برای سیگنالی که دارای پوش $s(t)$ باشد قرائت سیگنال میانگین توسط پروب طی زمان یکپارچه سازی t_{int} با آغاز از زمان t_0 عبارت است از:

$$s_{int}(t_0, t_{int}) = \frac{1}{t_{int}} \int_{t_0}^{t_0+t_{int}} s(t) dt \quad 0 \leq t_0 \leq T$$

در s_{int} فرض شده است که فیلترینگ پروب، پوش سیگنال $s(t)$ را تغییر نمی دهد. اگر t_0 با طولانی ترین تناوب در T $s(t)$ همزمانی نداشته باشد عدم قطعیت ناشی از پاسخ یکپارچه سازی پروب به صورت زیر تعریف می شود:

$$SAR_{uncertainty_a} [\%] = 100 \times \frac{\max(s_{int}(t_0, t_{int})) - \min(s_{int}(t_0, t_{int}))}{2 \times s_{int}(0, T)}$$

که در آن

$SAR_{uncertainty_a}$ عدم قطعیت ناشی از زمان یکپارچه سازی بر حسب درصد است.

$\max(s_{int}(t_0, t_{int}))$ بیشینه ی هر بازه ی (t_0, t_{int}) بین $0 \leq t_0 \leq T$ است.

$\min(s_{int}(t_0, t_{int}))$ کمینه ی هر بازه ی (t_0, t_{int}) بین $0 \leq t_0 \leq T$ است.

با استفاده از $SAR_{uncertainty_a}$ می توان عدم قطعیت مربوط به زمان یکپارچه سازی پروب هر سیگنالی را به دست آورد. فرمول ساده ی دیگری برای عدم قطعیت سیگنال TDMA عبارت است از:

$$SAR_{uncertainty_b} [\%] = 100 \times \sum_{\text{all sub-frames}} \frac{t_{frames}}{t_{int}} \frac{slot_{idle}}{slot_{total}} \text{ for } t_{int} > t_{frames}$$

که در آن

$SAR_{uncertainty_b}$ عدم قطعیت ناشی از زمان یکپارچه سازی بر حسب درصد است.

t_{frame} دوره زمانی قاب است.

t_{int} زمان یکپارچه سازی است.

$slot_{idle}$ تعداد شکاف های بی کار قاب است.

$slot_{total}$ تعداد کل شکاف های قاب است.

طبق معادله‌ی فوق سیگنال TDMA می‌تواند از چندین لایه‌ی قاب تشکیل شده باشد. مثلاً زیرقاب پایه‌ی سامانه‌های GSM دارای دوره زمانی $t_{\text{sub-frame}} = 4,6 \text{ ms}$ و هفت شکاف بی‌کار در زیرقاب هشت شکافی است. در حالی که دوره زمانی قاب ۲۶ شکافی، $t_{\text{frame}} = 120$ میلی‌ثانیه و شامل یک شکاف بی‌کار در زیرقاب است.

SARuncertainty_b تقریبی است که به‌طور نوعی تخمینی بیش از حد از عدم قطعیت به‌دست می‌دهد. در این جا $slot_{\text{idle}}$ شمار شکاف‌های بی‌کار قاب و $slot_{\text{total}}$ تعداد کل شکاف‌ها است. t_{frame} دوره زمانی قاب و $t_{\text{int}} < t_{\text{frame}}$ است. عدم قطعیت کل مربوط به زمان پاسخ پروب حاصل جمع عدم قطعیت‌های تمام زیرقاب‌های دارای شکاف بی‌کار در ساختار قاب است. مثلاً اگر زمان یکپارچه‌سازی پروب 0,2 s باشد، عدم قطعیت تخمینی S_{int} و SARuncertainty_a است. در TDMA (IS-136) ایالات متحده، $t_{\text{frame}} = 20 \text{ ms}$ است، دو شکاف بی‌کار در قاب سه شکافی وجود دارد و قاب‌های چندگانه وجود ندارد. اگر زمان یکپارچه‌سازی پروب 0,2 s باشد SARuncertainty_b عدم قطعیتی برابر با ۶/۶۷ درصد به دست می‌دهد در حالی که عدم قطعیت واقعی که با استفاده از S_{int} و SARuncertainty_a به‌دست می‌آید صفر درصد است. (زمان یکپارچه‌سازی ضریب صحیحی از زمان قاب است.) GSM هم شبیه SARuncertainty_a است به‌غیر از این که تعداد شکاف‌های بی‌کار می‌تواند پنج، شش، ... باشد و در بدترین حالت هفت است.

این مقدار را در جدول عدم قطعیت درج کنید که در آن توزیع می‌تواند مستطیلی فرض شود. وسیله‌های FDMA و CDMA را با سیگنال‌های پیوسته یا هم‌ارز CW آزمون می‌کنند، بنابراین مقدار عدم قطعیت را باید صفر درج کرد.

۷-۲-۱۰ رانش SAR اندازه‌گیری شده

اگر رانش SAR اندازه‌گیری شده در محدوده‌ی ۵ درصد باشد می‌توان آن را عدم قطعیت (یعنی خطای اتفاقی) یا انحراف^۱ در نظر گرفت. اگر رانش را عدم قطعیت در نظر بگیریم باید در جدول عدم قطعیت درج شود و اگر آن را انحراف در نظر بگیریم مقدار SAR اندازه‌گیری شده را باید تصحیح کرد (۱-۳-۶) و نیازی به ثبت رانش در بودجه عدم قطعیت نیست. (یعنی $u_i = 0 \%$)

رانش SAR اندازه‌گیری شده طی ارزیابی SAR برای وسیله‌ی تحت آزمون حالت پویایی دارد و به روشی به‌دست می‌آید که اعمال منبع تغذیه به‌وسیله‌ی مورد نظر در سراسر فرایند اندازه‌گیری را تضمین کند. یعنی باید عدم قطعیت حالت استقرار یافته‌ای داشته باشد. در جدول ۵ برای پوشش دادن رانش SAR اندازه‌گیری شده مقدار استاندارد عدم قطعیت را ۵٪ درج کرده‌اند. این رواداری ۵ درصدی را می‌تواند به روز شود تا مقدار متفاوت ناشی از به‌کارگیری یکی از دو روش را منعکس کند.

الف- روش بهتر آن است که اندازه‌گیری‌های (تک نقطه‌ای) SAR پویا توسط سامانه‌ی اندازه‌گیری SAR قبل از انجام پوشش منطقه‌ای، در نقطه‌ی تعریف شده توسط کاربر در بافت مورد نظر انجام شود. بعد از تکمیل شدن SAR باید اندازه‌گیری دومی توسط سامانه در نقطه‌ی تعریف شده توسط کاربر انجام شود. سپس تفاوت بین مقادیر SAR اندازه‌گیری شده را به‌صورت پویا به‌عنوان عدم قطعیت اندازه‌گیری، در جدول ۵ اعمال کرد.

ب- اگر روش الف به اندازه‌ی کافی حساسیت نداشته باشد راه دیگر آن است که اندازه‌گیری‌های هدایتی با استفاده از تجهیزات دارای قابلیت اندازه‌گیری توان RF روی درگاه آنتن وسیله، قبل از استقرار وسیله برای

آزمون SAR انجام شود. کاربر باید پس از تکمیل آزمون SAR، اندازه‌گیری هدایتی توان RF را تکرار کند. تفاوت بین اندازه‌گیری‌های هدایتی توان RF را می‌توان ارزیابی کرد و به‌عنوان رواداری به روز شده در جدول ۵ به کار برد.

در جدول ۵، توزیع احتمال عدم قطعیت مربوط به رانش SAR اندازه‌گیری شده (تحت عنوان رانش توان خروجی)، مستطیلی فرض شده است.

۲-۳-۷ سهم محدودیت‌های مکانیکی

۱-۲-۳-۷ سامانه‌ی پوشش‌گری

محدودیت‌های مکانیکی موقعیت‌دهنده‌ی پروب میدانی می‌تواند انحراف‌هایی در دقت و تکرارپذیری موقعیت‌دهی پروب ایجاد کند که به عدم قطعیت SAR اندازه‌گیری شده اضافه می‌شود. این عدم قطعیت را می‌توان با توجه به مشخصات موقعیت‌دهنده‌ی پروب نسبت به موقعیت لازم برای مکان اندازه‌گیری واقعی تخمین زد که با مرکز هندسی حس‌گرهای پروب میدانی تعریف می‌شود و با بیشینه انحراف d_{ss} بیان می‌شود. به فرض مستطیلی بودن توزیع احتمال، اثرگذاری ناشی از محدودیت‌های مکانیکی موقعیت‌دهنده‌ی پروب d_{ss} بر عدم قطعیت اوج متوسط فضایی SAR را می‌توان با استفاده از تخمین عدم قطعیت مرتبه‌ی یک به دست آورد:

$$SAR_{\text{uncertainty}} [\%] = \frac{d_{ss}}{\delta/2} \times 100$$

که در آن

$SAR_{\text{uncertainty}}$ عدم قطعیت بر حسب درصد است.

d_{ss} بیشینه عدم قطعیت موقعیتی بین موقعیت محاسبه‌شده‌ی مرکز حس‌گرهای پروب و موقعیت واقعی با توجه به نقطه‌ی مرجع تعریف شده توسط سازنده‌ی سامانه است.

δ عمق نفوذ کمینه بر حسب میلی‌متر در مایع هم‌ارز بافت برای گستره‌ی بسامدی مورد بررسی مثلاً $\delta \approx 6 \text{ mm}$ در 6 GHz است.

اگر سازنده‌ی موقعیت‌دهنده، محدودیت‌های مکانیکی موقعیت‌دهنده‌ی پروب را مشخص نکرده باشد، برای تعیین اثرگذاری بر عدم قطعیت اندازه‌گیری SAR باید آن را ارزیابی کرد. این کار را می‌توان به سادگی با ارزیابی دقت نسبی جابجایی در منطقه‌ی پوشش تخمینی و تبدیل تفاوت‌های موقعیتی مشخص شده توسط نرم‌افزار و یافته‌های واقعی، به عدم قطعیت، انجام داد. به فرض مستطیلی بودن توزیع، باید عدم قطعیت SAR را در ستون c جدول ۵ وارد کرد.

۲-۳-۲-۷ عدم قطعیت پوسته‌ی پیکر

عدم قطعیت به‌عنوان تابعی از رواداری پوسته‌ی پیکر، طبق وابستگی قوی محافظه‌کارانه‌ای به مسافت، یعنی وابستگی به مربع فاصله و فرض $a = 5 \text{ mm}$ برای فاصله‌ی بین مایع هم‌ارز بافت بدن و مکان چگالی جریان رشته‌ی هم‌ارز ارزیابی می‌شود. (چگالی جریان هم‌ارز، متناظر با نزدیک‌ترین منبع جریان نیست بلکه با چگالی جریان نزدیک به توزیع‌های میدان H محلی متناظر است.)

$$SAR_{\text{uncertainty}} [\%] = \sqrt{\left(100 \times \left(\frac{(a + d + b/2s)^2}{a^2} - 1\right)\right)^2 + (5|\epsilon_{r_{\text{shell}}} - 4|)^2}$$

برای $3 \leq \epsilon_{r_{\text{shell}}} \leq 5$, for $f > 3\text{GHz}$

$$SAR_{\text{uncertainty}} [\%] = 100 \times \left(\frac{(a + d + b/2s)^2}{a^2} - 1\right)$$

برای $f \leq 3\text{GHz}$

که در آن

$SAR_{\text{uncertainty}}$ عدم قطعیت بر حسب درصد است.

a فاصله‌ی بین مایع هم‌ارز بافت بدن و موقعیت چگالی جریان رشته‌ی هم‌ارز است.

b حداکثر گستردگی وسیله شامل آنتن و لوازم جانبی تحت آزمون است. در روشی دیگر b را فاصله‌ی بین مرکز پیکر و مرکز مکعب ارزیابی شده‌ی پویش متمرکز در نظر می‌گیرند.

d پیشینه رواداری ضخامت پوسته و شکل پیکر است.

s پیشینه شکم‌دادگی پوسته به درصد و بر حسب فاصله است.

قدر مطلق گذردهی واقعی پوسته منهای گذردهی به‌هنگار ۴، ضرب در عدم قطعیت ۵ درصد است^۱. عدم قطعیت با در نظر گرفتن انحراف ۱ برای گذردهی ارزیابی شده است.

افزون بر شکم‌دادگی و رواداری فاصله، باید عدم قطعیت ناشی از رواداری گذردهی نسبی ($\epsilon_r = 4 \pm 1$) پوسته را نیز در نظر گرفت که برابر با $\pm 5\%$ است.

این مقدار عدم قطعیت را (بافرض مستطیلی بودن توزیع) در ردیف مربوط در جدول عدم قطعیت وارد کنید.

۷-۲-۳ موقعیت پروب نسبت به سطح پوسته‌ی پیکر

عدم قطعیت موقعیت‌دهنده‌ی پروب نسبت به پوسته‌ی پیکر d_{ph} باید برآورد شود. به فرض مستطیلی بودن توزیع احتمال، سهم عدم قطعیت اوج متوسط فضایی SAR را می‌توان با تقریب خطای مرتبه اول محاسبه کرد:

$$SAR_{\text{uncertainty}} [\%] = \frac{d_{\text{ph}}}{\delta/2} \times 100$$

که در آن

$SAR_{\text{uncertainty}}$ عدم قطعیت بر حسب درصد است.

1- $5 \times |\epsilon_{\text{shell}} - 4|$

d_{ph} بیشینه‌ی عدم قطعیت برای تعیین فاصله‌ی بین نوک پروب و پوسته‌ی پیکر است. یعنی عدم قطعیت تعیین مکان پیکر نسبت به نوک پروب

δ عمق نفوذ کمینه بر حسب میلی‌متر در مایع هم‌ارز بافت برای گستره‌ی بسامدی مورد بررسی است. به فرض مستطیلی بودن توزیع، باید عدم قطعیت SAR را در ستون c جدول ۵ وارد کرد.

۴-۳-۲-۷ عدم قطعیت‌های موقعیت‌دهی و نگاه‌دارنده‌های وسیله

۱-۴-۳-۲-۷ کلیات

از نگاه‌دارنده‌ی وسیله برای حفظ موقعیت آزمون DUT روی پیکر، طی اندازه‌گیری SAR استفاده می‌شود. از آنجا که ممکن است نگاه‌دارنده‌ی وسیله بر مشخصات DUT اثر بگذارد باید با استفاده از رویه‌های زیربند ۲-۷-۲-۳-۴-۳ عدم قطعیت SAR ناشی از اختلال^۱ ایجادشده توسط نگاه‌دارنده‌ی وسیله را تخمین زد. در زیربند ۲-۷-۳-۴-۳ راجع به رویه‌های عدم قطعیت‌های SAR ناشی از تغییرات موقعیت‌دهی حاصل از رواداری‌های مکانیکی نگاه‌دارنده‌ی وسیله بحث شده است. در هر دو زیربند رویه‌های عدم قطعیت‌های مختص وسیله و از پیش تعیین شده آمده است. اگر از عدم قطعیت‌های از پیش تعیین شده استفاده شود در اکثر موارد می‌توان آزمون‌های مختص وسیله را چندین بار تکرار کرد تا انحراف معیارهای از پیش تعیین شده کاهش بیش‌تری پیدا کند.

۲-۴-۳-۲-۷ عدم قطعیت پریشیدگی نگاه‌دارنده‌ی وسیله

۱-۲-۴-۳-۲-۷ کلیات

نگاه‌دارنده‌ی وسیله را باید از مواد دی‌الکتریک کم‌تلف و دارای گذرده‌ی نسبی کم‌تر از پنج و تانژانت تلفات کم‌تر از ۰٫۰۵ ساخت. (پارامترهای این مواد را برای مثال با استفاده از روش پروب تماسی هم‌محور می‌توان تعیین کرد.) به هر حال برخی از نگاه‌دارنده‌ها ممکن است همچنان بر منبع اثر بگذارند، بنابراین عدم قطعیت حاصل از این چنین نگاه‌دارنده‌ای (یعنی انحراف از تنظیمات بدون وجود نگاه‌دارنده) را باید تخمین زد. عدم قطعیت هر وسیله‌ی آزمون خاصی را باید طبق روش تشریح شده در زیربند ۲-۲-۳-۴-۲-۳-۴-۲-۳ که روش نوع B است تخمین زد. روش شرح داده شده در زیربند ۲-۳-۴-۲-۳-۴-۲-۳ شیوه‌ی نوع الف را برای ارزیابی عدم قطعیت گروهی از DUTها با مشخصات SAR مشابه که با نگاه‌دارنده‌ی وسیله‌ی مشابهی آزمون می‌شوند، ارائه می‌دهد. عدم قطعیت SAR مورد استفاده در جدول ۵ عبارت است از:

$$SAR_{\text{uncertainty}}[\%] = \left(\frac{SAR_{w/\text{holder}} - SAR_{w/\text{holder}}}{SAR_{w/\text{holder}}} \right) \times 100$$

که در آن

$SAR_{\text{uncertainty}}$ عدم قطعیت بر حسب درصد است.

$SAR_{w/\text{holder}}$ عبارت از SAR همراه با نگاه‌دارنده‌ی وسیله بر حسب W/Kg است.

$SAR_{w/o \text{ holder}}$ عبارت از SAR بدون نگاه‌دارنده‌ی وسیله بر حسب W/Kg است.

۲-۲-۴-۳-۲-۷ عدم قطعیت اختلال نگاه‌دارنده‌ی افزاره برای وسیله‌ی آزمون مشخص: نوع B

با اجرای دو آزمون که در آن‌ها از پیکر صاف استفاده شده است باید عدم قطعیت DUT مشخصی را که در پیکربندی مشخصی تحت عملکرد است، تخمین زد:

الف- ارزیابی اوج متوسط فضایی SAR ($SAR_{w/holder}$) با قرار دادن وسیله در نگاه‌دارنده به همان صورتی که هنگام آزمون روی بدن قرار می‌گیرد و سپس قرار دادن DUT در تماس مستقیم با پیکر صاف (خط مرکزی عمودی و افقی DUT با کف پیکر صاف موازی است).

ب- ارزیابی اوج متوسط فضایی SAR ($SAR_{w/o holder}$) با قرار دادن وسیله در همان موقعیت اما مستقر شده با پلی‌استیرن اسفنجی یا مواد هم‌ارز کم‌تلف و بدون بازتاب (گذردهی نباید از ۲-۱ و تانژانت تلفات نباید بیش‌تر از 10^{-5} باشد).

توزیع احتمال این عدم‌قطعیت مستطیلی فرض شده و دارای درجه‌ی آزادی است.

۷-۲-۳-۴-۳-۲-۳ عدم قطعیت اختلال نگاه‌دارنده‌ی وسیله برای انواع خاصی از وسیله‌ها: نوع الف

تحلیل نوع الف عدم‌قطعیت را می‌توان برای گروهی از DUTها با شکل‌ها و توزیع‌های SAR مشابه به‌کار برد. عدم‌قطعیت حاصل از این تحلیل را می‌توان برای سایر DUTها با مشخصات SAR مشابه و آزمایش‌شده با نگاه‌دارنده‌ی وسیله مشابه به‌کار برد تا آزمون‌های مشخص تشریح‌شده در زیربند ۷-۲-۳-۴-۳-۲ لازم نباشد. اثر نگاه‌دارنده‌ی وسیله برای N مدل مختلف DUT در پیکربندی‌های مختلف را می‌توان با اجرای آزمون‌های زیربند ۷-۲-۳-۴-۳-۲-۲ برای هر مدل و برای هر پیکربندی تخمین زد. (N باید کمینه ۶ باشد).

عدم‌قطعیت مربوطه برای جدول ۵ را می‌توان با استفاده از جذر متوسط مربع یکایک عدم‌قطعیت‌ها و درجه‌های آزادی $v_i = N - 1$ تخمین زد.

۷-۲-۳-۴-۳-۲-۷ ارزیابی عدم‌قطعیت موقعیت‌دهی وسیله نسبت به پیکر

۷-۲-۳-۴-۳-۱ کلیات

موقعیت‌های آزمون DUT که یک متصدی آزمون با استفاده از نگاه‌دارنده‌ی وسیله تثبیت کرده است ممکن است از موقعیت‌های دقیق تشریح‌شده در زیربند ۱-۶ انحراف داشته باشد. عدم‌قطعیت‌های SAR ناشی از انحراف‌های موقعیت‌دهی وسیله می‌تواند بر اساس طرح DUT و رویه‌های مورد استفاده توسط نگاه‌دارنده‌ی خاص یا متصدی آزمون تغییر کند و این اثرات به‌طور معمول جداناپذیرند. برای ارزیابی طرح یک DUT می‌توان از رویه‌های شرح داده شده در زیربند ۷-۲-۳-۴-۳-۲ استفاده کرد. رویه‌هایی که می‌توان برای ارزیابی رشته‌ها یا گروه‌های خاصی از طرح‌های هم‌شکل و دارای ابعادی خیلی همسان و آزمون‌شده با نگاه‌دارنده‌ی وسیله-ی مشابه به‌کار گرفت، در زیربند ۷-۲-۳-۴-۳-۲ شرح داده شده است. اگر این الزامات رعایت نشده باشد باید از رویه‌های زیربند ۷-۲-۳-۴-۳-۲ برای ارزیابی یکایک وسیله‌ها استفاده کرد. اگر انحراف معیار از پیش تعیین‌شده‌ای برای نگاه‌دارنده‌ی افزار مشخصی که از آزمون گروه مشخصی از DUT به‌دست آمده قابل استفاده باشد نیازی به تکرار آزمون زیربند ۷-۲-۳-۴-۳-۲ برای یکایک وسیله‌ها نیست.

۷-۲-۳-۴-۳-۲-۷ عدم قطعیت موقعیت‌دهی DUT مشخص مستقر در نگاه‌دارنده‌ی وسیله‌ی مشخص

عدم‌قطعیت موقعیت‌دهی DUT مشخص آزمون‌شده در نگاه‌دارنده‌ی وسیله‌ی مشخص را با تکرار اندازه‌گیری‌های یک یا ده گرم SAR ارزیابی می‌کنند. این عدم‌قطعیت موقعیت‌دهی را باید با استفاده از موقعیت آنتن، کانال بسامد و موقعیت وسیله برای حالت عملکرد (به زیربند ۳-۶ رجوع شود) تولیدکننده‌ی بالاترین SAR در تمام باندهای بسامد ارزیابی کرد. علاوه بر اندازه‌گیری اصلی SAR، باید موقعیت DUT را تغییر داد و آزمون‌ها را دست‌کم چهار بار تکرار کرد. کمینه پنج بار آزمایش برای تعیین مقداری معقول برای درجه‌های آزادی مورد نظر کافی است. اگر این گمان وجود داشته باشد که عدم‌قطعیت موقعیت‌دهی یک وسیله، بزرگ شده‌است باید

آزمون‌های بیش‌تری انجام داد تا اثر آن بر عدم‌قطعیت کل اندازه‌گیری کاهش یابد. افزایش تعداد آزمون‌ها سبب می‌شود تا درجه‌های موثر آزادی (v_{eff}) افزایش یابد و ضریب پوشش‌دهی کاهش یابد. متوسط SAR برای تعداد کل اندازه‌گیری‌ها (N) برای تعیین عدم‌قطعیت SAR طبق انحراف معیار و درجه‌های آزادی ($v_i = N - 1$) تعداد آزمون‌های انجام‌شده به کار می‌رود.

۷-۲-۳-۴-۳-۳-۳ عدم‌قطعیت موقعیت‌دهی انواع خاص DUT مستقر در نگه‌دارنده‌ی وسیله‌ی مشخص
عدم‌قطعیت موقعیت‌دهی گروه خاصی از DUT که به‌طور مشخص شکل مشابهی دارند و ابعادشان خیلی به هم نزدیک است و با نگه‌دارنده‌ی وسیله‌ی مشخصی آزمون شده‌اند با استفاده از رویه‌های زیر قابل ارزیابی است. در این آزمون‌ها دست‌کم باید شش وسیله وجود داشته باشد و طبق رویه‌های زیربند ۷-۲-۳-۴-۳-۲ ارزیابی شوند. (۵ آزمون برای هر کدام) وقتی DUT‌ها هم شکل باشند، ابعاد و مشخصات توزیع SAR بسیار همسان داشته باشند تا الزامات گروه مشخص آزمون‌شده با نگه‌دارنده‌ی مشخص رعایت شود، عدم‌قطعیت موقعیت‌دهی وسیله برای این گروه منتخب وسیله‌ها را می‌توان به جای انجام آزمون‌های تشریح شده در زیربند ۷-۲-۳-۴-۳-۲ برای آن DUT خاص (از پیش تعیین کردن) به کار گرفت. عدم‌قطعیت SAR براساس توان متوسط عدم‌قطعیت‌های تعیین‌شده از رویه‌های زیربند ۷-۲-۳-۴-۳-۲ برای هر وسیله، در ستون و ردیف مربوطه جدول ۵ درج می‌شود. درجه‌های آزادی (v_i) براساس تعداد آزمون‌های (N) انجام‌شده برای M وسیله‌ی حاضر در گروه مشخص DUT تعیین می‌شود و $v_i = (N \times M) - 1$ است.

۷-۲-۴-۲-۷ سهم پارامترهای فیزیکی عمومی

جزئیات روش‌های آزمون مشخصه‌های دی‌الکتریک در پیوست د از استاندارد ملی به شماره: ۱-۱۱۸۷۵ سال: ۱۳۸۷ و روش‌های تخمین عدم‌قطعیت در پیوست خ از استاندارد ملی به شماره: ۱-۱۱۸۷۵ سال: ۱۳۸۷ داده شده‌اند. پیوست خ مشخصه‌های باند بسامدی ۳۰ MHz تا ۶ GHz را فراهم می‌کند.

یادآوری - مطابق روش‌های معمول علوم اندازه‌گیری، توصیه می‌شود که عدم‌قطعیت اندازه‌گیری برای هر یک از مشخصه‌های دی‌الکتریک کوچک‌تر یا مساوی تغییرات مجاز از مقادیر هدف مشخصه‌های اندازه‌گیری‌شده دی‌الکتریک باشد.

۷-۲-۴-۲-۷ چگالی مایع

فرض می‌شود چگالی مایعات معادل بافت برابر 1000 kg/m^3 باشد. این مقدار چگالی باید برای مقدارسنجی SAR بدون هیچ عدم‌قطعیت مرتبط با آن مورد استفاده قرار گیرد.

۷-۲-۴-۲-۷ رسانایی ویژه و گذردهی الکتریکی مایع

عدم‌قطعیت ناشی از رسانایی ویژه و گذردهی الکتریکی مایع از دو منبع مختلف ناشی می‌شود. اولین منبع عدم‌قطعیت ناشی از استفاده از تصحیح SAR برای مشخصه‌های دی‌الکتریک داخل تغییرات مجاز $\pm 10\%$ از مقادیر هدف جدول ۱ نتیجه می‌شود (پیوست ج را ببینید). دومین منبع عدم قطعیت از رویه اندازه‌گیری که برای ارزیابی رسانایی ویژه و گذردهی الکتریکی استفاده شده و در این قسمت شرح داده شده است ناشی می‌شود.

در رویه اندازه‌گیری خصوصیات دی‌الکتریک از تحلیل‌گر برداری شبکه استفاده می‌شود. نیاز است تحلیل‌گر شبکه برای حذف تلفات و بازتاب‌های ذاتی، واسنجی شود. بودجه عدم‌قطعیت برای اندازه‌گیری دی‌الکتریک از عدم صحت داده‌های واسنجی‌سازی، خطای رانش تحلیل‌گر و خطاهای تصادفی ناشی می‌شود. دیگر منابع

احتمالی خطا، رواداری سخت‌افزار نگه‌دارنده نمونه و انحراف از ابعاد مطلوب برای بسامدهای مشخص هستند. این فرآیند بدون در نظر گرفتن نوع نگه‌دارنده نمونه و طبیعت پارامترهای پراش اندازه‌گیری شده، به کار گرفته می‌شود.

عدم قطعیت‌های ناشی از برآزش خط مستقیم با خطوط شکاف‌دار می‌توانند با استفاده از تحلیل کمینه مربعات سنجیده شوند.

جدول شماره ۲- مثالی از الگوی عدم قطعیت و مثالی از مقادیر عددی برای گذردهی نسبی (ϵ_r') و رسانایی ویژه (σ) اندازه‌گیری؛ ممکن است برای هر (ϵ_r') و σ جداول جداگانه‌ای لازم باشد.

| e | d $U_i=(a/b) \times (c)$ | c | b | | a | | |
|----------|-------------------------------|-------|---------------|-----------------|----------------------|---|---|
| | عدم قطعیت استاندارد | c_i | مقسوم علیه | توزیع احتمال | رواداری $\pm(\%)$ | مولفه عدم قطعیت | |
| ۴ | ۵,۲۰ | ۱ | ۱ | N | ۵,۲ | تکرارپذیری ϵ_r' یا σ یا (N تکرارپذیری) | ۱ |
| ۴ | ۱,۷۳ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | ۳,۰ | انحراف از ϵ_r' یا σ هدف مایع مرجع | ۲ |
| ∞ | ۰,۲۹ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | ۰,۵ | رانس، خطی بودن تحلیل گر شبکه | ۳ |
| ∞ | ۰,۳۵ | ۱ | $\sqrt{2}$ | U | ۰,۵ | تغییرات کابل پورت آزمون | ۴ |
| ۵ | ۵,۵۰ | | | | | عدم قطعیت استاندارد مرکب | ۵ |

یادآوری - شماره ردیف‌های ۱ تا ۵ و ستون‌های a تا d برای مرجع هستند.

یک مثال از الگوی عدم قطعیت در جدول ۲ نشان داده شده است. تمام کمیت‌های موثر ممکن است برای یک چیدمان و رویه آزمون مشخص کاربرد داشته یا نداشته باشند و دیگر اجزا که در فهرست ثبت نشده‌اند، ممکن است با بعضی از چیدمان‌های آزمون مرتبط باشند. ممکن است نیاز باشد که دیگر کمیت‌های تاثیرگذار که در جدول ۲ قید نشده‌اند در نظر گرفته شوند، مانند حباب‌ها/ فواصل هوایی بین پروب و نمونه درون‌یابی بسامد در نظر گرفتن ابعاد/ جایابی حس‌گر، تحلیل عددی/ ابزار استخراج داده، اثرات لبه‌های محدود پروب هم‌محور و غیره. جدول ۲ همچنین شامل مقادیر عددی نمونه نیز هست. در اینجا بسته به چیدمان آزمون، تخمین واقعی عدم قطعیت نسبت به مقادیر نشان داده شده، شاید (و باید) متفاوت باشد. همان‌طور که در رویه زیر شرح داده شده است، برای تخمین عدم قطعیت اندازه‌گیری مشخصه دی‌الکتریک (ϵ_r')، [83]، [84]، [85]، [86] می‌توان از اندازه‌گیری مواد مرجع مشخص شده، استفاده کرد.

الف- تحلیل گر شبکه را در بازه بسامدی به اندازه کافی بزرگ، حول بسامد مرکزی دلخواه مثلاً بسامد 100MHz بسامد $\pm 835\text{MHz}$ در پنج بسامد یا بیش‌تر، درون باند انتقالی دستگاه پیکربندی و کالیبره کنید.

ب- ماده مرجع را کمینه n بار اندازه‌گیری کنید تا انحراف معیار و میانگین رسانایی ویژه و گذردهی الکتریکی نسبی در هریک از باندهای مرکزی دستگاه و بسامدهای کناری به دست آیند.

پ- برای هر یک از آزمون‌های مرحله (ب)، مراحل (ت) تا (ح) را اجرا کنید.

ت- تکرارپذیری را به‌عنوان انحراف معیار نمونه تقسیم بر مقدار میانگین محاسبه کنید. برای گذردهی الکتریکی این مقدار به‌صورت زیر داده شده است.

$$100 \times \frac{1}{\epsilon_r} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\epsilon_r' - \epsilon_r')^2} = (\%) \text{ تکرارپذیری}$$

که مقدار میانگین برابر است با

$$= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \varepsilon'_{r,i} \varepsilon'_r$$

همین عمل را برای رسانایی ویژه الکتریکی انجام دهید.

ث- مقدار تکرارپذیری را در سطر ۱، ستون a از جدول ۲ قرار دهید. درجه آزادی $v_i=N-1$ در ستون e آمده است. میزان انحراف مشخصه‌های دی‌الکتریک را از مقادیر هدف، $\varepsilon_{r,ref}$ و σ_{ref} تعیین کنید. برای گذردهی الکتریکی این مقدار به صورت زیر داده شده است:

$$\text{انحراف } (\%) = 100 \times \left| \frac{\varepsilon'_r - \varepsilon'_{r,ref}}{\varepsilon'_{r,ref}} \right|$$

انحراف را در سطر ۲، ستون a از جدول ۲ قرار دهید. درجه آزادی $v_i=N-1$ در ستون e آمده است. همین عمل را برای رسانایی ویژه الکتریکی انجام دهید.

ج- عدم قطعیت نوع B را برای مولفه‌های دیگر جدول ۲ (و در صورت نیاز برای مولفه‌های مرتبط دیگر) در بازه بسامدی مد نظر تخمین بزنید.

چ- عدم قطعیت استاندارد ترکیبی را به عنوان ریشه مجموع مربعات مولفه‌های عدم قطعیت مراحل (پ)، (ت) و (ث) تعیین کنید. این مقدار را در سطر ۵، ستون d از جدول ۲ وارد کنید.

