Основные приборы системы калибровки методом взаимности типа 9699 (слева направо и сверху вниз) — управляющий ПК, крепление микрофона UA1412, аппарат калибровки методом взаимности типа 5998 и анализатор PULSE типа 3560.

Система калибровки микрофонов методом взаимности

Тип 9699

Первичная калибровка

Эта система Brüel & Kjær предназначена для государственных метрологических институтов и других лабораторий высшего уровня. Она является готовой к применению системой для регулярных измерений, которую можно настраивать в соответствии с требованиями пользователя. Эта система может работать в «нормальной» лабораторной среде без каких-либо особых требований в отношении фонового шума и вибрации. Это возможно, поскольку данная система выполняет селективные измерения на рабочей частоте и использует измерительную камеру для калибруемых микрофонов, подавляющую фоновый шум на величину порядка 30 дБ.

Однако это также очень гибкая система, которую можно использовать для исследований в области калибровки. Лаборатории первичной калибровки, калибровочные центры и крупные организации с собственными калибровочными лабораториями имеют возможность проводить быстрые и точные измерения электрического передаточного импеданса сопряженных микрофонов. Многочастотная калибровка осуществима, поскольку время, требуемое для каждого этапа, ограничено.

Камера подготовлена к герметизации (±0,15 бар), позволяя проводить калибровку микрофонов при любом давлении внешней среды, которое может наблюдаться в любом другом государственном метрологическом институте в мире. Эта возможность снижает погрешность международных сравнений результатов калибровки, часто проводимых Международным бюро мер и весов, а также региональными калибровочными организациями.

Калибровка методом взаимности

Калибровка методом взаимности, описанная в стандарте IEC 1094-2, используется для определения чувствительности микрофона к звуковому давлению. Этот метод требует применения трех микрофонов. Хотя это и не обязательно, обычно в группу микрофонов входит один ранее откалиброванный микрофон.

Микрофоны используются попарно в качестве источников звука и приемников. В калибровочной системе они взаимодействуют по воздуху внутри небольшой камеры.

Измеряются три функции передаточного импеданса (выходное напряжение приемника, деленное на входной ток передатчика), и результаты используются для расчета чувствительности трех микрофонов, подвергаемых калибровке.

Воспроизводимость измерений превышает 0,01 дБ, а 95%-ный уровень достоверности достигается в диапазоне от 0,03 дБ до примерно 0,40 дБ в зависимости от типа микрофона и частоты. Калибровка обычно выполняется в диапазоне частот от 20 Гц до 25 кГц, но также может проводиться на более низких или высоких частотах.

Система калибровки методом взаимности типа 9699 построена на базе аппарата калибровки методом взаимности типа 5998 совместно со стандартной аппаратурой:

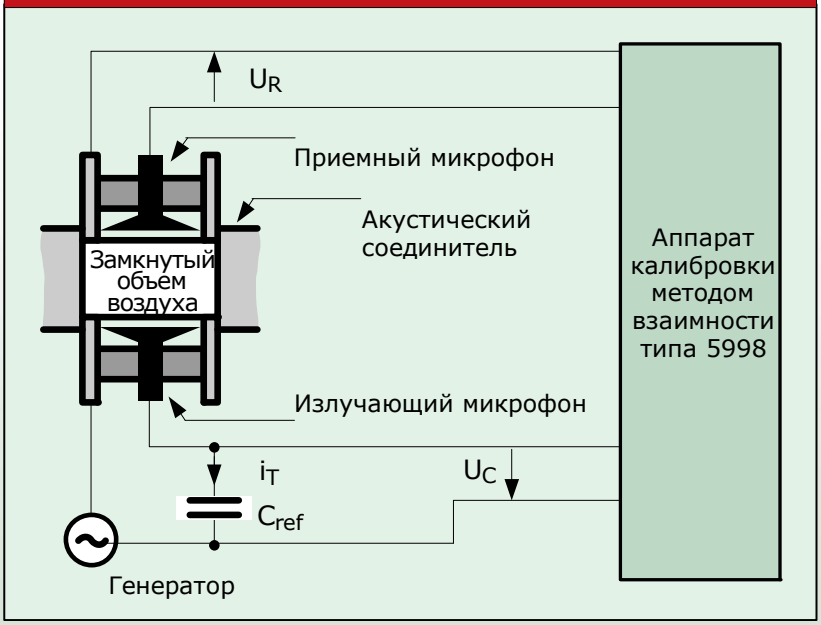
- Аппарат калибровки методом взаимности типа 5998.
- Анализатор PULSE типа 3560.
- Управляющий ПК.

В состав системы входят две компьютерные программы, одна из которых служит для контроля измерений, а другая для обработки расчетов чувствительности в соответствии со стандартом IEC 1094-2.

