



سیستم مدیریت ایزو
www.isomanagement.ir

تماس تلفنی جهت دریافت مشاوره:

۱. مشاور دفتر تهران (آقای محسن ممیز)

☎ ۰۹۱۲ ۹۶۳ ۹۳۳۶

۲. مشاور دفتر اصفهان (سرکار خانم لیلا ممیز)

☎ ۰۹۱۳ ۳۲۲ ۸۲۵۹

مجموعه سیستم مدیریت ایزو با هدف بهبود مستمر عملکرد خود و افزایش رضایت مشتریان سعی بر آن داشته، کلیه استانداردهای ملی و بین المللی را در فضای مجازی نشر داده و اطلاع رسانی کند، که تمام مردم ایران از حقوق اولیه شهروندی خود آگاهی لازم را کسب نمایند و از طرف دیگر کلیه مراکز و کارخانه جات بتوانند به راحتی به استانداردهای مورد نیاز دسترسی داشته باشند.

این موسسه اعلام می دارد در کلیه گرایشهای سیستم های بین المللی ISO پیشگام بوده و کلیه مشاوره های ایزو به صورت رایگان و صدور گواهینامه ها تحت اعتبارات بین المللی سازمان جهانی IAF و تامین صلاحیت ایران می باشد.

هم اکنون سیستم خود را با معیارهای جهانی سازگار کنید...





جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران
۲۲۶۷۶
چاپ اول
۱۳۹۸

INSO
22676
1st Edition
2019

Identical with
IEC 60500:
2017

صوت شناسی زیر آب -
هیدروفن ها (آب لرزه یاب ها) -
خصوصیات هیدروفن ها در گستره
بسامدی ۱ Hz تا ۵۰۰ kHz

Underwater acoustics -
Hydrophones -
Properties of hydrophones in the
frequency range 1 Hz to 500 kHz

ICS: 17.140.50

استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۶۷۶ (چاپ اول): سال ۱۳۹۸

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج - شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

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

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

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

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

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«صوت‌شناسی زیر آب - هیدروفن‌ها (آب‌لرزه‌یاب‌ها) -

خصوصیات هیدروفن‌ها در گستره بسامدی ۱ Hz تا ۵۰۰ kHz»

رئیس:

خرزاعی، محمدرضا

(کارشناسی ارشد مهندسی برق - مخابرات)

سمت و/یا محل اشتغال:

کارشناس فناوری اطلاعات - اداره کل استاندارد استان سیستان و بلوچستان

دبیر:

نظام، سید مهدی

(کارشناسی ارشد مدیریت فناوری اطلاعات)

رئیس اداره فناوری اطلاعات - اداره کل استاندارد استان سیستان و بلوچستان

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

احمدی شکوه، جواد

(دکتری مهندسی برق - مخابرات)

عضو هیئت علمی - دانشگاه سیستان و بلوچستان

ترخان، مهدی

(دکتری مهندسی برق - الکترونیک)

عضو هیئت علمی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان

خرزاعی، علی‌اکبر

(دکتری مهندسی برق - مخابرات)

عضو هیئت علمی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

رضائی، مهدی

(دکتری مهندسی برق - مخابرات)

عضو هیئت علمی - دانشگاه سیستان و بلوچستان

رضائی، هادی

(کارشناسی مهندسی برق - الکترونیک)

مدیرعامل - شرکت مهندسی الکام

سجادی، سیدجعفر

(دکتری حمل و نقل بین الملل)

عضو هیئت علمی - دانشگاه علوم دریایی و دریانوردی چابهار

سیف‌الدین پور، حمیدرضا

(کارشناسی مهندسی برق - الکترونیک)

عضو هیئت مدیره - شرکت مهندسی الکام

صارمی‌فر، سرور

(کارشناسی مهندسی برق - الکترونیک)

عضو مستقل

فنائی شیخ‌السلامی، طاهره

(دکتری مهندسی برق - الکترونیک)

عضو هیئت علمی - دانشگاه سیستان و بلوچستان

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

کشاوری، هنگامه

(دکتری مهندسی برق - مخابرات)

کلانتری، احسان

(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

کوهکن، مصطفی

(کارشناسی ارشد مهندسی برق - الکترونیک)

ماهرانی، مهدی

(کارشناسی مهندسی برق - الکترونیک)

مهرجو، مهري

(دکتری مهندسی برق - مخابرات)

ویراستار:

رثایی، حامد

(کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)

سمت و/یا محل اشتغال:

عضو هیئت علمی - دانشگاه سیستان و بلوچستان

کارشناس تدوین، ترویج و آموزش - اداره کل استاندارد استان

سیستان و بلوچستان

رئیس اداره نظارت - اداره کل ارتباطات و فناوری اطلاعات استان

سیستان و بلوچستان

عضو مستقل

عضو هیئت علمی - دانشگاه سیستان و بلوچستان

کارشناس - دفتر تدوین استانداردهای ملی سازمان ملی

استاندارد ایران

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۱۲	۴ نمادها
۱۲	۵ مشخصه‌های هیدروفن
۱۲	۱-۵ کلیات
۱۲	۲-۵ الزامات پایه
۱۳	۳-۵ حساسیت
۱۴	۴-۵ پاسخ بسامدی
۱۴	۱-۴-۵ باند بسامد عملیاتی اظهارشده
۱۴	۲-۴-۵ وابستگی بسامدی
۱۴	۵-۵ پاسخ جهتی
۱۴	۶-۵ گستره دینامیکی
۱۴	۱-۶-۵ خطی بودن و سطح فشار صوت اضافه‌بار
۱۵	۲-۶-۵ سطح تراکم طیفی فشار نوفه معادل
۱۵	۳-۶-۵ شرایط مورد نیاز
۱۵	۷-۵ الزامات الکتریکی
۱۵	۱-۷-۵ تداخل الکترومغناطیسی
۱۶	۲-۷-۵ مشخصه‌های الکتریکی
۱۶	۸-۵ الزامات مکانیکی
۱۶	۹-۵ جنبه‌های محیطی
۱۷	۱۰-۵ پایداری حساسیت
۱۷	۱-۱۰-۵ پایداری دمایی
۱۷	۲-۱۰-۵ پایداری عمق
۱۷	۳-۱۰-۵ پایداری زمانی
۱۸	۶ اطلاعاتی که باید توسط سازنده ارائه گردد
۲۰	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) توصیه‌هایی برای انتخاب هیدروفن‌ها
۲۶	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «صوت‌شناسی زیرآب- هیدروفن‌ها (آبلرزه‌یاب‌ها) - خصوصیات هیدروفن‌ها در گستره بسامدی ۱ Hz تا ۵۰۰ kHz» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ تهیه و تدوین شده، در هزار و دویست و شانزدهمین اجلاس هیئت کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۱۳۹۸/۲/۷ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

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

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

IEC 60500:2017, Underwater acoustics - Hydrophones - Properties of hydrophones in the frequency range 1 Hz to 500 kHz

صوت‌شناسی زیر آب - هیدروفن‌ها (آبلرزه‌یاب‌ها) - خصوصیات هیدروفن‌ها در گستره بسامدی ۱ Hz تا ۵۰۰ kHz

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین مشخصه‌ها و خصوصیات مربوط به هیدروفن‌ها^۱ در گستره بسامد ۱ Hz تا ۵۰۰ kHz و چگونگی گزارش این مشخصه‌ها می‌باشد. این استاندارد الزامات عملکرد برای انواع هیدروفن‌های خاص و یا کاربردهای این قبیل از هیدروفن‌های خاص را شامل نمی‌گردد. با این حال، راهنمایی در انتخاب یک هیدروفن با عملکرد مناسب برای یک کاربرد خاص در پیوست آگاهی‌دهنده این استاندارد ارائه گردیده است.

این استاندارد در موارد زیر کاربرد دارد:

- هیدروفن‌هایی که با استفاده از عناصر حسگر پیزوالکتریک^۲، به منظور پاسخ به فشار صوت در آب و اندازه‌گیری سیگنال‌های آکوستیکی زیر آب طراحی شده‌اند.
- هیدروفن‌ها با یا بدون پیش تقویت‌کننده یکپارچه^۳.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 266:1997, Acoustics – Preferred frequencies

یادآوری - استاندارد ملی ایران به شماره ۲۰۴۶۰: سال ۱۳۹۴، آکوستیک - بسامدهای ترجیحی، با استفاده از استاندارد ISO 266:1997 تدوین گردیده است.

1- Hydrophones
2- Piezoelectric
3- Integral pre-amplifier

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود.