ح- برای گذردهی الکتریکی نسبی، بسامدی را انتخاب کنید که بیشترین مقدار عدم قطعیت استاندارد در مرحله (ج) به دست دهد. این مقدار عدم قطعیت و درجه آزادی متناظر v_i را داخل سطر مناسب از جداول ۵، ۶ و ۷ وارد کنید. همین عمل را برای رسانایی ویژه تکرار کنید.

دو نسخه تکمیل شده از جدول ۲ (یکی برای گذردهی و دیگری برای رسانایی ویژه) را به همراه منطقی که برای آن مقادیر تاثیرات مورد استفاده قرار گرفته یا حذف شده بود، وارد گزارش اندازه‌گیری کنید. نسخه‌های جدول ۲ مطابق با بیشترین مقادیر عدم قطعیت‌های استاندارد ترکیب شده در مراحل (ج) و (چ) هستند.

در جداول ۵، ۶ و ۷ ضرایب حساسیت C_i در ستون g و f برای اندازه‌گیری عدم قطعیت رسانایی ویژه و گذردهی الکتریکی مایع مورد نیاز است. این ضرایب حساسیت برای هدایت c_σ و برای گذردهی c_ε هستند. این ضرایب با استفاده از معادلات F.1 تا F.5 محاسبه شده‌اند. بیشترین ضریب حساسیت در محدوده بسامدی ۳۰۰ MHz تا ۶ GHz برای میانگین Ig مقادیر $c_\sigma = 0.178$ (در بسامد ۳۰۰ MHz) و $c_\varepsilon = 0.23$ (در بسامد ۲۰۰۰ MHz) و برای میانگین ۱۰g مقادیر $c_\sigma = 0.171$ (در بسامد ۳۰۰ MHz) و $c_\varepsilon = 0.28$ (در بسامد ۵۰۰ MHz) به دست آمده‌اند. این مقادیر بیشینه درون جداول ۵، ۶ و ۷ وارد شده‌اند. متناوباً می‌توان مقادیر بیشینه را در محدوده بسامدی آزمون شده مشخص وارد کرد.

۴-۴-۲-۷ دمای مایع

استاندارد الزام می‌کند که اندازه‌گیری‌های SAR در گستره دماهای بین ۱۸ تا ۲۵ درجه سانتیگراد و همچنین در محدوده $\pm 2^\circ\text{C}$ از دمایی که در آن پارامترهای دی‌الکتریک اندازه‌گیری شده، انجام شود. ارزیابی زیر باید برای هر دستورالعمل انجام شود تا عدم قطعیت ناشی از رواداری دمایی تعیین شود.

اندازه‌گیری پارامترهای دی‌الکتریک در دماهای مایع $T_{low}=18^\circ\text{C}\pm 1^\circ\text{C}$ و $T_{high}=25^\circ\text{C}\pm 1^\circ\text{C}$ باید انجام شود و معادلات مربوطه به صورت زیر هستند:

$$\varepsilon_{\text{temp_liquid uncertainty}} [\%] = 100 \times \left| \frac{2 \times [\varepsilon_r(T_{\text{high}}) - \varepsilon_r(T_{\text{low}})]}{\varepsilon_r(T_{\text{high}}) + \varepsilon_r(T_{\text{low}})} \times \frac{2^\circ \text{C}}{T_{\text{high}} - T_{\text{low}}} \right|$$

$$\sigma_{\text{temp_liquid uncertainty}} [\%] = 100 \times \left| \frac{2 \times [\sigma(T_{\text{high}}) - \sigma(T_{\text{low}})]}{\sigma(T_{\text{high}}) + \sigma(T_{\text{low}})} \times \frac{2^\circ \text{C}}{T_{\text{high}} - T_{\text{low}}} \right|$$

که در آن

$\varepsilon_{\text{temp_liquid uncertainty}}$ عدم قطعیت دما برای گذردهی مایع بر حسب درصد است؛

$\sigma_{\text{temp_liquid uncertainty}}$ عدم قطعیت دما برای رسانایی ویژه مایع بر حسب درصد است؛

$\varepsilon_r(T_{\text{high}})$ گذردهی نسبی در دمای T_{high} است؛

$\varepsilon_r(T_{\text{low}})$ گذردهی نسبی در دمای T_{low} است؛

$\sigma(T_{\text{high}})$ رسانایی ویژه در دمای T_{high} است؛

$\sigma(T_{\text{low}})$ رسانایی ویژه در دمای T_{low} است؛

T_{high} بیشترین دما بر حسب $^\circ\text{C}$ که در آن مشخصه‌های دی‌الکتریک اندازه‌گیری شده است؛

T_{low} کمترین دما بر حسب $^\circ\text{C}$ که در آن مشخصه‌های دی‌الکتریک اندازه‌گیری شده است؛

این معادلات را می‌توان برای به دست آوردن عدم قطعیت دما برای یک مایع خاص استفاده کرد. عدم قطعیت T_{high} و T_{low} باید کم‌تر از 0.1°C باشند.

مقادیر $\varepsilon_{\text{temp_liquid uncertainty}}$ و $\sigma_{\text{temp_liquid uncertainty}}$ درون ستون c از سطرهای مناسب در جداول ۵، ۶ و ۷ وارد شده است. مقادیر محاسبه‌شده برای بعضی از دستور تهیه در پیوست خ I فراهم شده‌اند. توزیع احتمال برای عدم قطعیت دمای مایع در جداول ۵، ۶ و ۷ به صورت مستطیلی فرض شده است. ضرایب حساسیت عدم قطعیت دمای مایع برابر c_ε برای گذردهی الکتریکی و c_σ برای رسانایی ویژه است. این مقدار توسط روشی که در زیربند ۷-۲-۴-۳ شرح داده شده است، به دست می‌آید.

۷-۲-۴-۵ اختلالات محیط

عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری ممکن است زمانی که سیگنال‌های محیطی RF ناخواسته در حین آزمون SAR وجود داشته باشند، رخ دهند. سطح RF محیط با انجام اندازه‌گیری‌های SAR با استفاده از چیدمان تجهیزات یکسان همان‌طور که برای آزمون DUT استفاده می‌شد ارزیابی می‌شوند، ولی این بار باید توان RF خاموش باشد. اگر آزمایشگاه بتواند اثبات کند که هر منبع RF، بر روی اندازه‌گیری بیشینه‌ی یک گرم SAR به میزان کمتر از 0.12 w/kg تاثیر دارد، قبل از هر آزمون SAR می‌توان نوفه محیطی RF را بررسی نکرد.

زیربند ۱-۵ الزام دارد که هر یک از نوفه‌های محیطی RF و اثرات پراکنده‌گر RF از 0.3% کمترین محدوده تشخیص سامانه کمتر باشد. پیکربندی آزمون که در پیوست ب شرح داده شده است برای تعیین اثرات انعکاس‌ها از اجسام نزدیک محل آزمون استفاده می‌شود. همچنین، نوفه محیطی RF در حالی که تمام منابع RF محلی خاموش باشند، با اجرای اندازه‌گیری SAR ارزیابی شوند. برای این که نسبت سیگنال به نوفه کافی برای برآورده کردن میزان 100 mW/kg برای گستره پویایی کوچک توصیه‌شده در این آزمایش فراهم آید، اثرات انعکاس‌های RF و میدان‌های محیطی باید مقدار کمتر از 0.12 w/kg را برای بیشینه یک گرم SAR نتیجه دهند که این عدد برابر است با ۳ درصد از 0.4 w/kg عدم قطعیت SAR باید در سطر مربوطه از جدول ۵ برای اثرات میدان محیطی (به مثال [۳۲] نگاه کنید) و همچنین می‌توان توزیع احتمال را مستطیلی فرض کرد.

هنگامی که اندازه‌گیری SAR در محیط کنترل‌شده مانند اتاقک بی‌پژواک انجام شود، اثرات محیطی RF باید سالی یک‌بار یا بیشتر ارزیابی شوند. زمانی که اندازه‌گیری SAR در محیط کنترل‌شده انجام نشود یا اگر تغییر شرایط محیطی RF تضمین کند که منابعی غیرمتناوب با خروجی بالا حین اندازه‌گیری SAR در محیط کنترل‌نشده وجود دارد (برای مثال واکی-تاک)، اثرات محیطی RF باید به‌صورت متناوب تکرار شود و برای مثال هر ۴ ماه یک‌بار معین شود.

منطق ارزیابی RF در محیط‌های کنترل‌نشده این است که با فرض ماهیت میدان نزدیک اندازه‌گیری SAR اگر بتوان اثبات کرد که منابع RF به اندازه کافی از مکان سامانه اندازه‌گیری SAR دور هستند، حتی اگر سامانه‌های اندازه‌گیری در یک محیط غیرکنترل‌شده باشد، هیچ دلیلی برای تعیین سهم این قسمت از عدم‌قطعیت قبل از اندازه‌گیری SAR وجود ندارد. منطق فاصله زمانی کالیبره کردن شرح داده شده در استاندارد ISO 10012:2003 برای سنجش تناوب ارزیابی اثرات نوفه محیطی RF بر روی اندازه‌گیری SAR توصیه می‌شود.

۵-۲-۷ قسمت مربوط به پساپردازش

۱-۵-۲-۷ عمومی

این زیربند عدم‌قطعیتی که از پساپردازش داده‌های اندازه‌گیری‌شده گسسته برای تعیین اوج متوسط فضایی SAR در حالت‌های یک گرم و ده گرم نتیجه می‌شود را شرح می‌دهد که همان عدم‌قطعیت ترکیب‌شده از الگوریتم درون‌یابی، برون‌یابی، میانگین‌گیری و بیشینه‌یابی است. این الگوریتم‌ها می‌توانند منجر به اضافه شدن عدم‌قطعیت ناشی از فرض کلی درباره رفتار میدان شده و بنابراین ممکن است نتوانند به‌طور کامل توزیع میدان الکتریکی را در مایع هم‌ارز بافت برای یک DUT خاص پیش‌بینی کنند. عدم‌قطعیت الگوریتم تابع تفکیک‌پذیری انتخاب‌شده برای روش اندازه‌گیری و پساپردازش استفاده شده در پویش منطقه‌ای و دقیق است.

توزیع SAR واقعی در محل اوج به‌شدت به بسامد کاری و طراحی DUT، موقعیت آزمون و مجاورت مایع هم‌ارز بافت بستگی دارد. هنگامی که یک منبع بسامد پایین در فاصله دوری قرار داشته باشد توزیع SAR می‌تواند دارای شیب خیلی ملایمی بوده یا ممکن است زمانی که یک منبع بسامد بالا مانند آنتن‌های هلیکس در نزدیکی بافت قرار داده شود دارای شیب تندی باشند. در بعضی از موارد SAR بیشینه بر روی سطح پیکر به دلیل صفر شدن برآیند میدان‌های مغناطیسی بر روی سطح پیکر وجود ندارد.

توابع تحلیلی توزیع SAR نشان داده شده در زیر، این حالات را شبیه‌سازی کرده و به‌منظور تخمین این نوع از عدم‌قطعیت بسط داده شده‌اند. این توابع مرجع برای ایجاد مجموعه داده‌های SAR مصنوعی یا ساختگی برای آزمون رویه‌های فرعی پساپردازش نرم‌افزاری سامانه استفاده می‌شوند. مقادیر توابع مرجع محاسبه‌شده در فواصل شبکه‌بندی شده، همان‌طور که در اندازه‌گیری‌ها استفاده می‌شود، به‌عنوان ورودی‌های نرم‌افزار سامانه هستند. مقادیر SAR در نقاط شبکه مشابه شبکه‌های اندازه‌گیری پویش دقیق و پویش منطقه‌ای مطابق سه توزیع SAR داده شده در زیربند ۲-۵-۲-۷ محاسبه شده و توسط الگوریتم‌های درون‌یابی، برون‌یابی و انتگرال‌گیری سامانه، پردازش می‌شوند و مقادیر نتیجه‌شده برای SAR 1 g و 10 g با مقادیر فهرست‌شده در مرجع زیربند ۲-۵-۲-۷-

۲، مقایسه شده‌اند. رویه ارزیابی عدم قطعیت SAR برای الگوریتم‌های پساپردازش پویا دقیق و پویا منطقه-ای در زیربند ۲-۷-۳-۵ شرح داده شده است. توابع آزمون، واسط مایع هم‌ارز بافت و پیکر را مسطح فرض می‌کند.

در این مفهوم عدم قطعیت، فرض بر آن است که مکان نقاط شبکه که با توابع توزیع تحلیلی محاسبه شده است عاری از خطا است و عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری و موقعیت‌یابی پروب در نظر گرفته نشده است.

۲-۵-۲-۷ توابع آزمون جهت ارزیابی

برای بیان گستره ممکن از توزیع SAR مورد انتظار برای DUT‌های آزمون شده، طبق رویه این استاندارد، سه تابع تحلیلی f_1 ، f_2 و f_3 [۸۲] مورد استفاده قرار گرفته‌اند. تابع f_1 برای محدوده بسامدی 30Hz الی 3000MHz بر پایه ارزیابی آثار از ادوات بی‌سیم واقعی به دست آمده است. [۱۸] دو مجموعه پارامترها برای f_1 طوری داده شده است که توزیع SAR می‌تواند با یک یا دو بیشینه ارزیابی شود. تابع f_2 برای به دست آوردن شرایط قرارگیری در معرض پرتو با حذف میدان H در سطح پیکر یا سطح مایع هم‌ارز بافت مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای به دست آوردن تضعیف برای گستره بسامدی بیش‌تر از 3GHz ، تابع f_3 اضافه شده است. از آنجایی که ممکن است نوفه، برون‌یابی را در این بسامدها تحت تاثیر قرار دهد، جمله‌ی نویز نیز در معادلات گنجانده شده است. تابع توزیع برای سطح پیکر در $z=0$ برای سطح بیشینه و نیم‌فضای $z>0$ برای مایع هم‌ارز بافت تعریف می‌شود.

$$f_1(x, y, z) = A_{1\varepsilon} - \left(\frac{(x' + x_d/2)^2}{2\sigma_{xpeak}^2} \right)_\varepsilon - \frac{y'^2}{2\sigma_{ypeak}^2 \varepsilon - \frac{z}{a}} + A_{2\varepsilon} - \left(\frac{(x' - x_d/2)^2}{2\sigma_{xsec}^2} \right)_\varepsilon - y'^2 / 2\sigma_{ysec}^2 \varepsilon - z/a$$

که در آن

$$\sigma_{xpeak} = \begin{cases} \sigma_{xpp}, x' \geq -x_d/2 \\ \sigma_{xpn}, x' < -x_d/2 \end{cases} \quad \sigma_{xsec} = \begin{cases} \sigma_{xsp}, x' \geq x_d/2 \\ \sigma_{xsn}, x' < x_d/2 \end{cases}$$

$$\sigma_{ypeak} = \begin{cases} \sigma_{ypp}, y' \geq 0 \\ \sigma_{ypn}, y' < 0 \end{cases} \quad \sigma_{ysec} = \begin{cases} \sigma_{ysp}, y' \geq 0 \\ \sigma_{ysn}, y' < 0 \end{cases}$$

$$f_2(x, y, z) = Ae^{-\frac{z}{a}} \frac{a^2}{a^2 + x'^2} \left(3 - e^{-\frac{2z}{a}} \right) \cos^2 \left(\frac{\pi y'}{2 \cdot 3a} \right)$$

$$f_3(x, y, z) = A \left(e^{\frac{-(x'^2 + y'^2)}{2 \left(\frac{a}{4}\right)^2}} \right) \left(e^{\frac{Bz}{a}} \right) + 0.4 \times \left[\frac{N_{rms}}{A} \times rnd(\zeta) \right]$$

که در آن x ، y و z مختصات فضایی هستند.

$$x' = x + d \text{ (in mm)}$$

$$y' = y + d \text{ (in mm)}$$

فاصله بین بیشینه‌های SAR برای دو حالت بیشینه (جدول ۳ را ببینید).

پارامتر آفت d

20 mm a

1 W/kg A

N_{rms} مقدار اندازه نوفه سامانه برحسب W/kg در داخل مایعات در غیاب سیگنال RF است. این پارامتر به سامانه وابسته بوده و نوفه محاسبه شده درون مایع را در غیاب سیگنال RF مطابق زیربند ۷-۲-۴-۵ بیان می‌کند. برای ارزیابی تابع مرجع f_3 مقدار 0.1 W/kg باید برای N_{rms} استفاده شود.

$Rnd(\zeta)$ تابعی است که مقادیر تصادفی توزیع نرمال را با انحراف معیار ۱ برمی‌گرداند. در کاربردهای ریاضی معمول توابع مناسبی در دسترس هستند. متغیر ζ یک نقطه دلخواه می‌باشد. تابع $Rnd(\zeta)$ باید برای هر نقطه از شبکه اندازه‌گیری مقدار سنجی شود.

پارامترهای a و A هیچ تعریف فیزیکی مشخصی جز برای ایجاد توزیع مناسب SAR ندارند.

پارامترهای تابع f_1 براساس ارزیابی گوشه‌های مختلف در بسامد 1950 MHz انتخاب شده‌اند. این مقادیر در جدول ۳ داده شده‌اند.

جدول شماره ۳- پارامترها برای تابع مرجع f_1

| σ_{ysn} mm | σ_{xsn} mm | σ_{ypn} mm | σ_{xpn} mm | σ_{yxp} mm | σ_{xsp} mm | σ_{ypp} mm | σ_{xpp} mm | x_d mm | a mm | A_2 W/kg | A_1 W/kg | تعداد بیشینه‌ها |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|-----------|---------------|---------------|--------------------|
| n.a. | n.a. | ۱۷,۲ | ۲۱,۹ | n.a. | n.a. | ۱۵,۵ | ۱۹,۶ | n.a. | ۱۱,۹ | ۰,۰ | ۱,۲ | ۱ |
| ۲۴,۲ | ۱۷,۹ | ۱۵,۵ | ۲۲,۰ | ۱۹,۶ | ۱۹,۴ | ۱۹,۷ | ۲۲,۶ | ۶۰,۴۷ | ۱۱,۹ | ۱,۰ | ۱,۲ | ۲ |

مقدار $d = 2.5 \text{ mm}$ برای مثال یک جابجایی جانبی از توزیع SAR ایجاد می‌کند بنابراین نقطه بیشینه با شبکه اندازه‌گیری با گام‌های افزایش 5 mm در یک ردیف قرار نمی‌گیرد. این مقدار جابجایی برای آزمون زیررویه‌های جستجوی بیشینه و عدم قطعیت نرم‌افزار استفاده می‌شوند. مقدار مرجع SAR برای توابع توزیع f_1 و f_2 و f_3 برای مکعب‌های $1g$ و $10g$ و منطبق شده با محورهای مختصات x, y, z در جدول ۴ داده شده‌اند. زمانیکه تابع f_1 در نظر گرفته شود، بیش‌ترین انحراف از مقادیر مرجعی که از در نظر گرفتن یک حالت بیشینه و دو حالت بیشینه به دست آمده‌اند، برای پس‌پردازش محاسبه‌ی عدم قطعیت مقادیر مرجع باید استفاده شوند. زیربندهای زیر برای آزمون دیگر توابع پردازش داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول شماره ۴- مقادیر R SA مرجع بر حسب وات بر کیلوگرم استفاده شده برای تخمین عدم قطعیت های
پس پردازشی

| مورد بیشینه | مقادیر SAR مرجع W/kg | | تابع |
|--|---------------------------|---------|-------|
| | مکعب ۱۰g | مکعب ۱g | |
| یک بیشینه | ۰٫۴۹۴ | ۰٫۷۹۱ | F_1 |
| دو بیشینه، مکعب روی بیشینه اولیه قرار دارد. | ۰٫۵۰۳ | ۰٫۷۹۶ | F_1 |
| دو بیشینه، مکعب روی بیشینه ثانویه قرار دارد. | ۰٫۴۳۸ | ۰٫۶۸۶ | F_1 |
| | ۱٫۳۷۵ | ۱٫۷۹۶ | F_2 |
| | ۰٫۰۲۶۸ | ۰٫۱۵۷ | F_3 |

۳-۵-۲-۷ ارزیابی عدم قطعیت الگوریتم پردازش داده ها

۱-۳-۵-۲-۷ ارزیابی پوش منطقه ای تخمینی

پیش شرط ارزیابی اوج متوسط فضایی SAR با عدم قطعیت داده شده آن است که مکانی که در معرض بیشترین میدان قرار دارد بتواند از داده های پوش منطقه ای با دقتی که اوج متوسط فضایی SAR محصور شده باشد در حجم پوش دقیق به دست آید. به بیان دیگر الگوریتم درون یابی پوش منطقه ای باید بتواند بیشینه SAR را با دقت $\pm L_z/2$ mm یا بهتر مکان یابی کند که L_z طول جانبی حجم پوش دقیق است. اگر این پیش شرط مطابق روش این زیربند آزمون شد، در این صورت ارزیابی پوش منطقه ای سهمی در برآورد عدم قطعیت ندارد. مقادیر محاسبه شده ی تابع مرجع در نقاط معمول شبکه پوش منطقه ای ورودی های نرم افزار سامانه هستند. الگوریتم های درون یابی با این داده ها مانند حالتی که برای کامل کردن پوش منطقه ای و تعیین مکان بیشینه SAR (x_{eval}, y_{eval}) اندازه گیری شده اند، رفتار می کند. این مقدار با مکان بیشینه واقعی که توسط توابع تحلیلی در نقاط $(x_{ref}, y_{ref}) = (-2.5, -2.5)$ mm تعریف شده اند، مقایسه می شوند. (زمانی که $d = +25$ mm) نمایه های پایین eval و ref به ترتیب به مقادیر ارزیابی شده و مقادیر مرجع اشاره دارند. به بیان دیگر نامساوی های زیر باید برآورده شوند.

$$mm |x_{ref} - x_{eval}| \leq L_z/2$$

$$mm |y_{ref} - y_{eval}| \leq L_z/2$$

توانایی پوش منطقه ای دو بعدی برای مکان یابی درست بیشینه SAR به تفکیک پذیری فضایی $(\Delta x, \Delta y)$ شبکه *area scan*، تفکیک پذیری فضایی $(\Delta x_i, \Delta y_i)$ مقادیر درون یابی شده و نوع توابع درون یابی استفاده شده $[g_i(x), g_i(y)]$ بستگی دارد. همچنین به مکان شبکه ارزیابی نسبت به مکان بیشینه واقعی (x_{ref}, y_{ref}) و تعداد نقاط ارزیابی استفاده شده (N_x, N_y) نیز وابسته است. رویه زیر باید برای برآورد عدم قطعیت الگوریتم های درون یابی استفاده شده در *area scan* برای تعیین مکان بیشینه SAR به کار رود.

الف- تفکیک پذیری اندازه گیری $(\Delta x, \Delta y)$ و تعداد نقاط ارزیابی را (در ارتباط با اندازه گیری) (N_x, N_y) را انتخاب کنید. نقطه مرکزی $area\ scan$ باید به صورت $(x_0, y_0) = (0, 0)$ تنظیم شود.

ب- مقادیر SAR با استفاده از توابع f_1 و f_2 و f_3 در ارزیابی پویش منطقه ای نقاط شبکه در گستره زیر محاسبه می شوند.

$$x_0 - \Delta x \times [(N_x - 1)/2] \leq x \leq x_0 + \Delta x \times [(N_x - 1)/2]$$

$$y_0 - \Delta y \times [(N_y - 1)/2] \leq y \leq y_0 + \Delta y \times [(N_y - 1)/2]$$

که در آن N_x و N_y اعداد صحیح فرد فرض شده اند. مقدار $Z=0$ به این خاطر فرض شده است که مکان بیشینه برای این سه تابع مستقل از Z است.

پ- مقادیر SAR محاسبه شده توسط سه تابع توزیع به کمک سامانه اندازه گیری SAR با وضوح تفکیک پذیری فضایی $(\Delta x_i, \Delta y_i)$ مطابق توابع درون یاب $[gi(x), gi(y)]$ مورد استفاده توسط سامانه برای تعیین مکان بیشینه SAR (x_{eval}, y_{eval}) درون یابی شده است. اگر سامانه اندازه گیری، مقادیر SAR را به عنوان ورودی برای انجام ارزیابی نپذیرفت، باید الگوریتم یکسانی توسط ابزار دیگر جهت تعیین درون یابی و عدم قطعیت جستجوی بیشینه به طور مستقل اجرا شود.

ت- مکان بیشینه SAR که توسط الگوریتم درون یابی تعیین شد باید در نامساوی های زیر صدق کند:

$$mm|x_{ref} - x_{eval}| \leq L_z/2$$

$$mm|y_{ref} - y_{eval}| \leq L_z/2$$

در غیر این صورت سامانه های اندازه گیری و پردازش داده ها باید یک تفکیک پذیری ریزتر و/یا تعداد نقاط درون یابی بیش تری را برای تکرار ارزیابی از مرحله b استفاده کند.

ث- مرکز پویش منطقه ای (x_0, y_0) باید به اندازه گام های یک میلی متر به داخل گستره $0 < x_0 \leq \Delta x/2$ و

$0 < y_0 \leq \Delta y/2$ انتقال یابد تا عملیات ارزیابی برای هر یک از (x_0, y_0) های انتقال یافته در این محدوده ها از

مرحله b تکرار شوند.

۲-۳-۵-۲-۷ ارزیابی پویش دقیق

پویش دقیق توسط مقایسه بیش ترین مقادیر SAR g ۱ و g ۱۰ با مقادیر مرجع SAR در زیربند ۲-۵-۲-۷ ارزیابی می شود. از روش اجرایی $area\ scan$ در زیربند ۱-۳-۵-۲-۷ مکان بیشینه صحیح (x_{ref}, y_{ref}) از مکان بیشینه تخمین زده شده (x_{eval}, y_{eval}) با مقادیر داده شده در نامساوی های زیر جابجا خواهد شد:

$$mm|x_{ref} - x_{eval}| \leq L_z/2$$

$$mm|y_{ref} - y_{eval}| \leq L_z/2$$

این جابجایی با گنجاندن از فاصله d در توابع مرجع f_1 و f_2 و f_3 تعریف شده در زیربند ۲-۵-۲-۷ در نظر گرفته شده است. از آنجایی که این جابجایی در عمل تغییر می کند مقدار d باید در محدوده زیر تغییر کند:

$$|d| \leq (L_z - L_c)/2$$

که در آن L_c طول ضلع جانبی مکعب (۱۰ mm برای ۱g و ۲۱/۵ mm برای ۱۰g) است برای هر یک از فواصل d ، بیشترین مقدار عدم قطعیت تولید شده توسط هر یک از سه تابع ثبت می‌شود. ریشه میانگین مربعات بیشترین مقدار عدم قطعیت برای چندین فاصله d به عنوان عدم قطعیت ناشی از برون‌یابی، درون‌یابی و انتگرال-گیری وارد می‌شود.

یادآوری - اگرچه الزامات *area scan* این است که بیشینه محلی SAR در گستره قرار گیرد، محدوده کوچک‌تری از $|d| \leq (L_z - L_c)/2$ در این‌جا برای اطمینان از این‌که مکعب ۱g یا ۱۰g در اولین تلاش می‌تواند محاسبه شوند، استفاده می‌شود. برای مقادیر $(L_z - L_c)/2 < |d| \leq L_z/2$ ، نرم‌افزار اندازه‌گیری باید هشدار دهد که مکعب ۱g یا ۱۰g به دست نیامده باشند و اندازه‌گیری باید دوباره انجام گیرد. این عمل بر روی عدم قطعیت تاثیر ندارد، بنابراین لازم نیست که این مورد را در این‌جا در نظر بگیریم.

الف- یک مقدار جابجایی d را برای ارزیابی توابع f_1 و f_2 و f_3 انتخاب کنید. d باید از $(L_z - L_c)/2$ تا $(L_z - L_c)/2$ با فواصل نمو کوچک (برای مثال گام‌های ۱ mm) تغییر کند. همچنین d باید به صورت جداگانه در جهت‌های x و y تغییر کند.

ب- مقادیر SAR مطابق توابع f_1 و f_2 و f_3 در نقاط شبکه ارزیابی، محاسبه می‌شود که مربوط به نقاط اندازه‌گیری شده حجم پویش دقیق هستند. مرکز حجم پویش دقیق باید در مکان زیر قرار گیرد.

$$(x, y, z) = (0, 0, L_h/2 + zd)$$

که در آن

L_h ارتفاع حجم پویش دقیق و

Z_d نزدیک‌ترین نقطه اندازه‌گیری به سطح داخلی است.

پ- مقادیر SAR محاسبه شده توسط نرم‌افزار سامانه به یک سطح پیکر در $Z=0$ برای به دست آوردن نقاط اضافی در حجم پویش دقیق که به خاطر محدودیت‌های پراب قابل اندازه‌گیری نیستند، برون‌یابی می‌شوند. هر دو مقدار اندازه‌گیری شده و برون‌یابی شده توسط نرم‌افزار سامانه با تفکیک‌پذیری ریزتر درون‌یابی می‌شوند که متعاقباً الگوریتم انتگرال‌گیری را به مانند الگوریتم جستجو برای یافتن اوج متوسط فضایی SAR درون حجم پویش دقیق برای تعیین بیشترین مقدار SAR ۱g و ۱۰g روش‌های دیگری نیز امکان‌پذیر است. اگر سامانه مقادیر ورودی SAR را برای انجام ارزیابی‌ها نپذیرفت الگوریتم همانندی باید به صورت مستقل توسط ابزار دیگر برای آزمون الگوریتم‌های برون‌یابی، درون‌یابی و انتگرال‌گیری اجرا شود.

ت- مقادیر SAR ۱g و ۱۰g تعیین شده توسط نرم‌افزار سامانه یا نرم‌افزار پردازش داده‌ها (SAR_{eval}) با مقادیر SAR مرجع داده شده در زیربند ۷-۲-۵-۲ مقایسه شده‌اند. انحراف معیار ناشی از نویز تصادفی ($SAR_{stdev}(Nrms)$) با مقدارسنجی f_3 در کمینه ۱۰۰ بار تعیین شده و در هر یک از این ۱۰۰ بار یا بیش‌تر، پارامترهای نویز تصادفی متفاوتی باید مورد استفاده قرار گیرند.

عدم قطعیت SAR برای توابع توزیع f_1 و f_2 توسط معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$SAR_{uncertainty} [\%] = 100 \times \left| \frac{SAR_{eval} - SAR_{ref}}{SAR_{ref}} \right|$$

و عدم قطعیت SAR برای تابع توزیع f_3 توسط معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$SAR_{\text{uncertainty}} [\%] = 100 \times \left| \frac{SAR_{\text{eval}} - SAR_{\text{ref}}}{SAR_{\text{ref}}} \right| + 100\sqrt{3} \times \left| \frac{SAR_{\text{stdev}}(N_{\text{rms}})}{SAR_{\text{stdev}}} \right|$$

ث- بیشترین مقدار عدم قطعیت SAR تخمین زده شده توسط هر یک از سه تابع توزیع، ثبت می‌شوند.

ج- مراحل b تا d را برای دیگر مقادیر جابجایی d تکرار کنید.

چ- مقدار ریشه میانگین مربعات عدم قطعیت‌های محاسبه شده در مرحله d را برای هر یک از جابجایی‌های d بالا محاسبه کنید. این مقدار باید به عنوان عدم قطعیت ناشی از برون‌یابی، درون‌یابی و انتگرال‌گیری در سطر و ستون‌های مربوطه از جدول ۵ با فرض توزیع احتمال مستطیلی وارد شوند.

ح- پارامترهای زیر را که برای تخمین عدم قطعیت پویش دقیق استفاده شده است، ثبت کنید.

- ابعاد شبکه استفاده شده برای نمونه‌گیری از توابع مرجع در قالب تعداد نقاط و گام‌های نمونه‌گیری در سه بعد

- تعداد نقاط درون‌یابی موجود بین دو نقطه آزمون یا تفکیک‌پذیری درون‌یابی در سه جهت برای توابع مرجع

- بعد dB_e از منطقه برون‌یابی که همان فاصله بین محل حس‌گر پراب در اولین نقطه اندازه‌گیری و سطح پیکر است. (نقطه اندازه‌گیری پشت نوک پراب قرار می‌گیرد).

- الگوریتم‌های میانگین‌گیری، درون‌یابی و برون‌یابی استفاده شده

شرایط محاسباتی (به مانند تعداد نقاط شبکه، نمو شبکه و تعداد نقاط درون‌یابی در سه جهت) باید برای تمام توابع یکسان باشند.

۶-۲-۷ رواداری و ورنهاد منبع استاندارد

رواداری‌های الکتریکی و مکانیکی منبع استاندارد برای اعتبارسنجی سامانه، بر روی مقادیر اوج فضایی SAR نتیجه شده تاثیر دارد که از این دست می‌توان به امپدانس و توزیع‌های جریان متفاوت در نقاط تغذیه به صورت تابعی از فاصله، پوسته پیکر، مایع و ... اشاره کرد. ساختار فیزیکی واقعی نیز با مدل عددی که بر اساس آن مقادیر نهایی پایه‌گذاری می‌شوند، متفاوت است. میزان آفست و عدم قطعیت نتیجه شده، می‌تواند توسط ارزیابی‌های نوع A و نوع B تعیین شود. در نوع A ارزیابی‌ها با مایعات، پروب‌ها و سطوح پیکر متفاوتی انجام می‌گیرند. در ارزیابی‌های نوع B لازم است تمام پارامترها به صورت تجربی و یا عددی تعیین شوند.

