

# **Материалы для подготовки техников прокатных компаний**

**(специализация: звуковое оборудование)**

**Потапов Руслан**

**прокатная компания "MR-Pro"**

**<http://mrprocorp.ru>**

**г.Воронеж**

**2014г.**

**(редакция 2017г.)**

## Предисловие.

Люди, приходящие устраиваться на вакансию техника звукового оборудования, часто представляют себе свою деятельность так: человек стоит за «крутым» пультом, крутит ручки, общается со «звездами», гастролы, отели, рестораны... Не стройте иллюзий!

Это абсолютно не так! Что-бы получить шанс стать востребованным профессиональным хорошо-оплачиваемым звукорежиссером, нужно пройти долгий путь. И удастся это единицам. На успех влияет интерес, старательность, личные качества, особенности характера и общения, музыкальные вкусы, опыт и собственные наработки, а так же образование, твердое знание теории и оборудования, стремление самообразовываться и развиваться. Так же не последнее место занимает фактор случайности.

Должность техника – тяжелая доля. Прежде всего, физическая сила, выносливость, обязательность и пунктуальность на первых порах необходима от вас компании, в которой Вы будете работать. Плохо звучит, но факт: грузчики с техническими навыками – вот ваш начальный функционал. Тяжелые кофры, рэки, кейсы и фермы, крутые лестницы, бессонные ночи, ненормированный рабочий день и т.д. – вот с чем придется смириться на первых порах работы. Дальше все зависит только от способностей и интереса к общему делу.

В обязанности техника входит аккуратная доставка в сохранности, монтаж и коммутация оборудования прокатной компании исходя из технических требований мероприятия, текущее техническое обслуживание оборудования (регламентные работы, чистка и уход), соблюдение гласного и негласного "устава" предприятия, понимание процессов и принципов работы оборудования, знание параметров его настроек. А, вот сам процесс настройки этих параметров - это уже обязанности системных инженеров, который требует углубленного знания предмета и опыта.

Данные материалы не являются академическими знаниями и носят лишь прикладной практический характер. Основной причиной побудившей меня в письменном виде изложить данный материал является то, что постоянно устно приходится объяснять основы технической стороны деятельности вновь приходящим стажерам. Устал!!! Этот сборник минимально необходимых знаний, понятий и принципов предназначен для людей, которые имеют хорошие знания по физике школьной программы и способны к самообразованию, у которых есть интерес к данной сфере деятельности. Описанные ниже вопросы указывают «вектор» для самостоятельного изучения, дают людям узнать явления, законы, термины и понятия, что позволяет нам общаться на одном языке.

Без этих знаний вы - грузчики-стажеры, как не грубо это звучит. Изложенные материалы необходимы, но не вполне достаточны для профессиональной работы техником. Каждый из вопросов нужно изучить в подробностях самостоятельно и понять для себя все принципы, алгоритмы и логику работы. На это способны лишь люди, которые "болеют" этим ДЕЛОМ!

Много раз наблюдал, что приходящие на стажировку, внимательно смотрят за процессом коммутации и задают вопросы: что и куда включается? Не с этого нужно начинать... Нужно понимать **ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ КАКОГО РЕЗУЛЬТАТА? (ДЛЯ ЧЕГО?)** осуществляется то или иное соединение приборов друг с другом. Простой пример: при обучении игре на гитаре, если Вы будете смотреть и спрашивать преподавателя, какие струны зажимать, чтобы звучала конкретная мелодия - хорошо играть не научитесь. Любой аккорд можно сыграть в различных тональностях и во многих обращениях.

Звуковой сценический прокатный комплекс - это «конструктор», который собирается каждый раз по-разному, в зависимости от требований райдера Артиста и конкретных условий площадки. Иногда с нарушениями теоретических принципов — это всего лишь теория, а не библейские заповеди. Имеет смысл понять механику, которая заставляет теорию работать и, таким образом иметь возможность грамотно нарушить теорию в нужное время. Обратите внимание, что это не то же самое, как «просто делать так, как я хочу». Любые отклонения от установленных теорий и практики должны исходить из позиции осознанного намерения, а не из невежества. Просто потому, что теория не всегда применяется, мы не освобождаемся от изучения того, как она работает. Мы не будем знать, как эффективно нарушать правила, пока не поймем, почему они такие, какие они есть.

Эти материалы не претендуют на полное авторство. 30% изложенного здесь является "копиастом" с моими поправками, редактированием и структурированием последовательности изложения. Используется простой повседневный язык профессионального общения и "сленг".

Содержатся выдержки материалов из множества различных источников. Пусть авторы не обижаются, так как это не коммерческий труд.

# Содержание.

## 1. Электротехника. Техника безопасности. ПУЭ.

1.1	Условные обозначения в схемотехнике. ....	4
1.2	Закон Ома для постоянного тока. ....	6
1.3	Переменное напряжение и ток. Реактивные и нелинейные нагрузки. ....	7
1.4	Сопротивление. Падение напряжения. ....	10
1.5	Параллельное и последовательное соединение. ....	11
1.6	Законы Кирхгофа. ....	13
1.7	Однофазное и трехфазное электроснабжение. ....	14
1.8	Заземление и зануление. Глухозаземленная нейтраль. ....	16
1.9	Индуктивность. Зависимость импеданса индуктивности от частоты. ....	16
1.10	Принцип потерь напряжения на длинных линиях электроснабжения. ....	17
1.11	Кабели. Допустимый ток на жилу силового медного кабеля. ....	17
1.12	Устройства защиты в сетях электроснабжения. ....	19
1.13	Топология ЩР и ВРУ. ....	21
1.14	Проектирование линии электроснабжения. ....	22
1.15	Типы силовых разъёмов, используемых в электроснабжении звуковых и световых комплексов. ....	23
1.16	Полярность в разъёмах СЕЕ. ....	25
1.17	Подключение трехфазных электродвигателей (лебедок, талей, тельферов). ....	25
1.18	Техника безопасности при подключении. ....	27

## 2. Звук. Немного теории и звуковое оборудование.

2.1	Колебания, Звуковые Волны и Сигналы ....	28
2.2	Фаза сигналов. ....	31
2.3	Звуковые сигналы ....	33
2.4	Децibel как относительная единица измерения. Особенности слуха. ....	35

## 3. Звуковой тракт.

3.1	Условные обозначения в звуковой схемотехнике. Каскады и их некоторые характеристики. ....	38
3.2	Смысл и понятие дифференциального усилителя. ....	40
3.3	Симметричные линии передачи сигналов. ....	40
3.4	Усилители мощности. ....	41
3.5	Классификация типов разъёмов и кабелей по типам сигналов и задачам. ....	44
3.6	Основные характеристики пассивных акустических систем. ....	51
3.7	Стандартная структура и оборудование звукового комплекса. ....	57
3.8	Сценическое оборудование. ....	59
3.9	Микрофоны. ....	63
3.10	Радиосистемы. ....	65
3.10	Директ-Бокс (Di-Box). ....	66
3.11	Фантомное питание. Сплиттеры. ....	67
3.12	Разрыв земли ("Ground Lift"). ....	68
3.13	Структура микшерного пульта. ....	69
3.14	Преобразование аналогового сигнала в цифровой. ....	73

## 4. Работа на сценической площадке.

4.1	Технический райдер и работа на сценической площадке ....	74
4.2	Устранение проблем на площадке. ....	77
4.3	Морально-этические нормы общения с Артистами и Заказчиками. ....	78

Спасибо людям, кто помогал мне в подборе материала:

Андрей Быковский (г.Москва) и Роман Ермоленко (г.Кизел).

# 1. Электротехника. Техника безопасности. Немного ПУЭ (правила устройства электроустановок).

Как «театр начинается с вешалки», так и любой комплекс оборудования начинается с организации правильного электропитания - залога безопасной и безаварийной работы. Этот первично! Электротехника – это часть любого электронного устройства. А любое электронное устройство описывается его схемотехникой.

Техникам необходимо уметь разбираться в основных понятиях электроники и уметь читать хотя бы блок-схемы устройств и комплексов.

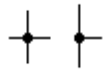
## 1.1 Условные обозначения в схемотехнике.

**U – Напряжение, В (вольт)**

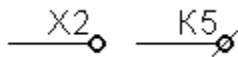
**I – Ток, А (ампер)**

**P – Мощность, Вт (ватт)**

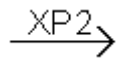
**R – Сопротивление, Ом**



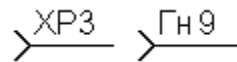
- Соединение проводников. Отсутствие точки (кружочка) говорит о том, что проводники на схеме пересекаются, но не соединяются друг с другом – это разные проводники, то есть соединение отсутствует.



- Вывод радиосхемы, предназначенный для «жёсткого» (как правило - винтового или "клеммного") подсоединения к нему проводников.



- Соединительный легкоразъёмный штыревой контакт вилка (на сленге - "папа").



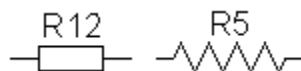
- Соединительный легкоразъёмный контакт розетка (на сленге - "мама").



- Вывод схемы, подлежащий подключению к Земле (заземление, проводник **Pe**, контур заземления). Позволяет исключить возможное появление вредоносного статического электричества, а также предотвращает поражение от электрического тока в случае возможного попадания опасного напряжения на поверхности радиоприборов и блоков, которых касается или может коснуться человек.



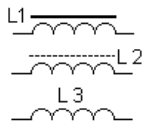
- Контакт радиосхемы, имеющий условный "нулевой" потенциал относительно остальных участков и соединений схемы. Обычно это общий вывод схемы, потенциал которого является отрицательным относительно остальных участков схемы (минус питания схемы).



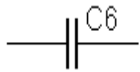
- **сопротивление, резистор** - элемент, предназначенный для уменьшения тока, протекающего по электрической цепи.

На схеме указывается значение сопротивления резистора.

Измеряется в единицах **R=Ом**.



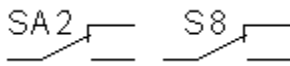
- **индуктивность, катушка индуктивности** - обмотка (катушка) из медного провода. Может быть бескаркасной, на каркасе, а может выполняться с использованием магнитопровода (сердечника из магнитного материала). Обладает свойством накопления энергии за счёт электромагнитного поля и большим сопротивлением для высоких частот. Измеряется в единицах **L=Генри**



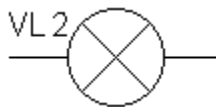
- **ёмкость, конденсатор** - элемент радиосхемы, обладающий электрической ёмкостью, способный накапливать электрический заряд на своих обкладках. Имеет большое сопротивление для низких частот. Измеряется в единицах **C=Фарадах**.



- **выключатель** - двухконтактный прибор, предназначенный для замыкания (размыкания) электрической цепи.

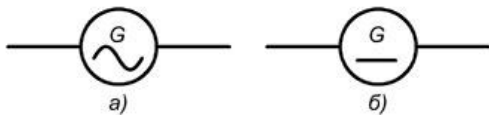


- **переключатель** - трёх (или более) контактный прибор, предназначенный для переключения электрических цепей. Один контакт нормально замкнутый, второй нормально разомкнутый.

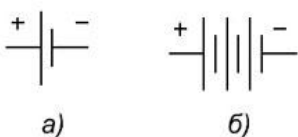


- **лампа накаливания** - электрический прибор, применяемый для освещения или индикации.

Под действием электрического тока происходит свечение нити накала. У лампы накаливания есть особенность – сопротивление нити накаливания в холодном состоянии меньше сопротивления в разогретом состоянии. Эта разность сопротивления определяет пусковой ток (превышение номинального тока), который возникает в момент включения лампы накаливания при разогреве нити до номинального значения.



- генератор переменного или постоянного напряжения - **источник**.



- батарейка или аккумулятор - источник постоянного напряжения.

## 1.2 Закон Ома для постоянного тока.

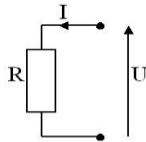
Из школьной программы наверняка все помнят физические величины измерения:

Напряжение, Ток, Сопротивление, Мощность, Работа, Энергия, и т.д...

Понимание этих величин и явлений, которые эти величины отображают в числовой форме с определенной размерностью является необходимыми знаниями для постижения понимания процессов, которые происходят в любой электрической сети: начиная от домашней электропроводки освещения и розеток, до работы сложных комплексов оборудования и устройств глобального масштаба.

Немецкий физик Георг Ом (1787 -1854) экспериментально установил, что сила **постоянного тока**  $I$ , текущего по проводнику, прямо пропорциональна напряжению  $U$  на концах проводника и обратно пропорциональна сопротивлению:

$$I = U/R$$



Мгновенной мощностью называется произведение мгновенных значений напряжения и силы тока на каком-либо участке электрической цепи.