۱-۳

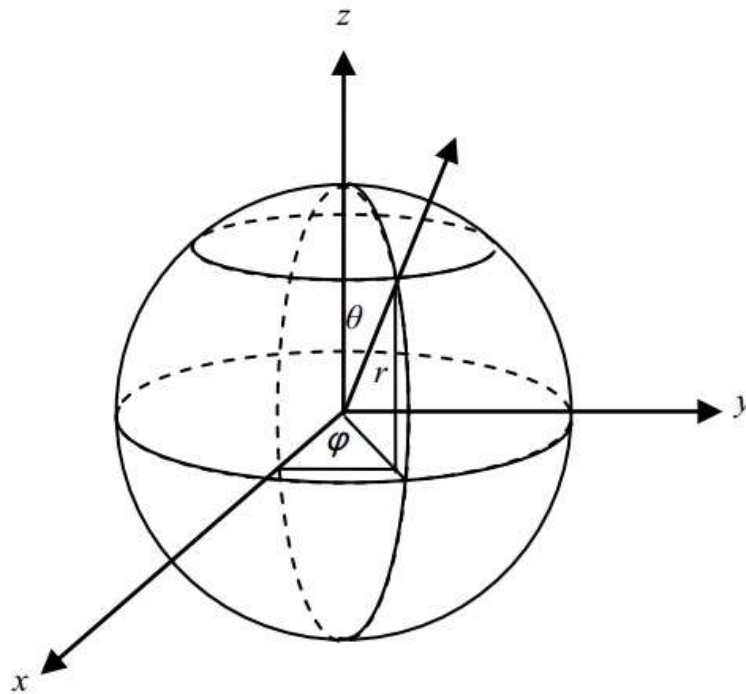
سامانه مختصات زاویه‌ای

angular co-ordinate system

این سامانه برای تعیین الگوی پاسخ جهتی هیدروفن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یادآوری ۱- اصطلاحات «پاسخ جهتی افقی» و «پاسخ جهتی قائم» اغلب برای نمایش پاسخ جهتی در صفحه xy و یا صفحات xz (یا yz) به ترتیب استفاده می‌گردد.

یادآوری ۲- « $+Z$ » با محور هیدروفن و « $-Z$ » با جهت کابل هیدروفن منطبق است.



راهنما:

r	فاصله شعاعی
θ	زاویه قطبی
φ	زاویه سمتی ^۱

شکل ۱ - سامانه مختصات زاویه‌ای

1- Azimuthal angle

۲-۳

ظرفیت انتهای کابل

C_H

end-of-cable capacitance

<در یک هیدروفن> ظرفیت الکتریکی در انتهای کابل یکپارچه هیدروفن و در بسامدی پایین تر از هر بسامد تشدید^۱ اسمی اندازه گیری می شود.

یادآوری ۱- ظرفیت انتهای کابل با واحد فاراد (F) بیان می گردد.

یادآوری ۲- بسامد همراه با مقدار ظرفیت انتهای کابل اظهار می گردد، معمولاً ظرفیت انتهای کابل در بسامد ۱ kHz اندازه گیری می شود.

۳-۳

ضریب پراش

diffraction factor

نسبت فشار متوسط صوت برحسب مجذور میانگین مربعات^۲ در طول بخش‌های مختلف یک هیدروفن که برای دریافت یک سطح فشار برخوردی از موج صوتی در جهتی مشخص طراحی گردیده است، نسبت به فشار متوسط صوتی برحسب مجذور میانگین مربعات در میدان آزاد که در صورت حذف هیدروفن در مرکز مرجع هیدروفن وجود خواهد داشت.

[منبع: زیزبند 3.4 استاندارد IEC 60565:2006، اصلاح شده - «فشار متوسط» با «فشار متوسط صوت برحسب مجذور میانگین مربعات»، «صوت دریافتی» با «دریافت یک سطح فشار برخوردی از موج صوتی در جهتی مشخص»، «فشار صوت در میدان آزاد» با «فشار صوتی متوسط برحسب مجذور میانگین مربعات در میدان آزاد» جایگزین شده است و «اگر هیدروفن حذف شود» اضافه شده است.]

۴-۳

پاسخ جهتی

directional response

<در یک هیدروفن> توصیفی است از پاسخ هیدروفن به عنوان تابعی از جهت انتشار سطح موج صوت برخوردی، در یک سطح مشخص از مرکز مرجع، در یک بسامد خاص، که به طور معمول به صورت گرافیکی نمایش داده می شود.

یادآوری - الگوی پاسخ جهتی به طور معمول در قالب یک نمودار قطبی دو بعدی ارائه می شود. مقیاس نمودار قطبی ممکن است از لحاظ سطح حساسیت و یا مقادیر نسبی، به حساسیت در یک جهت مشخص نرمالیزه گردد

1- Resonance
2- Root-mean-square

(اغلب در جهت محور اصلی). مقادیر نسبی گاهی به صورت دسی بل به عنوان سطح پاسخ نسبی جهتی ارائه می‌شوند. برای توصیف سامانه مختصات زاویه‌ای به شکل ۱ مراجعه کنید.

[منبع: زیربند 3.1 استاندارد IEC 62127-3:2007، اصلاح شده - متن نوشته مشخص «<در یک هیدروفن» و یادآوری ۱ اضافه شده است.]

۵-۳

گستره دینامیکی

dynamic range

بسیست برابر لگاریتم در پایه ۱۰ نسبت فشار صوتی اضافه‌بار^۱ در یک باند بسامد مشخص، به فشار نوفه پهنای باند معادل که یک خروجی بدون اعوجاج در هیدروفن را تولید می‌کند.

یادآوری - گستره دینامیکی بر حسب dB بیان می‌شود.

[منبع: زیربند 3.6 استاندارد IEC 60565:2006، اصلاح شده - «نسبت» با «بسیست برابر لگاریتم در پایه ۱۰ نسبت»، «حداکثر فشار صوت در میدان-آزاد» با «اضافه‌بار فشار صوت در یک باند بسامد مشخص شده» و «فشار صوتی معادل» با «فشار نوفه پهنای باند معادل» جایگزین شده است.]

۶-۳

امپدانس الکتریکی

Z

electrical impedance

<در یک هیدروفن> کمیتی مقدار مختلط، که قدر مطلق نسبت مجذور میانگین مربعات ولتاژ اعمال شده به پایانه‌های الکتریکی هیدروفن به مجذور میانگین مربعات جریان منتج شده از آن می‌باشد، و بحث در مورد اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان در یک بسامد مشخص است.

یادآوری ۱- امپدانس الکتریکی یک هیدروفن بر حسب اهم Ω بیان می‌شود.

یادآوری ۲ - از آنجا که امپدانس الکتریکی به فشار هیدرواستاتیک^۲، دمایی آب و طول کابل متصل به هیدروفن وابسته می‌باشد، این پارامترها نیز همانطور که بسامد و پایانه‌های الکتریکی که در آن امپدانس الکتریکی اندازه‌گیری می‌شود باید مشخص گردند.

۷-۳

پایانه‌های الکتریکی

electrical terminals

<در یک هیدروفن> پایانه‌هایی که در آن ولتاژ مدار-باز یک هیدروفن اندازه‌گیری می‌شود.

1- Overload sound pressure

2- Hydrostatic

۸-۳

انتهای کابل

end-of-cable

مشخصات مربوط به انتهای کابل یکپارچه یک هیدروفن که ممکن است با یا بدون پیش تقویت کننده یکپارچه باشد.

یادآوری ۱ - اگر هیدروفن با کابل یکپارچه فراهم نشده باشد، ویژگی‌ها مربوط به اتصال دهنده خروجی است که محکم به هیدروفن متصل است و هیچ ارتباطی با کابل توسعه اضافی ندارد.

[منبع: زیربند 3.4 استاندارد IEC 62127-3:2007، اصلاح شده - «کابل خروجی یکپارچه اگر هیدروفن یا هم‌گذاری هیدروفن با چنین کابلی ارائه شود؛ اگر هیدروفن یا هم‌گذاری هیدروفن با کابل خروجی یکپارچه ارائه نشده باشد، ویژگی‌ها مربوط به اتصال دهنده خروجی است که محکم به هیدروفن یا هم‌گذاری هیدروفن متصل است، نه به یک کابل اضافی» با «کابل یکپارچه هیدروفن با یا بدون پیش تقویت کننده یکپارچه» جایگزین شده است. یادآوری ۱ اضافه شده است.]

۹-۳

مقاومت نشتی انتهای کابل

R_L

end-of-cable leakage resistance

نسبت مجذور میانگین مربعات ولتاژ در پایانه‌های الکتریکی انتهای کابل یک هیدروفن به مجذور میانگین مربعات جریان در همان پایانه‌ها است.

یادآوری ۱ - مقاومت نشتی انتهای کابل برحسب اهم Ω بیان می‌شود.

یادآوری ۲ - مقدار ولتاژ مورد استفاده در تعیین مقاومت نشتی انتهای کابل را باید اظهار داشت.

[منبع: زیربند 3.13 استاندارد IEC 60866:1987، اصلاح شده - «ولتاژ در پایانه‌های الکتریکی در انتهای کابل هیدروفن به جریان مستقیم» با «مجذور میانگین مربعات ولتاژ در پایانه‌های الکتریکی انتهای کابل یک هیدروفن به مجذور میانگین مربعات جریان مستقیم» جایگزین شده است]

۱۰-۳

فشار نوفه پهنای باند معادل

P_w

equivalent bandwidth noise pressure

نسبت مجذور میانگین مربعات ولتاژ نوفه یک هیدروفن به حساسیت آن در باند بسامدی مربوطه که در پایانه‌های الکتریکی و در غیاب فشار صوت یا نوسانات فشار در ورودی یک هیدروفن تولید می‌گردد.

یادآوری ۱ - فشار نوفه پهنای باند معادل برحسب پاسکال Pa بیان می‌شود.

۱۱-۳

تراکم طیفی فشار نوفه معادل

P_s

equivalent noise pressure spectral density

تراکم طیفی فشار نوفه معادل هنگامی که پهنای باند ۱ Hz باشد.

یادآوری- تراکم طیفی فشار نوفه معادل برحسب پاسکال بر مجذور هرتز $\text{Pa.Hz}^{-1/2}$ بیان می‌شود.

