

НЧ для возбуждения испытуемой головки (компьютерную аудиосистему), микрофон и соответствующее программное обеспечение.

При измерениях АЧХ громкоговорителя особые требования предъявляются к микрофону. Он должен иметь широкий частотный диапазон, не уже 30–18000 Гц, «гладкую» АЧХ, небольшие размеры мембраны.

В основе каждого микрофона лежит преобразователь – просто механизм, преобразующий одну форму энергии в другую. Источником (входом) энергии является звуковой сигнал, а выходом – электрический. Форма полученного электрического сигнала повторяет акустический входной сигнал с минимально возможными искажениями. Все направленные микрофоны должны (по определению) до некоторой степени изменять воспринимаемый звук. Невозможно изменить характеристики направленности, не изменяя при этом характер воспринимаемого

звука. Это не обязательно «плохо», просто звук становится другим.

Самые высокие электроакустические параметры имеют конденсаторные микрофоны, и в этом их основное преимущество по сравнению с другими разновидностями микрофонов. Частотная характеристика конденсаторного микрофона отличается своей равномерностью. В диапазоне до резонанса мембраны неравномерность может быть очень малой, выше резонанса она несколько увеличивается. Вследствие малой неравномерности характеристики конденсаторные микрофоны используют как измерительные. Измерительные микрофоны изготавливают на диапазон частот от 20–30 Гц до 30–40 кГц с неравномерностью 1 дБ до частоты 10 кГц и не более 6 дБ свыше 10 кГц. Размеры капсуля такого микрофона берут в пределах 6–15 мм, из-за этого он практически не направлен до частоты 20–40 кГц. Чувствительность его не превышает – 60 дБ.

УДК 534.64

АКУСТИКА И ЗВУК. АУДИОМЕТРИЯ КАК ЧАСТЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ АКУСТИКИ Линкевич О.С.¹, Гуревич В.Л.²

¹РУП «Белорусский государственный институт метрологии»

²Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Измерения остроты слуха с целью его исследования, диагностики, сохранения и восстановления обуславливают широкую применимость аудиометров. Аудиометрия представляет собой абсолютно безболезненную процедуру, необходимую для точного определения порогов слышимости. Данный метод диагностики уже долгое время активно используется во многих странах мира, так как он практически не имеет каких-то существенных недостатков.

Ключевые слова: акустика, аудиометр, тональная аудиометрия.

ACOUSTICS AND SOUND. AUDIOMETRY AS A PART OF PHYSIOLOGICAL ACOUSTICS Linkevich O.¹, Hurevich V.²

Belarusian State Institute of Metrology

*²Belarusian National Technical University
Minsk, Belarus*

Abstract. Measurements of hearing acuity for the purpose of its research, diagnosis, preservation and restoration determine the wide applicability of audiometers. Audiometry is a completely pain-free procedure necessary to accurately determine the hearing thresholds. This diagnostic method has been actively used for a long time in many countries of the world, since it practically does not have any significant drawbacks.

Key words: acoustics, audiometer, tone audiometry.

*Адрес для переписки: Линкевич О.С., пр. Независимости, 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: oleg.linkevich99@yandex.ru*

Акустика. Акустика – наука о звуке, изучающая физическую природу звука и проблемы, связанные с его возникновением, распространением, восприятием и воздействием. Акустика является одним из направлений физики (механики), исследующих упругие колебания и волны от самых низких (условно от 0 Гц) до высоких частот. Акустика описывает генерацию, распространение и отражение звука, а также математи-

ческие основы этих явлений. При математическом описании чистого тона на определенной высоте часто используется синусоидальная функция, чтобы показать колебания звукового давления в какой-то момент, например, в момент достижения барабанной перепонки. Синусоида показывает, что звуковую волну можно описать исходя из четырех характеристик: длина волны, частота, амплитуда и фаза.

