

КОНФИГУРИРАНЕ НА СИСТЕМА ЗА КАЛИБРИРАНЕ СЪГЛАСНО ПРИЛОЖИМОСТТА НА МЕЖДУНАРОДНИТЕ СТАНДАРТИ

Борис Михайлов¹⁾, Милчо Георгиев²⁾

¹⁾ СПЕКТРИ ЕООД, София, Т. Търновски 30, e-mail: spectri@spectri.net

²⁾ ТУ-София, МФ, e-mail: mtge@tu-sofia.bg

Резюме: В този документ се представят и анализират системите за първично и вторично калибриране базирани на платформата на Brüel & Кјæг и приложимостта на международните стандарти за калибриране на шумомери, октавни филтри, микрофони и акустични анализатори съгласно IEC 60651, IEC 60804, IEC 61094, IEC 61672.

Ключови думи: - Калибриране, системи за калибриране на шумомери, микрофони

1. Въведение

Единиците за измерване са сред първите инструменти измислени от хората и са станали все по-необходими. Необходимостта за сравними, точни и прецизни измервания доведе до стандартизация и вследствие на това нарастваща нужда за калибриране. Калибрирането е фундаментална стъпка в процеса на измерване. То гарантира, че инструментът, използван за изпитване показва точно необходимият параметър за измерване и че уредът отговаря на неговата спецификация. Стандарта ISO 10012-1 дефинира като калибриране "Операции, които установяват, съгласно определени условия, отношенията между стойностите, отчетени от даден измервателен инструмент или измервателна система, или стойностите, представени от материална мярка, или референтен материал, и съответните определени количествени стойности реализирани с позоваване на стандарт".

Възможността за проследяване на измервателната верига е основен принцип във всеки вид калибриране. Проследимостта на измерване описва как се постига резултата на калибриране - обикновено се базира на сертификата за калибриране - може да бъде проследен чрез веригата от калибрания на измервателното средство по стандарта за калибриране. Калибрирането е в основата на сравнение между измервания - едно с известна несигурност се прави с едно устройство и друго измерване се направено по подобен начин с второ устройство, мярка или устройство, което се изпитва. Устройството с известна несигурност - "Истинската стойност" - се нарича стандартна. Измерването може да бъде проследено обратно към международните стандарти чрез непрекъснатата верига от измервания с известни несигурности. Резултатът от такава метрологична проверка е

решение за съответствие, последвано от връщане към използване или на неспазване, последвано от корекция, ремонт или бракуване на устройство.

2. Изложение

Акредитирано калибриране на измерването е необходим инструмент, когато се изисква официално признаване на трета страна за калибриране. Акредитираното калибриране е проследимо до националните институти по метрология.

Калибрационна система на шумомери (SLM) Type 3630-A (Вторично калибриране)

Калибрационната система, (Sound level meters calibration) съответства на всички съответни международни стандарти и препоръки и е еднакво добре пригодена за използване в национални лаборатории за калибриране и центрове за калибриране. Type 3630-A, се основава на преносимия PULSE™ мултианализатор, който, може да анализира нивото на сигнала, FFT, 1/n-octave филтри и цялостния обхват на параметрите на измерване. PULSE™ също генерира тестови сигнали, необходими за изпълнение на изискванията на международните стандарти. Калибрационната система на шумомери Type 3630 платформа е проектирана да калибрира Brüel & Кјæг инструменти, както и измерители на нива на звука на други производители, в съответствие с IEC 60651, IEC 60804, IEC 61672 и съответното ANSI стандарти. Системата се доставя с основния софтуер Type 7762 за измерване на нива на звук и опция за тестване Type 7763, изпълняваща различни тестове ръчно, полуавтоматично или в автоматичен режим. Тестовите са проведени както акустично така и електрически. Проследяване и контрол над калибрационните интервали по стандарт и на инструментите, използвани от системата се улеснява от софтуера на калибрационния мени-

джър, който включва база данни на клиенти и инструменти. Измервателната верига е гарантирана от интегриран цифров волтметър DMM Agilent 34970 и Brüel & Kjær Type 4226 мултичестотен калибратор. Тип 3630-А е част от калибрационната платформа Type 3630. Основава се на силно изразен модулнен хардуер / софтуер концепция с PULSE мултианализатора, предлага множество различни приложения за калибриране. Модулност на платформата дава максимална гъвкавост на измерване, многофункционална система може да се разделя на отделни системи по натовареност или организационни изисквания.



Фиг.1 Калибрационна система Type 3630.