۱۲-۳

سطح تراکم طیفی فشار نوفه معادل

equivalent noise pressure spectral density level

بیست برابر لگاریتم در پایه ۱۰ نسبت تراکم طیفی فشار نوفه معادل یک هیدروفن « P_s » به تراکم طیفی فشار مرجع « P_{s0} » می‌باشد.

یادآوری ۱- سطح تراکم طیفی فشار نوفه معادل در یک هیدروفن برحسب واحد دسی‌بل dB بیان می‌گردد.

یادآوری ۲- مقدار تراکم طیفی فشار مرجع یک میکرو پاسکال بر مجذور هرتز می‌باشد.

۱۳-۳

میدان آزاد

free field

میدان آزاد عبارت است از میدان صوتی در یک محیط همگن و همسانگرد که در آن اثرات مرزی ناچیز می‌باشد.

[منبع: زیربند 3.13 استاندارد IEC 60565:2006]

۱۴-۳

حساسیت مختلط مدار-باز میدان-آزاد

M_f

free-field open-circuit complex sensitivity

کمیتی مقدار مختلط، که قدر مطلق حساسیت مدار- باز میدان- آزاد می‌باشد و بحث آن حساسیت زاویه فاز برای بسامد مشخص شده و جهت مشخص شده صوت در موقعیت مرکز مرجع هیدروفن در صورتی که هیدروفن از میدان صوتی حذف شود، می‌باشد.

۱۵-۳

حساسیت مدار-باز میدان-آزاد

M_f

free-field open-circuit sensitivity

قدر مطلق حساسیت مختلط مدار-باز میدان-آزاد، که با نسبت مجذور میانگین مربعات ولتاژ مدار-باز در انتهای کابل یک هیدروفون به مجذور میانگین مربعات فشار صوت برابر است، برای بسامد مشخص شده و جهت مشخص شده در صفحه موج صوتی برخوردی در موقعیت مرکز مرجع هیدروفون در ناحیه آزاد مختل نشده، اگر هیدروفون حذف شده باشد.

یادآوری ۱- حساسیت مدار-باز میدان-آزاد بر حسب ولت بر پاسکال V/Pa بیان می‌گردد.

یادآوری ۲- اصطلاح «پاسخ» گاهی اوقات به جای «حساسیت» استفاده می‌شود.

۱۶-۳

سطح حساسیت مدار-باز میدان-آزاد

free-field open-circuit sensitivity level

بیشتر برابر لگاریتم در پایه ۱۰ نسبت حساسیت مدار-باز میدان-آزاد « M_f » به حساسیت مرجع « M_{ref} » می‌باشد.

یادآوری ۱- سطح حساسیت مدار-باز میدان-آزاد بر حسب دسی‌بل بیان می‌گردد.

یادآوری ۲- مقدار حساسیت مرجع « M_{ref} » یک ولت بر میکروپاسکال می‌باشد.

۱۷-۳

هیدروفون

hydrophone

یک تراگذار^۱ الکتروآکوستیکی است که سیگنال‌های الکتریکی را در پاسخ به سیگنال‌های فشار ناشی از آب تولید می‌نماید.

یادآوری ۱- یک هیدروفون عمدتاً به منظور پاسخ به فشار صوت زیر آب طراحی گردیده است.

یادآوری ۲- به طور کلی، یک هیدروفون ممکن است یک سیگنال را در پاسخ به نوسانات فشار غیر-آکوستیکی تولید کند. (به عنوان مثال، آن‌هایی که در یک لایه مرزی آشفته در شرایط جریان شدید آب وجود دارند)

یادآوری ۳- انواع هیدروفون شامل هیدروفون مرجع و هیدروفون اندازه‌گیری می‌باشد. هیدروفون‌های اندازه‌گیری در اندازه‌گیری‌های عمومی میدان‌های صوتی استفاده می‌شوند، و هیدروفون مرجع عمدتاً برای مقاصد کالیبراسیون استفاده می‌شوند (به عنوان مثال، در کالیبراسیون‌های مقایسه‌ای توسط هیدروفون‌های اندازه‌گیری)

1- Transducer

یادآوری ۴- هیدروفن ها عمدتاً به عنوان یک دستگاه شنود استفاده می شوند، اما در هنگام کالیبراسیون متقابل^۱، یک هیدروفن به عنوان تراگذار دوسویه^۲، نه تنها به عنوان یک هیدروفن بلکه به عنوان یک پروژکتور (منبع صوت) عمل می کند.

یادآوری ۵- یک هیدروفن که با یک سامانه اکتساب دیجیتال یکپارچه شده است، گاهی اوقات به عنوان «هیدروفن دیجیتال» نامیده می شود، اما بهتر است این ترکیب به عنوان یک سامانه اندازه گیری در نظر گرفته شود، نه یک هیدروفن به تنهایی.

یادآوری ۶- اگر یک هیدروفن به تقویت کننده بار الکتریکی^۳ متصل شود، گاهی اوقات حساسیت هیدروفن با عنوان حساسیت بار الکتریکی توصیف می شود. که به حساسیت ولتاژ هیدروفن ناشی از ظرفیت الکتریکی آن وابسته می باشد.

[منبع: زیربند 3.16 استاندارد IEC 60565:2006، اصلاح شده- «تراگذار» با «تراگذار الکتروآکوستیکی» و «سیگنال های آکوستیک ناشی از آب» با «سیگنال های فشار ناشی از آب» جایگزین شده است.]

۱۸-۳

ولتاژ مدار-باز

U_H

open-circuit voltage

ولتاژی که در پایانه های الکتریکی یک هیدروفن، زمانی که هیچ جریانی از طریق پایانه ها عبور نمی کند ظاهر می شود.

یادآوری ۱- ولتاژ مدار-باز یک هیدروفن برحسب ولت V بیان می شود.

[منبع: زیربند 3.19 استاندارد IEC 60565:2006، اصلاح شده - «در هیدروفن» از عبارت حذف شده است]

۱۹-۳

فشار صوت اضافه بار

P_o

overload sound pressure

نسبت مجذور میانگین مربعات حداکثر فشار اعمال شده به هیدروفن به فشار صوت مرجع در یک بسامد مشخص، که منجر به تولید یک ولتاژ خروجی دچار اعوجاج شده با معیارهای مشخص (خطی) شود.

یادآوری ۱- فشار صوت اضافه بار برحسب پاسکال Pa بیان می شود.

یادآوری ۲- رواداری معیار اعوجاج باید مشخص شود.

1- Reciprocity
2- Reciprocal
3- Charge amplifier

۲۰-۳

سطح فشار صوت اضافه‌بار

overload sound pressure level

بسیست برابر لگاریتم در پایه ۱۰ نسبت فشار صوت اضافه‌بار « P_o » به فشار صوت مرجع « P_{o0} » می‌باشد.

یادآوری ۱- سطح فشار صوت اضافه‌بار صوت برحسب دسی‌بل dB بیان می‌شود.

یادآوری ۲- مقدار فشار صوتی مرجع « P_{o0} » یک میکروپاسکال می‌باشد.

۲۱-۳

زاویه فاز

phase angle

بحث حساسیت مختلط مدار-باز میدان-آزاد می‌باشد، که برابر است با اختلاف فاز بین ولتاژ مدار-باز در انتهای کابل یک هیدروفن با فشار صوت، در بسامد مشخص شده و جهت مشخص شده در صفحه موج صوتی برخوردی در موقعیت مرکز مرجع هیدروفن در میدان مختل نشده هرگاه هیدروفن حذف گردد.

۲۲-۳

پیش تقویت کننده

pre-amplifier

دستگاه الکترونیکی فعال، که اغلب براساس طراحی خاص هر هیدروفن با آن یکپارچه شده است، و باعث کاهش امپدانس خروجی هیدروفن و تقویت سیگنال خروجی هیدروفن می‌گردد.

یادآوری ۱- پیش تقویت کننده نیازمند ولتاژ یک منبع تغذیه برق می‌باشد.

یادآوری ۲- یک پیش تقویت کننده ممکن است فاکتور انتقال ولتاژ رو به جلو (ضریب تقویت) با مقداری کمتر از یک داشته باشد، به عبارت دیگر ضروری نیست که یک تقویت کننده ولتاژ به معنای واقعی باشد.

یادآوری ۳- اگر از یک تقویت کننده تفاضلی به عنوان پیش تقویت کننده استفاده گردد، بهره تقویت آن به‌طور معمول به عنوان بهره تقویت تفاضلی^۱ نامیده می‌شود و این عامل ضریب تقویتی ۲ برابر بیشتر از معادل یک پیش تقویت کننده تک‌مرحله-ای (افزایش ۶ dB در سطح) ایجاد می‌نماید. حساسیت ترکیب هیدروفن و پیش تقویت کننده، اغلب حساسیت خروجی تفاضلی نامیده می‌شود.

[منبع: زیربند 3.12 استاندارد IEC 62127-3:2007، اصلاح شده - «هیدروفن» از عبارت حذف شده است. «متصل شده، یا متصل خواهد شد به، یک هیدروفن خاص» با «اغلب یکپارچه شده است با یک طراحی هیدروفن خاص» جایگزین شده است، و «و تقویت سیگنال خروجی هیدروفن» اضافه شده است. یادآوری‌ها با یادآوری‌های ۱ تا ۳ جایگزین شده اند.]

1- Differential output gain

۲۳-۳

حساسیت فشار

M_p

pressure sensitivity

<در یک هیدروفن> نسبت مجذور میانگین مربعات ولتاژ خروجی به مجذور میانگین مربعات فشار متوسط اعمال شده بر روی عنصر فعال یک هیدروفن که به منظور دریافت صوت طراحی گردیده است در یک بسامد مشخص می‌باشد.