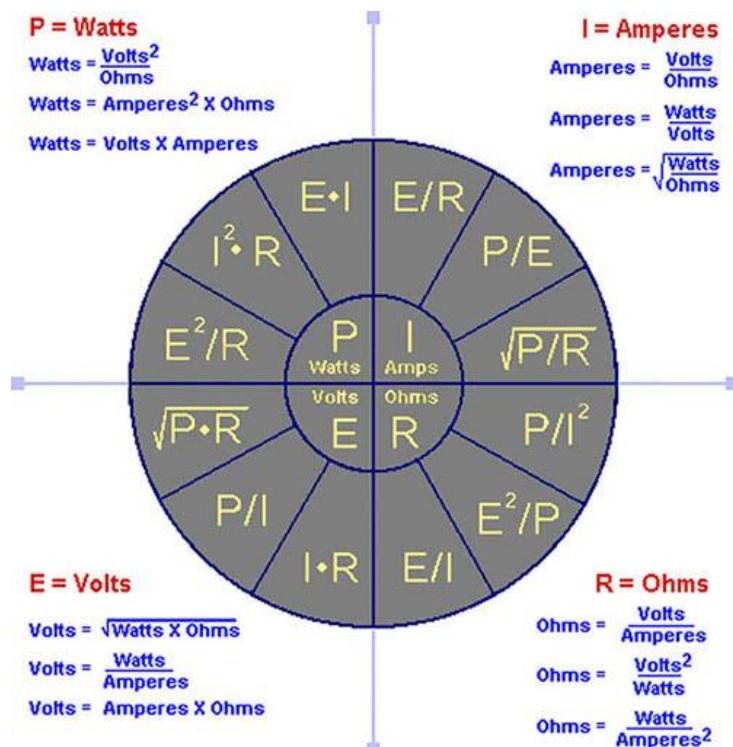
Для **постоянного тока** значения силы тока и напряжения постоянны и равны мгновенным значениям в любой момент времени. Мощность можно вычислить по формуле:

$$P = U \cdot I$$

Для пассивной линейной цепи, в которой соблюдается закон Ома, можно записать:

$$P = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}, \text{ где } R \text{ — электрическое сопротивление.}$$

Для простоты вычислений можно применять таблицу (в ней  $E=U$ =напряжение):

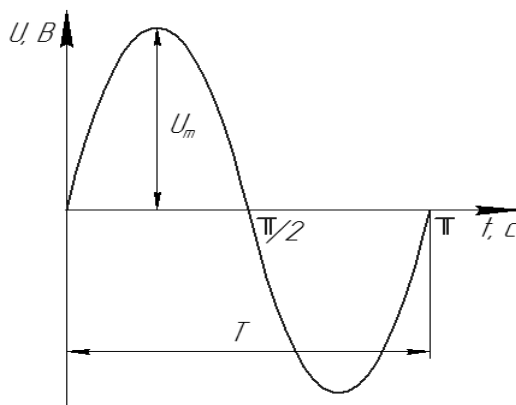


Все эти формулы **верны только для постоянного тока и напряжения**. Они выражают **мгновенные значения** в конкретный момент времени.

### 1.3 Переменное напряжение и ток. Реактивные и нелинейные нагрузки.

Переменное напряжение - это напряжение, которое с течением времени изменяется по величине и(или) знаку.

Частный случай переменного напряжения - гармонический сигнал, например, изменяемый по синусоидальному закону (напряжение питания в электрических сетях):



Где  $U_m$  - амплитудное значение напряжения (максимальное значение за период).

$T$  - период колебания (в сек.)

Из времени периода выражается частота ( $F$ ) напряжения (измеряется в Герцах).

Частота переменного тока численно равна числу периодов в секунду.

$$F=1/T$$

Все мы знаем, что дома в розетках у нас напряжение 220В, 50 Герц.

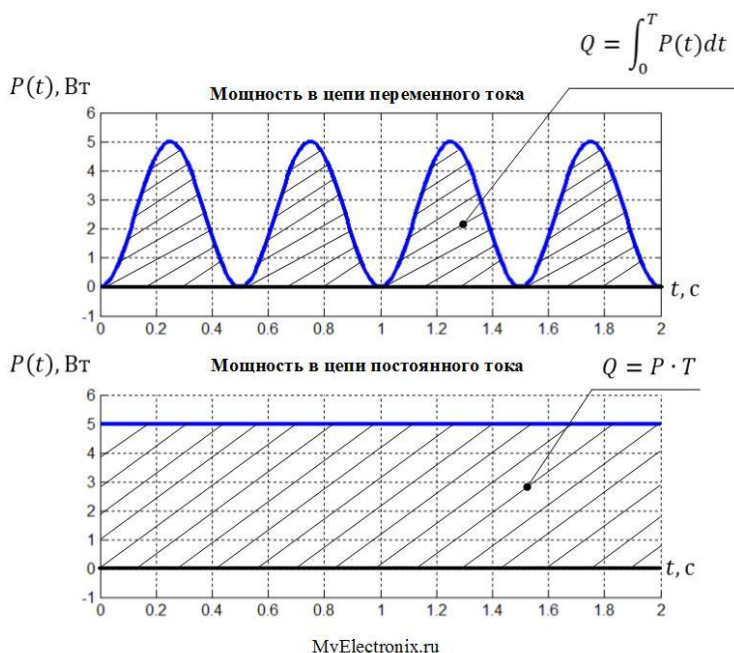
Но, какое именно это значение напряжения?

Это синусоидальное напряжение частотой 50Герц. То есть, период изменения мгновенного значения напряжения будет равен 0,02секунды.

Если, подключить к источнику переменного (синусоидального) напряжения **активную нагрузку (простое сопротивление (резистор) или просто нагревательный элемент)**, через эту нагрузку потечет переменный ток, который по форме и значению (с соответствующим множителем, исходя из закона Ома для постоянного тока и величины сопротивления нагрузки) будет совпадать с поданным напряжением.

**Действующее значение переменного тока - это величина постоянного тока, который может выполнить ту же самую работу (нагрев), которая определяется мощностью.**

Именно действующее (эффективное значение) значение выполняет "работу" в электрических приборах при наличии только активного сопротивления нагрузки (вся работа переходит в тепло).



MyElectronix.ru

Соответственно, видно, что мощность определяется площадью под кривой графика.

Для постоянного тока мощность выделяется в течении всего времени воздействия постоянного напряжения на нагрузку.

Для синусоидального напряжения воздействие этого напряжения на нагрузку (соответственно выделение теплоты - совершение работы) происходит нелинейно. И выделение тепла будет усредняться в течении времени за период.

Для переменного синусоидального напряжения это усреднение характеризуется коэффициентом:

$$U_m = U \cdot \sqrt{2}$$

где  $U_m$  - амплитудное значение ("amp") напряжения (максимальное значение за период),

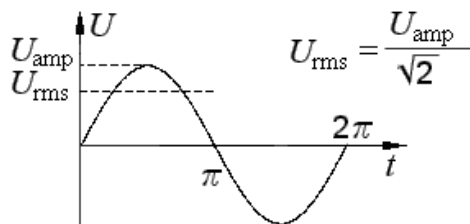
$U$  - это именно полезное **действующее значение напряжения** (которое, совершает какую-то эквивалентную работу). Часто это значение называют - среднеквадратичным ("rms").

**Именно действующее напряжение указано в характеристиках питающих электросетей и на электроприборах. 220Вольт, 50Герц. При обсуждении электропитания потребителей, всегда говорят о величине действующего напряжения.**

При этом, если посмотреть на пиковые (амплитудные) значения этого напряжения, оно будет:

$$U_m = 220 \cdot \sqrt{2} = 311V$$

То есть, амплитудное значение в 1,414 раза больше действующего. Этого значения оно будет достигать в кратковременный момент времени, при прохождении графика переменного напряжения через свой максимум.

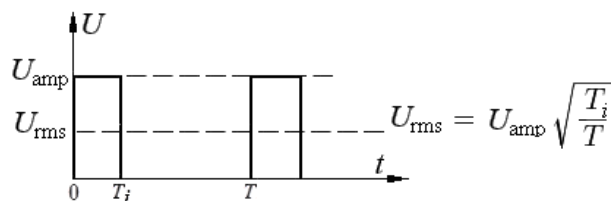


Из всей информации, которая изложена выше, мало запомнить и заучить все формулы и выражения. Необходимо понять, какие величины от чего и в какой мере зависят.

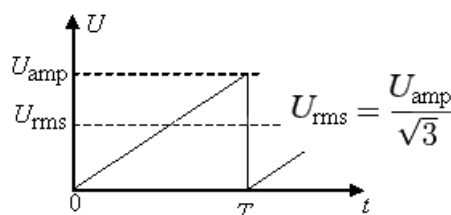
Главное, понять то, что отношение амплитудного и действующего напряжения равно

$U_m = 220 \cdot \sqrt{2} = 311V$  имеет место только для напряжения **синусоидальной формы**.

Для "прямоугольной" формы напряжения действующее напряжение будет зависеть от скважности - отношения времени подачи импульса ко времени паузы между импульсами :



Для более "треугольной" ("острой", пилообразной) формы напряжения соотношение между амплитудным и действующим напряжением будет уже другое:

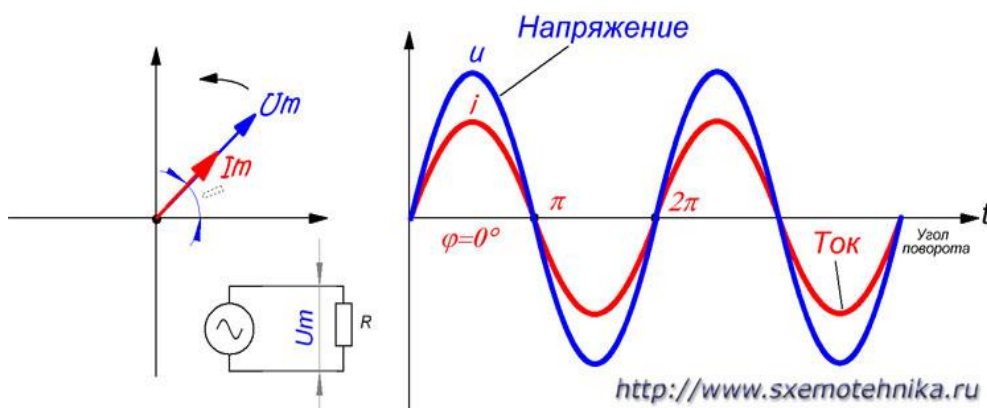


**"Тепловой" эффект воздействия (то есть RMS) имеет определяющее значение в оценке мощности (работы, которую может совершить), что несет переменное напряжение (или ток соответственно).**

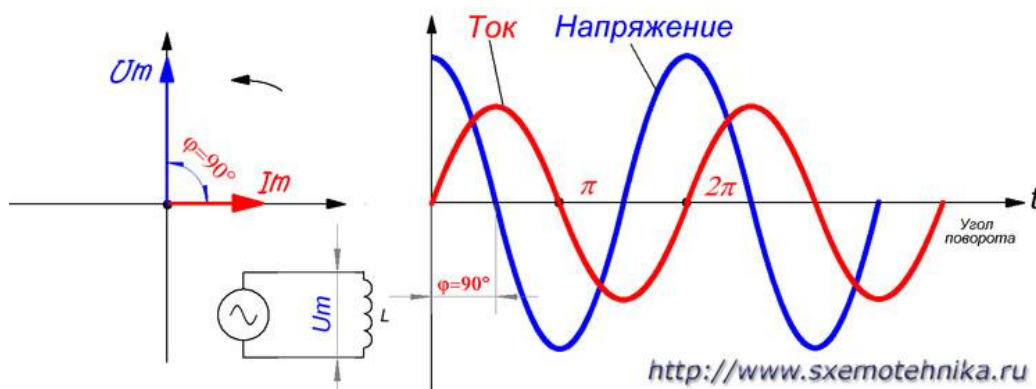


Кроме, элементов цепей с активным сопротивлением (линейная нагрузка), есть элементы цепи с так называемым реактивным сопротивлением, то есть индуктивности и емкости (катушки и конденсаторы) и другие более сложные нагрузки.

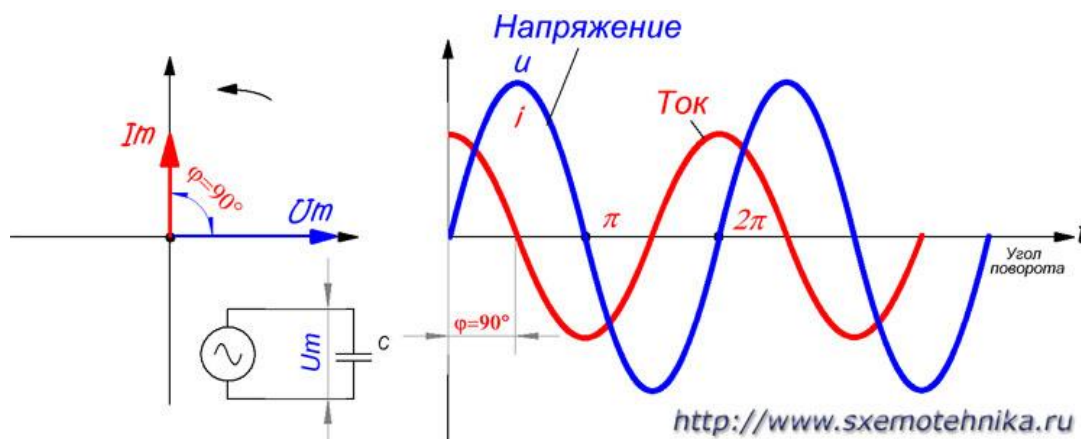
В цепи, содержащей только активное сопротивление, фаза тока всегда совпадает с фазой напряжения, т. е. сдвиг фаз тока и напряжения в цепи с чисто активным сопротивлением равен нулю



В цепи, содержащей чисто реактивное сопротивление — индуктивное или емкостное, — фазы тока и напряжения сдвинуты друг относительно друга на четверть периода, причем в чисто индуктивной цепи фаза тока отстает от фазы напряжения, а в чисто емкостной цепи фаза тока опережает фазу напряжения.