Калибрационна платформа Type 3630 с калибрационен софтуер Type 7792 на дозиметри на шум (вторично калибриране)

Noise Dose Meter калибрационен софтуер Type 7792 за платформа Type 3630 за калибриране е автоматичен инструмент, предназначен за извършване на периодични тестове на дозиметри на шум в съответствие с IEC 61252 и ANSI S1.25. Софтуерът автоматично стартира разнообразни предварително определени тестове в съответствие с избрани препратки. Системата включва база данни на текущите видове Brüel & Kjær дозиметри на шум, включително измерване на звуковото ниво и експозицията на шум. Нови видове дозиметри се вписват с диапазон на параметрите, необходими за тяхната дефиниция. Осигурени са добавките за несигурност за улесняване на акредитацията за нуждите на лабораторията (ISO 17025) и се генерират доклади за калибриране автоматично, за да се намали риска от човешки грешки.

Калибрационна платформа Type 3630 с калибрационен софтуер Type 7794 на калибратори (вторично калибриране)

Платформа Type 3630 със софтуер за кали-

бриране Type 7794 е инструмент за извършване на автоматизирани периодични тестове на калибратори в съответствие с IEC 60942. Софтуерът извършва калибриране на избран между една честота 250 Hz и 1000 Hz, както и многостепенното акустично налягане в обхвата на 94 dB до 124 dB. Софтуерът е базиран на метод на сравнение като се използва Brüel & Kjær Pistonphone 4228 като стандартен източник на сравнение на ниво на звуково налягане. Системата включва база данни на текущите BRÜEL & KJÆR типове филтри, включително ниво на шума и способен на анализ на честотата. Нови видове филтри могат да бъдат въведени и свързаните с тях с на параметри на обхвата, необходими за тяхното дефиниране. Процедурите за калибриране за Brüel & Kjær акустични калибратори Видове 4220, 4228, 4230 и 4231 са предварително дефинирани в софтуера, който също позволява добавянето на нови видове инструменти и процедури за калибриране. Осигурени са добавките за несигурност за улесняване на акредитацията нуждите на лабораторията (ISO 17025) и се генерират доклади за калибриране автоматично да се намали риска от човешки грешки.

СИСТЕМА Type 9699 ЗА РЕЦИПРОЧНО КАЛИБРИРАНЕ НА МИКРОФОНИ

(Първично калибриране)

Тази Brüel & Kjær система за калибриране (Microphone Reciprocity Calibration System) е предназначена за националните институти по метрология и други лаборатории с високо ниво. Системата е предназначена за рутинни измервания, които могат да бъдат създадени, за да се отговаря на изискванията на потребителя. Системата може да работи в "нормална" лабораторна среда, без специфични предпазни мерки по отношение на фонов шум и вибрации. Това е възможно, тъй като мерките за системни селективно на честотата на работа и използва камера за измерване на зададените микрофоните, което потиска фонов шум от обикновено 30 dB.

Въпреки това, също така е много гъвкава система, която може да се използва за калибриране и изследвания. Лабораториите за първично калибриране, центрове за услуги за калибриране и по-големи организации със собствените им средства за калибриране имат възможност да направят бърз и точен трансфер на измервания със свързани микрофони.

Многократно-честотно калибриране е осъществим вариант, тъй като времето е ограничено. Камерата се подготвя за херметизация (+ -0.15 Бар), и дава възможност да се калибрират микро-

фони при дадено налягане в околната среда, което се случва във всеки друг национален институт по метрология в света. Тази функция намалява несигурността при международно сравнително калибриране, което често се организира от VIPM и регионално калибриране между организации.

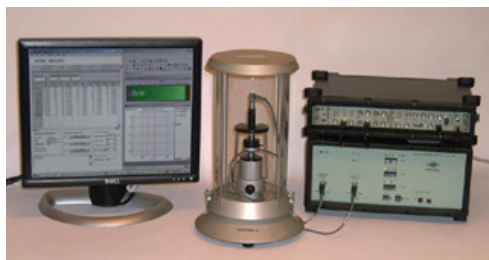
Метод на **реципрочно калибриране**

Методът на реципрочност на калибриране описан в IEC 1094-2, се използва за определяне на чувствителността на налягането на микрофона.

Методът изисква три реципрочни микрофони. Обикновено включва един предварително калибриран микрофон в микрофонната верига. Микрофоните се използват по двойки като източник на звук и като приемник. В калибрационната установка те са свързани заедно чрез въздухът вътре в малка кухина.