Основные параметры и характеристики аудиометрии. Диагностика слуха и состояния среднего уха может быть субъективной (аудиометрия) и объективной (импедансометрия). Субъективные методы реализуются при взаимодействии врача и пациента, в процессе исследования регистрируется реакция на разные звуки. В основе субъективной диагностики лежит прослушивание тональных сигналов. Объективные же методы не зависят от его условной реакции.

Импедансометрия – метод оценки функционального состояния среднего уха. Во время процедуры ухо пациента закрывается датчиком, через который подаются звуковые сигналы. Когда звуковая волна достигает барабанной перепонки, часть ее отражается и может быть измерена. По результатам полученных данных можно выявить дисфункцию слуховой трубы, наличие жидкости в среднем ухе (признак воспалительного процесса), наличие перфорации или рубцовые изменения барабанной перепонки.

Аудиометрия – измерение остроты слуха, определение слуховой чувствительности к звуковым волнам различной частоты. Исследование проводит врач-сурдолог. В ходе исследования оценивается способность воспринимать звуковые стимулы на разных частотах, с различной интенсивностью. Точное исследование проводят с помощью аудиометра, но иногда может проводиться проверка с применением камертонов. Аудиометрия позволяет исследовать как костную, так и воздушную проводимость. Результатом тестов является аудиограмма, по которой отоларинголог может диагностировать потерю слуха и различные болезни уха. Регулярное исследование позволяет выявить начало потери слуха.

Субъективная аудиометрия бывает:

- тональная;
- речевая.

Тональная аудиометрия – исследование, позволяющее оценить порог слышимости (в децибелах) типовых частот. Тестирование проводится на типовых частотах в диапазоне (125–8000 Гц). Для полной проверки слуха во всем диапазоне частот применяется тестирование в расширенном частотном диапазоне (125–20 000 Гц).

Речевая аудиометрия проводится для выявления качества распознавания человеческой речи на различных уровнях звукового давления (в децибелах).

Помимо уровня звукового давления, существуют другие характеристики, которые могут быть использованы вместе со шкалой в децибелах для аудиологических и аудиометрических измерений.

В аудиометрии шкала децибел уровня звукового давления для обозначения порога слышимости не используется. Вместо нее слуховые поро-

ги слышимости измеряются в децибелах уровня слышимости (дБ HL – decibels hearing level). Эта шкала соотносится с кривой, соответствующей нормальным слуховым порогам. Показатель в 0 дБ HL будет соответствовать среднему нормальному порогу слуха на различных аудиометрических тестовых частотах.

Чтобы определить тип тугоухости, в аудиологии используют возможность передачи сигнала на улитку двумя способами: использование воздушной и костной проводимости.

Воздушная проводимость – передача звука в улитку через слуховой проход и среднее ухо.

Костная проводимость – передача звука в улитку в результате вибрации черепа.

Воздушная проводимость измеряется с помощью подачи тестового сигнала тестируемому через головные телефоны. Также используются телефоны с ушными вкладышами, состоящие из маленьких трубочек.

Для измерения порогов по костной звукопроводимости используется костный вибратор. Вибратор помещается на височную кость или за ухом.

Виды аудиометров. Аудиометр – электроакустический прибор для точного измерения остроты слуха. По характеру сигнала, которым измеряется слух, аудиометры разделяются на тональные и речевые. Часто они совмещаются в одном аппарате. При измерении тональным аудиометром острота слуха определяется по порогам слышимости чистых (то есть синусоидальных) тонов; при измерении речевым аудиометром – либо по порогам слышимости, либо по порогам разборчивости речи, то есть по минимальным интенсивностям звука, при которых обеспечивается удовлетворительный процент разборчивости речевого сигнала.

Аудиометрический метод используется для определения потери слуха на основе измерения психофизического параметра порога физиологического ощущения. Данный параметр измеряется посредством изменения частоты звука и его громкости.

С помощью аудиометра проводятся исследования остроты слуха и диагностируются нарушения, выполняется оценка чувствительности слухового аппарата к звуковым колебаниям.

Современные аудиометры классифицируются на три вида:

- клинические;
- поликлинические (диагностические);
- скрининговые.