Аппарат калибровки методом взаимности типа 5998 является высокоточным и высокостабильным лабораторным прибором с простым управлением, предназначенным для прецизионной калибровки конденсаторных микрофонов методом взаимности. Этот аппарат определяет электрический передаточный импеданс по методу, описанному в стандарте IEC 1094-2, и может использоваться для калибровки микрофонов, отвечающих требованиям стандарта IEC 1094-1 «Стандартные лабораторные микрофоны».

При использовании аппарата типа 5998 однократная калибровка 1" микрофона может обеспечить точность порядка ±0,05 дБ. Для дальнейшего повышения точности процедура калибровки выполняется многократно с использованием других парных микрофонов. Это позволяет определить общую громкость наряду с другими

Калибровка микрофонов методом взаимности



Принцип калибровки микрофонов методом взаимности: микрофоны попарно акустически взаимодействуют через воздух, заключенный в соединительной камере с точно известными размерами. Один микрофон используется в качестве источника звука (излучателя), а другой в качестве приемника.

параметрами микрофона в итеративном процессе, дающем сходящиеся результаты и обеспечивающем воспроизводимость лучше ±0,02 дБ при калибровке методом взаимности микрофонов LS1P (тип 4160) и LS2aP (тип 4180). Анализатор PULSE обеспечивает возможность воспроизведения результатов измерений методом взаимности. Более того, он открывает возможность низкочастотной калибровки методом взаимности (от 2 до 20 Гц), а также калибровки фазовой характеристики методом взаимности.

Точность калибровки микрофонов методом взаимности отчасти зависит от самой системы, и отчасти от навыков и опыта персонала, обслуживающего эту систему. Компания Brüel & Kjær предоставляет возможности обучения, как технического персонала, так и ответственных членов лабораторного персонала. Настоятельно обучение на рабочем месте заказчика, чтобы обеспечить присутствие всех членов персонала и понимание рекомендуется проводить ими процесса калибровки и правил обращения с эталонными стандартными микрофонами.

Система калибровки микрофонов

Тип 9721

Вторичная калибровка

Система 9721 является системой калибровки микрофонов общего назначения, используемой для калибровки микрофонов с предусилителями или без них согласно требованиям стандарта IEC61094-4, -1 и других стандартов.

Как и другие системы акустической и вибрационной калибровки компании B&K, она основана на системе многостороннего анализа Brüel & Kjær типа 3560 под названием PULSE. Это позволяет использовать только один блок PULSE для калибровки микрофонов, акустических калибраторов (типа 7794), шумомеров (типа 3630), а также для дополнительных функций калибровки микрофонов, таких как измерение динамической линейности (94-174 дБ) и сравнение калибровки фазовых характеристик.

Эта система вторичной калибровки может использоваться для калибровки многих других типов микрофонов, но для нее требуется, по меньшей мере, один эталонный стандартный микрофон, откалиброванный другой системой — обычно системой первичной калибровки. Первичная калибровка микрофона, обычно выполняемая системой B&K типа 9699, обычно проводится в государственном метрологическом институте или в другой лаборатории высшего уровня.

Эта система может использоваться для калибровки измерительных и лабораторных микрофонов широко распространенных моделей и типов, включая микрофоны, отвечающие требованиям стандартов IEC 61094-4 (Рабочие стандарты) и 61094-1 (Лабораторные стандарты). Микрофоны нестандартных размеров также могут подвергаться калибровке, но для них могут потребоваться дополнительные нестандартные механические принадлежности.

