

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ АКУСТИЧЕСКОГО ЗВУКОВОСПРОИЗВОДЯЩЕГО КОМПЛЕКСА

Каримов Бактыбек Токтомурастович, к.т.н., профессор каф. "Радиоэлектроника", Институт Электроники и Телекоммуникаций при КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: karimov_bt@mail.ru

Голомазов Евгений Георгиевич, старший преподаватель каф. "Радиоэлектроника", Институт Электроники и Телекоммуникаций при КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: exodus_09@mail.ru

Кармышаков Аскарбек Камалдинович, к.т.н., доцент каф. "Радиоэлектроника", Институт Электроники и Телекоммуникаций при КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: askar1969@mail.ru

В данной статье представлена структура и произведен анализ акустического звуковоспроизводящего комплекса. Графически показан состав комплекса, последовательность прохождения сигналов и их параметры. В первой части статьи представлены разновидности акустических микрофонов, критерии их выбора. Также показаны диаграммы направленности микрофонов различных видов. В разделе – микшеры определен принцип работы сумматора аналоговых сигналов, приведены режимы работы записи и воспроизведения – моно, стерео, квадро и т.д. Работу эквалайзера поясняют схема и расчеты активного полосового фильтра на операционных усилителях. В конце статьи представлена работа усилителя мощности низкой частоты, методы согласования сопротивлений и мощностей. Требования по постоянству коэффициента усиления в пределах полосы пропускания, для всех узлов комплекса, определяются их амплитудно-частотными характеристиками.

Ключевые слова: микрофон, диаграмма направленности, микшер, эквалайзер, усилитель, акустические колонки, полосовой фильтр, звуковая частота

АКУСТИКАЛЫК ҮНДҮ КАЙРА ЧЫГАРУУ КОМПЛЕКСИН ТУТУМДУК ТАЛДОО

Каримов Бактыбек Токтомурастович, И. Раззаков атындагы КМТУнун алдындагы Электроника жана Телекоммуникациялар институнун "Радиоэлектроника" кафедрасынын профессору, т.и.к, Кыргызстан, 720044, Бишкек шаары, Тынчтык пр. 66, e-mail: karimov_bt@mail.ru

Голомазов Евгений Георгиевич, И. Раззаков атындагы КМТУнун алдындагы Электроника жана Телекоммуникациялар институтунун "Радиоэлектроника" кафедрасынын ага окутуучусу, Кыргызстан, 720044, Бишкек шаары, Тынчтык пр. 66, e-mail: exodus_09@mail.ru
Кармышаков Аскарбек Камалдинович, И. Раззаков атындагы КМТУнун алдындагы Электроника жана Телекоммуникациялар институтунун "Радиоэлектроника" кафедрасынын доценти, т.и.к, Кыргызстан, 720044, Бишкек шаары, Тынчтык пр. 66, e-mail: askar1969@mail.ru

Бул статьяда акустикалык үндү кайра чыгаруу комплексин талдоо жүргүзүлгөн жана анын тутуму келтирилген. Графикалык түрдө комплекстин курамы, сигналдардын өтүү ырааты жана алардын параметрлери көрсөтүлгөн. Статьянын биринчи бөлүгүндө акустикалык микрофондордун түрлөрү, аларды тандоо критерийлери сунушталган. Ошондой эле ар кандай түрдөгү микрофондордун багытталма диаграммалары көрсөтүлгөн. Микшерлер бөлүмүндө аналогдук сигналдардын суммалагычынын иштөө принциби аныкталган, моно, стерео, quadro ж.б. үндү жазуунун жана кайра чыгаруунун иштөө режими келтирилген. Эквалайзердин иштөөсүн схема жана операцияндук күчөткүчтөрдөгү активдүү тилке чыпкалагычты эсептөө түшүндүрөт. Статьянын соңунда төмөнкү жыштыктагы кубаттуулукту күчөткүчтүн иштөөсү, кубаттуулуктарды жана каршылыктарды келиштирүү ыкмалары сунушталган. Комплекстин бардык туйүндөрү үчүн өткөрүү тилкесинин чегинде күчөтүү коэффициентинин туруктуулугу боюнча талаптар алардын амплитуда-жыштык мүнөздөмөлөрү менен аныкталат.

Чечмелөөчү сөздөр: микрофон, багытталма диаграммасы, микшер, эквалайзер, күчөткүч, акустикалык колонкалар, тилке чыпкалагыч, үн жыштыгы.