Взпроизводимостта на измерванията е по-добре от 0,01 dB и 95% диапазони ниво на доверие от 0,3 dB до около 0,40 dB в зависимост от типа микрофон и честотата.

Калибрирането обикновено се изпълнява в диапазон 20Hz до 25 kHz, но той може да бъде удължен до по-ниски или по-високи честоти.



Фиг.2а Система за реципрочно калибриране на микрофони

Системата за реципрочно калибриране Type 9699 се основава на апаратурата за реципрочно калибриране Type 5998, заедно с набор от стандартни хардуерни компоненти:

◇ Апаратура за реципрочно калибриране Type 5998; ◇ PULSE Analyzer Type 3560;

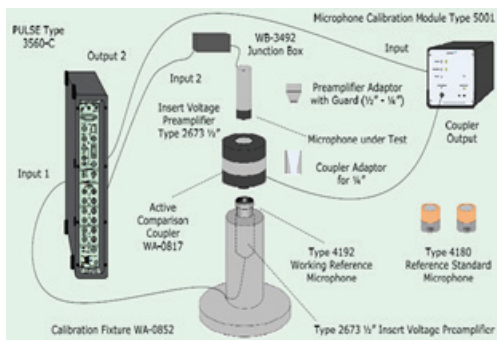
◇ Контролиращо PC.

Калибрационна система на микрофони Type 9721 (Вторично калибриране)

Система Type 9721 е с общо предназначение (Microphone Calibration System) за калибриране на микрофони, без или с предусилватели в съответствие с IEC61094-4, -1 и други стандарти. Тя се основава на Brüel & Кјæг мултианализираща система Type 3560 (PULSE), какъвто е случаят и за други Brüel & Кјæг калибрационни системи

за звук и вибрации. По този начин е възможно да се използва само една система тип PULSE за калибриране на микрофони, звукови калибратори (Type 7794), шумомери (Type 3630), акселерометри (Type 3629) и опция за калибриране микрофони, като измерване на динамична линейност (94 dB – 174 dB) и калибриране на сравнение на фазова реакция. Тази вторична система за калибриране може да калибрира много различни типове микрофони, но се нуждае от поне един референтен стандартен микрофон, който е калибриран чрез друга система, обикновено първична система за калибриране. Първично калибриране на микрофон може да се извърши с B & K Type 9699, от съответен Национален институт по метрология, и от други лаборатории от по-високо ниво. Системата може да калибрира измервателни и лабораторни стандартни микрофони от често използваните модели и марки, включително тези, които отговарят на IEC 61094-4 стандарти (Работени стандарти) и 61094-1 (Лабораторни стандарти). Микрофони с нестандартни размери могат също да бъдат калибрирани, но те могат да изискват допълнителни нестандартни механични аксесоари. Чувствителността на микрофона се калибрира чрез сравнение с този на базисен микрофон, който принадлежи към системата. Двата микрофони са изложени на същото звуково налягане в активния куплунг при сравнение, който съдържа източник на звук. Като цяло, отворената верига на чувствителност се измерва с помощта на добавено напрежение (техника (описана в IEC61094-1), но чувствителността на микрофона и свързания предусилвател могат също се измерват. Честотата при измерване може да бъде зададена на 250 Hz (252.2 Hz) или 1000 Hz. Измерената чувствителност е валидна при условията на околната среда, които съществуват по време на измерването, условията на измерване дефинират корекция за влияние на околната среда - налягане, температура и влажност върху Референтния микрофон, като системата ще изчисли чувствителността при справка за условия (101,325 kPa и 23° C), ако коефициенти за налягане и температура са на разположение за вида на микрофон се калибрира. Такива данни е условие за B & K микрофони, но не може да бъде на разположение за всички други марки микрофони.

Честотната характеристика се определя чрез използване на електростатичен актуатор (IEC61094-6). Това е широко използван инструмент, който в продължение на много широка честотен обхват може да симулира постоянно



Фиг.3 Типове микрофони – структурна схема на калибриране

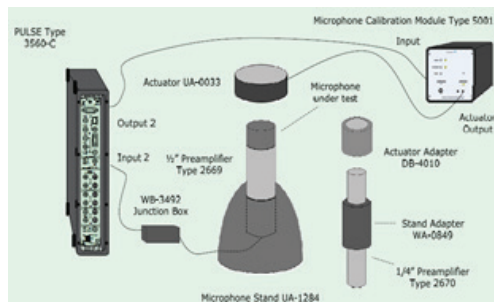
звуково налягане на диафрагмата на микрофона. Актуаторното измерване е относително измерване. Резултатите се нормализират при измерването на чувствителност при зададена честота (референтна честота), 250 Hz (251,2 Hz) или 1000 Hz. В зависимост от вида и използването на микрофона, в свободно поле или дифузно поле, могат да бъдат добавени корекции за Brüel & Кјæг микрофони за постигане на типа дадена честотна реакция.