یادآوری ۱- حساسیت فشار در یک هیدروفن برحسب ولت بر پاسکال V/Pa بیان می‌شود.

یادآوری ۲- اصطلاح «پاسخ» گاهی اوقات به جای «حساسیت» استفاده می‌شود.

[منبع: زیربند 3.22 استاندارد IEC 60565:2006 اصلاح شده - «ولتاژ خروجی» با «مجذور میانگین مربعات ولتاژ خروجی» و «فشار واقعی موجود در منطقه هیدروفن» با «مجذور میانگین مربعات فشار صوت بر عنصر فعال هیدروفن» جایگزین شده است و «در یک بسامد مشخص» اضافه شده است. یادآوری‌ها با یادآوری‌های ۱ تا ۲ جایگزین شده‌اند.]

۲۴-۳

سطح حساسیت فشار

pressure sensitivity level

ببست برابر لگاریتم در پایه ۱۰ نسبت حساسیت فشار « M_p »، به حساسیت مرجع « M_{ref} » می‌باشد.

یادآوری ۱- سطح حساسیت فشار برحسب دسی بل dB بیان می‌شود.

یادآوری ۲- مقدار حساسیت مرجع « M_{ref} » یک ولت بر میکرو پاسکال است.

[منبع: زیربند 3.21 استاندارد IEC 60565:2006]

۲۵-۳

محور اصلی

principal axis

جهت مرجع به کاررفته به عنوان مبدا برای سامانه مختصات زاویه‌ای که در توصیف خصوصیات جهت‌ی هیدروفن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یادآوری ۱- به طور کلی، محور تقارن ساختاری یا جهت حداکثر پاسخ بعنوان محور اصلی انتخاب می‌شود. برای توصیف سامانه مختصات زاویه‌ای به شکل ۱ مراجعه شود.

یادآوری ۲- جهت پاسخ بیشینه ممکن است با بسامد صوت تغییر کند.

[منبع: زیربند 3.23 استاندارد IEC 60565:2006، اصلاح شده - «تراگذار» با «هیدروفن» جایگزین شده است.]

۲۶-۳

مرکز مرجع

reference centre

نقطه‌ای بر روی، داخل یا در نزدیکی یک هیدروفن که در مورد آن خصوصیات الکتروآکوستیکی هندسی هیدروفن تعریف شده است.

یادآوری ۱- مرکز مرجع اغلب با مرکز هندسی هیدروفن منطبق می باشد، مگر اینکه خلاف آن گفته شود.

[منبع: زیربند 3.25 استاندارد IEC 60565: 2006، اصلاح شده - «نقطه‌ای بر روی یا نزدیک یک تراگذار» با «نقطه‌ای بر روی، داخل یا در نزدیکی یک هیدروفن» و «حساسیت دریافت صوت و پاسخ های ارسالی» با « خصوصیات الکتروآکوستیکی هندسی» جایگزین شده است.]

۲۷-۳

فشار صوت

P

sound pressure

اختلاف بین فشار کلی و فشاری که در غیاب صوت وجود دارد، می باشد.

یادآوری ۱- فشار صوت برحسب پاسکال Pa بیان می شود.

یادآوری ۲- این تعریف از مجمع تصویب شده توسط ISO برای تعریف فشار صوت به گونه‌ای که آن یک کمیت لحظه‌ای است، پیروی می کند. توجه داشته باشید که در استاندارد (IEV) IEC 60050-801-21، این اصطلاح «فشار صوتی لحظه‌ای» نامیده می شود. در این استاندارد، جایی که مجذور میانگین مربعات فشار صوت در نظر گرفته شده است، به صراحت به عنوان «مجذور میانگین مربعات فشار صوت» بیان گردیده است.

یادآوری ۳- همچنین به زیربند 8.9.2 استاندارد ISO 80000-8:2007 مراجعه شود.

[منبع: زیربند 2.1.2.1 استاندارد ISO 18405]

۲۸-۳

عدم قطعیت

uncertainty

<در اندازه گیری> پارامتری که همراه با نتیجه یک اندازه گیری ارائه می گردد، که مقادیر پراکندگی که می توان به صورت منطقی به آن اندازه گیری نسبت داد را مشخص می کند.

[منبع: زیربند 2.2.3 استاندارد ISO/IEC Guide 98-3:2008]

۴ نمادها

C_H	end-of-cable capacitance	ظرفیت خازنی انتهای کابل
f	frequency	بسامد
\underline{M}_f	free-field open-circuit complex sensitivity	حساسیت مختلط مدار-باز میدان-آزاد
M_f	free-field open-circuit sensitivity	حساسیت مدار-باز میدان-آزاد
M_p	pressure sensitivity	حساسیت فشار
P	sound pressure	فشار صوت
P_o	overload sound pressure	فشار صوت اضافه‌بار
P_w	equivalent bandwidth noise pressure	فشار نوفه پهنای باند معادل
P_s	equivalent noise pressure spectral density	تراکم طیفی فشار نوفه معادل
R_L	end-of-cable leakage resistance	مقاومت نشتی انتهای کابل
U_H	open-circuit voltage	ولتاژ مدار-باز
\underline{Z}	electrical impedance	امپدانس الکتریکی

۵ مشخصه‌های هیدروفن

۱-۵ کلیات

هیدروفن‌هایی که در صوت‌شناسی زیر آب استفاده می‌شوند باید به طور کلی از نوع پیزوالکتریک و با یا بدون پیش تقویت‌کننده یکپارچه باشند، و به‌منظور تکمیل توصیف کامل یک هیدروفن، اطلاعات مندرج در زیربندهای ۲-۵ تا ۱۰-۵ مورد نیاز است. اطلاعات توصیه شده که توسط سازنده ارائه می‌گردد به سادگی در بند ۶ خلاصه شده است.

۲-۵ الزامات پایه

موارد زیر باید به طور خلاصه بیان شود:

- اصل فیزیکی پایه در فرایند ترانسادی^۱
- نوع مواد عنصر، شکل و اندازه عنصر
- ظرفیت الکتریکی عنصر حسگر
- نوع، پیکربندی و اندازه کلی هیدروفن

- برای یک هیدروفن با پیش تقویت کننده، یک طرح مدار ساده، نیازهای تغذیه الکتریکی و اتصالات پیش تقویت کننده باید ارائه گردد.
 - موقعیت مرکز مرجع عنصر هیدروفن باید در بدنه هیدروفن مشخص گردد. (برای ملاحظات اندازه گیری فاز مهم می باشد)
 - پاسخ جهتی کالیبره شده هیدروفن
 - بسامد تشدید اصلی عنصر حسگر هیدروفن
 - طول کابل هیدروفن
 - جرم هیدروفن به همراه کابل یا بدون کابل
 - شماره سریال و شماره مدل سازنده
 - حساسیت هیدروفن، شامل هر بسامد وابسته ای در گستره عملکرد بسامدی
- اگر اطلاعات فازی مورد نیاز باشد، باید زاویه فاز حساسیت (که برابر است با حساسیت مختلط بحث شده) علاوه بر دامنه حساسیت (که برابر با قدرمطلق حساسیت مختلط می باشد) بیان شود، و همچنین وابستگی بسامد به زاویه فاز نیز بیان گردد.

۳-۵ حساسیت

حساسیت یک هیدروفن باید در واحدهای SI بر حسب ولت بر پاسکال (V/Pa) و یا هر مضربی که در مجمع SI مجاز می باشد بیان می گردد و باید اظهار شود که آیا مقدار حساسیت داده شده به عنوان حساسیت مدار-باز میدان-آزاد شناخته شده یا حساسیت فشار است.

عدم قطعیت حساسیت اظهار شده باید ارائه شود.

برای یک هیدروفن با پیش تقویت کننده، بهره پیش تقویت کننده و وابستگی بسامد آن باید اظهار شود.

سطح حساسیت هیدروفن باید بر حسب دسی بل بیان شود و مقدار مرجع حساسیت نیز باید ارائه گردد.

بسامد یا فاصله بسامدی که در آن حساسیت قابل اعمال است باید اظهار شود. روش هایی که حساسیت و عدم قطعیت آن به دست آمده باید شرح داده شود.

یک دوره کالیبراسیون توصیه شده باید در دستورالعمل برای استفاده ارائه شود. این توصیه باید پیروی شود، مگر اینکه غیر آن توسط استانداردهای کاربرد دستگاه خاص، اظهار شده باشد.

دوره کالیبراسیون یک ساله در بیشتر موارد مناسب خواهد بود. با این حال، اگر یک هیدروفن در کاربردی به گونه ای استفاده گردد که امکان آسیب دیدن هیدروفن وجود داشته باشد، باید دوره کالیبراسیون کمتر از یک سال باشد.

یادآوری- مقدار حساسیت مرجع در محاسبه سطح حساسیت یک ولت بر میکرو پاسکال می باشد.

۴-۵ پاسخ بسامدی

۱-۴-۵ باند بسامد عملیاتی اظهارشده

باند بسامد عملیاتی که برای هیدروفن ادعا می‌شود، باید با ارائه حد بسامد پایین و حد بسامد بالا اظهار شود. حساسیت هیدروفن باید در باند بسامدی اظهارشده، بصورت خطی بوده و رواداری آن نیز باید اظهار گردد.