THE STRUCTURAL ANALYSIS OF THE ACOUSTIC SOUND-REPRODUCING COMPLEX

Karimov Baktybek Toktomuratovich, PhD (Engineering), Associate Professor of dep. "Radio electronics", Kyrgyzstan, 720044, c. Bishkek, Institute of Electronics and Telecommunications at KSTU named after I. Razzakova, e-mail: karimov_bt@mail.ru

Golomazov Evgeny Georgievich, The senior teacher of dep. "Radio electronics", Kyrgyzstan, 720044, c. Bishkek, Institute of Electronics and Telecommunications at KSTU named after I. Razzakova, e-mail: exodus_09@mail.ru

Karmyshakov Askarbek Kamaldinovich, PhD (Engineering), Associate Professor of dep. "Radio electronics", Kyrgyzstan, 720044, c. Bishkek, Institute of Electronics and Telecommunications at KSTU named after I. Razzakova, e-mail: askar1969@mail.ru

In This article the structure is presented and the analysis of an acoustic sound-reproducing complex is made. The complex structure, sequence of passage of signals and their parameters is graphically shown. In the first part of article versions of acoustic microphones, criteria of their choice are presented. Also diagrams of an orientation of microphones of various kinds are shown. In section - mixers the principle of work of the adder of analogue signals is defined, record and reproduction operating modes - mono, stereo, quadra etc. Equalizer' Work is explained by the scheme and calculations of the active strip filter on operational amplifiers. In the end of article work of the amplifier of low frequency, methods of the coordination of resistance and power is presented. Requirements on constancy of factor of strengthening within a pass-band, for all knots of a complex, are defined by their peak-frequency characteristics.

Key words: microphone, polar pattern, mixer, equalizer, amplifier, speakers, bandpass filter, sound frequency

Структурная схема акустического комплекса (АК) показана на рис. 1.

Аббревиатура по схеме, соответственно:

- МК – микрофон;
- лин. – линейный (вход/выход);
- ЛК, ПК – левый, правый канал;
- НЧ, СЧ, ВЧ – низкие, средние, высокие частоты.

Как видно из схемы, в состав АК входят – источники сигналов, микшерный пульт, эквалайзер, усилитель мощности, акустические колонки.

Источниками могут служить сигналы от микрофонов, компьютеров, планшетов, MP3-плееров и т.д. Рекомендуемый уровень сигнала на линейных входах и выходах составляет 500 мВ.

Ниже представлены микрофоны по принципу действия [5]:

- Динамический микрофон — по конструкции аналогичен динамику обычной колонки. Главное отличие заключается в том, что вместо подачи напряжения на катушку динамика для создания звука, с этой катушки снимается напряжение, которое создается внешним звуковым сигналом, например, каким-либо инструментом или голосом. Однако динамический микрофон по конструкции отличается от динамика колонки. У него другая конструкция диафрагмы. Его катушка содержит большее количество витков и намотана гораздо более тонким проводом.

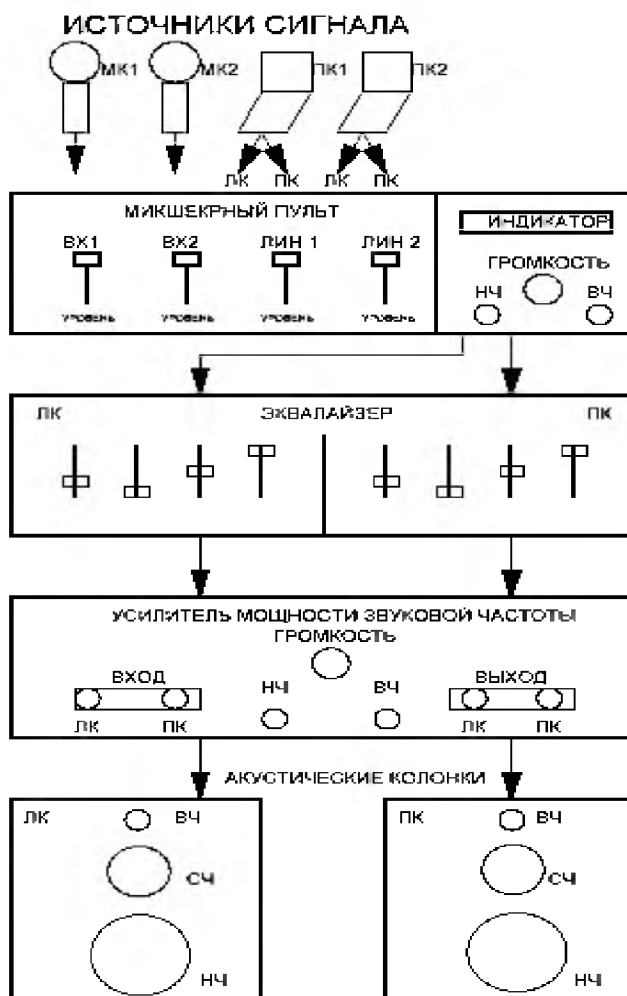


Рис. 1.