۳-۷ تخمین عدم قطعیت

۱-۳-۷ عدم قطعیت‌های مرکب و بسط یافته

سهام تمام عناصر عدم قطعیت باید به همراه توضیحات، توزیع احتمال، ضریب حساسیت و مقدار عدم قطعیت هر یک ثبت شوند. در جدول ۵ یک نمونه جدولی توصیه شده نشان داده شده است. عدم قطعیت استاندارد مرکب U_c باید توسط فرمول زیر تخمین زده شوند.

$$U_c = \sqrt{\sum_{i=1}^m C_i^2 \times U_i^2}$$

که در آن

c_i ضریب حساسیت است.

u_c عدم قطعیت استاندارد مرکب است.

u_i عدم قطعیت استاندارد است.

عدم قطعیت بسط یافته U باید با استفاده از سطح اطمینان ۹۵ درصد تخمین زده شود.

۲-۳-۷ پیشینه عدم قطعیت بسط یافته

عدم قطعیت بسط یافته با سطح اطمینان ۹۵ درصد نباید از ۳۰ درصد مقادیر اوج متوسط فضایی SAR در گستره‌ی $0.4 W/kg$ تا $10 W/kg$ بیش تر شود. اگر عدم قطعیت از ۳۰ درصد بیش تر شود، لازم است داده گزارش شده اختلاف درصد بین عدم قطعیت واقعی و ۳۰ درصد مقدار هدف را به حساب آورد. برای مثال روش استاندارد IEC-62311 را مشاهده کنید.

جدول شماره ۵- الگوی ارزیابی عدم قطعیت اندازه گیری برای آزمون SAR نمونه تحت آزمون

| k | i $= c \times g/e$ | h $= c \times f/e$ | g | f | e $= f(d, k)$ | D | C | B | |
|--------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|--------------------|-----------------|-------------------------|---------|--------------------------------------|
| V_i یا V_{eff} | عدم قطعیت استاندارد | عدم قطعیت استاندارد | C_i ۱۰ گرم | C_i ۱ گرم | ضریب | توزیع احتمال | مقدار بازه عدم قطعیت | شرح | منبع عدم قطعیت |
| | | | | | | | | | سامانه اندازه- گیری |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | ۱ | N | | ۷-۲-۲-۱ | عدم قطعیت واسنجی سازی پروب |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۲-۲ | عدم قطعیت همسان گردی پروب |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۲-۳ | عدم قطعیت خطی بودن پروب |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۲-۴ | عدم قطعیت پاسخ مدوله سازی پروب |
| | | | | | | | | ۷-۲-۲-۵ | حدهای حساسیت و آشکار سازی پروب |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۲-۶ | عدم قطعیت اثر مرزی |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | ۱ | N | | ۷-۲-۲-۷ | عدم قطعیت مربوط به |

| | | | | | | | | | |
|----------|-----|-----|------|------|------------|---|--|---------------|---|
| | | | | | | | | | مدارهای الکترونیکی قرائت |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۲-۸ | زمان پاسخ |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۲-۹ | زمان یکپارچه‌سازی |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۴-۵ | اختلال محیط - نوفه |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۴-۵ | اختلال محیط - انعکاس‌ها |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۳-۱ | سامانه‌ی پویش‌گری |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۳-۳ | موقعیت پروب نسبت به سطح پوسته‌ی پیکر |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۵ | پس‌پردازش |
| | | | | | | | | | مرتبط با نمونه آزمون |
| M-1 | | | ۱ | ۱ | ۱ | N | | -۳-۴-۲ ۷-۲ | عدم قطعیت نگهدارنده وسیله |
| M-1 | | | ۱ | ۱ | ۱ | N | | -۳-۴-۳ ۷-۲ | قراردهی نمونه آزمون |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | L-۳ | مقیاس توان |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | -۲-۲-۱۰ ۷ | رانش توان (رانس SAR اندازه‌گیری شده) |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۳-۲ | عدم قطعیت پیکر (رواداری شکل و ضخامت) |
| ∞ | ۱٫۶ | ۱٫۹ | ۰٫۸۴ | ۱ | ۱ | N | | ۷-۲-۴-۳ | الگوریتم اصلاح SAR برای انحراف در گذردهی و رسانایی ویژه |
| M-1 | | | ۰٫۷۱ | ۰٫۷۸ | ۱ | N | | ۷-۲-۴-۳ | رسانایی ویژه مایع (اندازه‌گیری شده) |
| M | | | ۰٫۲۶ | ۰٫۲۳ | ۱ | N | | ۷-۲-۴-۳ | گذردهی الکتریکی مایع (اندازه‌گیری شده) |
| ∞ | | | ۰٫۷۱ | ۰٫۷۸ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۴-۴ | گذردهی |

| | | | | | | | | | |
|----------|--|--|------|------|------------|-----|--|---------|---|
| | | | | | | | | | الکتریکی مایع - عدم قطعیت دما |
| ∞ | | | ۰٫۲۶ | ۰٫۲۳ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۴-۴ | رسانایی ویژه مایع - عدم قطعیت دما |
| | | | | | | RSS | | ۷-۳-۱ | عدم قطعیت استاندارد مرکب |
| | | | | | | | | ۷-۳-۲ | عدم قطعیت گسترده (بازه ۹۵٪ اطمینان) |

جدول شماره ۶- الگوی ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری برای صحنه‌گذاری سامانه

| k | $i = c \times g / e$ | $h = c \times f / e$ | g | $f = f(d, k)$ | e | D | C | B | A |
|--------------------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------|------------|-----------------|-------------------------|---------|---|
| V_i یا V_{eff} | عدم قطعیت استاندارد | عدم قطعیت استاندارد | C_i ۱۰ گرم | C_i ۱ گرم | ضریب | توزیع احتمال | مقدار بازه عدم قطعیت | شرح | منبع عدم قطعیت |
| | | | | | | | | | سامانه اندازه‌گیری |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | ۱ | N | | ۷-۲-۲-۱ | عدم قطعیت واسنجی کردن پروب |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۲-۲ | عدم قطعیت همسانگردی پروب |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۲-۳ | عدم قطعیت خطی - بودن پروب |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۲-۴ | عدم قطعیت پاسخ مدوله‌سازی پروب |
| | | | | | | | | ۷-۲-۲-۵ | حدهای حساسیت و آشکارسازی پروب |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۲-۶ | عدم قطعیت اثر مرزی |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | ۱ | N | | ۷-۲-۲-۷ | عدم قطعیت مربوط به مدارهای الکترونیکی قرائت |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۲-۸ | زمان پاسخ |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۲-۹ | زمان یکپارچه‌سازی |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۴-۵ | اختلال محیط-نوفه |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۴-۵ | اختلال محیط - انعکاس |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۳-۱ | سامانه‌ی پویش‌گری |

| k | $i = c \times g/e$ | $h = c \times f/e$ | g | $f =$ | $e = f(d, k)$ | D | C | B | A |
|--------------------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------|---------------|-----------------|-------------------------|-----------|--|
| V_i یا V_{eff} | عدم قطعیت استاندارد | عدم قطعیت استاندارد | C_i ۱۰ گرم | C_i ۱ گرم | ضریب | توزیع احتمال | مقدار بازه عدم قطعیت | شرح | منبع عدم قطعیت |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۳-۳ | موقعیت پروب نسبت به سطح پوسته‌ی پیکر |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۵ | پساپردازش |
| | | | | | | | | | منبع میدان |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | ۱ | N | | ۷-۲-۶ | انحراف منبع تجربی از منبع عددی |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۳-۴-۳ | فاصله منبع تا مایع |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۲-۱۰ | رانش توان (رانس SAR اندازه‌گیری شده) |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۳-۲ | عدم قطعیت پیکر (رواداری شکل و ضخامت) |
| ∞ | ۱/۶ | ۱/۹ | ۰,۸۴ | ۱ | ۱ | N | ۱/۹ | ۷-۲-۴-۳ | الگوریتم اصلاح SAR برای انحراف در گذردهی و رسانایی ویژه |
| M-1 | | | ۰,۷۱ | ۰,۷۸ | ۱ | N | | ۷-۲-۴-۳ | رسانایی ویژه مایع (اندازه‌گیری شده) |
| M | | | ۰,۲۶ | ۰,۲۳ | ۱ | N | | ۷-۲-۴-۳ | گذردهی الکتریکی مایع (اندازه‌گیری شده) |
| ∞ | | | ۰,۷۱ | ۰,۷۸ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۴-۴ | گذردهی الکتریکی مایع- عدم قطعیت دما |
| ∞ | | | ۰,۲۶ | ۰,۲۳ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۴-۴ | رسانایی ویژه مایع- عدم قطعیت دما |
| | | | | | | RSS | | ۷-۳-۱ | عدم قطعیت استاندارد مرکب |
| | | | | | | | | ۷-۳-۲ | عدم قطعیت گسترده (بازه ۹۵٪ اطمینان) |

جدول شماره ۷- الگوی ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری برای تکرارپذیری آزمون

| k | $i = c \times g/e$ | $h = c \times f/e$ | g | $f = f(d, k)$ | e | D | C | B | A |
|--------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|-------------------|------------|-----------------|-------------------------|-----------|---|
| V_i یا V_{eff} | عدم قطعیت استاندارد | عدم قطعیت استاندارد | C_i ۱۰ گرم | C_i ۱ گرم | ضریب | توزیع احتمال | مقدار بازه عدم قطعیت | شرح | منبع عدم قطعیت |
| | | | | | | | | | سامانه اندازه‌گیری |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۲-۴ | عدم قطعیت پاسخ مدوله‌سازی پروب |
| | | | | | | | | ۷-۲-۲-۵ | حدهای حساسیت و آشد کارسازی پروب |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۲-۶ | عدم قطعیت اثر مرزی |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | ۱ | N | | ۷-۲-۲-۷ | عدم قطعیت مربوط به مدارهای الکترونیکی قرائت |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۲-۸ | زمان پاسخ |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۲-۹ | زمان یکپارچه‌سازی |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۴-۵ | اختلال محیط - نوفه |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۴-۵ | اختلال محیط - انعکاس‌ها |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۳-۱ | سامانه‌ی پوشش‌گری |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۳-۳ | موقعیت پروب نسبت به سطح پوسته‌ی پیکر |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۵ | پساپردازش |
| | | | | | | | | | منبع میدان |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | ۱ | N | | ۷-۲-۶ | انحراف منبع تجربی از منبع عددی |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۳-۴-۳ | فاصله منبع تا مایع |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۲-۱۰ | رانش توان (رانش SAR اندازه‌گیری شده) |
| | | | | | | | | | پیکر و چیدمان |
| ∞ | | | ۱ | ۱ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۳-۲ | عدم قطعیت پیکر (رواداری شکل و ضخامت) |
| ∞ | ۱/۶ | ۱/۹ | ۰.۸۴ | ۱ | ۱ | N | ۱/۹ | ۷-۲-۴-۳ | الگوریتم اصلاح SAR برای انحراف در |

| k | $i = c \times g/e$ | $h = c \times f/e$ | g | $f = f(d, k)$ | e | D | C | B | A |
|--------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|-------------------|------------|-----------------|-------------------------|---------|---|
| V_i یا V_{eff} | عدم قطعیت استاندارد | عدم قطعیت استاندارد | C_i ۱۰ گرم | C_i ۱ گرم | ضریب | توزیع احتمال | مقدار بازه عدم قطعیت | شرح | منبع عدم قطعیت |
| | | | | | | | | | گذردهی و رسانایی ویژه |
| M-1 | | | ۰,۷۱ | ۰,۷۸ | ۱ | N | | ۷-۲-۴-۳ | رسانایی ویژه مایع (اندازه گیری شده) |
| M | | | ۰,۲۶ | ۰,۲۳ | ۱ | N | | ۷-۲-۴-۳ | گذردهی الکتریکی مایع (اندازه گیری شده) |
| ∞ | | | ۰,۷۱ | ۰,۷۸ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۴-۴ | گذردهی الکتریکی مایع - عدم قطعیت دما |
| ∞ | | | ۰,۲۶ | ۰,۲۳ | $\sqrt{3}$ | R | | ۷-۲-۴-۴ | رسانایی ویژه مایع - عدم قطعیت دما |
| | | | | | | RSS | | ۷-۳-۱ | عدم قطعیت استاندارد مرکب |
| | | | | | | | | ۷-۳-۲ | عدم قطعیت گسترده (بازه ۹۵٪ اطمینان) |

نکات جداول ۵ الی ۷

یادآوری ۱- عناوین ستون‌های الف تا ذ به‌عنوان مرجع داده شده‌اند.

یادآوری ۲- اختصارات استفاده شده در جدول ۵:

N, R و U : به ترتیب توزیع‌های احتمال نرمال، مستطیلی و u شکل Div : مقسوم علیه استفاده شده برای به‌دست آوردن عدم‌قطعیت استاندارد

یادآوری ۳- مولفه‌های عدم‌قطعیت اشاره‌شده در این جدول بر پایه روش اجرایی آزمون و پروتکل‌های تدوین‌شده برای این استاندارد است. در صورت تغییر پروتکل‌ها و روش‌های اجرایی آزمون، ممکن است از دیگر مولفه‌های عدم‌قطعیت، مثلاً پارامترهای تعریف‌شده برای آزمون پیکربندی‌های دیگر پیکر و موقعیت‌های مختلف دستگاه‌ها، استفاده شود.

یادآوری ۴- مقسوم علیه تابعی از توزیع احتمال و درجه آزادی (v_i, v_{eff}) است.

یادآوری ۵- C_i ضریب حساسیت است که برای تبدیل تغییرپذیری مولفه‌های عدم‌قطعیت به تغییرپذیری SAR باید اعمال شود.

یادآوری ۶- برای مبحث درجه‌های آزادی (v_i) مربوط به عدم‌قطعیت استاندارد و درجه‌های آزادی موثر (v_{eff}) مربوط به عدم‌قطعیت بسط‌یافته، به زیربند ۷-۱-۳ رجوع کنید.

یادآوری ۷- M در ستون v_i نشانگر تعداد دفعات آزمون است.

یادآوری ۸- بعضی از مقادیر موثر عدم‌قطعیت، ممکن است از مشخصات عملکردی داده شده توسط سازنده تجهیزات تخمین زده شوند؛ ممکن است لازم باشد عدم‌قطعیت مولفه‌های مشخص دیگر که آزمون به آزمون تغییر می‌کنند برای هر اندازه‌گیری تخمین زده شود.

یادآوری ۹- تمام کمیت‌های تاثیرگذار در این الگو، برای آزمون اعتبارسنجی سامانه کاربرد دارند، به‌جز سه مورد در گروه مرتبط با نمونه آزمون که با گروه دوقطبی جانشین می‌شود و شامل کمیت‌های تاثیرگذار به شرح زیر است:

فاصله مایع تا محور دوقطبی، رانش SAR و توان ورودی

یادآوری ۱۰- همان‌طور که در راهنمای ISO/IEC 99:2007 اشاره شده است، شرط تکرارپذیری اندازه‌گیری در اینجا به‌عنوان «شرط اندازه‌گیری، خارج از مجموعه شرایطی که شامل رویه‌های یکسان اندازه‌گیری، عمل‌گرهای یکسان، سامانه اندازه‌گیری یکسان، شرایط عملکرد یکسان، مکان یکسان و اندازه‌گیری مجدد بر روی اشیای یکسان یا مشابه در مدت زمان کوتاهی» تعریف شده است. در نتیجه به‌طور ضمنی تاکید می‌کند که جنبه‌ی کلیدی تکرارپذیری آزمون فقط شامل شرایط و مولفه‌های آزمون داخل یک آزمایشگاه مشخص است. در این متن، آنتن دو قطبی استفاده شده برای آزمون‌های تکرارپذیری سامانه، جزء سامانه اندازه‌گیری به حساب نمی‌آید.

۸ گزارش اندازه‌گیری

۱-۸ عمومی

تمام نتایج آزمون باید در گزارش اندازه‌گیری ثبت شده و تمام اطلاعات لازم برای تفسیر چیدمان DUT آزمون‌شده و واسنجی کردن‌های انجام شده و تمام اطلاعات لازم برای روش‌ها و ابزار استفاده شده را شامل شود. این قسمت کمینه الزامات لازم برای شامل شدن در گزارش اندازه‌گیری را بیان می‌کند، رهنمودهای بیش‌تر در مورد مفاد لازم برای گزارش اندازه‌گیری را می‌توان در زیربند ۱۰-۵ از استاندارد ملی به شماره: ۱۷۰۲۵ سال: ۱۳۹۲ پیدا کرد. گزارش آزمونی که با استاندارد ملی به شماره: ۱۷۰۲۵ سال: ۱۳۹۲ منطبق بوده و کمینه، بندهای فهرست‌شده زیر را شامل شود، تطابق با این استاندارد را نشان می‌دهد.

۲-۸ بندهایی که باید در گزارش اندازه‌گیری ثبت شوند

تمام اطلاعات مورد نیاز برای انجام آزمون‌های تکرارپذیر، محاسبات یا اندازه‌گیری‌ها که نتایج داخل محدوده عدم قطعیت و واسنجی شده را به دست می‌دهند، باید ثبت شوند. گزارش آزمون باید موارد زیر را شامل شود:

الف- مقدمه کلی

- ۱- شناسایی آزمایشگاه آزمون
- ۲- شناسایی DUT که شامل شماره‌های وارسی سخت‌افزار و نرم‌افزار، شماره سریال مانند (شناسه بین‌المللی تجهیزات سیار)^۱
- ۳- الزامات انطباق مانند توصیه‌نامه‌ها، رهنمودها، استانداردهای آزمون و غیره
- ۴- حدود قابل اجرا برای قرارگرفتن در معرض میدان مانند ICNIRP، IEEE/ICES، سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی و غیره
- ۵- فهرستی از اعتبارنامه‌های تهیه‌شده توسط مراجع ملی یا بین‌المللی برای انجام آزمون استانداردهای فهرست‌شده در بالا. این گزینه باید تاریخ انقضا را شامل شود.

ب- سامانه اندازه‌گیری

- ۱- تشریح اجزا اصلی سامانه اندازه‌گیری مانند موقعیت‌یاب، پروب، مایع و غیره
- ۲- داده‌های کالیبراسیون برای مولفه‌های مرتبط
- ۳- تشریح طرح‌های استفاده‌شده برای درون‌یابی/برون‌یابی
- ۴- مایعات استفاده‌شده و مشخصات آن‌ها
- ۵- نتایج بررسی سامانه

پ- تخمین عدم قطعیت

- ۱- شامل شدن مقادیر عدم قطعیت از جدول ۵
- ۲- مولفه‌ها مرتبط دیگر

ت- جزئیات آزمون و دستگاه

- ۱- توصیف ضریب شکلی DUT و یک توصیف خلاصه از توابع در نظر گرفته شده آن
- ۲- توصیف موقعیت‌ها و وضعیت‌های آزمون و منطق کاهش آزمون که شامل (هر وقت مطابق با زیربند ۶-۱-۴-۲ مناسب باشد) توجیه تعاریف فاصله‌ها مبتنی بر ارتباط فیزیکی بین دستگاه و سطح پیکر می‌شود.
- ۳- توصیف آنتن(های) موجود و آزمایش شده و لوازم جانبی مانند باتری‌ها
- ۴- توصیف حالت‌های عملیاتی موجود و آزمایش شده، باندهای بسامدی و سطوح توان و منطق کاهش‌های آزمون

- ۵- شرایط محیطی آزمون مانند دما

۶- نتایج تمام آزمون‌های انجام شده (مقدار اوج متوسط فضایی SAR برای هر آزمون و نمایش گرافیکی پویا سرانگشتی در ارتباط با دستگاه برای بیشینه مقدار SAR برای هر حالت) و جزییات مقیاس‌گذاری نتایج

ث- خلاصه گزارش

۱- مقادیر جدول‌بندی شده SAR روی موقعیت‌ها، باندها، حالت‌ها و پیکربندی‌های آزمون

۲- مراجع حدود در معرض قرار گرفتن در مقابل میدان و بیان انطباق یا موارد دیگر^۱

۱- به ضوابط سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی در پیوست س مراجعه شود.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

منطق مرتبط با پیکر

الف-۱ منطق ویژگی‌های پیکر

پیکرهای معرف کالبد انسان از مولفه‌های ضروری در ارزیابی پرتوهای الکترومغناطیسی هستند. شبیه‌سازی دقیق کالبد نه ضرورتی دارد و نه عملی است، با این وجود تعیین و استانداردسازی ویژگی‌های مرتبط مثل ابعاد و مشخصات نوع ماده که در اندازه‌گیری SAR تاثیرگذار هستند، دارای اهمیت است.

با مطالعه انسان شناختی جمعیتی از انسان‌ها می‌توان به جزئیات آماری ساختار اشکال و اندازه‌های یک پیکر برای شبیه‌سازی واقعی‌تر دست یافت.

برای اندازه‌گیری‌های SAR دقیق و نمایانگر، شکل و اندازه پیکر تخت از اهمیت بالایی برخوردار است. آن قسمت از بدن که توسط دستگاه‌های پوشیدنی در معرض گسیل‌های RF قرار می‌گیرد همیشه به درستی تعریف نشده است و با تغییر مدل طراحی و کاربرد محصول تغییر خواهد کرد.

پیکر تخت در مقایسه با ابعاد بالاتنه انسان نباید بیش از حد بزرگ باشد. ساخت پیکرهای بزرگ دشوار است و پیکرهایی که خیلی بزرگ یا خیلی عمیق هستند با سامانه‌های اندازه‌گیری SAR قابل سنجش نیستند.

پیکر تخت معرف ساختار مهندسی ساده‌ای است، که اندازه‌گیری و محاسبه بدون ابهام SAR را به راحتی ممکن می‌سازد. پوسته دی‌الکتریک نازک که رو باز و از پایین دیواره‌ای است که با مایعی هم‌ارز بافت پر شده است. ویژگی‌های فیزیکی پیکر تخت استاندارد برای شبیه‌سازی بدن انسان می‌باشد.

پیکری که قسمت تحتانی تخت دارد بیش‌ترین سطح تماس را با دستگاه تحت آزمون دارد و در نتیجه تخمین محتاطانه SAR از انسان واقعی می‌دهد. به‌علاوه پیکر با قسمت تحتانی تخت، دستگاه‌های با اندازه‌های مختلف را جانمایی خواهد کرد. به منظور تزویج کامل آنتن تشعشع‌کننده RF و امکان پوشش حجم‌های ۱g و ۱۰g، پیکرهای تخت می‌بایست به حد کافی بزرگ باشند.

قرار است برای ارزیابی SAR در دستگاه‌های پوشیدنی از پیکرهای تخت به‌عنوان یک پیکر استاندارد استفاده شود، تا معرف بیشینه تزویج اشکال و انواع بافت‌هایی باشد، که ممکن است به دلیل بی‌نظمی محیط بافت بدن انسان‌ها به‌وجود آمده باشد. چنین تزویجی با مرزها با حفظ فاصله‌های تجویز شده احتمالاً تخمین محتاطانه SAR را ایجاد خواهد کرد.

ترکیبات مایع هم‌ارز بافت بدن که در این استاندارد مشخص شده، طوری طراحی شده است تا بتواند تخمین محتاطانه SAR از یک بدن انسان مشابه، با فرض ترکیب همگن از بافت بدن را نشان دهد. (همچنین پیوست ح را ببینید)

اگر استفاده دستگاه تا ۲۰۰ mm از بالاتنه یا رو به روی صورت باشد در این صورت دست قابل صرف‌نظر کردن است. [73],[80] اگر استفاده مورد نظر دستگاه در دست با فاصله بیش از ۲۰۰ mm از بالاتنه یا سر باشد، می‌توان از پیکر تخت برای شبیه‌سازی دست استفاده کرد. تخمین SAR دست با استفاده از پیکر تخت در پیوست د مطرح شده است.

الف-۲ منطق الزامات پوسته پیکر

به جهت جلوگیری از هرگونه تاثیرگذاری در شکل پیکر در SAR اندازه‌گیری شده، اثرات تشدید باید حذف شود در بسامدهای پایین (30 MHz - 300 MHz) طول موج فضای آزاد λ در گستره ۱ m تا ۱۰ m است و اگر ابعاد پیکر، ضریبی از دامنه $\lambda/2$ باشد، وقوع تشدید محتمل است. فقط زمانی می‌توان به اندازه‌گیری‌های قابل باز تولید مشابه دست یافت که اندازه و شکل پیکر به‌طور کاملاً دقیق تعیین شده باشد.

برای همه بسامدهای بالای 300 MHz اثرات وابستگی شکل و اندازه با مشخص کردن کم‌ترین ابعاد پیکر و محدود کردن فاصله بین دستگاه و پیکر به کمتر از ۲۵ mm قابل اجتناب است. [۲]

پوسته پیکر باید از ماده‌ای با تلفات و گذردهی کم باشد. $\tan \delta \leq 0.105$ و قسمت حقیقی گذردهی نسبی r $\epsilon' < 5$ برای $f \leq 3\text{GHz}$ و $\epsilon'/r = 4 \pm 1$ برای $f \geq 3\text{GHz}$ است. این مقادیر گذردهی نسبی براساس مطالعات اونیشی^۱ و اوپایاشی^۲ است. [62] ضخامت قسمت تحتانی پیکر تخت در محل قرارگیری روی دستگاه باید ۲ mm با رواداری $\pm 0.2\text{mm}$ باشد. این کمینه ضخامت منجر به تخمین محتاطانه‌تر SAR در مقایسه با پیکرهای ضخیم‌تر می‌شود. ضخامت کوچک‌تر، از جهت مشکلات استحکام مکانیکی هنگام نگهداری مایع توصیه نمی‌شود. با رعایت الزامات بالا اثر شکل و ضخامت SAR کم‌تر از ۱٪ است و در نتیجه می‌توان از این اثر صرف‌نظر کرد. [2]

در صورت پرکردن با مایع به مقدار گفته‌شده در زیربند ۲-۲-۵، باید انحنای سطح زیرین مخزن پیکر کم‌تر از ۲mm باشد. این امر باعث می‌شود تا منطقه سطح تماس مایع پیکر با دستگاه تحت آزمون به حداکثر برسد.

الف-۳ مایعات هم‌ارز بافت بدن

مشخصات دی‌الکتریکی (گذردهی و رسانایی) مایعی که در زیربند ۳-۲-۵ اشاره شده، طوری فرمول‌بندی شده است که ارزیابی محافظه‌کارانه SAR را بدون وابستگی به مشخصات بدن فردی که از دستگاه استفاده می‌کند، جهت شرایط قرارگیری در معرض تابش قابل مقایسه، فراهم آورد. [6]

پارامترهای الکتریکی مایعات هم‌ارز بافت سر که برای اندازه‌گیری SAR شبیه‌سازی شده است توسط دروسس^۳ و دیگران پیشنهاد شده است. [16] مقادیر پارامترها برای ۱۰ بسامد در گستره‌ی ۳۰۰ MHz تا ۳۰۰۰ MHz محاسبه شده که از مدل تحلیلی در نیم‌فضای نامحدود با بافت ورقه‌ای شده که در معرض موج تخت قرار گرفته، استفاده شده است. این دست‌آورد اجازه می‌دهد تا اثر تطبیق امپدانس و امواج ساکن بر اوج متوسط فضایی SAR مورد مطالعه قرار گیرد. لایه‌های بافتی در ترکیب و ضخامت متنوع بوده و کالدهای متفاوتی را در ناحیه سر ارائه می‌دهد که توانسته گروه استفاده‌کنندگان شامل بزرگسالان و کودکان را تحت پوشش قرار دهد. (بین ۱۰ تا ۹۰ درصد) براساس بدترین شرایط ترکیبات لایه‌های نسج سر با توجه به جذب در هر بسامد، پارامترهای دی‌الکتریک مایع بافت سر برای مدل همگن استخراج شده و منتج به میزان پیک جذب یکسان یا کمی بیش‌تر شده است. مشخصات دی‌الکتریک بافت که برای مدل‌سازی سر انسان استفاده شده است توسط چهار جمله‌ی فرمول کول-کول^۴ محاسبه شده است که یک برون‌یابی ساده نتایج کوتاه‌مدت است. اعتبار این دست‌آورد برای سر در معرض میدان نزدیک با استفاده از لایه‌بندی تخت معرف مدل‌های کالبد سر بچه و بزرگسال بر مبنای

1 - Onishi

2 - Uebayashi

3 - Drossos et al

4 - Term-Cole-Cole

تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI) توسط کاینز^۱ و دیگران [39] و برد^۲ و دیگران [1] نمایش داده شده است.

مطالعه دروسس و دیگران [16] برای ترکیب بافت به تمام بدن تعمیم یافته است. [6] یافت شده بود که اثر موج ساکن به جهت انعکاس در بافت چربی زیر پوست منجر به افزایش قابل ملاحظه SAR در مقایسه با یافته‌های دروسس و دیگران [16] می‌شود. نمی‌توان این افزایش را با بهبود در پارامترهای دی‌الکتریک مایع هم‌ارز بافت جبران کرد. یک تحلیل مفهومی از سازوکار توزیع نشان می‌دهد که اثرات موج ساکن تنها در ناحیه فرنسل^۳ و میدان دور DUT مورد توجه قرار می‌گیرد. [7] در نواحی نزدیک با استفاده از پارامترهای مایع هم‌ارز بافت سر تعریف‌شده توسط دروسس و دیگران [16] می‌توان به تخمین واقعی دست یافت. بنابراین پارامترهای مایع که در ISIRI ۱۱۸۷۵-۱ تعریف شده است همچنان برای اندازه‌گیری‌های دستگاه‌هایی که به دست گرفته می‌شوند و بر بدن نصب می‌شوند، برقرار است.

محدوده بسامدی مایعات هم‌ارز بافت، با در نظر گرفتن خصوصیات پراکندگی کول-کول بافت بدن با محتویات آبی بالا و قابلیت تولید مایعات در رواداری مورد نیاز، تا ۵/۸ GHz بسط یافته است. گذردهی و رسانایی در گستره بسامدی ۳ GHz تا ۵/۸ GHz به صورت خطی درون‌یابی و همچنین تا ۶ GHz به صورت خطی برون‌یابی می‌شود.

برای باند بسامدی ۳۰ MHz تا ۱۵۰ MHz پارامترهای بافت عضلات در منبع [22] چاپ شده است هرچند که تحقق مقادیر بالای گذردهی در عمل مشکل است. از آنجا که کاهش گذردهی منجر به مقادیر بالاتر SAR می‌شود برای مایع شبیه‌ساز بدن از مقادیر کوچک گذردهی ضمن حفظ مقادیر رسانایی استفاده شده است. در ۱۵۰ MHz، رسانایی و گذردهی برابر با مقادیر توصیه شده در [17] برای بافت شبیه‌ساز سر انتخاب شده است. شبیه‌سازی‌های FDTD نشان داد که پارامترهای الکتریکی شبیه‌ساز بافت که در جدول ۱ پیشنهاد شده است، تخمینی دست بالا از SAR را برای تجهیزات بدن‌پوش در بسامد ۳۰ MHz و ۱۵۰ MHz نتیجه می‌دهد.

اطلاعات بیشتر در مورد گستره‌ی فاصله‌ای که این مایعات می‌توانند منجر به تخمینی محافظه‌کارانه از قرارگیری در معرض تشعشع شوند در پیوست ح داده شده است.

همان‌طور که در پیوست ج نشان داده شده است SAR به پارامترهای دی‌الکتریک مواد هم‌ارز بافت وابستگی زیادی دارد، بنابراین مهم است که این پارامترها قبل از استفاده در پیکر برای سنجش SAR اندازه‌گیری شوند. هر ترکیبی از مواد برای ماده هم‌ارز بافت قابل استفاده است به شرط آنکه در بسامد مورد نظر، دارای پارامترهای دی‌الکتریک مورد نیاز در رواداری مشخص شده باشد. به‌کارگیری پارامترهای الکتریکی طرح شده برای ماده هم‌ارز بافت بدن، به تخمینی محافظه‌کارانه از SAR میانگین‌گیری شده در حجم یک گرم و ده گرم تحت شرایط مشروح در این پیوست منجر می‌شود.

1 - Kainz et al
2 - Beard et al
3 - Fresnel

پیوست ب

(الزامی)

تصدیق سامانه اندازه‌گیری SAR

ب-۱ کلیات

این بند رویه‌های اجرایی زیر را ارائه می‌دهد:

الف- بازبینی سامانه

ب- اعتبارسنجی سامانه

اهداف و کاربردهای سطوح مختلف روش‌های اجرایی اعتبارسنجی سامانه به شرح زیر است:

بازبینی سامانه روش آزمونی سریع و قابل اطمینان ارائه می‌دهد که می‌تواند روزانه یا قبل از هر بار اندازه‌گیری SAR انجام گیرد. در اینجا هدف تعیین این است که اجزای چیدمان با وجود رانش، همچنان در محدوده‌های کالیبره‌سازی قرار داشته باشد. این آزمون نیازمند یک پیکر تخت و یک منبع استاندارد مثل دو قطبی نیم موج یا موجبر با انتهای باز است.

اعتبارسنجی سامانه روشی برای اعتبارسنجی در سطح سامانه را ارائه می‌کند. اجزای این آزمون شامل یک پیکر تخت و یک دو قطبی مرجع (به پیوست ت مراجعه شود) یا موجبر با انتهای باز به‌عنوان منبع است. بنابراین اعتبارسنجی سامانه شامل عدم قطعیت مربوط به به‌کارگیری پیکرهای انسان‌دیس و عدم قطعیت مربوط به تغییر در موقعیت وسیله، نمی‌شود. این آزمون سالانه (مثلاً بعد از کالیبره کردن پروب)، قبل از اندازه‌گیری‌های مربوط به مقایسه‌های بین آزمایشگاهی (پیوست ث از استاندارد ملی به شماره: ۱-۱۱۸۷۵-۱۳۸۷) و هر زمانی که اصلاحی در سامانه صورت گرفته باشد، مثل نسخه جدید نرم‌افزار، انواع پروب‌های متفاوت یا سامانه‌های الکترونیکی قرائت مختلف انجام می‌شود.