۲-۴-۵ وابستگی بسامدی

حساسیت یا سطح حساسیت یک هیدروفن باید به صورت تابعی از بسامد اظهار شود، که به صورت گرافیکی و یا به صورت یک جدول از مقادیر در بیش از یک گستره بسامد می‌باشد که حداقل حاوی باند بسامد ادعا شده در زیربند ۱-۴-۵ است. در صورتی که به صورت یک لیست از مقادیر و یا نقاط گسسته در یک نمودار معین شود، فاصله بسامد بین نقاط مجاور باید به اندازه کافی باریک باشد که تمام جزئیات مهم وابستگی بسامد نشان داده شود، و سطح حساسیت بین نقاط مجاور نباید بیش از $1 \pm \text{dB}$ متغیر باشد.

اگر پاسخ حساسیت به عنوان یک لیست از مقادیر حساسیت مطلق داده شود، اظهار حساسیت مطابق با زیربند ۳-۵ ممکن است حذف شود.

یادآوری ۱- پاسخ بسامد ممکن است به شرایط بارگزاری الکتریکی بستگی داشته باشد.

یادآوری ۲- اگر در یک کاربرد خاص، هیدروفن با اجزای الکترونیکی بعدی مانند تقویت‌کننده، رقمی‌ساز^۱ و غیره مورد استفاده قرار گیرد، پاسخ بسامدی کل سامانه تحت تأثیر پاسخ بسامدی این اجزای اضافی قرار می‌گیرد [8,9].

۵-۵ پاسخ جهتی

به طور معمول پاسخ جهتی هیدروفن در چهار بسامد با بالاترین اولویت در گستره بسامد مشخص ادعا شده در زیربند ۱-۴-۵ و مطابق با استاندارد ISO 266 اظهار می‌شود. اگر پاسخ جهتی به تشدید اصلی نزدیک باشد و این تشدید درون باند بسامدی ادعا شده باشد، باید اظهار گردیده و روش مورد استفاده برای تعیین پاسخ جهتی نیز باید اظهار شود.

هر یک از پاسخ‌های جهتی حاصل از اندازه‌گیری‌ها باید اظهار شوند.

۶-۵ گستره دینامیکی

۱-۶-۵ خطی بودن و سطح فشار صوت اضافه‌بار

گستره خطی بودن هیدروفن باید اظهار گردد، به عنوان مثال، گستره فشار صوت که در آن هیدروفن به صورت خطی رفتار می‌کند با توجه به شرایط زیر است.

اگر در یک نمودار ولتاژ خروجی انتهای کابل بر حسب فشار صوت، با رسم یک خط مستقیم از مبدا نمودار به طوری که به ازای هر گستره فشار صوتی خاص، مقادیر واقعی ولتاژ تولید شده از میزان وابستگی خطی به معیار رواداری مشخص شده منحرف نگردد، این گستره، گستره خطی هیدروفن است. در غیر این صورت، سطح فشار صوت هنگامی که مقدار ولتاژ واقعی از خط مستقیم با معیارهای رواداری مشخص شده منحرف گردد، این انحراف، سطح فشار اضافه بار نامیده می شود. این مورد باید برای کلیه بسامدها در باند بسامدی ادعا شده در زیربند ۵-۴-۱ صدق کند.

معیار رواداری برای گستره خطی بودن باید مشخص شود.

۵-۶-۲ سطح تراکم طیفی فشار نوفه معادل

مقدار سطح تراکم طیفی فشار نوفه معادل هیدروفن باید اظهار شود.

یادآوری ۱- معمولاً سطح تراکم طیفی فشار نوفه معادل هیدروفن به سطح نوفه الکترونیکی در سراسر پايانه های الکتریکی پیش تقویت کننده و حساسیت هیدروفن وابسته می باشد.

یادآوری ۲- الزامات سطح تراکم طیفی فشار نوفه معادل هیدروفن بستگی به محیطی دارد که هیدروفن در آن استفاده می شود [10,11].

۵-۶-۳ شرایط مورد نیاز

گستره دینامیکی هیدروفن معمولاً بصورت دسی بل بیان می شود. گستره فشار دینامیکی که هیدروفن می تواند در آن مورد استفاده قرار گیرد باید دست کم شرایط زیر را داشته باشد:

- هیچ آسیب مکانیکی یا الکتریکی به هیدروفن وارد نشود.
- هیچ اشباع خروجی صورت نگیرد - سیگنال خروجی باید زیر مقدار متناظر با سطح فشار صوتی اضافه بار قرار داشته باشد.
- سیگنال خروجی باید بالاتر از مقدار متناظر با سطح تراکم طیفی فشار نوفه معادل باشد.

یادآوری - «اشباع خروجی» به این معنی است که هر افزایش فشار غیر صفر در هیدروفن هیچگونه تغییر ولتاژی در پی نخواهد داشت.

۵-۷ الزامات الکتریکی

۵-۷-۱ تداخل الکترومغناطیسی

اطلاعات یا توصیه هایی در خصوص چگونگی به کمینه رساندن اثرات تداخل الکترومغناطیسی باید فراهم شده باشد. در طراحی ساختار و مدار الکتریکی هیدروفن باید موارد مورد نیاز به منظور کاهش تاثیر تداخل الکتریکی متقابل مدنظر قرار گیرد.

۲-۷-۵ مشخصه‌های الکتریکی

برای هیدروفن‌ها با پیش تقویت کننده یکپارچه، قطعات فلزی در معرض دید محفظه هیدروفن و حفاظ الکترواستاتیک^۱ باید به محافظ کابل متصل شوند. برای یک هیدروفن بدون پیش تقویت کننده، قطعات فلزی در معرض دید و حفاظ الکترواستاتیک نباید به لایه محافظ کابل متصل شوند و مقاومت نشتی انتهای کابل در گستره بسامد ۱ Hz تا ۱۰۰ kHz باید بیش از $100\text{ M}\Omega$ باشد؛ و در بسامدهای بالاتر از ۱۰۰ kHz مقاومت نشتی انتهای کابل باید بیش از $100\text{ k}\Omega$ باشد.

یادآوری - به طور معمول ولتاژ مورد استفاده برای اندازه گیری مقاومت نشتی انتهای کابل 100 V است.

۸-۵ الزامات مکانیکی

نوع موادی (که ممکن است شامل فلز، لاستیک، رزین شکل داده شده^۲، پلی اورتان پوشینه کننده^۳) که در معرض مایع قرار دارند و هیدروفن در آنها مجاز به استفاده می باشد باید اظهار گردد.

برای یک هیدروفن پُر شده با روغن، نوع روغن مورد استفاده باید اظهار شود و خواص مقاومت آکوستیکی آن باید نزدیک به آب باشد.

تمام قسمت‌های در معرض دید هیدروفن باید از مواد سازگار با خوردگی و مقاوم در برابر خوردگی ساخته شده باشد، و دارای خصوصیات خوب خیس شدن و پراکندگی صوتی کوچک باشند. به طور خاص، بهتر است از استفاده از فلزات مختلف برای قطعات در معرض شرایط محیطی اجتناب شود تا از احتمال وقوع خوردگی گالوانیک^۴ جلوگیری شود و باعث ایجاد پایداری طولانی مدت مشخصه‌ها گردد.

بهتر است تعلیق صحیح عنصر حسگر در برابر ارتعاش القایی به درستی انجام گردد و اندازه فیزیکی آن نباید خیلی از طول موج صوتی مربوطه بزرگتر باشد.

۹-۵ جنبه‌های محیطی

دمای آب ممکن است حساسیت یک هیدروفن را تحت تاثیر قرار دهد. تنش‌های شدید ایجاد شده در زمان غوطه‌وری‌های عمیق ممکن است حساسیت عنصر سرامیک پیزوالکتریک را به طور دائم تغییر دهد [12، 13]. این موضوع به این معنی می باشد که محدودیت‌هایی در دمای کاری و عمق کاربرد برای یک هیدروفن وجود دارد [14، 15].

گستره دمایی مجاز عملیاتی، گستره دمایی نگهداری و حداکثر عمق عملیاتی برای هیدروفن باید اظهار شود.

1- Electrostatic shield
2- Casting resin
3- Polyurethane encapsulating boot
4- Galvanic corrosion

قرار گرفتن در معرض نور خورشید، مواد شیمیایی، اشعه یونیزاسیون^۱ و شوک مکانیکی می تواند بر مشخصه های عملیاتی هیدروفن تاثیر بگذارد. توصیه و راهنمایی در خصوص نحوه استفاده و نگهداری از هیدروفن برای جلوگیری از این اثرات زیان آور باید ارائه گردد.

۵-۱۰-۱۰ پایداری حساسیت

۵-۱۰-۱۰-۱ پایداری دمایی

ضریب حساسیت دمایی و بسامدی (یا گستره بسامد) که این ضریب قابل اجرا است، باید اظهار شود. ضریب حساسیت دمایی بهتر است در واحد های خطی به صورت $V/Pa/^\circ C$ و یا به عنوان یک تغییر درصد برحسب درجه حرارت بیان شود. در ضمن بهتر است سطح ضریب حساسیت نیز اظهار گردد (برحسب $dB/^\circ C$ بیان می شود). مناسب ترین مقدار برای ضریب دمایی مشروط به این است که آیا وابستگی حساسیت با درجه حرارت بصورت خطی می باشد و همچنین آیا مقدار این وابستگی به اندازه کافی قابل توجه می باشد.

یادآوری - وابستگی حساسیت هیدروفن به دما ممکن است به بسامد بستگی داشته باشد و این وابستگی ممکن است در بسامدهای نزدیک به بسامد تشدید هیدروفن بیشترین مقدار را داشته باشد. [14,15].