*Фаза тока отстает от фазы напряжения на 90 градусов.*



*Фаза тока опережает фазу напряжения на угол 90 градусов.*

**Разность фаз в 90 градусов - это сдвиг на 1/4 периода,**

**Разность фаз в 180 градусов - это сдвиг на 1/2 периода,**

**Разность фаз в 360 градусов - это сдвиг на 1 период.**

В реальной ситуации, с переменными значениями напряжения (переменное напряжение произвольной формы), с переменными значениями сопротивления (нелинейная нагрузка), значение тока численно уже нельзя точно вычислять по формулам "классического" Закона Ома.

Напряжение, ток, и даже сопротивление являются функциями от времени:

$$I(t)=U(t)/R(t)$$

Мало того, эти функции не одинаково линейны, то есть их зависимость от времени может быть абсолютно разной.

У "сопротивления" сложной нагрузки (импеданс) зависимость может быть от многих параметров: от времени, от значения того же приложенного напряжения, частоты этого напряжения и т.д.

$$I(t)=U(t)/R(t, f, U(t) \text{ и т.д.})$$

Например, импульсные блоки питания многих устройств имеют очень сложную форму потребляемого тока, которая еще и зависит от того, какие функции выполняет питаемый ими прибор.

**Важно понимать и помнить зависимость (пропорциональность) указанных выше величин: U, I, R и т.д.**

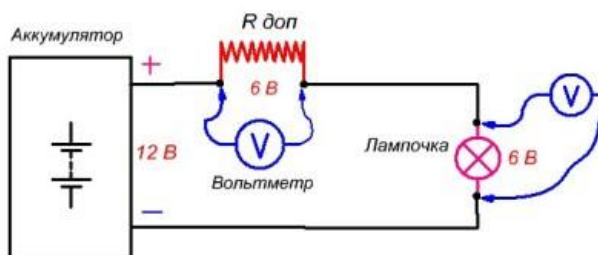
#### 1.4 Сопротивление. Падение напряжения.

**Электрическое сопротивление** — это величина, характеризующая физические свойства проводника препятствовать прохождению электрического тока и равная отношению напряжения на концах проводника к силе тока, протекающего по нему.

**Импеданс** - комплексное сопротивление. Описывает зависимость сопротивления (как характеристику элемента) от каких-либо параметров (например, от частоты переменного тока).

**Падение напряжения** — уменьшение напряжения на отрезке проводника, по которому течёт электрический ток, обусловленное тем, что проводник обладает активным сопротивлением. По закону Ома на участке проводника, обладающем активным сопротивлением R, ток I создаёт падение напряжения  $U=R \cdot I$ .

Эквивалентная схема изображена на рисунке.



При токе, равном нулю, падение напряжения отсутствует.

То есть, если отключить ("вывернуть" :-)) электрическую лампочку, то первый (левый) вольтметр покажет 0Вольт (падение напряжения на Rдоп отсутствует), а второй вольтметр (правый) покажет напряжение 12В.

## 1.5 Параллельное и последовательное соединение.

Последовательное и параллельное соединения в электротехнике - два основных способа соединения элементов электрической цепи.

При последовательном соединении все элементы связаны друг с другом так, что включающий их участок цепи не имеет ни одного узла.

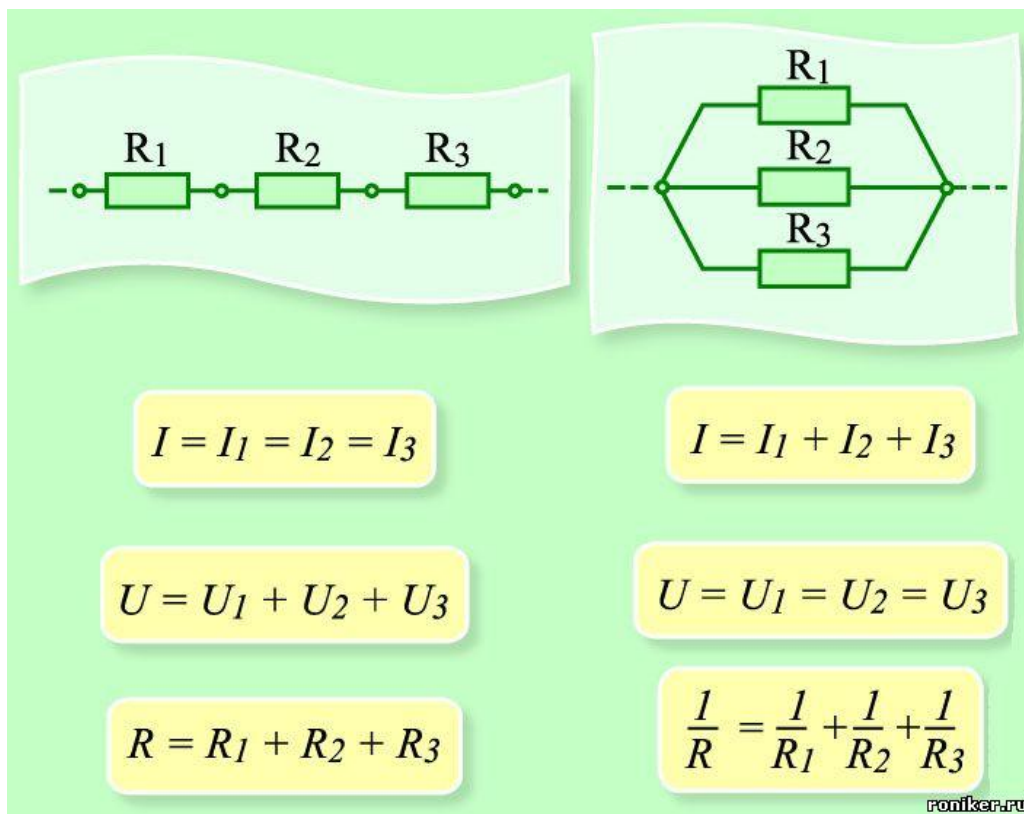
При параллельном соединении все входящие в цепь элементы объединены двумя узлами и не имеют связей с другими узлами, если это не противоречит условию.

### Параллельное соединение резисторов (сопротивлений):

$R_{\text{пол}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$  (при одинаковом  $R$   $R_{\text{пол}} = R \cdot n$ )

$1/R_{\text{пар}} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n$  (при одинаковом  $R$   $R_{\text{пол}} = R/n$ )

при последовательном соединении - складывается сопротивление, при параллельном - проводимости.

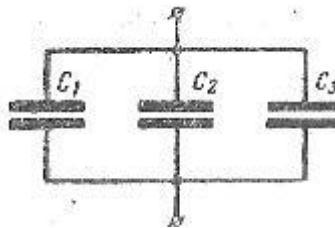


### Необходимо запомнить:

При последовательном соединении результирующее сопротивление увеличивается.

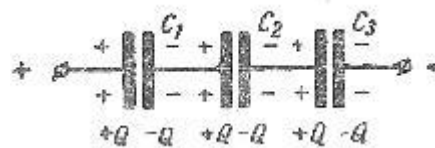
При параллельном соединении результирующее сопротивление уменьшается.

### Параллельное соединение емкостей:



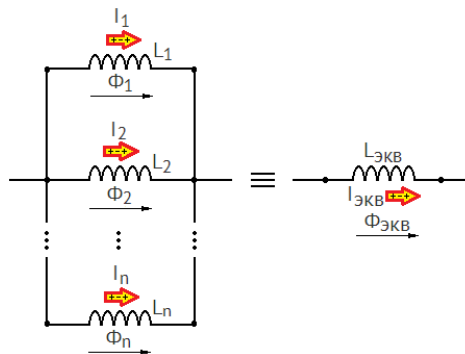
При параллельном соединении емкостей общая емкость равнозначного (эквивалентного) конденсатора **увеличивается** и равна  $C = C1 + C2 + C3$

### Последовательное соединение емкостей:



При последовательном соединении емкостей общая емкость равнозначного (эквивалентного) конденсатора **уменьшается** и равна:  $1/C = 1/C1 + 1/C2 + 1/C3$

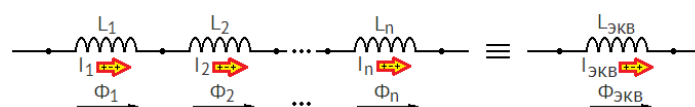
### Параллельное соединение индуктивностей:



При параллельном соединении индуктивностей общая индуктивность **уменьшается** и равна:

$$1/L = 1/L1 + 1/L2 + 1/L3$$

### Последовательное соединение емкостей:

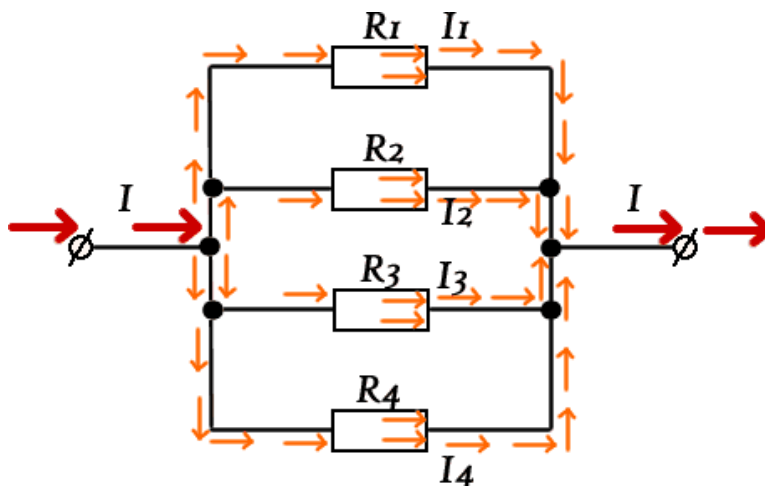


При последовательном соединении соединений индуктивностей общая индуктивность **увеличивается** и равна:  $L = L1 + L2 + L3$

## 1.6 Законы Кирхгофа.

### Первый закон Кирхгофа:

Сумма токов, подходящих к узловой точке электрической цепи, равна сумме токов, уходящих от этого узла.



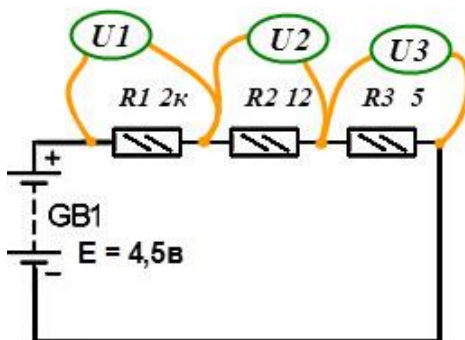
Исходя из первого закона Кирхгофа: при параллельном соединении общий ток разделяется на токи, протекающие через параллельно включенные резисторы. Сумма этих токов равна величине общего тока.

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = I \text{ вне зависимости от величин } R_1, R_2, R_3, R_4.$$

### Второй закон Кирхгофа:

В замкнутом контуре электрической цепи сумма всех эдс (в нашем случае напряжение) равна сумме падения напряжения в сопротивлениях того же контура.

Этот закон отражает схема:



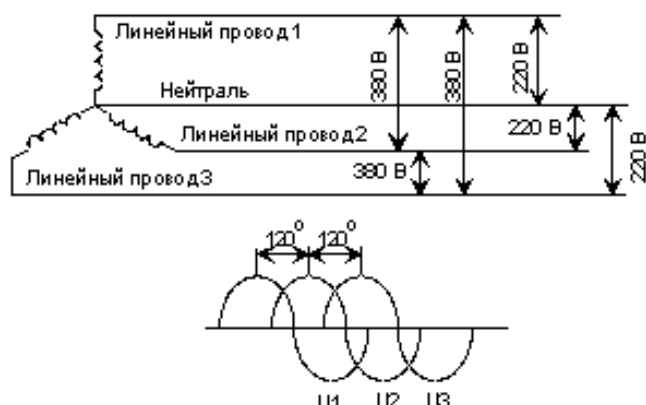
$$U_1 + U_2 + U_3 = E = 4,5V \text{ вне зависимости от величин } R_1, R_2, R_3.$$

Второй закон Кирхгофа показывает, что при последовательном соединении через элементы цепи протекает **общий** ток, который определяет величину падения напряжений на каждом из резисторов, соответственно их номиналу. И сумма напряжений на этих, последовательно включенных резисторах, равна напряжению, поданного на эту замкнутую цепь (контур).

**Общий смысл указанных выше законов – это аналогия с законом сохранения энергии.**

## 1.7 Однофазное и трехфазное электроснабжение.

Стандартное электроснабжение потребителей осуществляется по следующей схеме:



Источник электропитания (обмотки силового трансформатора или генератора) подключены по схеме «ЗВЕЗДА». Средняя точка образует проводник «нейтраль». При этом на концах обмоток образуется переменное напряжение, со сдвигом фаз между каждым в 120 градусов, относительно друг друга.

**Напряжение 380 В (здесь и далее действующее значение) называется - линейным, и действует в трехфазной сети между любыми из трёх фаз.**

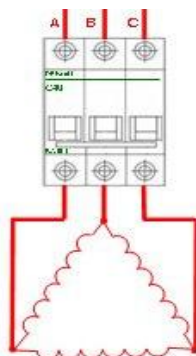
**Напряжение 220 В (здесь и далее действующее значение) называется - фазным, и действует между любой из трёх фаз и нейтралью (нулём).**

Подключение трехфазных нагрузок осуществляется в соответствии с внутренней схемой нагрузки, которая может представлять собой треугольник, использующую межфазные напряжения или звезду, использующую напряжения фаза-нейтраль.