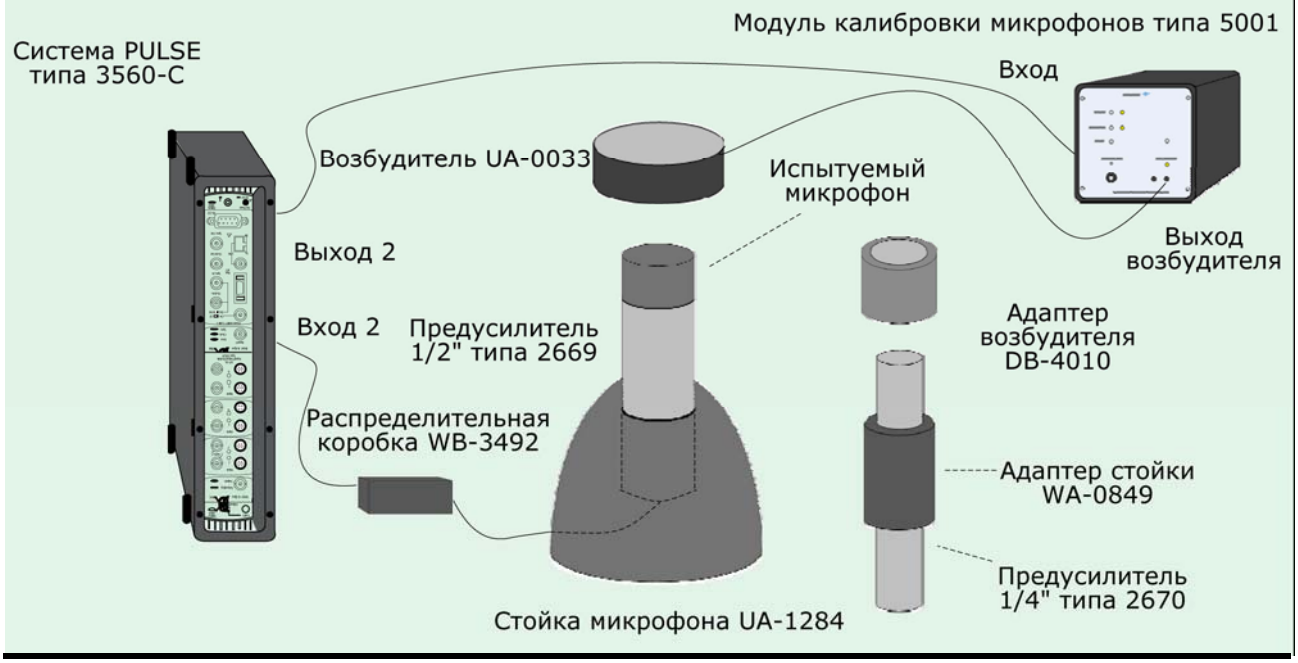
Чувствительность калибруемого микрофона измеряется посредством сравнения с чувствительностью эталонного микрофона, входящего в состав системы. Эти два микрофона подвергаются воздействию одинакового звукового давления в активной измерительной камере, содержащей встроенный излучатель звука. Вообще чувствительность разомкнутой цепи измеряется по методу инжекции напряжения (описанному в стандарте IEC61094-1), но также может измеряться чувствительность микрофона и соответствующего предусилителя. Может быть установлена измерительная частота 250 Гц (252,2 Гц) или 1000 Гц.

Измеряемая чувствительность достоверна в тех условиях внешней среды, которые существовали во время измерения — условиях измерения. Выполняется коррекция влияния

Калибровка чувствительности

внешнего давления, температуры и влажности на эталонный микрофон. Система также рассчитывает чувствительность в эталонных условиях (101,325 кПа и 23°C), если известны коэффициенты давления и температуры калибруемого микрофона. Такие данные известны для микрофонов B&K, но могут быть недоступны для микрофонов других производителей. Амплитудно-частотная характеристика определяется посредством использования электростатического возбудителя (IEC61094-6). Это широко используемый прибор, который может имитировать постоянное звуковое давление на диафрагме микрофона в очень широком диапазоне частот. Измерение возбудителем является относительным. Результаты нормализуются по частоте измерения чувствительности (эталонной частоте), 250 Гц (251,2 Гц) или 1000 Гц. В зависимости от типа и области применения микрофона для достижения требуемого типа амплитудно-частотной характеристики может использоваться коррекция свободного поля или диффузного поля. Основные производители предоставляют данные коррекции поля для своих микрофонов. Эта система содержит необходимые данные коррекции для микрофонов B&K.

Измерение амплитудно-частотной характеристики



Система калибровки микрофонов типа 9721 с анализатором PULSE, стойкой камеры калибровки чувствительности (слева) и электростатическим возбудителем (справа).

Сравнительная калибровка фазовой характеристики

Специальная калибровка

Система калибровки микрофонов типа 9721 с прикладным ПО WT9651 и соединительной камерой WA1544 или WA1545

Эта система предназначена для сравнительной калибровки фазовой и амплитудно-частотной характеристик группы полудюймовых и четвертьдюймовых микрофонов, используемых для измерения интенсивности звука. Соединительные камеры, адаптеры и другие приспособления системы подходят для микрофонов B&K, но также могут использоваться с микрофонами других производителей, имеющими такие же размеры и электрические контакты. Для микрофонов других размеров могут потребоваться дополнительные принадлежности для их крепления и оптимальной работы системы.

Полудюймовая сравнительная камера калибровки фазовой характеристики WA1544.

Расширенная неопределенность (k=2) 1/3-октавных результатов для микрофонов 1/4"	40 Гц	250 Гц	4 кГц	8 кГц	12,5 кГц	16 кГц
	0,016°	0,010°	0,036°	0,100°	0,160°	0,180°
Расширенная неопределенность (k=2) 1/3-октавных результатов для микрофонов 1/2"	20 Гц	250 Гц	2 кГц	4 кГц	8 кГц	10 кГц
	0,012°	0,010°	0,018°	0,036°	0,120°	0,160°

Активная сравнительная камера WA-0817, установленная на калибровочном креплении WA-0852.