За калибриране на микрофони на други производители са необходими съответните коефициенти на корекции за микрофоните.

Система за сравнително калибриране на микрофони Тип 9721 със приложен софтуер WT9651 и съединителни приспособления WA1544/WA1545 (Phase Response Comparison Calibration)

Системата е предназначена за фаза – големина на реакция на сравнително калибриране на комплекта от половин инч и четвърт инч микрофони, използвани за измервания на звукова интензивност. Муфи, адаптери и друг хардуер на системата използвани за Brüel & Кјæг микрофони, но може също да се използва и с други микрофони, които имат подобни размери и електрически терминали. При микрофони с различни размери може да изискат допълнителни приспособления за монтажа им и за оптимална производителност на системата. Тази система за калибриране на интензивност е, подобна на други Brüel & Кјæг звукови и вибрационни калибраторни системи, базирани на мултианализираща система PULSE. PULSE прави обща основа на тази и други системи, докато специфичните софтуер и частите, необходими за определен вид калибриране съставляващи модули. Измерванията са контролирани от "PULSE Project" и от специална Visual Basic

програма WT9651. Резултатите при калибрирането се изчисляват, съхраняват, презентират и отпечатват в Microsoft Office. Звуковият интензитет, обикновено се измерва с комплект микрофони чувствителни на налягане. Комплектът се състои от два микрофони с фазови характеристики които са по същество еднакви. Необходима е еднаквост в микрофоните, тъй като дори малки разлики на реакция на фазата може да доведе до значителни грешки при измерената интензивност. Системата елиминира влиянието на собствената си фаза и да се получат отклонения чрез метода, който включва две измервания, където двата микрофона са разменени между техните позиции. Разликата в реакцията на фаза се измерва с PULSE анализаторът като измерване на 2-канала, докато и двата микрофони са изложени на същото звуково налягане чрез разклонител, който е специално проектиран за целта, или, в определени случаи, чрез използване на два електростатични актуатора. Когато се свързват за калибриране, диафрагмите на двата микрофона и техните отвори са изложени на звуково налягане. Съединеният метод на калибриране е "нормално" означение. Той отговаря на най-често срещаните ситуации на употреба, микрофона, където се използват микрофоните с ръчна сонда на интензивност. Когато електростатичните актуатори се използват за калибриране, само диафрагмите на микрофона са изложени на (симулирано / електростатично) налягане. Ето защо, звук не преминава през вентилационните отвори към вътрешния микрофон и в задната част на мембраните, и, следователно, честотната реакция на микрофоните се различава от тази, получена със съединител. Методът на свързване с актуатор е полезно в специфични случаи: – Може да се използва, когато отворите на микрофона отслабват звука, който преминава



Фиг.3 Схема на калибриране - Phase Response Comparison Calibration

през него, до задната част на диафрагмата (примери: при високи честоти и със специфични видове микрофони); – Когато отворите на микрофоните не са изложени на звук при нормална употреба; – Когато калибриране се извършва над горната граница на съединителя.

Сравнително калибриране с муфа.

Сравнително калибриране със муфа е най-честият начин на изпълнение на калибриране фазата на микрофона. Муфите WA1544/W4545 са предназначени за калибриране на комплекта половин инчови и четвърт-инчови микрофони. Те просто затварят тялото на двата калибрирани микрофони в тяхната кухня. Това води до доста големи свързани кухни и, като цяло, до ниска горна честотна граница на свързване. Въпреки това, конкретните проекти на Brüel & Кjaer муфи дават еднакво налягане разпределено в кухнята над широк честотен диапазон и ги прави приложими от 20 Hz до 12,5 kHz и 20 Hz до 20 kHz с половин инч и четвърт-инчови микрофони съответно. Brüel & Кjaer половин инчови микрофони на интензивност работят с четвърт инчови предусилватели. Половин инч муфата са предназначени за тези микрофони. За сметка за калибриране на други микрофони, също половин инч съединителни адаптери се доставят с муфа. Четвърт инчова муфа за четвърт инчови микрофони и предусилватели.