یادآوری- مقایسه‌های بین آزمایشگاهی، آزمایشگاه‌ها را با استفاده از DUT مرجع (زیربند ث-۳ از استاندارد ملی به شماره: ۱-۱۱۸۷۵-۱۳۸۷) و پیکر انسان‌دیس استاندارد، تایید صلاحیت می‌کند. این شیوه تایید صلاحیت شامل پراکندگی داده ناشی از پیکرهای شبیه انسان و اثرات موقعیت وسیله است. این آزمون به‌منظور مقایسه صحت و دقت عملکرد آزمایشگاه‌های گوناگون است.

ب-۲ بازبینی سامانه

ب-۲-۱ هدف

هدف از بازبینی سامانه بررسی این است که سامانه طبق ویژگی‌هایش کار می‌کند. بازبینی سامانه، بازبینی تکرارپذیری آزمون است، تا از کارکرد درست سامانه در حین آزمون تطابقی، اطمینان حاصل شود. بازبینی سامانه باعث کشف رانش‌های کوتاه‌مدت و عدم قطعیت‌ها در سامانه می‌شود. مثل :

الف- تغییرات در پارامترهای مایع (مثلاً به دلیل تبخیر آب یا تغییر دما)

ب- خرابی‌ها در اجزای سامانه آزمون

پ- رانش اجزای سامانه آزمون

ت- خطای اپراتور در راه‌اندازی یا پارامترهای نرم‌افزار

ث- هرگونه شرایط ناسازگار ممکن در پیکربندی سامانه مثل تداخل RF

بازبینی سامانه، اندازه‌گیری کامل متوسط SAR ۱ g یا ۱۰ g در یک سامانه ساده شده با یک منبع استاندارد (به ب-۲-۳ مراجعه شود) است. روش اجرایی و استفاده از ابزار دقیق در بازبینی سامانه همانند آنهایی است که در آزمون‌های تطابقی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بازبینی سامانه باید با همان مایع که در آزمون‌های تطابقی استفاده می‌شود و در بسامد ثابت انتخاب شده بین $\pm 10\%$ یا $\pm 100 \text{ MHz}$ از بسامد باند میانی آزمون انطباق است (هر کدام که بزرگتر است) انجام شود. بازبینی سامانه باید هر روز یا قبل از هر بار اندازه‌گیری SAR انجام شود و نتیجه باید در محدوده رواداری مشخص شده در پیوست ب، زیربند ب-۲-۵ باشد. مقادیر هدف، مقادیر متوسط SAR میانگین ۱ g یا ۱۰ g، اندازه‌گیری شده در سامانه‌هایی با وضعیت اعتبارسنجی و کالیبره‌سازی معتبر هستند و نیز از مدل بازبینی سامانه نشان داده شده در شکل ب-۱ استفاده کند. این مقادیر هدف باید با استفاده از یک منبع استاندارد تعیین شوند.

عملکرد سامانه باید با استفاده از روش‌های اجرایی بازبینی شود تا از عملکرد سامانه مطابق با ویژگی‌ها و گستره-ی رواداری اطمینان حاصل شود. این روش اجرایی باید قبل از ارزیابی انطباق نهایی SAR صورت گیرد.

ب-۲-۲ نصب پیکر

پیکر تخت با مایع هم‌ارز بافت به منظور بررسی و معتبرسازی سامانه می‌تواند استفاده شود. (بند ۵) شکل، ابعاد و دیگر مشخصات پیکر تخت در زیربند ۲-۲-۵ داده شده است.

در منابع دوقطبی نقطه تغذیه باید در مرکز بیضی یا مستطیل قرار گیرد و بازوهای دوقطبی با بیش‌ترین محور هم‌راستا باشد. (پیوست ت را ببینید- مشخصات دوقطبی) برای منابع موجبری، طرف بلندتر موجبر با بیش‌ترین محور هم‌راستا باشد. جنس آن‌ها نیز باید در برابر خرابی یا واکنش نسبت به مواد شیمیایی مایع هم‌ارز بافت مقاوم باشد.

ب-۲-۳ منبع استاندارد

در صورت استفاده از منابع استاندارد باید پیکر در بسامد خواسته شده تشعشع کند. (به‌طور مثال دوقطبی نیم موج، آنتن تکه‌ای وصله^۱ و موجبر دهانه‌ای) دوقطبی‌های مرجع که برای معتبرسازی سامانه استفاده شده‌اند (پیوست ت) می‌توانند، ولی نیازی نیست که در بررسی سامانه استفاده شوند.

منابع استاندارد باید دارای شرایط زیر باشند:

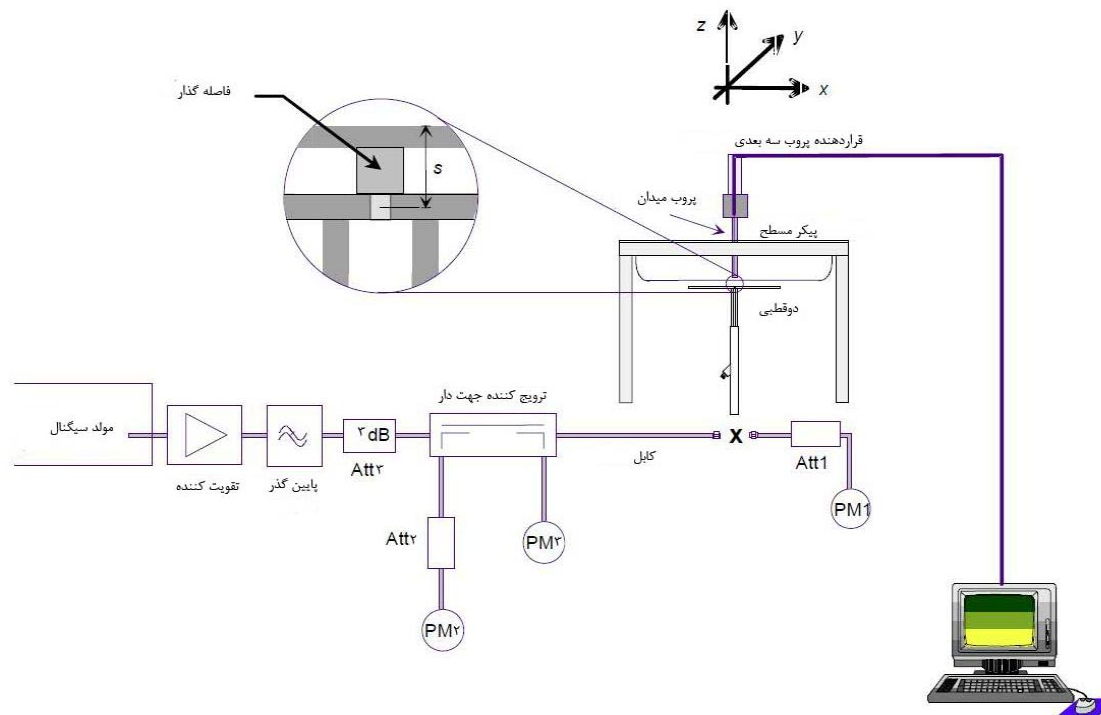
قراردهی تکرار پذیر، پایداری مکانیکی، قابلیت قرارگیری در مکان‌های مختلف و تطبیق امپدانس.

در دستورالعمل قرارگیری زیر، دوقطبی نیم‌موج به‌عنوان منبع استاندارد فرض شده است.

دوقطبی نیم‌موج باید در زیر پیکر و در مرکز محورها، موازی با بلندترین طول پیکر قرار گیرد. فاصله بین سطح داخلی پیکر پر شده از مایع و مرکز دوقطبی ۱ s (شکل ب-۱ و جدول ت-۱ را ببینید) به‌عنوان بسامد هر آزمون تعیین می‌شود. باید از یک جداکننده با تلفات کم ($\text{loss tangent} < 0.5$) و گذردهی نسبی کم استفاده شود تا فاصله بین سطح بالایی دوقطبی و سطح زیرین پیکر به درستی برقرار شود تلفات برگشتی دوقطبی باید کم‌تر از -20 dB در بسامد رزونانس (مطابق با اندازه‌گیری هنگام راه‌اندازی) باشد تا بی‌ثباتی در اندازه‌گیری توان را کاهش دهد. رواداری قابل قبول برای فاصله S باید در محدوده $\pm 0.2 \text{ mm}$ باشد.

ب-۲-۴ اندازه‌گیری توان ورودی منبع استاندارد

تغییرات توان ورودی به منبع باید در حد امکان کم باشد. به این منظور در هنگام بررسی سامانه باید از کوپلر جهتی و توان سنج استفاده کرد. در شکل ب-۱ چگونگی اتصالات پیشنهاد شده است. (که از دو قطبی نیم‌موج به‌عنوان منبع استاندارد استفاده شده است.)



شکل ب-۱ - طریقه نصب بررسی سامانه

برای اندازه‌گیری توان ورودی ابتدا توان سنج PM1 با یک تضعیف‌کننده به کانکتور منبع استاندارد دو قطبی در نقطه X وصل شده است. دستگاه مولد سیگنال برای توان ارسالی به کانکتور دو قطبی با مشاهده PM1 تنظیم شده است. (با احتساب ATT1) بعد از اتصال کابل به منبع دوقطبی، مولد سیگنال برای خواندن مقدار مشابه در توان سنج PM2 تنظیم شده است. اگر مولد سیگنال با پله‌های 0.1 dB قابل تنظیم نباشد، اختلاف موجود در PM2 باید در نظر گرفته شود. تطبیق منبع دو قطبی باید (در فواصل معین) با تحلیل‌گر شبکه (network analyser) بررسی شود. تا اطمینان حاصل شود که توان بازتابی کمینه 20 dB کم‌تر از توان ارسالی است.

تجهیزات و اجزاء مورد نیاز به شرح زیر است:

الف- دستگاه مولد سیگنال و تقویت‌کننده پایدار باشد. (بعد از گرم شدن) توان ارسالی به دوقطبی منبع به مقدار کافی بالا باشد تا مقدار SAR تولیدی بیش‌تر از پایین‌ترین حد آشکارسازی سامانه پروب باشد. (زیربند ب-۵ از استاندارد ملی به شماره: ۱-۱۱۸۷۵-۱۳۸۷) اگر دستگاه مولد سیگنال قادر به تولید 15 dB یا بیش‌تر باشد دیگر نیازی به تقویت‌کننده نیست. بعضی تقویت‌کننده‌های توان بالا قادر به کار در توان‌های بسیار پایین‌تر از بیشینه خود نیستند مثل تقویت‌کننده توان 100 W که در توان خروجی 250 mw خروجی کاملاً نویزی است. وجود تضعیف‌کننده بین تقویت‌کننده و مولد سیگنال برای محافظت از ورودی تقویت‌کننده توصیه می‌شود.

ب- وجود فیلتر پایین‌گذر بعد از تقویت‌کننده، موجب کاهش اثر هارمونیک‌ها و نویز به‌وجود آمده از تقویت‌کننده می‌شود. برای اکثر تقویت‌کننده‌ها در شرایط کار معمولی این فیلتر ضرورتی ندارد.

پ- تضعیف‌کننده بعد از تقویت‌کننده باعث ارتقا تطبیق منبع و دقت حس‌گر توان می‌شود. (به راهنمای توان‌سنج مراجعه شود).

ت- با زیر نظر گرفتن توان ارسالی و تنظیم خروجی مولد سیگنال برای داشتن توان ارسالی پیش‌رو ثابت، از کوپلر جهتی (با ضریب تزویج 20 dB -) استفاده می‌شود. به دلیل اینکه بارها (دوقطبی و حس‌گر توان‌سنج) به خوبی تطبیق هستند، استفاده از یک کوپلر با کیفیت متوسط کافی است.

ث- توان‌سنج $PM2$ و $PM3$ جابه‌جایی با وضوح 0.1 dBm خواهند داشت اما به‌عبارت دیگر در تنظیمات توان اختلافات ناشی از دقیق نبودن قابل صرف‌نظر کردن است. (کالیبره کردن کامل و مطلق نیاز نیست).

ج- توان‌سنج $PM1$ و تضعیف‌کننده $ATT1$ باید اجزایی با کیفیت بالا باشد و ترجیحاً با یکدیگر کالیبره باشند. تضعیف‌کننده (-10 dB) دقت خواندن توان را بالا می‌برد. (برخی حس‌گرهای توان بالا دارای تضعیف‌کننده کالیبره‌شده در داخل خودشان هستند) ضریب اصلی تلفات تضعیف‌کننده در بسامد آزمون باید شناخته شده باشد. خیلی از تضعیف‌کننده‌ها نسبت به مقدار معین شده تا 0.2 dB متغیر است.

چ- برای آزمون $PM1$ از همان سطح توانی که در اندازه‌گیری واقعی استفاده خواهد شد برای تست $PM1$ به‌کار گرفته می‌شود تا از تغییر گستره و خطی شدن و ناپایداری در $PM2$ و $PM3$ جلوگیری شود. در صورت تغییر سطح توان باید فرآیند تنظیمات سطح توان تکرار شود.

ح- منبع دوقطبی باید به‌طور مستقیم به کابل در نقطه X متصل شود. اگر رابط توان‌سنج نوع متفاوتی باشد باید از تطبیق‌دهنده‌های باکیفیت آن استفاده شود.

خ- توصیه می‌شود تا به‌طور دوره‌ای اتلاف جاگذاری کابل‌ها بررسی شود (به خصوص کابلی که تزویج‌کننده جهتی را به آنتن دوقطبی متصل می‌کند) تا از صحت و سلامت کابل‌ها اطمینان حاصل شود. تلفات ins باید کم و نسبت به بسامد پایدار باشد (مثلاً تا 1 dB که بستگی به طول کابل و بسامد دارد) هیچ‌گاه فرض نکنید کابلی که در بسامد پایین (مثل 900 MHz) به‌خوبی کار می‌کند در بسامد بالاتر (مثل 5000 MHz) نیز به‌خوبی کار خواهد کرد. ممکن است برای عملکرد در بسامدهای بالاتر به کابل‌های با کیفیت بالاتر نیاز باشد. در طی بررسی سامانه کابل‌ها نباید حرکت داشته باشد زیرا که ممکن است بر روی تلفات کابل تاثیر بگذارد.

ب-۲-۵ رویه واری سامانه^۱

واری سامانه یک اندازه‌گیری کامل متوسط SAR برای 1 g یا 10 g است. مقدار متوسط SAR اندازه‌گیری‌شده نسبت به توان ورودی به منبع استاندارد نرمالیزه می‌شود و با مقدار ثبت‌شده هدف قبلی 1 g یا 10 g مطابق با اندازه‌گیری بسامد، منبع استاندارد و نوع پیکر مقایسه می‌شود. اگر دوقطبی‌های معتبرسازی سامانه برای بررسی سامانه استفاده شوند، اختلاف با مقادیر هدف باید کوچک‌تر از سطح $\pm 10\%$ و نیز در حدود مقادیری که در تکرار سامانه رخ می‌دهد، باشد. اگر از منبع استاندارد دیگری استفاده شود مقادیر هدف و به‌دست آمده باید ثبت و بایگانی شوند.

ب-۳ معتبرسازی سامانه^۱

ب-۳-۱ اهداف

رویه‌های معتبرسازی سامانه به آزمونی از سامانه در مقابل مقادیر SAR مرجع و عملکرد پروب، نرم‌افزار و دستگاه‌های الکترونیکی تحلیل‌گر گفته می‌شود. همچنین معتبرسازی سامانه مقایسه‌ای است نسبت به مقادیر SAR مرجع آمده در جدول ب-۱ در این ساختار پیکر تخت و منبع دوقطبی مرجع مورد استفاده قرار می‌گیرد. به این ترتیب این رویه صحنه‌گذاری شامل عدم قطعیت ناشی از تغییر موقعیت دستگاه نمی‌شود.

معتبرسازی سامانه به صورت سالانه یا هر گاه که یک سامانه جدید شروع به کار کند یا اصلاحاتی در سامانه به وجود آمده باشد، مثل نسخه جدید نرم‌افزاری یا دستگاه الکترونیکی تحلیل‌گر یا پروب‌های متفاوت، انجام می‌شود. معتبرسازی سامانه باید توسط پروب‌های واسنجی شده انجام گیرد.

هدف از این بند ایجاد روش‌هایی برای اندازه‌گیری SAR در معتبرسازی سامانه است. تا زمانی که دستگاه‌های اندازه‌گیری SAR، فنون واسنجی کردن، پیکرها و مایعات هم‌ارز بافتی در آزمایشگاه‌های مختلف متفاوت باشند یک روش‌شناسی برای معتبرسازی سامانه نیاز است تا نتایج واحدی در اندازه‌گیری‌های منطقی و نامعلوم به دست آید. فهرست مقادیر محاسبه‌شده عددی SAR برای استفاده در معتبرسازی سامانه در جدول ب-۱ آمده است.

یادآوری - پروسه معتبرسازی سامانه نه جانشینی برای واسنجی کردن پروب و نه برای برآورد ابهام‌آمیز بند ۷ است. پروب‌ها و دستگاه‌های الکترونیکی تحلیل‌گر باید به‌طور منظم براساس پروسه گفته شده در پیوست ب از استاندارد ملی به شماره: ۱-۱۱۸۷۵ سال: ۱۳۸۷ واسنجی شوند. در پروتکل معتبرسازی سامانه خاصیت ایزوتروپی پروب در نظر گرفته نشده است.

ب-۳-۲ طریقه نصب پیکر

طریقه نصبی که برای پیکر تخت در بررسی سامانه توضیح داده شده، برای آزمون معتبرسازی سامانه نیز استفاده می‌شود. (شکل ب ۱) در معتبرسازی سامانه نیز از مایع هم‌ارز بافت با مشخصات دی‌الکتریکی تعریف شده در جدول ۱ استفاده می‌شود.

ب-۳-۳ منابع مرجع

ب-۳-۳-۱ منبع دوقطبی مرجع

دوقطبی مرجع مشخص شده در پیوست ت باید در پیکر در بسامد مورد نیاز قرارگیری در معرض، پرتوافشانی کند. همچنین دوقطبی مرجع باید در زیر پیکر در مرکز محورش و موازی با بلندترین طرف پیکر قرار گیرد. به منظور تثبیت فاصله بین سطح بالایی دوقطبی مرجع و سطح زیرین، پیکر جدا کننده با گذردهی نسبی و تلفات کم می‌تواند استفاده شود. فاصله بین سطح زیرین پیکر پر شده از مایع و مرکز دوقطبی مرجع (نامگذاری با S) تا 0.2 mm برای هر بسامد آزمون مشخص شده است. دوقطبی مرجع باید تلفات برگشتی بهتر از 20 dB - (اندازه‌گیری شده در نصب) را به منظور کاهش شکایات در اندازه‌گیری توان در بسامد تشدید داشته باشد، برای دوقطبی‌های مرجع توضیح داده شده در پیوست ت فاصله S توسط روابط زیر بیان می‌شود:

$$a) S = 15 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm for } 300 \text{ MHz} \leq f \leq 1000 \text{ MHz}$$

b) $S = 10 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$ for $1000 \text{ MHz} < f \leq 3000 \text{ MHz}$

c) $S = 10 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$ for $3000 \text{ MHz} < f \leq 6000 \text{ MHz}$

بازوی دوقطبی مرجع باید با سطح تخت پیکر تا رواداری زاویه ای $\pm 2^\circ$ یا کم تر (به شکل ب-۱ رجوع شود) موازی باشد.

محاسبات مقادیر مرجع برای بسامدهای بزرگتر از 5000 MHz نیازمند توجهات خاصی در زمینه ساختار دوقطبی‌های کوچک (هم داخلی و هم خارجی) است و در نتیجه، مقادیر عددی ممکن است فقط مختص دوقطبی‌های یک تولیدکننده باشند. همچنین ساختار جداکننده باید طوری مدل شود که در مقادیر عددی به دست آمده تاثیرگذار باشد.

ب-۳-۲ منابع موجبر مرجع

مقادیر SAR مرجع منابع موجبری که در جدول ب-۲ داده شده، فعلاً برای بسامد بزرگتر از 5000 MHz تعریف شده است و این به دلیل این است که کار موجبرهای بزرگتر برای بسامدهای پایین مشکل است. بسامدهای بالای 5000 MHz ، مقادیر SAR مرجع که برای موجبرها محاسبه شده است، اختلافات جزئی ساختاری وابستگی کمتری نسبت به دو قطبی‌ها دارد. دو رویه استفاده از موجبرهای دهانه‌ای و پنجره تطبیقی که منتج به دو مجموعه مقادیر مرجع شده‌اند در جدول ب-۲ داده شده است.

ب-۳-۳ منبع موجبر دهانه‌ای

اهداف این زیربند، ارائه روشی برای استفاده از موجبر مستطیلی تمام باند به‌عنوان یک منبع در بررسی و معتبرسازی سامانه است. این روش برای بسامدهای بالای 5 GHz کاربردی است، جایی که استفاده از منابع دوقطبی نیاز به دقت بسیار در ساختار داخلی و جداکننده دارد تا بتوان مقادیر مرجع دقیقی را محاسبه کرد. به دلیل اینکه منابع موجبری در اشکال هندسی هستند که به آسانی قابل مدل‌شدن می‌باشند، مقادیر مرجع وابستگی کمتری به جزئیات تجهیزات تولیدشده خواهند داشت.

منابع موجبری مرجع در دو حالت مورد مطالعه قرار گرفته است. یکی موجبرهای دهانه‌ای که با فاصله از پیکر تخت قرار گرفته باشند [52] و دیگری موجبرهایی با پنجره تطبیق که مستقیماً در مقابل پیکر قرار گرفته باشند. [70] در هر مورد مطالعه، موجبرها با ابعاد مختلفی استفاده شده و در نتیجه مقادیر مرجع متفاوتی به دست آمده است. (به جدول ب-۲ مراجعه شود)

انتخاب روش بستگی به در دسترس بودن تجهیزات خواهد داشت. یک موجبر با پنجره تطبیق برای واسنجی کردن پروب SAR نیاز است و استفاده از این روش [70] راه ساده‌تری برای قرار دادن منبع ارائه می‌دهد و تجهیزات موجبری کمتری نیاز دارد. رویه موجبر دهانه‌ای این مزیت را دارد که نیازی به پنجره تطبیق و توانایی تنظیم آن برای کمینه کردن توان بازتابی ندارد.

روش استفاده از پنجره تطبیق در اینجا توضیح داده شده است اما جزئیات کامل که قابلیت استفاده از موجبر دهانه‌ای را می‌دهد در [52]، جایی که فهرست مقادیر مرجع در جدول ب-۲ داده شده، چاپ شده است.

منبع موجبر تطبیقی که در [70] توضیح داده شده، از موجبر مستطیلی (WR1۳۷) که WG۱۳ نیز شناخته می‌شود) با ابعاد داخلی $20 \times 40 \text{ mm}$ استفاده می‌کند. پنجره تطبیق با ضخامت 4.3 mm در قالب یک فلنج

سرامیکی قابل جدا شدن و گذردهی نسبی $k = 6$ تجهیز شده است. ابعاد فلنج همانی است که در IEC طراحی شده، فلنج ۸۰ PDR به اندازه کلی ۸۱ mm در ۶۲ mm مقادیر مرجع برای این منبع با این اندازه‌ها در بسامد ۵۲۰۰ MHz و ۵۸۰۰ MHz توسط گروه‌های مختلف [51],[70] با کدهای FDTD مختلف محاسبه شده و در جدول ب-۲ فهرست شده است. مقادیر مرجع صحنه‌گذاری پیشنهادی، شامل اطلاعات از بین رفتن خط مرکزی جعبه پیکر وقتی که از رویه بالا پیروی شود، است. معادله‌ای که در جدول ب-۲ داده شده است با محاسبات برگرفته از اطلاعات [52] FDTD همخوانی دارد و می‌توان مقدار مرجع برش خط مرکزی را ارائه داد. پویش‌های خط مرکزی (بالتر از مرکز پنجره تطبیق موجبر) باید در فواصل ۰٫۲ mm و تماس مستقیم پروب با قسمت زیرین جعبه پیکر شروع شود. باید مقادیر SAR با تغذیه ۰٫۲۵ W توان ورودی به هنجار شود و برای مقایسه با مشخصات مرجع اصلاحات مرزی تحلیل شود.

به‌طور مجزا به دامنه و شکل اطلاعات اندازه‌گیری شده نسبت به مقادیر مرجع توجه خاصی شود. باید نشان داده شود که شکل برش با برش‌های مرجع تطابق دارد تا به‌کارگیری نبود اثرات تداخلی و کاربرد طرح اصلاح مرزی تایید شود

با توجه به شکل ب-۱ با تغذیه ورودی در ساختار موجبر (اما با موجبر به جای منبع دو قطبی) و با اطلاعات سه‌بعدی جمع‌آوری شده از بند ۵، مقادیر به هنجار شده SAR با توان ورودی خالص ۰٫۲۵ W و مقادیر مرجع در جدول ب-۲ مقایسه شود.

موجبرهای مستطیلی تمام موج می‌توانند به‌عنوان قرارگیری در معرض پرتوکننده پهن‌بند برای معتبرسازی‌های سامانه برای بسامدهای بالای ۳ GHz استفاده شود. موجبرهای موجود در بازار پهن‌بند با پهنای باندهای بزرگتر از ۱ GHz و ۲ GHz هستند.

ب-۳-۴ اندازه‌گیری توان ورودی دو قطبی مرجع

ساختار توضیح داده شده برای بررسی سامانه (به زیربند ب-۲-۴ مراجعه شود) برای آزمون‌های معتبرسازی سامانه نیز استفاده می‌شود.

ب-۳-۵ رویه معتبرسازی سامانه

این سامانه برای تعیین دقت در اندازه‌گیری‌های سامانه، نرم‌افزار و الگوریتم‌های کنترلی است. شکایات در قرارگیری دستگاه در نظر گرفته نشده است.

پروسه صحنه‌گذاری سامانه از ۵ مرحله تشکیل شده است: مرحله الف) مهمترین قسمت این پروسه است و باید هر دفعه انجام شود مرحله ب) تا ث) (توصیه می‌شود) وسیله‌ای سریع و آسان برای معتبرسازی عملکرد پروب‌ها، دستگاه‌های الکترونیکی تحلیل‌گر و نرم‌افزار ارائه می‌دهد. این آزمایش‌های اضافی باید زمانی که در هر جزء سامانه (مثل نرم‌افزار جدید، دستگاه‌ها یا پروب‌های جدید) اصلاحاتی رخ داد صورت گیرد، البته فقط برای همان سامانه و آزمایشگاه انجام شود. پروسه معتبرسازی سامانه به شرح زیر است:

الف - ارزیابی SAR

اندازه‌گیری کامل متوسط SAR ۱ g و/یا ۱۰g با استفاده از منبع استاندارد ذکر شده در پیوست انجام شده است. توان ورودی به منبع استاندارد طوری تنظیم شده تا مقدار متوسط SAR تولید شده برای ۱ g و/یا ۱۰g در گستره ۰٫۴ W/KG تا ۱۰ W/KG واقع شود.

متوسط SAR 1 g و/یا 10 g در بسامدهای جدول ب-1 در گستره‌هایی که برای آزمون‌های تطابق قابل استفاده باشد، محاسبه شده است. نتایج به توان ورودی ارسالی 1W نرمالیزه شده و با مقدار SAR مرجع درج شده در ستون 3 و 4 جدول ب-1 مقایسه شده است. اختلاف بین مقادیر اندازه‌گیری شده و مقادیر هدف مندرج در جدول ب-1 یا ب-2 باید کمتر از مقادیر مشکوک بسط داده شده در معتبرسازی سامانه با استفاده از جدول 6، باشد.

ب- رویه برون‌یابی

مقادیر منطقه‌ای SAR در طول محور عمودی بالای مرکز منبع استاندارد (یعنی نقطه تغذیه دوقطبی یا خط مرکزی موجبر) با استفاده از تقسیمات فواصل آزمون یکسان با دستگاه دستی ارزیابی SAR محاسبه شده است. مقادیر اندازه‌گیری شده در سطح پیکر برون‌یابی شده و با مقدار دقیق هدف (ستون 5 جدول ب-1 و ستون 4 جدول ب-2، با $d=0$) مقایسه شده است. در صورت استفاده از منبع دوقطبی این اندازه‌گیری‌ها در راستای محور عمودی دیگری با 2cm فاصله (هم جهت Y جدول ب-1) از نقطه تغذیه دوقطبی استاندارد تکرار می‌شود. مقادیر SAR در سطح پیکر برون‌یابی می‌شود و با مقادیر عددی داده شده در جدول ب-1 ستون 6 مقایسه می‌شود. اختلاف بین مقادیر برون‌یابی شده و مقادیر هدف باید کمتر از مقادیر عدم قطعیت بسط داده شده در معتبرسازی سامانه با استفاده از شیوه جدول 6 باشد.

پ- خطی کردن پروب

اندازه‌گیری‌های مرحله A الف با تغییر سطوح توان ورودی تکرار می‌شود. سطوح توان انتخاب شده برای هر بسامد طوری انتخاب شده تا متوسط SAR 1 g و/یا 10 g تولید شده تقریباً برابر مقادیر $(10, 2, 4, 0.1) W/Kg$ باشد. مقادیر اندازه‌گیری شده SAR با توان ورودی 1W به هنجار شده و با مقادیر به هنجار شده به 1W به دست آمده در مرحله الف مقایسه می‌شود. اختلاف بین این مقادیر باید کمتر از مقادیر عدم قطعیت بسط داده شده برای اجزای خطی در پروسه جدول 6 و زیربند 7-2-3 باشد.

ت- پاسخ مدوله سازی

اندازه‌گیری‌ها در مرحله الف با سیگنال‌های پالسی با (10 Hz) سطح توان طوری تنظیم شده تا متوسط SAR 1 g و/یا 10 g تقریباً $8 W/Kg$ با سیگنال CW یا اوج توان تقریباً برابر با $80 W/Kg$ مقادیر SAR محاسبه شده که با توان ورودی 1W و فاکتور وظیفه 1 به هنجار شده و با مقادیر به هنجار شده 1W از مرحله الف مقایسه می‌شود.

اختلاف بین این مقادیر باید کمتر از مقادیر بسط داده شده مشکوک در معتبرسازی سامانه با استفاده از پروسه جدول 6 باشد.

ث- همه جهتی بودن پروب در محورها

نقطه مرکزی حس‌گر پروب مستقیماً در بالای وسط منبع استاندارد در فاصله اندازه‌گیری (5-10) mm از سطح داخلی پیکر قرار گرفته است. پروب (یا منبع استاندارد) در پله‌های 15 درجه‌ای تا 180 درجه به حول محور خودش چرخیده شده است. مقادیر SAR بیشینه و کمینه خوانده شده ضبط می‌شود. اختلاف بین این مقادیر باید کمتر از مقادیر مشکوک بسط داده شده برای اجزای محوری و همه جهتی که در معتبرسازی سامانه با استفاده از جدول 6 و زیربند 7-2-2 باشد.

ب-۳-۶ مقادیر SAR مرجع

در آزمون معتبرسازی سامانه، منبع دوقطبی برای بسامدهای f_i ساخته شده (در پیوست توضیح داده شده) باید مقادیر اوج متوسط فضایی SAR که در ستون ۳ و ۴ جدول ب-۱ در مقادیر عدم قطعیت از معتبرسازی سامانه (جدول ۶ نکته ۱۰) نشان داده شده است. ستون ۵ و ۶ جدول ب-۱ همان طور که در زیر بند ب-۳-۵ توضیح داده شد برای صحنه‌گذاری رویه برون‌یابی سامانه استفاده شده است. با استفاده از روش محاسبه عددی FDTD با پارامترهای پیکر تخت در جدول ت-۲ مقادیر SAR مرجع محاسبه شده است. به‌طور آزمایشی مقادیر بین ۳۰۰MHz تا ۶۰۰۰MHz تعیین شد. مقادیر بالای ۳GHz بستگی به جداکننده دوقطبی و جزئیات ساختاری دوقطبی‌ها دارد و ممکن است تا $\pm 10\%$ تغییر کند. به دلیل اینکه ابعاد دوقطبی نسبت به قطر بازو و ابعاد جداکننده کوچک است. یعنی مقادیر عددی مرجع کلی نیستند و برای ساختارهای خاص نیاز به مشخص شدن دارد. مشخصات دی‌الکتریک برای مایع استفاده‌شده در جدول یک تعریف شده و ابعاد دوقطبی‌های مرجع نیز در جدول ت-۱ نشان داده شده است. اختلاف مقدار مرجع SAR، در صورتی که ابعاد مکانیکی آنها جدا از موارد پیوست ت باشد، برای دو قطبی‌ها کاربردی خواهد بود.

