

3.

**ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ
ДЛЯ СИСТЕМ
ОПОВЕЩЕНИЯ**

В системах оповещения о пожаре громкоговоритель является конечным исполнительным элементом, и его параметры оказывают решающее влияние на качество передачи аудиоинформации, а в конечном итоге и на обеспечение безопасности людей, следовательно, применительно к СОУЭ:

Громкоговоритель (звуковой оповещатель) – это устройство, преобразующее электрический звуковой сигнал на входе в акустический сигнал в заданных динамическом и частотном диапазонах на выходе. Для обеспечения надлежащего качества громкоговоритель должен воспроизводить звуковой сигнал в допустимом частотном и динамическом диапазонах, с минимальной неравномерностью звукового поля.

3.1 Классификация громкоговорителей

Возможная классификация громкоговорителей, применяемых для построения систем звукового обеспечения (СЗО) и СОУЭ 3-5 типов представлена на рис. 3.1.

Данная классификация весьма условна и позволяет охватить лишь наиболее существенные признаки, среди которых выделим 3 основных:

- по степени защиты IP;
- по характеристикам;
- по конструктивному исполнению.

Классификация громкоговорителей по степени защиты IP

Громкоговорители – это электротехнические устройства, которые наряду с другим оборудованием, классифицируются по степени защиты (International Protection)

Под степенью защиты понимается способ, ограничивающий доступ к опасным частям (токоведущим, опасным механическим частям), попадания внешних твердых предметов и (или) воды внутрь оболочки.

Маркировка степени защиты оболочки электрооборудования осуществляется при помощи международного знака защиты (IP) и двух цифр, первая из которых означает защиту от попадания твердых предметов, вторая – от проникновения воды

Наиболее распространенными для громкоговорителей, являются 3 степени:

IP-41, где: 4 – защита от посторонних предметов размером более 1 мм, 1 – Вертикально капающая вода не должна нарушать работу устройства. Громкоговорители такого класса чаще всего устанавливаются в закрытых помещениях.