- Конденсаторный микрофон представляет собой конденсатор, одна из обкладок которого состоит из эластичного материала. При звуковых колебаниях она изменяет емкость самого конденсатора. Если конденсатор заряжен, то изменение емкости приводит к изменению напряжения, которое является полезным сигналом с микрофона. Для работы такого оборудования между обкладками должно быть приложено поляризующее напряжение (питание 48 В).

Одной из главных характеристик микрофона является то, как он реагирует на звук, в зависимости от его направленности. Распределение отклика микрофона на звук в пространстве, приходящего из всех направлений, называют диаграммой направленности микрофона.

Существует несколько типов диаграмм направленности:

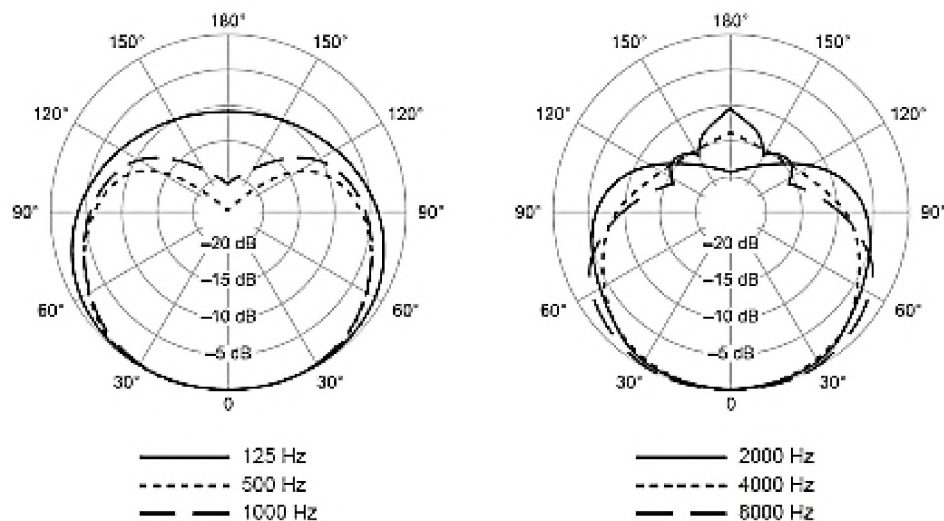
- Круговая (сферическая) диаграмма.

Такой диаграммой направленности обладают всенаправленные микрофоны, что позволяет им одинаково снимать звук, приходящий со всех направлений. Всенаправленные микрофоны имеют очень ровный частотный отклик, по сравнению с микрофонами, имеющими другую диаграмму направленности. Правильно позиционировав микрофон можно добиться нужной степени микширования звука напрямую от инструментов, передающих акустику помещения.

Так же из-за своего свойства одинаково снимать звук с различных направлений, всенаправленные микрофоны не изолируют источник звука. Эта проблема проявляется, когда необходимо записать несколько инструментов и при этом их отделить по звуку друг от друга.

Кардиоидная диаграмма показана на рис. 2.

У кардиоидных микрофонов диаграмма направленности напоминает форму сердца. При такой диаграмме лучше всего звук снимается спереди микрофона, чуть хуже – по бокам (имеется ввиду, что звук, приходящий с левой и правой стороны микрофона будет менее громок), и практически не снимается сзади микрофона.



Polar Pattern
Рис. 2.

Получается, что если необходимо одновременно записать несколько инструментов изолировав их друг от друга, то кардиоидный микрофон более приемлем. У кардиоидных микрофонов есть эффект приближения, поэтому чем ближе микрофон к источнику звука, тем больше низких частот.

Гиперкардиоидная диаграмма направленности (рис. 3).

У гиперкардиоидных и суперкардиоидных (у суперкардиоиды чуть меньшая направленность и меньший задний лепесток чувствительности по сравнению с гиперкардиоидной диаграммой) микрофонов диаграмма направленности похожа на кардиоидную, но с еще меньшей чувствительностью по бокам.

Можно подобрать расположение микрофона относительно мониторов, таким образом, чтобы они оказались в «мертвой точке» диаграммы направленности. Это даст хороший контроль над обратной связью.