جدول ب-۱ - مقادیر عددی SAR مرجع برای دوقطبی‌های مرجع و پیکر سطح - تمام مقادیر به توان پیشرو ۱W به هنجار شده‌اند.

| ۶ | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ |
|---|--|------------------|-----------------|------------|--------------|
| SAR محلی در سطح ($y=2\text{ cm}$ جابجایی از تغذیه) | SAR محلی در سطح (بالای محل تغذیه) W/kg | 10 g SAR W/kg | 1 g SAR W/kg | پوسته پیکر | بسامد MHz |
| ۲/۱۰ | ۴/۴۰ | ۲/۰۴ | ۳/۰۲ | ۶/۳ | ۳۰۰ |
| ۲/۰۰ | ۴/۱۴ | ۱/۹۴ | ۲/۸۵ | ۲/۰ | ۳۰۰ |
| ۳/۲۰ | ۷/۲۰ | ۳/۲۸ | ۴/۹۲ | ۶/۳ | ۴۵۰ |
| ۲/۹۸ | ۶/۷۵ | ۳/۰۶ | ۴/۵۸ | ۲/۰ | ۴۵۰ |
| ۴/۵۹ | ۱۲/۶ | ۵/۵۵ | ۸/۴۹ | ۲/۰ | ۷۵۰ |
| ۴/۹۰ | ۱۴/۱ | ۶/۲۲ | ۹/۵۶ | ۲/۰ | ۸۳۵ |
| ۵/۴۰ | ۱۶/۴ | ۶/۹۹ | ۱۰/۹ | ۲/۰ | ۹۰۰ |
| ۶/۵۰ | ۵۰/۲ | ۱۶/۰ | ۲۹/۰ | ۲/۰ | ۱۴۵۰ |
| ۶/۸۰ | ۶۹/۵ | ۲۰/۱ | ۳۸/۴ | ۲/۰ | ۱۸۰۰ |
| ۶/۶۰ | ۷۲/۱ | ۲۰/۵ | ۳۹/۷ | ۲/۰ | ۱۹۰۰ |
| ۶/۶۰ | ۷۲/۷ | ۲۰/۹ | ۴۰/۵ | ۲/۰ | ۱۹۵۰ |
| ۶/۵۰ | ۷۴/۶ | ۲۱/۱ | ۴۱/۱ | ۲/۰ | ۲۰۰۰ |
| ۷/۷۰ | ۱۰/۴ | ۲۴/۰ | ۵۲/۴ | ۲/۰ | ۲۴۵۰ |
| ۷/۹۰ | ۱۱/۹ | ۲۴/۴ | ۵۵/۹ | ۲/۰ | ۲۵۸۵ |
| ۸/۲۹ | ۱۱/۳ | ۲۴/۶ | ۵۵/۳ | ۲/۰ | ۲۶۰۰ |
| ۹/۵۰ | ۱۴/۰ | ۲۵/۷ | ۶۳/۸ | ۲/۰ | ۳۰۰۰ |
| ۱۲/۱ | ۱۶/۹ | ۲۵/۰ | ۶۷/۱ | ۲/۰ | ۳۵۰۰ |
| ۱۲/۷ | ۱۷/۸ | ۲۴/۲ | ۶۷/۶ | ۲/۰ | ۳۷۰۰ |
| ۱۵/۱ | ۳۰/۵ | ۲۲/۱ | ۷۷/۹ | ۲/۰ | ۵۰۰۰ |

| | | | | | |
|------|-----|------|------|-----|------|
| ۱۵/۹ | ۳۱۰ | ۲۱/۶ | ۷۶/۵ | ۲/۰ | ۵۲۰۰ |
| ۱۸/۱ | ۳۴۹ | ۲۳/۴ | ۸۳/۳ | ۲/۰ | ۵۵۰۰ |
| ۲۰/۳ | ۳۴۱ | ۲۱/۹ | ۸۷/۰ | ۲/۰ | ۵۸۰۰ |

یادآوری ۱- ابعاد مکانیکی دوقطبی‌های مرجع در پیوست ت باید استفاده شود. مقادیر بالای ۳ GHz به فاصله‌گذار دوقطبی و جزئیات ساخت دو قطبی‌ها بستگی دارد و ممکن است تا $\pm 10\%$ تغییر کند. دلیل این است که ابعاد دوقطبی در مقایسه با قطر دست و ابعاد فاصله‌گذار کوتاه است. به عبارت دیگر مقادیر مرجع عددی نوعی نیستند و لازم است که برای یک پیکربندی خاص تعیین شوند.

یادآوری ۲- ابعاد پیکر داده شده در زیر بند ۲-۵-۲ باید استفاده شود. مقادیر بالای ۳ GHz به فاصله‌گذار دوقطبی بستگی دارند و ممکن است تا $\pm 10\%$ تغییر کند.

یادآوری ۳- اگر توان دوقطبی به اندازه‌گیری مقادیری از SAR بیانجامد که بالای گستره دینامیکی پروب‌ها هستند، توان‌های پایین‌تری باید استفاده شود تا عدم قطعیت اندازه‌گیری اضافی یا آسیب به پروب وارد نشود.

جدول ب-۲ نشان‌دهنده مقادیر SAR مرجع در آزمون صحه‌گذاری سامانه با استفاده از منابع موجبری استاندارد توضیح داده شده در پیوست ت است. مقادیر مرجع SAR در جدول ب-۲ با استفاده از روش [52] اختلاف معین- دامنه زمانی محاسبه شده‌اند.

موجبری که در شبیه‌سازی‌ها استفاده شده است به‌عنوان یک رسانای الکتریکی کامل با ابعاد مشخص شده در پیوست ت مدل شده است. پیکر استفاده شده در شبیه‌سازی دارای ارتفاع ۲۱۶ mm، پهنای mm ۱۵۲، عمق ۸۰ mm، ضخامت پوسته ۲ mm و گذردهی نسبی پوسته ۲/۵۶ است. پارامترهای دی‌الکتریک مایع نیز در جدول ۱ مشخص شده‌اند.

جدول ب-۲ - مقادیر SAR مرجع عددی برای موجبرهای تطبیق‌شده مرجع در تماس با پیکر مسطح (از مرجع [53])

| نقطه‌ی SAR به عنوان تابعی از فاصله، d(mm) در پیکر و در راستای خط مرکزی آن | 10g SAR (W/kg/W) | 1g SAR (W/kg/W) | بسامد |
|---|------------------|-----------------|-------|
| ۴۵۴۸,۴ | ۵۶/۹ | ۱۵۹/۰ | ۵۲۰۰ |
| ۴۶۸۲,۰ | ۶۱/۵ | ۱۸۱/۲ | ۵۸۰۰ |

یادآوری ۱- تمام مقادیر SAR به توان پیشرو ۱ W به هنجار شده‌اند.

یادآوری ۲- مقادیر SAR مرجع ۱ g و/یا ۱۰ g تنها برای رویه صحه‌گذاری سامانه با استفاده از موجبرهای با ابعاد تعریف شده در پیوست ت معتبر هستند.

یادآوری ۳- اگر توان پیشرو به اندازه‌گیری مقادیری از SAR بیانجامد که بالای گستره دینامیکی پروب‌ها هستند، توان‌های پایین‌تری باید استفاده شود تا عدم قطعیت اندازه‌گیری اضافی یا آسیب به پروب وارد نشود.

پیوست پ

(اطلاعاتی)

آزمون سریع SAR

پ-۱ کلیات

این پیوست رویکردی ممکن برای فنون ارزیابی سریع SAR، مشخص، می‌کند که مقصود همه این فنون کاهش زمان اندازه‌گیری درشناسایی شرایط آزمون برای دستیابی به بالاترین مقدار SAR، است. می‌توان فنون سریع SAR را به سه طبقه دسته‌بندی کرد که در ادامه در زیربندهای زیر به آن اشاره شده است.

پ-۲ روش‌های سریع SAR بر مبنای روش‌های اجرایی اندازه‌گیری مشخص و فنون پس‌پردازشی

طبقه‌ی اول فنون سریع SAR بر مبنای یک شیوه‌ی اجرایی اندازه‌گیری اصلاح‌شده و الگوریتم‌های پس‌پردازشی است. در عمل، این روش‌ها نیازمند نرم‌افزاری خاص هستند که از یک سامانه اندازه‌گیری، که مشخصات بند ۵ را برآورده سازد، استفاده می‌کنند. در این نوع رویکرد، هدف این است که، با کاهش قابل توجه تعداد نقاط آزمون، و به‌کارگیری طرح‌های درون‌یابی و برون‌یابی مناسب، به‌طور کلی زمانی را که صرف جابجایی‌های مکانیکی پروب می‌شود، کاهش قسمتد [58],[55],[54],[43],[42],[9],[4]. به‌ویژه برخی از روش‌ها مثل [54],[43],[9]، تنها مستلزم پوشش سرانگشتی منطقه‌ای و استفاده از برون‌یابی کلیه‌ی داده‌های حجمی است.

طبق تعریف هنگام استفاده از این فنون، سهم محدودیت‌های مکانیکی در بودجه عدم‌قطعیت (۷-۲-۳) بدون تغییر باقی خواهد ماند. در ضمن ممکن است سهم عدم‌قطعیت پس‌پردازشی (۷-۲-۵) متفاوت باشد. به‌ویژه، عدم‌قطعیت باید در محاسبه محل بیشینه‌ی SAR و SAR، متوسط جرمی، تعیین شود. به هر حال از زمانی که مرحله‌ی پوشش متمرکز در اکثر فنون موجود حذف شده است، زیربندهای ۷-۲-۵-۳-۱ و ۷-۲-۵-۳-۲ باید به‌طور دیگری مورد توجه قرار گیرند. برای برخی از روش‌ها مثل [9]، اگر مقادیر SAR برون‌یابی شده به پارامترهای دی‌الکتریک مایعات هم‌ارز بافت به طرز خاصی وابستگی داشته باشند، پارامترهای فیزیکی (۴-۲-۷) می‌توانند بر بودجه عدم‌قطعیت نیز اثر بگذارند.

پ-۳ روش‌های سریع SAR بر مبنای سامانه‌های مشخص ارزیابی SAR

طبقه دوم فنون سریع SAR، شامل گستره‌ی وسیعی از فنون می‌باشد اما با استفاده از سامانه‌های ارزیابی SARی که عموماً مشخصات بند ۵ را برآورده کنند.

در بین فنون موجود و شناخته شده، اکثراً بر کاهش جابجایی‌های پروب تمرکز می‌شود، به خصوص با استفاده از چند پروب یا آرایه‌ای از پروب‌ها [57],[45],[36],[11],[8]. همان‌طور که از انواع پیکرهای مختلف استفاده می‌شود (جامد، پر شده با ژل ...)، ممکن است انواع گوناگونی از پروب‌ها استفاده شود. (از قبیل: پروب‌هایی که فقط دو مولفه موازی میدان را اندازه‌گیری می‌کنند، پروب‌های حرارتی و ...). بعضی از سامانه‌ها، همانند [8]، از پروبی با فناوری و مدارات الکترونیک ویژه استفاده می‌کنند که ارزیابی فاز میدان الکتریکی در صفحه داده شده را امکان‌پذیر می‌سازند. انواع مختلف الگوریتم‌های پس‌پردازشی اختصاص داده شده [45],[8]، می‌توانند برای بازسازی داده‌های حجمی داخل پیکر استفاده شوند.

در این‌گونه سامانه‌های ارزیابی مشخص، برای سهم ناشی از رویه اندازه‌گیری و شیوه‌های پس‌پردازشی در بودجه عدم‌قطعیت، می‌توان همانند قسمت رفتار کرد. به هر حال ممکن است بند ۷ برای تعیین کامل بودجه، برای هر

روش سریع SAR، اکتفا نکند. در حقیقت به دلیل اینکه این طبقه از فنون، از سخت‌افزار مشخصی استفاده می‌کنند، بعضی عدم قطعیت‌ها وابسته به سخت‌افزار هستند. از این رو بودجه‌ی عدم قطعیت مناسب باید با پیروی از منطق علمی و مهندسی واضح و صریح، ارزیابی شود.

پ-۴ روش‌های سریع SAR بر مبنای جستجوی نظری برای شرایط آزمون بالاترین SAR

پ-۴-۱ کلیات

هر دستگاه ممکن است با گزینه‌های متعدد آنتن، باتری و لوازم جانبی دیگر قابل استفاده باشد، و تعداد ترکیبات ممکن (امکان پذیر)، می‌تواند بسیار زیاد باشد. سه روش مرسوم برای انجام آزمایش در زیر گفته شده است. این روش‌ها در مقایسه با رویکرد طراحی آزمایش‌ها^۱، شرح داده شده در زیر بند ۶-۲-۲، دارای نقاط ضعف است.

پ-۴-۲ جستجوی «هر بار یک عامل»^۲

در این روش آزمون گر، آزمون را با یک شرط پایه شروع می‌کند و پی در پی در حالی که بقیه عوامل را ثابت نگه داشته است، هر بار یک عامل را تغییر می‌دهد. به طور مثال ابتدا با تغییر پیکربندی آنتن، سپس انواع باتری، بعد انواع لوازم جانبی، و بعد انواع لوازم صوتی می‌توان به این هدف دست یافت. در پایان هر مرحله، عاملی که بیش‌ترین مقدار SAR را می‌دهد، برای مرحله بعد انتخاب می‌شود. اشکال اصلی در این رویکرد آن است که اثر متقابل بین انواع لوازم مختلف، در نظر گرفته نشده است. (برای مثال اثر متقابل باتری و آنتن بر SAR، که توسط تاثیر جداگانه‌ی هر عامل توضیح داده نشده است.) اگر تاثیرات متقابل وجود داشته باشند، رویکرد OFAT نمی‌تواند راه کار بهینه (یعنی بیش‌ترین SAR) را پیدا کند.

پ-۴-۳ تحلیل داده‌های ساختار نیافته

یک منبع معمول برای داده‌های ساختار نیافته، داده‌ها ثبت شده‌ی قبلی است. معمولاً این داده‌ها ممکن است بدون در ذهن داشتن هدفی معین، یا به دلایل مختلفی به جز هدف آزمون کنونی، جمع‌آوری شده باشند. این داده‌ها ممکن است برای نقطه‌یابی مفید باشند اما اعتماد به این یافته‌ها بسیار دشوار است.

به همین دلیل، هر یافته‌ای که از تحلیل داده‌های ساختار نیافته به دست می‌آید، باید بررسی شود. (مثلاً با استفاده از DOE)

پ-۴-۴ بهترین گمانه‌زنی آگاهانه (BEG) ۳

رویکرد BEG، استفاده از دانش فنی یا نظری در رابطه با DUT، برای تعیین چگونگی انجام آزمایش است. اشکال این رویکرد آن است که اگر بهترین - حدس اولیه، نتایج مورد نظر را ایجاد نکند، آزمون گر باید حدس دیگری بزند. این رویکرد می‌تواند بدون تضمین برای رسیدن به موفقیت، ادامه پیدا کند. به همین دلیل، این رویکرد برای ارزیابی انطباق SAR مناسب نیست.

1- Design Of Experiments (DOE)
2 - One-Factor-At-A-Time (OFAT)
3 -Best Educated Guess

پیوست ت

(اطلاعاتی)

منابع و پیکرهای استاندارد برای اعتبارسنجی سامانه

ت-۱ دوقطبی‌ها

یک پیکر تخت باید با استفاده از دوقطبی مرجع برای بسامد خواسته شده، در معرض پرتو قرار گیرد. دوقطبی‌های مرجع برای پیکر با پارامترهای دی‌الکتریک و ضخامت پوسته مشخص که در جدول ت-۱ به آن اشاره شده است، تعریف شده‌اند. دوقطبی مرجع باید در مرکز سطح تحتانی پیکر طوری که محورش موازی با طولانی‌ترین بعد پیکر باشد، قرار گیرد. برای برقراری فاصله صحیح بین سطح بالایی دوقطبی مرجع و سطح تحتانی پیکر، می‌توان از یک فاصله‌گذار کم‌تلفات با ضریب گذردهی نسبی پایین استفاده کرد. فاصله‌گذار نباید در مقادیر SAR متوسط‌گیری شده‌ی 1 g و/یا 10 g بیش‌تر از 1% تغییر ایجاد کند. فاصله بین سطح زیرین پیکر پر شده با مایع و مرکز دوقطبی مرجع (مشخص شده با S) برای هر بسامد آزمون، در محدوده 0.2 mm مشخص شده است. دوقطبی مرجع باید در بسامد آزمون دارای تلفات برگشتی بهتر از -20 dB (که در سامانه آزمون اندازه‌گیری شده است) باشد تا موجب کاهش عدم قطعیت در اندازه‌گیری توان شود. برای برآورده شدن این الزام، تنظیم دقیق دوقطبی‌های مرجع با استفاده از دی‌الکتریک کم‌تلف یا عناصر تنظیم فلزی در انتهای دوقطبی، قابل قبول است. برای مشاهده ابعاد مکانیکی دوقطبی به شکل ت-۱ و جدول ت-۱ مراجعه کنید.

در بسامدهای بالای 3 GHz اثر فاصله‌گذار بر امپدانس دوقطبی می‌تواند حائز اهمیت باشد، به عبارت دیگر فاصله‌گذار مستقل نیست، از این رو باید به عنوان قسمتی جداناپذیر از دوقطبی در نظر گرفته شود. لذا همواره باید همان فاصله‌گذاری که دوقطبی با آن بهینه شده است، مورد استفاده قرار گیرد. اثر تغییر مکان فاصله‌گذار نسبت به نقطه تغذیه، لازم است ارزیابی و در بودجه عدم قطعیت دوقطبی در نظر گرفته شود. (۶-۲-۷)

ت-۲ مقادیر SAR هدف

ت-۲-۱ مقادیر SAR هدف، زیر 3 GHz

ابعاد مکانیکی دوقطبی‌ها باید با رواداری کم‌تر از $\pm 2\%$ برآورده شود. مقادیر هدف در جدول ب-۱ ارائه شده است. مهم است که، با روش‌های عددی ثابت شود که این فاصله‌گذار، مقادیر SAR متوسط‌گیری شده 1 g و/یا 10 g را بیش‌تر از 1% تغییر نمی‌دهد.

ت-۲-۲ مقادیر SAR هدف، بالای 3 GHz

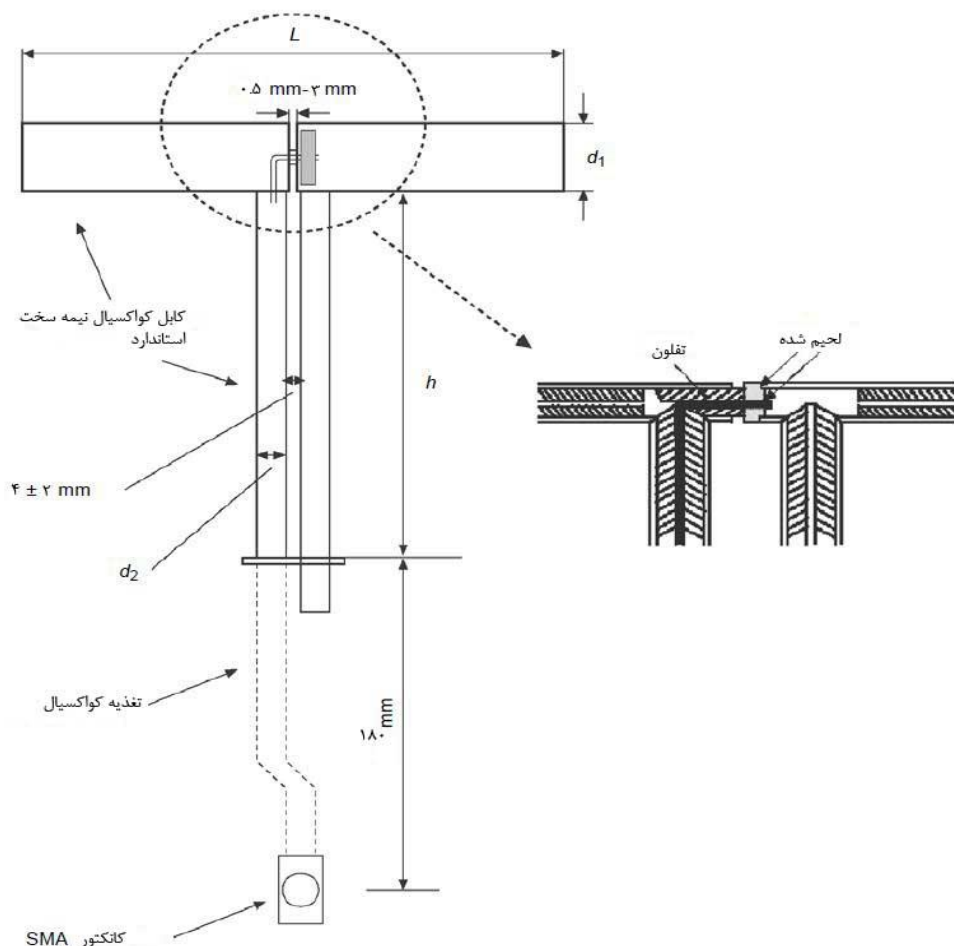
مقادیر هدف، بالای 3 GHz به دلیل اثر بیش‌تر از فاصله‌گذار، زیر پیکر و رواداری‌های مکانیکی، نمی‌توانند همانند بسامدهای پایین 3 GHz به طور جامع ارائه شوند. به این ترتیب ممکن است مقادیر هدف از یک دوقطبی به دیگری متفاوت باشد. برای هر دوقطبی که در راستی‌آزمایی سامانه استفاده می‌شود، تهیه‌ی یک سند کامل از تحلیل‌ها، براساس شبیه‌سازی‌های عددی دارای اهمیت است. این سند باید شامل تحلیلی از میزان حساسیت نسبت به رواداری‌های مکانیکی، مدل‌سازی نقطه تغذیه و ویژگی‌های پیکر باشد.

جدول ت-۱ - ابعاد مکانیکی دو قطبی‌های مرجع

| d_2 mm | d_1 mm | h mm | L mm | ضخامت پوسته پیکر mm | بسامد MHz |
|-------------|-------------|---------|---------|------------------------------|--------------|
| | ۶,۳۵ | ۲۵۰,۰ | ۳۹۶,۰ | ۶,۳ | ۳۰۰ |
| | ۶,۳۵ | ۲۵۰,۰ | ۴۲۰,۰ | ۲,۰ | ۳۰۰ |
| | ۶,۳۵ | ۱۶۶,۷ | ۲۷۰,۰ | ۶,۳ | ۴۵۰ |
| | ۶,۳۵ | ۱۶۶,۷ | ۲۹۰,۰ | ۲,۰ | ۴۵۰ |
| | ۶,۳۵ | ۱۰۰,۰ | ۱۷۶,۰ | ۲,۰ | ۷۵۰ |
| | ۳,۶ | ۸۹,۸ | ۱۶۱,۰ | ۲,۰ | ۸۳۵ |
| | ۳,۶ | ۸۳,۳ | ۱۴۹,۰ | ۲,۰ | ۹۰۰ |
| | ۳,۶ | ۵۱,۷ | ۸۹,۱ | ۲,۰ | ۱۴۵۰ |
| | ۳,۶ | ۴۱,۷ | ۷۲,۰ | ۲,۰ | ۱۸۰۰ |
| | ۳,۶ | ۳۹,۵ | ۶۸,۰ | ۲,۰ | ۱۹۰۰ |
| | ۳,۶ | ۳۸,۵ | ۶۶,۳ | ۲,۰ | ۱۹۵۰ |
| | ۳,۶ | ۳۷,۵ | ۶۴,۵ | ۲,۰ | ۲۰۰۰ |
| | ۳,۶ | ۳۰,۴ | ۵۱,۵ | ۲,۰ | ۲۴۵۰ |
| | ۳,۶ | ۲۹,۰ | ۴۹,۱ | ۲,۰ | ۲۵۸۵ |
| | ۳,۶ | ۲۸,۸ | ۴۸,۵ | ۲,۰ | ۲۶۰۰ |
| | ۳,۶ | ۲۵,۰ | ۴۱,۵ | ۲,۰ | ۳۰۰۰ |
| | ۳,۶ | ۲۶,۴ | ۳۷,۰ | ۲,۰ | ۳۵۰۰ |
| | ۳,۶ | ۲۶,۴ | ۳۴,۷ | ۲,۰ | ۳۷۰۰ |
| ۲,۱ | ۳,۶ | ۴۰,۳ | ۲۶,۶ | ۲,۰ | ۵۰۰۰ |
| ۲,۱ | ۳,۶ | ۴۰,۳ | ۲۰,۶ | ۲,۰ | ۶۰۰۰ |

یادآوری ۱- تلرانس روی L, h و d باید در محدوده $\pm 2\%$ باشد.

یادآوری ۲- مقادیر برای ۵۰۰۰ MHz تا ۶۰۰۰ MHz برای پوسته پیکر با ضخامت ۲ mm معتبر است.
تلفات بازگشتی باید بیش‌تر از ۲۰ dB (بهتر از ۲۰ dB-) باشد.



راهنما

L: طول دو قطبی

d_1 : قطر بازوی دو قطبی

d_2 : قطر شاخک

h: طول قسمت چوک بالن

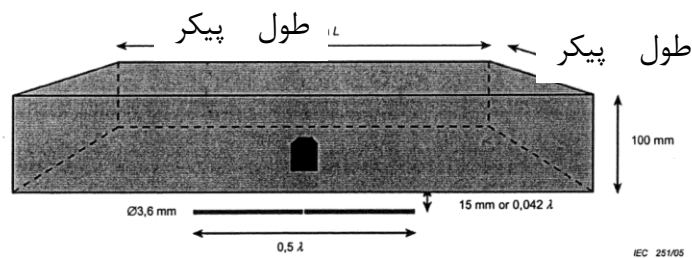
شکل ت-۱- ابعاد مکانیکی دو قطبی‌های مرجع

ت-۳ پیکر تخت

تأثیر ابعاد پیکر مسطح (به شکل ت-۲ رجوع شود) روی انرژی جذب‌شده در یک مکعب 10 g واقع در درون پیکر منحصراً از مایع (بدون جعبه)، به روش عددی با استفاده از کدهای تجاری FDTD ارزیابی شد. پیکر با یک آنتن دو قطبی تطبیق داده شده در فاصله 15 mm (0.1042λ در بسامد 840 MHz) تحت پرتو دهی قرار گرفت. ابعاد پیکر (L, W) بین 0.4λ و 3λ تغییر داده شد. توان جذب‌شده در مکعب به صورت انتخابی به جریان 1 A و نقطه تغذیه یا توان W به‌هنگار شد. با این که در توان جذب‌شده در مکعب در هنگام به‌هنگار شدن به توان نقطه تغذیه یا به جریان نقطه تغذیه انحرافی رخ می‌دهد، برای نگه‌داشتن عدم قطعیت زیر 1% ، کمینه ابعاد ضروری پیکر برای هر دو روش به‌هنگارسازی تعیین شدند. شرایط بالا برای ابعاد پیکر مسطح آن‌چنان که در شکل ح-۲ نشان داده شده است، در طول بزرگتر از 0.6λ و در عرض بزرگتر از 0.4λ حاصل می‌شوند. تأثیر عرض پیکر خیلی زیاد نیست با این وجود عرض پیکر برای حفظ انحراف توان جذب شده در

محدوده ۱٪، نباید کمتر از 0.4λ باشد. ابعاد ساختار پیکر می‌تواند در قالب طول موج فضای آزاد مقیاس شود. وابستگی به ویژگی‌های مایع تا زمانی که تل حدودی تلفاتی است، خیلی بحرانی نیست. اثراتی که منجر به تفاوت‌ها می‌شوند، به اختلال دامنه جریان دوقطبی و توزیع فضایی آن بستگی دارد. از آنجا که ابعاد دوقطبی در مقایسه با حجم‌های متوسط‌گیری SAR بزرگ است، اختلال با افزایش اندازه حجم افزایش پیدا می‌کند. اگرچه عمق استفاده شده در این مطالعه به جای ۱۵۰ mm مورد نیاز برای پیکر مسطح در پیوست ت، ۱۰۰ mm بوده است، 2.57 برابر عمق نفوذ در ۸۴۰ MHz است و بنابراین انعکاس توان در سطح مایع قابل صرف‌نظر کردن است. (کمتر از ۱٪)

یادآوری - مکعب متوسط‌گیری ۱۰ g به دلیل ابعاد بزرگتری که دارد، به تغییرات ابعاد حساس‌تر است به عبارت دیگر عدم قطعیت مرتبط با متوسط ۱ g کمتر از متوسط ۱۰ g است.

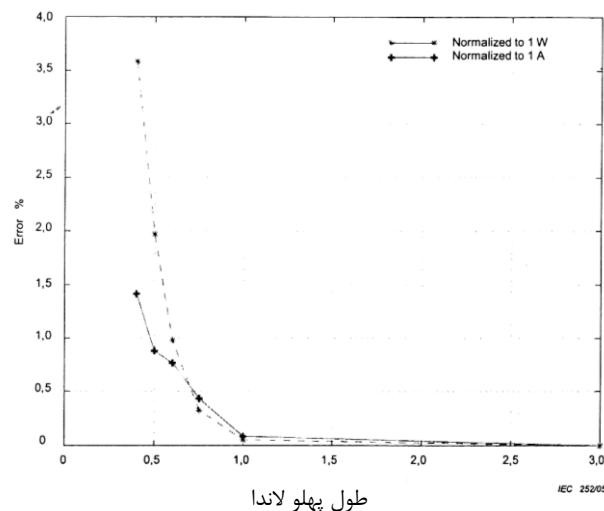


راهنما

λ طول موج فضای آزاد

یادآوری - مکعب ۱۰ گرمی در مرکز پایین پیکر مسطح نشان داده شده است.

شکل ت-۲ - ابعاد ساختار پیکر مسطح استفاده شده برای به دست آوردن کمینه ابعاد برای L, W



شکل ت-۳ - عدم قطعیت پیش‌بینی شده توسط FDTD در اوج متوسط فضایی SAR ۱۰ g به عنوان تابعی از ابعاد پیکر مسطح در مقایسه با پیکر مسطح نامحدود

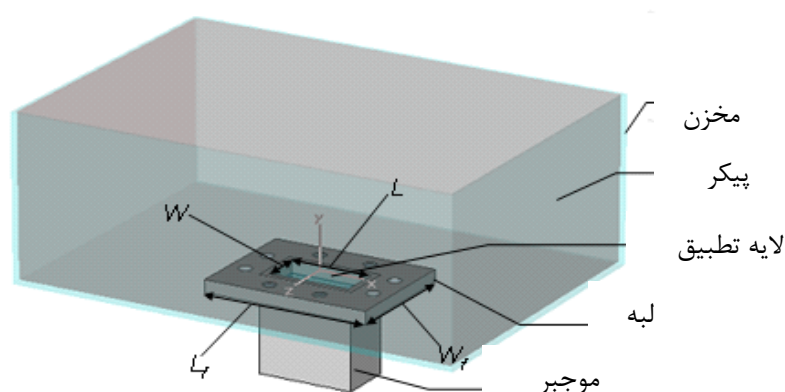
جدول ت-۲ - پارامترهای استفاده شده برای محاسبه مقادیر مرجع SAR در جدول ب-۱

| فاصله دوقطبی مرجع S از مابع، mm | ابعاد پیکر استفاده شده برای مدل های FDTD mm x,y,z | تفوذپذیری پوسته پیکر | ضخامت پوسته پیکر mm | بسامد MHz |
|---------------------------------------|--|----------------------------|---------------------------|--------------|
| ۱۵ | ۱۷۰،۸۰۰،۱۰۰۰ | ۳،۷ | ۶،۳ | ۳۰۰ |
| ۱۵ | ۱۷۰،۶۰۰،۷۰۰ | ۳،۷ | ۶،۳ | ۴۵۰ |
| ۱۵ | ۱۵۰،۳۰۰،۳۶۰ | ۳،۷ | ۲،۰ | ۸۳۵ |
| ۱۵ | ۱۵۰،۳۰۰،۳۶۰ | ۳،۷ | ۲،۰ | ۹۰۰ |
| ۱۰ | ۱۵۰،۲۰۰،۲۴۰ | ۳،۷ | ۲،۰ | ۱۴۵۰ |
| ۱۰ | ۱۵۰،۱۶۰،۲۲۰ | ۳،۷ | ۲،۰ | ۱۸۰۰ |
| ۱۰ | ۱۵۰،۱۶۰،۲۲۰ | ۳،۷ | ۲،۰ | ۱۹۰۰ |
| ۱۰ | ۱۵۰،۱۶۰،۲۲۰ | ۳،۷ | ۲،۰ | ۱۹۵۰ |
| ۱۰ | ۱۵۰،۱۴۰،۱۶۰ | ۳،۷ | ۲،۰ | ۲۰۰۰ |
| ۱۰ | ۱۵۰،۱۲۰،۱۸۰ | ۳،۷ | ۲،۰ | ۲۴۵۰ |
| ۱۰ | ۱۵۰،۱۶۰،۲۲۰ | ۳،۷ | ۲،۰ | ۳۰۰۰ |

این جدول، پارامترهای استفاده شده برای مدل عددی FDTD را نمایش می‌دهد.

ت-۴ - ابعاد مکانیکی منبع موجبری استاندارد

وقتی آزمون صحه‌گذاری سامانه زیربند ب-۳ دنبال شود، منبع موجبری استاندارد شکل ت-۴ با ابعاد مکانیکی داده شده در جدول ت-۳ (مربوط به موجبر WR159 یا UK WG-13)، مقادیر SAR داده شده در جدول ب-۲ را ایجاد می‌کند. در صورتی که از موجب‌رهایی استفاده شود که پارامترهای متفاوتی از آنچه در جدول ت-۳ داده شده دارند، یا در صورتی که موجبر در بسامدهایی به غیر از آنهایی که در جدول ت-۳ فهرست شده‌اند استفاده شود، مقادیر SAR مرجع برای آن منابع باید مستند و مستقل بازبینی شود. (برای مثال توسط مقایسه شبیه‌سازی‌های عددی با اندازه‌گیری‌ها).