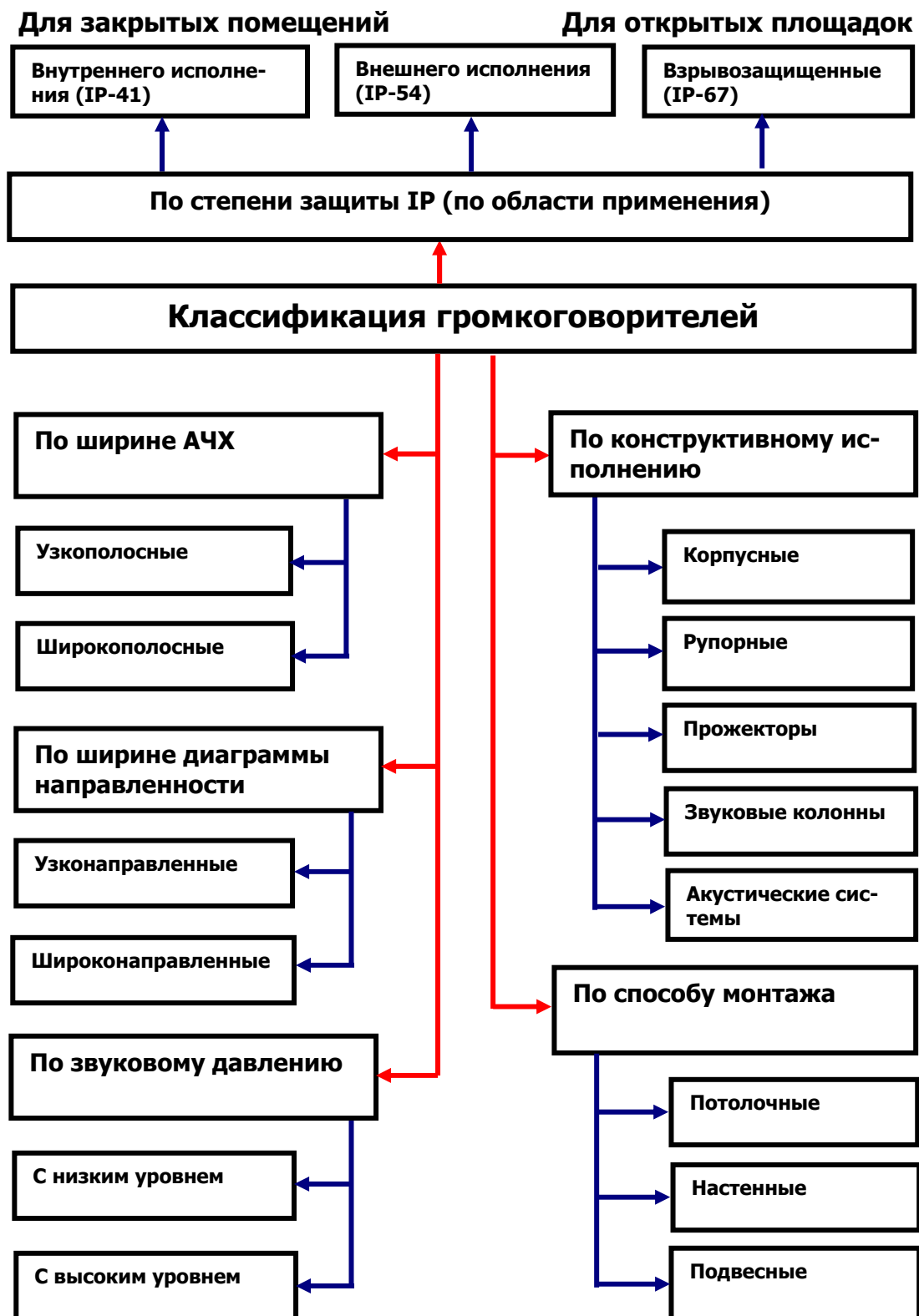


Рис. 3.1 Классификация громкоговорителей

IP-54, где: 5 – пылезащита. Некоторое количество пыли может проникать внутрь, однако это не нарушает работу устройства. 4 – Брызги. Защита от брызг, падающих в любом направлении. Громкоговорители такого класса чаще всего устанавливаются на открытых площадках.

IP-67, где: 6 – пыленепроницаемость. Пыль не может попасть в устройство. Полная защита от контакта, 7 – При кратковременном погружении вода не попадает в количествах, нарушающих работу устройства. Громкоговорители данного класса устанавливаются в местах подверженных критическим воздействиям. Существуют и более высокие степени защиты.

В зависимости от условий применения громкоговорители можно разбить на 3 группы:

1) Громкоговорители внутреннего исполнения, используются для применения в закрытых помещениях. Для данной группы громкоговорителей характерна невысокая степень защиты (IP-41).

2) Громкоговорители внешнего исполнения, используются для применения на открытых площадках. Такие громкоговорители иногда называют уличными. Для данной группы громкоговорителей характерна высокая степень защиты (IP-54).

3) Громкоговорители взрывозащищенного исполнения (или просто взрывозащищенные), используются для применения во взрывоопасных помещениях или на территориях с повышенным содержанием агрессивных (взрывоопасных) веществ. Для данной группы громкоговорителей характерна высокая степень защиты (IP-67). Такие громкоговорители применяются в нефтяной, газовой промышленности, на атомных станциях и т.д.

Классификация громкоговорителей по ширине АЧХ

Громкоговорители различают по ширине АЧХ, иногда говорят, по ширине частотного диапазона.

Частотная характеристика – частотный диапазон эффективно-воспроизводимых звуковых частот (измеряется в Гц).

На практике используется термин ширина АЧХ, хотя большинство производителей для своих громкоговорителей предоставляют диаграммные зависимости частоты от звукового давления, а не от амплитуды (см. рис. 3.2). В этом случае подобную зависимость называют частотной характеристикой по звуковому давлению (ЧХЗД).

Частотная характеристика громкоговорителя по звуковому давлению – это графическая или численная зависимость уровня звукового давления от

частоты сигнала, развиваемого громкоговорителем в определенной точке свободного поля, находящейся на определенном расстоянии от рабочего центра, при постоянном значении напряжения на выводах громкоговорителя.