Эта система калибровки интенсивности, как и другие системы акустической и вибрационной калибровки B&K, основана на системе многостороннего анализа B&K PULSE. PULSE образует общее ядро этой и других систем, тогда как специальное программное обеспечение и компоненты, необходимые для определенных типов калибровки, составляют прикладной модуль.

Измерения выполняются под контролем приложения «PULSE Project», а также специальной программы WT9651 на языке Visual Basic. Результаты калибровки рассчитываются, сохраняются, просматриваются и распечатываются с помощью программ из пакета Microsoft Office.

Электростатический возбудитель для калибровки однодюймовых микрофонов. Электростатические силы от возбудителя заставляют микрофон вести себя так же, как если бы он находится в звуковом поле.

Интенсивность звука обычно измеряется группой микрофонов, чувствительных к давлению. Группа состоит из двух микрофонов с очень близкими фазовыми характеристиками. Необходимо очень точное согласование, поскольку даже небольшое отклонение фазовых характеристик может привести к значительной погрешности измерения интенсивности.

Система устраняет влияние своих собственных погрешностей фазы и усиления по методу, использующему два измерения, во время которых два микрофона меняются местами.

Разность фазовых характеристик измеряется анализатором PULSE, используя двухканальные измерения, во время которых оба микрофона подвергаются воздействию одинакового звукового давления, либо в соединительной камере, специально предназначенной для этой цели, либо, в особых случаях, используя два электростатических возбудителя.

Когда для калибровки используются соединительные камеры, на диафрагмы и отверстия обоих микрофонов воздействует одинаковое звуковое давление. Применение сравнительной камеры является «нормальным» методом. Он соответствует наиболее общим ситуациям использования микрофонов, когда они используются вместе с портативным зондом измерения интенсивности.

Когда для калибровки используются электростатические возбудители, давление (имитируемое / электростатическое) воздействует только на диафрагмы микрофонов.

По этой причине звук не проходит через отверстия во внутренние полости микрофона и к тыльной стороне диафрагм, поэтому частотные характеристики микрофонов отличаются от тех, которые были бы получены при использовании соединительной камеры. Метод применения возбудителей полезен в особых случаях:

1. Он может использоваться, если отверстия микрофона сильно ослабляют звук, проходящий через них к тыльной стороне диафрагмы (например, на высоких частотах или у микрофонов определенных типов).
2. Если отверстия микрофонов не подвергаются воздействию звука при нормальном использовании.
3. Если калибровка должна выполняться за пределами ограничений, накладываемых соединительной камерой.

Калибровка посредством соединительных камер

Сравнительная калибровка с помощью соединительной камеры является наиболее широко используемым методом выполнения фазовой калибровки микрофонов.

Неопределенность сравнительной калибровки фазовой характеристики

Соединительные камеры WA1544 и WA1545 предназначены для калибровки группы полудюймовых и четвертьдюймовых микрофонов соответственно. Корпуса двух калибруемых микрофонов полностью помещаются в полости этих камер. Это обеспечивает более крупные полости камер и меньшее ограничение камеры по высокой частоте. Однако специальная конструкция соединительных камер B&K обеспечивает равномерное распределение давления в полости в широком диапазоне частот, позволяя применять их в диапазонах от 20 Гц до 12,5 кГц и от 20 Гц до 20 кГц с полудюймовыми и четвертьдюймовыми микрофонами соответственно.

Полудюймовые микрофоны измерения интенсивности B&K работают с четвертьдюймовыми предусилителями. Полудюймовая соединительная камера предназначена для этих микрофонов. Чтобы обеспечить возможность калибровки других полудюймовых микрофонов, соответствующие полудюймовые адаптеры входят в комплект соединительной камеры.

Четвертьдюймовая соединительная камера предназначена только для четвертьдюймовых микрофонов и предусилителей.

Калибровка посредством возбудителей

Калибровка микрофонов с использованием электростатического возбудителя является широко распространенным лабораторным методом определения амплитудно-частотных характеристик измерительных микрофонов. Возбудитель генерирует электростатическую силу, которая имитирует звуковое давление, воздействующее на диафрагму микрофона. По сравнению с акустическими методами метод использования возбудителя имеет огромное преимущество — он дает возможность простого генерирования точно заданного давления калибровки в широком диапазоне частот без использования специальной оснастки акустической лаборатории.