Другими словами, если к потребителю подходит одна фаза, то потребитель называется однофазным, и напряжение его питания будет 220 В (действующее фазное). Если говорят о трехфазном напряжении, то всегда идёт речь о напряжении 380 В (действующее линейное).

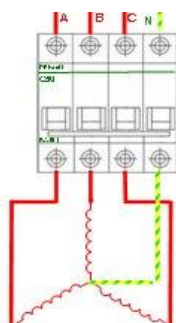
### Подключение трехфазной нагрузки "треугольником":

Применяется для электропитания "истинных" трехфазных потребителей: трехфазных электродвигателей и специализированных нагревательных приборов и т.д. с расчетным напряжением питания 380В.



### Подключение трехфазной нагрузки "звездой":

Применяется для электропитания потребителей с расчетным напряжением питания 220В.

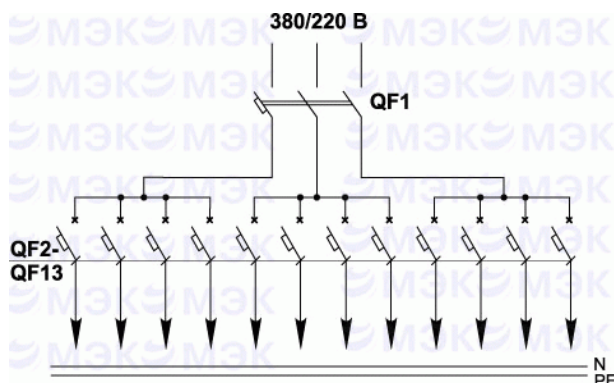


**Важно! На рисунке-схеме выше ноль обозначен жёлто-зелёным цветом, что неверно. Такой расцветкой принято обозначать "земляные" (РЕ) соединения!**



Одним из частых случаев трехфазного подключения является разведение трехфазного питания на три и более однофазных потребителя. В этом случае трехфазное питание через трехполюсный или четырехполюсный вводной автомат разводится на несколько однофазных (фаза + нейтраль) линии, к которым в свою очередь подключаются несколько однофазных потребителей.

В нашем случае соединение однофазных потребителей с напряжением питания 220В и распределение этих потребителей по фазам происходит в силовом дистрибьюторе. То есть, используется система подключения типа «звезда».

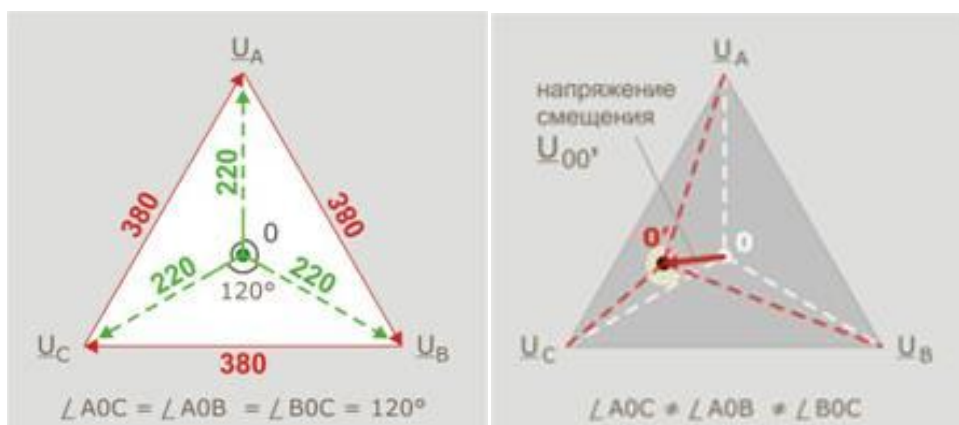


При идеальном распределении нагрузки по фазам ток по проводнику N (нейтралю) равен нулю (симметричная нагрузка). Если, нагрузка не равномерна, то по N-проводнику возрастает ток, и соответственно возрастает падение напряжения на нем (в связи с существующим погонным сопротивлением этого проводника). Следовательно, мы получаем разность потенциалов на разных концах нулевого провода, что опасно при вводном щите с занулением без повторного заземления.

В нашем случае (обеспечение питанием звукового и светового оборудования) соединение однофазных потребителей и распределение нагрузки по фазам должно быть насколько это возможно равномерным.

**Важно понимать, что присоединение нескольких однофазных нагрузок к одной точке электропитания (одному выходу одной фазы) – это ВСЕГДА параллельное соединение**, каким бы способом визуально эти нагрузки не соединялись: последовательно друг за другом (link) или из одного места. Соответственно, при увеличении количества нагрузок общее сопротивление понижается (параллельное соединение сопротивлений), суммарный ток увеличивается и возрастает потребляемая мощность.

Для понятия перекоса фаз используем диаграммы напряжений:



Линейные напряжения образуют равносторонний треугольник с вершинами  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$ . Фазные напряжения  $0A$ ,  $0B$  и  $0C$  равны между собой и сдвинуты друг относительно друга на угол  $120^\circ$ . Данная модель является идеальной, и перекоса фазных напряжений в ней отсутствует. Ток по N-проводнику равен 0.

При неравномерной нагрузке на фазы происходит смещение N в сторону  $L_A \setminus L_B \setminus L_C$ , что приводит к изменению напряжения. В итоге может быть, что на одной фазе 190, другой - 240, а на третьей - 230 вольт. Ток по "нейтралю" возрастает.

По этому, при питании распределенных нагрузок (когда нет полной симметрии по фазам), необходимо, что бы сечение N-было равно сечению фазных проводников или большего.

## 1.8 Заземление и зануление. Глухозаземленная нейтраль.

**Заземление** – это специально оборудованное соединение с грунтом («землей») нетоковедущих частей электрических приборов, которые в исправном виде не находятся под напряжением, в случае нарушения изоляции могут попасть под него. Электрический ток

устремляется в ту сторону, где сопротивление наиболее мало. В случае нарушения изоляции электротехники, он выходит на корпус. Но, самое страшное то, что если человек прикоснется рукой к поверхности, которая теперь находится под напряжением, он получит смертельный разряд. Благодаря контуру заземления напряжение будет распределено между предметом и человеком. Причем, так как сопротивление тела гораздо выше сопротивления контура заземления, то через него пройдет неощутимое количество тока, а все остальное уйдет в землю. Поэтому, при его устройстве следует помнить, что для того, чтобы ток пошел по нему, **его сопротивление должно быть минимальным**. Также, все паразитные наведенные и образованные электрические потенциалы помех «стекают» на контур заземления, что повышает помехозащищенность работы всех электронных приборов.

**РЕ - заземляющий проводник** - служит для надежного образования тока короткого замыкания при аварийной ситуации и стекания паразитных наведённых потенциалов.

По правилам устройства электроустановок (ПУЭ) все токопроводящие металлоконструкции здания и сцены должны быть соединены с контуром заземления (РЕ).

На площадке необходимо обязательно проверять наличие потенциала между землей звукового комплекса и токопроводящими сценическими металлоконструкциями. При необходимости, соединять металлоконструкции с земляным контактом на вводном силовом дистрибьюторе. (не по ПУЭ, но возможно использование повторного контура заземления для выравнивания потенциала)

**Нейтраль (N) – рабочий ноль** – общая точка обмоток генераторов или трансформаторов, питающих сеть; напряжения на выходных зажимах источника электроэнергии, измеренные относительно нейтрали, равны.

Системой электроснабжения с заземленной нейтралью считается сеть, в которой заземлена средняя точка обмоток силовых трансформаторов (источников). В режиме глухого заземления работают сети с бытовым потребителем. При таком режиме работы нейтрали средняя точка обмоток трансформатора присоединяется к заземляющему контуру. В распределительных щитах корпус также присоединяется к заземляющему контуру. При повреждении изоляции фазного провода и прикосновении его к заземленным конструкциям возникает большой ток (практически ток короткого замыкания) и происходит немедленное отключение поврежденного участка сети. Бетонные стены и полы также имеют потенциал земли.

Если для испытаний соединить фазный проводник L на нулевой рабочий проводник N или защитный проводник РЕ, то образуется контур, называемый петля фаза-ноль. Т.е. эта петля состоит из электрической цепи фазного проводника L и нулевого рабочего проводника N, либо из электрической цепи фазного проводника L и защитного проводника РЕ, которая обладает своим сопротивлением. Именно сопротивление петли «фаза-ноль» характеризует способность линии электроснабжения передать максимальную мощность без потерь.

## 1.9 Индуктивность. Зависимость импеданса индуктивности от частоты.

**Индуктивность** — катушка из свёрнутого изолированного проводника, обладающая значительной индуктивностью при относительно малой ёмкости и малом сопротивлении. Появление в конструкции катушки сердечника ведет к увеличению индуктивности.

Основное явление, которое нужно знать для уровня техника: **сопротивление любой катушки индуктивности растёт с увеличением частоты текущего через неё тока.**

Чем больше индуктивность – тем больше это увеличение.



### 1.10 Принцип потерь напряжения на длинных линиях электроснабжения.

У кабеля имеется погонное сопротивление (чем больше сечение, тем меньше погонное сопротивление), на котором возникает падение напряжения, пропорциональное проходящему току. На стороне потребителя напряжение равно:  $U_{\text{пит}} = U_{\text{источника}} - U_{\text{падения}}$  на линии (которое зависит от тока). Соответственно, чем длиннее линия, тем больше должно быть сечение для обеспечения минимальных потерь при нагрузке. При любом сечении, при отсутствии нагрузки  $U_{\text{пит}} = U_{\text{источника}}$ .

В сматанных в бухту кабелях образуется паразитная индуктивность, которая является дополнительным сопротивлением для переменного тока в линии электроснабжения, что приводит к дополнительным потерям и нагреву кабеля.

Одним из важнейших требований к **линиям электропередачи** является уменьшение потерь при доставке энергии потребителю. Об этом нужно знать, и всегда помнить при проектировании и прокладке линий электроснабжения.

### 1.11 Кабели. Допустимый ток на жилу силового медного кабеля.

Допустимы следующие значения тока: длговременно порядка 5А на 1 мм<sup>2</sup> (номинал, без нормировки на длину и потери), 10А (кратковременно, без нормировки на длину и потери). Зависит от типа кабеля и условий прокладки. Это нелинейная зависимость от сечения.

Для большинства решений оптимальны следующие соотношения сечения медного провода (номинала автомата):

- 1,5 мм<sup>2</sup> — 7,5А длговременно (16А) – суммарно максимально 2500W.
- 2,5 мм<sup>2</sup> — 12,5А длговременно (25А) – суммарно максимально 4000W.
- 4,0 мм<sup>2</sup> — 20А длговременно (32А) – суммарно максимально 5700W.
- 6,0 мм<sup>2</sup> — 30А длговременно (40А) – суммарно максимально 7700W.

**Далее еще более нелинейно. Обязательно с нормировкой на длину.**

- 10 мм<sup>2</sup> — 50А длговременно (63А) – суммарно максимально 12500W.
- 16 мм<sup>2</sup> — 65А длговременно (80А) – суммарно максимально 16000W.

**Применяемые стандарты (ряды) сечения силового кабеля до 16 мм.кв.:**

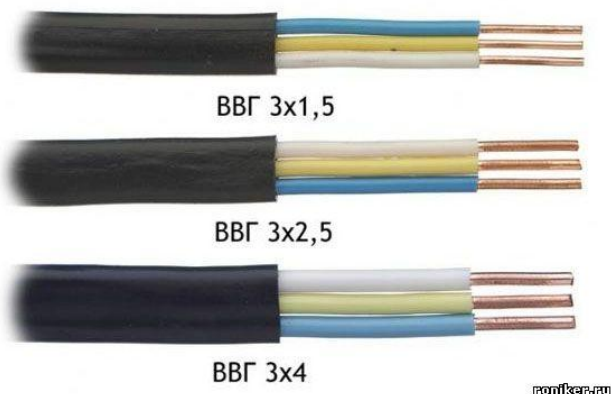
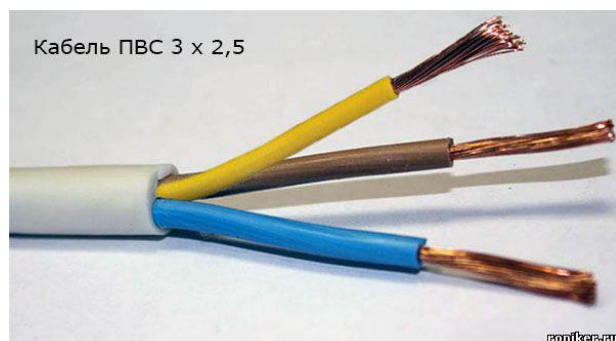
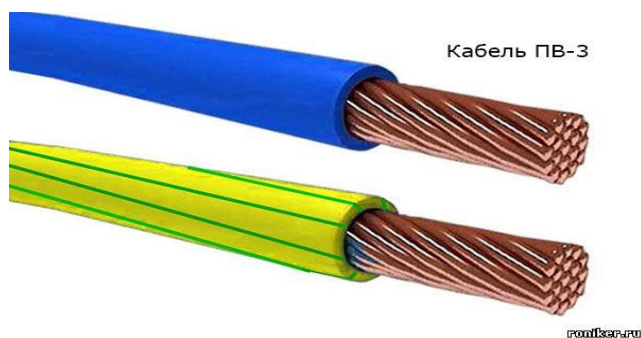
0,5мм<sup>2</sup>; 0,75мм<sup>2</sup>; 1мм<sup>2</sup>; 1,5мм<sup>2</sup>; 2,5мм<sup>2</sup>; 4мм<sup>2</sup>; 6мм<sup>2</sup>; 10мм<sup>2</sup>; 16мм<sup>2</sup>.