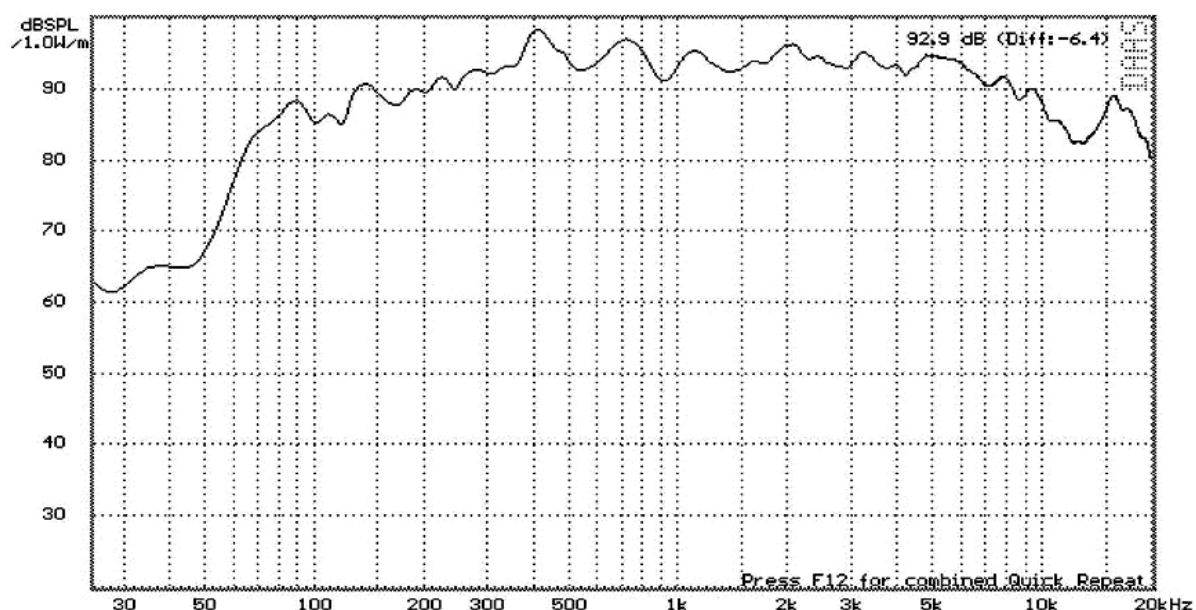


Рис. 3.2 Пример: АЧХ громкоговорителя ROXTON MS-40T

В зависимости от ширины АЧХ громкоговорители можно разделить на узкополосные, полосы которых достаточно только для воспроизведения речевой информации (от 200Гц до 5кГц) и широкополосные, которые имеют широкую АЧХ (от 40Гц до 20кГц) и применяются для воспроизведения не только речи, но и музыки.

Узкополосные громкоговорители

Узкополосные громкоговорители, характеризуются ограниченным значением АЧХ и как правило используются для воспроизведения речевой информации, находящейся в диапазоне от 200÷400Гц – низкий мужской голос, до 5÷9кГц – женское сопрано.

Зачастую ширина полосы пропускания, находится в обратной зависимости от уровня звукового давления. Данное соотношение варьируется конструктивными особенностями громкоговорителей, В качестве примера узкополосного громкоговорителя может служить рупорный громкоговоритель, рис. 3.3:



Рис. 3.3. Внешний вид рупорных громкоговорителей

Рупорные громкоговорители – характеризуются способом формирования излучения. Их диафрагма связана с внешней средой через рупор, который концентрирует излучение, отсюда и название рупорные. По сравнению с электродинамическими, рупорные громкоговорители обладают такими преимуществами, как высокая направленность излучения звуковых волн и высокий КПД (до 20%). Рупоры отличаются высокой концентрацией звуковой энергии в определенном направлении, что обеспечивает высокое звуковое давление. Конструктивно рупоры строятся таким образом, чтобы площадь их поперечного сечения изменялась по экспоненциальному закону. Рупоры имеют высокий класс защиты (IP-54), применяются для озвучивания открытых площадей. К недостатку данного громкоговорителя следует отнести узкий частотный диапазон, что делает их малопригодными для музыкальной трансляции.

Широкополосные громкоговорители

Широкополосные громкоговорители, характеризуются широкой АЧХ. На качество звучания громкоговорителя кроме ширины, влияет такой параметр как неравномерность частотной характеристики.

Неравномерность частотной характеристики звукового давления – это разность максимального и минимального значений уровней звукового давления громкоговорителя (в дБ) в заданном диапазоне частот. Данная величина самым непосредственным образом влияет на качество звучания громкоговорителя и, как следствие, на разборчивость речи. Из рис. 3.2 видно, что в диапазоне частот 80Гц до 18кГц, громкоговоритель MS-40T обеспечивает минимальную неравномерность частотной характеристики.

В качестве музыкальных громкоговорителей наиболее широкое применение имеют электродинамические громкоговорители. Другое их название диффузорные громкоговорители прямого излучения. Такие громкоговорители имеют хорошие характеристики, широкую диаграмму направленности, широкий частотный диапазон, приемлемый уровень звукового давления, что позволяет применять их для решения самого широкого класса задач – от музыкальной трансляции, до аварийного оповещения. Данные громкоговорители чаще всего используются для внутреннего монтажа, в закрытых отапливаемых помещениях.

Электродинамический громкоговоритель – это электроакустическое механическое устройство, служащее для воспроизведения звукового сигнала. Громкоговорители преобразуют электрический сигнал в звуковые волны, распространяющиеся в воздушной среде, с помощью механической подвижной системы (диафрагмы или диффузора), см. рис. 3.4.

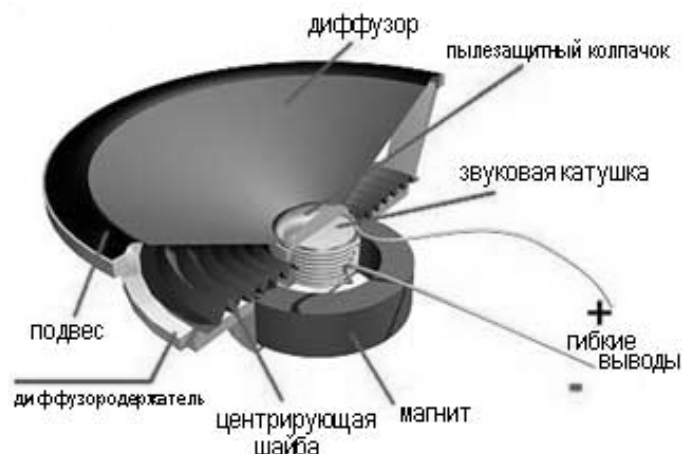


Рис. 3.4. Устройство электродинамического громкоговорителя

Основным рабочим узлом электродинамического громкоговорителя является диффузор, который осуществляет преобразование механических колебаний в акустические.