۵-۱۰-۱۰-۲ پایداری عمق

ضریب حساسیت عمق و بسامد (یا گستره بسامد) که این ضریب قابل اجرا است، باید اظهار گردد. ضریب حساسیت عمق بهتر است در واحدهای خطی باید به صورت $V/Pa/m$ و یا به صورت درصد تغییر با عمق بیان شود. در ضمن بهتر است ضریب سطح حساسیت نیز اظهار شود (برحسب dB/m بیان می شود). مناسب ترین حالت برای ضریب عمق مناسب مشروط به این است که آیا حساسیت وابستگی خطی با عمق دارد و همچنین آیا مقدار این وابستگی به اندازه کافی قابل توجه می باشد.

یادآوری ۱ - وابستگی حساسیت هیدروفن به عمق ممکن است به بسامد بستگی داشته باشد و ممکن است در بسامدهای نزدیک به بسامد تشدید هیدروفن بیشترین مقدار را داشته باشد [15]

یادآوری ۲ - وابستگی حساسیت هیدروفن به فشار هیدرواستاتیک معمولاً به عنوان یک نماینده برای نشان دادن وابستگی به عمق غوطه وری در آب استفاده می شود. افزایش عمق m ۱۰ در اقیانوس به معنای افزایش تقریبی فشار هیدرواستاتیکی معادل 100.5 kPa می باشد.

۵-۱۰-۱۰-۳ پایداری زمانی

یک دوره کالیبراسیون مجدد باید در دستورالعمل ها برای استفاده از هیدروفن ارائه شود. این مورد یکی از توصیه هایی می باشد که باید توسط کاربر دنبال گردد، مگر اینکه توسط استانداردهای کاربردی دستگاه

1- Ionizing radiation

مشخص اظهار گردیده باشد. دوره کالیبراسیون مجدد، دوره زمانی است که در آن باید پایداری هیدروفن قابل اطمینان در نظر گرفته شود و فرض بر این است که طی این دوره هیچ گونه استفاده نادرستی از هیدروفن صورت نگرفته است.

۶ اطلاعاتی که باید توسط سازنده ارائه گردد

اطلاعات مورد نیاز در خصوص مشخصات هیدروفن که سازنده باید ارائه دهد در لیست زیر خلاصه شده است:

- الف- بسامد
- بسامد اصلی تشدید مکانیکی حسگر Hz
 - گستره بسامدی منحنی پاسخ بسامد مسطح در حد ۳ dB Hz
- ب- حساسیت
- حساسیت انتهای کابل (برحسب ولت بر پاسکال) و/یا سطح حساسیت (برحسب دسی بل با مرجع یک ولت بر میکرو پاسکال) و منحنی پاسخ بسامد آن در گستره بسامدی مشخص شده که حداقل دامنه بسامد ارائه گردیده در مورد الف در آن قرار دارد. dB
- پ- پاسخ جهتی
- الگوهای پاسخ افقی و قائم در چهار بسامد بیشتر ترجیح داده شده در گستره بسامدی مشخص شده مطابق با ISO 266
 - الگوهای پاسخ افقی و قائم در بسامد نزدیک به تشدید اصلی، اگر این تشدید در باند بسامد ادعا شده باشد.
- ت- عنصر حسگر
- مواد استفاده شده در عنصر mm
 - اندازه عنصر حسگر
 - ظرفیت خازنی عنصر حسگر pF
- ث- مشخصه‌های الکتریکی
- نمودار مدار جهت نشان دادن اتصالات الکتریکی بین قطعات هیدروفن
 - نوع حفاظ الکترواستاتیک مورد استفاده
 - ظرفیت خازنی و مقاومت نشتی انتهای کابل برای هیدروفن بدون پیش تقویت کننده
- ج- مشخصه‌های مکانیکی
- نوع فلز در معرض تماس با مایع غوطه‌وری
 - نوع الاستومر^۱ در معرض تماس با مایع غوطه‌وری

1- Elastomer

	- نوع روغن اگر هیدروفرن‌ها با روغن پُر شده باشد
	- موقعیت عنصر حسگر
	- موقعیت مرکز مرجع
	- جهت‌گیری جهت مرجع
m	- طول کابل
mm	- اندازه بدون کابل
kg	- جرم با یا بدون کابل
	چ- عوامل محیطی
°C	- گستره دمایی عملیاتی
°C	- گستره دمایی نگهداری
m	- حداکثر عمق عملیاتی
	ح- پایداری حساسیت
dB/°C	- ضریب دمایی در گستره دمایی مشخص شده
یا	
V/Pa/°C	
dB/m	- ضریب عمق در گستره عمق مشخص شده
یا	
V/Pa/m	
month	- مدت زمان کالیبراسیون مجدد که نشان دهنده پایداری زمانی هیدروفرن است
	خ- موارد اضافی برای هیدروفرن با پیش‌تقویت‌کننده
dB	- سطح چگالی طیفی فشار نوفه معادل (dB) با مقدار مرجع $(1 \mu\text{Pa}\cdot\text{Hz}^{-1/2})$
dB	- سطح فشار صوت اضافه‌بار (dB) با مقدار مرجع $(1 \mu\text{Pa})$
dB	- گستره دینامیکی
dB	- بهره تقویت پیش‌تقویت‌کننده و پاسخ بسامدی آن
Ω	- امپدانس ورودی و خروجی پیش‌تقویت‌کننده
W	- الزامات توان برای هیدروفرن با پیش‌تقویت‌کننده
V	- ولتاژ منبع تغذیه برای پیش‌تقویت‌کننده

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

توصیه‌هایی برای انتخاب هیدروفن‌ها

الف-۱ کلیات

هیدروفن‌ها را می‌توان با توجه به اهدافی که از آنها استفاده می‌شوند به دسته‌هایی تقسیم‌بندی کرد. دو دسته متداول عبارتند از هیدروفن‌های مرجع و هیدروفن‌های اندازه‌گیری. معمولاً یک هیدروفن مرجع با روش استاندارد مرجع و صرفاً جهت اندازه‌گیری فشار صوت کالیبره شده است، که اولین تحقق پاسکال آکوستیکی است. یک هیدروفن اندازه‌گیری معمولاً با استفاده از روش‌های مقایسه با هیدروفن مرجع کالیبره گردیده است. این هیدروفن‌های کالیبره شده روش انتشار اصلی برای فشار صوت در آب هستند [16].

هیدروفن‌هایی که در صوت‌شناسی زیر آب استفاده می‌گردند به طور کلی از نوع پیزوالکتریک با یا بدون پیش‌تقویت‌کننده یکپارچه می‌باشند. عنصر حسگر معمولاً شامل یک عنصر سرامیکی پیزوالکتریک می‌باشد که به اشکال کروی، استوانه‌ای و یا به شکل یک پشته پیزوالکتریک می‌باشد. معمولاً عنصر هیدروفن از یک یا چند سرامیک معمولی پیزوالکتریک به عنوان مثال زیرکونات تیتانات سرب^۱، متانویوبات سرب^۲ یا سولفات لیتیوم^۳، ساخته شده است.

برخی از عواملی که در هنگام انتخاب یک هیدروفن برای استفاده در نظر گرفته می‌شوند عبارتند از بیشینه گستره بسامد عملیاتی، پایداری همراه با طول عمر، کمینه سطح فشار نوفه معادل، گستره دینامیکی، میزان تغییر حساسیت با درجه حرارت آب و عمق عملیاتی هیدروفن. ترکیب همزمان یک گستره بسامد عملیاتی وسیع با یک حساسیت بالا مشکل است.

اگر اطلاعات فاز مورد نیاز باشد، بهتر است علاوه بر اندازه حساسیت، حساسیت فاز نیز اظهار گردد. همچنین بسامد وابسته به زاویه فاز نیز علاوه بر بسامد وابسته به سطح حساسیت ممکن است مورد نیاز باشد. [17,18]

یادآوری ۱- حساسیت مربوط به سولفات لیتیوم در گستره عمق ۰ m تا ۱۶۰۰ m و در گستره دمایی ۰°C تا ۲۰°C کمتر از ۱٪ تغییر خواهد کرد. که در مقایسه، متانویوبات سرب ۱/۵٪ و زیرکونات تیتانات سرب ۲٪ تا ۳٪ در همان گستره عمق و دما تغییر می‌کند.

یادآوری ۲- فرسودگی یا تنش طولانی مدت، حساسیت سولفات لیتیوم را تحت تاثیر قرار نخواهد داد، اما ممکن است بر روی سایر سرامیک‌های پیزوالکتریک تأثیر بگذارد.

1- Lead zirconate-titanate
2- Lead metaniobate
3- Lithium sulphate

الف-۲ حساسیت

حساسیت یک هیدروفن بهتر است به مقدار مناسب و به نحوی انتخاب گردد تا ضمن جلوگیری از نسبت سیگنال به نوفه ضعیف برای سیگنال های کم دامنه از عدم خطی بودن و برش^۱ سیگنال های با دامنه بالا نیز جلوگیری شود.

برای یک هیدروفن مرجع، سطح حساسیت در گستره بسامد ۱ Hz تا ۱۰۰ kHz نباید کمتر از -۲۱۵ dB با مرجع یک ولت بر میکرو پاسکال باشد. در بسامد بالاتر از ۱۰۰ kHz، سطح حساسیت نباید کمتر از -۲۳۵ dB با مرجع یک ولت بر میکرو پاسکال باشد.