Однако метод применения возбудителя не может использоваться для определения чувствительности микрофона, поскольку его абсолютная точность недостаточно высока. По этой причине калибровка амплитудно-частотной характеристики возбудителя, в большинстве случаев, используется совместно с калибровкой абсолютной чувствительности на эталонной частоте. Она может выполняться с помощью поршневого излучателя, калибратора уровня звукового давления или других средств.

Инфразвуковая система калибровки эталонных стандартных микрофонов

Специальная калибровка

с низкочастотной сравнительной камерой типа WB-3570, группой низкочастотных эталонных микрофонов типа 4190-W-001 и резонаторным адаптером типа UC-5373

В настоящее время относительно немногие государственные метрологические институты занимаются инфразвуковой калибровкой, но наблюдается растущий интерес к низкочастотным измерениям и методам калибровки. Ветроэнергетические установки, электростанции, летательные аппараты и дорожный трафик могут являться источниками раздражающего инфразвукового шума. Международная электротехническая комиссия (МЭК) рассматривает возможность расширения диапазона стандарта калибровки звукового давления IEC 61094.2 до 2 Гц.

Однако данная система инфразвуковой калибровки компании Brüel & Kjær позволяет измерять амплитудно-частотные характеристики в диапазоне частот от 250 Гц до 0,1 Гц с погрешностью менее 0,1 дБ. Она используется для выполнения низкочастотной сравнительной калибровки всех типов измерительных микрофонов и предназначена для применения в поверочных лабораториях.

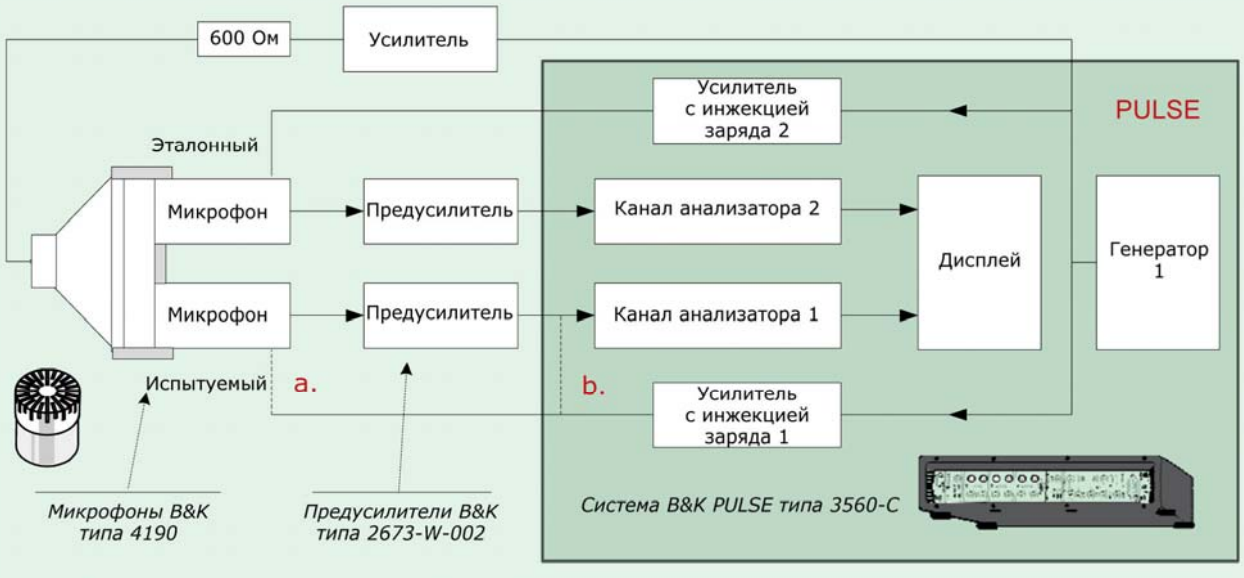
Эта система использует метод связанных микрофонов, для которого требуются два микрофона с близко «связанной» конструкцией. Вместе они образуют группу эталонных микрофонов — тип 4190-W-001, группа низкочастотных эталонных микрофонов.

Эта система может определять их амплитудно-частотные характеристики на низких слышимых и инфразвуковых частотах. Результаты калибровки являются относительными характеристиками, нормализованными по частоте 251,2 Гц ($10^{2,4}$ Гц). При необходимости амплитудно-частотные характеристики, полученные в результате калибровки, можно объединить с результатами калибровки абсолютной чувствительности на частоте 251,2 Гц. Такую калибровку можно выполнять методом сравнения с другим микрофоном, либо используя калиброванный источник звука.

Эта система, позволяющая проводить калибровку, как в поле давления, так и в свободном / диффузном поле, основана на анализаторе PULSE типа 3560 и содержит специальный проект PULSE для контроля измерений, а также две книги Excel для проведения расчета результатов группы эталонных микрофонов и испытуемых микрофонов. В состав системы также входит низкочастотная сравнительная камера типа WB-3570.