Фиг.4 Калибриране - Phase Response Comparison Calibration

Сравнително калибриране с актуатор

Калибрирането на микрофони, използвайки електростатичен актуатор се използва широко в лабораторни методи за определяне на честотната реакция, характеристики на измервателните микрофони. В сравнение със звуково базирани методи, методът на задвижване има голямо предимство - той осигурява прости средства за генериране на добре дефинирано калибрационно налягане в широк честотен обхват без използване

на специални съоръжения на акустична лаборатория. Въпреки това, методът на задвижка с актуатор не може да се използва за определяне на чувствителността на микрофона, като абсолютна точност не е достатъчно висока. Следователно, калибриране чрез задвижка чрез актуатор на честотна реакция в повечето случаи, е в съчетание с абсолютно калибриране на чувствителността, на еталонна честота. Това може да бъде извършено с помощта на пистонфон, звуков калибратор на ниво или други средства.

3. ИЗВОДИ

На базата на калибрационната платформа Type 3630 с добавяне към нея на посочените по горе хардуер и софтуер за калибриране на микрофони може да се комплектува една комплексна система за вторично калибриране съгласно посочените стандарти, която да намери комплексно приложение в калибрационните лаборатории.

SPECTRI configuration
Acoustic Calibration System
31.5 Hz to 16 kHz
pressure chamber calibration of sound level meters
according to EN 61672
calibration of calibrators and pistonphones according to EN 60942



Sound Calibrator for pressure calibration, 1/2"
 - max. input signal: 1 V rms;
 - SPL 70dB - 114 dB;
 - frequency range: 31,5 Hz - 16 kHz;
 - pressure intensity index: > 27 dB;

- sound pressure level deviation in between the (www.bksv.com), 2014.

channels: < 0,1 dB;- incl. adapter 1/2" -> 1/4";
Software 'Acoustic Calibration';

- Pressure calibration of Microphones;
- Pressure calibration of Sound Level Meters;
- SELF CHECK.

4. Литература

[1] Sound and Vibration Calibration – Primary and secondary, Brüel & Kjær (www.bksv.com), 2014.

[2] Sound Level Meter Calibration System Type 3630-A for Calibration Platform Type 3630,

[3] Стандарти IEC 60651, IEC 60804, IEC 6172.

Данни за авторите:

Борис Борисов Михайлов, инж., ТУ-София, СПЕКТРИ ЕООД, www.spectri.net, средства за измерване и мониторинг на шум и вибрации;

Милчо Тодоров Георгиев, инж., ТУ-София (1986), д-р (2001), доц. (2004), ОТСК, МФ ТУ-София. Конструирани, средства за измерване и мониторинг на шум и вибрации

OVERVIEW AND COMPARISON OF CALIBRATION SYSTEMS AND THE APPLICABILITY OF INTERNATIONAL STANDARDS

Boris Mihaylov ¹⁾, Milcho Georgiev ²⁾

¹⁾ SPECTRI Ltd., Sofia, 30, T. Turnovski str, e-mail: spectri@spectri.net,

²⁾ TU-Sofia, 8, Kl. Ohridski str., e-mail: mtge@tu-sofia.bg

Summary: This paper presents and analyzes systems for primary and secondary calibration based on a Type 3630 Brüel & Kjær and applicability of international standards for calibration of sound level meters, octave filters, microphones and acoustic analyzers according to IEC 60651, IEC60804, IEC 61094, IEC 61672.

Keywords: - Calibration, systems for calibration of sound level meters, microphones

Reference:

[1] Sound and Vibration Calibration – Primary and secondary, Brüel & Kjær (www.bksv.com), 2014.

[2] Sound Level Meter Calibration System Type 3630-A for Calibration Platform Type 3630,

[3] Standarts IEC 60651, IEC 60804, IEC 6172.

КОНФИГУРАЦИЯ СИСТЕМЫ ДЛЯ КАЛИБРОВКИ В СООТВЕТСТВИИ С ПРИМЕНИМОСТИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ

Борис Михайлов ¹⁾, Милчо Георгиев ²⁾

¹⁾ СПЕКТРИ ЕООД, София, Т. Търновски 30, e-mail: spectri@spectri.net

²⁾ ТУ-София, МФ, e-mail: mtge@tu-sofia.bg

Резюме: В докладе представляются и анализируются системы первичной и вторичной калибровки, основанные на платформе Brüel & Кжær и применимости международных стандартов калибровки шумомеров, октавных фильтров, микрофонов и акустических анализаторов, согласно IEC 60651, IEC60804, IEC 61094, IEC 61672.

Ключевые слова: калибровка, системы калибровки шумомеров, микрофоны