**Для силовых кабелей необходимо применять только три жилы и пять жил.  
Наличие РЕ проводника (проводника защитного заземления) необходимо!!!**

**Стандартная расцветка жил кабеля (по ПУЭ).**

**Желто-зеленый – ВСЕГДА** защитное заземление, земля (**РЕ**); Синий – рабочий ноль, нейтраль (**N**). В нашем случае, при отсутствии потребителей, зависящих от чередования фаз, расцветка фазных проводников не так важна. Но, необходимо соблюдать номера фаз в разъемах для последующего равномерного распределения нагрузки по фазам.

## Примеры электрического кабеля и провода:



Типы и марки кабеля и проводов нужно уметь отличать по внешнему виду.

Нужно упомянуть одну важную деталь. Некоторые кабели с пластиковой изоляцией становятся хрупкими при минусовой температуре, сильно "деревенеют", иногда вплоть до разрушения изоляции, если сильно согнуть кабель. Например, кабель **ПВС** и **ШВВП**. **Осторожней с ними!**

**При расчёте сечения кабеля следует принимать во внимание следующие тонкости:**

- А) Потребляемый ток нагрузки, напряжение в линии, кол-во фаз.
- Б) Длину трассы.
- С) Допустимые потери.
- Д) Способ прокладывания трассы.
- Е) Температуру окружающей среды.

## 1.12 Устройства защиты в сетях электроснабжения.

**Плавкий предохранитель (плавкая вставка, ПВ)** - один из самых первых приборов защиты, применяемых как на "заре" электротехники, так и по сегодняшний день.

Представляет собой небольшой отрезок тонкого проводника (проволоки) в стеклянном или керамическом корпусе (иногда заполненным песком).

Температура плавления материала и сечение проводника подобраны таким образом, что при достижении определенной величины проходящего электрического тока этот отрезок нагревается, расплавляется и перегорает, размыкая таким образом цепь.

Из недостатков можно отметить большое время срабатывания.

Плавкие предохранители имеют эффект "старения", особенно при работе длительно с током, близким по значению к номинальному.

**АВ (Автоматический выключатель, автомат)** – защита от долговременной перегрузки, защита от сверхтоков короткого замыкания (в конструкции чувствительного элемента применена биметаллическая пластина и сердечник электромагнита). Это устройство обеспечивает защиту в двух случаях:

- 1) При прохождении электрического тока нагревается биметаллическая пластина. Ее степень (температура) нагрева зависит именно от RMS (среднеквадратичного, действующего) значения тока. От температуры биметаллическая пластина изгибается и приводит в действие «спусковой» механизм, который разрывает цепь. Время нагрева пластины определяет время срабатывания АВ.
- 2) При возникновении сверхтока (тока высокого значения, например при коротком замыкании) электромагнит втягивает сердечник, который мгновенно приводит в действие «спусковой» механизм, который разрывает цепь.

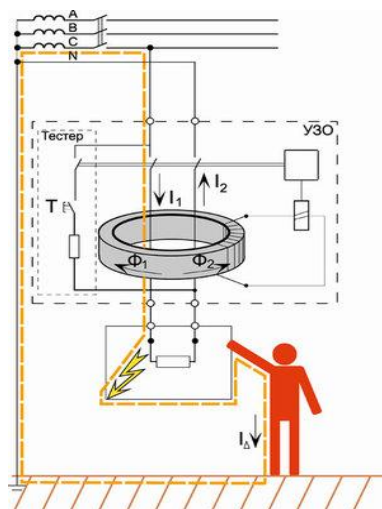
**УЗО – Устройство защитного отключения (УЗО)** — электронно-механический коммутационный аппарат, который при достижении (превышении) дифференциальным током заданного значения должен вызвать размыкание контактов и прекратить подачу тока.

Принцип работы УЗО основан на измерении равенства токов по фазе(фазам) и ноле на защищаемом участке цепи. Если, баланс токов нарушен, то УЗО незамедлительно размыкает все входящие в него контактные группы, отключая нагрузку.

УЗО "измеряет" сумму токов, протекающих по контролируемым проводникам. В нормальном состоянии ток, уходящий по фазным проводникам, должен быть равен току, возвращающемуся по нулевому проводнику, то есть сумма токов, проходящих через УЗО, равна нулю (точнее, сумма не должна превышать допустимое значение). Если же сумма превышает допустимое значение, то это означает, что часть тока проходит "мимо" УЗО, то есть контролируемая электрическая цепь имеет утечку.

С точки зрения электрической безопасности, УЗО принципиально отличаются от АВ тем, что предназначены именно для защиты от поражения электрическим током, поскольку они срабатывают при утечках тока значительно меньших, чем автоматические выключатели. УЗО должны срабатывать за время не более 25-40 мс, то есть до того, как электрический ток, проходящий через организм человека, вызовет поражение.

Обнаружение токов утечки при помощи УЗО является дополнительным защитным мероприятием, а не заменой защиты от сверхтоков при помощи АВ, потому что УЗО никак не реагирует на неисправности, если они не сопровождаются утечкой тока.



Для чего нужно УЗО:

Для защиты человека от поражения электрическим током при прямом и косвенном прикосновении к открытым проводящим частям электроприборов, оказавшимся под напряжением в случае повреждения изоляции, а также при непосредственном прикосновении человека к токоведущим частям электроприборов или к проводам, находящимся под напряжением.

- Для предотвращения возгораний, при возникновении токов утечки на корпус или на землю.

**Дифференциальный автомат** (диф.автомат) — это комбинированное устройство, выполняющее функции УЗО (защищает от удара током) и автоматического выключателя (защищает от перегрузки и коротких замыканий), то есть совмещает все три функции.

Необходимо по внешнему виду и признакам научиться различать типы автоматов защиты и УЗО.

### Характеристики приборов защиты:

Основные характеристики приборов защиты: номинальный ток, ток короткого замыкания, ток утечки (для УЗО), тип по временным характеристикам.

Автоматы разделяются по типу мгновенного расцепления на В, С или D и времени. По нему можно вычислить кратковременное значение тока, при котором автомат не сработает на разрыв.

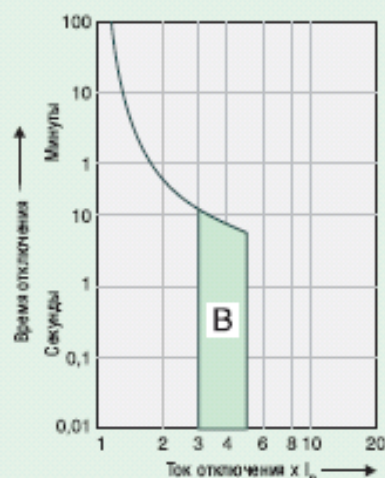
**Характеристика «В»** — защита цепей от перегрузок и коротких замыканий, защита протяженных кабелей систем электроснабжения. Это диапазон от 3 до 5 значений номинального тока. Такие автоматы применяется в цепях без больших скачков тока.

**Характеристика «С»** — защита цепей от перегрузок и коротких замыканий, защита резистивных и индуктивных нагрузок с низким импульсным током. Тип мгновенного расцепления "С" рассчитан на токи в 5-10 раз превышающие номинальный. Применяется в цепях, в которых возможны большие токи включения.

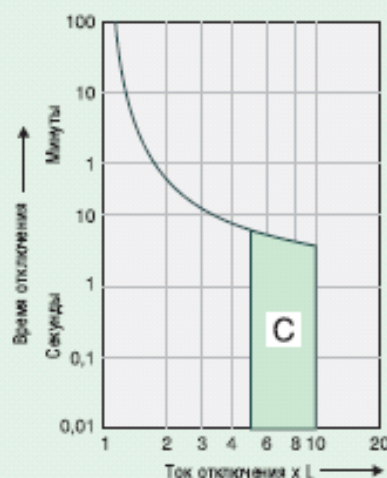
**Характеристика «D»** — защита цепей от перегрузок и коротких замыканий, защита нагрузки с высокими импульсными токами при включении нагрузки (например, низковольтных трансформаторов). Тип "D" применяется в цепях, в которых могут быть большие пусковые токи от 10 до 50 значений номинального тока.

### Кривая отключения (пределы токов отключения согласно EN 60898)

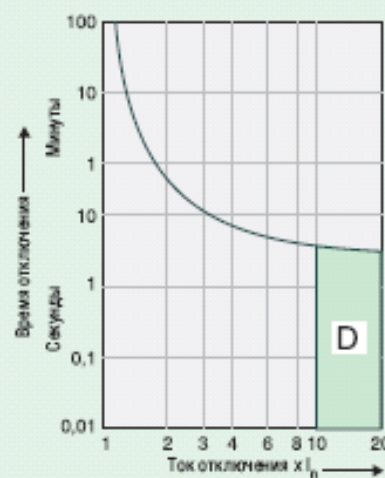
Кривая отключения В  
(расцепитель короткого замыкания 3-5  $I_{nл}$ )



Кривая отключения С  
(расцепитель короткого замыкания 5-10  $I_{nл}$ )



Кривая отключения D  
(расцепитель короткого замыкания 10-20  $I_{nл}$ )





**Максимальный коммутируемый ток в кА: 4,5кА, 6кА, 10кА.**

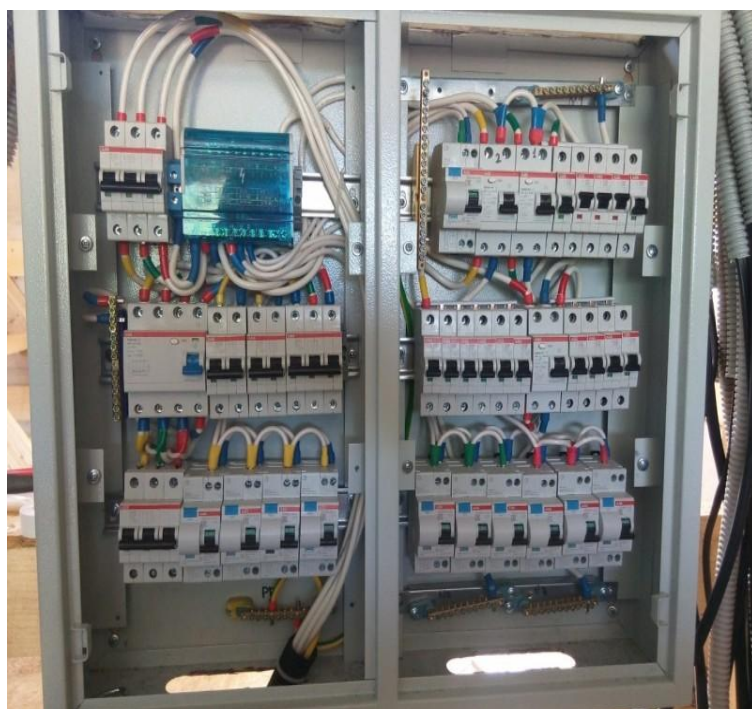
Данная характеристика указывает на максимальный ток, при котором автомат не сгорит, а сработает на отключение. (характеризуется размером контактов размыкателя и силой размыкания для избегания эффекта слипания).

В современных качественных автоматах, УЗО и аналогичном модульном оборудовании, производителем обычно заявлено значение механической износостойкости в диапазоне от 10 000 до 20 000 циклов включений-выключений. При работе на максимальных токовых значениях и срабатывании в аварийных ситуациях это количество резко сокращается.

### **1.13 Топология ЩР и ВРУ.**

**Вводно-распределительное устройство (ВРУ).** Также **УВР**, от **Устройство Вводно-Распределительное** - совокупность электротехнических конструкций и аппаратов, предназначенных для приема, распределения и учета электрической энергии. Устанавливается в жилых и общественных зданиях, а также промышленных производственных помещениях (цехах).

**ЩР (Щит Распределительный)** - Электрический щит, "щиток" или "раздатка" - устройство, предназначенное для приема и распределения электрической энергии при напряжении 380/220 трехфазного переменного тока частотой 50—60 Гц, нечастого включения и отключения линий групповых цепей, а также для их защиты при перегрузках и коротких замыканиях.



Обязательно нужно разбираться во всем многообразии электрощитового оборудования, устройствах контроля и автоматики, которые могут быть установлены в распределительных щитах.

Только уверенный в своих знаниях специалист должен допускаться к работам в распределительных устройствах.

Во многих мощных электрощитовых можно встретить РУ (распределительные устройства), в которых используются ПВ - плавкие вставки (мощные плавкие предохранители), вместо АВ (автоматов защиты).



На практике нужно уметь определить вводной кабель, отходящие линии, токопроводящие шины и шины **Ре** и **N**, а так же возможные точки подключения.

В основном ввод в автомат защиты располагается сверху (верхние губки держателей плавких вставок). Но это бывает не всегда. **Будьте предельно внимательны!!!**

Топологию конкретных РУ требует внимательного рассмотрения и анализа на месте.

#### **1.14 Проектирование линии электроснабжения.**

Сечения проводников линий электроснабжения выбираются исходя из принципа «от большего к меньшему». На каждое сечение проводника кабеля (жил), каждого участка цепи, ставится автомат защиты. Недопустимо разветвлять большие сечения на меньшие при отсутствии автоматов защиты. Должен соблюдаться принцип селективности: приборы защиты подбираются по своим токовым и временным характеристикам от большего значения к меньшему. При аварийной ситуации на участке должен срабатывать ближайший автомат.

