جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
Institute of Standards and Industrial Research of Iran

استاندارد ملی ایران
۸۶۴۸
چاپ اول

ISIRI
8648
1st.edition

التراسونیک– سیستم های فیزیوتراپی، عملکرد و روش‌های اندازه‌گیری در محدوده فرکانس ۰/۵ تا ۵ مگاهرتز– الزامات

Ultrasonic – Physiotherapy systems- Performance requirements and methods of measurements in the frequency range 0.5 MHz to 5 MHz

نشانی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران : کرج ـ شهر صنعتی، صندوق پستی ۱۶۳-۳۱۵۸۵

دفتر مرکزی : تهران ـ ضلع جنوبی میدان ونک - صندوق پستی : ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹

تلفن مؤسسه در کرج: ۸-۲۸۰۶۰۳۱-۰۲۶۱

تلفن مؤسسه در تهران: ۵-۸۸۷۹۴۶۱-۰۲۱

دورنگار: کرج ۲۸۰۸۱۱۴-۰۲۶۱ ـ تهران ۸۸۸۷۱۰۳-۸۸۸۷۰۸۰ -۰۲۱

بخش فروش ـ تلفن: ۲۸۰۷۰۴۵-۰۲۶۱ دورنگار: ۲۸۰۷۰۴۵-۰۲۶۱

پیام نگار: Standard @ isiri.or.ir

بهاء: ۸۸۷۵ ریال

Headquarters :Institute Of Standards And Industrial Research Of IRAN

P.O.Box: 31585-163 Karaj – IRAN

Tel.(Karaj): 0098 (261) 2806031-8

Fax.(Karaj): 0098 (261) 2808114

Central Office : Southern corner of Vanak square , Tehran

P.O.Box: 14155-6139 Tehran - IRAN

Tel.(Tehran): 0098(21)8879461-5

Fax.(Tehran): 0098 (21) 8887080,8887103

Email: Standard @ isiri.or.ir

Price: 8875"RLS

«بسمه تعالی»

آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب قانون، تنها مرجع رسمی کشور است که عهده دار وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) میباشد.

تدوین استاندارد در رشته های مختلف توسط کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه، صاحبنظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی واقتصادی آگاه ومرتبط با موضوع صورت میگیرد. سعی بر این است که استانداردهای ملی، در جهت مطلوبیت ها و مصالح ملی وبا توجه به شرایط تولیدی، فنی و فن آوری حاصل از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع شامل: تولیدکنندگان ،مصرف کنندگان، بازرگانان، مراکز علمی و تخصصی و نهادها و سازمانهای دولتی باشد.پیش نویس استانداردهای ملی جهت نظرخواهی برای مراجع ذینفع واعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال میشود و پس از دریافت نظرات وپیشنهادها در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح ودر صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که توسط مؤسسات و سازمانهای علاقمند و ذیصلاح و با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می شود نیز پس از طرح و بـررسی در کمیته ملی مربوط و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی چاپ ومنتشرمی گردد. بدین ترتیب استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مفاد مندرج در استاندارد ملی شماره ((۵)) تدوین و در کمیته ملی مربوط که توسط مؤسسه تشکیل میگردد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد میباشد که در تدوین استانداردهای ملی ضمن تـوجه به شرایط کلی ونیازمندیهای خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهـای بین المـللی استفـاده می نماید.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون به منظور حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی وعمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردها را با تصویب شورای عالی استاندارد اجباری نماید. مؤسسه می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آنرا اجباری نماید.

همچنین بمنظور اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمانها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و گواهی کنندکان سیستم های مدیریت کیفیت ومدیریت زیست محیطی، آزمایشگاهها و کالیبره کنندگان وسایل سنجش، مؤسسه استاندارد اینگونه سازمانها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران مورد ارزیابی قرار داده و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آنها اعطا نموده و بر عملکرد آنها نظارت می نماید. ترویج سیستم بین المللی یکاها ، کالیبراسیون وسایل سنجش تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی از دیگر وظایف این مؤسسه می باشد.

کمیسیون استاندارد "اولتراسونیک- سیستم های فیزیوتراپی، عملکرد و روش های اندازه گیری در محدودهٔ فرکانس ۰/۵ تا ۵ مگاهرتز- الزامات"

رئیس	**سمت یا نمایندگی**
نوری خراسانی، سعید (دکترای مواد پلیمری)	دانشگاه صنعتی اصفهان (عضو هیئت علمی)
اعضاء	
بهمنی، فرود (دکترای تخصصی ارتوپدی)	دانشگاه علوم پزشکی اصفهان (عضو هیئت علمی)
جعفری، تقی (لیسانس رادیولوژی)	دانشگاه علوم پزشکی اصفهان (کارشناس بازنشسته رادیولوژی)
زرگر،انوشه (فوق لیسانس مهندسی پزشکی)	دانشگاه علوم پزشکی اصفهان (مربی)
قاسمی ، صادق (لیسانس مهندسی پزشکی)	دانشگاه علوم پزشکی اصفهان (رئیس بخش تجهیزات پزشکی بیمارستان الزهرا(س))
عزیزی همامی، سعید (فوق لیسانس مهندسی پزشکی)	اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان اصفهان (کارشناس ارشد مهندسی پزشکی)
	شرکت افرافولاد (مدیر فنی ومهندسی)
دبیر	
پاک نژاد، صدیقه (لیسانس مهندسی برق)	

فهرست اعضاء شرکت کننده دریکصد و یازدهمین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی

رئیس اجلاسیه	سمت یا نمایندگی
نجاریان، سیامک (دکترای مهندسی پزشکی)	دانشگاه صنعتی امیرکبیر
اعضاء	
آغشتی، زهرا (لیسانس مهندسی پزشکی)	کارشناس مهندسی پزشکی موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
پاک نژاد، صدیقه (لیسانس مهندسی برق)	مدیر فنی و مهندسی شرکت افرا فولاد
سوفالی، زهره (لیسانس مهندسی مواد)	مدیر کل صنایع مهندسی پزشکی موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
ظهوررحمتی، لاله (کارشناس ارشد فیزیک پزشکی)	رئیس گروه تحقیقات پزشکی موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
موسوی حجازی، مینو سادات (لیسانس مهندسی پزشکی)	کارشناس و رابط تدوین مدیریت مهندسی پزشکی موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
نوروزی، سعید (دکترای دامپزشکی)	مشاور و نماینده ریاست موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
نوری خراسانی، سعید (دکترای مواد پلیمری)	دانشگاه صنعتی اصفهان
عزیزی، سعید (فوق لیسانس مهندسی پزشکی)	اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی اصفهان
دبیر اجلاسیه	
صدیقیان،فرناز (لیسانس مهندسی پزشکی)	موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

فهرست مندرجات

صفحه

پیش گفتار ..... پ

مقدمه ..... ت

۱ هدف و دامنه کاربرد ۱

۲ مراجع الزامی ۲

۳ اصطلاحات وتعاریف ۳

٤ فهرست نمادها ۱۳

۵ الزامات ایمنی و اعلام عملکرد ۱٦

٦ الزامات ایمنی و عملکرد ۱۷

۷ شرایط اندازه گیری و تجهیزات مورد استفاده در آزمون ۱۷

۸ مرجع آزمون نمونه اندازه گیری ها و روش های اجرایی ۲۱

۹ روش اجرایی اندازه گیری عادی ۲۹

۱۰ نمونه برداری و تعیین عدم قطعیت ۳۳

پیوست الف ۳۵

پیوست ب ۳۹

پیوست پ ٤٤

پیوست ت ۵۱

پیوست ث ۵۵

پیوست ج ۵۸
پیوست چ ٦۳
پیوست ح ٦٦
پیوست خ ٦۸
پیوست د ۷۱
پیوست ذ ۷۳

پیش گفتار

استاندارد – التراسونیک – سیستم های فیزیوتراپی– عملکرد و روش های اندازه گیری در محدوده ۰/۵تا ۵ مگاهرتز– الزامات که توسط کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده و در یکصد و یازدهمین جلسه کمیته ملی استاندارد مورخ ۸٤/۱۱/۵ مورد تصویب قرار گرفته است. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقاتی صنعتی ایران مصوب بهمن‌ماه ۱۳۷۱ بعنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر گونه پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین برای مراجعه به استانداردهای ایران باید همواره از آخرین تجدید نظر آنها استفاده کرد.

در تهیه و تدوین این استاندارد سعی شده است که ضمن توجه به شرایط موجود و نیازهای جامعه، در حد امکان بین این استاندارد واستانداردهای بین المللی و استاندارد ملی کشورهای صنعتی و پیشرفته هماهنگی ایجاد شود.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد به کار رفته به شرح زیر است:

۱- *IEC 1689: 1996, Ultrasonics - Physiotherapy systems- Performance requirements and methods of measurement in the Frequency range 0.5 MHz to 5 MHz*

مقدمه

در پزشکی، التراسوند در فرکانس های پایین مگا هرتزی در فیزیوتراپی کاربرد زیادی دارد.

این تجهیزات از مولد انرژی الکتریکی با فرکانس بالا و معمولا اپلیکاتور دستی که اغلب اپلیکاتور نامیده می شود، تشکیل شده است. اپلیکاتور از مبدل و صفحه ای از جنس مواد پیزو الکتریک برای تبدیل انرژی الکتریکی به التراسوند (که جهت تماس با بدن انسان طراحی شده) تشکیل شده است. .

التراسونیک - سیستم های فیزیوتراپی

عملکرد و روش های اندازه گیری در محدودهٔ فرکانس ۰/۵ تا ۵ مگاهرتز-

الزامات

۱ هدف و دامنه کاربرد

ایـن استاندارد برای تجهیزات التراسونیک کاربرد دارد، تجهیزاتی که برای فیزیوتراپی طراحی شده و شامل مبدل التراسـونیک کـه انـرژی التراسونیک امواج متمد یا شبه متمد را در محدودهٔ فرکانس ۰/۵ تا ۵ مگاهرتز تولید می کند.

ایـن اسـتاندارد صـرفا بـه تجهـیزات التراسـونیک فیزیوتراپی مربوط می شود، که برای هر اپلیکاتور، مبدل تک صـفحه ای مـدوری بـه کـار بـرده شـده، و پرتوهای استاتیکی تولیدی عمود بر سطح اپلیکاتور مطابق با روش موجود می باشند.

این استاندارد موضوعات زیر را مشخص می کند:

الـف- روش هـای اندازه گیری و خصوصیات عملکرد خروجی تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی بر مبنای روش های آزمون مرجع

ب- خصوصـیاتی که باید توسط سازنده تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی بر مبنای روش های آزمون مرجع اعلام شود.

پ- الزامات برای عملکرد و ایمنی میدان التراسونیک تولید شده توسط تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی

ت- روش هـای انـدازه گـیری و خصوصـیات عملکرد خروجی تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی بر مبنای روش های آزمون جاری

ث- معـیار پذیـرش جهـت جنبه های عملکرد تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی بر مبنای روش های آزمون جاری

این استاندارد، مقدار درمان و روش های استفاده از تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی را در بر نمی گیرد.

۲ مراجع الزامی

مـدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است، که در متن این استاندارد به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقـررات جزئـی از ایـن اسـتاندارد محسـوب مـی شـود. در مـورد مراجع دارای تاریخ چاپ و/ یا تجدید نظر، اصلاحیه ها و تجدید نظرهای بعدی این مدارک مورد نظر نیست. معهذا بهتر است کاربران ذینفع این استاندارد، امکـان کاربـرد آخریـن اصـلاحیه هـا و تجدیـد نظرهای مدارک الزامی زیر را مورد بررسی قرار دهند. در مورد مـراجع بـدون تارخـی چاپ و / تجدید نظر، آخرین چاپ و / یا تجدید نظر آن مدارک الزامی ارجاع داده شده، مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است.

2-1 IEC 50(801): 1994, International Electro technical Vocabulary (IEV)- Chapter 801: Acoustics and electroacoustics

2-2 IEC 469-1: 1987, Pulse techniques and apparatus- part1: pulse Terms and definitions

2-3 IEC 601-1: 1988, Medical electrical equipment- part 1: General requirements for safety

2-4 IEC 601-2-5: 1984, Medical electrical equipment- part2: particular requirements for the safety of ultrasonic Therapy equipment

2-5 IEC 854: 1986, Methods of measuring the performance of ultrasonic pulse- echo diagnostic equipment

2-6 IEC 866: 1987, characteristics and calibration of hydrophones for operation in the frequency range 0.5 MHz to 15 MHz

2-7 IEC 1101: 1991, The absolute calibration of hydrophones using the planar scanning technique in the frequency range 0.5 MHz to 15 MHz

2-8 IEC 1102: 1991, Measurement and characterization of ultrasonic fields using hydrophones in the frequency range of 0.5 MHz to 15 MHz.

2-9 IEC 1161L 1992, ultrasonic power measurement in liquids in the frequency range 0.5 MHz TO 25 MHz

۳ اصلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصلاحات و / یا واژه ها با تعاریف زیر کاربرد دارد.

۳-۱ شکل موج ضربان صوت

شـکل مـوج زودگذر فشار صوت آنی در مکان مشخصی از میدان صوت که در دورهٔ نسبتاً طولانی نمایش داده می شود، و تمام اطلاعات مهم ضربان منفرد یا تن برست[1] را در بر می گیرد.

---

[1]- *Tone burst*

۳-۲ دوره تکرار صوت

به فاصله زمانی بین نقاط مربوط به سیکل های متوالی برای موج ممتد التراسوند، دوره تکرار صوت گویند.

۳-۳ فرکانس کاری صوت

فرکانس سیگنال صوت که بر مبنای مشاهدهٔ خروجی هیدروفون مستقر در میدان صوت پایه ریزی شده است. با استفاده از تکنیک فرکانس غیر متقاطع، سیگنال صوت تجزیه می شود.

۳-۴ دامنه موج مدوله شده[۲]

موجی که در آن نسبت $\square_{\square\square\square}$ به $\square_{\square}/\sqrt{2}$ در هر نقطه ای از میدان دور و روی محور تراز پرتو از ۱/۰۵ بیشتر باشد. p_p حداکثر فشار صوت زودگذر و p_{rms} جذر میانگین فشار صوت است.

۳-۵ سری اتصالات

لوازم اضافی همراه اپلیکاتوربه منظور اصلاح خصوصیات پرتوالتراسونیک را سری اتصالات گویند.

۳-۶ محور تراز پرتو

خط مستقیمی که، دو نقطه فشار صوت حداکثر زودگذر و حداکثر فاصله را روی سطوح دو صفحه موازی به سطوح اپلیکاتور به هم وصل کند. یکی از صفحه ها در فاصله ای تقریباً $A_{ERN}/(\pi\lambda)$ قرار دارد، که در اینجا A_{ERN} مقدار نامی مساحت تابیده مؤثر اپلیکاتور و λ طول موج التراسوند مربوط به مقدار نامی فرکانس کاری صوت است. سطح صفحه دوم در فاصله ای تقریباً $2A_{ERN}/(\pi\lambda)$ یا $A_{ERN}/(3\pi\lambda)$ قرار دارد، (هر کدام که مناسب تر است). به منظور کاربرد تراز ممکن است، این خط به سطح اپلیکاتور تابیده شود.

یادآوری۱- اگر مقدار نامی مساحت تابیده مؤثر معلوم نیست، ممکن است، ناحیه مناسب دیگری به کار رود، تا محور تراز پرتو را تعریف کند. به طور مثال می توان ناحیه اجزاء فعال مبدل التراسونیک را نام برد.

یادآوری۲- چون محور تراز پرتو صرفاً به منظور تراز به کار می رود، تعیین فواصل مشخص ممکن است، به آرامی کم شده تا فشارهای سیستم اندازه گیری به کار رفته را بازتاب نماید. برای مثال در بعضی اپلیکاتورها فاصله $A_{ERN}/(\pi\lambda)$ آن ها بزرگتر از ۱۲ سانتی متر است، که در آن صورت حداکثر فاصله ۱۲ سانتی متر ممکن است، برای تعیین اولین صفحه به کار رود. راهنمای کلی تعیین محور تراز پرتو در بند ۸-۲ ارایه شده است.

---

[2]- *Amplitude modulated wave*

در صورت کاربرد سطوح ساده به بند ۳-۵ استاندارد ملی ایران[۳] ..... مراجعه شود.

۳-۷ مساحت سطح مقطع پرتو[۴]

حداقل مساحت در صفحه ای مشخص شده عمود بر محور تراز پرتو که در آن حاصل جمع میانگین مربع فشار صوت ۷۵ درصد کل میانگین مربع فشار صوت است.

نماد حرفی: A_{BCS}

یکا: سانتی متر مربع cm^2

۳-۸ حداکثر شدت پرتو

حاصل ضرب نسبت غیر یکنواختی پرتو و توان خروجی نامی تقسیم بر مساحت تابیده مؤثر

یکا: وات بر سانتی متر مربع W/cm^2

۳-۹ نسبت غیر یکنواختی پرتو[۵]

نسبت مربع حداکثر جذر میانگین مربعی فشار صوت بر میانگین فاصله ای مربع جذر میانگین فشار صوت را گویند. در اینجا میانگین فاصله ای برای کل مساحت تابیده مؤثردر نظر گرفته می شود. نسبت غیر یکنواختی پرتو به وسیله فرمول زیر ارایه شده است:

$$R_{BN} = \frac{P_{\max}^2 A_{ER}}{Pms_t \, a_0}$$

که درآن

p_{max} حداکثر جذر میانگین مربعی فشار صوت است.

A_{ER} مساحت تابیده مؤثر است.

pms_t کل میانگین مربع فشار صوت است.

a_0 مساحت واحد اسکن راستر[۶] است

نماد حرفی: R_{BN}

یکا : بدون بعد

۱- تاتدوین استاندارد ملی ایران، به استاندارد *IEC 1102* مراجعه شود.

[4] - *Beam cross- sectional area*
[5] - *Beam non- uniformity ratio*
[6] - *Raster Scan*

۳-۱۰ حداکثر قدر مطلق نسبت غیر یکنواختی پرتو

حداکثر قدر مطلق نسبت غیر یکنواختی پرتو را نسبت غیر یکنواختی پرتو به علاوه ۹۵ درصد اطمینان کل عدم قطعیت در نسبت غیر یکنواختی پرتو گویند .

۳-۱۱ نوع پرتو

پرتوهای التراسونیک بر حسب یکی از سه نوع: همگرا ، واگرا و موازی طبقه بندی می شود.

۳-۱۲ موازی

پرتوای که در آن ضریب پسرفت خطی[۷]، Q ،بین ۰/۰۵ – برسانتی متر و ۰/۱ بر سانتی متر باشد.

$-۰/۰۵\ cm^{-۱} \leq Q' \leq ۰/۱ cm^{-۱}$

۳-۱۳ همگرا

پرتوای که در آن ضریب پسرفت خطی، Q، از ۰/۰۵ – بر سانتی متر کمتر باشد.

$Q < -۰/۰۵ cm^{-۱}$

۳-۱۴ واگرا

پرتوای که در آن ضریب پسرفت خطی، Q، از ۰/۱ بر سانتی متر بیشتر باشد.