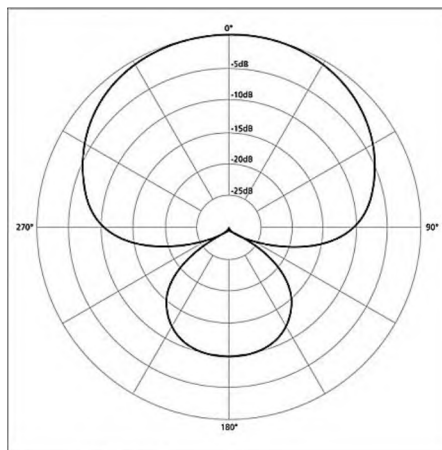


Рис. 3.

Диаграмма направленности «восьмёрка» (рис. 4).

Микрофон хорошо реагирует на звук спереди и сзади, но почти не реагирует по краям. Микрофоны с такой диаграммой направленности обычно используют в студии, и почти не используются на сцене. Их можно использовать, чтобы одновременно снять звук инструмента и акустику помещения, или даже два инструмента, стоящих друг напротив друга. Микрофоны с 8-подобной диаграммой используют для специальной стерео записи симфонических оркестров.

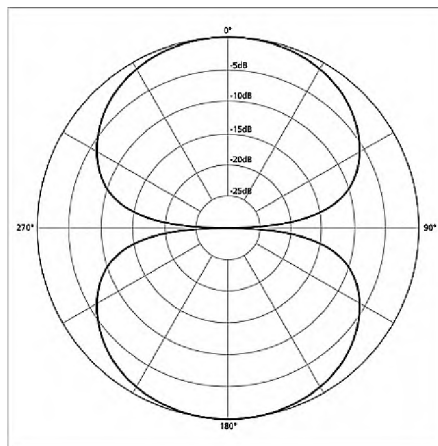


Рис. 4.

Сигналы от источников поступают на отдельные входы микшерного пульта [3], которые осуществляют предварительное усиление с регулировкой громкости каждого канала. Далее сигналы со всех входов складываются (микшируются), поступая на резистор общей громкости. После регулировки по низким и высоким частотам смикшированные сигналы поступают на линейный выход, разделенный по правому и левому каналам (режим «стерео»).

Существуют несколько режимов записи, обработки и воспроизведения звуковых сигналов: - моно; стерео; псевдо стерео; квадро и т.д.

В режиме “моно” сигнал снимается с одного или нескольких источников и микшируется в один выходной канал.

Для более естественного (пространственного) звучания применяется режим “стерео”, при котором сигналы снимаются с двух или более точек, разнесенных в пространстве. После обработки и усиления сигналы по отдельным каналам поступают на выделенные акустические колонки.

Эффект “псевдо стерео” достигается разделением по времени одного и того же сигнала, обычно электролитическим конденсатором большой емкости.

Эффект “квадро” применяется для более объемного и насыщенного звучания. При этом в пространстве размещаются четыре независимых источника – спереди (справа и слева), а также с тыльной стороны.

С линейного выхода микшера сигналы поступают на эквалайзер. Диапазон звуковых частот лежит в пределах – от 20 Гц до 20 кГц. В полном звуковом сигнале, например оркестрового произведения, содержится множество составляющих и гармоник, разнесенных по всему звуковому диапазону. Уровни этих составляющих неравномерны, поэтому для комфортного прослушивания и восприятия произведения человеком, необходимо корректировать их на разных частотах. Это осуществляется графическим эквалайзером, регулируемым уровни с помощью активных фильтров по звуковому диапазону. Пример перечня регулируемых частот десяти полосного эквалайзера представлен ниже:

31 Гц, 63 Гц, 125 Гц, 250 Гц, 500 Гц, 1кГц, 2 кГц, 4 кГц, 8 кГц, 16 кГц.

Активные полосовые фильтры [6] проектируются на основе операционных усилителей.

Как следует из названия, полосовой фильтр фильтрует все частоты, пропуская только частоты, находящиеся в определенном диапазоне. Все частоты за пределами данного частотного диапазона ослабляются.

Существуют два главных параметра, определяющих характеристики полосового фильтра: полоса пропускания, где фильтр пропускает сигналы и полоса затухания, в которой сигналы ослабляются.

Расчет полосового фильтра (рис. 5).

Ниже показана схема конструкции фильтра на основе операционного усилителя.