شکل ت-۴ - منبع موجبر استاندارد

جدول شماره ت-۳ - ابعاد مکانیکی موجبرهای استاندارد

| ϵ mm | T mm | W_f mm | L_4 mm | W mm | L mm | ضخامت پوسته پیکر | بسامد MHz |
|------------------|---------|-------------|-------------|---------|---------|---------------------|--------------|
| ۶ | ۵,۳ | ۶۱,۹۸ | ۸۱,۰۳ | ۲۰,۱۹ | ۴۰,۳۹ | ۲ | ۵۲۰۰ |
| ۶ | ۴,۳ | ۶۱,۹۸ | ۸۱,۰۳ | ۲۰,۱۹ | ۴۰,۳۹ | ۲ | ۵۸۰۰ |

یادآوری - L و W طول و عرض داخلی موجبر و t و ϵ_r ضخامت و گذردهی نسبی لایه تطبیق است. L_f و W_f طول و عرض خارجی فلنچ است. لایه تطبیق یک قطعه دی الکتریک بدون تلف است که سطح مقطع عرضی موجبر را پر می کند. موجبر و لایه تطبیق در تماس مستقیم با پوسته پیکر قرار دارد.

پیوست ث

(اطلاعاتی)

مثالی از دستور تهیه مایعات هم‌ارز بافت

ث-۱ کلیات

ویژگی‌های دی‌الکتریکی ماده مایع هم‌ارز بافت استفاده‌شده در پوسته پیکر باید مطابق با مواد فهرست‌شده در جدول ۱ باشد. برای ویژگی‌های دی‌الکتریکی مایع هم‌ارز بافت بسامدهای دیگر در گستره بسامدی، باید از روش درون‌یابی خطی استفاده شود. جدول ث-۱ مثال‌هایی از دستور تهیه مایعات را با پارامترهایی آن‌چنان‌که در جدول ۱ تعریف شده است پیشنهاد می‌کند.

مثال‌های بیش‌تری از دستورات تهیه، در پیوست خ از استاندارد ملی به شماره سال: ۱۱۳۸۷-۱۱۸۷۵ داده شده است.

هشدار- برای تضمین ایمنی کارکنان، کاربران باید از دستورالعمل ارائه شده در برگه داده ایمنی ماده برای هر ماده و یا از هر مقررات محلی، پیروی کنند.

ث-۲ مواد تشکیل دهنده

از مواد ذیل برای تهیه مایعات هم‌ارز بافت سر استفاده می‌شود:

الف) ساکاروز (شکر) (خلوص < ۹۸٪)

ب) کلرید سدیم (نمک) (خلوص < ۹۹٪)

پ) آب غیر یونیزه (مقاومت کمینه $16\text{ M}\Omega$)

ت) هیدروکستیل سلولز (HEC)

ث) باکتری‌کش

ج) دی‌اتیلن گلیکول بیوتیل اتر (DGBE) (خلوص < ۹۹٪)

چ) مونوپلی‌اتیلن گلیکول [۴- (۱،۱،۳،۳-تترامتیل بیوتیل) فنیل‌اتر]. این ماده تحت عنوان (تریتون X-۱۰۰) در دسترس است. کیفیت تریتون X-۱۰۰ باید فوق خالص باشد تا با ترکیبات نمک^۱ مطابقت داشته باشد.

ح) دی‌آستین

خ) ۱،۲- پروپاندیول

د) پلی‌اکسیتیلن (۲۰) سوربیتان مونولوریت (Tween 20)

ذ) Emulsifiers

ر) روغن معدنی

یادآوری ۱- گر انرژی مایع هم‌ارز بافت بر مبنای HEC باید به اندازه کافی پایین باشد تا حرکت پروب میدان E را تحت تاثیر قرار ندهد.

یادآوری ۲- ابتدا نمک را به آب اضافه کرده تا محلول نمکی ساخته شود، سپس تریتون X-۱۰۰ را اضافه کنید کنید.

^۱ - فرمول‌های مواد دارای تریتون X-۱۰۰ تحت بازنگری و اصلاح هستند.

یادآوری ۳- نتایج واقعی و درصدهای مخلوط ممکن است بسته به رده و نوع اجزا استفاده شده، متفاوت از آنهایی باشند که نشان داده شده‌اند.

یادآوری ۴- فرمول‌های شامل Tritron-X100 تحت مرور و بازبینی هستند.

جدول شماره ۱-۱ - فرمول‌های مایع هم‌ارز بافت (گذردهی / رسانایی ویژه)

| ۹۰۰ | | ۸۳۵ | | ۴۵۰ | ۱۴۴ | | ۵۰ | | ۳۰ | بسامد |
|---------------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| ۴ | ۲ | ۲ | ۴ | ۲ | ۳ | ۲ | ۲ | ۳ | ۳ | شماره منبع دستور تهیه |
| مواد تشکیل دهنده (درصد وزنی) | | | | | | | | | | |
| ۵۶ | ۵۰/۳۱ | ۵۰/۳۶ | ۵۶ | ۴۸/۵۳ | ۴۸/۳۰ | ۵۵/۱۲ | ۵۳/۵۳ | ۴۸/۳۰ | ۴۸/۳۰ | آب غیر یونیزه |
| | | | | | | | | | | Tween |
| | ۴۸/۳۴ | ۴۸/۳۹ | | ۴۹/۵۱ | | ۴۳/۳۱ | ۴۴/۷۰ | | | روغن معدنی اکسید شده |
| ۴۴ | | | ۴۴ | | | | | | | دی اتیلن گلیکول مونوهگزیل اتر |
| | | | | | | | | | | Triton X-100 |
| | | | | | ۵۰/۰۰ | | | ۵۰/۰۰ | ۵۰/۰۰ | دیاستین |
| | | | | | | | | | | DGBE |
| | ۱/۳۵ | ۱/۲۵ | | ۱/۹۶ | ۱/۶۰ | ۱/۵۷ | ۱/۷۷ | ۱/۶۰ | ۱/۶۰ | NaCl |
| | | | | | ۰/۱۰ | | | ۰/۱۰ | ۰/۱۰ | مواد افزودنی و نمک |
| پارامترهای دی‌الکتریک اندازه‌گیری شده | | | | | | | | | | |
| ۴۰/۶ | ۴۱/۰ | ۴۱/۶ | ۴۲/۳ | ۴۲/۲۹ | ۵۱/۰ | ۵۲/۸۱ | ۵۴/۵۴ | ۵۳/۱ | ۵۴/۲ | ϵ_r |
| ۰/۹۸ | ۰/۹۸ | ۰/۹۰ | ۰/۸۴ | ۰/۸۸ | ۰/۷۷ | ۰/۷۶ | ۰/۷۶ | ۰/۷۵ | ۰/۷۵ | (S/m) σ |
| ۲۰ | ۲۱ | ۲۱ | ۲۰ | ۲۱ | | ۲۱ | ۲۱ | | | دما (°C) |
| | ۰/۰۴ | ۰/۰۴ | | ۰/۱ | ۰/۱ | | | ۰/۱ | ۰/۱ | $\epsilon_{temp_liquid_uncertainty}$ (%) |
| | ۱/۶ | ۱/۶ | | ۴/۲ | ۲/۶ | | | ۲/۸ | ۲/۸ | $\sigma_{temp_liquid_uncertainty}$ (%) |
| مقادیر هدف از جدول ۱ | | | | | | | | | | |
| ۴۱/۵ | | ۴۱/۵ | | ۴۳/۵ | | ۵۲/۴ | | ۵۴/۵ | ۵۵/۰ | ϵ_r |
| ۰/۹۷ | | | | ۰/۸۷ | | ۰/۷۶ | | ۰/۷۵ | ۰/۷۵ | (S/m) σ |

جدول شماره ث-۱ - ادامه

| ۶۰۰۰ | ۵۸۰۰ | ۵۲۰۰ | ۵۰۰۰ | ۴۰۰۰ | ۲۴۵۰ | ۱۸۰۰ | | بسامد |
|--|-------|-------|------|------|------|------|-------|--|
| ۴ | ۱ | ۱ | ۴ | ۴ | ۴ | ۴ | ۲ | شماره منبع دستور تهیه |
| مواد تشکیل دهنده (درصد وزنی) | | | | | | | | |
| ۵۶ | ۶۵/۵۳ | ۶۵/۵۳ | ۵۶ | ۵۶ | ۵۶ | ۵۶ | ۵۴/۲۳ | آب غیر یونیزه |
| ۴۴ | | | ۴۴ | ۴۴ | ۴۴ | ۴۴ | | Tween |
| | ۱۷/۲۴ | ۱۷/۲۴ | | | | | | روغن معدنی اکسید شده |
| | ۱۷/۲۴ | ۱۷/۲۴ | | | | | | دی اتیلن گلیکول مونوهگزیل اتر |
| | | | | | | | | Triton X-100 |
| | | | | | | | | دیاستین |
| | | | | | | | ۰/۵۰ | DGBE |
| | | | | | | | | NaCl |
| | | | | | | | | مواد افزودنی و نمک |
| پارامترهای دی الکتریک اندازه گیری شده | | | | | | | | |
| ۳۲/۲ | ۳۵/۲ | ۳۶/۸ | ۳۴ | ۳۵/۸ | ۳۷/۹ | ۳۸/۹ | ۴۰/۲ | ϵ_r |
| ۵/۴۴ | ۵/۲۹ | ۶۰۴ | ۴/۲۹ | ۳/۱۸ | ۱/۸۳ | ۱/۴۲ | ۱/۴۱ | $(S/m)\sigma$ |
| ۲۰ | ۲۲ | ۲۲ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۱ | دما (°C) |
| | ۱/۸ | ۱/۷ | | | | | ۰/۴ | $\epsilon_{temp_liquid\ uncertainty}$ (%) |
| | ۲/۶ | ۲/۷ | | | | | ۲/۳ | $\sigma_{temp_liquid\ uncertainty}$ (%) |
| مقادیر هدف از جدول ۱ | | | | | | | | |
| ۳۵/۳ | ۳۵/۳ | ۳۶/۰ | ۳۶/۲ | ۳۷/۴ | ۳۹/۲ | ۴۰/۰ | | ϵ_r |
| ۵/۲۷ | ۵/۰۷ | ۴/۶۶ | ۴/۴۵ | ۳/۴۳ | ۱/۸ | ۱/۴۰ | | $(S/m)\sigma$ |
| <p>یادآوری ۱- ستون های چندگانه زیر یک بسامد نشان دهنده ی دستور تهیه اختیاری است.</p> <p>یادآوری ۲- شماره دستور تهیه، مرجع: ۱ [تایید شده توسط آزمایشگاه های مختلف]، ۲ [۲۰]، ۳ [۶۴]، ۴ [۶۵].</p> <p>یادآوری ۳- مقادیر $\epsilon_{temp_liquid\ uncertainty}$ (%) و $\sigma_{temp_liquid\ uncertainty}$ (%) عدم قطعیت دمای مایع شرح داده شده در زیربند ۴-۲-۷ بر مبنای اندازه گیری های دستور تهیه مایع قابل کاربرد بالا است. این موارد قسمتی از انتشارات اصلی نبوده اما متعاقباً توسط تیم پروژه توسعه داده شده است.</p> | | | | | | | | |

پیوست ج

(الزامی)

تصحیح SAR ناشی از انحرافات گذردهی مختلط از اهداف

ج-۱ کلیات

در این استاندارد، پارامترهای عایقی مایع هم‌ارز بافت که برای اندازه‌گیری SAR استفاده شده است، طوری انتخاب شده‌اند تا مقدار SAR آنها، نسبت به در معرض قرارگیری فرد، محافظه‌کارانه باشند. انحراف‌های پارامترهای دی‌الکتریک از مقادیر هدف می‌تواند منجر به عدم قطعیت در اندازه‌گیری شود. یک راه برای کاهش عدم قطعیت اندازه‌گیری، حفظ پارامترهای عایقی مایعات هم‌ارز بافت در یک محدوده‌ی کوچک رواداری به اهداف است. (به‌طور مثال تا $\pm 5\%$) به هر حال یافتن دستور تهیه ثابت و مناسب برای مایعی که پارامترهای دی‌الکتریک آن نزدیک به اهداف باشد، خصوصاً در بسامدهای بالای ۲ GHz می‌تواند دشوار باشد. برای رفع این مشکل سه راه حل وجود دارد:

الف- تغییر پارامترهای دی‌الکتریک مورد نظر به منظور تطابق آنها با دستور تهیه مایع موجود؛

ب- افزایش رواداری (بدون تصحیح SAR برای انحراف پارامترهای دی‌الکتریک)

پ- پذیرش رواداری گسترده‌تر و تصحیح SAR حاصل از انحراف پارامترهای دی‌الکتریک اندازه‌گیری شده از مقادیر هدف.

سومین گزینه بهترین راه حل است زیرا که تغییر اهداف، ممکن است استاندارد را به دستور تهیه مایع مشخصی محدود کند، و گسترده کردن رواداری، عدم قطعیت در اندازه‌گیری را به آسانی افزایش می‌دهد.

روش استفاده شده برای تعیین تصحیح SAR، در [13] و [14] شرح داده شده است. این روش‌ها در محدوده‌ی بسامدی ۳۰ MHz - ۶۰۰۰ MHz هدایت شده است. همچنین روش‌ها برای گذردهی و هدایت، در گستره‌های $\pm 2\%$ از مقادیر هدف جدول ۱ بررسی شده است، البته همان‌طور که در زیربند ۶-۱-۱ توضیح داده شده، در این استاندارد گستره‌های $\pm 10\%$ انتخاب شده است. تغییر در پارامترهای دی‌الکتریک بر روی فاکتور تبدیل پروب تاثیر می‌گذارد و اگر گستره‌ی $\pm 10\%$ استفاده شده باشد این تاثیرات کوچک خواهد بود. (به [13] رجوع شود).

ج-۲ فرمول تصحیح SAR

از [13] و [14]، رابطه‌ای خطی بین درصد تغییر SAR (نشان داده شده با ΔSAR) و درصد تغییر گذردهی و هدایت از مقادیر هدف جدول ۱ (نشان داده شده با $\epsilon \Delta r$ و $\Delta \delta$ به ترتیب) یافته شده است. این رابطه‌ی خطی، با نتایج کاستر و بالزانو^۱ [48] و بیت بابیک^۲ تطابق دارد [2]. این رابطه در زیر داده شده است:

$$\Delta SAR = C\epsilon \Delta \epsilon r + C\delta \Delta \delta \quad (\text{ج-۱})$$

که،

$C\epsilon = \partial(\Delta SAR)/\partial(\Delta \epsilon)$ ضریبی است که نشان‌دهنده‌ی میزان حساسیت SAR به گذردهی بوده، که SAR به توان خروجی هنجار شده است.

1 -Kuster and Balzano

2 -Bit-Babik

$c\sigma = \partial(\Delta SAR)/\partial(\Delta\sigma)$ ضریبی است که نشان‌دهنده‌ی میزان حساسیت SAR به هدایت بوده، که SAR به توان خروجی هنجار شده است.

مقادیر C_{Σ} و C_{Γ} رابطه‌ی ساده‌ای با بسامد دارد که با استفاده از معادله چندجمله‌ای قابل توصیف است. برای SAR متوسط‌گیری شده C_{Σ} و C_{Γ} برابر است با:

$$c_{\Sigma} = -7,854 \times 10^{-4} f^3 + 9,402 \times 10^{-3} f^2 - 2,742 \times 10^{-2} f - 0.2026 \quad (2-ج)$$

$$c_{\Gamma} = 9,804 \times 10^{-3} f^3 - 8,661 \times 10^{-2} f^2 + 2,981 \times 10^{-2} f + 0.7829 \quad (3-ج)$$

برای SAR متوسط‌گیری شده log متغیرهای C_E و C_{σ} به صورت زیر هستند:

$$c_{\Sigma} = 3,456 \times 10^{-3} f^3 - 3,531 \times 10^{-2} f^2 + 7,675 \times 10^{-2} f - 0.1860 \quad (4-ج)$$

$$c_{\Gamma} = 4,479 \times 10^{-3} f^3 - 1,586 \times 10^{-2} f^2 - 0,1972 f + 0.7717 \quad (5-ج)$$

ج-۳ عدم قطعیت فرمول تصحیح

عدم قطعیت متوسط توان برای معادلات در زیربند ج-۲ که در [13] تعریف شده است، به‌عنوان خطای موثر بین انحراف SAR پیش‌بینی‌شده با فرمول‌ها و انحراف شبیه‌سازی‌شده بر روی ۴۴۰ مورد تحلیل شده، در جدول ج-۱ برای بیشینه SAR متوسط ۱ گرمی و بیشینه SAR متوسط ۱۰ گرمی نشان داده شده است. شکل ج-۱ نشان می‌دهد که چطور با افزایش بیشینه مقدار مجاز $\epsilon\Delta r$ و $\Delta\delta$ ، خطای توان متوسط افزایش می‌یابد. همین‌طور در قسمت [13] نشان داده شده است که این اصلاحات، برای مدل‌های واقعی گوشی بی‌سیم معتبر هستند.

جدول ج-۱ - خطای جذر میانگین توان دوم معادلات ج-۱ تا ج-۳، به‌عنوان تابعی از حداکثر تغییر در هدایت و گذردهی [13]

| RMS | RMS | RMS |
|------|-----|--------|
| ۰٫۹۷ | ۱٫۲ | ± ۵ % |
| ۱٫۶ | ۱٫۹ | ± ۱۰ % |

با استفاده از این رویکرد، به‌دلیل این واقعیت که این اصلاحات نیاز به عدم قطعیت ناشی از انحراف پارامترهای دی‌الکتریک از مقادیر هدف را رفع می‌کند، عدم قطعیت اندازه‌گیری پایین‌تر می‌شود. در عوض یک مورد عدم قطعیت ناشی از خطای فرمول تصحیح وجود دارد. مقدار این عامل عدم قطعیت در جدول ج-۱ داده شده است. برای ± ۱۰٪ انحراف در گذردهی و هدایت، به‌ترتیب مقادیر ۱٫۹٪ و ۱٫۶٪ را در بودجه‌ی عدم قطعیت برای SAR متوسط‌گیری‌شده‌ی ۱ گرمی و ۱۰ گرمی وارد کنید. این مقادیر عدم قطعیت باید در ردیف مناسب جدول ۵-۶ و ۷ وارد شوند که در آن توزیع احتمال نرمال فرض شده است.

پیوست چ

(اطلاعاتی)

آزمون کیت دست آزاد

چ-۱ مفاهیم

این پیوست براساس قسمت [3] است، به طوری که برای جزئیات بیشتر باید به آن ارجاع داده شود. این پیوست روش اجرایی مناسب جهت ارزیابی SAR در ناحیه سر برای گوشی شخصی دست آزاد سیمی را شرح می‌دهد. یادآوری شده است که دیگر روش‌های اجرایی که از اصول پایه مشابه پیروی می‌کنند نیز مناسب خواهند بود.

ساختار آزمون، براساس اصول تنظیم‌شده در استاندارد ملی به شماره: ۱-۱۱۸۷۵-۱۱۸۷۵ سال: ۱۳۸۷ طراحی شده است، که باید در این استاندارد استفاده شود. به منظور انجام اندازه‌گیری‌های میدان الکتریکی در مایع هم‌ارز بافت سر به پیروی از روش‌های اجرایی استاندارد شناخته شده، باید از پروب ظریف همسانگرد E-field استفاده شود.

برای مقایسه صحیح باید از وضعیت‌های نشان داده شده در شکل چ-۱ و چ-۲ استفاده شود.

هر چند این استاندارد پیکر تخت را پذیرفته است، اما آزمون کیت دست آزاد با استفاده از پیکر تخت برقرار نشده است. به علاوه شکل و اندازه دقیقی از تنه پیکر آماده نشده است. این پیوست فقط چگونگی ارزیابی آگاهانه HFK را فراهم کرده است.



شکل چ-۱- پیکربندی گوشی شخصی دست آزاد سیمی



شکل چ-۲- پیکربندی گوشی شخصی دست آزاد بدون سیمی

باید از بافت سر شبیه‌سازی شده، متناسب با بسامد عملکرد، همان‌طور که در استاندارد ملی به شماره: ۱-۱۱۸۷۵ سال: ۱۳۸۷ تعریف شده است، استفاده شود.

دو وضعیتی که باید آزمون انجام شود عبارتند از:

- ناحیه سر مدل فایبرگلاس با مایع شبیه‌ساز پر شده باشد.

- کل پیکر پر شده باشد.

در هر دو ساختار ابتدا باید، تلفن در کنار گوش و سپس در کمر قرار گیرد، طوری که گوشی‌ها با سیم به تلفن وصل بوده و به داخل گوش فرو رفته باشند. پوشش باید در مساحت $32\text{mm} \times 32\text{mm}$ بر گوش متمرکز شده باشد. این منطقه برای پیدا کردن تغییرات SAR در ناحیه‌ی نزدیک به گوش انتخاب شده است. حداکثر SAR در سر نیز باید اندازه‌گیری شود.

پیکرهای انسان‌دیس که برای اندازه‌گیری‌های ادوات دست آزاد استفاده می‌شوند، باید در بردارنده‌ی نیم‌تنه باشند، یعنی نباید اندازه‌گیری‌ها تنها بر روی ناحیه سر انجام شود.

این مسئله تاثیر به‌سزایی بر روی نتایج می‌گذارد زیرا که انرژی RF تزویج شده در سیم‌های لوازم دست آزاد، به شدت توسط بدن تضعیف می‌شود.

چ-۲ نتایج نمونه

برای پیکری که قسمتی از آن توسط بافت شبیه‌سازی شده پر شده است و یک بلندگوی تلفن در مرکز گوش پیکر قرار گرفته است. بیشینه SAR متوسط‌گیری شده ۱ گرمی برابر با $1/2\text{ w/kg}$ است که در زیر گوش قرار گرفته است. بیشینه SAR متوسط‌گیری شده ۱ گرمی در محل گوش در حدود $0/4\text{ w/kg}$ بوده است. هنگامی که نیم‌تنه نیز با مایع هم‌ارز بافت پر شده باشد، تغییرات قابل توجهی در نتایج این اندازه‌گیری به‌وجود نیامده است زیرا که تلفن به‌طور عمده با سر در تماس است. در اندازه‌گیری ادوات گوشی، گوشی در مرکز کانال گوش پیکر و تلفن بر روی کمر بند قرار گرفته است. (به شکل چ-۱ مراجعه شود) در این مورد (با نیم‌تنه‌ی خالی) بیشینه SAR متوسط ۱ گرمی، اندازه‌گیری شده در گوش ($32\text{mm} \times 32\text{mm}$) $0/05\text{ w/kg}$ بوده که در مقایسه با حالتی که تلفن بر روی گوش قرار داشته نشان‌دهنده‌ی 87% (9dB) کاهش است. وضعیت مشابه، طبق حالت دوم، که نیم‌تنه‌ی پیکر کاملاً با مایع هم‌ارز بافت پر شده باشد، بیشینه SAR متوسط ۱ گرمی نزدیک به گوش برابر با $0/02\text{ w/kg}$ به‌دست می‌آید، یا دارای 95% (13dB) کاهش نسبت به حالت تلفن روی گوش است.

چ-۳ مباحثه

از این اندازه‌گیری مشخص است که: (۱) SAR نزدیک به گوش جایی که گوشی قرار گرفته است، در مقایسه با SAR بیشینه‌ی تولیدشده توسط تلفن، کم است. (۲) SAR بیشینه‌ی کلی در کنار گوش با لوازم جانبی گوشی قرار نمی‌گیرد. (۳) حضور نیم‌تنه، میدان حاصل از لوازم جانبی گوشی را تضعیف می‌کند، که در مقایسه با حالت اندازه‌گیری شده بدون نیم‌تنه، SAR کم‌تری را نتیجه می‌دهد. باید توجه داشت در حالت‌هایی که در بالا ذکر شد، تزویج بین تلفن و لوازم جانبی گوشی، همان‌طور که در اندازه‌گیری مجدد SAR حداکثر فراگیر حاصل از گوشی، در ناحیه‌ی سر و بدون حضور نیم‌تنه (همانند پیکربندی مشابه شرح داده شده برای اندازه‌گیری‌های دسته‌ی دوم)، بسیار شدید بوده است. بیشینه SAR متوسط ۱ گرمی برابر با $0/9\text{ w/kg}$ از این اندازه‌گیری‌ها به‌دست می‌آید. مجدداً باید توجه داشت که مکان این بیشینه، نزدیک به گوشی نیست بلکه به کمی پایین‌تر در ناحیه گونه تغییر پیدا کرده، که جریان مربوط به سیم گوشی قوی‌تر است. این به نتایج محاسبات با بهترین تزویج بین سیم و منبع RF، نزدیک است، که نشان‌دهنده‌ی کاهش شدید SAR بیشینه فراگیر در سر با حضور نیم‌تنه، حتی در صورت قوی بودن تزویج سیم و منبع RF گوشی است.

اندازه‌گیری‌های آزمایشی نیز نشان داده است که SAR حاصل از لوازم جانبی گوشی نزدیک به گوش، همواره کمتر از زمانی است که تلفن نزدیک به سر باشد. باید توجه داشت که اگر منبع RF اولیه از گوش برداشته شود، قرارگیری در معرض پرتوگر دوم (گوشی) در آن منطقه قرارگیری در معرض پرتو خیلی کم‌تری تولید می‌کند. به هر حال ممکن است اثر تضعیف بدن بر اساس موقعیت سیم نسبت به بدن تغییر یابد، اگر قسمت عمده‌ای از سیم لوازم جانبی دست آزاد به بدن کاربر نزدیک باشد، SAR اندازه‌گیری‌شده در ناحیه گوش بیش از ۱۰dB از SAR اندازه‌گیری‌شده حاصل از گوشی تنها در کنار سر، کم‌تر است.

پیوست ح

(اطلاعاتی)

ضریب به کرد پوست

یادآوری - تیم پروژه آگاه است که دامنه‌ی کار تدوین استاندارد اندازه‌گیری است. تصمیم‌گیری راجع به حدود قرارگیری در معرض پرتو از دامنه‌ی کار IEC خارج است. سنجه‌ی کنونی برای محدودیت‌های پایه بین ۱۰۰KHz تا ۱۰GHz ، SAR است. برای روشن شدن مساله‌ی مطرح شده در این پیوست، تیم پروژه‌ی 62209 از ICNIRP و IEEE ICES نظرخواهی فنی کرد و مشاوره گرفت.

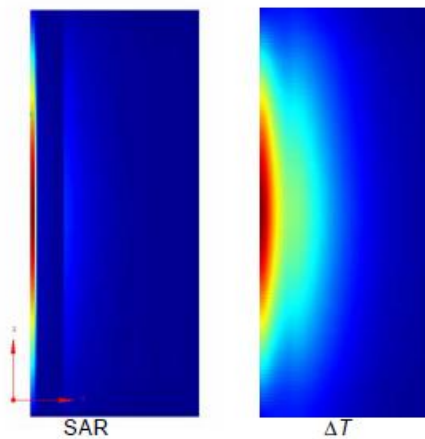
ح-۱ پیش زمینه

طی تدوین این استاندارد ، چندین بررسی ([6], [7], [71]) نشان داد که ممکن است مقادیر SAR موضعی حاصل از اندازه‌گیری‌های انجام گرفته در پیکر همگن، کم‌تر از مقادیر بیشینه‌ی اندازه‌گیری در مدل ناهمگن و واقعی (به لحاظ کالبدشناختی) بدن در ۱۹۰۰ MHz باشد. سپس برای راستی‌آزمایی این نتایج، تعدادی پروژه‌ی تحقیقاتی و شبیه‌سازی در کمیته فنی IEC شماره‌ی ۱۰۶ انجام گرفت. شبیه‌سازی‌ها با پیکرهای همگن و مدل‌های لایه‌ای شبیه‌سازی‌کننده‌ی ماهیچه‌ها و چربی پوست انجام شد. یافته‌های کریست^۱ در شبیه‌سازی‌های مربوط به سنجه‌ی SAR مورد تایید قرار گرفت.

استاندارد قرارگیری در معرض پرتو IEEE ICES C95.1 و توصیه‌نامه‌های ICNIRP برای حفاظت در برابر اثرات زیان‌بار اثبات شده برای سلامتی، طراحی شده است. طبق اعلام ICNIRP که در صفحه‌ی ۱۷ مرجع [10] آمده است: «اثرات اثبات شده‌ی زیست‌شناختی و سلامتی در گستره‌ی بسامدی ۱۰MHz تا چند GHz با پاسخ‌هایی به افزایش دمای بدن به میزان بیش از ۱ درجه‌ی سانتی‌گراد منطبق است.» با این وجود شبیه‌سازی‌های دما منتج به توزیع‌های متفاوتی در مقایسه با توزیع‌های SAR می‌شود (رجوع شود به شکل ح-۱) که توزیع افزایش دما خیلی ملایم‌تر از توزیع SAR مربوطه است. این نتیجه نشان می‌دهد که به‌کردهای SAR موضعی به‌طور معمول به‌کرد هم‌ارزی در افزایش دما پدید نمی‌آورد زیرا ماهیت زیربنای فیزیکی‌شان یعنی پدیده‌ی موجی بودن SAR و پدیده‌ی نشری^۲ بودن دما با هم فرق دارد.

1 -Christ

2 -Diffusion



شکل ح-۱ - شبیه‌سازی توزیع‌های افزایش دما (ΔT) و SAR برای مدل تنه‌ی صفحه‌ای سه لایه‌ای (پوست، چربی و ماهیچه)

ح-۲ منطق کار

دلایل بیش‌تر بودن مقادیر SAR موضعی در بافت ناهمگن اثرات موج ایستا است که وقتی لایه‌ی بافت کم‌آب مثل چربی، استخوان یا بافت سینه بین دو بافت پرآب مثل ماهیچه، پوست و اکثر اندام‌های داخلی و غیره محصور شده باشد، در شرایط قرارگیری در معرض پرتوی مشابه میدان دور^۱ رخ می‌دهد. معمول‌ترین ساختار آن است که لایه‌ی چربی بین پوست و ماهیچه قرار گیرد. امواج قرارگیری در معرض پرتوی گذری از پوست تقریباً در لایه‌ی بافت چربی پس از پوست تلف نمی‌شوند. اگر ضخامت لایه‌ی چربی حدود $\lambda/4$ باشد، فاز موج باز تابیده در لایه‌ی ماهیچه به موج ایستایی منجر می‌شود که بیشینه‌ی آن در لایه‌ی پوست قرار دارد. به این ترتیب SAR موضعی در پوست افزایش چشم‌گیری می‌یابد. حتی اگر از SAR در حجمی مکعبی متوسط‌گیری شود، که در این مورد حاوی مقدار نسبتاً زیادی بافت چربی خواهد بود، SAR اندازه‌گیری‌شده در حجم مشابهی از مایع همگن هم‌ارز بافت، برآورد محافظه‌کارانه‌ای از قرارگیری در معرض پرتو به‌دست نمی‌دهد. بحث مفصل‌تر و کمیت‌سنجی این اثر در [6], [7] آمده است.

ح-۳ شبیه‌سازی‌ها

تیم پروژه در نوشته‌های موجود در مورد سن، جنسیت و نژاد در زمینه‌های زیر تحقیق کرده است:

- توزیع آماری ضخامت روپوست به اضافه‌ی زیر پوست
- توزیع آماری ضخامت لایه‌ی چربی
- ضخامت ارایه شده توسط انحراف معیار و میانگین

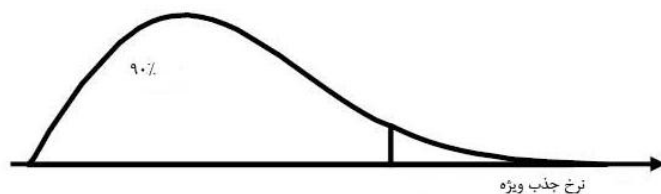
کالبد و فیزیولوژی پوست در طول عمر دچار تغییرات می‌شود. طبق فرض دیلر^۲ [12] ضخامت پوست کودکان ۷۲ درصد ضخامت پوست بزرگسالان است.

موقعیت‌های افزاره‌ی بدن پوش طبق گزارش دانشگاه کارنگی ملون^۳ [26] انتخاب شد. در این گزارش قسمت‌هایی از بدن انسان مشخص شده است که در آن ادوات رادیویی بدون اثر منفی بر فرد به‌واسطه‌ی حرکت، قابل حمل است. پوشش‌پذیری پویا به وضعیت‌های بدن محدود می‌شود، وضعیت‌هایی مثل:

1 -Far-field-like
2 -Diller
3 -Carnegie Mellon

- ماهیچه سه سر بازو؛
- ساعد؛
- قسمت بالای قفسه سینه؛
- قسمت زیر کتف؛
- بالای لگن خاصره در قسمت پشت بدن؛
- قوزک پا؛
- ماهیچه ساق پا؛
- قسمت جلوی ران؛
- پهلوها.

ضخامت بافت بدن در افراد مختلف فرق می کند و ضخامت های مختلف دارای توزیع احتمال است. SAR بافت پوست و چربی مفروض (ts, tf) طبق $p(ts) p(tf)$ توسط احتمال ضخامت، وزن دهی می شوند.



شکل ح-۲ - رویکرد آماری برای حفاظت ۹۰ درصد جمعیت

شبیه سازی ها برای نواحی پوشش پذیری مختلف و با داده های برگرفته از بررسی نوشته های تحقیقاتی راجع به ضخامت پوست و چربی بدن انسان [81] انجام شد. آنتن هایی به طول الکتریکی λ ۰٫۲۳، λ ۰٫۳۵، λ ۰٫۴۷، λ ۰٫۵، λ ۰٫۱۰ و λ ۰٫۰۵ در بسامدهای بین ۳۰ MHz تا ۶ GHz مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. SAR افزایش یافته با فاصله ی آنتن از بدن نیز تغییر می کند. این فاصله به بسامد بستگی دارد.