$Q > ۰/۱\ cm^{-۱}$

۳-۱۵ موج ممتد

موجی که در آن نسبت $p_p / \sqrt{2}\, p_{rms}$ در هر نقطه ای از میدان دور و روی محور تراز پرتو کمتر یا مساوی ۰۵ /۱ باشد. p_p حداکثر فشار صوت زودگذر و p_{rms} جذر میانگین مربعی فشار صوت است.

۳-۱۶ پارامتر عدم تقارن استوانه ای[۸]

پارامتری که برای توصیف تقارن استوانه ای پرتو فیزیوتراپی به کار می رود. پارامتر عدم تقارن استوانه ای توسط تجزیه داده ها که از اسکن راستر یا اسکن قطری بر حسب اسکن های هشت ضلعی منظم به دست می آید، تعیین می شود. با استفاده از درصد خطای مجاز از مقادیر مساحت سطح مقطع پرتو که از اسکن های

---

[۷]- *Linear Regression Coefficient*

[8] - *Cylindrical asymmetry parameter*

هشـت ضـلعی مـنظم بـه دست آمده، می توان پارامتر عدم تقارن استوانه ای را نسبت به مقدار میانگین محاسبه نمود.

نمادحرفی: ϕ

یکا: بدون بعد

۳-۱۷ فاکتور کار[9]

نسبت مدت ضربان به دورهٔ تکرارضربان(به استاندارد ملی ایران[10].....مراجعه شود)را فاکتورکارگویند.

۳-۱۸ شدت مؤثر

شـدت مؤثـر بـا فـرمول $\square_{\square} = \square / \square_{\square\square}$به دست می آید. جائی که p توان خروجی و A_{ER} مساحت تابیده موثر است.

نماد حرفی: i_e

یکا: وات بر سانتی متر مربع، W/cm^2

۳-۱۹ حداکثر قدر مطلق شدت موثر

مقـدار شـدت موثر در رابطه با حداکثر قدر مطلق توان نامی خروجی و حداقل قدر مطلق مساحت تابیده مؤثر ازتجهیزات را حداکثر قدر مطلق شدت موثرگویند.

۳-۲۰ ناحیه تابیده موثر

مساحت سطح مقطع پرتو برون یابی شده در صفحه جلو اپلیکاتور، $A_{BCS}(0)$، ضرب در فاکتور بدون ابعاد F_{ac} ، توسط فرمول زیر به دست می آید.

F_{ac}=۲/۵۸–۰/۰۳۰۵ka$_۱$ وقتی $ka_۱ \leq ٤٠$

F_{ac} = ۱/۳٥٤ وقتی $ka_۱ > ٤٠$

که در آن

k عدد موج بر سانتی متر، $cm^{-۱}$ است.

---

[9] - *Duty factor*

۲- تاتدوین استاندارد ملی ایران، به استاندارد *IEC 469-1* مراجعه شود.

a، شعاع مؤثر اپلیکاتور بر حسب سانتی متر و از فرمول زیر به دست می آید.

$$\pi^{\partial^2} + (0.0305KA_{BCS}(0))\partial - 2/58A_{Bcs}(0) = 0$$

یـادآوری- در ایـنجا فاکـتور تـبدیل Fac بـه کـار رفته، تا مساحت اپلیکاتور که ۱۰۰ درصد کل میانگین مربع فشار صوت را دارا می باشد، به دست آید.

نمادحرفی: A_{ER}

یکا: سانتی متر مربع، cm^2

۲۱-۳ مساحت ناحیه تابیده مؤثر مطلق

مساحت ناحیه تابیده مؤثر منهای ۹۵ درصد اطمینان عدم قطعیت کل در مساحت تابیده مؤثر را مساحت تابیده مؤثر مطلق گویند.

۲۲-۳ حساسیت بار انتهای کابل هیدروفون

نسبت ولتاژ در انتهای هرکابل یک پارچه یا اتصال دهنده (تبدیل) هیدروفون (وقتی که به وسیله الکتریکی با امـپدانس ورودی مشـخص متصـل شده است)، به فشار صوت زودگذر (لحظه ای) در میدان آزاد موج ساده در موقعیـت مرکـز صـوت هـیدروفون،(اگر هیدروفون برداشته شده باشد) راحساسیت بار انتهای کابل هیدروفون گویند.

نماد حرفی: M_L

یکا: ولت بر پاسکال، V/Pa

۲۳-۳ میدان دور

میدان صوت در فاصله ای از اپلیکاتور،که مقادیر فشار صوت لحظه ای و سرعت ذره ای به طور ذاتی در یک فاز قرار گیرد.

بـرای ایـن اسـتاندارد، مـیدان دور در فاصله ای بیشتر از A_{ERN} قرار دارد، A_{ERN} مقدار نامی مساحت تابیده موثر اپلیکاتور و λ طول موج التراسوند مربوط به فرکانس کاری صوت است.

۲۴-۳ هیدرفون

مبدلـی اسـت که سیگنال های الکتریکی درپاسخ به سیگنال های صوت را که درآب تولید می شود، ایجاد می کند.

۳-۲۵ فشار صوت لحظه ای

تفـاوت فشارصـوت بیـن فشار موجود در لحظه ای خاص و فشار محیط، در نقطه ای ویژه از میدان صوت را فشار صوت لحظه ای گویند.

نماد حرفی: p

یکا: پاسکال، p_a

۳-۲۶ ضریب پسرفت خطی

خـارج قسـمت زاویه پسرفت خطی m ، و مساحت سطح مقطع پرتو در صفحه اپلیکاتور، $A_{BCS}(0)$ را ضریب پسرفت خطی گویند.

نماد حرفی: Q

یکا: بر سانتی متر، cm^{-1}

۳-۲۷ ضریب زاویه پسرفت خطی

ضـریب زاویـه پسرفت خطی مساحت مناسب سطح مقطع پرتو بر حسب فاصله است، و در چهار سطح اندازه گیری مشخص شده، تعیین می شود.

نماد حرفی: m

یکا: سانتی متر، cm

۳-۲۸ میانگین مربع فشار صوت

میانگیـن مـربع فشار صوت لحظه ای در نقطه ای ویژه از میدان صوت است. میانگین از کل تعداد کامل دوره های تکرار صوت گرفته می شود.

یادآوری- در عمل، مقدار میانگین اغلب از قله یا جذر میانگین اندازه گیری ها به دست می آید.

یکا: مربع پاسکال، Pa^2

۳-۲۹ کل میانگین مربع فشار صوت

کل میانگین

مربع فشار صوت ازمجموع مقادیر میانگین مربع فشار صوت، درهر یک از مساحت

افزایشی مشخص ،در صفحه ای مشخص برای کل حدهای مشخص شده، به دست می آید.

نماد حرفی: pms_t

یکا: مربع پاسکال، Pa^2

۳-۳۰ مدوله شدن شکل موج[11]

پوشش زمانی شکل موج مدوله شده، در نقطه ای از حداکثر جذر میانگین فشار صوت روی محور تراز پرتو در دوره ای نسبتاً طولانی ظاهر می شود، تا کل اطلاعات مهم صوت در دامنه مدوله شده موج را شامل شود.

۳-۳۱ توان خروجی

میانگین زمانی توان التراسونیک که توسط اپلیکاتور تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی به میدان تقریباً آزاد تحت شرایط ویژه در محیطی ویژه، (ترجیحاً آب) تابیده می شود.

نماد حرفی: p

یکا: وات، W

۳-۳۲ توان خروجی نامی

حداکثر توان خروجی تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی تحت هر ولتاژ مجاز منبع اصلی برق را توان خروجی نامی گویند.

یکا: وات، W

۳-۳۳ قدر مطلق حداکثر توان خروجی نامی

حاصل جمع توان خروجی نامی، ۹۵ درصد اطمینان از عدم قطعیت کل در توان خروجی نامی، و حداکثر افزایش در توان خروجی نامی برای ۱۰± درصد تغییرات در خط ولتاژ متناسب می باشد.

۳-۳۴ حداکثر توان خروجی زودگذر

برای دامنه مدوله شده موج، حداکثر توان خروجی زودگذر از فرمول زیر به دست می آید.

$$p_{tm} = \frac{1}{2}\left[\frac{p_P}{p_{rms}}\right]^2 P$$

که در آن

p توان خروجی واقعی تحت شرایط دامنه موج مدوله شده است.

p_p حداکثر فشار صوت زود گذر است.

---

[11]- *Modulation Wave form*

p_{rms} جذر میانگین مربعی فشار صوت واقعی است.

p_p و p_{rms} تحت شرایط دامنه مدوله شده موج، و در نقطه ویژه ای روی محور تراز پرتو اندازه گیری می شود.

نماد حرفی: p_{tm}

یکا: وات، W

۳-۳۵ مدت ضربان

فاصله زمانی است که از اولین مرتبه افزایش دامنه فشار نسبت به مقدار مرجع شروع وتا آخرین باری که دامنه فشار به مقدار مرجع بر گردد، به اتمام می رسد. مقدار مرجع با حاصل جمع حداقل دامنه فشار و ۱۰ درصد اختلاف بین حداکثر و حداقل دامنه فشار برابر است.

یکا: ثانیه، s

یادآوری- این تعریف با تعریف ارایه شده در استاندارد ملی ایران[۱۲].... تفاوت دارد.

۳-۳۶ دوره تکرار ضربان

مقدار قدر مطلق فاصله زمانی که بعد از آن خصوصیات شکل موج دوره ای عیناً تکرار شود.

۳-۳۷ نرخ تکرار ضربان

معکوس دورهٔ تکرارضربان است. مقدارآن هم چنین با تکرارفرکانس شکل موج مدوله شده برابراست.

یکا: هرتز، Hz

۳-۳۸ جذر میانگین مربعی فشار صوت

مقدارجذرمیانگین مربعی فشارصوت لحظه ای*(rms)* درنقطه ای ویژه ازمیدان صوت به دست می آید.

میانگین ازکل تعداد کامل دوره های تکرارصوت به دست می آید.

نماد حرفی: p_{rms}

یکا: پاسکال، Pa

۳-۳۹ حداکثر جذر میانگین مربعی فشار صوت

مقدار حداکثرجذرمیانگین مربعی فشار صوت که توسط هیدروفون درکل میدان صوت به دست آید.

۱- تاتدوین استاندارد ملی ایران، به استاندارد *IEC 1102* مراجعه شود.

نماد حرفی: P_{max}

یکا: پاسکال، Pa

۳-۴۰ قله جذر میانگین مربعی فشار صوت[۱۳]

بـه مقدار حداکثر جذر میانگین مربعی فشار صوت روی ناحیه ای مشخص،خط یا صفحه ای در میدان صوت را، قله جذر میانگین مربعی فشار صوت گویند.

۳-۴۱ حداکثر شدت زودگذر

حداکثر شدت زودگذر برای دامنه مدوله شده موج، از فرمول زیر به دست می آید

$$\square_{\square} = \frac{\square_{\square\square}}{\square_{\square\square}}$$

p_{tm} حداکثر توان خروجی زود گذر است.

A_{ER} مساحت تابیده مؤثر است.

نماد حرفی: i_m

یکا: وات بر سانتی متر مربع، W/cm^2

۳-۴۲ قله فشار صوت زودگذر

مقـدار حداکـثر مـدول[۱۴] فشـار صوت زودگذر را در نقطه ای ویژه از میدان صوت، قله فشار صوت زودگذر گویند.

نماد حرفی: p_p

یکاد: پاسکال،pa

۳-۴۳ اپلیکاتور

ایـن مجموعه از یک مبدل التراسونیک و قسمت های مربوطه برای کاربرد موضعی التراسوند به بیمار تشکیل شده است.

۳-۴۴ مبدل التراسونیک

---

[13] -Peak r.m.s acustic pressure
[14] - Modulus

وسیله ای که قادر است، انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی و یا بر عکس انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی در محدوده فرکانس التراسونیک تبدیل نماید.

۳-۴۵ التراسوند

نوسان صوت که فرکانس آن از حد بالای فرکانس صدای شنیدنی بیشتر است.(حدود ۱۶ کیلو هرتز)

۳-۴۶ تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی

تجهیزاتی که برای تولید و اعمال التراسوند به بیمار به منظور درمان به کار رود.

۴ فهرست نمادها

a شعاع هندسی عضو فعال اپلیکاتور

a_1 شعاع مؤثر عضو فعال اپلیکاتور

A_{BCS} مساحت سطح مقطع پرتو

$A_{BCS(0)}$ مساحت سطح مقطع پرتو خارج شده به صفحه جلو اپلیکاتور $Z=0$

A_{ER} مساحت مؤثر تابیده از اپلیکاتور

A_{ERN} مقدار نامی مساحت موثر تابیده از اپلیکاتور

a_g شعاع هندسی عضو فعال هیدروفون

A_g مساحت هندسی صفحه اپلیکاتور

a_{max} حداکثرشعاع مؤثرهیدروفون که در استاندارد ملی ایران[۱۵] ..... تعریف شده است.

a_0 واحد مساحت برای اسکن راستر

b حداقل شعاع هدف برای تراز نیروی تابشی

c سرعت صوت

f فرکانس کاری صوت

F_{ac} ضریب تبدیل برای تبدیل $A_{BCS(0)}$ به A_{ER}

I_e شدت مؤثر

۱- تاتدوین استاندارد ملی ایران، به استاندارد *IEC 1102* مراجعه شود.

l_m حداکثر شدت زودگذر

k عدد موج دایره ای $(=2\pi/\lambda)$

m زاویه پسرفت خطی برای مجموعه اندازه گیری های سطح مقطع پرتودرچهارصفحه اندازه گیری

M_L حساسیت بار انتهای کابل هیدروفون

P توان خروجی اپلیکاتور

P_{tm} حداکثر توان خروجی زودگذر

P_p قله فشار صوت زود گذر

P_{max} حداکثر جذر میانگین مربعی فشار صوت

P_{rms} جذر میانگین مربعی فشار صوت

$P\square\square_t$ کل میانگین مربع فشار صوت

$Pms_t(z)$ کل میانگین مربع فشار صوت که در صفحه مشخص z تعیین می شود.

Q ضریب پسرفت خطی

R نسبت قله جذر میانگین مربعی فشار صوت به میانگین جذر میانگین مربعی فشار صوت روی مساحت سطح مقطع پرتو در صفحه ای مشخص.

R_{BN} نسبت غیر یکنواختی پرتو

s اندازه پله ای در اسکن راستر

$s(z)$ اندازه پله ای در اسکن راستر در صفحه مشخص z

U ولتاژ انتهای کابل در هیدروفون

U_i سیگنال هیدروفون در نقطهٔ i اسکن

U_r عدم قطعیت تصادفی اندازه گیری در سطح ۹۵ درصد اطمینان

U_s عدم قطعیت سیستماتیک اندازه گیری در سطح ۹۵ درصد اطمینان

U_T عدم قطعیت اندازه گیری کلی در سطح ۹۵ درصد اطمینان

z فاصله صفحه اپلیکاتور تا نقطه مشخص شده روی محور تراز پرتو

$z_1 ... z_\varepsilon$ فاصله صفحه اپلیکاتور به صفحه اندازه گیری $z_1 .. z_\varepsilon$

z_N فاصله آخرین محور حداکثر از صفحه اپلیکاتور

z_P فاصله قله جذر میانگین مربعی فشار صوت از صفحه جلو اپلیکاتور

λ طول موج التراسونیک

ϕ پارامتر عدم تقارن استوانه ای

عدم قطعیت ها در تمام این استاندارد درسطح ۹۵ درصد اطمینان مشخص شده اند.

۵ الزامات ایمنی و اعلام عملکرد

علاوه

برالزامات کلی مشخص شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۳۳۶۸ ، والزامات ویژه مشخص شده در استاندارد ملی ایران[۱۶].... تولید کنندگان باید مقادیر نامی را برای پارامترهای زیر در مدارک همراه هر نوع اپلیکاتور اعلام نمایند.

الف- توان خروجی نامی (۲۰ درصد)

ب- مساحت مؤثر تابیده از اپلیکاتور A_{ERN} (۲۰ درصد)

پ - شدت مؤثر در تنظیمات مشابه تجهیزات به عنوان مقدار نامی توان خروجی نامی

ت- فرکانس کاری صوت (۱۰ درصد)

ث- نسبت غیر یکنواختی پرتو (R_{BN}) (۳۰ $\pm$ درصد)

ج- حداکثر شدت پرتو

چ- نوع پرتو

ح- مدت ضربان، دوره تکرار ضربان، فاکتورکاری و نسبت حداکثر توان خروجی زودگذر به توان خروجی برای هر تنظیم مدوله شده (۵ درصد)

خ- شکل موج مدوله شده برای هر تنظیم مدوله شده

۱- تاتدوین استاندارد ملی ایران، به استاندارد *IEC 601-2-5* مراجعه شود.

در مواردی که اعداد ارایه شده در پرانتز می باشد، منظور رواداری ها هستند، که محدودهٔ مقادیر قابل قبول برای انـواع اندازه گیری های آزمون مرجع مشخص شده در بند ۸ یا اندازه گیری های جاری مشخص شده در بند ۹ را معین می کند.

محدودهٔ دما باید برای پارامترهای اعلام شده در بالا و همچنین گستره ولتاژها باید مشخص شده باشد.

تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی که از اپلیکاتور استفاده می کنند، قادربه فعالیت با بیش از یک مقدار نامی فرکانس کاری صوت می باشند. پارامترهای مشخص شده در بالا باید برای هر مقدار نامی فرکانس کاری صوت اعلام شده باشد.

تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی که قادرند از سری اتصال استفاده نمایند. پارامترهای مشخص شده در بالا باید برای هر ترکیب سری اتصال و اپلیکاتور اعلام شده باشد.

۶ عملکرد و الزامات ایمنی

۶-۱ توان خروجی نامی

وقتی که ولتاژ منبع اصلی برق تا ۱۰ درصد تغییرات دارد، توان خروجی نامی نباید بیش از ۲۰ درصد تغییر کند. هیچگونه تنظیم دستی تجهیزات جهت سازگاری با این الزامات مجاز نیست.

بررسـی سـازگاری نتایج، با اندازه گیری توان خروجی نامی مطابق با بند ۸-۱ در۹۰ درصد، ۱۰۰ درصد و ۱۱۰ درصد مقدار نامی ولتاژ منبع اصلی برق، انجام می گردد.

۶-۲ شدت مؤثر

حداکثر قدر مطلق شدت مؤثر باید کمتر یا مساوی ۳ وات بر سانتی متر مربع باشد.

بررسـی سـازگاری بـا تعیین حداکثر قدر مطلق توان خروجی نامی مطابق بند ۸-۱ و حداقل قدر مطلق مساحت تابیده موثر مطابق بند ۸-۳ انجام می گردد.

۶-۳ نسبت غیر یکنواختی پرتو

حداکثر نسبت غیر یکنواختی پرتو مطلق باید کمتر یا مساوی ۸ باشد.

بررسی سازگاری با اندازه گیری مطابق بند ۸-۳ انجام می گردد.

۷ شرایط اندازه گیری و تجهیزات مورد استفاده در آزمون

تمام اندازه گیری ها باید تحت شرایط تقریباً میدان آزاد در دمای ۳ ±۲۲ درجه سلسیوس انجام شود.

اگـر انـدازه گیری ها تحت دمای دیگری انجام شده، آزمونی باید انجام داد، تا نشان دهد که نتایج به دست آمده مطابق بند ۸-۵، ۹-۳ به دمایی که تحت آن آزمون ها صورت گرفته بستگی ندارند.