Топология земляных проводников должна соблюдать правило "из одной точки".

**НИКОГДА И НИ ПРИ КАКИХ ОБСТОЯТЕЛЬСТВАХ НА НУЛЕВОМ ПРОВОДЕ НЕ ДОЛЖЕН СТОЯТЬ ОТДЕЛЬНЫЙ АВТОМАТ**

**или другой коммутирующий элемент (выключатель, контактор (пускатель) и т.д.)!**

**ТОЛЬКО ИЛИ СДВОЕННЫЙ (счетверенный) С ФАЗНЫМ(И), ИЛИ ВООБЩЕ НИКАКОГО!**

Автомат защиты (или плавкая вставка) - очень нужное и необходимое устройство! Может случиться, что разъёмы и кабели выбраны неправильно (в целях экономии, например, кабель выбран меньше расчётного сечения). Разъёмы и кабели в этом случае могут греться и, в результате, выйти из строя, привести к короткому замыканию, "отгоранию" нуля, возгоранию и другим печальным последствиям. В случае установки автоматов защиты, при «аварии» отключается самое слабое звено в цепи, и проблема локализуется.

### 1.15 Типы силовых разъёмов, используемых в электроснабжении звуковых и световых комплексов.

Количество «Pin» (разъемных контактов) – это количество проводников, которые может тот или иной разъём коммутировать.

Цвета корпусов разъемов СЕЕ:

Красные – трехфазные (5-ти и 4-х пиновые), Синие – однофазные (3-х пиновые).

Разъёмы СЕЕ 125-и, 63-х, 32-х, 16-и амперные (3-х фазные, 5-ти пиновые):



3-х фазные, 5-ти пиновые разъемы СЕЕ применяются для основного присоединения комплексов оборудования (присоединения силового дистрибьютера) или составного (сборные рэки с приборами) оборудования к точки электропитания (силовой ввод, ЩР или шины основного щита).

Существуют разъемы СЕЕ 4-пиновые. Они предназначены для присоединения «истинных» 3-фазных потребителей (электродвигатели), для питания которых N-проводник не нужен. Присутствуют только три проводника фаз и проводник Ре.



Такие разъемы (4-pin, 16Ампер) используются для коммутации сценических электролебедок. При этом провод используется 4-х жильный.

В каталогах производителей иногда встречаются и такие «монстры» СЕЕ, но в нашей практике они не применяются.





### Разъемы СЕЕ (1-фазные, 3-х пиновые):



1-х фазные, 3-ти пиновые разъемы СЕЕ применяются для основного присоединения 1-фазных комплексов оборудования (присоединения 1-фазного силового дистрибьютера) или составного (сборные рэки с приборами) оборудования к точки электропитания, а так же для присоединения мощных 1-фазных приборов.

Шуко (Schuko) 1-фазные (строгое соблюдение распиновки фаза-ноль не предусмотрено) внешне выглядят как бытовые розетки электроприборов с заземляющим контактом:



### Разъём Neutrik PoweCon®:



Серия разъемов **Neutrik PowerCon®** создана на основе разъемов для подключения акустических систем к усилителям мощности **Neutrik Speakon®**. Разъемы **Neutrik PowerCon®** предназначены для подачи напряжения питания к потребителям тока до 20А. Производятся двух серий (последняя буква в маркировке разъема): серия А (синий корпус) – входные разъемы, через разъемы этой серии производится питание устройства; В (серый корпус) – выходные разъемы для подачи питания от одного устройства к другому (при соединении приборов "последовательный Link"). Корпус разъема выполнен с фиксатором, предотвращающим случайное разъединение разъемов.

**Выход напряжения питания – всегда розетка («МАМА») с отсутствием видимых и потенциально опасных при прикосновении токоведущих частей.**


**ДРУГОЕ НЕДОПУСТИМО!!!**

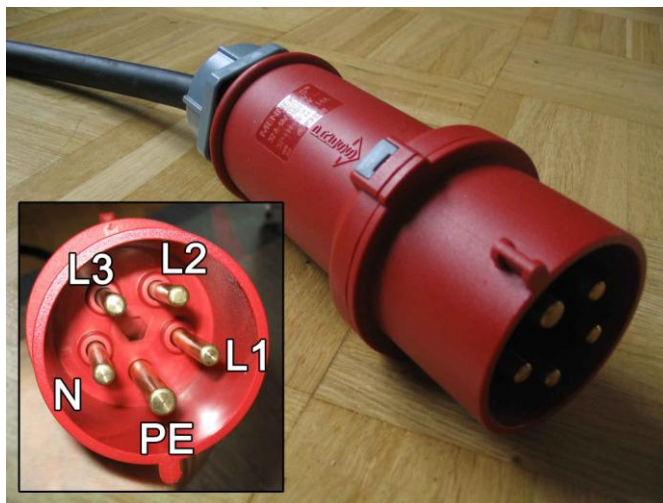
Вход – всегда вилка («ПАПА»).



## 1.16 Полярность в разъёмах СЕЕ.

Необходимо обязательно соблюдать полярность (фазность, распиновку) в кабелях при их создании. Фазы на клеммах обозначены соответственно:

L1, L2, L3 - фазы, нейтраль - N и земляной проводник - PE .

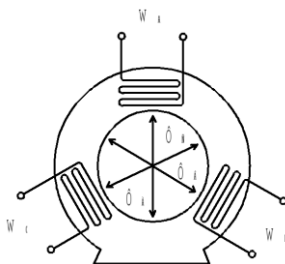


- Параллельные разъёмы и разъёмы на разных концах кабеля обязательно должны иметь идентичную распиновку.

## 1.17 Подключение трехфазных электродвигателей (лебедок, талей, тельферов).

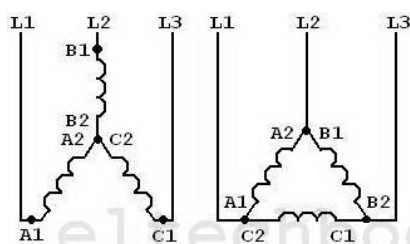
Рассмотрим трехфазный электродвигатель.

Такой электродвигатель представляет собой машину переменного тока, состоящую из статора (неподвижная часть конструкции) с тремя обмотками, магнитные поля которых сдвинуты в пространстве на  $120^\circ$  и ротора (подвижная часть с осью привода). То есть, переменное напряжение трех фаз питающего напряжения образует электромагнитное поле, поочередно толкающее (сдвиг фаз в трехфазном электроснабжении  $120$  градусов) в ту или иную сторону ротор.

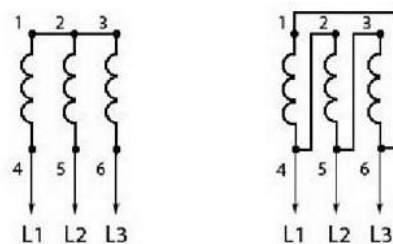


Соответственно трехфазный электродвигатель имеем шесть выводов обмоток (по два с каждой).

Обмотки такого электродвигателя могут быть рассчитаны на 220 вольт (для подключения «звездой»), или на 380 вольт (для подключения «треугольником») переменного напряжения.



или можно показать так



Меня последовательность чередования фаз (последовательность изменения напряжения от одной фазы к другой) – изменяется направление вращения ротора.

Таким образом, что бы сменить направление вращения трехфазного электродвигателя на противоположное, нужно поменять местами две фазы из трех. Причем любые две из трех.

Именно для этого в некоторые разъемы СЕЕ («папы») встраивают механическое устройство, меняющее две фазы местами.



Трехфазный электродвигатель – симметричное по потреблению электроэнергии устройство.

Нагрузка, которая распределена по трем фазам при работе – равномерная. То есть, можно считать, что величина тока по каждой из трех питающих фаз одинакова. Именно по этой причине «N» («Нейтраль») проводник для питания таких двигателей не необходим. При питании по системе подключение «треугольник» он вообще отсутствует в принципе по схеме подключения.

Для питания трехфазных электродвигателей применяются четырехпроводные кабели с 4-х пиновыми разъемами СЕЕ. Три фазы + защитное заземление, которое подключено на металлический корпус прибора. Оно выполняет, только защитную функцию и, исключает попадания рабочего напряжения на корпус электродвигателя в случае пробоя изоляции обмоток статора.



Именно такие кабели применяются для соединения сценических электролебедок.

Для управления лебедками применяется прибор – контроллер, пульт управления лебедками, предназначенный для оперативной смены направления движения каждой из подключенной лебедки.



Контроллеры имеют стандартный 5-ти пиновый входной разъем СЕЕ (обычно 32А) и выходные 4-х пиновые СЕЕ (обычно 16А) разъемы для подключения сценических лебедок.

Отличаются внешним исполнением, наличием дистанционного управления а главное, количеством выходов – количеством лебедок, которыми можно управлять одновременно.

### 1.18 Техника безопасности при подключении.

Принцип: Лучше перебздеть, чем недобздеть.)))

Обязательно использовать потенциальные пробники и указатели напряжения.

Указатель напряжения – индикаторная отвертка или щупы с пассивной схемой (неоновая лампочка и ограничительный резистор).

Потенциальный пробник – индикаторная отвертка или щуп с активной схемой (имеющей элемент питания). Имеет возможность бесконтактного определения фазного проводника, полярности постоянного напряжения, определение замкнутой цепи и т.д.

Обязательно подкладывать при монтаже резиновый коврик под ноги (перед использованием проверять внешнюю целостность). Работы проводить в сухой обуви.

При присоединении к токоведущим частям **«100 раз» проверить отсутствие напряжения** и стараться работать одной рукой (не брать обеими руками за части электроустановки).

Остерегаться остаточных потенциалов. Даже при работе с уровнем напряжения 0,4 кВ стараться перед прикосновением временно заземлить токоведущие части.

Всегда первичное касание производить обратной стороной руки, ногтями.

При занулении присоединять отходящие проводники Ре и N под разные болты.

После осуществления подключения необходимо **«5 раз» проверить** всё тестером (вольтметром) и фазной отверткой, прежде чем включать оборудование в систему

## Помните!!!

**Если Вы выполняете работы по подключению электропитания всего комплекса – Вы берете на себя большую ответственность. Правильность выполнения подключения обеспечивает Вашу безопасность, безопасность Артистов и Персонала на площадке и бесперебойность ШОУ в целом!!!**

**Если Вы не уверены в своих знаниях и навыках, лучше доверить подключение местному электротехническому персоналу на площадке.**

## 2. ЗВУК. Немного теории звука и звуковое оборудование.

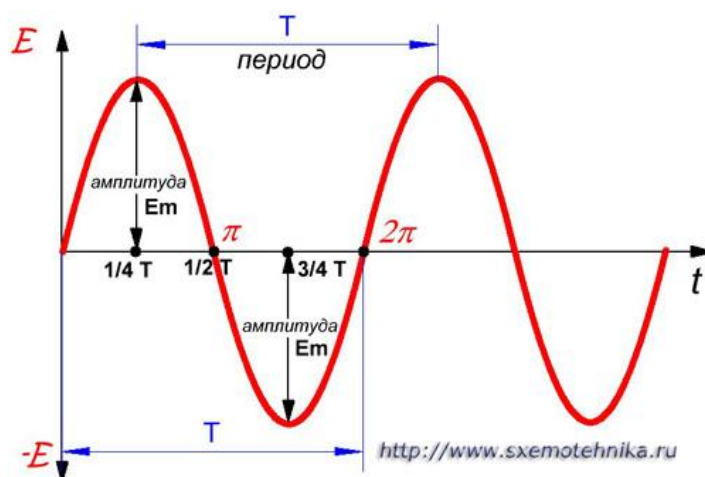
Звук - распространяющиеся в упругих средах, газах, жидкостях и твердых телах механические колебания, воспринимаемые органом слуха, ухом.

### 2.1 Колебания, Звуковые Волны и Сигналы.

Наиболее простыми колебаниями являются равномерные или гармонические колебания, которые можно представить в виде синусоиды (как и переменное электрическое напряжение).

Периодические (гармонические) колебания – колебания, повторяющиеся во времени с определенным интервалом времени или следующие известному циклу.

На примере синусоидального колебания:



Количество колебаний воздуха (сжатие и разрежение частиц) в секунду называется частотой звука. Волны с разной частотой воспринимаются нами как звук разной высоты: волны с малой частотой воспринимаются как низкие, басовые звуки, а волны с большой частотой - как высокие.

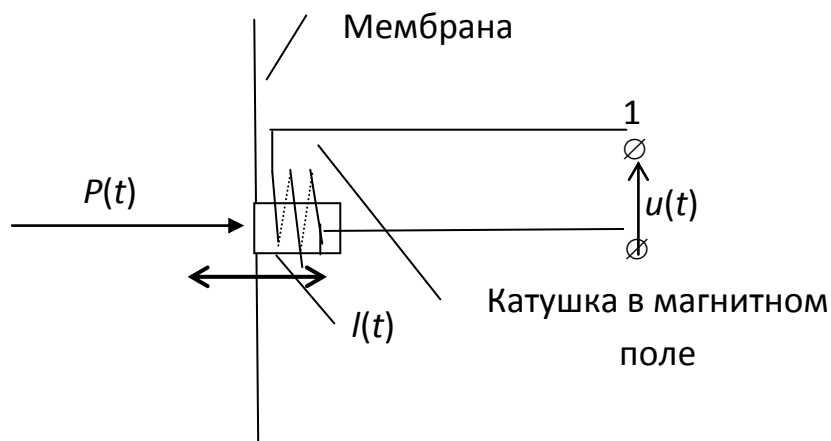
Частота измеряется в Герцах (Гц): 1 Гц = 1 колебание в секунду; или килогерцах (кГц): 1 кГц = 1000 Гц.