برای یک هیدروفن اندازه گیری، سطح حساسیت در گستره بسامد ۱ Hz تا ۱۰۰ kHz نباید کمتر از -۲۲۰ dB با مرجع یک ولت بر میکرو پاسکال باشد. در بسامدهای بالاتر از ۱۰۰ kHz، سطح حساسیت نباید کمتر از -۲۴۰ dB با مرجع یک ولت بر میکرو پاسکال باشد.

الف-۳ کارایی نوفه داخلی^۲

برای اندازه گیری سیگنال های فشار صوتی کم دامنه، بهتر است یک هیدروفن با نوفه داخلی کم انتخاب شود تا سطح تراکم طیفی نوفه معادل در گستره بسامد مورد نظر به حداقل برسد.

سطح تراکم طیفی نوفه معادل هیدروفن بر اساس سطح نوفه الکترونیکی در سراسر ترمینال های الکتریکی پیش تقویت کننده و حساسیت هیدروفن تعیین می گردد. کاهش سطح تراکم طیفی نوفه معادل با افزایش حساسیت عنصر حسگر یا با کاهش نوفه الکترونیکی پیش تقویت کننده امکان پذیر است.

برای یک هیدروفن با کیفیت خوب، بهتر است سطح تراکم طیفی نوفه معادل تا حد امکان به سطح صفر دریای آزاد نادن^۳ نزدیک باشد. که تقریباً با مشخصات ذیل مطابقت دارد.

$$60 \text{ dB با مرجع } 1 \mu\text{Pa Hz}^{-1/2} \text{ در } 100 \text{ Hz و}$$

$$45 \text{ dB با مرجع } 1 \mu\text{Pa Hz}^{-1/2} \text{ در } 1 \text{ kHz و}$$

$$29 \text{ dB با مرجع } 1 \mu\text{Pa Hz}^{-1/2} \text{ در } 10 \text{ kHz} [10,11].$$

توصیه می شود در هیدروفن هایی که بمنظور اندازه گیری فشارهای صوتی بسیار کم طراحی گردیده اند، حداکثر مقدار سطح تراکم طیفی نوفه معادل نباید بیشتر از ۱۰ dB از مقادیر فوق کمتر باشد.

1- Clipping

2- Self-noise performance

3- Knudsen sea-state zero levels

عدد نادن عددی بی بعد می باشد که از نسبت مسافت آزاد میانگین مولکولی به مقیاس طول فیزیکی حاصل می شود. این مقیاس طول فیزیکی به عنوان مثال می تواند شعاع یک جسم در داخل سیال باشد.

الف-۴ پاسخ بسامدی

پاسخ بسامدی هیدروفن بهتر است در بیش از یک گستره بسامدی بسط داده شود تا به درستی تمام مولفه‌های بسامد مورد علاقه در سیگنال‌های اندازه‌گیری را ثبت کند. این به این معنی است که هیدروفن و هر پیش‌تقویت‌کننده آن باید داری پهنای باند کافی باشد.

منحنی پاسخ بسامدی یک هیدروفن به طور معمول یک جزء بسامدی ثابت یکسان دارد. که به پایین‌ترین حد بسامد که توسط بسامد قطع پایین^۱ ناشی از ظرفیت خازنی عنصر پیزوالکتریک و بارمقاومتی در این خازن می‌باشد، محدود می‌گردد. نوسانات حساسیت در حد بالای بسامد، ممکن است به علت اثرات پراش در اطراف بدنه هیدروفن و یا حالت تشدید مکانیکی ناشی از عنصر حسگر باشد. لذا تقریباً یک اکتاو پایین‌تر از این بسامد تشدید، منحنی پاسخ بسامد شروع به بالا رفتن می‌کند.

برای یک هیدروفن مرجع، در گستره بسامدی حداقل ۳ دهه در داخل گستره بسامد ۱ Hz تا ۱۰۰ kHz، سطح حساسیت باید در $1/5 \text{ dB} \pm$ ثابت باشد. در بسامدهای بالاتر از ۱۰۰ kHz سطح حساسیت باید در حدود $2 \text{ dB} \pm$ باشد. [19.20]

برای یک هیدروفن اندازه‌گیری، در گستره بسامدی حداقل ۳ دهه در داخل گستره بسامدی ۱ Hz تا ۱۰۰ kHz، سطح حساسیت باید در حدود $2 \text{ dB} \pm$ ثابت باشد. در بسامدهای بالاتر از ۱۰۰ kHz سطح حساسیت باید در حدود $4 \text{ dB} \pm$ باشد. [19.20]

یادآوری ۱- پاسخ بسامدی ممکن است به شرایط بارگذاری الکتریکی بستگی داشته باشد.

یادآوری ۲- اگر در یک کاربرد عملی، هیدروفن با اجزای الکترونیکی بعدی مانند تقویت‌کننده، نوسان‌ساز و غیره مورد استفاده قرار گیرد، پاسخ بسامدی کل سامانه نیز تحت تأثیر پاسخ بسامدی این اجزاء اضافی خواهد بود.

یادآوری ۳- پاسخ بسامدی یک هیدروفن می‌تواند تحت تأثیر نحوه نصب آن باشد. مخصوصاً اگر هیدروفن نزدیک به بدنه یا سطح نصب شود این اثر باعث می‌شود تا به طور قابل ملاحظه‌ای امواج صوتی جذب و یا منعکس گردیده و باعث ایجاد تداخل با تابع میدان صوتی مستقیم شود.

الف-۵ پاسخ جهتی

برای یک هیدروفن مرجع در گستره بسامد ۱ Hz تا ۱۰۰ kHz، پهنای باریکه 3 dB در پاسخ جهتی افقی در بالاترین بسامد گستره عملیاتی باید بیشتر از 30° باشد. و تغییر سطح حساسیت باید کمتر از $0.2 \text{ dB} \pm$ در گستره زاویه ای $5^\circ \pm$ از محور اصلی باشد و پهنای باریکه 3 dB در پاسخ جهتی قائم در بالاترین بسامد باید بیشتر از 15° باشد، و تغییر سطح حساسیت باید کمتر از $0.2 \text{ dB} \pm$ در گستره زاویه‌ای $2^\circ \pm$ از محور اصلی باشد. در بسامدهای بالاتر از ۱۰۰ kHz، پهنای باریکه 6 dB - زاویه مؤثر سمتی (زاویه در صفحه

1- Lower cut-off frequency

2- Oscilloscope

مختصات x و y ، به شکل ۱ مراجعه شود) در بالاترین بسامد باید بیشتر از 15° باشد، و عدم تقارن باریکه در زاویه مؤثر سمتی باید کمتر از $370 \pm$ dB بوده و انحراف حداکثر حساسیت از محور اصلی باید کمتر از 3° باشد. [19,20]

برای یک هیدروفن اندازه گیری، پاسخ جهتی افقی باید به صورت همه جانبه در گستره بسامدی که استفاده میشود قرار داشته باشد، و انحراف از الگوی ایده آل اصلی، باید کمتر از $270 \pm$ dB باشد و پهنای باریکه 3 dB- پاسخ جهتی قائم در بالاترین بسامد باید بیشتر از 30° باشد. در بسامدهای بالاتر از 100 kHz، پهنای باریکه 6 dB- زاویه مؤثر سمتی در بالاترین بسامد باید بیشتر از 15° باشد، و عدم تقارن باریکه در زاویه مؤثر سمتی باید کمتر از $370 \pm$ dB بوده و انحراف حداکثر حساسیت از محور اصلی باید کمتر از 3° باشد. [19,20]

یادآوری - پاسخ بسامدی یک هیدروفن می تواند تحت تأثیر نحوه نصب آن باشد. مخصوصاً اگر هیدروفن نزدیک به بدنه یا سطح نصب شود این اثر باعث می شود تا به طور قابل ملاحظه ای امواج صوتی جذب و یا منعکس گردیده و باعث ایجاد تداخل با تابع میدان صوتی مستقیم شود.

الف-۶ گستره دینامیکی

گستره دینامیکی هیدروفن گستره دامنه ای است که می تواند فشار صوت را به درستی اندازه گیری کند. این گستره از کمترین میزان نوفه هیدروفن (که پایین ترین سیگنال قابل اندازه گیری را تعریف می کند) تا بالاترین دامنه سیگنالی را شامل می گردد که ممکن است بدون اعوجاج قابل اندازه گیری باشد. هیدروفن بهتر است در بیش از گستره کامل دینامیکی خطی باشد، به این معنی که حساسیت در طول طیف کامل فشار قابل اندازه گیری باید بصورت خطی تغییر کند.

گستره دینامیکی عملکرد مهمی به خصوص در هنگام اندازه گیری صوت با دامنه بالا دارد. فشارهای صوتی که به مراتب فراتر از حداکثر توانایی اندازه گیری هیدروفن می باشند منجر به اعوجاج واضح و بدیهی در داده های اندازه گیری می شود. برای هیدروفن ها با پیش تقویت کننده، برش قله سیگنال ممکن است باعث ازدست رفتن داده ها گردد. برای یک هیدروفن بدون پیش تقویت کننده، بروز اعوجاج به دلیل تأثیرات ناشی از عوامل طبیعی باید ضعیف تر باشد، اما این تأثیرات ممکن است ناشی از حضور هارمونیک های اضافی در سیگنال های باندباریک باشد.