آب گـاز زدایی شده باید برای اندازه گیری توان التراسونیک به کار برده شود. (به بند ۸-۱ مراجعه شود). برای اندازه گیری های هیدروفون نیازی به آب گاز زدایی شده نیست. (به بند ۸-۲ مراجعه شود.)

یـادآوری- وقتی تجهیزات فیزیوتراپی با حداکثر توان خروجی و یا خروجی نزدیک به آن کار می کنند، آب گاز زدایی شـده برای جلوگیری از حفره سازی[۱۷] لازم است. اطلاعات در مورد تهیه آب مناسب برای اندازه گیری های فیزیوتراپی در استاندارد ملی ایران[۱۸]..... ارایه شده است.

تمـام اندازه گیری ها باید پس از مدت زمان مناسبی که جهت گرم شدن تجهیزات توسط سازنده مشخص شده، انجام گردد.

۷-۱ مخزن آزمون

مخـزن آزمونـی کـه بـرای کـل انـدازه گـیری هـای هیدروفون به کار می رود، باید به قدر کافی بزرگ باشد. تا اپلـیکاتور و هـیدروفون هر دو بتوانند در مخزن غوطه ور شوند. به طور کلی اندازه مخزن باید مطابق استاندارد ملی ایران[۱۹].... باشد.

موقعیـت نسـبی و جهـت اپلـیکاتور و هیدروفون بهتر است، از نظر تراز قابل تنظیم باشد (مطابق استاندارد ملی ایـران[۲۰].....) بـا ایـنکه حداقل الزامات آن است که اپلیکاتور یا هیدرفون دارای سه درجه حرکت انتقالی مستقل باشند، احتمالاً برای هر دو،کل درجات آزادی حرکت مهیا می شود. اندازه گیری ها بایدتحت شرایط میدان آزاد انجـام شـود. برای انجام این شرایط، احتمالاً لازم است دیوارهای مخزن آزمون و همچنین پایه های به کار رفته

---

[17]- *Cavitation*

۲- تا تدوین استاندارد ملی ایران مربوطه به استاندارد *IEC 854* مراجعه شود.

۳- تا تدوین استاندارد ملی ایران مربوطه به استاندارد *IEC 1102* مراجعه شود.

٤- تا تدوین استاندارد ملی ایران مربوطه به استاندارد *IEC 1102* مراجعه شود.

جهـت نگهـداری اپلـیکاتور و هیدروفون با مواد جذب کننده یا باز تابنده های زاویه ای و جذب کننده هایی با قـدرت جذب و یا بازتاب کم پوشش شود. وقتی کل اکو بیش از ۲۵ دسی بل کاهش یابد، شرایط میدان آزاد به دسـت مـی آید. روش های مختلفی را می توان برای بررسی سازگاری به منظور کاهش اکو مواد پوشش به کار رفته در مخزن به کار برد. یک نمونه برای بررسی مواد جذب کننده یا بازتابنده به شرح زیر ارایه شده است.

بـا استفاده از روش های اجرایی زیر می توان کل اکو جذب کننده صوت راکاهش داد، میزان کاهش اکو تحت فـرکانس کـاری صـوت اپلیکاتور مورد آزمون ، با استفاده از التراسوند تن برست اندازه گیری می شود، وسیله جـذب کنـنده صـوت مسـتقر در مـیدان دور مـبدل التراسـونیک به طور مجزا عمل می کند. سیگنال حاصل از هـیدروفون (قلـه بـه قله یا جذر میانگین مربع)، تولید شده توسط بازتاب از صفحه جلوی جذب کننده صوت، $U_{absorber}$[۲۱]، بـاید با مقدار حاصل از بازتابنده صفحه ای ،$U_{reflector}$ ، مقایسه شود. جذب کننده صوت و بازتابنده کـامل بـاید تقریـباً عمـود بـر محور تراز پرتو، تراز شود،اما تحت زاویه ای تراز شود که سیگنال بازتابنده بتواند توسط هیدروفون قطع شود.کاهش اکوبا استفاده ازفرمول زیر محاسبه می شود.

$$\text{کاهش اکو} = -20\log_{10}\left[\frac{\square}{\square}\right]$$

مـی تـوان از بازتابـنده هائی از جنس فولاد زنگ نزن با ضخامت حداقل ۲۵ میلی متر برای تخمین خوب سطح کاملاً تابیده استفاده نمود.

بررسـی سـازگاری مخـزن آزمون با شرایط میدان آزاد، پس از تکمیل شدن چهار اسکن راستر مشخص شده در بند ۸، با ثبت متغیر pms_ts^2 حاصل، انجام می گردد.

یـادآوری- دربعضـی اپلیکاتورها،ممکـن است بازتاب التراسوند به اپلیکاتور روی توان خروجی اثرگذارد، خصوصاً در مـورد بازتـابش هـای مـربوط به جذب کننده ها با سطوح یکنواخت صفحه ای، در این موارد ممکن است، با استفاده از جذب کننده های صوت با سطوح بافته تقریب اصلاح شده با شرایط میدان آزاد به دست آید.

۲-۷ هیدروفون

برای همهٔ

اندازه گیری ها که با استفاده از هیدروفون انجام می شود، هیدروفون باید مطابق طبقه

---

[21]- *Acoustic absorber*

بندی B در استاندارد ملی ایران[۲۲]..... باشد.

بـرای اندازه گیری های مساحت تابیده موثر باید ازسوزن هیدروفون با عضو فعال که از پلی وینیلدین[۲۳] فلوراید *(PVDF)* یـا پیزوسـرامیک *(PZT)* اسـت، استفاده نمود.سیگنال الکتریکی از هیدروفون ممکن است، برای دقت کافـی انـدازه گـیری تقویـت شود. حداکثر شعاع موثر هیدروفون به کار رفته در اندازه گیری ها a_{max} باید چنان باشد که :

میلی متر ۰/۵ ≤ a_{max} اگر فرکانس کاری صوت کمتر از یا مساوی ۳ مگاهرتز باشد.

میلی متر ۰/۳ ≤ a_{max} اگر فرکانس کاری صوت بیشتر از ۳ مگاهرتز باشد.

یادآوری- مقادیر بالا شعاع مؤثر بزرگتر از مقدار ارایه شده در استاندارد ملی ایران[۲۴]..... را نشان می دهد.

۷-۳ اندازه گیری سیگنال قله یا جذر میانگین مربعی

بـرای انـدازه گـیری سـیگنال قلـه یـا جذر میانگین مربعی باید از روش تعیین سطوح سیگنال ولتاژ قله یا جذر میانگین در ترمینال خروجی هیدروفون یا ترکیب هیدروفون آمپلی فایررا به کار گرفت.

ولتاژ اندازه گیری شده در انتهای کابل، U، در هیدروفون با فشار صورت آنی p به صورت زیرارتباط دارد:

$P=U/M_L$ M_L

حساسـیت بارانـتهای کابل هیدروفون است. درعمل مقادیرمطلق فشارصوت موردنیازنیست، زیراآنالیز اطلاعات اندازه گیری شده درکل این استاندارد برمبنای اندازه گیری های هیدروفون است.

فشارصـوت درمـراحل بعـدی بـرای راحتـی بـه صـورت جذرمیانگین مربعی فشارصوت*(rms)*خواهد بود. در حقیقـت، انـدازه گـیری هـا ممکـن است بر مبنای قله به قله یا جذر میانگین مربعی فشار صوت انجام شود، به هرحال هر کدام که به کار رود، تمام اندازه گیری ها بر اساس مبنای انتخابی انجام می شود.

یـادآوری- اعوجـاج ایجـاد شـده توسط اثرات غیر خطی معمولاً قابل حذف است. در این صورت قله فشار صوت با جـذر میانگیـن مربعـی فشـار صـوت متناسـب است. بنابراین می توان هم جذر میانگین مربعی فشار صوت و قله فشار صوت زودگذر را اندازه گیری نمود.

۱- تا تدوین استاندارد ملی ایران ، به استاندارد *IEC 866* مراجعه شود.

23 -Polyvinylidene fluoride

۳- تا تدوین استاندارد ملی ایران ، به استاندارد *IEC 1102* مراجعه شود.

واکنش خطی ترکیب هیدروفون، هیدروفون/ آمپلی فایر و سیستم ردیابی قله یا جذر میانگین مربعی *(rms)* باید تعیین شده، و اگر لازم بود داده های اندازه گیری شده باید اصلاح شوند. بررسی سازگاری خطی بودن با استفاده از مبدل التراسونیک مجزا که در مد تن برست به کار می رود، واندازه گیری سیگنال دریافتی توسط هیدروفون و سیستم اندازه گیری به عنوان تابعی از ولتاژ القایی به کار رفته به مبدل التراسونیک، بررسی گردد.

۸ مرجع آزمون نمونه اندازه گیری ها و روش های اجرایی

روش های اجرایی مشخص شده در بند ۸-۱ تا ۸-۳ باید برای تعیین مقادیر مرجع آزمون های نمونه برای پارامترهای مشخص شده در بند ۸-٤ به کار برده شود.

۸-۱ توان خروجی نامی

توان خروجی تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی باید مطابق استاندارد ملی ایران[۲۵].... تعیین شود. توان خروجی نامی باید با تنظیم همهٔ کنترل های تجهیزات که حداکثر توان خروجی را ارایه می دهند، تعیین شود. برای جلوگیری از حفره سازی، باید آب گاز زدایی شده بین صفحه خروجی اپلیکاتور ودهانه ورودی سیستم اندازه گیری توان استفاده شود. عدم قطعیت کل اندازه گیری که در سطح ۹۵ درصد اطمینان بیان شده، باید تعیین شود. (به بند ۱۰-۱ مراجعه شود) و باید از ±۱۵ درصد بالاتر باشد. اندازه گیری ها بایدقابل ردیابی در استانداردهای ملی اندازه گیری باشند. حداکثر توان خروجی نامی مطلق از حاصل جمع توان خروجی نامی و عدم قطعیت کل حاصل از مقدار میانگین توان خروجی نامی مورد اندازه گیری و حداکثر افزایش توان خروجی نامی وقتی ±۱۰ درصد تغییرات در ولتاژ نامی منبع اصلی برق رخ دهد، باید به دست آید.

به پیوست چ مراجعه شود.

۸-۲ اندازه گیری های هیدروفون

اپلیکاتور باید در مخزن آزمون مطابق با بند ۷ نصب شود.

بعضی اپلیکاتور برای تولید پرتوهای عدم تقارنی قابل تکرار شناخته شده اند. در این موارد، روی بدنه اپلیکاتور نشانه گذاری شده ومشخص گردد، که این اپلیکاتور جهت انجام حداکثر انحراف از مقدار مساحت سطح مقطع پرتو مناسب است. این مقدار از اسکن های نیم خط تکی در رابطه با مقدار میانگین در هر چهار

۱- تا تدوین استاندارد ملی ایران ، به استاندارد *IEC 1161* مراجعه شود.

صـفحه انـدازه گـیری تعییـن شـده است. یکی از محورهای حرکت انتقالی هیدروفون باید موازی با این جهت باشد. (به بند ۸-۳-۳ مراجعه شود)

تمـام اندازه گیری های مساحت تابیده مؤثرباید با تجهیزاتی که در مُد موج متمد تنظیم شده، تحت شدت هایی کمـتر از ۰/۵ وات بر سانتی متر مربع جهت جلوگیری از حفره سازی انجام شود. بنابراین برای این اندازه گیری هـا آب گـاز زدایـی شـده ضـروری نیسـت. اگـر چـه بـاید مراقب بود، حباب های هوا در صفحه اپلیکاتور یا هیدروفون وجود نداشته باشد.

یـادآوری- انـدازه گیری های سطح مقطع پرتو به منظور حفاظت از پروب هیدروفون های به کار رفته تحت توان های پایین انجام می شود. صحت پیش بینی این مقادیر تا سطوح بالاتر توان در پیوست ح ارایه داده شده است.

محور تراز پرتو اپلیکاتور باید مطابق با استاندارد ملی ایران[۲۶]... باشد. سطح صفحه دومی باید برای شروع A_{ERN} $/(3\pi\lambda)$ انتخاب شود. اگرچنین حالتی امکان پذیر نیست، قله منفرد را در یا نزدیک این فاصله مستقر نمایید. باید فاصله بزرگتر ۲A_{ERN} $/(3\pi\lambda)$ انتخاب شود، اگر این فاصله دومی خیلی بزرگ است، صفحه اندازه گیری دیگری که به مقدار کافی از اولی دور است، مستقر نمایید تا محور تراز پرتو به طور مطمئن بر قرار شود. همین که تراز انجـام شـد، نمـودار محـوری بـاید بـه مـوازات محور تراز پرتو صورت گیرد، و فاصله از صفحه حداکثر جذر میانگین مربعی فشار صوت، z_P ، و موقعیت آخرین حداکثر محوری ، z_N ، باید تعیین شود.

اندازه پله ای نمودار محوری باید به طور نمونه بین ۰/۵ تا ۱ میلی متر بوده، و از ۲ میلی متر نباید بزرگتر باشد.

فرکانس کاری صوت باید وقتی هیدروفون در فاصله z_P از اپلیکاتور قرار گرفته تعیین شود.

همچنیـن وقتـی هـیدروفون در همـان محل قرار گرفته، طول مدت ضربان، دوره تکرار ضربان و فاکتور کارباید تعییـن شـده، و برای تنظیمات مختلف تجهیزات، شکل موج مدوله شده باید ثبت شود. خارج قسمت قله فشار صـوت زودگـذر بـه جـذر میانگیـن مربعـی فشـار صوت برای هر مدوله تنظیم شده، باید تعیین گردد. سپس با استفاده از توان خروجی تعیین شده در بند ۸-۱ حداکثر توان خروجی زودگذر باید تعیین شود.

۱- تا تدوین استاندارد ملی ایران ، به استاندارد *IEC 1102* مراجعه شود.

۸-۳ مساحت تابیده مؤثر

مساحت تابیده موثر A_{ER} اپلیکاتور باید با استفاده از هیدروفون و در نظر گرفتن اسکن های راستر میدان صوت در صفحه عمود بر محور تراز پرتو تعیین شود. فرآیند تعیین مساحت تابیده موثر اپلیکاتور شامل:

۱- اندازه گیری مساحت سطح مقطع پرتو A_{BCS} در چهار صفحه اندازه گیری

۲- استفاده از پسرفت خطی برگشتی به صفحه اپلیکاتور می شود.

الزامات کلی برای اسکن های راستر در پیوست الف ۱ و الف ۲ ارایه شده است. روش اجرایی واقعی برای اندازه گیری های مرجع و آنالیز نتایج در بند ۸-۳-۱ تا ۸-۳-۱۰ ارایه شده است. تحت شرایط عادی آزمون، نتایجی که روش های آزمون شرح داده شده، را در آن به کارمی برد.عدم قطعیت کل در تعیین مساحت تابیده مؤثر (در سطح ۹۵ درصد اطمینان) تا ۱۰± درصد می باشد.

برای تعیین نسبت غیر یکنواختی پرتو، R_{BN} ، تحت شرایط عادی آزمون، روش های آزمون اندازه گیری عدم قطعیت (در سطح ۹۵ درصد اطمینان) تا ۱۵ ± درصد را انجام خواهند داد.

۸-۳-۱ هیدروفون در فاصله zp قرار دارد. موقعیت هیدروفون درصفحه عمود بر محور تراز پرتو باید طوری تنظیم شود، که حداکثر جذر میانگین مربعی فشار صوت، p_{max} ، در میدان به دست آید.

این کار ممکن است، با انجام اسکن راستر روی ناحیه محدود میدان صوت یا با انتقال دستی انجام شود.

۸-۳-۲ چهار صفحه اندازه گیری z_1 ، z_2 ، z_3 و z_4 باید مطابق مقدار z_N به دست آمده

از رسم محوری طبق روش زیر به دست آید. (به بند ۸-۲ مراجعه شود)

اگر z_N =۸ سانتی متر باشد

z_4=۸cm ، z_3=۴cm ، z_2=۲cm ، z_1=۱cm

اگر $4cm < z_N < 8cm$

z_1=۱cm، $\square_2 = 1 + \left[\frac{\square_{\square} - 1}{3}\right]\square\square$ $\square_3 = 1 + 2\left[\frac{\square_{\square} - 1}{3}\right]\square\square$ $\square_4 = \square_{\square}$

اگر z_N <۴cm

z_1=۰/۵cm، $\square_2 = 0.5 + \left[\frac{\square_{\square} - 0.5}{3}\right]\square\square$ $\square_3 = 0.5 + 2\left[\frac{\square_{\square} - 0.5}{3}\right]\square\square$ $\square_4 = \square_{\square}$

بـه طورکـل، درصـورتی کـه، هـر چهار صفحه اندازه گیری در آخرین محور حداکثر قراردارند، مساحت سطح مقطـع پرتو، تابع خطی از فاصله نسبت به اپلیکاتور و به موازات محور تراز پرتو است، و بنابراین موقعیت های دقـیق صـفحات اندازه گیری در جهت z اهمیتی ندارد. اما باید موقعیت هایشان راتا ۰/۰۵ ± سانتی متر دانست، تا خطاها را در طول مدت روند پیش بینی برای به دست آوردن سطح مقطع پرتو در صفحه اپلیکاتور به حداقل رساند.

به پیوست ث مراجعه شود.

۸-۳-۳ سـطح مقطع پرتو باید در هر چهار صفحه اندازه گیری تعیین شود. آنالیز هر اسکن راستر باید مطابق پیوسـت الف. ۳ صورت گیرد. آنالیزمساحت سطح مقطع پرتو، A_{BCS} ، کل میانگین مربع فشار صوت، pms_t ، و پارامتر عدم تقارن استوانه ای، ϕ ، را در هر صفحه اندازه گیری تحت فاصله z ارایه می دهد.

یادآوری- معمولاً اندازه پله ای به کار رفته برای راستر در چهار صفحه اندازه گیری Z_1 ، Z_2 ، Z_3 و Z_4 متفاوت خواهند بـود. در آنالیز بعدی، در خصوص محاسبه R_{BN} که در بند ۸-۳-۸ شرح داده شده، این اندازه های پله ای به وسیله (Z_1) S ، $S\ (Z_2)$ ، $S\ (Z_3)$ و $S\ (Z_4)$ مشخص می شوند. مقادیر کل میانگین مربع فشار صوت که در چهار صفحه اندازه گیری محاسبه شده به ترتیب $pms_t(z_1)$ ، $pms_t(z_2)$ ، $pms_t(z_3)$ و $pms_t(z_4)$ خواهد بود

۸-۳-۴ آنالـیز پسـرفت خطی، باید به مقادیرمساحت سطح مقطع پرتو برای چهار صفحه اندازه گیری به کار بـرده شود. زاویه پسرفت خطی m ، متقاطع در $z=0$ (به وسیله $A_{BCS}(0)$ مشخص شده و ضریب پسرفت خطی Q ، $(Q=m/A_{BCS}(0)$ باید تعیین شود.

۸-۳-۵ نوع پرتو باید از فرمول زیر تعیین شود.

واگرا $Q > ۰/۱\ cm^{-1}$

موازی $-۰/۰۵\ cm^{-1} \le Q ۰ \le ۰/۱\ cm^{-1}$

همگرا $Q < -۰/۰۵\ cm^{-1}$

۸-۳-۶ شعاع مؤثر اپلیکاتور، a_1، بر حسب سانتی متر با حل فرمول زیر به دست می آید.

$$\pi a^2 + (0.0305 k A_{BCS}(0))a - 2.58 A_{BCS}(0) = 0$$

k عدد موج دایره ای بر سانتی متر، cm^{-1} است.