Низкочастотная сравнительна камера типа WB-3570 с микрофонами, предусилителями и резонаторным адаптером.

Низкочастотная калибровочная система



а. Калибровка микрофона б. Калибровка микрофона с предусилителем

Система калибровки микрофонов высокого давления

Тип 9719

Специальная калибровка

Эта система измеряет динамическую линейность и гармонические искажения измерительных микрофонов в динамическом диапазоне от 94 до 171 дБ на единственной частоте 500 Гц.

Эта система высокого давления Brüel & Kjær предназначена для испытания динамической линейности и искажений измерительных микрофонов и шумомеров. Она оптимизирована для малых искажений генерируемого звука и малого вибрационного возбуждения микрофонов.

Обычно микрофоны считаются линейными в указанном для них рабочем динамическом диапазоне, но в некоторых случаях требуется проводить проверку динамического диапазона. Система типа 9719 является законченной системой, генерирующей точно известный сигнал возбуждения и анализирующей выходной сигнал испытуемого микрофона.

Излучающая часть системы типа 9719 состоит из генератора, усилителя мощности и громкоговорителя. Генерируемый сигнал усиливается и поступает на громкоговоритель, установленный внутри измерительной трубки. Эта трубка сообщается с меньшей трубкой, в которой создается высокое давление и установлены испытуемый и контрольный микрофоны. Акустический резонанс внутри трубок усиливает звуковое давление, создавая очень высокое давление с малыми искажениями в местах установки микрофонов.

Эта система использует эталонный и контрольный микрофон. Все измерения сопоставляются с давлением, измеряемым эталонным микрофоном, который откалиброван с помощью эталонного поршневого излучателя при уровне звукового давления 124 дБ (среднеквадратическое значение).

Эта система может использоваться для калибровки линейности по уровню микрофонов и шумомеров, калибровки линейности при среднем и высоком давлении, а также для измерения гармонических искажений.

Линейность по уровню измеряется относительно уровня звукового давления 124 дБ в динамическом диапазоне, соответствующем типу микрофона, вплоть до максимального среднеквадратического уровня звукового давления 171 дБ (пиковый уровень 174 дБ) при частоте 500 Гц.

Система измеряет вторую и третью гармоники, а также суммарные компоненты гармонических искажений при фиксированных уровнях звукового давления, и их уровни рассчитываются относительно уровней на основной частоте.

Сведения об изделии

Система калибровки микрофонов типа 9721

(Специализированный продукт)

Области использования

- Калибровка измерительных микрофонов в частных и государственных метрологических лабораториях
- Калибровка микрофонов (соответствующих IEC 61094-4, -1 и других), оснащенных предусилителями или без них
- Калибровка поверхностных микрофонов компании B&K (Brüel & Kjær)

Возможности

- Калибровка чувствительности с использованием эталонного микрофона (IEC 61094-5)
- Калибровка чувствительности на холостом ходу и под нагрузкой (то есть, чувствительности с предусилителем)
- Калибровка частотной характеристики с использованием электростатического актуатора (IEC 61094-6)
- Использование частотных характеристик в свободном пространстве и в диффузном поле с применением кривых коррекции
- Использование кривых коррекции, прилагаемых к микрофонам компании B&K
- Диапазон частот от 20 Гц до 25 кГц или до 100 кГц, в зависимости от версии системы PULSE
- Выбор шага частоты (третьоктавный или 1/12 октавы)
- Выполнение частотно-селективных (с фильтрацией шума) измерений SSR (характеристик при стационарных сигналах)
- Измерения без использования специальных калибровочных акустических камер
- Быстрые автоматизированные измерения, вывод на печать поверочного сертификата (паспорта) и экспорт данных в формате Microsoft Excel
- Подробные инструкции для оператора
- Подробное описание поверки и обслуживания системы
- Система комплектуется перечнем составляющих общей погрешности калибровки
- Типовая погрешность калибровки чувствительности однодюймовых и полудюймовых микрофонов составляет от 0,07 дБ до 0,1 дБ (k=2)
- Обновление параметров чувствительности в TEDS (встроенной электронной таблице характеристик датчика)
- Компания B&K обеспечивает хранение резервных копий сертификатов и техническую поддержку системы, а по запросу также возможны установка системы и подготовка обслуживающего ее персонала

Система типа 9721 общего назначения предназначена для калибровки микрофонов. Она построена на основе оборудования системы многоканального анализатора типа 3560 компании B&K с торговым названием PULSE, используемой для создания разнообразных других систем калибровки измерителей звукового давления и вибрации компании B&K.