Диффузор громкоговорителя приводится в движение силой, действующей на жестко скрепленную с ним катушку, находящуюся в радиальном магнитном поле. В катушке течет переменный ток, соответствующий аудио сигналу, который должен воспроизвести громкоговоритель. Магнитное поле в громкоговорителе создается кольцевым постоянным магнитом и магнитной цепью из двух фланцев и керна. Катушка под действием силы Ампера свободно движется в пределах кольцевого зазора между керном и верхним фланцем, а ее колебания передаются диффузору, который в свою очередь создает акустические колебания, распространяющиеся в воздушной среде.

Классификация громкоговорителей по ширине диаграммы направленности

Громкоговорители различают по ширине диаграммы направленности *ШДН*.

Данный параметр зависит от типа и конструкции громкоговорителя и существенным образом от частотного диапазона.

Громкоговорители с узкой *ШДН*, называют узконаправленными (рупорные громкоговорители, прожекторы). Для узконаправленных громкоговорителей характерны: высокое звуковое давление и узкий частотный диапазон.

Громкоговорители с широкой *ШДН*, называют широконаправленными (акустические системы, звуковые колонны, корпусные громкоговорители). Широконаправленные громкоговорители, как правило, имеют широкий частотный диапазон, но меньшее звуковое давление.

Диаграмма направленности обеспечивается как конструктивными особенностями громкоговорителя, так и физическими свойствами звуковых волн. В области низких частот громкоговоритель имеет широкую, практически круговую ДН, с увеличением частоты диаграмма заметно сужается.

Разные производители приводят как числовую, так и графическую зависимость величины звукового давления от частоты и угла раскрытия (ширины диаграммы направленности).

Классификация громкоговорителей по звуковому давлению

Громкоговорители различают по уровню звукового давления.

Уровень звукового давления (англ. *SPL*, Sound Pressure Level) – измеренное по относительной шкале значение звукового давления, отнесённое к опорному давлению 20 мкПа, соответствующему порогу слышимости синусоидальной звуковой волны частотой 1 кГц.

SPL иногда называют чувствительностью громкоговорителя, он измеряется в децибелах (дБ). Многие производители приводят для своих громкоговорителей значение *SPL*, подразумевая характеристическую чувствительность громкоговорителя.

Характеристическая чувствительность громкоговорителя – это среднее звуковое давление, развиваемое громкоговорителем в заданном диапазоне частот на рабочей оси, приведенное к расстоянию 1 м от рабочего центра громкоговорителя и электрической мощности 1 Вт.

Максимальный уровень звукового давления громкоговорителя служит для оценки способности громкоговорителя воспроизводить без искажений динамический диапазон музыкального или речевого сигнала.

Звуковое давление громкоговорителя – громкость, складывается из его чувствительности (SPL) и электрической мощности (Вт), переведенной в децибелы (дБ). Поэтому понятия низкого и высокого уровня, правильной применять не звуковому давлению, а к чувствительности (SPL) громкоговорителя.

Качественные (широкополосные) громкоговорители, как правило, имеют низкую чувствительностью ($SPL < 95\text{дБ}$). Повышение громкости таких громкоговорителей, достигается увеличением уровня подводимой к ним электрической мощности.

Конструктивные особенности

На рис. 3.5, приведены примеры громкоговорителей, различного конструктивного исполнения.

Потолочные громкоговорители – предназначены для потолочного монтажа. Наиболее распространены широкополосные (электродинамические) громкоговорители врезного исполнения. Звуковая энергия, излучаемая потолочным громкоговорителем, направлена перпендикулярно полу, что позволяет, варьируя их количество добиться равномерного и комфортного звучания в озвучиваемом помещении. Потолочные громкоговорители применяются для озвучивания коридоров, холлов, торговых и офисных помещений, учебных заведений.

Звуковые колонны. Громкоговорители корпусного исполнения, настенного монтажа, выполненные в виде колонны, в которую вмонтировано несколько громкоговорителей. Колонны чаще всего используются для озвучивания залов, бассейнов, открытых пространств. Варьируя количество вмонтированных громкоговорителей и углы наклона, можно получить различные величины ширины вертикальной и горизонтальной диаграмм направленностей, что в свою очередь позволяет применять колонны для различного назначения, например, для выравнивания звукового поля в определенных точках озвучиваемого помещения. Варьирование диаграмм направленностей позволяет адаптировать звуковые колонны к помещениям различной конфигурации, управлять спектром излучения и минимизировать паразитные обратные связи.

Подвесные громкоговорители. Как правило, это корпусные громкоговорители, имеющие тоже самое предназначение, что и потолочные гром-

коговорители, но отличающиеся от последних способом монтажа. Такие громкоговорители подвешиваются на шнурах (свешиваются с потока). Применение подвесных громкоговорителей актуально в местах с высокими потолками, или в местах, где по конструктивным или иным особенностям невозможно применить врезные или накладные громкоговорители.