مساحت تابیده مؤثر، A_{ER} اپلیکاتور باید مطابق زیر تعیین شود.

در اپلیکاتور که مقدار $ka_1>40$

$$A_{ER} = F_{ac}\mathrm{A}_{\mathrm{BCS}}(0) = 1.354 A_{BCS}(0)$$

در اپلیکاتور که مقدار $ka_1 \le 40$

$$A_{ER} = F_{ac}\mathrm{A}_{\mathrm{BCS}}(0) = (2.58 - 0.0305 ka_1) A_{BCS}(0)$$

یادآوری- ممکن است هر اپلیکاتور مقدار متفاوتی برای F_{ac} ارایه دهد، چون به $A_{BCS}(0)$ بستگی دارد.

۸-۳-۷ پارامتر حداکثر عدم تقارن استوانه ای باید بزرگترین مقدار به دست آمده از چهار صفحه اندازه گیری، باشد.

۸-۳-۸ نسبت غیر یکنواختی پرتو، R_{BN} ، باید از فرمول زیر به دست آید.

$$R_{BN} = \frac{P_{\max}^2 A_{ER}}{pms_t s^2}$$

که درآن

$$\overline{pms_t s^2} = \frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4} pms_t(z_j) s^2(z_j)$$

یادآوری- اگر چه p_{max} و pms_t به فشار صوت یا پارامتر مربع فشار مربوط می شود، تنها نسبت آن ها برای تعیین R_{BN} لازم است، بنابراین حساسیت بارگذاری انتهای کابل هیدروفون مورد نظر نیست.

حاصلضرب $pms_t(z_j)s^2(z_j)$ مربوط به توان صوت است، وبه وسیله حاصل جمع مقادیرمربع فشار بر روی مساحت اسکن راستر در صفحه z_j محاسبه می شود. بهتر است نسبت به فاصله از اپلیکاتور ثابت بوده، و برای چهار صفحه اندازه گیری مشخص شده، طبق بند ۸-۳-۲ میانگین گرفته شود. انحراف استاندارد در چهار مقدار حاصلضرب $pms_t s^2$ درچهار صفحه اندازه گیری باید ۱۵≤ درصد باشد.

یادآوری- دلیل اختلاف بین چهار مقدار ممکن است از: ناحیه اسکن راستر که خیلی کوچک است و بنابراین بخش مهمی از پرتو حذف می شود، یا انحرافات از شرایط میدان آزاد مخزن آزمون (بازتاب های صوت از دیواره های مخزن آزمون یا پایه) و یا بازتاب های مربوطه صوت که به اپلیکاتور برگشته و بر روی خروجی آن اثر می گذارد، باشد .

۸-۳-۹ روش های اجرایی ارایه شده در بند ۸-۳-۱ تا ۸-۳-۸ به اندازه گیری های روی اپلیکاتور مربوط می شود. بعد از این که در گروه اپلیکاتورها مطابق الزامات نمونه در بند ۱۰-۱، اندازه گیری ها تکمیل شد،

مقادیـر میانگیـن پارامترهای مختلف مشخص شده در بند ۸-٤ باید تعیین شود. مقادیر میانگین برای پارامترهای معین دیگر مشخص شده در بند ۸-٤ نیز باید تعیین شود.

۸-۴ پارامترهای آزمون نمونه مرجع

از نظر آزمون نمونه مرجع، مقادیر پارامترهای زیر باید تعیین و ثبت گردد.

الف - توان خروجی نامی

ب- مساحت تابیده مؤثر (A_{ER}) اپلیکاتور

پ- شدت مؤثر در تنظیمات تجهیزات مشابه به عنوان توان خروجی نامی

ت- فرکانس کاری صوت

ث- فاصله قله جذرمیانگین مربعی فشارصوت از صفحه جلو اپلیکاتور، zp

ج- نسبت غیر یکنواختی پرتو (R_{BN})

چ- حداکثر پارامتر عدم تقارن استوانه ای، ϕ، روی چهار صفحه اسکن

ح- نوع پرتو

خ- طول مدت ضربان، دورهٔ تکرار ضربان و فاکتورکار برای هر مدوله تنظیم شده

د- مدوله شدن شکل موج برای هر تنظیم مدوله

یادآوری- این مجموعه پارامترها را می توان به منظور ثبت عملکرد قطعه ای از تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی به کار برد.

مقادیـرفوق بـاید برمبنای نمونه مشخص شده در بند۱۰-۱،مقادیر میانگین بوده، و عدم قطعیت کل در سطح ۹۵ درصد اطمینان برمبنای روش های مشخص شده دربند۱۰-۳ وپیوست ذ تعیین شده باشند.

به علاوه،مقادیرحداکثر قدرمطلق یا حداقل قدرمطلق برای پارامترهای معین باید مطابق زیرتعیین شود.

الـف- با تفریق ۹۵ درصد اطمینان عدم قطعیت کل در مساحت تابیده مؤثر از مقدار میانگین مساحت تابیده مؤثر، حداقل قدر مطلق مساحت تابیده مؤثر باید تعیین شود.

ب- بـا افـزودن ۹۵ درصـد اطمیـنان کل عدم قطعیت در تعیین نسبت غیر یکنواختی پرتو به مقدار میانگین نسبت غیر یکنواختی پرتو، حداکثر قدر مطلق نسبت غیر یکنواختی پرتو باید به دست آید.

مقـدار میانگیـن زاویه پسرفت خطی، $\overline{\square}$، نیز باید تعیین شود. چون ممکن است آن را برای روش های اجرایی آزمون عادی شرح داده شده در بند ۹ جهت مساحت سطح مقطع پرتو درصفحه اپلیکاتور به کار ببرند.

باید همچنین مقدار میانگین، $\overline{\square}_{\square\square}$ وضریب های تغییر از $A_{BCS}(0)$ به A_{ER} تعیین شود (به بند ۸-۳-٦ مراجعه شود) زیرا برای بدست آوردن مساحت تابیده مؤثر از مساحت سطح مقطع پرتو در صفحه اپلیکاتور جهت روش های اجرایی آزمون عادی ارایه شده در بند ۹ ،لازم خواهد شد. مقادیر zp حاصل ازاندازه گیری های مرجع از بعضی اپلیکاتورها ممکن است به طورقابل ملاحظه ای تفاوت داشته باشند. اگر تفاوت آنها بیش از ۱۵ درصد باشد. بهتر است، مقادیر مختلف zp حاصل از اندازه گیری های مرجع برای اپلیکاتور یادداشت شود.

۸-۵ معیار پذیرش برای آزمون نوعی مرجع

معیارپذیرش برای هراپلیکاتور جهت پارامترهای زیر باید به گونه ای باشد، که مقادیر اندازه گیری شده به اضافه ومنهای ۹۵ درصداطمینان عدم قطعیت کل درمقادیراندازه گیری شده،درمحدودهٔ معینی که توسط مقادیرنامی و رواداری آنها دربند ۵ مشخص شده، قرارداشته باشند.پارامترها عبارتند از:

الف- توان خروجی نامی

ب- مساحت تابیده مؤثر (A_{ER}) اپلیکاتور

پ- فرکانس کاری صوت

ت- طـول مـدت ضـربان، دورهٔ تکرار ضربان و فاکتورکار برای هر مدوله تنظیم شده برای نوع پرتو، معیار پذیرش باید به گونه ای باشد که نوع پرتو با نوع پرتو نامی مشخص شده در بند ۵ یکسان باشد.

برای شدت موثر و نسبت غیر یکنواختی پرتو، معیار پذیرش مشخص شده در بندفرعی ٦-٢ و ٦-٣ مشخص شده است.

بررسی سازگاری با اندازه گیری مطابق با بندفرعی ٨-١ تا ٨-٣، انجام می شود.

۹ روش اجرایی اندازه گیری عادی

این روش های اجرایی را باید به عنوان مبنای آزمون هایی به کار برد، که ممکن است، به طور روزمره و عادی احتمالاً برای هر واحد از تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی،یا برای درصد معینی از تولیدانجام می شود. این روش می تواند مبنای عملیات تولید خوب[۲۷] یا روش های تضمین کیفیت راتشکیل دهد.
آزمون های عادی که در این استاندارد مشخص شده، مقادیری از پارامترهای صوتی معین را تعیین می کند که باید با مقادیر بیان شده توسط سازنده (مقادیر نامی) و رواداری آنها مقایسه شوند، هر کجا که لازم باشد. (در بند ۵ ارایه شده است).

۹-۱ توان خروجی نامی

توان خروجی نامی تجهیزات باید مطابق بند ٨-١ تعیین شود.

۹-۲ مساحت سطح مقطع پرتو در *Zp*

۹-۲-۱ اگـر پس از انجام روش آزمون نمونه مرجع که در بند ۸ مشخص شده، تمام اپلیکاتورها مقدار مشابهی بـرای فاصـله صـفحه حداکثر جذر میانگین مربعی فشار صوت از صفحه اپلیکاتور داشتند*(zp)*، پس تمام اندازه گـیری هـای عـادی در فاصله ای مشابه مقدار میانگین *zp* که مطابق بند ٨-٤ ثبت شده، باید انجام شود. در غیر این صورت اگر اختلاف آنها بیش از ۱۵ درصد بود، فاصله *zp* باید تعیین شود.

---

[27]- *Good Manufacturing practice (GMP)*

۹-۲-۲ اپلیکاتور در مخزن آزمون مطابق بند ۷ نصب شود. ممکن است با استفاده از پایه ویژه ای برای نگهداری اپلیکاتور تحت آزمون در جهت مشابه به آن که برای آزمون نمونه مرجع به کار رفته، اپلیکاتور تراز شود. برای این منظور دستگاه تراز مکانیکی پیش بینی شده تا اپلیکاتور را نگه داشته و همیشه جهت صفحه جلو را در رابطه با محور انتقال هیدروفون معین کند.

یادآوری- هدف این است که تمام اپلیکاتور با استفاده از الگو یا روش تراز به طریقی تنظیم شوند، که جهت هر اپلیکاتور با جهت به کار رفته برای اندازه گیری های مرجع یکسان باشد.

۹-۲-۳ اگر، فاصله zp مطابق بند ۹-۲-۱، مجدداً باید تعیین شود. نمودار کامل محوری توزیع فشار صوت نیاز به تکمیل ندارد، وکافی است با انتقال دستی هیدروفون استقرار محل حداکثررا تعیین کرد. محدودهٔ مقادیر zp که مطابق بند ۸-٤ یادداشت شده بهتر است، برای کمک به استقرار حداکثر محوری به کار رود.

۹-۲-۴ مساحت سطح مقطع پرتو باید در صفحه ای تحت فاصله zp از صفحه اپلیکاتور تعیین شود. مساحت سطح مقطع پرتو ممکن است، مطابق الزامات پیوست الف از اسکن راستر و یا با استفاده ازاسکن قطری یا چهار خطی تعیین شود. روش های اجرایی اندازه گیری و آنالیز به کار رفته برای تعیین مساحت سطح مقطع پرتو با استفاده از اسکن های قطری باید مطابق پیوست ب باشد.

برای به دست آوردن مقادیر $A_{BCS(zp)}$ وبا توجه به نوع اسکن به کار رفته(اسکن راستر یا اسکن های خطی یا قطری)، روش های اجرایی ارایه شده در پیوست الف یا ب باید به کار رود تا مقادیر $A_{BCS(zp)}$ ، کل میانگین مربع فشار صوت، pms_t ، و پارامتر عدم تقارن استوانه ای، $\Phi(zp)$ ، در صفحه zp به دست آید.

مساحت تابیده مؤثر، A_{ER} ، بر حسب سانتی متر مربع باید از فرمول زیر تعیین شود.

$$A_{ER} = F_{ac}\left[A_{BCS}(z_P) - \overline{m}zp\right]$$

که در آن

zp فاصله برحسب سانتی مترازصفحه اپلیکاتوربه نقطه حداکثرجذرمیانگین مربعی فشارصوت است.

$\overline{\Box}$ مقدار میانگین زاویه پسرفت خطی، بر حسب سانتی متر، حاصل از اندازه گیری های مرجع

$\overline{D}_{DD}$ مقدار میانگین فاکتورتبدیل از مساحت سطح مقطع پرتو در صفحه اپلیکاتور تا مساحت تابیده مؤثر حاصل از اندازه گیری مرجع مطابق بند ۸-٤ و بند ۱-۱ است .

۹-۲-۵ نسبت غیر یکنواختی پرتو، $R_{BN}(zp)$ در فاصله zp باید از فرمول زیر تعیین شود.

$$R_{BN} = \frac{P_{\max}^2 A_{ER}}{Pms_t a_0}$$

که در آن

pms_t ÷÷÷÷÷÷÷÷÷÷÷÷÷÷÷÷÷÷÷÷کل میانگین مربع فشار صوت در صفحه zp است.

p_{max} حداکثر جذر میانگین مربعی فشار صوت در صفحه zp است.

a_0 مساحت واحد اسکن بر حسب سانتی متر مربع است.

مساحت واحد اسکن، a_0، برای اسکن راستر، مساوی $s^2 (a_0=s^2)$ است، که درآن s اندازه پله ای راستر است (به پیوست الف مراجعه شود). برای اسکن خطی یا قطری، a_0 ، مساوی $\pi S^2 / 4$ است که درآن s اندازه پله ای اسکن خطی یا قطری است. (به پیوست ب مراجعه شود)

۹-۳ معیار پذیرش برای آزمون عادی

محدوده توان خروجی نامی به وسیله توان خروجی نامی اندازه گرفته شده به اضافه و منهای ۹۵ درصد اطمینان عدم قطعیت کل برای اندازه گیری عادی توان خروجی نامی (به بند ۱۰-۳ مراجعه شود) تعیین می شود. این محدوده باید در محدودهٔ مقادیر معین شده توسط سازنده جهت توان خروجی و رواداری آن مطابق بند ۵ باشد.

سازگاری با اندازه گیری مطابق بند ۸-۱ بررسی شود.

محدودهٔ مساحت تابیده مؤثر بوسیله مساحت تابیده مؤثر اندازه گیری شده به اضافه و منهای ۹۵ درصد اطمینان عدم قطعیت کل برای اندازه گیری عادی مساحت تابیده مؤثر، تعیین می شود، این محدوده باید در محدودهٔ مقادیر معین شده توسط سازنده برای مساحت تابیده مؤثر و رواداری آن مطابق بند ۵ باشد.

سازگاری با اندازه گیری مطابق بند ۹-۲، بررسی شود.

مقدار $R_{BN(zp)}$ به اضافه ۹۵ درصد اطمینان عدم قطعیت کل در اندازه گیری عادی $R_{BN(zp)}$ باید کمتر یا مساوی مقدار نامی نسبت غیر یکنواختی پرتو مشخص شده مطابق بند ۵ باشد.

سازگاری با اندازه گیری مطابق بند ۸-۳ و ۹-۲، بررسی شود.

حداکثرپارامتر عدم تقارن استوانه ای باید با ۲۵± درصد مقدارحاصل از اندازه گیری مرجع تطابق داشته باشد.

سازگاری با اندازه گیری مطابق بند ۸-۳ و ۹-۲ بررسی شود.

۱۰ نمونه برداری و تعیین عدم قطعیت

۱۰-۱ اندازه گیری های آزمون نوعی مرجع

مقادیرمیانگین

برای آزمون نوعی مرجع دربند ۸-٤ مشخص شده،این مقادیر باید برمبنای بهرای[۲۸] که

حداقل شامل ده واحد تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی که به طور نامی مشابه باشند، نمونه برداری شود.

۱۰-۲ اندازه گیری های عادی

این

اندازه گیری های عادی به عنوان مبنای عملیات تولید خوب[۲۹] در نظر گرفته شده است. معمولاً این اندازه گیری ها را باید به عنوان مبنای آزمون تولید بهر در نظر گرفت، و یا هنگامی که تغییرات احتمالی به هردلیلی ممکن است رخ دهد. به عنوان مثال، باید آنها را بر مبنای درصد معینی از تولید منظور نمود، می توان برای هر واحد تولید شده تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی نیز استثنا قائل شد. از نظر تعیین عدم قطعیت تصادفی (به بند ۱۰-۳ مراجعه شود) اندازه گیری های عادی زمانی لازم است، که تمام اندازه گیری های تکراری غیر عملی است، در این حالت ممکن است عدم قطعیت تصادفی از اندازه گیری های تکراری جزیی(با تکرار آن جنبه ها و روند اندازه گیری که می تواند به آسانی و با سرعت انجام شود) و اطلاعات قبلی که از کل عدم قطعیت تصادفی برای نوع اندازه گیری انجام شده، موجود است عدم قطعیت تصادفی محاسبه شود.

---

[28]- *Batch*

[29]- *Good Manufacturing Practice (GMP)*

۱۰-۳ عدم قطعیت اندازه گیری

وقتـی کـه لازم است ۹۵ درصد اطمینان کل عدم قطعیت اندازه گیری یا هر پارامتری از نظر این استاندارد تعیین شـود، آنالیز عدم قطعیت عادی و روش های ارزیابی باید به کار برده شود. (برای راهنمایی به پیوست ذ مراجعه شود)

پیوست الف

اندازه گیری اسکن راستر و روش های اجرایی تجزیه و تحلیل

(الزامی)

الف.۱ کلیات

از لحـاظ انـدازه گیری مرجع، تعیین مساحت تابیده موثر اپلیکاتور باید با استفاده از اسکن های راستر در فاصله هـای مخـتلف از صـفحه اپلـیکاتور انجـام شود. ممکن است این روش های اجرایی را برای اندازه گیری های عادی مطابق بند ۹ به کار برد.

الف.۲ الزامات اسکن های راستر

الف.۲. ۱

کلیه اسکن های راستر باید نسبت به نقطه مرکزی روی محور تراز پرتو و در صفحه عمود بر محور تراز پرتو، شـبکه ای مـربع را تشـکیل دهـند. اسـکن نـباید یـک حرکت مداوم داشته باشد، بلکه باید در مراحل مختلف، متناسب با مقادیر جذر میانگین مربعی یا قله ولتاژ اندازه گیری شده درهر نقطه انجام شود.

یـادآوری- متناسـب بـا نقطـه مرکـزی روی محور تراز پرتو، تعداد نقاط اندازه گیری شده روی هر خط باید عدد فرد باشد.

الف.۲. ۲

کـرانه های اسکن راستر باید به قدری بزرگ باشند، که سطح سیگنال در هر قسمت خارج از کرانه های اسکن شـده حداقل ۲۶ دسی بل پایین تر از سیگنال قله قرار گیرد. اما برای اپلیکاتورهایی که $Z_N \leq 130$ میلی متر دارند بهتر است، سطح فراتر از حدهای اسکن راستر حداقل ۳۲ دسی بل پائین تر از سیگنال قله قرار گیرد.

یـادآوری- معمـولاً انـدازه گـیری هـای اولـیه بـرای شناسـایی انـدازه اسکن راستر ضروری است باید مراقب بود، که انکسارهای داخلی کوچک منجر به ناحیه های اسکن ریز فرعی نگردد.