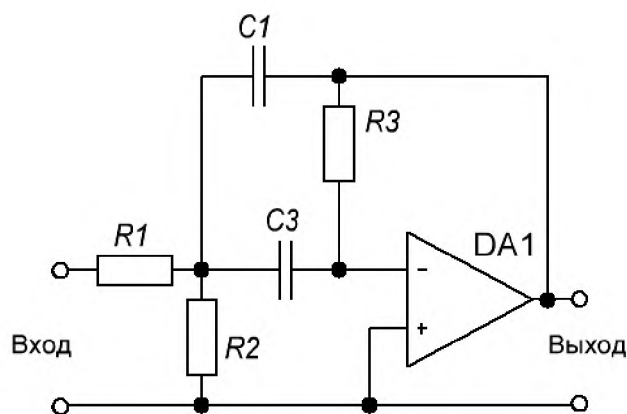


Рис. 5.

Схема содержит операционный усилитель, два конденсатора и три резистора.

Входные данные для фильтра:

- Резонансная частота, f ;
- Добротность, Q ;
- Коэффициент передачи, H_0 .

Ширина полосы пропускания - $f_{max} - f_{min} = f / Q$.

На практике принимают - $C1=C3=C$.

Тогда сопротивления резисторов можно рассчитать по следующим формулам:

$$R1 = \frac{Q}{\omega_o \cdot C \cdot H_o},$$

$$R2 = \frac{Q}{\omega_o \cdot C (2Q \cdot Q - H_o)},$$

$$R3 = \frac{2Q}{\omega_o \cdot C},$$

$$\omega_o = 2\pi f.$$

Идеальный полосовой фильтр имеет ровную полосу пропускания и полное затухание вне полосы.

На практике невозможно создать идеальный полосовой фильтр. Реальный фильтр неспособен полностью задержать все частоты за границами необходимого диапазона частот. Также, имеется область в непосредственной близости у границы заданного диапазона, где сигнал частично ослабляется, но не отфильтровывается полностью. Эта область носит название - крутизна спада фильтра, и измеряется в дБ затухания на октаву.

В схеме с одним операционным усилителем желательно, чтобы коэффициент передачи не превышал 5 и добротность была не более 10. Для получения качественного фильтра параметры резисторов и конденсаторов должны как можно ближе соответствовать расчетным значениям.

Частотно обработанные сигналы поступают на линейные входы усилителя мощности низкой частоты (УМЗЧ) [1]. В УМЗЧ осуществляется каскадное усиление сигналов по правому и левому каналам. Основными параметрами УМЗЧ являются – выходная мощность (Ватт) и выходное сопротивление (Ом).

Усиленный до определенного уровня мощности сигнал поступает на акустические колонки [2]. В акустических колонках осуществляется преобразование электрических сигналов в звук. Параметры акустических колонок – номинальная мощность и входное сопротивление (импеданс).

Общие требования по согласованию УМЗЧ и акустических колонок:

- сопротивления усилителя и колонок должны быть равны.

Стандарты - 2, 4, 8, 16 Ом;

- номинальная мощность акустических колонок должна быть на треть больше выходной мощности УМЗЧ.

Акустические колонки разделяются на 2 типа:

- широкополосные, в которых динамики работают во всей полосе частот;

- частотно разделенные. В такой системе применяются динамики низко, средне и высоко частотные, разделенные соответствующими фильтрами. В некоторых случаях, для прокачки больших мощностей, для колонок НЧ, СЧ и ВЧ применяются отдельные усилители.

Все соединительные провода на линейных входах и выходах АК должны быть экранированными. Провода с УМЗЧ к акустическим колонкам – неэкранированные, по диаметру соответствующие мощности сигнала.

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) для микшерного пульта, эквалайзера и УМЗЧ должна быть линейной во всем звуковом диапазоне частот.

При эксплуатации акустического комплекса рекомендуется не превышать уровни сигналов выше предельных значений, для предотвращения нелинейных искажений.

Выводы: Для качественного воспроизведения звуковых сигналов необходим полный комплекс вышеуказанной аппаратуры, корректная регулировка уровней и частот, соблюдение стандартов по соотношению уровней сигналов и сопротивлениям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кортюв В.С., Никифоров С.В. Аналоговые устройства электронных приборов. Издательство: Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2016г.

ИНТЕРНЕТ РЕСУРСЫ

1. <http://nemalo.net/books/431895-usiliteli-nizkoy-chastoty-sbornik-28-knig-1961-2012-djvupdf.html>. Усилители низкой частоты. Сборник 28 книг (1961-2012) DJVU,PDF
2. <https://setafi.com/elektronika/kolonki/akusticheskie-kolonki-eto/>
3. http://referatwork.ru/category/muzyka/view/195609_lekciya_1_mikshernyy_pul_t
4. <http://jablog.ru/blog/studio-1/3824.html>
5. <https://muzrock.com/zvukozapis/mikrofony>
6. <http://www.joyta.ru/7299-polosovoj-filtr-na-ou-raschet-polosovogo-filtra/>