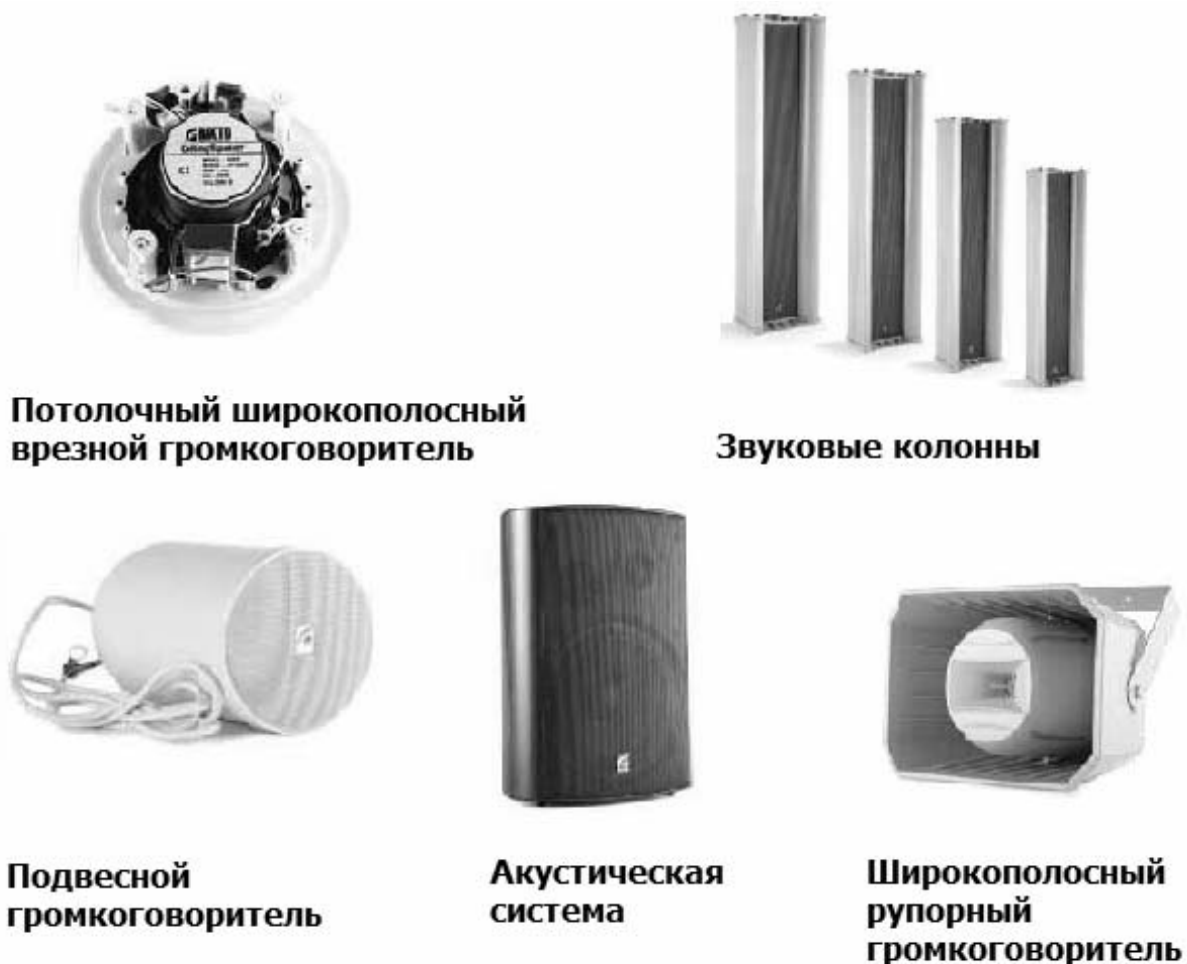


Рис. 3.5. Громкоговорители различного конструктивного исполнения

Прожекторы – громкоговорители, в которых за счет конструктивных особенностей обеспечивается высокая степень направленности звукового поля, при сохранении надлежащего качества звучания. Другими словами, они обеспечивают высокий уровень звукового давления при узкой диаграмме направленности в широком частотном диапазоне. Прожекторы – это, как правило, корпусные громкоговорители для настенного монтажа. Наиболее часто применяются для озвучивания коридоров и (или) в местах с повышенным уровнем шума.

Двунаправленные прожекторы – два громкоговорителя в одном корпусе, направленные в разные стороны. Одного такого громкоговорителя,

достаточно для озвучивания коридора длиной 40м. (20м в одну и 20м в другую сторону).

Акустические системы. Широкополосные корпусные громкоговорители, предназначены для качественного воспроизведения звука. Имеют широкое применение от трансляционных систем, до концертных площадок, такие акустические системы иногда называют – мониторами.

Акустические системы имеют более сложное исполнение, могут строиться как многополосные, комплектоваться ВЧ-динамиками (твиттерами), НЧ-динамиками (вуферами), фазоинверторами и разделительными фильтрами.