الف.۲. ۳

فاصـله بیـن نقاط اندازه گیری (اندازه پله ای) باید به قدری کم باشد، تا در کل عرض اسکن راستر حداقل ۳۱ مـرحله انـدازه گیری وجود داشته باشد. (بنابراین اسکن راستر شبکه ای مربع با حداقل ۳۱×۳۱ نقطه را تشکیل می دهد). به بند فرعی الف. ۳. ۲ مراجعه شود.

الف. ۲. ۴

در هنگام اسکن استر، ممکن است هیدروفون تا فاصله ای از مرکز پرتو التراسونیک، جایی که سیگنالی بالاتر از صـدا وجود ندارد، اسکن شود. به منظور مشارکت صدا، باید انتگرال هیدروفون اصلاح شود. برای این کار، باید جذر میانگین سطح صدا U_n به روش زیر از سیگنال های اندازه گیری شده تفریق گردد. اگر سیگنال هیدروفون در هـر نقطه اندازه گیری U_i نامیده شود، پس سیگنال هیدروفون بعد از تصحیح به منظور مشارکت با صدا، U_i' نامیده می شود و مقدار آن برابر است با

$$U_i' = \left(U_i^2 - U_n^2\right)^{\frac{1}{2}}$$

سـطح صـدا[۳۰] باید مطابق استاندارد ملی ایران[۳۱]..... تعیین شود. این عمل با حرکت هیدروفون به موقعیتی که بـه مقدار کافی از میدان التراسونیک دور است به طوری که هیچ سیگنال صوت در آن شناسایی نشود، انجام می شـود. معمولاً این موقعیت باید در فاصله ای عمود بر محور تراز پرتو مساوی حداقل دو برابر فاصله مرکز پرتو تا حد به کار رفته برای مرحله اسکن راستر باشد.

الف. ۳ الزامات برای تجزیه و تحلیل داده اسکن راستر

مجموعه دو بعدی مقادیر به دست آمده از اسکن راستر باید به روش زیر تجزیه و تحلیل شود.

الف. ۳. ۱ کل میانگین مربع فشار صوت

حاصـل جمـع مـربع ولـتاژهای بـه دست آمده از اسکن راستر مرتبط با کل میانگین مجذور فشار صوت است، pms_t، از فرمول زیر به دست می آید:

$$P_{mst} = \sum_{i=1}^{N} U_i^2 / M_L^2 \qquad \text{(الف.۱)}$$

---

[30] -Noise level

۲- تا تدوین استاندارد ملی ایران مربوطه به استاندارد *IEC 1101* مراجعه شود.

که درآن

N تعداد کل نقطه ها در اسکن است:

U_i ولتاژ نقطه شماره i در اسکن است (قله یا جذر میانگین مربعی)

M_L حساسیت بار انتهای کابل هیدروفون است.

یادآوری- حساسیت بار انتهای کابل هیدروفون به منظور راحتی در فرمول (الف.۱) ارائه شده تا ولتاژ اندازه گیری شده را بـه فشار صوت تبدیل نماید. به هر حال وقتی pms_t در فرمول (الف.۲) وارد می شود، مقدار آن حذف می شود بنابر این مقدار مطلق آن لازم نیست.

الف ۳. ۲ محاسبه مساحت سطح مقطع پرتو، A_{BCS}

مقادیر U_i به ترتیب نزولی در اسکن (جذر میانگین مربعی یا قله زود گذر) مرتب شده است، برای یافتن مقادیر n که در دو فرمول زیر می گنجد، دومین حاصل جمع باید انجام شود.

$$\frac{1}{M_L^2}\sum_{i=1}^{n} U_i^2 > 0.75\, pms_t$$
$$\frac{1}{M_L^2}\sum_{i=1}^{n+1} U_i^2 > 0.75\, pms_t \qquad \text{(الف.۲)}$$

مقدار A_{BCS} بر حسب سانتی متر مربع به وسیله $a_0 \times n$ ارایه شده است، که درآن a_0 مساحت واحد اسکن راستر اسـت.(a_0-s^2 وقتـی کـه s فاصله بین نقاط متوالی دراسکن یعنی اندازه پله ای بر حسب سانتی متر است.) این روش اجرایی مقداری را برای سطح مقطع پرتو در صفحه اندازه گیری فراهم می نماید.

برای تعیین مقدار قابل اطمینان A_{BCS}، بهتر است تعداد نقاط یعنی n حداقل ۱۰۰ باشد.

الف. ۳. ۳ محاسبه پارامتر عدم تقارن استوانه ای Φ

داده ها باید

بر حسب اسکن های هشت نیم خطی شعاعی برای تعیین پارامتر عدم تقارن استوانه ای، Φ، تجـزیه و تحلـیل شوند. اسکن راستر به هشت اسکن شعاعی تقسیم شده و سطح مقطع پرتو اسکن با فرض تقارن استوانه ای محاسبه می شود. بندهای فرعی زیر روش انجام آن را شرح می دهند.

الف. ۳. ۳. ۱

خطوط راستر که اسکن راستر را می سازند، از تعداد N_1 نقاط مجزا تشکیل شده است. $N_1 = \sqrt{N}$، وقتی که N به همراه نقطه مرکزی خط مرکزی خط راستر که روی محور تراز پرتو قرار گرفته عدد فرد را تشکیل می دهند.

الف. ۳. ۳. ۲

اولیـن دو مجموعـه نقـاط منتخـب از اسکن راستر باید دو خط اسکن راستر باشد، که راست گوشه بوده و از نقطـه مرکـز اسکن عبور کند. دو مجموعه قطری نقاط باید راست گوشه باشد، و از نقطه مرکز اسکن عبور کند، در نتـیجه اولیـن دو خـط راسـتر هم دیگر را نصف می کند. چهار مجموعه نقاط که اسکن های خطی را تحت زاویـه ٤٥ درجـه نشـان مـی دهـند و صـفحه اسـکن راسـتر را به هشت ناحیه مساوی تقسیم خواهند کرد. هر مجموعه نقاط به عنوان خط راستر منسوب می شود.

الف. ۳. ۳. ۳

هـر یـک از چهـار خـط راستر باید به دو خط شعاعی یا اسکن های نیم خطی تقسیم شوند. هر یک از اسکن هـای نیم خطی نقطه مشترکی ازنقاط جمع شده روی محور تراز پرتو را داشته و $(N_1 - 1)/2$ نقاط دیگر را نیز دارند.

الف. ۳. ۳. ۴

تجـزیه و تحلـیل هر اسکن نیم خط در بند فرعی ب.۳. ۱ تا ب.۳. ٦ ارایه شده که اسکن های خطی یا قطری را شرح می دهد. تجزیه و تحلیل باید، Φ، پارامتر عدم تقارن استوانه ای را در صفحه مورد نظر ارایه دهد.

پیوست ب

اندازه گیری قطری یا اسکن خطی و روش های اجرایی تجزیه و تحلیل

(الزامی)

ب. ۱ کلیات

از لحـاظ انـدازه گـیری هـای معمـول در بند ۹ این استاندارد ممکن است تعیین سطح مقطع پرتو در فاصله ای مشـخص از اپلـیکاتور با استفاده از اسکن های خطی یا قطری انجام شود. از این به بعد در این پیوست عبارت اسـکن خطـی بـه کـار برده خواهد شد. در صورت استفاده از اسکن های خطی، روش های اجرایی و تجزیه و تحلیل شرح داده شده در زیر باید به کار رود.

ب. ۲ الزامات برای اسکن های خطی

ب. ۲. ۱

نقطـه مرکزی یا مشترک چهار اسکن خطی باید روی محور تراز پرتو قرار گیرد. زاویه مرتبط اسکن ها باید ٤٥ درجه بوده و چهار اسکن خطی باید صفحه عمود بر محور تراز پرتو را به هشت ناحیه مساوی تقسیم کند.

ب. ۲. ۲

اسکن نباید یک حرکت مداوم باشد، بلکه باید از یک سری مراحل مجزا عمود بر محور تراز پرتو تشکیل شده کـه ولـتاژ قلـه یـا جـذر میانگین آن توسط هیدروفون که در هر یک از موقعیت ها اندازه گیری می شود، تولید شود.

ب. ۲. ۳

کـرانه هـای هـر اسکن خطی کامل باید به قدری بزرگ باشند، که سطح سیگنال هیدروفون در لبه اسکن خطی مرتبط با سطح قله به دست آمده حداقل ۳۲ دسی بل پایین تر از سطح قله باشد.

ب. ۲. ۴

انـدازه پلـه ای بـه کار رفته در هنگام اسکن باید به قدری کوچک باشد که اسکن خطی حداقل شامل ۵۰ نقطه باشد.

یـادآوری- هر یک از چهار اسکن خطی ممکن است اندازه های پله ای مختلفی داشته باشند. برای سهولت در تجزیه و تحلیل همگی یکسان فرض شده اند.

ب. ۲. ۵

سطح صدا باید تعیین واندازه گیری ها برای تأثیر صدا مطابق بند الف. ۲. ٤ تصحیح شود.

ب. ۲. ۶

بـرای سـهولت، چهـار اسکن خطی با اندازه یکسان فرض شده است، و هر یک از N_1 اندازه گیری تشکیل شده اسـت. ایـن مفروضات برای تجزیه داده های اسکن راستر حقیقت دارد، اما برای اندازه گیری های اسکن خطی صحت ندارد.

ب.۳ تجزیه و تحلیل اسکن های خطی

اسکن های خطی به روش زیر تجزیه می شوند.

ب.۳. ۱

هـر یـک از چهـار اسـکن خطـی بـاید به دو خط شعاعی تقسیم شوند. (اسکن های نیم خطی) هر یک از این اسـکن هـای نـیم خطی از ترکیب های یک بعدی، *[A]*، نقاط مشترک روی محور تراز پرتو به دست می آیند و $(N_1 - 1)/2$ نقطه دیگر را نیز دارند.

ب. ۳. ۲

بـرای محاسـبه سـطح مقطـع پـرتو بـرای هـر اسـکن نیم خطی، نمونه یک بعدی تصویر جانبی پرتو صوت به توصیف دو بعدی پرتو که تقارن استوانه ای آن مفروض است، منتقل می شود.

ب. ۳. ۳ بـــرای انـــدازه

گیری نقطه که روی محور تراز پرتو قرار دارند (به گونه ای طراحی شده که i مساوی صـفر نقطـه است) مشارکت با آن ناحیه a_0 بر حسب سانتی متر مربع خواهد بود و توسط فرمول زیر داده شده است:

$$\partial_0 = \frac{\pi s^2}{4} \qquad (ب.۱)$$

کـه درآن s انـدازه پلـه ای بر حسب سانتی متر است (در اسکن های شعاعی قطری ناشی از اسکن راستر اندازه پله ای $s\sqrt{2}$ خواهد بود)

ب. ۳. ۴

برای کلیه عناصر اسکن نیم خطی از $j=1$ تا $j=(N_1-1)/2$، مشارکت با مساحت اسکن حلقوی با ضخامت s خواهد بود. برای اندازه گیری J امین مساحت حلقوی مربوط، a_j بر حسب سانتی متر توسط فرمول زیر به دست می آید.

$$a_j = \pi s^2\left[\left(j+\frac{1}{2}\right)^2-\left(j-\frac{1}{2}\right)^2\right] \qquad \text{(ب. ۲)}$$

$$a_2 = 2\pi j s^2$$

ب. ۳. ۵

برای محاسبه سطح مقطع پرتو، مساحت هر حلقه $j=1$ تا $j=(N_1-1)/2$، باید به مضربی از کوچکترین واحد مساحت a_0 تقسیم شود. با تقسیم a_j داده شده در فرمول (ب.۲) به وسیله a_0 ارایه شده در فرمول (ب. ۱) ممکن به نظر می رسد که حلقه j از تعداد n_j واحد مساحت کوچکتر تشکیل شده است مانند

$N_i=8j$

ب.۳. ۶

با استفاده از این فرمول، ترتیب یک بعدی اصلی که اسکن خطی را نشان می دهد، باید به ترتیب یک بعدی جدید انتقال یافته $[B]$ و مقدار آن در جدول ب. ۱ نشان داده شده است.

جدول ب. ۱- ترتیب انتقال یافته [B] به کار رفته در تجزیه اسکن های نیم خطی

نقطه اندازه گیری	ولتاژ مجذور شده U_j^2	تعداد عناصر در ترتیب مقادیر $U_j^2[B]$
$J=0$ (نقطه روی محور تراز پرتو)	U_0^2	۱
$J=1$ (اولین نقطه خارج محور)	U_1^2	۸
$J=2$ (دومین نقطه خارج محور)	U_2^2	۱۶
۰	۰	۰
۰	۰	۰
۰	۰	۰
$J=(N_1-1)/2$ (آخرین نقطه در اسکن)	$U^2=((N_1-1)/2)$	$4(N_1-1)$

یادآوری- نقطه J ام $(J>0)$ در ترتیب اسکن نیم خطی $[A]$، در ترتیب جدید به وسیله عضو های λJ مقادیر مجذور شده. ترتیب جدید شامل N_1^2 عضو می باشد.

ب. ۳ .۷

برای ارزیابی سطح مقطع پرتو، میانگین کل مجذور فشار صوت pms_t واسکن نیم خطی ضروری است. که بوسیله فرمول زیر به دست می آید.

$$pms_t = \frac{1}{M_L^2}U_0^2 + \frac{1}{M_L^2}\sum_{j=1}^{\left(\frac{N_1-1}{2}\right)} 8jU_j^2$$

ب.۳ .۸

ترتیب جدید $[B]$ به صورت نزولی مرتب می شود. و دومین حاصل جمع مطابق توصیف فرمول الف.۲ تشکیل می شود، که منجر به تعیین مقدار n می شود.

ب.۳ .۹ سطح مقطع

پرتو اسکن نیم خطی A_{BCS} بر حسب سانتی متر مربع در فرمول A_{BCS} بر حسب سانتی متر مربع در فرمول $A_{B\,CS}=ns^2$ داده شده است، زمانی که s اندازه پله ای بر حسب سانتی متر است.

ب.۳ .۱۰

تجزیه و تحلیل باید برای هر ۸ اسکن نیم خطی تکمیل شود و نتایج برای تعیین مقدار میانگین همراه با انحراف استاندارد محاسبه شود.

در صفحه اندازه گیری z، انحراف استاندارد σ، از توزیع سطح مقطع پرتو برای هشت اسکن نیم خطی باید از فرمول زیر تعیین شود:

$$\sigma^2 = \frac{1}{7}\sum_{j=1}^{8}\left(A_{BCSj}(z) - \overline{A_{BCS}(z)}\right)^2$$

$A_{BCSJ}(z)$ سطح مقطع پرتو ناشی از اسکن خطی J ام در سطح در فاصله z است.

$\overline{A_{BCS}(z)}$ مقدار میانگین محاسبه شده از هشت اسکن خطی است.

پارامتر عدم تقارن استوانه ای، $\Phi(z)$ باید به صورت درصد از فرمول زیر تعیین شود.

$$\Phi(z) = 100\frac{\sigma}{A_{BCS}(z)}$$

پیوست پ

تعریف اصول مرتبط با توصیف سطح مقطع

(اطلاعاتی)

در فیزیوتراپی، سطوح شدت التراسونیک به کار رفته نسبتاً بالا است، بنابراین اهمیت دارد که کاربر از شدت های التراسونیک خاص که توسط تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی تأمین می شود، اطلاع داشته باشد. اصولاً این کار توسط تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی که نشان های توان خروجی و شدت در صفحه جلو دارند، انجام می شود، این نشانه ها باید دقیق و قابل اطمینان باشند.

مقدار میانگین زود گذر از تقسیم توان خروجی بر مساحت بدست می آید. مساحت مورد نظر باید به طور دقیق انتخاب شود.این مساحت باید به عنوان قسمتی از صفحه (نزدیک به یا چسبیده به) اپلیکاتور در نظر گرفته شود که تقریباً تمام توان التراسوند از طریق آن عبور می کند و در این استاندارد به عنوان مساحت تابیده مؤثر تعریف شده است.

اپلیکاتور به کار رفته در دستگاه التراسونیک فیزیوتراپی دارای مبدل التراسونیک است این مبدل شامل جزء فعال پیزوالکتریک است، که اغلب روی صفحه فلزی قرار دارند. چون این جزء فعال با همان دامنه روی تمام سطح نوسان ندارد، صرفاً سطح مقطع پرتو را به عنوان مساحت هندسی جزء پیزو الکتریک مشخص کردن، کفایت نمی کند. مساحت تابیده مؤثر واقعی مستقیماً از اندازه گیری های هیدروفون به دست می آید.

پارامتر سطح مقطع پرتو چنان که در این استاندارد تعریف شده است، مساحتی است که با استفاده از هیدروفون تعیین می شود و مرحله میانی را در روند تأمین ناحیه تابیده مؤثر نشان می دهد. روش مشخص شده در این استاندارد نتیجه بررسی را که بر مبنای اندازه گیری واقعی و محاسبات تئوری پایه ریزی شده است، نشان می دهد تا تعریف مفید و روش اندازه گیری مطمئنی را فراهم نماید.

هر روشی که برای تعیین سطح مقطع مؤثر به کار می رود، بهتراست به عدم تجانس های داخلی در پرتو التراسونیک خیلی حساس نباشد. در هنگام ارزیابی تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی مشخص شده است که اندازه گیری سطح مقطع پرتو مطابق تعاریف به کار رفته در استاندارد آمریکا، برای پرتو های التراسونیک معینی، نتایج خیلی ضعیفی تولید می کند.

بـه طور مثال اپلیکاتور با مساحت تابش هندسی کوچک که Ka آن تقریباً ۱۷ می باشد در نظر بگیرید. وقتی که K مسـاوی $\frac{2\pi}{\lambda}$ و a شـعاع هندسـی جـز فعال مبدل التراسونیک به کار رفته در اپلیکاتوراست، توزیع فشار در اپلـیکاتو در شکل پ.۱ نشان داده شده است. در این توزیع، حداکثر فشار نسبت به فاصله از صفحه اپلیکاتور به سرعت کاهش می یابد.

برای بررسی عملکرد پرتو روی مساحت هائی معین، سطح های محدود، در تعاریف آمریکایی ۵ درصد حداکثر شـدت و در تعاریف استاندارد IEC، ۷۵ درصد حاصل مجموع میانگین مربع فشار صوت می باشد. شکل پ. ۲ تغیـیرات انـدازه گـیری سـطح مقطـع پـرتو (در اسـتاندارد IEC) و انـدازه گیری های مساحت تابیده مؤثر (در اسـتاندارد آمـریکا) بـا سـطوح حـد بـرای مجموعه ای از صفحات اندازه گیری نزدیک به ۵ میلی متر از صفحه اپلـیکاتور را نشـان مـی دهـد، فاصـله کل بین صفحه ۵ میلی متر و اپلیکاتور ۰/۵± میلی متر است و فاصله بین صـفحات اندازه گیری ۰/۲۵ میلی متر است.شکل پ.۲ نشان می دهد که مطابق استاندارد آمریکا، مساحت تابـیده مؤثـر نسبت به موقعیت اندازه گیری خیلی حساس است. همچنین نشان می دهد که اگر سطح محـدود دیگـری در نظر گرفته شود، در استاندارد آمریکا، بزرگتر از ۵ درصد حداکثر شدت مورد نیاز اسـت، ایـن امرسـبب افـزایش حساسـیت مسـاحت تابیده مؤثر نسبت به خطاهای کوچک در موقعیت صـفحه انـدازه گیری می شود، یعنی شیب های منحنی های نشان داده شده درشکل پ.۲ در استاندارد آمریکا بزرگترمنحنی ها در استاندارد IEC است، همچنین از شکل پ.۲ خصوصیات یکنواخت منحنی ها در استاندارد IEC مشخص است.