Назначение скрининговых аудиометров – тональная диагностика по воздушной звукопроводимости. Как правило, у скрининговых аудиометров костная проводимость не предполагается. Когда подается условный сигнал, происходит анализ порогов слышимости.

Клинические аудиометры представляют собой автоматизированные двухканальные приборы, благодаря которым оценивается состояние и качество слуха по костному и воздушному звукопроводению. Клинический аудиометр дает возможность обнаруживать пороги слышимости и проводить дифференциальную диагностику в свободном поле. Если использовать такой аппарат, можно выявить нарушения уже на раннем этапе.

Одна из основных отличительных особенностей поликлинических аудиометров, которые также называются диагностическими, – это расширенные

возможности диагностики. Устройство используется не только для анализа слуха по костной и воздушной проводимости за счет измерения порогов слышимости, но и для оценки качества речи, ее разборчивости. Посредством поликлинических аудиометров проводится анализ параметров (индекс чувствительности к приростам интенсивности, порог восприятия силы звука).

В основе принципа действия тонального аудиометра лежит подача звукового тестового тонального сигнала с известными параметрами (частота, уровень звукового давления) в наружный слуховой проход исследуемого уха.

УДК 621.317.799:621.382

МАТРИЧНЫЙ МОДУЛЬ КОММУТАЦИИ

Лисенков Б.Н., Гришковец И.А.

ОАО «МНИПИ»

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Рассмотрена конструкция матричного модуля коммутации. Приведены достигнутые метрологические параметры модуля.

Ключевые слова: матричный коммутатор, модуль коммутации, метрологические параметры.

THE MATRIX SWITCHING MODULE

Lisenkov B., Grishkovets I.

MNIP

Minsk, Belarus

Annotation. The design of the switching matrix module is considered. Metrological parameters of the switch are achieved and given.

Keywords: the matrix switcher, the switching module, metrological parameters.

Адрес для переписки: Лисенков Б.Н., ул. Якуба Коласа 73, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: lisenkovmnipi@tut.by

Модуль коммутации выполнен на герконных реле, включающих основной и вспомогательный герконы. Реле установлены на печатной плате в узлах матрицы коммутации объемом 4×12 на пересечениях линий (А, В, С, D) и колонок (1–12) матрицы. Для повышения технологичности и снижения затрат, выходные порты модуля, связанные с колонками матрицы, выполнены на клеммниках разъемных (вилка на плату). Предусмотрена возможность расширения объема матрицы коммутации путем объединения нескольких модулей.

Для уменьшения паразитных наводок, каждая линия матрицы содержит дополнительное реле, которое служит для отключения остальных реле этой линии, при условии, что ни один из ее узлов не должен быть замкнут.

Дальнейшее снижение паразитных наводок и утечек в цепи коммутируемого сигнала достигнуто за счет топологии платы коммутации. Практически вся цепь, по которой распространяется коммутируемый сигнал на плате коммутации, охвачена «охранной» поверхностью, являющейся эквипотенциальной по

отношению к коммутируемому сигналу. Источником эквипотенциального сигнала служит измеритель ВАХ, подключенный к линиям (входам) матрицы [1].

Кроме того, линии и колонки матрицы экранированы с помощью «охранной» поверхности соответствующей конфигурации, расположенной по обе стороны платы коммутации на экранирующих платах.

На рис. 1, а показано расположение элементов на плате коммутации, содержащей матрицу коммутации и драйверы для управления этой матрицей. На рис. 1, б и 1, в показана конфигурация и конструктивное исполнение «охранной» поверхности на платах, экранирующих матрицу со стороны колонок и со стороны линий, соответственно.

Проводящие полоски на экранирующих платах подключают к проводнику «охранной» поверхности на плате коммутации в нескольких точках с помощью одноштырьковых разъемов.

Эквипотенциальный сигнал «охраны» коммутируют в узлах матрицы одновременно с основным сигналом с помощью вспомогательного геркона.