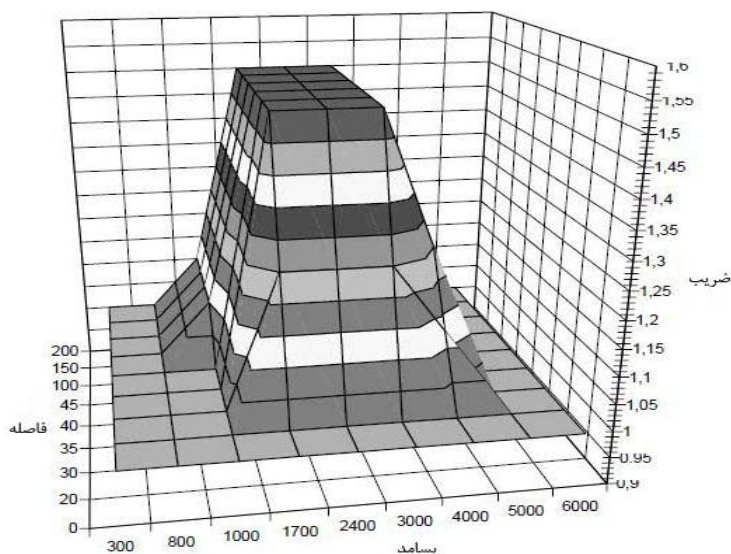
ح-۴ توصیه

نتایج تمام شبیه سازی ها برای ضخامت های مختلف پوست، ضخامت های مختلف لایه های چربی و پارامترهای دی الکتریکی مختلف، آنتن های مختلف و فواصل مختلف از بدن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. از تمام این شبیه سازی ها و با پذیرش ضریب پوشش آماری برای محافظت ۹۰٪ جمعیت (شکل ح-۲)، می توان ضرایب به کرد پوست را به صورت نشان داده شده در جدول ح-۱ و شکل ح-۳ به دست آورد.

جدول ح-۱- ضرایب اصلاح متوسط فضایی SAR

| باند بسامد | دستگاه به فاصله پیکر | ضریب بهبود پوست * |
|----------------------|----------------------|------------------------------|
| ۸۰۰ MHz تا ۳۰۰ MHz | ۰ mm تا ۲۰۰ mm | ۱٫۰ |
| ۱۰۰۰ MHz تا ۸۰۰ MHz | ۰ mm تا ۴۰ mm | ۱٫۰ |
| | ۴۰ mm تا ۴۵ mm | درون بایی خطی بین ۱٫۰ تا ۱٫۱ |
| | ۴۵ mm تا ۲۰۰ mm | ۱٫۱ |
| ۳۰۰۰ MHz تا ۱۷۰۰ MHz | ۰ mm تا ۲۰ mm | ۱٫۰ |
| | ۲۰ mm تا ۳۵ mm | درون بایی خطی بین ۱٫۰ تا ۱٫۵ |

| | | |
|--|-----------------|----------------------|
| ۱٫۵ | ۲۰۰ mm تا ۳۵ mm | |
| ۱٫۰ | ۲۰۰ mm تا ۰ mm | ۶۰۰۰ MHz تا ۵۰۰۰ MHz |
| * برای تمام سایر بسامدها و فواصل از درون یابی خطی استفاده کنید | | |



شکل ح-۳- ضرایب به کرد پوست متوسط فضایی SAR

تیم پروژه در مورد لزوم این ضریب برای ارزیابی قرارگیری در معرض پرتو مورد نظر، با کمیسیون ICNIRP و کمیته بین‌المللی ایمنی الکتریکی مشاوره کرد. کمیته بین‌المللی ایمنی الکتریکی به جمع‌بندی بسیار روشنی رسید:

الف) به کارگیری ضریب مقیاس‌گذاری برای محدودسازی SAR پوست ضرورت ندارد.

ب) اندازه‌گیری SAR در پیکر همگن و بدون ضریب مقیاس‌گذاری برای حفاظت عموم کافی است.

پاسخ ICNIRP این بود که در بازنگری کلی رهنمودهای RF به این موضوع توجه خواهد شد.

این پیوست اطلاعاتی برای کمی‌سازی احتمال رخداد تخمین دست پایین^۱ SAR و مشخص‌سازی شرایطی که در آن تخمین دست پایین رخ می‌دهد است.

پیوست خ

(اطلاعاتی)

اندازه‌گیری‌های ویژگی عایقی مایع هم‌ارز بافت و تخمین عدم‌قطعیت اندازه‌گیری

پیوست د استاندارد ملی به شماره: ۱-۱۱۸۷۵-۱۳۸۷ برای اندازه‌گیری ویژگی‌های عایقی مایعات و تخمین عدم‌قطعیت به کار می‌رود. برای گستره‌ی بسامدی ۳۰MHz تا ۶GHz جدول خ-۱ و جدول خ-۲ به جای جدول د-۱ و جدول د-۲ استاندارد ملی به شماره: ۱-۱۱۸۷۵-۱۳۸۷ باید به کار گرفته شود.

جدول خ-۱ - پارامترهای محاسبه‌ی ویژگی‌های عایقی انواع مایعات مرجع

| مایع مرجع | درجه حرارت (سانتیگراد) | مرجع | مدل | ϵ_s | ϵ_∞ | $\tau(ps)$ | β |
|---------------|------------------------|---------|--------------|--------------|-------------------|------------|---------|
| آب غیر یونیزه | ۲۰ | [29] | دیپای | ۸,۲۱ | ۵,۶ | ۹,۳۶ | ۱ |
| آب غیر یونیزه | ۲۵ | [29] | دیپای | ۷۸,۳۶ | ۵,۲ | ۸,۲۷ | ۱ |
| DMS | ۲۰ | [28]* | دیپای | ۴۷,۱۳ | ۷,۱۳ | ۲۱,۲۷ | ۱ |
| DMS | ۲۵ | [28]* | دیپای | ۴۶,۴۸ | ۶,۶۳ | ۱۹,۱۸ | ۱ |
| DMS | ۲۵ | [29] | کول-داویدسون | ۴۷,۰ | ۳,۹ | ۲۱,۱ | ۰,۸۷۸ |
| اتان دیول | ۲۰ | [23]** | کول-داویدسون | ۴۱,۵ | ۳,۸ | ۱۵۷,۱۸ | ۰,۸۲ |
| اتان دیول | ۲۰ | [23]*** | کول-داویدسون | ۴۱,۹ | ۵,۰۲ | ۱۶۱,۴ | ۰,۸۸ |
| متانول | ۲۰ | [23] | دیپای | ۳۳,۹۰ | ۴,۷۰ | ۵۳,۲۰ | ۱ |
| متانول | ۲۰ | [20] | دیپای | ۳۳,۷ | ۴,۸ | ۵۳,۸ | ۱ |
| متانول | ۲۰ | [28]* | دیپای | ۳۳,۶۴ | ۵,۶۸ | ۵۶,۶ | ۱ |
| متانول | ۲۵ | [28]* | دیپای | ۳۲,۶۷ | ۵,۵۸ | ۵۰,۸ | ۱ |

* اطلاعات دریافت شده از اندازه‌گیری تا فقط ۵ GHz

** دستور تهیه از ۱۵۰ MHz تا ۲۰ GHz معتبر است.

*** دستور تهیه از ۳۰ MHz تا ۵ GHz معتبر است.

جدول خ-۲ - ویژگی‌های دی‌الکتریکی مایعات مرجع در دمای ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد

| اتانیدیول | | آب غیر یونیزه ۳۷ | | DMS ۲۸ | | متانول ۲۱ | | بسامد |
|------------|---------------|---------------------|---------------|-----------|---------------|--------------|---------------|-------|
| Σ | ϵ_r' | σ | ϵ_r' | Σ | ϵ_r' | Σ | ϵ_r' | MHz |
| ۰,۰۰۱ ۶ | ۴۱,۸۷ | ۰,۰۰۰۲۲ | ۸۰,۲ | ۰,۰۰۰۲۷ | ۴۷,۱۳ | ۰,۰۰۰۵۰ | ۳۳,۶۴ | ۳۰ |
| ۰,۰۳۸ | ۴۰,۸۹ | ۰,۰۰۵۵ | ۸۰,۲ | ۰,۰۰۶۷ | ۴۷,۱۱ | ۰,۰۱۲ | ۳۳,۵۶ | ۱۵۰ |
| ۰,۱۴ | ۳۹,۲۱ | ۰,۰۲ | ۸۰,۱۹ | ۰,۰۲۷ | ۴۷,۷ | ۰,۰۴۹ | ۳۳,۳۳ | ۳۰۰ |
| ۰,۲۹ | ۳۹,۷۸ | ۰,۰۵ | ۸۰,۱۶ | ۰,۰۶۰ | ۴۶,۹۹ | ۰,۱۱ | ۳۲,۹۴ | ۴۵۰ |
| ۰,۶۶ | ۳۰,۷۳ | ۰,۱۴ | ۸۰,۰۷ | ۰,۱۷ | ۴۶,۷۳ | ۰,۲۹ | ۳۱,۹۵ | ۷۵۰ |
| ۰,۷۶ | ۲۹,۵۳ | ۰,۱۷ | ۸۰,۰۳ | ۰,۲۰ | ۴۶,۶۴ | ۰,۳۵ | ۳۱,۳۷ | ۸۳۵ |
| ۰,۸۳ | ۲۸,۳۸ | ۰,۲۰ | ۸۰,۰۰ | ۰,۲۴ | ۴۶,۵۶ | ۰,۴۱ | ۳۱,۰۴ | ۹۰۰ |
| ۱,۳۶ | ۲۰,۶۳ | ۰,۵۱ | ۷۹,۶۷ | ۰,۶۰ | ۴۵,۰۰ | ۰,۹۲ | ۲۷,۷۷ | ۱۴۵۰ |
| ۱,۶۱ | ۱۷,۳۸ | ۰,۷۸ | ۷۹,۳۸ | ۰,۹۱ | ۴۴,۹۴ | ۱,۲۷ | ۲۵,۵۱ | ۱۸۰۰ |
| ۱,۶۶ | ۱۶,۶۴ | ۰,۸۷ | ۷۹,۲۹ | ۰,۱۰ | ۴۴,۷۱ | ۱,۳۷ | ۲۴,۸۸ | ۱۹۰۰ |
| ۱,۷۲ | ۱۵,۹۶ | ۰,۹۶ | ۷۹,۱۹ | ۱,۱۱ | ۴۴,۴۶ | ۱,۴۷ | ۲۴,۲۵ | ۲۰۰۰ |
| ۱,۹۲ | ۱۳,۵۳ | ۱,۴۴ | ۷۸,۶۹ | ۱,۶۱ | ۴۳,۲۵ | ۱,۸۹ | ۲۱,۵۷ | ۲۴۵۰ |
| ۱,۹۴ | ۱۲,۸۸ | ۱,۶۱ | ۷۸,۵۱ | ۱,۷۹ | ۴۳,۸۲ | ۲,۰۷ | ۲۱,۱۱ | ۲۶۰۰ |
| ۲,۱۱ | ۱۱,۵۳ | ۲,۱۳ | ۷۷,۹۶ | ۲,۳۱ | ۴۱,۵۹ | ۲,۳۳ | ۱۸,۷۶ | ۳۰۰۰ |
| ۲,۳۴ | ۹,۳۶ | ۳,۷۰ | ۷۶,۳۰ | ۳,۷۰ | ۳۸,۲۴ | ۳,۱۲ | ۱۵,۱۷ | ۴۰۰۰ |
| ۲,۵۱ | ۸,۱۲ | ۵,۶۲ | ۷۴,۲۷ | ۵,۱۴ | ۳۴,۷۸ | ۳,۸۵ | ۱۲,۴۰ | ۵۰۰۰ |
| ۲,۶۴ | ۷,۳۳ | ۷,۸۱ | ۷۱,۵۹ | *۶,۵۲ | *۳۱,۴۸ | ۳,۸۹ | ۱۰,۵۱ | ۶۰۰۰ |

*اطلاعات دریافت شده از اندازه‌گیری تا فقط ۵ GHz

پیوست د

(اطلاعاتی)

آزمون انطباق قرارگیری دست در معرض پرتو

د-۱ هدف

این پیوست، وضعیت تدوین پروتکل‌های اندازه‌گیری SAR برای افزاره‌های دستی، طبق تعریف زیربند ۱۱-۳ را به اطلاع کاربر این استاندارد می‌رساند.

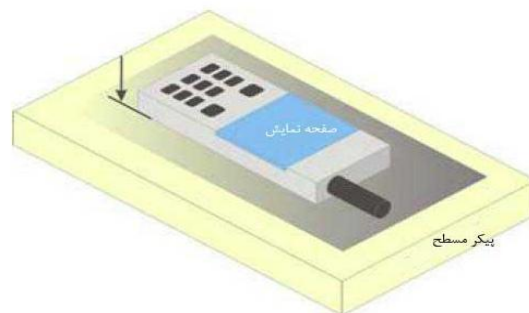
در مورد مدل‌سازی دست، برای مشخص‌سازی موقعیت منحصر به فرد دست نگه‌دارنده‌ی افزاره، که برای تمام افزاره‌ها قابل اعمال باشد دشواری‌های عملی وجود دارد. در ضمن، بررسی‌های دوزومتری^۱ نشان‌گر آن است که حذف دست از مدل‌سازی، سناریوی محتاطانه‌ای برای SAR در سر است. [26] با توجه به همین دلایل، در این استاندارد، طی ارزیابی‌ها در محدوده‌ی ۲۰۰ میلی‌متری از سر و تنه، افزاره‌ی مورد آزمون در مدل دست قرار ندارد. برای قرارگیری در معرض پرتو اختصاصی به دست در فواصل بیش‌تر از ۲۰۰ میلی‌متری از سر یا تنه، به زیربند د-۳ رجوع شود.

د-۲ کلیات

دست شامل شمار زیادی استخوان، رباط، ماهیچه، عصب و رگ است فرض بر آن است که SAR القایی در دست‌ها توسط افزاره‌ی بی‌سیم دستی کم‌تر از SAR القایی در پیکر تخت همگن شبیه‌سازی‌کننده‌ی بافت خیس است، اما هنوز داده‌های تحقیقی پشتیبان این فرض وجود ندارد. مثال معمولی افزاره‌ی دستی عبارت از (PDA) دارای قابلیت بی‌سیم و با ماژول RF است که برای قرار گرفتن در دست با فاصله‌ی بیش‌تر از ۲۰۰ میلی‌متری از سر و تنه در زمان کاربری است. این رویه برای آن دسته از افزاره‌های دستی که به هنگام ارسال در نزدیکی گوش (به استاندارد ملی شماره: ۱-۱۱۸۷۵-۱۳۸۷ رجوع شود) به کار گرفته می‌شوند یا به بدن پوشانده می‌شوند، به کار نمی‌رود.

د-۳ رویه

این افزاره باید به‌طور مستقیم و طبق شکل د-۱ از سمت‌هایی که طی کاربری با دست تماس دارند روی پیکر تخت قرار گیرند.



شکل د-۱ - موقعیت آزمونی افزاره‌های دستی که برای سر یا تنه به کار نمی‌رود

د-۴ استدلال ارزیابی اندازه‌گیری افزاره‌های دستی

در شیوه‌های اندازه‌گیری شرح داده شده در زیربند ۹-۴-۱-۶ از همان پیکر شبیه‌ساز بافت برای اندازه‌گیری SAR که فرض می‌کنیم محافظه‌کارانه است، استفاده می‌کنیم. تدوین شیوه‌های اندازه‌گیری SAR برای دست‌ها کار پرزحمتی است و به وقت و منابع بیش‌تری نیاز دارد. به همین دلیل در اصلاحیه‌های آینده‌ی این استاندارد به آن پرداخته خواهد شد.

پیوست ر

(اطلاعاتی)

کاهش آزمون

ر-۱ کلیات

کارگروه فنی ۱۰۶ باید استانداردهای بین‌المللی شیوه‌های اندازه‌گیری و محاسباتی را به منظور ارزیابی قرارگیری در معرض پرتو میدان‌های الکتریکی، مغناطیسی و الکترومغناطیسی به انسان، فراهم کند. این کار شامل شیوه‌های ارزیابی برای قرارگیری در معرض پرتوهای منابع خاص می‌شود و برای سطوح مرجع و محدودیت‌های پایه به کار می‌رود. البته تعیین حدود قرارگیری در معرض پرتو در دامنه‌ی کار کمیته فنی ۱۰۶ نیست.

لازم به یادآوری است این استاندارد با استانداردهای نوعی IEC برای اختلالات تشعشی EMC که حدود را تعیین می‌کنند متفاوت است.

این استاندارد شیوه‌ای برای اندازه‌گیری محافظه‌کارانه و تجدیدپذیر فراهم می‌کند که برای سنجش SAR افزاره‌های ارتباطات بی‌سیم دستی یا نصب‌شونده روی بدن به کار می‌رود، افزاره‌هایی که برای تعیین تطابق چنین تجهیزاتی با محدودیت‌های پایه‌ی قرارگیری در معرض پرتو به انسان قابل استفاده هستند. روشن است که در مواردی توان ایجاد توسط افزاره‌های بی‌سیم در چنان سطحی است که نمی‌تواند از محدوده‌ی پایه فراتر برود. ممکن است اندازه‌گیری‌های منطبق بر رویه اجرایی این استاندارد مورد نیاز نباشد.

ر-۲ روش اجرایی کاهش آزمون

ر-۲-۱ کلیات

ممکن است برخی از DUTها در سطحی توان تولید کنند که نتواند از محدوده‌ی پایه‌ی رهنمود قرارگیری در معرض پرتو مربوطه فراتر برود. این سطح را می‌توان با فنون متنوعی تعیین کرد که نیازی به اندازه‌گیری واقعی سطح قرارگیری در معرض پرتو ندارند. تعیین این سطح به فرایند کار سرعت بیشتری می‌دهد بی آن که دقت فنی از بین برود. IEC 62479 فنونی را برای این اهداف پیشنهاد می‌دهد که می‌توان به کار گرفت.

ر-۲-۲ مثال ۱

حداکثر سطح توان ارسالی $P_{max,m}$ ، قبل از آنکه SAR میانگین‌گیری‌شده در یک جرم m ، از حد داده شده‌ی SAR_{lim} فراتر رود را می‌توان تعریف کرد. بنابراین هر افزاره‌ای را که در سطح‌های توان زیر $P_{max,m}$ در حال ارسال باشد می‌توان از آزمون SAR کنار گذاشت. کم‌ترین مقدار ممکن برای $P_{max,m}$ عبارت است از:

$$P_{max,m} = SAR_{lim} \times m$$

برای مثال در حد قرارگیری در معرض پرتو $SAR_{lim} = 2 \text{ W/kg}$ با متوسط جرم $m = 10 \text{ g}$ کل توان ارسالی $P_{max,m} = 20 \text{ mW}$ می‌شود که به صورت محافظه‌کارانه این حد قرارگیری در معرض پرتو را برآورده می‌کند. برای حد قرارگیری در معرض پرتو $SAR_{lim} = 1,6 \text{ W/kg}$ و متوسط جرم $m = 1 \text{ g}$ کل توان ارسالی $P_{max,m} = 1,6 \text{ mW}$ به صورت محافظه‌کارانه این حد قرارگیری در معرض پرتو را برآورده می‌کند. این ارزیابی مبتنی بر این فرض غیرواقع‌گرایانه است که تمام توان هدایتی توسط آنتن تشعشع و سپس در بدن جذب می‌شود (یعنی هیچ توانی

برای ایجاد ارتباط ارسال نمی‌شود) و تمام توان جذبی در جرم متوسط متمرکز می‌شود. استاندارد IEC 62479 آستانه‌های توان با محدودکنندگی کم‌تری را ارائه می‌دهد که در موارد خاص قابل به‌کارگیری است.

ر-۲-۳ مثال ۲

در ارسال همزمان چندباند، افزاره می‌تواند عمل ارسال را همزمان در چندین حالت انتقال انجام دهد. مثلاً ارسال موسوم به دسترسی چندگانه‌ی با تقسیم کد پهن‌بند (WCDMA) را در ۲ GHz و انتقال شبکه‌ی محلی بی‌سیم (WLAN) را در ۲٫۴۵ GHz انجام می‌دهد. توان خروجی متوسط زمانی فرستنده‌ی فرعی (یعنی فرستنده‌ی دارای توان کم‌تر مثل بلوتوث و WLAN) ممکن است خیلی کم‌تر از فرستنده‌ی اصلی (یعنی فرستنده‌ی دارای توان بیش‌تر مثل W-CDMA) باشد. در برخی موارد، می‌توان فرستنده‌ی فرعی را وقتی که به تنهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد از آزمون SAR کنار گذاشت. (مانند مثال ۱) اما وقتی فرستنده‌ی اصلی و فرعی با هم مورد استفاده قرار گرفته باشند ممکن است مقدار آن از حد SAR همچنان فراتر رود. روشی برای تعیین توان آستانه فرستنده‌ی فرعی به منظور کنار گذاشتن آن از آزمون SAR لازم است. یک راه تعیین سطح توان آستانه در دسترس فرستنده‌ی فرعی ($P_{available}$)، محاسبه کردن آن از SAR اوج متوسط فضایی SAR اندازه‌گیری‌شده‌ی فرستنده‌ی اصلی (SAR_1) طبق معادله‌ی زیر است:

$$P_{available} = P_{th,m} \times (SAR_{lim} - SAR_1) / SAR_{lim}$$

که در آن $P_{th,m}$ آستانه سطح توان استثنا، برگرفته از پیوست ب در استاندارد IEC 62479^۱ برای بسامد فرستنده‌ی فرعی در فاصله‌ی جداسازی مورد استفاده در آزمون است. اگر توان خروجی فرستنده‌ی فرعی از $P_{available}$ کم‌تر باشد اندازه‌گیری SAR برای فرستنده‌ی فرعی ضرورتی ندارد.

فرمول بالا را به آسانی می‌توان به موردی تعمیم داد که بیش از دو فرستنده به‌طور همزمان در حال مخابره هستند. اگر N فرستنده در حال مخابره‌ی همزمان باشند و اوج متوسط فضایی SAR در $N - 1$ فرستنده‌ی اول معلوم باشد (SAR_i) آنگاه آستانه‌ی سطح توان قابل دستیابی برای فرستنده‌ی Nام برابر است با:

$$P_{available} = P_{max,m} \times (SAR_{lim} - \sum_{i=1}^{N-1} SAR_i) / SAR_{lim}$$

همچنین می‌توان به‌جای $P_{th,m}$ از $P_{max,m}$ استفاده کرد که رویکرد آسان‌تری است ولی محدودیت بیش‌تری برای آستانه‌ی توان ایجاد می‌کند.

پیوست ز

(الزامی)

روش اجرایی مقیاس گذاری توان

ز-۱ روش اجرایی

مقیاس گذاری توان عبارت از برون یابی SAR یک DUT تعیین شده با سیگنال آزمون (modX) به SAR همان افزاره با مدوله سازی (modY) است. مقیاس گذاری توان بر اساس شیوه های محاسبات عددی یا تجربی برای سیگنال های مدوله سازی مختلف میسر است به شرطی که:

- از طبقه ی تقویت کننده ی RF یکسانی برای modX و modY استفاده شود.
- از آنتن یکسانی برای modX و modY استفاده شود و از فنون MIMO استفاده نشود.
- پروب SAR برای سیگنال مدوله سازی modX کالیبره شده باشد و SAR برای modX تعیین شده باشد.
- نسبت توان خروجی RF متوسط زمانی R_p برای modX و modY بعد از مدوله سازی های طبقه ی تقویت کننده ی RF معلوم باشد:

$$R_p = \left(\frac{P_{max_{modY}}}{P_{max_{modX}}} \right)$$

- بسامد حامل RF برای modX با modY یکسان باشد.
- نسبت پهنای باند سیگنال IF (یعنی R_m) برای modX و modY عبارت باشد از:

$$\left| \frac{BW_{modX}}{BW_{modY}} - 1 \right| \leq 30\%$$

- پهنای باند modX و modY کوچک تر از ۵ درصد f_c باشد.

اگر الزامات بالا برقرار باشد، مقیاس گذاری SAR از modX به modY را می توان طبق معادله ی زیر انجام داد:

$$SAR_{modY} = R_p \times SAR_{modX}$$

ضریب R_p را می توان به صورت محاسباتی (محاسبه ی P_{avg} شامل مشخصه ی تقویت کننده و سیگنال مدوله سازی) یا تجربی (مثل اندازه گیری توان متوسط) تعیین کرد. در هر دو صورت، اثر امپدانس آنتن طبقه ی تقویت کننده باعث عدم قطعیت می شود.

اگر از رویکرد پیوست ر استفاده شود، باید توجیهی در گزارش اندازه گیری ارائه شده باشد.

ز-۲ الگوی کاربری

در افزاره های مکالمه با فشار دکمه، بیشینه ضریب حضور باید برای حالت کار در جلوی صورت یا در حالت بدن پوش ۰/۵ فرض شود.

ز-۳ عدم قطعیت مقیاس گذاری توان

عدم قطعیت مقیاس گذاری توان با غیرخطی بودن سیگنال و طبقات تقویت کننده ی RF، پهنای باند سیگنال مدوله سازی و امپدانس آنتن پیوند دارد و مقدار آن با استفاده از رویه زیر با تعیین SAR برای modY در وضعیت بیشینه SAR (یعنی x_p, y_p, z_p) معین می شود:

- * اجرای پویش دوبعدی SAR برای modX طبق بند ۶
- * بردن پروب موقعیت بیشینه‌ی پویش دوبعدی
- * خواندن SAR با modX
- * قراردادن افزاره در حالت modY (بدون حرکت دادن افزاره)
- * خواندن SAR با modY
- * محاسبه‌ی نسبت SAR_{modY} اندازه‌گیری شده و مقیاس گذاری شده

$$SAR_{scaling\ uncertainty} = \left| \left(\frac{SAR(x_p, y_p, z_p)_{modY}}{SAR(x_p, y_p, z_p)_{modX} \times R_p} - 1 \right) \times 100\% \right|$$

- * SAR_{scaling uncertainty} > 5% : عدم استفاده از مقیاس گذاری و اجرای ارزیابی SAR کامل برای modY

پیوست ژ

(اطلاعاتی)

منطق پارامترهای پروب

ژ-۱ ابعاد نوک بیرونی پروب

در کل پروب‌های دوزومتری از موادی (با پارامترهای دی‌الکتریک کم و اتلاف کم) ساخته و حفاظت شده‌اند که با مایع شبیه‌سازی بافت (مواد دی‌الکتریک بالا و اتلاف بالا) تفاوت زیادی دارند. در نتیجه اعوجاج موضعی میدان و میدان‌های پراکنده به وجود می‌آید. برای کوچک نگه‌داشتن این اثرات، یعنی پایین‌تر از تشدید و مستقل از مشخصات میدان، قطر نوک پروب باید نسبت به طول موج کوچک باشد. در کل هر چه قطر نوک پروب کوچک‌تر باشد اختلالات کم‌تری رخ می‌دهد. طبق جدول ژ-۱ بهتر است اندازه‌ی این قطر در محدوده‌ی یک سوم طول موج در محیط باشد. در بسامدهای ۲ GHz یا کم‌تر، بیشینه قطر نوک پروب ۸ میلی‌متر است.

جدول ژ-۱ - الزامات کمینه‌ی پروب به‌عنوان تابعی از بسامد و پارامترهای مایع هم‌ارز بافت

| ۸ | ۷ | ۶ | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ |
|-----------------------------|--|-------------------|-----------------------|---------------------|---------|-------------|-------|
| کمینه فاصله برای M1 (zM1)mm | ۵۰٪ فاصله برای M1= (z50 % $\delta \ln(2)/2$) mm | حداکثر بیشینه قطر | عمق پیوست موج هواپیما | طول موج در محیط کشت | رسانایی | گذردهی نسبی | بسامد |
| ۵٫۰ | ۱۶٫۰ | ۸٫۰ | ۴۶٫۱ | ۱۴۸٫۶ | ۰٫۸۷ | ۴۵٫۳ | ۳۰۰ |
| ۵٫۰ | ۱۴٫۹ | ۸٫۰ | ۴۲٫۹ | ۱۰۱٫۱ | ۰٫۸۷ | ۴۳٫۵ | ۴۵۰ |
| ۵٫۰ | ۱۳٫۸ | ۸٫۰ | ۳۹٫۸ | ۶۱٫۸ | ۰٫۸۹ | ۴۱٫۹ | ۷۵۰ |
| ۵٫۰ | ۱۳٫۵ | ۸٫۰ | ۳۸٫۹ | ۵۵٫۸ | ۰٫۹ | ۴۱٫۵ | ۸۳۵ |
| ۵٫۰ | ۱۲٫۵ | ۸٫۰ | ۳۶٫۱ | ۵۱٫۷ | ۰٫۹۷ | ۴۱٫۵ | ۹۰۰ |
| ۵٫۰ | ۹٫۹ | ۸٫۰ | ۲۸٫۶ | ۳۲٫۵ | ۱٫۲۰ | ۴۰٫۵ | ۱۴۵۰ |
| ۵٫۰ | ۸٫۴ | ۸٫۰ | ۲۴٫۳ | ۲۶٫۴ | ۱٫۴۰ | ۴۰٫۰ | ۱۸۰۰ |
| ۵٫۰ | ۸٫۴ | ۸٫۰ | ۲۴٫۲ | ۲۳٫۷ | ۱٫۴۰ | ۴۰٫۰ | ۲۰۰۰ |
| ۵٫۰ | ۶٫۵ | ۶٫۵ | ۱۰٫۷ | ۱۹٫۰ | ۱٫۰۰ | ۳۹٫۲ | ۲۴۵۰ |
| ۵٫۰ | ۵٫۹ | ۶٫۲ | ۱۷٫۲ | ۱۸٫۵ | ۱٫۹۶ | ۳۹٫۰ | ۲۶۰۰ |
| ۵٫۰ | ۴٫۸ | ۵٫۴ | ۱۳٫۹ | ۱۶٫۱ | ۲٫۴۰ | ۳۸٫۵ | ۳۰۰۰ |
| ۳٫۳ | ۳٫۳ | ۴٫۱ | ۹٫۶ | ۱۲٫۳ | ۳٫۴۳ | ۳۷٫۴ | ۴۰۰۰ |
| ۲٫۵ | ۲٫۵ | ۳٫۳ | ۷٫۳ | ۱۰٫۰ | ۴٫۴۵ | ۳۶٫۲ | ۵۰۰۰ |
| ۲٫۴ | ۲٫۴ | ۳٫۲ | ۷٫۰ | ۹٫۶ | ۴٫۶۶ | ۳۶٫۰ | ۵۲۰۰ |
| ۲٫۳ | ۲٫۳ | ۳٫۱ | ۶٫۷ | ۹٫۳ | ۴٫۸۶ | ۳۵٫۸ | ۵۴۰۰ |
| ۲٫۲ | ۲٫۲ | ۳٫۰ | ۶٫۴ | ۹٫۰ | ۵٫۰۷ | ۳۵٫۵ | ۵۶۰۰ |
| ۲٫۱ | ۲٫۱ | ۲٫۹ | ۶٫۱ | ۸٫۷ | ۵٫۲۷ | ۳۵٫۳ | ۵۸۰۰ |
| ۲٫۰ | ۲٫۰ | ۲٫۸ | ۵٫۹ | ۸٫۴ | ۵٫۴۸ | ۳۵٫۱ | ۶۰۰۰ |

ژ-۲ جابجایی حس گر پروب

توزیع میدان القایی تابعی است از عمق پوست δ و توزیع میدان H قرارگیری در معرض پرتوی، یعنی میدان می‌تواند حتی سریع‌تر از عمق پوست نسبت به فاصله‌ی عادی از مرز پیکر تضعیف شود. به علت این تضعیف قوی، برون‌یابی نسبت به عدم قطعیت نقاط اندازه‌گیری شده یعنی اعوجاج‌های میدان محلی، اثرات مرز، نوفه و غیره خیلی حساس می‌شود. برای نگه‌داشتن عدم قطعیت‌ها در محدوده‌ی قابل قبول، نزدیک‌ترین نقطه‌ی اندازه‌گیری M1 باید در فاصله‌ی $\delta \ln(2)/2 = 50\%$ اندازه‌گیری شود که در محدوده‌ی آن SAR بیش از ۵۰٪ SAR در سطح است. این فواصل در ستون ۷ جدول ژ-۱ با فرض تضعیف موج صفحه‌ای آمده است. تضعیف به‌طور معمول برای آنتن‌های نزدیک به سطح پیکر، قوی‌تر از مقدار آن برای امواج صفحه‌ای است [43]، به‌ویژه در بسامدهای پایین‌تر، به‌گونه‌ای که کمینه فاصله تا $z_{M1} = 5 \text{ GHz}$ تعریف شده باشد. البته در بسامدهای بالای ۳ GHz می‌توان z_{M1} را روی ۵۰٪ تنظیم کرد زیرا عمق پوست شبیه موج صفحه‌ای در بسامدهای بالاتر است. [15] چون وقتی که پروب با پیکر تماس مستقیم دارد نتایج دقیق را نمی‌توان اندازه‌گیری کرد، فاصله با جابجایی حس گر به اضافه‌ی کمینه فاصله‌ی نوک پروب تا سطح پیکر متناظر است.