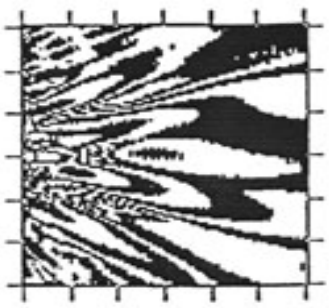
اپلـیکاتور بـه کـار رفـته در فیزیوتراپـی فـرکانس ها و قطرهای مختلف دارد و ممکن است مقادیر Ka در محـدودهٔ بین ۱۷ و ۱۵۰ قرار داشته باشد. در شکل پ.۳ عملکرد سطح مقطع پرتو به عنوان تابعی از سطح هـای مخـتلف محدود برای تعدادی اپلیکاتور با مقادیر Ka در این محدوده رسم شده است. اگر چه مقادیر Ka اپلیکاتور درمان مختلف متفاوت است، اما شکل منحنی ها به نظر یکسان می رسد.

در انـدازه گـیری فشـار ناپـایداری هایـی کـه برای مثال توسط گرما یا عدم یک نواختی در مسیر آب در سطح محـدود ایجـاد می شود. می تواند به عنوان ناپایداری دیده شود. اثر این ناپایداری در اندازه گیری فشار بر روی سـطح مقطـع پـرتو محاسـبه شـده پیچیده است و بستگی زیاد به شکل پرتو دارد. مساحت تابیده موثر ناشی از تجـزیه مطـابق اسـتاندارد امـریکا نسـبت به این ناپایداری خیلی حساس است، زیرا در استاندارد امریکا ارزیابی

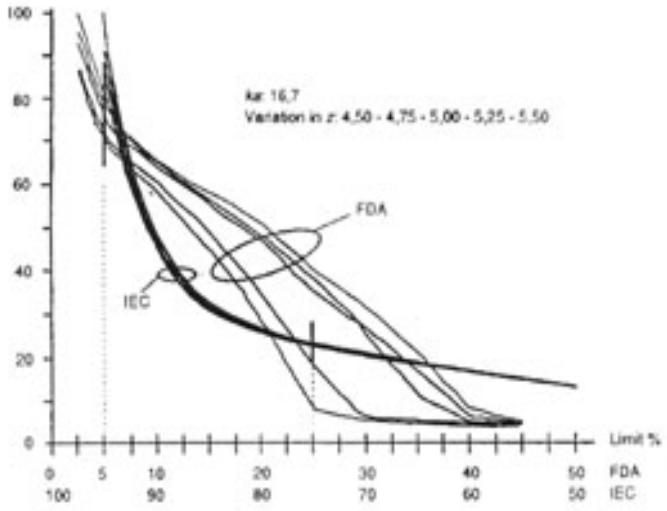
قابلیت اطمینان از سطح حداکثر است این موضوع در تعاریف جدید استاندارد به کار نمی رود و به جای آن عدم حساسیت نسبی به مقادیر قله حاصل از اسکن ارایه می شود. این مورد در شکل پ.۳ در بخش حد ۷۵ درصد در این استاندارد نشان داده شده است.

نتایج تجربی توسط محاسبات تئوری تأئید شده است. محاسبات با استفاده از یک منبع پیستون مدور با شعاع $a=۴\lambda$ صورت گرفته که مبدل نسبتاً کوچکی را نشان می دهد، و گیرنده نقطه ای در سری منحنی های تشکیل شده در شکل پ. ٤ را نشان می دهد. تغییرات مساحت تابیده مؤثر و سطح مقطع پرتو را با افزایش فاصله نسبت به اپلیکاتور شرح داده می شود. فاصله بین اپلیکاتور و هیدروفون به اندازه طول موج صوت نرمال شده می باشد، در حقیقت کل محدوده فرکانس هایی که اخیراً در فیزیوتراپی به کار رفته را نشان می دهد. مقدار سطح مقطع پرتو (مساحت تابیده مؤثر برای تعریف استاندارد FDA آمریکا) نسبت به اندازه واقعی جزء نرمال شده است. اگر چه مساحت سطح مقطع نشان می دهد که به خصوصیات پرتو کمتر از مساحت تابیده مؤثر که مطابق تعاریف استاندارد امریکا محاسبه شده بیشتر توجه شده است.

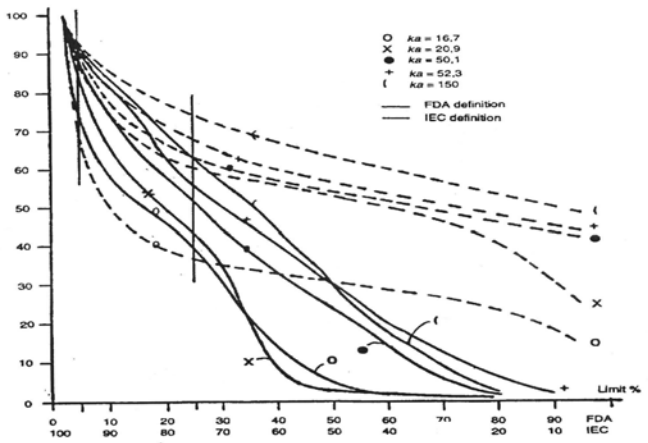
در محاسبات دیگر که در شکل پ. ۵ نشان داده شده سطح مقطع پرتو نرمال شده به عنوان تابعی از Ka محاسبه شده است. محدوده دیگر مقادیر Ka به کار رفته، کل محدوده اندازه های مبدل التراسونیک در اپلیکاتور تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی را پوشش می دهد. اگر چه منحنی های نشان داده شده در شکل پ. ۵ فقط نتایج حاصل در فاصله های ۵ و $۲a$ میلی متر از صفحه مبدل التراسونیک را نشان می دهد، عملکرد آن به عنوان نمونه محاسبات انجام شده در بقیه فاصله ها محسوب می شود. از شکل پ. ۵ می توان به نتایج کلی مشابه مطابق نتایج شکل پ.٤ دست یافت. تعاریف سطح مقطع پرتو مطابق مطلبی که در این استاندارد مشخص شده می باشد و کمتر به جزئیات تصویر جانبی پرتو التراسوند که در تعاریف استاندارد FDA امریکا به کار رفته، توجه شده است.



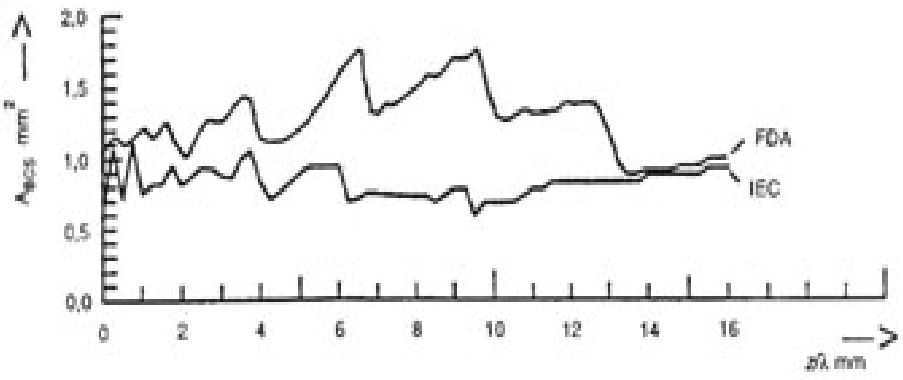
شکل پ.۱- خطوط فشار مساحت هندسی کوچک اپلیکاتور فیزیوتراپی نمونه *(Ka=17)*



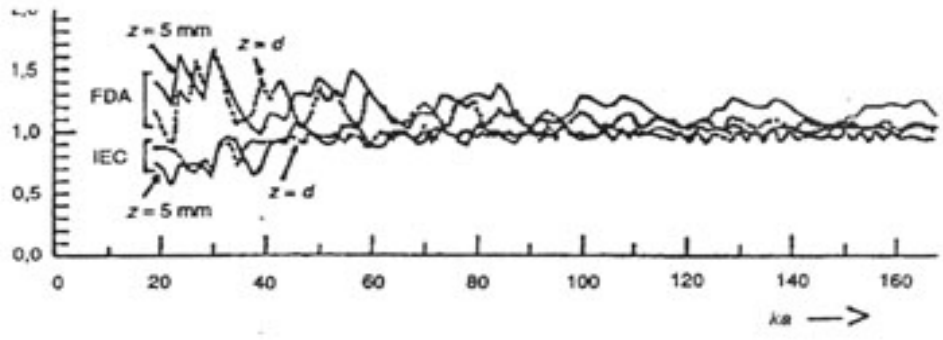
شکل پ.۲- نمودار مساحت سطح مقطع پرتو در برابر مقادیر حد برای تغییرات کوچک در فاصله موازی محور تراز z



شکل پ.۳- مقادیر طبیعی مساحت سطح مقطع پرتو برای مقادیر حد استاندارد آمریکا و *IEC* برای پنج مبدل با مقادیر مختلف $Z=0/5\ cm.ka$



شکل پ.٤ – تغییرات مساحت سطح مقطع پرتو (A_{BCS}) با فاصله از صفحه اپلیکاتور فاصله z و مساحت سطح مقطع پرتو به ترتیب برای طول موج صوت و ناحیه جزء واقعی



شکل پ. ۵ – تغییرات مساحت سطح مقطع پرتو نرمال شده (A_{BCS}) به عنوان تابعی از ka محاسبه در فاصله های ۵ میلی متر و $2a$ میلی متر از اپلیکاتور انجام شده است.

پیوست ت

فاکتور تبدیل مساحت سطح مقطع پرتو در سطح مقطع اپلیکاتور (A_{BCS})، به مساحت تابیده مؤثر (A_{ER}) (اطلاعاتی)

ایـن استاندارد به مساحت تابیده مؤثر (A_{ER}) ناشی از سطح مقطع پرتو در صفحه اپلیکاتور $A_{BCS}(0)$ نیاز دارد. با اسـتفاده از پسرفت خطی اندازه گیری های سطح مقطع پرتو در چهار صفحه z_1 نسبت به اپلیکاتور محاسبه می شـود. سـطح مقطـع $A_{BCS}(z)$ به عنوان کوچکترین مساحت تعریف شده که با ۷۵ درصد کل میانگین مربع فشار صوت مشارکت می کند.

وقتـی مـدل سـاده شده میدان صوت با پرتو موازی و توزیع فشار ثابت روی سطح مقطع عمود بر محور میدان صوت به کار رود. از تعاریف استاندارد فرمول زیر به دست می آید.

$$A_{ER} = ۱/۳۳۳\ A_{BCS}(0) = ۱/۳۳۳\ A_{BCS}(z)$$

از نقطـه نظـر فیزیکـی می توان انتظار داشت که مدل ساده شده برای مقادیر Ka وقتی مفید است، که مقدار Ka خیلـی کـم نباشـد. ($k = 2\pi/\lambda$ عدد موج دایره ای $a=$ شعاع هندسی جزء فعال اپلیکاتور). فرض کنید مقدار Ka خیلـی کـم باشـد، در ایـن صورت اثرات انکسار موجب پراکندگی پرتو صوت شده و در نتیجه مدل ساده شده خراب می شود.

برای به دست آوردن برآورد واقعی از فاکتور تبدیل مورد نیاز جهت شبیه سازی عددی می توان از منبع پیستون مـدور و گـیرنده کوچـک بـا شـعاع ۰/۲۵ تا ۰/۵ میلی متر با فرکانس های ۱ مگاهرتز، ۲ مگاهرتز و ۳ مگاهرتز اسـتفاده کـرد. در مبدل ها با شعاع مؤثر کوچک (کمتر از ٤ میلی متر) و خصوصاً فرکانس کم، پرتوها چنان از هـم دور می شوند، که نمی توان برآورد واقعی از مساحت تابیده مؤثر به دست آورد. در عمل محاسبات به شعاع بزرگتر یا مساوی ٤ میلی مـتر محدود می شود. در شبیه سازی کامپیوتری حاصل ضرب Ka محدوده ای تقریباً ١٦ تا ١٦٠ را پوشش می دهد. محاسبات دقیقاً مطابق تعاریف ذکر شده در بالا انجام می شود.

شکل ت. ۱ توزیع F_{ac} در محدوده $Ka \approx ٤٠$ تا $Ka \approx ١٦٠$ را نشان می دهد، مقدار میانگین محاسبه شده ۳٥٤/ ۱ = F_{ac} کـه بـه F_{ac} =۱/۳۳۳ خیلی نزدیک است برای مدل ساده شده میدان صوت قابل قبول است در محدوده

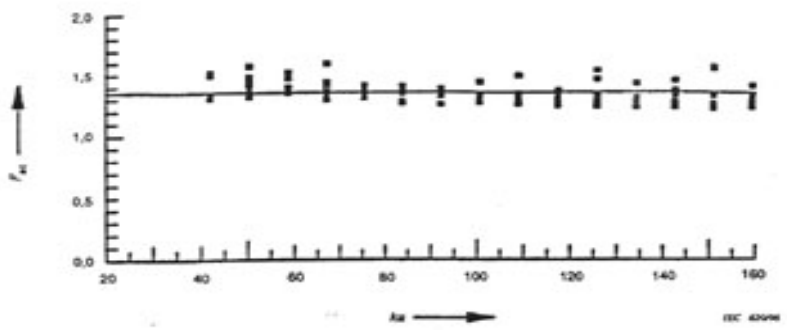
$Ka \approx ١٦$ تـا $Ka \approx ٦٠$ نمـی توان به فاکتور تبدیل F_{ac} مقدار ثابت نسبت داد (به شکل ت. ۲ مراجعه شود). در این محدوده خطی، مناسب با استفاده از روش حداقل مجذور و تطبیق منحنی به مقدار F_{ac} = ٤/٣٥١ برای Ka= ٤٠ محاسبه شده است.که ازفرمول زیربه دست می آید .

$$F_{ac}(Ka) = ٢/٥٨ - ٠/٠٣٥٠Ka$$

از شکل های ت. ۱ و ت. ۲ مشخص است، که انحرافات مقادیر محاسبه ازمقادیر میانگین F_{ac} قابل توجه است، و از مدل منتخب جهت نمایش منبع صوت در محاسبات تئوری حاصل می شود.

در محاسـبات انجـام شده برای F_{ac} از مدل پیستون صفحه ای جهت مبدل التراسونیک استفاده شده و فرض بر آن اسـت که دامنه نوسان برای کل صفحه یکنواخت باشد. این مدل اجزاء فضایی فرکانس را در میدان تولید می کـند، وقتـی کـه از دامـنه نوسـانی در لبه منبع مورد نظر جلوگیری شود و عدم حضور مبدل التراسونیک واقعی کـاملاً مشـهود باشـد. ایـن توزیـع التراسـونیک از منبعی که تابع خطی دارد به دست می آید. برای چنین منبعی بررسی های BCR نشان می دهد که اجزاءفضایی فرکانس بالا حقیقتاً به مقدار زیاد کاهش می یابد.

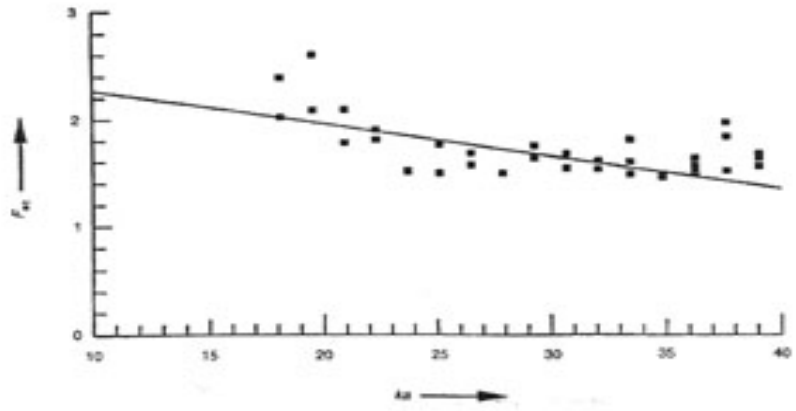
ایـن محاسبات تئوری برای تعیین F_{ac} جهت اندازه گیری های مرجع مشخص شده در بند ۸ کاربرد دارد، مقدار مؤثـر Ka مناسـب جهـت اپلیکاتور مورد آزمون قرار گیرد. این امر در بند ۸-٣٦ به وسیله جزء فعال شعاع مؤثر اپلیکاتور a_1 انجام شده است.



شکل ت.۱- فاکتور تبدیل F_{ac} به عنوان تابعی از حاصلضرب Ka وقتی حاصل ضرب Ka بین ٤٠ تا ١٦٠ است.

حداقل مقادیر Ka برای فرکانس های $١MHz$ و ٢MHz به ترتیبت ١٧ و ٣٣ است.

خط پررنگ خطی را با استفاده از روش حداقل مجذور نشان می دهد.



حداقل مقادیر Ka برای فرکانس های MHz۱ و MHz۲ به ترتیبت ۱۷ و ۳۳ است.

خط پررنگ خطی را با استفاده از روش حداقل مجذور نشان می دهد.

شکل ت. ۲ فاکتور تبدیل F_{ac} به عنوان تابعی از حاصلضرب Ka وقتی حاصلضرب Ka بین ١٦ و ٤٠ است.

پیوست ث

رعایت اصول بعد از کاربرد گروه صفحات اندازه گیری

(اطلاعاتی)

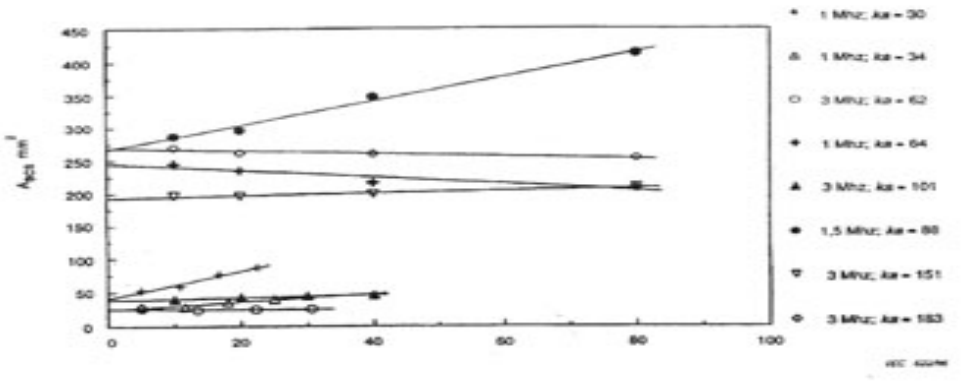
بـرای حصـول اطمیـنان بهتراست، مساحت تابیده مؤثر که از طریق تعیین مساحت سطح مقطع پرتو محاسبه می شود مستقل از خصوصیات اپلیکاتور و مرتبط با مساحتی در صفحه اپلیکاتور باشد.