Как уже было отмечено выше, повышение громкости таких громкоговорителей, достигается увеличением уровня подводимой к ним электрической мощности.

Дополнительные характеристики громкоговорителей

Громкоговорители характеризуются целым рядом параметров. Для различных производителей имеют место разночтения по некоторым параметрам, например, мощности громкоговорителя. Поэтому для того, чтобы их ликвидировать, Международный Электротехнический Комитет (МЭК) опубликовал рекомендации 268-5 «Элементы электроакустических систем. Громкоговорители» и 581-7 «Минимальные требования к аппаратуре Hi-Fi. Громкоговорители». В этих рекомендациях приводятся следующие определения:

Характеристическая мощность громкоговорителя – это мощность, при которой громкоговоритель создает характеристический уровень звукового давления 94 дБ на расстоянии 1м в диапазоне частот 100...8000 Гц. Чем выше чувствительность громкоговорителя, тем ниже его характеристическая мощность.

Шумовая мощность определяется по результатам испытаний громкоговорителя на специальном шумовом сигнале в течение 100 ч. Значение шумовой мощности громкоговорителя совпадает со значением паспортной мощности, определяемой по ГОСТ 16122-78, поскольку при определении этих видов мощности используется один и тот же сигнал.

Максимальная синусоидальная мощность громкоговорителя – это мощность непрерывного синусоидального сигнала в заданном диапазоне частот, которую громкоговоритель может выдержать без механических и термических повреждений в течение промежутка времени (не менее 1 часа), указанного в спецификации.

Номинальная мощность громкоговорителя – это электрическая мощность, при которой нелинейные искажения громкоговорителя не превышают требуемых значений.

Паспортная мощность громкоговорителя – определяется как наибольшая электрическая мощность, при которой громкоговоритель может длительное время удовлетворительно работать на реальном звуковом сигнале без тепловых и механических повреждений.

Номинальное электрическое сопротивление громкоговорителя – активное сопротивление громкоговорителя при определении подводимой к нему электрической мощности.

3.2 Подключение громкоговорителей

Звуковой тракт

Основой любой трансляционной системы является звуковой тракт. Под звуковым трактом будем понимать набор функциональных устройств, преобразующих, ретранслирующих и усиливающих звуковой сигнал (рис. 3.6).

Из рисунка видно, что звуковой тракт состоит из:

1) Предварительный усилитель – предназначен для предварительного усиления звукового сигнала (от $1 \div 300 \text{ мВ} / 600 \text{ Ом}$) на входе до $0,7 \div 1 \text{ В} / 10 - 15 \text{ кОм}$) на выходе. Если предварительный усилитель имеет дополнительные аудио или микрофонные входы, то его могут называть микшером.

2) Усилитель мощности (УМ) – предназначен для усиления звукового сигнала.

ПРИМЕЧАНИЕ: В бытовой аппаратуре акустические системы (АС) подключают непосредственно к низкоомному выходу УМ. Для этого используют низкоомные АС. Трансляционный усилитель (в отличие от бытового) снабжается дополнительным повышающим трансформатором.

3) Повышающий трансформатор используется для дополнительного повышения напряжения звукового сигнала с целью его дальнейшей трансляции на громкоговоритель или линию, к которой подключаются несколько громкоговорителей. Трансформатор обеспечивает гальваническую развязку с линией громкоговорителей и используется для повышения напряжения звукового сигнала. Повышение напряжения позволяет минимизировать потери в проводах за счет уменьшения тока в линии, при сохранении величины передаваемой мощности. Примером может служить передача энергии в высоковольтных ЛЭП.

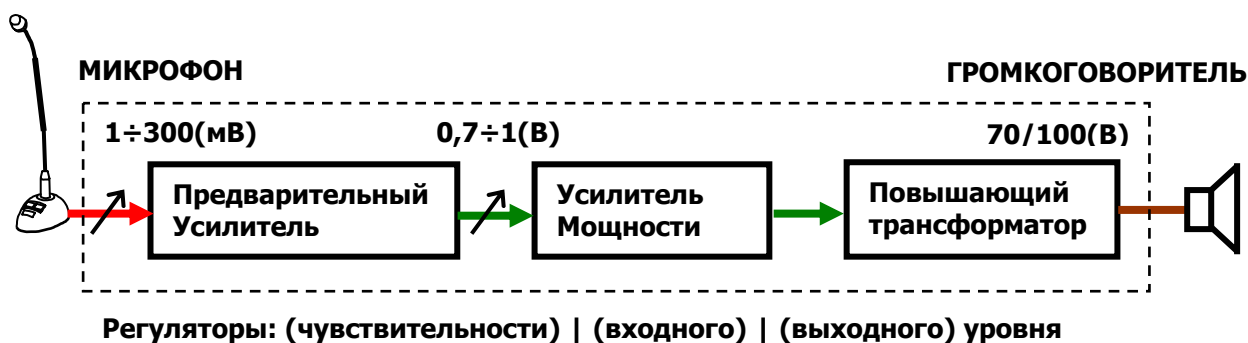


Рис. 3.6 Звуковой тракт

Трансформаторное согласование

В трансляционных системах широко используются трансформаторные громкоговорители.