Таким образом, с использованием единственного блока PULSE возможна калибровка микрофонов, калибраторов звукового давления (типа 7794), измерителей уровня звукового давления (типа 3630), акселерометров (типа 3629), а также выполнение дополнительных функций калибровки микрофонов, например, измерения линейности в динамическом диапазоне (94 дБ – 174 дБ) или калибровки относительных фазовых характеристик.

Система позволяет калибровать большое количество различных типов микрофонов. Она относится к так называемым вторичным системам калибровки, с использованием которых измерения выполняются быстро, но для нее необходим по крайней мере один эталонный стандартный микрофон, калиброванный с использованием другой системы, как правило, для этого используется первичная система калибровки. Первичная калибровка микрофона, которая может быть выполнена для микрофона компании B&K типа 9699, в общем случае выполняется Национальными метрологическими центрами и прочими лабораториями, обладающими первичными эталонами.

Калибровка чувствительности и частотной характеристики
Рассматриваемая система позволяет калибровать эталонные измерительные и лабораторные микрофоны используемых моделей и марок, включая соответствующие стандартам IEC 61094-4 (рабочие эталоны) и 61094-1 (лабораторные эталоны). Также возможна калибровка микрофонов с нестандартными размерами, но для них могут потребоваться дополнительные нестандартные механические принадлежности.

Чувствительность калибруемого микрофона измеряется по сравнению с чувствительностью эталонного микрофона, являющегося принадлежностью системы. На эти два микрофона в активной акустической камере, содержащей встроенный источник звукового давления, воздействует одинаковое звуковое давление. В общем случае чувствительность на холостом ходу измеряется с использованием метода замещающего напряжения (описанного в IEC61094-1), но также может быть измерена чувствительность микрофона, оснащенного предусилителем. Измерение может быть выполнено на частоте 250 Гц или 1000 Гц.

Измеренное значение чувствительности действительно при условиях окружающей среды, действовавших во время измерения, называемых условиями измерения. Коррекция измеренного значения выполняется с учетом влияния давления и температуры среды, окружающей эталонный микрофон. Система также позволяет вычислить чувствительность в эталонных условиях измерения (101,325 кПа и 23 °C), если для калибруемого микрофона известны коэффициенты влияния давления и температуры. Для микрофонов компании B&K такие характеристики известны, но для микрофонов всех прочих торговых марок они могут оказаться недоступными.

Частотная характеристика измеряется с использованием электростатического актуатора (IEC 61094-6). Широко используемый электроакустический преобразователь такого типа позволяет создавать постоянное звуковое давление на мембране микрофона в очень широком диапазоне частот. Измерение с использованием актуатора является относительным измерением. Результаты нормализуются для частоты измерения чувствительности (эталонной частоты) 250 Гц или 1000 Гц. Для получения частотной характеристики необходимого типа в зависимости от типа и назначения микрофона, возможно использование кривых коррекции для свободного пространства или диффузного поля. Основные изготовители микрофонов нормируют такие кривые коррекции для различных типов полей звукового давления. В рассматриваемой системе хранятся данные соответствующих кривых коррекции для микрофонов компании B&K.

Полудюймовый лабораторный стандартный микрофон типа 4180 компании B&K (слева). Для работы системы необходим по крайней мере один такой микрофон, выполняющий функции эталонного стандартного микрофона. Этот эталон следует периодически калибровать в другой системе или в лаборатории, как правило, в Национальном метрологическом центре. Настоятельно рекомендуется хранить по крайней мере еще один дополнительный стандартный микрофон, это позволяет предотвратить простой системы во время калибровки, выполняемой периодически или после случайного повреждения эталона.

Электростатический актуатор для калибровки однодюймовых микрофонов (сверху)

Документация

При работе системы на экране дисплея отображаются инструкции для ее оператора; система комплектуется обширным руководством пользователя системы с описанием приборов, их частей и принципов работы. Для нескольких типов микрофонов в нем также приведены погрешности калибровки и перечни составляющих общей погрешности, действительные при типовых условиях. Эта информация особенно важна в случае, если владелец системы хочет получить аккредитацию для выполнения калибровки. Общая погрешность зависит от типа и размера микрофона; смотрите примеры в таблицах ниже.