از شـکلهای پ.۳ و پ.٤ ممکن است مشاهده شود که مساحت سطح مقطع پرتو کاملاً مستقل از خصوصیات مـبدل التراسونیک نیست. از این شکل ها، به این نتیجه می رسیم که فاصله ثابت نزدیک به اپلیکاتور برای تعیین مسـاحت سـطح مقطـع پـرتو مناسب نیست. با اندازه گیری مساحت سطح مقطع پرتو در چهار فاصله مجزا می توان وابستگی را کاهش داد، وقتی که فاصله واقعی برای هر اندازه گیری از آخرین حداکثر محوری توزیع پرتو التراسـونیک تعییـن شـده است.پیش بینی برگشت به صفحه اپلیکاتور با استفاده از پسرفت خطی از طریق چهار مقدار مساحت سطح مقطع پرتو منجر به مساحت سطح مقطع پرتو در صفحه اپلیکاتور می شود.

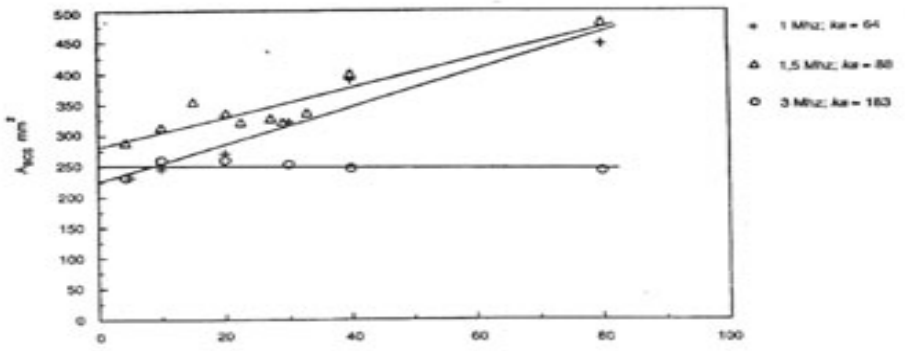
یکـی از نتایج بررسی که بر مبنای اندازه گیری ها و محاسبات تئوری پایه ریزی شده آن است که در مبدل هایی کـه مقـدار Ka کمـتر از ٤٠ است مساحت سطح مقطع پرتو نهایی به خطی بودن نسبت به فاصله های اپلیکاتور فراتـر از آخریـن حداکـثر محـوری ندارنـد. بنابراین در این استاندارد تمام چهار صفحه به کار رفته برای اندازه گیری ها مساحت سطح مقطع پرتو در آخرین حداکثر محوری قرار دارند.

شـکل ث. ۱ تلفـیق انـدازه گیری های به دست آمده که از این روش اجرایی برای هشت نوع مختلف اپلیکاتور اسـتفاده مـی نمـاید را نشـان مـی دهـد. تغییرات مساحت سطح مقطع پرتو به فاصله بین صفحه اندازه گیری و صـفحه اپلیکاتور $"z"$ بستگی دارد که ممکن است به صورت خطی توصیف شود. حتی برای اپلیکاتورهایی که " نقطـه داغ" دارند فشار داخلی خیلی زاید توسط نسبت غیر یکنواختی پرتو (R_{BN}) بزرگتر از هشت، در پرتو با حداکثر انحراف ۱۰ درصد به دست می آید. این مورد در شکل ث. ۲ نشان داده شده است.

دومین نتیجه از این بررسی ها آن است که خارج قسمت شیب پسرفت خطی به مساحت سطح مقطع پرتو در صفحه اپلیکاتور را می توان برای دسته بندی نوع پرتو التراسونیک بر حسب همگرا، واگرا یا موازی به کار برد.



شکل ث.۱ تغییرات مساحت سطح مقطع پرتو در برابر فاصله اندازه گیری z برای هشت اپلیکاتور مختلف برای هر اپلیکاتور خط پر رنگ پسرفت خطی را در چهار صفحه اندازه گیری نشان می دهد.



شکل ث. ۲- تغییرات مساحت سطح مقطع پرتو نسبت به فاصله اندازه گیری z برای سه مبدل که مقادیر زیاد R_{BN} را ارائه می دهند.برای هر اپلیکاتور نتایج ارایه شده شامل اندازه گیری ها در صفحه حداکثر جذر میانگین مربعی فشار صوت است.

پیوست ج

رعایت اصول بعد از کاربرد مقدار مد برای نسبت غیر یکنواختی پرتو (R_{BN})

(اطلاعاتی)

توزیع پرتو التراسونیک تولید شده توسط اپلیکاتور ذاتاً غیر یکنواخت است. علاوه بر این خصوصیت ذاتی جزئیات ساختار و عملیات اپلیکاتور می تواند " نقاط داغ[۳۲]" یا ناحیه های فشار داخلی خیلی زیاد را تولید کند. این موارد ممکن است سبب افزایش گرمای نواحی کوچکی از بافت تحت درمان شود که برای بیمار زیان آور است.

در حال حاضر اپلیکاتوربرای درمان بافت های داخلی طراحی شده است.در نتیجه مبدل هایی که در این استاندارد معرفی شده اند، از نوع صفحه ای می باشند، و مبدل های کانونی ممنوع اند. زیرا با دانش موجود به نظر می رسد چنین انرژی صوتی متمرکز فایده درمانی یا الزام پزشکی ندارد. اما ممکن است در آینده این وضعیت تغییر کند.

همراه با جنبه های ایمنی و افزایش احتمالات صدمات گرمایی توزیع داخلی فشار سبب ایجاد "نقطه داغ" می کند که ممکن است به عنوان نشانه عدم کیفیت مبدل در نظر گرفته شود. به این دلایل بهتر است کاربر در مورد توزیع میدان صوت اطلاع داشته، تا برای تأمین درمان با التراسوند به طور آگاهانه تصمیم بگیرد، اندازه غیر یکنواختی پرتو R_{BN} ارایه می شود. پارامتر R_{BN} نسبت بالاترین شدت در میدان را به شدت میانگین نشان می دهد، همان گونه که روی دستگاه فیزیوتراپی نشانه گذاری شده است.

از محاسبات تئوری که منبع پیستون صفحه ای به کار برده مقدار R_{BN} را می توان برآورد کرد. فشار و سرعت برای موج صفحه ای در یک فاز قرار دارند، نسبت بین توزیع شدت میانگین زمان L_p در میدان و میانگین شدت منبع پیستون در صورتی که هیچ گونه تداخل صوتی (L_0) وجود نداشته باشد، در شکل ج. ۱ ارایه شده است. این فرمول R_{BN} را نشان می دهد و از جنبه تئوری حداکثر مقدار ٤ خواهد بود. وقتی که فشار و سرعت در یک فاز قرار ندارند شدت حقیقی (۱) حداکثر ٤ است ودر راستای نزدیک طول میدان (S=۱ در شکل ج.۱) بر

---

[32] -Hot spots

آورد مـی شـود. در فاصـله ای حـدود شـعاع جزء مبدل (۱= x/a) ، برگشت به جزء حداکثر نسبت به مقدار ۲ کاهش خواهد یافت.

تعییـن واقعـی R_{BN} ممکن است با استفاده از هیدروفون انجام شود. در زیر نشان داده خواهد شد که هیدروفون کالیبره شده نیاز نیست و روش تعیین را ساده خواهد کرد.

در مـوج صـفحه ای، رابطـه بین شدت و فشار *(p)* به وسیله فرمول $l = p2/pc$ داده شده است که ρc امپدانس جـزء مـبدل اپلـیکاتور اسـتفاده شود. در اغلب موارد حداکثر فشار در فاصله های بزرگتر از شعاع اپلیکاتور به دسـت مـی آیـد وخطـا در کاربـرد فرمول $l = p2/pc$ منجر به بی دقتی های نسبتاً کوچک می شود چنانکه در شکل ج. ۱ نشان داده شده است.

ولتاژ خروجی هیدروفون به طور خطی با فشار صوت دریافتی ممکن است مرتبط باشد، فرمول R_{BN} را می توان مطابق توضیح این استاندارد ساده نمود چنان که در زیر بیان شده:

بیشترین شدت در پرتو میانگین زود گذر پیک- فاصله ای l_{spta} توسط فرمول زیر

$$I_{psta} = \frac{u_p^2}{m_l^2 \rho c}$$

ومقدار pms_t توسط فرمول زیر ارایه می شود.

$$pms_t = \sum_{l=1}^{N} \frac{U_l^2}{M_l^2}$$

و بـه عـنوان کـل میانگیـن مجـذور فشـار صوت شناخته می شود و حاصل جمع ولتاژهای حاصل را در هنگام اسـکن اسـتر نشان می دهد. با استفاده از pms_t میانگین شدت زودگذر فضایی به وسیله فرمول زیر به دست می آید.

$$R_{BN} = \frac{4U_p^2 A_{ER}}{\sum_{j=1}^{4} \left\{ a_0(z_j) \sum_{j=1}^{4} U_i^2(z_j) \right\}}$$

مخـرج کسـر مربوط به کل توان خروجی است که ناشی از حاصل جمع شدت ها بر روی پرتو صوت است. به مـنظور افـزایش درسـتی، حاصـل ضرب داخل کروشه را از چهار صفحه اندازه گیری میانگین دست می آورند. (چنانکه در بند ۸ . ۳. ۹ مشخص شده است).

در فرمول های بالا، پارامترها مطابق شرح زیر است:

U_p مقدار حداکثر ولتاژ هیدروفون است.

U_i ولتاژ هیدروفون در نقطه i ام اندازه گیری است.

M_L شدت بار انتهای کابل هیدروفون است.

Pms_t میانگین کل مربع فشار صوت است.

ρ چگالی آب است.

c سرعت صوت در آب.

a_0 مساحت واحد اسکن ($a_0=S^2$ برای اسکن راستر وقتی که s اندازه هر مرحله است)

N تعداد کل نقاط اندازه گیری در اسکن است.

A_{ER} مساحت تابیده مؤثر است.

z_j فاصله اپلیکاتور تا صفحه اندازه گیری است.

شکل ج. ۲ نمودار وضعیت را نشان می دهد، که در آن مقادیر R_{BN} با استفاده از فرمول بالا برای ۳۷ اپلیکاتور مختلف محاسبه شده و به همراه فرکانس هایی که در آن این مقادیر حاصل شده را نشان می دهد، وقتی که مقادیر R_{BN} به دسته های فرکانس ۰/۵ تقسیم شده است. معمولاً R_{BN} در محدوده ۳ تا ۷ ظاهر می شود. اما در بعضی از مبد ل ها که دارای R_{BN} بزرگتر از ۸ هستند، نیز نشان داده شده وبه عنوان R_{BN} زیاد در نظر گرفته می شوند.

در این استاندارد مقدار حد هشت به دلایل زیر معرفی شده است: الف- در فیزیوتراپی التراسوند دوز[۳۳] (خروجی، مدت و فرکانس) به کار رفته بر مبنای پرتو التراسونیک معمولی با توجه به استثناهای تئوری پایه ریزی شده است. تعیین مقدار مصرف در درمان مشکل است. در نتیجه، کاهش مقدار R_{BN} دلخواه تا عدد چهار مناسب است. کاهش مقدار تئوری R_{BN} به وسیله ضریب دو، به نظر قابل قبول می رسد. چنان که در شکل ج. ۲ دیده می شود.

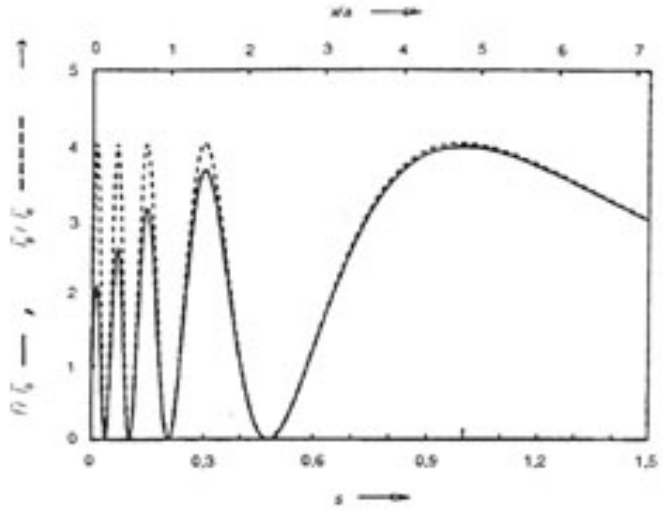
ب- مقدار R_{BN} کمتر از ۸ در مبدل های کانونی الزامی ندارند، اگر مبدل کانونی استفاده شود، R_{BN} به سرعت تا مقدار ۸ افزایش پیدا می کند.

---

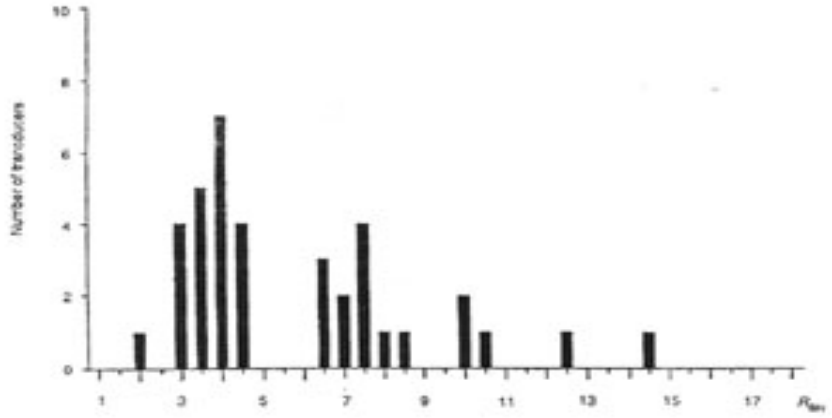
[33] -Dose

پ- از نقطـه نظر کیفیت و با در نظر گرفتن تئوری، در مورد این که R_{BN} بزرگتر از ۸ باشد هیچ توجیهی وجود ندارد.

ت- محاسـبه نشـان می دهد که مقدار R_{BN} =۸ (مقدار حد) موجب حداکثر فشار در حداکثر خروجی مجاز (^{۲} /cm ۳۷۷) در محـدودهٔ یـک مگـا پاسـکال، شدت قله زودگذر قله فضایی (I_{sptp}) مساوی ٤٨ وات بر سانتی متر مـربع و شـدت میانگین زود گذر قله فضایی (I_{sptp}) مساوی ٢٤ وات بر سانتی متر می شود. مقادیر بیشتر اثرات ناخواسته ای را ایجاد می نماید.



شکل ج. ۱- مقادیر میانگین زمانی شدت صوت نرمال شده (خط پر) و یکی از موج های صفحه ای آن (خط چین) که روی محور منبع پیستون مدور با مقدار ka =۳۰ و مخالف فاصله نرمال شده s قرار دارد. که در آن $s=\lambda z/a2$



شکل ج.۲- نمودار وضعیت مقادیر R_{BN} برای ۳۷ اپلیکاتور با قطرها و فرکانس های مختلف

مقدار R_{BN} (در باندهای ۰/۵) در برابر فرکانسی که در آن ایجاد شده ظاهر می گردد.

پیوست ج

تعیین توان صوت از طریق اندازه گیری های نیروی تابش

(اطلاعاتی)

دراین استاندارد توان خروجی نامی باید اعلام شود. همان گونه که در بند فرعی ۸-۱ بیان شده، اندازه گیری توان خروجی تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی باید مطابق استاندارد ملی ایران[۳۴]..... که درآن کاربرد تجهیزات تراز نیروی تابش پیشنهاد شده، انجام شود. تجهیزات اندازه گیری نیروی تابش به آسانی قابل حمل و کالیبره کردن هستند.

هدف مهمترین قسمت قطعه نیروی تابش است. هدف باید به اندازه کافی بزرگ باشد، تا کل میدان التراسونیک را پوشش دهد. بند فرعی ۵ . ۳ استاندارد ملی ایران[۳۵]..... روابط را جهت محاسبه حداقل مقدار شعاع هدف b را به عنوان تابعی از فاصله هدف طول موج و a_1، شعاع مؤثر جزء فعال اپلیکاتور ارایه می دهد. روابط بر اساس محاسبات تئوری با استفاده از میدان پیستون پایه ریزی شده است. جدول چ.۱ نتایج را نشان می دهد. بهتراست شعاع هدف به عنوان فاصله از آن سطح مقطع تا اپلیکاتور در نظر گرفته شود.

بهتراست به نتایج داده شده برای میدان پیستون توجه شود. ممکن است اپلیکاتور تحت آزمون مانند یک پیستون عمل نکند، بنابراین پیشنهاد می گردد که از اطلاعاتی که در نتایج اندازه گیری سطح مقطع پرتو موجود است $A_{BCS}(z)$ استفاده گردد. شعاع معادل b_{eq} را می توان از فرمول زیر به دست آورد.

$$b_{eq}(z) = \left(A_{BCS}(z)/\pi\right)^{1/2}$$

یادآوری- اگر A_{BCS} بر حسب سانتی متر مربع داده شود، b_{eq} بر حسب سانتی متر به دست می آید.

اگر مقدار $2b_{eq}$ از مقدار b تعیین شده مطابق استاندارد ملی ایران[۳۶]..... و جدول چ.۱ بیشتر باشد، $2b_{eq}$ به عنوان مقدار حداقل برای شعاع هدف به کار می رود.

۱- تا تدوین استاندارد ملی ایران مربوطه به استاندارد *IEC 1161* مراجعه شود.

۲- تا تدوین استاندارد ملی ایران مربوطه به استاندارد *IEC 1161* مراجعه شود.

۱- تا تدوین استاندارد ملی ایران مربوطه به استاندارد *IEC 1161* مراجعه شود.

حباب ها در آب به عنوان پراکنده ساز امواج التراسونیک عمل می نمایند و می توانند منجر به خطا در اندازه گیری ها شـوند. بنابرایـن صرفاً استفاده از آب گاززدایی شده در اندازه گیری ها توسط تجهیزات فیزیوتراپی مهم است، همیشه باید مطمئن شد که:

الف) روی سطح مبدل و هدف حباب وجود ندارد.

ب) در اثـر پتانسـیل شدت زیاد التراسوند گاززدایی شده، در مدت اندازه گیری حبابی ظاهر نشده است. (به پیوست الف. ۱ استاندارد ملی ایران[۳۷]..... مراجعه شود)

اگـر چـه اغلـب مقادیـر توان خروجی در محدودهٔ وات برای تجهیزات التراسونیک فیزیوتراپی قرار دارند، برای پوشـش کـل محـدودهٔاندازه گیری های توان خروجی به منظور هماهنگی با این استاندارد، ممکن است دستگاه مـتعادل کنـنده ای بـا حساسـیت حداقل ۱۵ میلی وات نیاز باشد. اندازه گیری در محدودهٔ توان بالا ممکن است پـایداری وضـعیت هدف را در مدت اندازه گیری مشکل سازد. در صورتی که هدف جذب کننده متأثر از اجزاء نـیروی تابش بعدی نباشد و بازتابنده مقعر در مرکز قرار گیرد. بازتابنده محدب ممکن است توسط نیروی تابش از مرکـز خـارج شود. این اثر بستگی زیاد به توان خروجی التراسونیک روی وزن هدف ونوع آویز آن دارد. (به بند۵ . ٦ استاندارد[۳۸]..... مراجعه شود.)

۲- تا تدوین استاندارد ملی ایران مربوطه به استاندارد *IEC 854* مراجعه شود.

۳- تا تدوین استاندارد ملی ایران مربوطه به استاندارد *IEC 1161* مراجعه شود.

جدول چ.۱ اندازه مورد نیاز هدف که بر حسب حداقل شعاع هدف b ، تابعی از فرکانس التراسونیک، f، شعاع مؤثر اپلیکاتور، a_1 و فاصله هدف بیان می شود. و مطابق با بند ۵. ۳ استاندارد ملی ایران[۳۹] ..... محاسبه شده است.