Трансформаторные громкоговорители – громкоговорители с встроенным трансформатором предназначены для применения в трансляционных системах, имеющих в своем составе трансляционные усилители, также содержащие трансформатор.

В трансформаторном громкоговорителе осуществляется 2 этапа преобразования. На первом этапе при помощи трансформатора происходит понижение напряжения высоковольтного звукового электрического сигнала (до 10В), на втором этапе осуществляется преобразование электрического сигнала в слышимый акустический звуковой сигнал.

Трансформаторный громкоговоритель подключается к выходу трансляционного усилителя и состоит из двух частей: понижающего трансформатора и громкоговорителя, рис. 3.7.

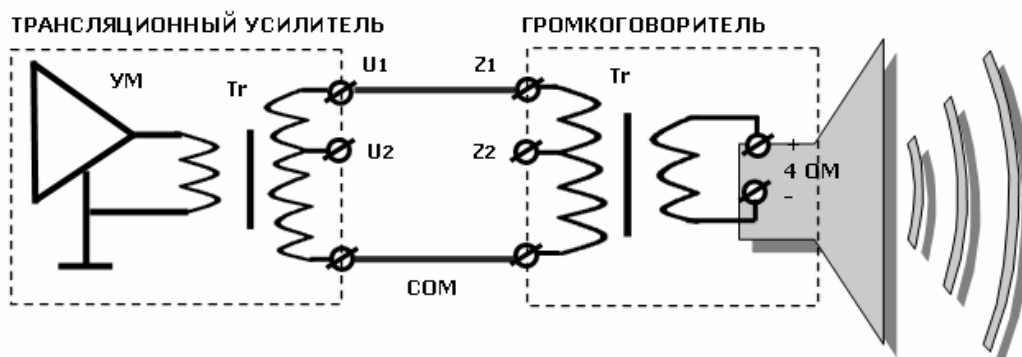


Рис. 3.7 Трансформаторное согласование

Как правило, первичная обмотка трансформатора громкоговорителя содержит несколько отводов, соответствующих различным входным (комплексным) сопротивлениям, что позволяет, выбирая то или иное подключение, варьировать мощность громкоговорителя.

Входное сопротивление трансформаторных громкоговорителей – комплексное сопротивление первичной обмотки трансформатора. Такое сопротивление часто называют импедансом.

Многие производители трансформаторных громкоговорителей указывают импеданс трансформаторного громкоговорителя, (измеренный) на частоте 1кГц.

ПРИМЕЧАНИЕ 3.1: Упрощенно импеданс трансформаторного громкоговорителя (Z) можно представить как:

$$Z = \sqrt{(\text{Re}^2 + \text{Im}^2)}$$

где Re – активное сопротивление первичной обмотки трансформатора, Ом;

Im – реактивное сопротивление первичной обмотки трансформатора, Ом.

ПРИМЕЧАНИЕ 3.2: Величина Im для первичной обмотки трансформатора, имеет ярко выраженный индуктивный характер и зависит от частоты. С увеличением частоты (до 5кГц, при индуктивности $L=10\div 100\text{мГн}$) импеданс первичной обмотки трансформатора незначительно увеличивается.

На практике широко распространена следующая зависимость:

$$P_{\text{гр}} \sim U_{\text{л}}^2 / Z \quad (3.1)$$

где $P_{\text{гр}}$ – паспортная мощность громкоговорителя (Вт);

$U_{\text{л}}$ – напряжение в линии (В);

Z – импеданс громкоговорителя (Ом).

ПРИМЕЧАНИЕ 3.3: Данная формула вытекает из закона Ома $J = U/R$, который можно применять только как допущение, так как он справедлив для постоянного тока J и активного сопротивления R (см. Прим. 3.1). Тем не менее, зависимость (3.1), дает хорошее приближение и поэтому (как было сказано) применяется на практике.

Из зависимости (3.1) видно, что при неизменном импедансе громкоговорителя и уменьшении напряжения в линии в N раз (например, при переключении линии с клеммы U_1 на клемму U_2 , рис. 3.7), мощность громкоговорителя уменьшается в N^2 .

Подключение трансформаторных громкоговорителей

В трансляционных системах наиболее распространен вариант, когда к одному трансляционному усилителю необходимо подключить несколько трансформаторных громкоговорителей, например, для увеличения громкости или площади покрытия.

При большом количестве громкоговорителей, удобней всего подключать их не непосредственно к усилителю, а к линии, которая в свою очередь подключена к усилителю. Длина таких линий может быть достаточно протяженной (до 1 км). К одному усилителю может быть подключено несколько таких линий, при этом следует соблюдать следующие правила:

ПРАВИЛО 1: Трансформаторные громкоговорители подключаются к трансляционному усилителю только параллельно.