Типовая расширенная (k=2) погрешность измерения чувствительности на частоте 250 Гц	Один дюйм	Половина дюйма	Четверть дюйма	Восьмая часть дюйма
	0,08 – 0,10 дБ	0,07 – 0,10 дБ	0,20 – 0,25 дБ	0,40 – 0,50 дБ

Расчетная погрешность частотной характеристики электростатического актуатора не превышает:

	20 Гц	25 Гц	250 Гц	2,5 кГц	5 кГц	10 кГц	20 кГц	40 кГц	80 кГц	100 кГц
Погреш-ность (k=2)	0,1 дБ	0,1 дБ	Опорн. част.	0,1 дБ	0,1 дБ	0,12 дБ	0,2 дБ	0,20 дБ	0,25 дБ	0,30 дБ

Замечание: Если характеристики в свободном пространстве или в диффузном поле определяются путем добавления значения коррекции к измеренным характеристикам актуатора, их результирующая погрешность возрастает на значение погрешности значения коррекции. Как правило, полная погрешность оказывается приблизительно в два раза больше погрешности характеристики актуатора.

Программное обеспечение системы позволяет выполнить проверку частотной характеристики с веденными для каждого типа микрофона допусками. Проверка может быть выполнена с полными допусками или с уменьшенными допусками, учитывающими погрешность калибровки.

После окончания измерения система позволяет модифицировать TEDS датчиков, состоящих из микрофона и предусилителя. TEDS расшифровывается как "электронная таблица характеристик датчика" и представляет собой информацию в памяти, встроенной в предусилитель современных микрофонов. В этой памяти хранятся характеристики единого блока микрофона с предусилителем. Эта информация предназначена для автоматической идентификации датчика и настройки канала измерения, к которому подключен датчик, такая память особенно полезна в многоканальных системах. Система калибровки типа 9721 позволяет скорректировать значение чувствительности и сопутствующих данных.

Система обеспечивает автоматическое создание и вывод на печать поверочного сертификата. В любое время возможен поиск и вывод результатов калибровки из базы данных системы. Результаты калибровки можно сохранить в файлах аналогично характеристикам на компакт-дисках в комплекте новых микрофонов компании B&K, эти данные можно экспортировать в формате Microsoft Excel для детального анализа.

Средства автоматического измерения условий окружающей среды
В системе предусмотрены средства автоматического измерения давления, температуры и относительной влажности окружающей среды. При активации соответствующей функции, система будет считывать файлы с записями влияния соответствующих параметров окружающей среды и использовать хранимые в них значения для внесения необходимых корректировок. Это означает, что пользователь системы может использовать средства измерений внешних параметров по своему усмотрению; необходимо только обновлять соответствующие файлы в установленные сроки.

Средства измерения фазовой характеристики с использованием электростатического актуатора
Конструкция системы позволяет с использованием электростатического актуатора измерять не только абсолютные значения характеристик, но также и фазовые характеристики микрофона. Эти средства позволяют сравнивать характеристики микрофонов с использованием актуатора, но не измерять абсолютные фазовые характеристики, поскольку погрешности таких измерений не были проанализированы и документированы.

Основная комплектация системы (смотрите дополнительные подробности в отдельном списке)

- Многоканальный анализатор PULSE типа 3560 (версия 25 кГц или 100 кГц)
- Блок формирователя напряжений для электростатического актуатора (100 В перем. тока, 800 В пост. тока) и для активной акустической камеры калибровки чувствительности (25 В перем. тока)
- Электростатические актуаторы для микрофонов с размерами один и половина дюйма и адаптеры для микрофонов с размерами 1/4 и 1/8 дюйма
- Акустические камеры калибровки чувствительности микрофонов с размерами один и половина дюйма с адаптерами для микрофонов с размерами 1/4 и 1/8 дюйма
- Лабораторный стандартный микрофон типа 4180 (1 узел) – эталон системы
- Измерительный микрофон типа 4192 (1 узел) – рабочий эталон
- Сертификат калибровки микрофона типа 4180 в Главной акустической лаборатории Дании (DPLA)
- Предусилители (1/2 дюйма) типа 2673 с устройством ввода замещающего напряжения (2 узла), оснащенные адаптерами для микрофонов с размерами один, 1/4 и 1/8 дюйма
- Предусилитель типа 2670 с адаптером для микрофона размером 1/8 дюйма

- Стойки микрофона и акустической камеры UA1284 и WA0852 с упругими фиксаторами
- Все необходимые кабели
- Руководство пользователя, содержащее описание процедур калибровки и поверки, принципов работы, а также перечни составляющих погрешностей
- Опциональные услуги установки на месте использования и подготовки кадров

Калибровочный комплект
Полудюймовый микрофон установлен для калибровки поверх активной акустической камеры калибровки WA0817 и рабочего эталонного микрофона типа 4192. Стандартный микрофон и его предусилитель расположены в акустической камере и в стойке акустической камеры WA0852 соответственно.

Система калибровки микрофонов типа 9721 на основе анализатора PULSE, стойка акустической камеры калибровки чувствительности (слева) и комплект электростатического актуатора (справа).

Компания Brüel & Kjær, октябрь 2006 года, EF