شعاع مؤثر اپلیکاتور بر حسب سانتی متر	فرکانس التراسونیک MHz	فاصله هدف سانتی متر	حداقل شعاع هدف سانتی متر
a_1=۰/۵	f=۱	۰/۵	۰/۷۷
		۲	۱/۸۹
		٤	۳/۵٤
		٦	۵/۲۳
a_1=۱/۵	f=۱	۰/۵	۲/۲۵
		۲	۲/۲۵
		٤	۲/٤٦
		٦	۳/۰۵
a_1=۰/۵	f=۳	۰/۵	۰/۷۵
		۲	۱/۰۲
		٤	۱/٦۷
		٦	۲/۳٦
a_1 =۱/۵	f=۳	۰/۵	۲/۲۵
		۲	۲/۲۵
		٤	۲/۲۵
		٦	۲/۲۵

۱- تا تدوین استاندارد ملی ایران مربوطه به استاندارد *IEC 1161* مراجعه شود.

پیوست ج

اعتبار اندازه گیری های مساحت سطح مقطع پرتو (A_{BCS}) در توان کم

(اطلاعاتی)

انـدازه گیری های مساحت سطح مقطع پرتو با استفاده از هیدروفون، اپلیکاتورکه تحت مُد موج مداوم با شدت ۰/۵ وات بـر سـانتی مـتر مـربع یا کمتر عمل کند، را نیاز دارد. (به بند ۸ . ۲ مراجعه شود) اندازه گیری در توان هـای کمـتر بـه مـنظور جلوگیری از خرابی پروب هیدروفون های به کار رفته لازم است. تأییدیه ای که مقادیر مسـاحت سـطح مقطـع پـرتو در تـوان هـای کـم بـه دسـت آمده، برای توان های زیاد عملیاتی در درمان های فیزیوتراپـی نـیز معتـبر اسـت. درجدول ح.۱ این مقادیرموجود است. اندازه گیری های انجام شده با استفاده از هـیدروفون غشـا پلـی وینیلیدن فلوراید[۴۰] با خروجی های دیفرانسیلی برای توان های مختلف که توسط دستگاه فیزیوتراپی مشخص شده، در جدول نشان داده شده است.

فـرکانس دو اپلـیکاتور ۱/۵ مگاهرتـز و مـبدل بـا قطر ۲/۸ سانتی متر، مبدل الف عادی کار می کند در حالی که مـبدل ب بـه عـنوان " نقطـه داغ" برنامه ریزی شده و یک قله محوری بزرگ ۲/۹ سانتی متر را ارائه می دهند. اندازه گیری ها برای دومین مبدل در این صفحه انجام می شود.

[40] -Polyinylidene fluoride (PVDF) membrane hydrophone

جدول ح.۱ تغییرات سطح مقطع پرتو $A_{BCS(z)}$ نسبت به توان خروجی از دو مبدل

توان ارائه شده W	مبدل الف[۱] $A_{BCS(z)}\ cm^2$	مبدل ب[۲] $A_{BCS(z)}\ cm^2$
۱/۲۵	۳/۵٤	۲/۹۹
۵	۳/۵	۲/۹۲
۷/۵	۵۲۳	۲/۸۰
۱۰	۳/٤۸	۲/۷۹
۱۲/۵	۳/۵۱	۲/۸۰
۱۵	۳/٤۹	۲/۸۷

زیرنویس ۱: ۱/۵ مگاهرتز، قطر ۲/۸ سانتی متر، A_{BCS} تعیین شده ٤ سانتی متر

زیـرنویس ۲: ۱/۵ مگاهرتـز، قطـر ۲/۸ سانتی متر، A_{BCS} تعیین شده در ۲/۹ سانتی متر، فاصله حداکثر جذر میانگین فشار صوت برای این مبدل " نقطه داغ"

نـتایج ارائـه شـده در جـدول ح.۱ تغیـیرات $A_{BCS(z)}$ را نسبت به توان نشان می دهد، که این تغییرات خیلی کم است و از چند درصد تجاوز نمی کند.

ایـن اثـبات مسـاحت سطح مقطع پرتو نسبت به توان خروجی ممکن است برای بعضی اپلیکاتور معیوب معتبر نباشد، خصوصاً وقتی که دستگاه گرم شود، گر چه پیش بینی می شود که این موارد نادر باشد.

پیوست خ

تأثیر قطر مؤثر هیدروفون

(اطلاعاتی)

اغلب هیدروفون هایی که اخیراً به طور تجاری موجود است، جزء های فعال با قطری در محدودهٔ ۰/۵ تا ۱ میلی متر دارند. درستی اندازه گیری های میدان التراسونیک ممکن است با میانگین کردن فضایی فشار صوت روی جزء فعال جبران شود. استاندارد ملی ایران[۴۱]..... معیارهای زیر را برای حداکثر مجاز شعاع های هیدروفون، a_{max} فراهم می نماید، که ممکن است در هر شرایط اندازه گیری به کار رود:

$$\partial_{\max} = \frac{\lambda}{8}\left[1+\frac{z^2}{\partial_1^2}\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (خ.۱)$$

که در آن

λ طول موج صوت است:

Z فاصله بین اپلیکاتور تا صفحه اندازه گیری است.

a_1 شعاع مؤثر جزءفعال اپلیکاتور است.

در روش های اجرایی مشخص شده در این استاندارد، تعیین دقیق مساحت تابیده مؤثر اپلیکاتور نیاز به اندازه گیری نزدیک به صفحه اپلیکاتور دارد، و سبب نقض مکررمعیارها خواهد شد. فرمول خ. ۱ مربوط به اندازه گیری فشارهای قله و فرمولی برای تعیین مطمئن نسبت غیر یکنواختی پرتو است. جبران اثر نقض اندازه گیری های A_{ER} و $A_{BCS(z)}$ به دلیل دقت زیاد مورد نیاز اندازه گیری های مساحت تابیده موثر اهمیت دارد.

اندازه گیری ها بر روی اپلیکاتور ۳ مگاهرتز با قطر ۲/٤ سانتی متر که از هیدروفون های مختلف با شعاع جزء فعال مختلف استفاده می کنند در جدول خ. ۱ نشان داده شده است.اندازه گیری ها با استفاده از هیدروفون های سرامیکی با قطر ۰/٦ میلی متر و ۱۰ میلی متر و هیدروفون *PVDF* از نوع غشایی با قطر ٤ میلی متر انجام می شود. (دومی که به عنوان هیدروفون سرامیکی با قطر ٤ میلی متر موجود نیست.) برای اندازه گیری در $z = 1$ سانتی متر

۱- تا تدوین استاندارد ملی ایران مربوطه به استاندارد *IEC 1102* مراجعه شود.

مطابق فرمول (خ. ۱) این هیدروفون ها با فاکتورهای ٤، ٦/٥ و ٢٦ به ترتیب خیلی بزرگ هستند. نتایج نشان داده شده در جدول ر. ۱ توافق بین اندازه گیری های $A_{BCS(z)}$ از ۱ تا ۳ درصد را نشان می دهد.

با فرکانس ها و قطرهای اپلیکاتور های فیزیوتراپی که اخیراً به کار می روند، سخت ترین معیار آزمون استاندارد ملـی ایـران[٤٢]..... برای اندازه گیری های نزدیک به قطر بزرگ اپلیکاتور ۳ مگاهرتز، است. (۱= z سانتی متر) حتـی در ایـن مورد نیز فاکتوری که برای جزء فعال هیدروفون با قطر ۱ میلی متر از شش تا هفت بیشتر نیست، نقض خواهد شد.

جـدول خ. ۱ همچنیـن مقادیر نسبت فشار قله مجذور شده به میانگین فشار مجذور شده روی سطح مقطع پرتو در صـفحه ای تحـت فاصله z را نشان می دهد، وقتی که مقدار z از یک تا هشت سانتی متر تغییر می کند، (این نسـبت توسـط R در جـدول خ.۱ ارائـه شـده است) این نتایج نشان می دهد که حتی با وجود نقض زیاد اندازه گـیری هـا کـه توسط هیدروفون ها با قطر ٤ میلی متر انجام شده، اختلاف از ۲۰ درصد بیشتر نیست. این نتایج مـی تواند ارتباط مستقیمی با انتخاب قطر جزء فعال هیدروفون از نظر تعیین R_{BN} داشته باشد. اما بهتر است این یافته ها را با کمی احتیاط به کار برد. اپلیکاتور معینی که "نقاط داغ" دارند توسط عرض های پرتو[٤٣] قله اصلی ۲ تا ۳ میلی متر مشخص می شوند. استفاده از هیدروفون بزرگ به اندازه ٤ میلی متر، مقدار واقعی R_{BN} را ناچیز می کند.

با در نظر گرفتن درستی اندازه گیری R_{BN}، معیار به کار رفته در بند ۷. ۲ این استاندارد صحت اندازه گیری های مسـاحت سـطح مقطع پرتو را که با هیدروفون یک میلی متری روی دستگاه فیزیوتراپی التراسونیک موجود تا ۳ مگاهرتـز انجـام شـده مـی پذیرد. برای تجهیزات فیزیوتراپی التراسونیک که بالای سه مگاهرتز عمل می نمایند، هـیدروفون بـا قطر کمتر از ۰/٦ میلی متر مشخص شده است. این هیدروفون ها در اغلب شرایط محیطی، اندازه گیری های مساحت تابیده مؤثر و نسبت غیر یکنواختی پرتو را با اطمینان انجام می دهند.

۱- تا تدوین استاندارد ملی ایران مربوطه به استاندارد *IEC 1102* مراجعه شود.

[43] *-Beam widths*

جدول خ. ۱- مقایسه اندازه گیری های سطح مقطع پرتو ($A_{BCS}(z)$) که با استفاده از هیدروفون های دارای شعاع جزءفعال هندسی ۰/۳، ۰/۵ و ۲ میلی متر انجام شده است.

هیدروفون *mm*	اندازه گیری	فاصله بین اپلیکاتور و هیدروفون، z *cm*			
		۱	۲	٤	۸
A سرامیک میلی متر a_g =۰/۳	$A_{BCS}(z)$ (cm^2)	۲	۱/۹۷	۲/۰۱	۲/۰۷
	R^1	۱/۵۵	۱/۵۷	۱/٦۸	۲/٦۹
C سرامیک میلی متر a_g =۰/۵	$A_{BCS}(z)$ (cm^2)	۱/۹۳	۱/۹٦	۱/۹۹	۲/۰۸
	R^1	۱/٦۸	۱/٦۹	۱/٦۰	۲/۲٦
PVDF غشایی a_g =۲	$A_{BCS}(z)$ (cm^2)	۲/۰۱	۲	۲/۰۲	۲/۱۰
	R^1	۱/۹۵	۱/۹۱	۲/۰٤	۲/۳۳
یادآوری- اندازه گیری ها بر روی اپلیکاتور ۳ مگاهرتز تحت چهار فاصله انجام شده است.					
زیر نویس ۱: مقادیر R با استفاده از مقدار p^2 میانگین شده که در صفحه اندازه گیری مشخص شده، به دست می آید.					

پیوست د

رابطه بین مساحت تابیده مؤثر (A_{ER})، و مساحت تابیده مؤثر تعیین شده با استفاده از تعاریف *FDA* استاندارد آمریکا

(اطلاعاتی)

روش تجـزیه اسکن راستر که برای تعیین مساحت تابیده مؤثر به کار می رود، بین تعریف جدید (متکی به کل میانگیـن مـربع فشـار صوت) و تعریفی که اخیراً در شمال آمریکا به کار می رود به طور مشخص تفاوت وجود دارد. دومی بستگی زیاد به فراگیری معتبر حداکثر فضایی دارد. بنابراین انتظار می رود که این روش های تجزیه مـنجر بـه اخـتلاف در مسـاحت تابـیده مؤثـر شوند. در حالی که از لحاظ اندازه گیری، پذیرش تعاریف جدید معرفی شده در پیوست پ، قابل در نظر گرفتن است. با این حال مقایسه دو کمیت مفید است.

گزارش *BCR* چنین مقایسه ای را انجام داده و خلاصه ای از این نتایج در جدول د. ۱ ارائه شده است. همچنین در جـدول د. ۱ پارامترهای دیگری مثل R_{BN}، *Ka* و A_{BCS} برای اپلیکاتورهای ویژه در نظر گرفته شده است. باید توجـه شـود که مقادیر A_{ER} بر اساس تغییر در رابطه به کار رفته برای محاسبه F_{ac} مجدداً محاسبه شده است (در بند ۸. ۳. ٦ ارایه شده است). در نتیجه مقادیر A_{ER} با مقادیر نوشته شده در گزارش *BCR* کمی متفاوت است. از جـدول د. ۱ مـی تـوان نتیجه گرفت که تعاریف استاندارد امریکا مساحت تابیده مؤثر را به طور عمده بزرگتر از A_{ER} در نظر می گیرد. اگر نتایج برای اپلیکاتورهای مختلف در نظر گرفته نشود (یعنی آنهایی که *Ka* کمتر از ۲۵ دارند) اختلاف ٤٥ درصدبیشترمقادیر *ERAP* استانداردآمریکا آشکارمی شود.

جـدول د. ۱ مقایسه مساحت تابیده مؤثر تعیین شده با استفاده از روش تعاریف استاندارد آمریکا (بـه وسـیله نمـاد ERA_{FDA} معرفـی شـده) بـا مقادیـر A_{ER} بر اساس روش های مشخص شده در این استاندارد رانشان می دهد.

شناسایی مبدل	فرکانس MHz	Ka_1	A_{BCS} mm^2	F_{ac}	A_{ER} mm^2	ERA_{FDA} mm^2	$\frac{ERA_{FDA}}{A_{ER}}$
BL -۳	۳	٦۹	۱۹۳	۱/۳٥٤	۲٦۱	۳۹۸	۱/٥۲
BL-۱	۱	٤۱	۲۳۳	۱/۳٥٤	۳۱٥	۳٤٤	۱/۰۹
AS-۳	۳	٤۲	۲۷	۱/۳٥٤	۳٦/٦	٥۷	۱/٥٦
AL-۳	۳	۷۰	۲۳۰	۱/۳٥٤	۳۱۱	٤۰۸	۱/۳۱
CS-۳	۳	٤۳	۲۹/۷	۱/۳٥٤	٤۰/۲	٦۱	۱/٥۲
BS-۱	۱	۱۷	۲٥/۱	۲/۰٦	٥۱/۷	٥۳	۱/۰۳
BS-۳	۳	٤۷	۳۸	۱/۳٥٤	٥۱/٥	۸۷	۱/٦۹
AA	۱	٤۲	۲٤٤	۱/۳٥٤	۳۳۰	٤۹۰	۱/٤۸
BB	۱	۲۲	٤٥/۳	۱/۹۱	۸۷	۷٥	۰/۸٦
CC	۳	۷۲	۲٦٤	۱/۳٥٤	۳٥۷	٥۱٥	۱/٤٤
DD	۳	٤۳	۲۸/۸	۱/۳٥٤	۳۹	٥۷	۱/٤٦

نتـیجه مهـم از اختلاف بین A_{ER} و ERA_{FDA} آن است که تعریف جدید مساحت تابیده مؤثر سبب افزایش شدت مؤثـر تـا ٤٥ درصد می شود. قسمت اصلی این اختلاف ممکن است از بررسی های تئوری که در مدت بررسی BCR در نظـر گرفـته شـده باشـد. ایـن محاسبات اظهار می دارند که روش اجرایی تعیین شده توسط استاندارد FDA امریکا، مقدار مساحت تابیده مؤثر را ۱۰ تا ۳۰ درصد بیشتر برآورد می کند.

پیوست ذ

عدم قطعیت اندازه گیری[۴۴]

(اطلاعاتی)

مطالب زیر راهنمای عدم قطعیت اندازه گیری های تصادفی و سیستماتیک است

ذ. ۱ عدم قطعیت تصادفی[۴۵]

بـا تکـرار انـدازه گیری ها و تعیین مقدار میانگین مجموعه اندازه گیری ها، عدم قطعیت تصادفی تشخیص داده می شود. نمونه مجموعه n اندازه گیری را در نظر بگیرید که مقادیر x_i از آن به دست آمده است ، وقتیکه n ،... ... ، i=۲،۱ و میانگین $\bar{x}$ است. انحراف استاندارد، σ، به وسیله فرمول زیر داده شده است:

$$\sigma^2 = \frac{1}{(n-1)}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2$$

عدم قطعیت تصادفی، U_r، بر حسب مقدار میانگین از فرمول زیر تعیین می شود:

$$U_r = t\left[\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right]$$

کـه در آن t فاکتور سطح اطمینان مورد نیاز است و بستگی به تعداد اندازه گیری در نمونه دارد. برای ۹۵ درصد سـطح اطمیـنان، ۲/۲۶، ۲/۳۱، ۲/۳٦، ۲/٤٥، ۲/۵۷، ۲/۸۷، ۳/۱۸= t بـرای ۱۰و ۹و ۸و ۷و ٦و ۵و ٤= n به ترتیب است. برای نمونه بزرگ، مقدار t ، ۱/۹٦ است.

ذ. ۲ عدم قطعیت سیستماتیک

عـدم قطعیـت سیستماتیک از اطلاعات جزئیات روش های اندازه گیری و منابع خطای آنها مثل عدم قطعیت در کالیبراسـیون دسـتگاه مـتعادل کنـنده نیروی تابش یا غیر خطی بودن در هیدروفون اندازه گیری تعیین می شود. توزیـع احتمالـی چهـار گوشـی بـرای این منابع عدم قطعیت فرض شده و به روشی مختلف از روشی که وقتی توزیـع عـادی یـا گوس است، ترکیب می شود. به هر حال وقتی تعدادی از این مشارکت ها ترکیب شد بر آیند توزیـع را مـی توان عادی در نظر گرفت. اگر α_1، α_2،α_3 و غیره شبه محدودهٔ تعداد اجزاء با توزیع چهار گوش باشند، انحراف استاندارد این برآیند عدم قطعیت سیستماتیک، α_s، است.

---

[44]-*Uncertainty determinatio*n

[45]- *Random uncertainty*

$$\sigma_s = \left[\frac{a_2^1 + a_2^2 + {}_3^2 + \ldots + a_n^2}{3} \right]^{1/2}$$

عدم قطعیت کل سیستماتیک، U_s، از فرمول زیر برآورد می شود:

$$U_s = 1/96\sigma_s$$

در موارد توزیع متعادل، احتیاط ویژه ای برای عدم قطعیت سیستماتیک منظور می گردد.

ذ. ۳ عدم قطعیت کلی

عـدم قطعیـت کلـی، U_T، در سـطح اطمیـنان[۴۶] ۹۵ درصد، با ترکیب عدم قطعیت تصادفی، U_r ، و عدم قطعیت سیستماتیک، U_s ، به دست می آید.

$$U_T^2 = U_r^2 + U_S^2$$

بـرای اطلاعـات بیشـتر در مـورد ارزیابـی و بـیان عـدم قطعیت های تصادفی و سیستماتیک و منابع غالب عدم قطعیـت سیسـتماتیک، به " عدم قطعیت اندازه گیری" در " اندازه گیری های الکتریکی"، یا هر مدرک معتبری در مورد تخمین عدم قطعیت می توان مراجعه نمود.

---

[46]-*Confidence level*

ICS: 11.040.60