ПРАВИЛО 2: Суммарная мощность всех громкоговорителей подключаемых к трансляционному усилителю (в том числе через релейный модуль) не должна превышать максимальной мощности трансляционного усилителя.

Для удобства и надежности подключения используются специальные проходные клеммники, рис. 3.8.

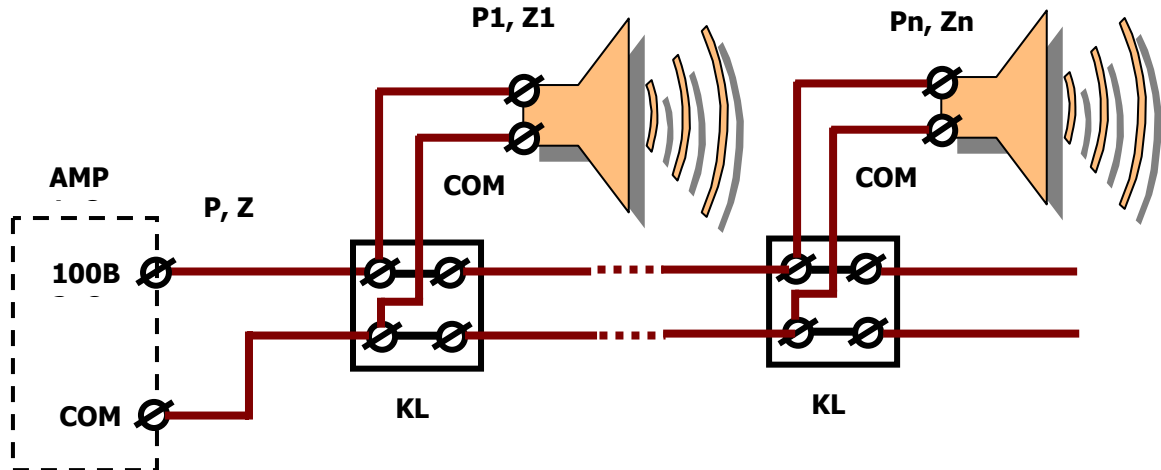


Рис. 3.8 Подключение трансформаторных громкоговорителей

При параллельном подключении суммарная мощность нагрузки, складывается из мощности каждого громкоговорителя:

$$P_n = \sum_i P_i \quad (3.2)$$

где P_i – мощность i -го громкоговорителя, Вт;

i – пробегает значение от 1 до n , где n – количество громкоговорителей.

Для случая, когда вместо мощности громкоговорителя указан его импеданс, необходимо оперировать следующими зависимостями:

$$1/Z = 1/Z_1 + 1/Z_i + \dots + 1/Z_N \quad (3.3)$$

где Z_i – импеданс i -го громкоговорителя, Ом;

N – количество громкоговорителей.

При параллельном подключении N громкоговорителей с одинаковым импедансом $Z_{гр}$ ($Z_1 = Z_2 = \dots = Z_i = \dots = Z_{n-1} = Z_n$) результирующий импеданс уменьшится N раз:

$$Z = Z_{гр} / N \quad (3.4)$$

где N – количество громкоговорителей.

Рассчитав результирующий импеданс, нужно снова вернуться к мощности, формула 3.1.

ПРИМЕЧАНИЕ: Формула 3.3 практически не используется на практике. Для расчета суммарной нагрузки в линии, вначале, для каждого громкоговорителя, переводят “омы” в “ватты” (формула 3.1), а затем суммируют последние (формула 3.2).

В трансляционных системах, для повышения надежности, мощность усилителя определяется как:

$$P_{ус} = 1,3 P_n$$

Практический пример: Система оповещения построена, на выходы усилителей подключены линии, суммарная мощность которых составляет $0,7 \div 0,8$ от мощности усилителя.

Вопрос: Можно ли увеличить нагрузку на существующий усилитель.

Ответ: Увеличить мощность нагрузки нельзя. Но, при переключении линии громкоговорителей с выходных клемм $U_1 = 100В$ усилителя на выходные клеммы $U_2 = 70В$, мощность всей линии снизится в 2 раза (см. формулу 3.1), что высвободит 50% мощности усилителя. При этом не следует забывать, что звуковое давление каждого громкоговорителя уменьшится на 3дБ (что необходимо учесть при электроакустических расчетах, см. главу 2).

Учебное издание

Олег Владимирович Кочнов

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ

Учебное пособие

Издание печатается в авторской редакции

Выпускающий редактор

А.М. Коськин

Издательство «Стерх» ИП Коськин А.М.

Лиц. изд. ИД № 06366.

Подписано в печать 31.10.2012. Формат 60х84/16.

Бумага для множит. техники. Гарнитура Times. Заказ № 28.

Усл. печ. л. 8,95. Уч.-изд. л. 6,58. Тираж 100 экз.

Адрес: 602200, Владимирская область,
г. Муром, ул. Муромская д. 3 кв.19.

sterx06366@rambler.ru