Частота волны обратно пропорциональна длине волны - отрезку на оси распространения волны, в котором уместается полный цикл (**период**) изменения плотности воздуха. Чем больше частота звука, тем меньше длина волны и наоборот.

Длину волны можно вычислить по формуле  $\lambda = C/f$ , где  $C$  - скорость звука (340 м/с), а  $f$  - частота звуковых колебаний. Например, волна, имеющая частоту 100 Гц, имеет длину  $340/100=3.4$  м.

Амплитудой звуковой волны называется половина разницы между самым высоким и самым низким значением плотности. На графике амплитуде будет соответствовать разница между самой высокой (или низкой) точкой волны и горизонтальной осью графика.

Преобразование изменения давления (звуковых волн) в электрический сигнал - переменное напряжение, формой соответствующее акустическому колебанию, воздействующему на мембрану, происходит следующим образом:



Немного вернемся и повторим **п.1.3**, чтобы понять, что звуковые колебания преобразуются в переменное электрическое напряжение, имеющее энергетические («мощностные») характеристики.

На практике встречаются самые разные колебания, и может оказаться так, что два различных по форме сигнала имеют одинаковые амплитуды, хотя очевидно, что на электрическую цепь они будут оказывать разное воздействие, например, выделять разное количество тепла на резистивной нагрузке.

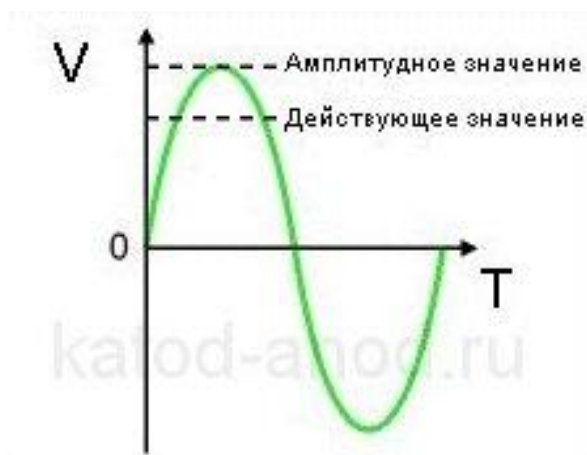
Поэтому, наиболее целесообразно оценивать величину тока, который создает это напряжение на нагрузке, по той работе, которую он совершает.

Работа сигнала прямо пропорциональна площади под кривой, описывающей данное колебание.

При такой оценке действие переменного тока сравнивается с аналогичным действием постоянного тока. Например, если некоторый переменный ток выделяет на участке цепи такое же количество тепла, что и постоянный ток силой 10 ампер, то говорят, что величина этого переменного тока составляет 10 ампер. Это значение тока и называют действующим (RMS). В современной литературе чаще используется математическое определение этой величины — среднеквадратичное значение силы переменного тока.

Итак, действующим значением переменного тока называется численное значение такого постоянного тока, который за время, равное одному периоду, выделяет в сопротивлении такое же количество тепла, что и ток переменный. Действующее значение переменного тока зависит от его формы.

Для синусоидального колебания  $V_d = V_{ампл} / \sqrt{2}$ :



При одном и том же амплитудном значении, например, сигнал прямоугольной формы (с определенной скважностью равной 2 - меандр) будет нести в себе большую энергию, чем синусоидальный, а сигнал пилообразной формы еще меньше.

Поскольку мощность сигналов мы можем оценить их сравнительной громкостью, данный эффект хорошо слышен при воспроизведении этих сигналов громкоговорителем.

Наш мозг усредняет значения уровней звукового давления и оценивает громкость по среднеквадратичному значению сигнала.

Форма звуковых колебаний зависит от свойств источника звука. Каждый музыкальный инструмент издает сложные негармонические колебания. Негармоническое периодическое воздействие с периодом  $T$  равносильно одновременному действию гармонических сил с различными частотами, а именно с частотами, кратными наиболее низкой частоте  $n=1/T$ . Это заключение является частным случаем общей математической теоремы, которую доказал в 1822 г. Жан Батист Фурье.

Теорема Фурье гласит: всякое периодическое колебание периода  $T$  может быть представлено в виде суммы гармонических колебаний с периодами, равными  $T, T/2, T/3, T/4$  и т.д., т.е. с частотами  $n=(1/T), 2n, 3n, 4n$  и т.д. Наиболее низкая частота  $n$  называется основной частотой. Колебание с основной частотой  $n$  называется первой гармоникой или основным тоном (тоном), а колебания с частотами  $2n, 3n, 4n$  и т.д. называются высшими гармониками или обертонами (первым -  $2n$ , вторым -  $3n$  и т.д.).

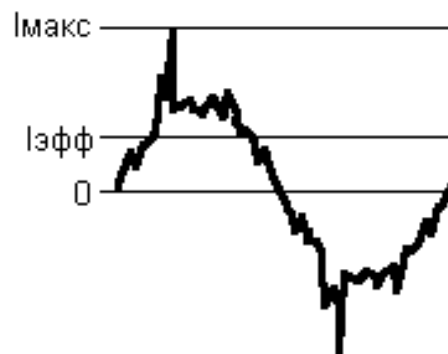
Каждый звук, издаваемый различными музыкальными инструментами, голосами различных людей и т.п., имеет свои характерные особенности - своеобразную окраску или оттенок. Эти особенности звука называют - тембром. На рисунке показаны осциллограммы звуковых колебаний, создаваемых роялем и кларнетом для одной и той же ноты. Осциллограммы показывают, что период у обоих колебаний одинаков, но они сильно отличаются друг от друга по своей форме и, следовательно, различаются своим гармоническим составом. Оба звука состоят из одних и тех же тонов, но в каждом из них эти тоны - основной и его обертоны - представлены с разными амплитудами и фазами.



Для нашего уха существенны только частоты и амплитуды тонов, входящих в состав звука, т.е. тембр звука определяется его гармоническим спектром. Сдвиги отдельных тонов по времени никак не воспринимаются на слух, хотя и могут очень сильно менять форму результирующего колебания.

Сигнал одной ноты музыкального инструмента - периодический сигнал произвольной формы. Основная гармоника определяет «высоту» ноты, а остальные гармоники – тембр этого инструмента.

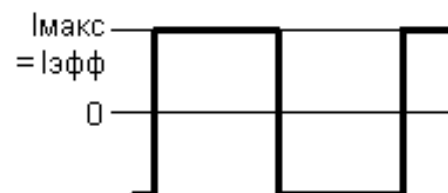
Для периодического сигнала произвольной формы вводят понятие Крест-фактор (Пик-фактор, коэффициент амплитуды). Коэффициент амплитуды сигнала равен отношению амплитуды (максимального значения) сигнала к действующему (эффективному, среднеквадратичному, rms) значению сигнала.



То есть, тот самый множитель амплитудного значения для определения действующего значения периодического сигнала (тот самый  $V_d = V_{ампл} / \sqrt{2}$  для синуса), - это и есть крест-фактор:



$$K=1,414$$



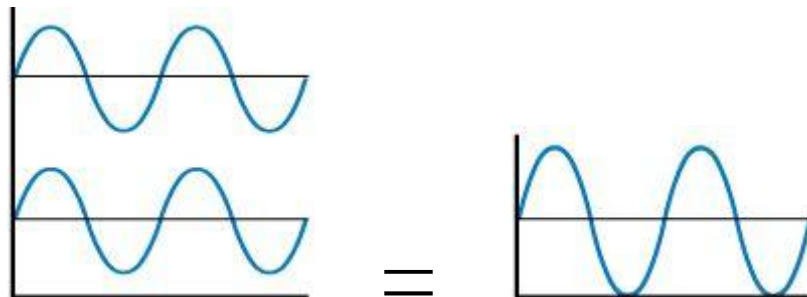
$$K=1$$

**К (крест-фактор сигнала) = Амплитудное значение / RMS значение**

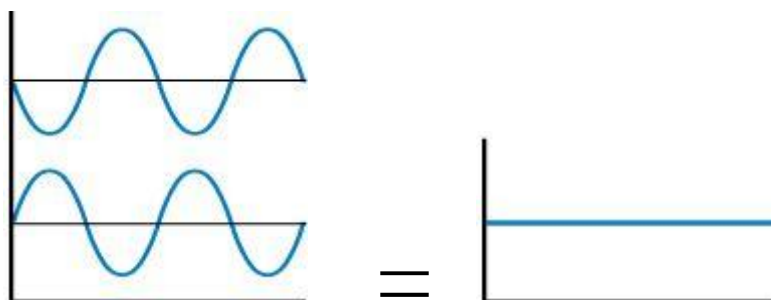
## 2.2 Фаза сигналов.

Вернемся к гармоническим колебаниям.

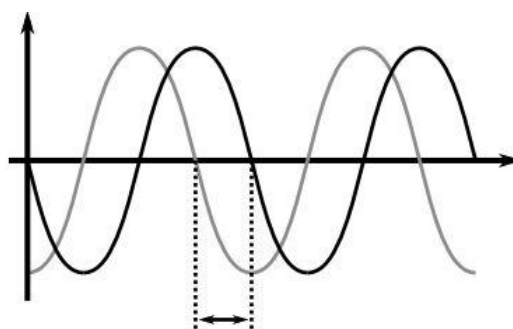
Для описания относительных временных свойств двух звуковых волн (или разных частей одной волны) вводится понятие фазы звуковой волны. Посмотрите на рисунок. На первом графике показаны две волны, которые полностью совпадают друг с другом. В этом случае говорят, что волны находятся в фазе. На практике это означает, что будет иметь место усиление сигналами друг друга. И в идеале амплитуда результирующего сигнала будет равна сумме амплитуд каждого сигнала.



На следующем графике в том месте, где у одной волны находится область высокой плотности, у другой - область низкой плотности. В этом случае говорят, что волны находятся в противофазе (разница по фазе = 180 градусов – инвертирование – противоположная полярность). При этом, если волны одинаковые, происходит их взаимное уничтожение (в природе одинаковые волны бывают крайне редко, чаще противофазные волны при наложении сильно искажают звук).



Фазовый сдвиг подразумевает запаздывание первого сигнала по времени относительно второго:



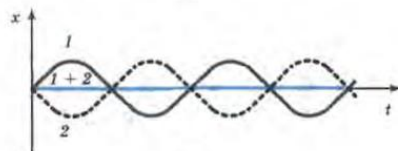
Соответственно:

Разность фаз в 90 градусов - это сдвиг на  $1/4$  периода,  
Разность фаз в 180 градусов - это сдвиг на  $1/2$  периода,  
Разность фаз в 360 градусов - это сдвиг на 1 период.

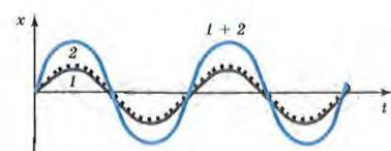


При двух гармонических колебаниях одной частоты результатом сдвига фаз будет частичное ослабление сигнала. Степень ослабления результирующего сигнала будет зависеть как раз от этого самого сдвига фаз. В предельном случае на выходе получится абсолютный ноль.

Нужно понимать, что если два одинаковых звуковых сигнала излучаются разными источниками, то для конкретной точки в пространстве эти сигналы будут приходить с разными фазами, которые определяются расстоянием от точки прослушивания до источника, т.к. звуковая волна имеет скорость в пространстве и задержка определяется расстоянием до каждого из источников.



б)  
Рис. 83



б)  
Рис. 84

Соответственно, когда разность расстояний от источников равна длине волны, то мы получаем сложение в точке прослушивания, а если оно равно половине длины волны – вычитание.

Это называется явлением интерференции. Данные эффекты справедливы для когерентных волн.

Волны называются когерентными, если они имеют одинаковую частоту и постоянную во времени разность фаз. То есть, одно и тоже колебание излучается разными источниками.

При сложении двух сложных неодинаковых колебаний (музыкальных сигналов или сигналов с произвольной формой) возникают более «тонкие» процессы: вводится понятие коррелированности (согласованности, «одинаковости») сигналов. Но это уже более "глубокие" понятия...



## 2.3 Звуковые сигналы.

Реальный звуковой (музыкальный) сигнал – сумма (микс) многих инструментов, звуков, голосов и т.д. – очень сложное негармоническое (непериодическое) колебание произвольной формы. Это колебание является случайным процессом, который простыми формулами описать практически невозможно. Такие процессы и их характеристики описывает теория вероятности.

Случайным процессом (шумом, флуктуациями) называют такое изменение наблюдаемой величины во времени, когда по значению этой величины в текущий и в предыдущие моменты времени нельзя точно предсказать ее будущее поведение. Мы никогда не сможем сказать, какое мгновенное значение напряжения будет в следующий момент времени у музыкального сигнала.

Звуковой сигнал – процесс непериодический и усреднения всех величин значений амплитуды производятся не за период, а за какой-то промежуток времени, определяемый методикой замеров и информационным смыслом измеряемых величин. Крест-фактор таких сигналов может достигать до  $K=300$  и более.