ژ-۳ مایل بودن پروب نسبت به سطح

در بسامدهای بالاتر، پروب‌ها به بزرگ‌تر شدن نسبت به طول موج‌ها گرایش دارند و اندازه‌گیری‌های خیلی نزدیک به سطح الزام بیش‌تری پیدا می‌کند. برای رسیدن به نتایجی که از لحاظ عدم قطعیت قابل قبول باشد، پروب باید عمود بر سطح استقرار یابد یعنی برای انحراف‌های بیش‌تر از ۲۰ درجه، احتیاط‌های ویژه و ملاحظات را باید رعایت کرد تا عدم قطعیت قابل قبول تضمین شود. انحراف‌های کم‌تر از ۵ درجه از نظر فنی ارجحیت دارد.

ژ-۴ عدم قطعیت یکپارچگی و برون‌یابی

در بسامدهای بالاتر، گرادیان عمود بر سطح به شدت افزایش می‌یابد. تعداد اندازه‌گیری‌های درون حجم پویش دقیق که بالاتر از سطح نوفه‌ی پروب است کاهش می‌یابد و ممکن است اثر چشم‌گیری بر برون‌یابی و یکپارچگی بگذارد. استفاده از توری‌های درجه‌بندی شده، راهبردی برای غلبه بر این مشکل است. به هر حال، عدم قطعیت می‌تواند به هنگام کافی نبودن حساسیت پروب به شدت افزایش یابد. در جدول ژ-۲ تعیین خطا با افزودن نوفه سفید به توابع f_1 , f_2 و f_3 انجام گرفته است و دامنه‌ی آن بر حسب dB نسبت به مقادیر سطح تعریف شده است. با جدول ژ-۲ می‌توان خطای ارزیابی نسبت به کف نوفه سامانه را تعیین کرد. مقادیر انحراف معیار بعد از ۴۰۰۰ تکرار هستند. برای مثال ارزیابی با نوفه (N_{rms}) برابر با 25 mW/kg عدم قطعیتی مساوی با ۵٪ برای تورهای درجه‌بندی شده (نزدیک‌ترین نقطه‌ی اندازه‌گیری 1.5 mm ، درجه‌بندی ۵-۷-۱/۵) و ۳۰٪ برای شبکه‌ی همگن (نزدیک‌ترین نقطه‌ی اندازه‌گیری 4 mm ، شبکه‌ی ۷-۱۱-۱۱) به دست می‌دهد.

جدول ژ-۲ - عدم قطعیت یکپارچگی و برون یابی SAR (k=2) متوسط زمانی اوج ۱۰ g برای توری های همگن و درجه بندی شده

| S/N | شبکه همگن | | | | | شبکه مدرج | | | | |
|-------|--------------|----------------|---------------|------|-----|--------------|----------------|---------------|------|------|
| | $f1_{1peak}$ | $f1_{2p,prim}$ | $f1_{2p,sec}$ | F2 | F3 | $f1_{1peak}$ | $f1_{2p,prim}$ | $f1_{2p,sec}$ | F2 | F3 |
| ۳۰ dB | ۰٫۱٪ | ۰٫۰٪ | ۰٫۱٪ | ۰٫۱٪ | ۱۷٪ | ۰٫۰٪ | ۰٫۱٪ | ۰٫۰٪ | ۰٫۰٪ | ۱٫۳٪ |
| ۲۰ dB | ۰٫۱٪ | ۰٫۱٪ | ۰٫۱٪ | ۰٫۲٪ | ۱۸٪ | ۰٫۱٪ | ۰٫۱٪ | ۰٫۱٪ | ۰٫۰٪ | ۱٫۹٪ |
| ۱۳ dB | ۰٫۶٪ | ۰٫۶٪ | ۰٫۶٪ | ۰٫۴٪ | ۲۷٪ | ۰٫۵٪ | ۰٫۵٪ | ۰٫۵٪ | ۰٫۳٪ | ۸٫۷٪ |
| ۱۰ dB | ۲٫۸٪ | ۲٫۸٪ | ۲٫۷٪ | ۱٫۸٪ | ۶۹٪ | ۲٫۳٪ | ۲٫۴٪ | ۲٫۲٪ | ۱٫۴٪ | ۳۹٪ |

ضوابط مربوط به سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی
مقررات حدود تشعشعی (SAR) گوشی تلفن همراه و سایر دستگاه‌های رادیویی

۱ توضیح

انرژی تشعشعات دستگاه‌های رادیویی توسط بافت‌های بدن قابل جذب بوده و در صورتی که مقدار آن از حدود معینی فراتر رود ممکن است موجب وارد آمدن صدمات جدی بر بافت‌های در معرض تشعشع شود. مطالعات و آزمایش‌های گسترده‌ای تاکنون در این زمینه انجام شده است و همچنان نیز تحقیقات ادامه دارد. مصوبه حاضر به منظور تعیین دقیق حدود انرژی تشعشعی جذب‌شونده‌ی مجاز و روش اندازه‌گیری نرخ جذب ویژه (SAR) براساس استاندارد ملی ایران به نام «پرتوهای غیریون‌ساز - حدود پرتوگیری» با کد مصوب ۸۵۶۷ تهیه و تنظیم شده و اجرای آن ضروری است. این مصوبه دربرگیرنده تمام دستگاه‌های رادیویی ثابت و متحرک که ممکن است در مجاورت بدن انسان به کار گرفته شوند نیز هست.

۲ نام تصمیم

نام این تصمیم عبارت است از: مقررات حدود تشعشعی (SAR) گوشی تلفن همراه و سایر دستگاه‌های رادیویی

۳ تعاریف

سازمان: سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات.

تلفن همراه: یک ایستگاه متحرک دستی رادیویی که دارای کمینه یک سیم کارت مجاز ثبت شده در یک شبکه ارائه‌دهنده سرویس باشد.

نرخ جذب انرژی (SAR): برابر است با نرخ انرژی جذب‌شده در واحد جرم بافت بر حسب وات بر کیلوگرم W/kg پرتو کاران مستخدم یا شخصی که با آموزش، آگاهی و تجربه‌ای کافی صلاحیت کار با دستگاه‌های رادیویی را ضمن حفاظت از خود در برابر پرتوهای رادیویی دارد. این افراد در ناحیه‌ی تحت نظارت یا کنترل‌شده کار می‌کنند.

آزمایشگاه معتبر: آزمایشگاهی است که براساس الزامات و استانداردهای مورد تایید سازمان، اعتبارنامه دریافت می‌کند. آزمایشگاه‌های خارجی مورد تایید سازمان نیز آزمایشگاه معتبر تلقی می‌شوند.

مردم: تمام افرادی که با پرتوهای رادیویی یا میکروویو کار نمی‌کنند یا علی‌رغم کار با این پرتوها در ناحیه کنترل‌شده یا تحت نظارت کار نمی‌کنند.

۴ تاریخ اجرا

¹ مرجع آخرین تصمیم منتشر شده در خصوص مقررات حدود تشعشعی (SAR) گوشی تلفن همراه و سایر دستگاه‌های رادیویی خواهد بود.

اجرای این تصمیم سه ماه پس از ابلاغ یعنی پس از تاریخ ۸۸/۸/۵ ضروری است.

۵ دلایل

- ۱-۵ امکان به خطر افتادن سلامت پرتوکاران و مردم در معرض تشعشعات رادیویی؛
- ۲-۵ لزوم تامین ایمنی تشعشی پرتوکاران و مردم در مقابل اثرات مضر تشعشعات رادیویی ناشی از گوشی تلفن همراه و سایر دستگاه‌های رادیویی؛
- ۳-۵ قانون حفاظت در برابر اشعه مصوب ۱۳۶۸ مجلس شورای اسلامی و آیین‌نامه‌ی اجرایی مربوطه مصوب هیات وزیران ۱۳۶۹ و اصلاحیه آن (مصوب هیات وزیران ۱۳۶۸)؛
- ۴-۵ ضوابط کار با پرتوهای رادیویی و میکروویو مصوب سازمان انرژی اتمی ایران ۱۳۸۷
- ۵-۵ لزوم رعایت SAR مجاز توسط شرکت‌های تولیدکننده و واردکننده گوشی تلفن همراه و سایر دستگاه‌های رادیویی؛
- ۶-۵ لزوم تعیین استاندارد روش اندازه‌گیری SAR

۶ مقررات ایمنی تشعشی گوشی تلفن همراه و سایر دستگاه‌های رادیویی

- ۱-۶ ورود، خرید و فروش یا تولید و فروش گوشی تلفن همراه و سایر دستگاه‌های رادیویی دارای مقدار SAR خارج از حدود مجاز در هر اندازه و مشخصات و تعداد ممنوع است؛
- ۲-۶ حدود SAR برای دستگاه‌های رادیویی که صرفاً برای پرتوکاران به کار می‌رود، مطابق با زیربند ۷-۱ این مصوبه باشد؛
- ۳-۶ حدود SAR رای گوشی تلفن همراه و دستگاه‌های رادیویی که برای مردم به کار می‌رود، مطابق با زیربند ۷-۲ این مصوبه باشد؛
- ۴-۶ استاندارد اندازه‌گیری SAR باید مطابق با بند ۹ باشد؛
- ۵-۶ واردکنندگان و تولیدکنندگان گوشی تلفن همراه و سایر دستگاه‌های رادیویی ملزم به ارائه‌ی گزارش آزمایش مقادیر SAR و روش اندازه‌گیری متناسب با پیوست یک این مصوبه از یک آزمایشگاه مورد تایید سازمان قبل از توزیع هستند.

۷ حدود SAR

- ۱-۷ SAR اندازه‌گیری شده برای «پرتوکاران» در بسامدهای بین MHz بیش‌تر ۳۰۰ و GHz ۳ نباید از حدود تعیین شده در جدول ۱-۱ بیش‌تر باشد.
- ۲-۷ SAR اندازه‌گیری شده برای "مردم" در بسامدهای بین MHz ۳۰۰ و GHz ۳ نباید از حدود تعیین شده در جدول ۱-۲ بیش‌تر باشد.

۸ جرایم

- ۱-۸ اعمال ماده ۵، ماده ۱۰ و ماده ۱۱ قانون استفاده از بی‌سیم‌های اختصاصی و غیرحرفه‌ای مصوب ۱۳۴۵
- ۲-۸ اعمال ماده ۶۸۷ قانون مجازات اسلامی مصوب سال‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۷۵

۹ استاندارد

۱-۹ استاندارد روش اندازه‌گیری SAR یکی از استانداردهای ذکر شده در جدول ۲ باشد.

۲-۹ آزمایشگاه‌های اندازه‌گیری SAR باید مورد تایید سازمان باشند. نام این آزمایشگاه‌های معتبر توسط سازمان اعلام شده و به‌روزرسانی می‌شود.

۳-۹ محدودهٔ تشعشعات رادیویی باید با استاندارد ملی پرتوهای غیریونساز - حدود پرتوگیری (Non-Ionization Radiation-Exposure Limits) کد مصوب ۸۵۶۷ سازمان ملی استاندارد ایران مطابقت داشته باشد.

جدول س-۱ - حدود مجاز SAR برای پرتوکاران در میدان‌های رادیویی و مایکروویو^۱

| شرایط | حدود SAR (W/kg) |
|---|-----------------|
| میانگین SAR تمام جرم بدن | ۰/۴ |
| میانگین SAR برای هر گرم از سر و گردن | ۸ |
| میانگین SAR برای هر ده گرم از دست‌ها و پاها | ۲۰ |

جدول س-۲ - حد SAR برای مردم در میدان‌های رادیویی و مایکروویو^۲

(زیربند ۷-۲)

| شرایط | حدود SAR (W/kg) |
|---|-----------------|
| میانگین SAR تمام جرم بدن | ۰/۰۸ |
| میانگین SAR برای هر گرم از سر و گردن | ۱/۶ |
| میانگین SAR برای هر ده گرم از دست‌ها و پاها | ۴ |

جدول س-۳ - استانداردهای روش اندازه‌گیری SAR

(زیربند ۱-۹)

| شماره | عنوان |
|-------------|--|
| IEC 62209-1 | Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices - Human models, instrumentation, and procedures - Part 1: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz) |
| EN 50361 | Basic standard for the measurement of specific absorption rate related to human exposure to electromagnetic fields from mobile phones (300 MHz - 3 GHz) |
| IEEE 1528 | IEEE Recommended Practice for Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Head from Wireless Communications Devices: Measurement Techniques |

۱ - بهتر است در صورت امکان کنترل شود که مقدار متوسط SAR برای چشم‌ها از 0.4 W/kg تجاوز نکند.

۲ - بهتر است در صورت امکان کنترل شود که مقدار متوسط SAR برای چشم‌ها از 0.2 W/kg تجاوز نکند.

پیوست ش

(الزامی)

گزارش آزمون نرخ جذب انرژی (SAR)^۱

گزارش آزمون SAR باید حاوی کمینه اطلاعات زیر به زبان انگلیسی باشد:

- ۱- عنوان آزمون که نشان دهنده آزمون SAR باشد.
- ۲- نام، آرم، آدرس کامل، شماره ارتباط تلفنی، شماره دورنگار و آدرس اینترنتی آزمایشگاه؛
- ۳- تاریخ میلادی تنظیم گزارش؛
- ۴- شماره گزارش که آزمایشگاه تعیین کرده است؛
- ۵- مشخصات دستگاه رادیویی آزمون شده؛
- ۶- اسناد مرجع (استانداردهای) روش آزمون و حدود تشعشعی؛
- ۷- نرخ جذب انرژی (SAR) اندازه‌گیری شده؛
- ۸- نظر نهایی آزمایشگاه؛
- ۹- امضای معتبر آزمایشگاه.

۱ - در حال حاضر ارایه گزارش آزمون برای سر کافی است.

- [1] Beard B. B., Kainz W., Onishi T., Iyama T., Watanabe S., Fujiwara O., Wang J., Bit-Babik G., Faraone A., Wiart J., Christ A., Kuster N., Lee A.-K., Kroeze H., Siegbahn M., Keshvari J., Abrishamkar H., Simon W., Manteuffel D., Nikoloski N. "Comparisons of Computed Mobile Phone Induced SAR in the SAM Phantom to That in Anatomically Correct Models of the Human Head", *EEE TRANSACTIONS ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY*, May 2006, vol. 48, no. 2, pp:397-407.
- [2] Bit-Babik G., Faraone A., Ballen M., Chou C-K., "Sensitivity of the Spatial-Average Peak SAR to the Dielectric Parameters of Media Used for Compliance Testing in the Frequency Range 0,3 – 3 GHz," *Antennas and Propagation Society International Symposium Digest*, Vol. 3, pp. 722-725, June 2002.
- [3] Bit-Babik G., Chou C. K., Faraone A., Gessner A., Kanda M. and Balzano Q., Estimation of the SAR in the Human Head and Body due to Radio Frequency Radiation Exposure from Handheld Mobile Phones with Hands-Free Accessories *Radiation Research* 159, 550-557 (2003).
- [4] Bolomey J. C., "Efficient near-field techniques for human exposure evaluation: Applications to mobile and fixed antennas," presented at the Electromagnetic Environment and Human Exposure Evaluation Workshop of EMC, Sorrento, Italy, 2002.
- [5] Christ A, Klingenböck A, Samaras T, Zankl M, and Kuster N, "A Flat Phantom Setup for the Compliance Testing of Wireless Transmitters Operating in the Close Environment of the Human Body for a Frequency Range from 30MHz to 5800MHz", in *Proceedings of the 27th Annual Meeting of the Bioelectromagnetics Society*, p. 444, June 2005, Dublin, Ireland.
- [6] Christ A, Klingenböck A, Samaras T, Goiceanu C, and Kuster N, "The dependence of electromagnetic far-field absorption on body tissue composition in the frequency range from 300 MHz to 6 GHz", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 54, no. 5, pp. 2188–2195, May 2006.
- [7] Christ A, Samaras T, Klingenböck A, and Kuster N, "Characterization of the electromagnetic near-field absorption in layered biological tissue in the frequency range from 30MHz to 6GHz", *Physics in Medicine and Biology*, vol. 51, no. 19, pp. 4951–4965, October 2006.
- [8] Cozza A., Merckel O., Bolomey J.-Ch., "A New Probe-Array Approach for Fast SAR Measurements", *Proc. Int. Workshop Antenna Tech. (IWAT)*, Cambridge, U.K, pp. 157 –161, March 2007.
- [9] Cozza A., Derat B., Bolomey J.-C., "Theoretical analysis of the exponential approximation for SAR assessment in a flat phantom," *Proc. IEEE Int. Symp. Antennas Propagat.*, Honolulu, Hawai, pp. 4328 – 4331, June 10 – 15, 2007.
- [10] ICNIRP. Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz). *Health Physics* 74 (4): 494-522; 1998.
- [11] Derat B., Cozza A., Merckel O., Bolomey J.-C., "Numerical analysis of a printed E-field probe array used for rapid SAR assessment," *Proc. Appl. Comp. Electrom. Soc. (ACES)*, Verona, Italy, pp. 616 -623, March 2007.
- [12] Diller KR, Adapting adult scald safety standards to children (2006) *J Burn Care Res* 27: 314-22.
- [13] Douglas M.G., Luengas W., Kanda M.Y., Ballen M., and Chou C-K., "An Algorithm for Predicting the Change in Specific Absorption Rate in a Human Phantom due to Deviations in its Complex Permittivity," Submitted to *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, May 2009.

- [14] Douglas M.G., Chou C-K., "Enabling the Use of Broadband Tissue Equivalent Liquids for Specific Absorption Rate Measurements," IEEE Electromagnetic Compatibility Symposium, July 2007.
- [15] Douglas M.G., Chou C-K., "Accurate and Fast Estimation of Volumetric SAR from Planar Scans from 30 MHz to 6 GHz," *Bioelectromagnetics Society 29th Annual Meeting*, June 2007.
- [16] Drossos, A., Santomaa, V. and Kuster, N., The dependence of electromagnetic energy absorption upon human head tissue composition in the frequency range of 300-3000 MHz. *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Nov. 2000, vol. 48, no. 11, pp. 1988-1995.
- [17] FCC OET Bulletin 65, Supplement C, Additional Information for Evaluating Compliance of Mobile and Portable Devices with FCC Limits for Human Exposure to Radiofrequency Emissions, 2001.
- [18] Francavilla M., Schiavoni A.: "New Reference Function for Post – Processing Uncertainty Evaluation in SAR Compliance Tests" submitted to IEEE Microwave and Wireless Components Letters.
- [19] Fukunaga, K., Watanabe, S., Wake, K., and Yamanaka, Y., Time dependence of tissueequivalent dielectric liquid materials and its effect on SAR. EMC Europe Symp., Sorrento, Italy, Sep. 2002.
- [20] Fukunaga K., Watanabe S, Hiroyuki A, Sato K; Dielectric Properties of Non-Toxic Tissue-Equivalent Liquids for Radiowaves Safety Tests; Proceedings 2005 IEEE International Conference on Dielectric Liquids, P 425 – 428, 2005.
- [21] Gabriel, C., Chan, T. Y. A., and Grant, E. H., "Admittance models for open ended coaxial probes and their place in dielectric spectroscopy," *Physics in Medicine and Biology*, vol. 39, no.12, pp. 2183-2200, 1994.
- [22] Gabriel, C., "Compilation of the dielectric properties of body tissues at RF and microwave frequencies", Brooks Airforce Base Technical Report AL/OE-TR-1996-0037, 1996.
- [23] Gabriel, C. and Peyman, A., "Dielectric measurement: error analysis and assessment of uncertainty," *Physics in Medicine and Biology*, vol. 51, pp. 6033-6046, October 2006.
- [24] Gabriel, S., Lau, R.W. and Gabriel, C., The dielectric properties of biological tissues: 3. Parametric models for the dielectric spectrum of tissues. *Phys. Med. Bio.*, 1996, vol. 41, no. 11, pp. 2271-2293.
- [25] Gimm, Y. M., GENEARL METHOD OF FORMULATING THE HUMAN TISSUE SIMULANT LIQUID FOR SAR MEASUREMENT, 2004 International Symposium on EMC, Sendai, Japan, June 2004, pp. 561-564.
- [26] Gemperle F, Kasabach C, Stivoric J, Bauer M, and Martin R, Design for Wearability, Carnegie Mellon University, PA (USA), Techn. Rep. [online], <http://www.ices.cmu.edu/design/wearability>.
- [27] Gordon, C.C., Churchill, T., Clauser, C.E., Bradtmiller, B., McConville, J.T., Tebbetts I. and Walker, R.A., 1988 Anthropometric Survey of U.S. Army Personnel: Methods and Summary Statistics. Technical Report NATICK/TR-89/044, U.S. Army Natick Research, Development and Engineering Center, Massachusetts: Natick, Sep. 1989.
- [28] Gregory, A. P. and Clarke, R. N., Tables of the Complex Permittivity of Dielectric Reference Liquids at Frequencies up to 5 GHz, NPL Report CETM 33, Centre for Electromagnetic and Time Metrology, National Physical Laboratory, Teddington, England, 2001.
- [29] Gregory A P, Johnson Y; Fukunaga K, Clarke R N, Preece A W; Traceable Dielectric Measurements of New Liquids for Specific Absorption Rate (SAR) Measurement in the Frequency Range 300 MHz to 6 GHz, Proceedings Conference on Precision Electromagnetic Measurements, W2da, pp. 471 – 472, UK, June 2004.
- [30] IEC 62311:2007, *Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz – 300 GHz)*

- [31] IEC 62479, *Assessment of the compliance of low-power electronic and electrical equipment with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (10 MHz – 300 GHz)*¹
- [32] IEEE Std 1528:2003, *IEEE Recommended Practice for Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Head from Wireless Communications Devices: Measurement Techniques*
- [33] ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*
- [34] ISO 10012:2003, *Measurement management systems – Requirements for measurement processes and measuring equipment*
- [35] ISO/IEC Guide 51:1999, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*
- [36] Iyama T., Onishi T., Tarusawa Y., Uebayashi S., Nojima T., "Novel Specific Absorption Rate (SAR) Measurement Method Using Flat Solid Phantom," *IEEE Trans. EMC.* vol. 50, no. 1, pp 43-51, February 2008.
- [37] KAATZE, U., Complex permittivity of water as function of frequency and temperature. *J. Chem. Engin. Data*, 1989, vol. 34, no. 4, pp. 371–374.
- [38] Kaatze, U., Pottel R., and Schafer M, "Dielectric spectrum of dimethyl sulfoxide/water mixtures as a function of composition," *J.Physical Chemistry*, vol. 93, pp. 5623-5627, 1989.
- [39] Kainz W, Christ A, Kellom T, Seidman S, Nikoloski N, and Kuster N, "Dosimetric comparison of the specific anthropomorphic mannequin (SAM) to 14 anatomical head models using a novel definition for the mobile phone positioning", *Physics in Medicine and Biology*, vol. 50, no. 14, pp. 3423–3445, July 2005.
- [40] Kanda, M, Analytical and numerical techniques for analyzing an electrically short dipole with a nonlinear load, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Jan 1980, vol. 28, Issue: 1, pp. 71- 78.
- [41] Kanda, M.Y., Ballen, M., Chou, C.K., Formulation and characterization of tissue simulating liquids used for SAR measurement (500-2000 MHz). *Asia-Pacific Radio Science Conference*, Tokyo, Japan, Aug. 1-4, 2001, pp. 274.
- [42] Kanda M. Y., Ballen M., Douglas M. G., Gessner A., Chou C. K., "Fast SAR determination of gram-averaged SAR from 2-D coarse scans", *Proc. 25th Ann. Meeting of the Bioelectromagnetics Soc (BEMS)*, pp. 45-46, Wailea, Maui, USA, June 2003.
- [43] Kanda M.Y., Douglas M.G., Mendivil E.D., Ballen M., Gessner A.V. Chou C-K., "Faster Determination of Mass-Averaged SAR From 2-D Area Scans," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 52, no. 8, pp. 2013-2020, August, 2004.
- [44] Keshvari J. , Ahlskog K. , and Toropainen A. . Feasibility Study of Tissue Equivalent Liquids for Body Worn SAR Measurements at 30, 150 and 450 MHz., *25th BEMS TWENTY-FIFTH ANNUAL MEETING*.
- [45] Kiminami K., Iyama T., Onishi T., Uebayashi S., "Novel specific absorption rate (SAR) estimation method based on 2-D scanned electric fields," *IEEE Tran. Electromag. Comp.* vol. 50, no. 4, pp. 828 – 836, Nov. 2008.
- [46] Kuehn S., Kuster N., "Experimental EMF Exposure Assessment" in *Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields*, Third Edition, Taylor & Francis Group LLC, 0849329523, Frank S. Barnes, Ben Greenebaum, Boca Raton, USA, vol. 2, pp. 381-405, 2006.
- [47] Kuehn S., Kuster N., "Experimental EMF exposure assessment", in *Handbook of Biological Effects of Electromagnetics*, Eds. Barnes F. S., Greenebaum B., CRC Press, pp. 381 – 409, 2007.
- [48] Kuster N., Balzano Q., "Energy Absorption Mechanism by Biological Bodies in the Near Field of Dipole Antennas Above 300 MHz," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 41, No. 1, pp. 17–23, Feb. 1992.

1 -To be published.

- [49] Kuster, N., Balzano, Q. and Lin, J.C., Eds., *Mobile Communications Safety*. London: Chapman & Hall, 1997.
- [50] Ladbury, J.M., Camell, D.G., "Electrically short dipoles with a nonlinear load, a revisited analysis", *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, Feb 2002, vol. 44, Issue: 1, pp 38-44.
- [51] Levin, V. V. and Podlovchenko, T. L., "Dispersion of the dielectric permittivity of ethylene glycol," *Zhurnal Strukturnoi Khimii*, vol. 11, pp. 766-767, 1970.
- [52] Li Q., Gandhi O.P. and Kang G., "An open-ended waveguide system of SAR system validation and/or probe calibration for frequencies above 3 GHz," *Physics in Medicine and Biology*, vol. 49, pp-4173-4186, 2004.
- [53] Loader B., "Computer Simulation of WR159 Waveguide Against a Flat Dielectric Phantom at 5.2 GHz and 5.8 GHz," NPL Report DEM EM 008, 2007.
- [54] Manning M. Massey P., "Rapid SAR testing of mobile phone prototype using a spherical test geometry," in IEE Tech. on Antenna Measurements and SAR Seminar, Loughborough, U.K., May 28–29, 2002.
- [55] Merckel O., Fleury G., Bolomey J.-C., "Rapid SAR measurement via parametric modeling," Proc. 5th International Congress of the European BioElectromagnetics Association (EBEA), p. 75-77, Helsinki, Finland, Sep. 2001.
- [56] Merckel O., Rapid SAR measurements of mobile terminals based on generalized nearfield techniques, Ph. D. Thesis, in French, Université de Versailles Saint-Quentin en Yvelines, France, Nov. 2002.
- [57] Merckel O., Bolomey J.-Ch., Joisel A., "Near-field approach to Rapid SAR Measurement of Mobile Phones", Symp. of the Association for Measurement and Testing of Antennas (AMTA 2003), Irvine, Denver, USA, Oct. 2003.
- [58] Merckel O., Manning M., Derat B., Bolomey J.-C., Fleury G., "Comparison of fast SAR measurement techniques for mobile phones," Proc. 2nd Int. Conf. On Electromagnetic Near-field Characterization (ICONIC), Barcelona, Spain, p. 439-443, June 8-10, 2005.
- [59] Montgomery D.C., *Design and Analysis of Experiments* (4th edition), New York: John Wiley and Sons. (1997).
- [60] NIS 81, "The Treatment of Uncertainty in EMC Measurements," Ed.1, NAMAS Executive, National Physical Laboratory, Teddington, Middlesex, TW11 0LW, England, 1994.
- [61] NIST TN1297, *Guidelines for Evaluating and Expressing the Incertitude of NIST Measurement Results*, Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology, 1994.
- [62] Onishi T. and Uebayashi S., "Influence of phantom shell on SAR measurement in 3-6 GHz frequency range," *IEICE Trans. Commun.*, vol., E88-B, no. 8, pp. 3257 – 3262, 2005.
- [63] Peyman, A. and Gabriel, C., Tissue equivalent liquids for SAR measurement at microwave frequencies. Bioelectromagnetics Society 24th Annual Meeting, Quebec, Canada, June 2002, poster P-53.
- [64] Peyman, A. and Gabriel, C., Development and characterisation of tissue equivalent materials for the frequency range of 30-300MHz, *Electronics Letters* 43(5), 2007, 268-270.
- [65] Peyman, A. and Gabriel, C., Development and characterisation of a broadband tissue equivalent materials for the frequency range of 0.3 - 6 GHz, Submitted to *Electronics Letters*, 2007.
- [66] Pokovic, K., "Advanced Electromagnetic Probes for Near-Field Evaluations," PhD Thesis, Diss. ETH Nr. 13334, Zurich, 1999.
- [67] Porter S J, Capstick M H, Faraci F, Flintoft I D and Marvin A C, Final Report on "SAR Testing of Hands-Free Mobile Telephones", DTI funded project under UK MTHR programme.
- [68] Porter S J Capstick M H Faraci F Flintoft I D Marvin A C. SAR associated with the use of hands-free mobile telephones. EMC Europe 2004, Eindhoven, PprNo. B10, 6-10 Sept, 2004.
- [69] Porter S J, Capstick M H, Faraci F, Flintoft I D and Marvin A C. SAR and induced current measurements on wired hands-free mobile telephones. IEE Technical Seminar on

- Antenna Measurements and SAR, University of Loughborough, UK, pp 9-13, 25-26 May, 2004. ISBN: 086341415X.
- [70] Porter S.J. and Manning M.I., "Method validates SAR measurement systems," *Microwaves and RF*, vol. 44, no. 4, pp. 70-78, 2005.
- [71] Pradier A., Colas O., Celin P., Sarrebourg T., Laudru D., Wong M.-F., Fouad Hanna V., Wiart J. "Evaluation of the Specific Absorption Rate Induced by the Handset Close to the Body," in BEMS 28th Annual Meeting, 2006.
- [72] Ramo, S., Whinnery, J.R., and Van Duzer, T., "Fields and Waves in Communication Electronics," 1st edition, John Wiley & Sons, 1965.
- [73] Rowley, J. T.; Waterhouse, R. B., Performance of Shorted Microstrip Patch Antennas for Mobile Communications Handsets at 1800 MHz *IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION*, VOL. 47, NO. 5, MAY 1999 815.
- [74] Schmid, T.; Egger, O., and Kuster, N., Automated E-field scanning system for dosimetric assessments, *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Jan 1996, vol 44, no. 1, pp. 105-113.
- [75] Toropainen, A., Vainikainen, P., and Drossos, A., Method for accurate measurement of complex permittivity of tissue equivalent liquids. *Electron. Lett.*, 2000, vol. 36, no. 1, pp. 32-34.
- [76] VIGNERAS, V., Elaboration and characterization of biological tissues equivalent liquids in the frequency range 0,9-3 GHz, final report. France: PIOM Laboratory, University of Bordeaux, Nov. 2001.
- [77] Von Hippel, A., *Dielectric Materials and Applications*, Cambridge, MA: MIT Press, 1954.
- [78] Hombach V, Meier, K., Burkhardt, M., Kühn, E., and Kuster, N., "The dependence of EM energy absorption on human head modeling at 900 MHz," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 44, No. 10, pp. 1865–1873, Oct. 1996.
- [79] Meier, K., Hombach, V., Kästle, R., Tay, R. Y. S., and Kuster, N., "The dependence of electromagnetic energy absorption upon human-head modeling at 1800 MHz," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 45, No. 11, pp. 2058–2062, Nov. 1997.
- [80] Schiavoni, A., and Francavilla, M., "Effect of the hand in SAR compliance tests of body worn devices", ACES 2007, Verona march 19-23 2007.
- [81] Douglas, M., Bit-Babik, G., Nadakuduti, J., Faraone, A., and Chou, C-K., "Modeling of SAR in the User for Body-Worn Wireless Devices," Proc. 29th Annual Meeting of the Bioelectromagnetics Society (BEMS 2007), Kanazawa, Japan, June 11-15, 2007.
- [82] Francavilla, M., and Schiavoni, A., "New Reference Function for Post-Processing Uncertainty Evaluation in SAR Compliance Tests", *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, Vol. 18, No. 5, May 2008.
- [83] Evans, S., and Michelson, S. C., "Intercomparison of dielectric reference materials available for the calibration of an open-ended probe at different temperatures," *Measurement Science and Technology*, Vol. 6, No. 12, pp. 1721–1732, Dec. 1995.
- [84] Jenkins, S., Hodgetts, T. E., Clarke, R. N., and Preece, A. W., "Dielectric measurements on reference liquids using automatic network analysers and calculable geometries," *Measurement Science and Technology*, Vol. 1, No. 7, pp. 691–702, July 1990.
- [85] Migliore, M. D., "Partial self-calibration method for permittivity measurement using truncated coaxial cable," *Electronics Letters*, Vol. 36, No. 15, pp. 1275–1277, July 20, 2000.
- [86] Nyshadham, A., Sibbald, C. L., and Stuchly, S. S., "Permittivity measurements using open-ended sensors and reference liquid calibration—an uncertainty analysis," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 40, No. 2, pp. 305–314, Feb. 1992.
- [87] Luc, J., Butet, R., Lebrusq, E., Toutain, Y., and Gallee, F., "SAR Measurement time reduction via optimization algorithms and interpolation scheme", Proc. 28th Annual Meeting of the Bioelectromagnetics Society (BEMS 2006), June 11-15, 2006, Cancun, Mexico
- [88] ISO/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*