در هیدروفن های دارای پیش تقویت کننده یکپارچه به طور معمول هیچ کنترلی بر روی بهره پیش تقویت کننده وجود ندارد و اگر حساسیت برای اندازه گیری دامنه های سیگنال های آکوستیکی خیلی زیاد باشد، ممکن است باعث اشباع یا قیچی شدن سیگنال شود به همین دلیل یک هیدروفن بدون پیش تقویت کننده یک انتخاب مناسب برای اندازه گیری سطوح فشار بسیار بالای صوتی است.

برای یک هیدروفن مرجع در گستره بسامد 1 Hz تا 100 kHz، گستره دینامیکی هیدروفن باید حداقل 60 dB باشد، و ولتاژ مدار-باز در فشار صوت باید با انحراف کمتر از $0.5 \pm$ dB خطی باشد. در بسامدهای بالاتر از 100 kHz، گستره دینامیک باید حداقل 40 dB باشد و انحراف باید کمتر از $1 \pm$ dB باشد. [19,20]

برای یک هیدروفن اندازه‌گیری در گستره بسامد ۱ Hz تا ۱۰۰ kHz، گستره دینامیکی هیدروفن باید حداقل ۶۰ dB باشد، و ولتاژ مدار-باز در فشار صوت باید با انحراف کمتر از ۱ dB خطی باشد. در بسامدهای بالاتر از ۱۰۰ kHz، گستره دینامیک باید حداقل ۴۰ dB باشد و انحراف باید کمتر از ۱ dB باشد. [19,20]

الف-۷ اتصال الکتریکی

در هنگام اندازه‌گیری، هیدروفن بهتر است به یک وسیله اندازه‌گیری با امپدانس الکتریکی ورودی بالا متصل گردد، امپدانس الکتریکی ورودی در وسیله اندازه‌گیری بسیار بزرگتر از امپدانس الکتریکی هیدروفن باشد. (به طور ایده‌آل، بیش از ۱۰۰ برابر بزرگتر). هنگام اندازه‌گیری زاویه فاز ولتاژ خروجی هیدروفن، امپدانس الکتریکی در ورودی ابزار اندازه‌گیری بهتر است بیش از ۱۰۰۰ برابر امپدانس الکتریکی هیدروفن باشد. در غیر این صورت، برای به دست آوردن ولتاژ مدار-باز باید تصحیح بارگذاری روی ولتاژ اندازه‌گیری شده انجام گردد.

اگر یک کابل اضافه به هیدروفن وصل گردد. این کابل بصورت الکتریکی هیدروفن را بارگذاری می‌کند و برای بدست آوردن ولتاژ مدار-باز انتهای کابل بهتر است اصلاحاتی اعمال گردد.

اگر در طول کالیبراسیون یک بار الکتریکی مشابه برای یک هیدروفن خاص مورد استفاده قرار گیرد، بهتر است اصلاحات حساسیت نسبت به ولتاژ اندازه‌گیری شده به تنهایی، انجام گردد.

الف-۸ پایداری حساسیت

الف-۸-۱ پایداری دمایی

برای یک هیدروفن مرجع در گستره بسامد ۱ Hz تا ۱۰۰ kHz، تغییر سطح حساسیت با دما که از دمای 17°C شروع شده و در گستره دما 0°C تا 40°C بهتر است کمتر از 0.4 dB به ازای هر درجه سلسیوس باشد. در بسامدهای بالاتر از ۱۰۰ kHz، انحراف از سطح حساسیت با دما که از مقدار 17°C شروع شده و در گستره دمایی 16°C تا 40°C بهتر است کمتر از ۱ dB باشد. و کمتر از 2 dB در گستره دمایی 30°C تا 40°C باشد.

برای یک هیدروفن اندازه‌گیری در گستره بسامد ۱ Hz تا ۱۰۰ kHz، تغییر در سطح حساسیت که از دمای 17°C شروع شده و در گستره دما 0°C تا 40°C بهتر است کمتر از 0.5 dB به ازای هر درجه سلسیوس باشد. در بسامدهای بالاتر از ۱۰۰ kHz، انحراف از سطح حساسیت با دما که از مقدار 17°C شروع شده و در گستره دمایی 16°C تا 30°C بهتر است کمتر از 1.5 dB باشد. و کمتر از 3 dB در گستره دمایی 30°C تا 40°C باشد.

الف-۸-۲ پایداری عمق

برای یک هیدروفن مرجع در گستره بسامد ۱ Hz تا ۱۰۰ kHz، تغییر در سطح حساسیت در گستره عمق ۰ m تا ۱۰۰ m بهتر است کمتر از ± 3.0 dB باشد و در بسامد بالاتر از ۱۰۰ kHz، در گستره عمق ۰ m تا ۱۰۰ m تغییر در سطح حساسیت بهتر است کمتر از ± 1 dB باشد.

برای یک هیدروفن اندازه گیری در گستره بسامد ۱ Hz تا ۱۰۰ kHz، تغییر در سطح حساسیت در گستره عمق ۰ m تا ۱۰۰ m بهتر است کمتر از ± 0.4 dB باشد و در بسامد بالاتر از ۱۰۰ kHz، در گستره عمق ۰ m تا ۱۰۰ m تغییر در سطح حساسیت بهتر است کمتر از ± 2 dB باشد.

الف-۸-۳ پایداری زمانی

برای هیدروفن های مرجع در گستره بسامد ۱ Hz تا ۱۰۰ kHz، در یک دوره تکرار یک ساله تغییر در سطح حساسیت هیدروفن بهتر است کمتر از ± 0.7 dB باشد و در بسامد بالاتر از ۱۰۰ kHz، تغییر سطح حساسیت بهتر است کمتر از ± 2 dB باشد.

برای هیدروفن های اندازه گیری در گستره بسامد ۱ Hz تا ۱۰۰ kHz، در یک دوره تکرار یک ساله تغییر در سطح حساسیت هیدروفن بهتر است کمتر از ± 1.5 dB باشد و در بسامدهای بالاتر از ۱۰۰ kHz، تغییر در سطح حساسیت بهتر است کمتر از ± 3 dB باشد.

کتابنامه

- [1] IEC 60565:2006, Underwater acoustics – Hydrophones – Calibration in the frequency range 0,01 Hz to 1 MHz
- [2] IEC 62127-3:2007, Ultrasonics – Hydrophones – Part 3: Properties of hydrophones for ultrasonic fields up to 40 MHz IEC62127-3:2007/AMD1:2013
- [3] IEC 60866:1987, Characteristics and calibration of hydrophones for operation in the frequency range 0,5 MHz to 15 MHz
- [4] IEC 60050-801:1994, International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 801: Acoustics and electroacoustics (available at: <http://www.electropedia.org>)
- [5] ISO 80000-8:2007, Quantities and units – Part 8: Acoustics
- [6] ISO 18405, Underwater acoustics – Terminology
- [7] ISO/IEC Guide 98-3:2008, Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)
- [8] ENYAKOV A M, ISAEV L K AND FESHCHENKO L P. Optimizing parameters of a transducer-amplifier system for minimum self-noise, Measurement Techniques, 1980, vol. 23, no. 8, p.164-166
- [9] ANSI S1.20:2012, Procedures for calibration of underwater electroacoustic transducers, American National Standards Institute, New York, USA
- [10] KNUDSEN V O, ALFORD R S AND EMLING J W. Underwater ambient noise. Journal of Marine Research, 1948, vol. 7, p. 410-429
- [11] WENZ G M. Acoustic ambient noise in the ocean: spectra and sources. J. Acoust. Soc. Am., 1962, vol. 34, p. 1936-1956
- [12] BERLINCOURT D, JAFFE B H, KRUEGER H H A. Transducer properties of lead titanate zirconate ceramics. IREE Transactions UE -7, 1960, p.1
- [13] KRUEGER H H A, BERLINCOURT D. Effects of high static stress on the piezoelectric properties of transducer materials. J. Acoust. Soc. Am., 1961, vol. 33, p. 1339
- [14] VAN BUREN A L, DRAKE R M, PAOLERO A E. Temperature dependence of the sensitivity of hydrophone standards used in international comparisons. Metrologia, 1999, vol. 36, p. 281-295
- [15] BEAMISS G A, ROBINSON S P, HAYMAN G AND ESWARD T J. Determination of the variation in free-field hydrophone response with temperature and depth. Acta Acustica United with Acustica, 2002, vol. 88, p. 7993 Under preparation. Stage at the time of publication: ISO/DIS 18405:2016. IEC 60500:2017© IEC 2017 – 23–
- [16] ROBINSON S P, HARRIS P M, ABLITT J, HAYMAN G, THOMPSON A, VAN BUREN A L, ZALESK J F, DRAKE R M, ISAEV A E, ENYAKOV A M, PURCELL C, ZHU H, WANG Y, ZHANG Y, BOTHA P, KRÜGER D. An international key comparison of freefield hydrophone calibrations in the frequency range 1 to 500 kHz, J. Acoust. Soc. Am., 2006, vol. 120(3), p. 1366-1373
- [17] LUKER L D, VAN BUREN A L. Phase calibration of hydrophones. J. Acoust. Soc. Am., 1981, vol. 70, p. 516-519

- [18] HAYMAN G, WANG Y, ROBINSON S P. A comparison of two methods for phase response calibration of hydrophones in the frequency range 10–400 kHz. J. Acoust. Soc. Am., 2013, vol. 133(2), p. 750-759
- [19] GB/T 4128:1995, Acoustics – Standard hydrophone (in Chinese)
- [20] GOST 27993-88, Measuring Hydrophone, General technical requirements and methods for testing (in Russian)