### Философско - "лирическое" отступление:

Именно в этом месте нужно понять и осознать "картину мира" случайности и непредсказуемости сигналов в звукотехнике, а так же необходимости усреднения всех результатов измерений их параметров. Большинство измеряемых физических величин постоянно меняется во времени и предсказать их значение в последующий момент времени попросту невозможно. Да и эти мгновенные значения не несут никакой полезной информации.

Многие среди Вас автолюбители. В большинстве автомобилей установлено штатное устройство - маршрутный компьютер, который имеет функцию измерения расхода топлива.

Имеется два режима измерения:

- мгновенный расход: мы видим постоянно меняющуюся "цифру" расхода количества литров на 100км. Это число зависит от силы давления на педаль газа, от загруженной массы автомобиля, от пробок на трассе, количеством остановок на светофорах, уклона дороги, от температуры за бортом, силы ветра и т.д. Но, предсказать на сколько километров нам хватит топлива, исходя из этой информации мы не сможем, т.к. факторов влияния на результат слишком много.

Истинность этой информации была бы ценна и информативна, если бы мы ехали по идеально ровной дороге, в безветренную погоду, зафиксировав педаль газа, с одной скоростью, на одной передаче и нигде не останавливаясь.

Этот пример как раз - аналогия измерения периодического сигнала.

- средний расход (average): Можно наблюдать небольшие изменения величины расхода в большие промежутки времени. И, хоть зависимость от внешних факторов осталась, по этому значению мы уже можем сделать приблизительные выводы о том, сколько сможем проехать на каком-то остатке топлива в баке.

На панели есть кнопка "reset", которая обнуляет average значение. И отсчет продолжается с этого момента нажатия. То есть, нажатием этой кнопки сброса мы осуществляем выборку по времени для измеряемой величины.

Можно нажимать кнопку в пункте А и в пункте В - информация о расходе за определенный отрезок пути.

Можно нажимать кнопку раз в год - информация о среднем расходе топлива за год.

И т.д.

Проведя аналогию в процесс измерения случайных сигналов нужно понять, что средняя величина какого-либо параметра определяется условиями, заданными при ее измерениях под разные информационные задачи. **Эти измерения - относительные. Мы меряем то, что хотим измерить.**

Это касается измерений большинства параметров звуковых сигналов.

Например, одно их различий шкал измерителей уровня звукового сигнала есть отличие во временных характеристиках (по времени реакции (интеграции)): VU, PPM, RMS и т.д.

Вроде меряем один и тот же сигнал по уровню, а значения получаем разные.

Спектр музыкального (звукового) сигнала определяется спектральной плотностью - функцией, базирующийся на преобразованиях Фурье и описывающая распределение мощности сигнала в зависимости от частоты, то есть мощность, приходящаяся на единичный интервал частоты.

Говоря про звуковые сигналы, мы подразумеваем диапазон основных частот от 20Гц до 20000Гц (20кГц) – диапазон слышимых частот - границы спектра. Хотя у музыкального сигнала есть гармоники, которые уходят за эти границы и тоже влияют на восприятие звучания.

Тут опять же нужно внести ясность: говоря о частотах и гармониках, это не значит, что звуковой сигнал (непериодический сигнал случайной формы) состоит из отдельно стоящих частот и их сумм.

**Сигнал ЕДИН и НЕПРЕРЫВЕН в своей частотной области и по изменению уровня.**

Преобразования Фурье просто дают некое математическое представление для анализа таких сигналов.

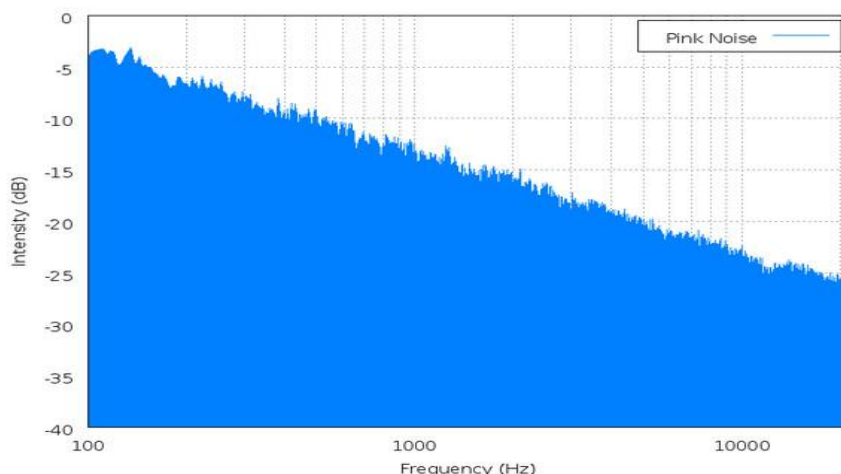
Собственно, в человеческом мозге так же происходит некий аналог таких преобразований, при восприятии звука.

Строго говоря, физически, сигналов определенной одной частоты в природе вообще не существует!

Лучше всего подходит под модель музыкального материала сигнал типа Шум – непрерывный набор беспорядочных колебаний различной физической природы, отличающиеся сложностью временной, частотной и фазовой структуры.

Белый Шум - равномерный по амплитуде (с крест-фактором амплитуды  $K=6$ ) и плотности шум, то есть это шум, в котором амплитуды всех гармоник в среднем за большое время равны.

Розовый Шум - с ростом частоты амплитуда и плотность уменьшаются.



Строгое определение: Розовый Шум — группа сигналов случайного характера, обладающих таким спектральным распределением мощности, что на каждую октаву приходится одинаковая энергия. Таким образом, спектральная плотность распределения по частотам обладает спадом в 3 дБ на октаву на всей области измерения.

Именно Розовый Шум больше всего подходит по аналогии частотного распределения энергии к музыкальным сигналам. Он имеет распределение энергии с наклоном в меньшую сторону у высоких частот и его спектр близок к усреднённому спектру среднестатистической звукозаписи. Розовый Шум таким образом можно использовать для настройки и проверки звуковой аппаратуры в условиях, приближенных к реальным.

Иногда для измерений используется сигнал типа Свип Тон (Sweep Tone), который является синусоидальным сигналом с постоянной амплитудой и плавно изменяющийся частотой во времени.

В основном, для наглядности, это изменение является логарифмической зависимости частоты сигнала от времени.

## 2.4 Децибел как относительная единица измерения. Особенности слуха.

Значение напряжения можно использовать для выражения величины электрического сигнала, то есть уровня. Однако в звуковых системах это не всегда удобно вследствие того, что напряжение в цепях может изменяться в очень широком диапазоне - в миллион и более раз. Согласитесь, неудобно сравнивать сигналы, если напряжение одного из них изменяется от 0,163 до 0,326 мВ, а второго - от 0,89 до 1,78 В. Для более удобного восприятия уровней сигналов их выражают в децибелах (международное обозначение - dB, русское - дБ).

Децибел является одной десятой долей Бела - величины, названной в честь одноименного ученого Александр Белл. Децибел - величина относительная, то есть она указывает не абсолютное значение параметра, а во сколько раз он больше или меньше другого значения. Децибел основан на десятичном логарифме от отношения двух сравниваемых величин. Для мощностей и напряжений эти отношения будут разные:

Соотношение напряжений в децибелах =  $20 \lg (\text{напряжение 1} / \text{напряжение 2})$ .

Так как мощность пропорциональна квадрату тока и квадрату напряжения, то соотношение мощности в децибелах =  $10 \lg (\text{мощность 1} / \text{мощность 2})$

Теперь можно легко сравнить изменения напряжений двух сигналов, о которых говорилось выше. Оба сигнала изменились на одинаковую величину - на 6 дБ:

$$20 \lg (0,326 / 0,163) = 6 \text{ дБ}$$

$$20 \lg (1,78 / 0,89) = 6 \text{ дБ.}$$

Из этого видно очень важное достоинство относительной единицы децибела - из изменения двух разных сигналов в одинаковое количество раз следует изменение обоих сигналов на одинаковое количество децибел. Другой пример: если напряжение сигнала изменилось в десять раз, например с 0,1 до 1 В, то его изменение в децибелах равно 20 дБ. Если где-нибудь напряжение сигнала подпрыгнуло с 300 до 3000 В, то этот сигнал "скакнул" тоже на 20 дБ! Вторым достоинством децибела можно назвать то, что эта величина близка к порогу возможности человеческого уха различать два сигнала по громкости.

дБ	Отношение тока или напряжения	Отношение мощности
0	1,000	1,000
-0,1	0,989	0,977
-0,2	0,977	0,955
-0,3	0,966	0,933
-0,4	0,955	0,912
-0,5	0,944	0,891
-0,6	0,933	0,871
-0,8	0,912	0,832
-1,0	0,891	0,794
-1,5	0,841	0,708
-2,0	0,794	0,631
-2,5	0,750	0,562
-3,0	0,708	0,501
-3,5	0,668	0,447
-4,0	0,631	0,398
-4,5	0,596	0,355
-5,0	0,562	0,316
-6,0	0,501	0,251
-7,0	0,447	0,200
-8,0	0,398	0,159
-9,0	0,355	0,126
-10	0,316	0,100
-11	0,282	0,0794
-12	0,251	0,0631
-13	0,224	0,0501
-14	0,200	0,0398
-15	0,178	0,0316
-16	0,159	0,0251
-18	0,126	0,0159
-20	0,100	0,0100
-30	0,0316	0,001
-40	0,01	0,0001
-50	0,00316	0,00001
-60	0,001	0,000001
-70	0,000316	0,0000001
-80	0,0001	0,00000001
-90	0,0000316	0,000000001
-100	0,00001	0,0000000001

дБ	Отношение тока или напряжения	Отношение мощности
0	1,000	1,000
0,1	1,012	1,023
0,2	1,023	1,047
0,3	1,035	1,072
0,4	1,047	1,096
0,5	1,059	1,122
0,6	1,072	1,148
0,8	1,096	1,202
1,0	1,122	1,259
1,5	1,189	1,413
2,0	1,259	1,585
2,5	1,334	1,778
3,0	1,413	1,995
3,5	1,496	2,239
4,0	1,585	2,512
4,5	1,679	2,818
5,0	1,778	3,162
6,0	1,995	3,981
7,0	2,239	5,012
8,0	2,512	6,310
9,0	2,818	7,943
10	3,162	10,000
11	3,55	12,6
12	3,98	15,9
13	4,47	20,0
14	5,01	25,1
15	5,62	31,6
16	6,31	39,8
18	7,94	63,1
20	10,0	100,0
30	31,6	1000,0
40	100,0	$10^4$
50	316,0	$10^5$
60	$10^3$	$10^6$
70	3160,0	$10^7$
80	$10^4$	$10^8$
90	$3,16 \cdot 10^4$	$10^9$
100	$10^5$	$10^{10}$

Так как децибел - величина относительная, то выражение уровня конкретного сигнала производится относительно опорных сигналов (в формуле - "напряжение 2"), величины которых постоянны и стандартизованы. На данный момент в звуковой аппаратуре применяются две величины опорного сигнала, которым соответствуют разные обозначения децибела. Так, если опорный сигнал составляет 0,775 В, то величина указывается как дБ (международное обозначение dBu). При опорном сигнале, равном 1 В, величина указывается как дБв (международное - dBV). Интересно отметить, что раньше при опорном сигнале 1 В применялось международное обозначение dBv, но при написании его часто путали с dBu и для устранения путаницы обозначение было заменено на dBV. Иногда для выражения уровня сигнала относительно 0,775 В можно увидеть международное обозначение dBm или русское дБм.

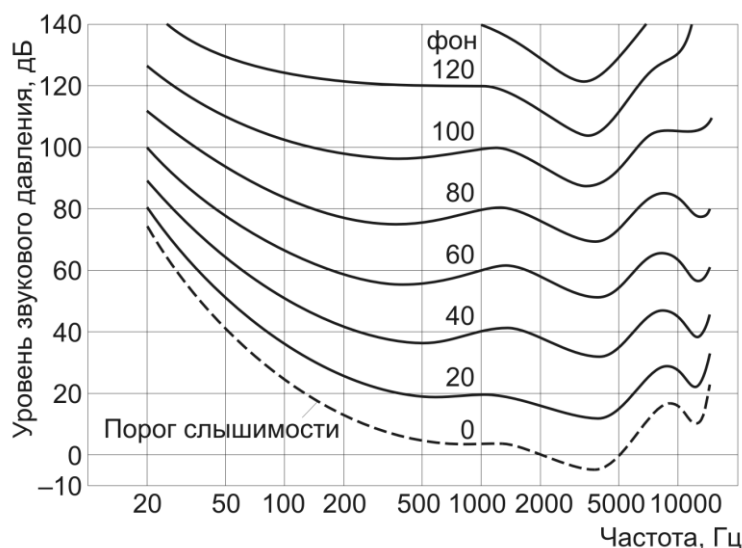
**Следует также понимать, что если сигнал имеет уровень 0 дБ, то это означает не отсутствие сигнала, а то, что он равен опорному.**

Мы подаем электрический сигнал на акустический излучатель (динамик). Звуковое давление, или громкость звука - результат колебаний звуковых волн в воздушной среде, которые излучает этот динамик. Для измерения звукового давления (*SPL, Sound Pressure Level*) тоже применяется шкала в Децибелах. Причем за опорное значения принято давление в  $P_{SPL} = 20$  мкПа, соответствующему порогу слышимости синусоидальной звуковой волны частотой 1 кГц. Самый низкий уровень звука, который может восприниматься человеком, называется порогом слышимости (0 дБ), самый верхний уровень - болевой порог (120 дБ).

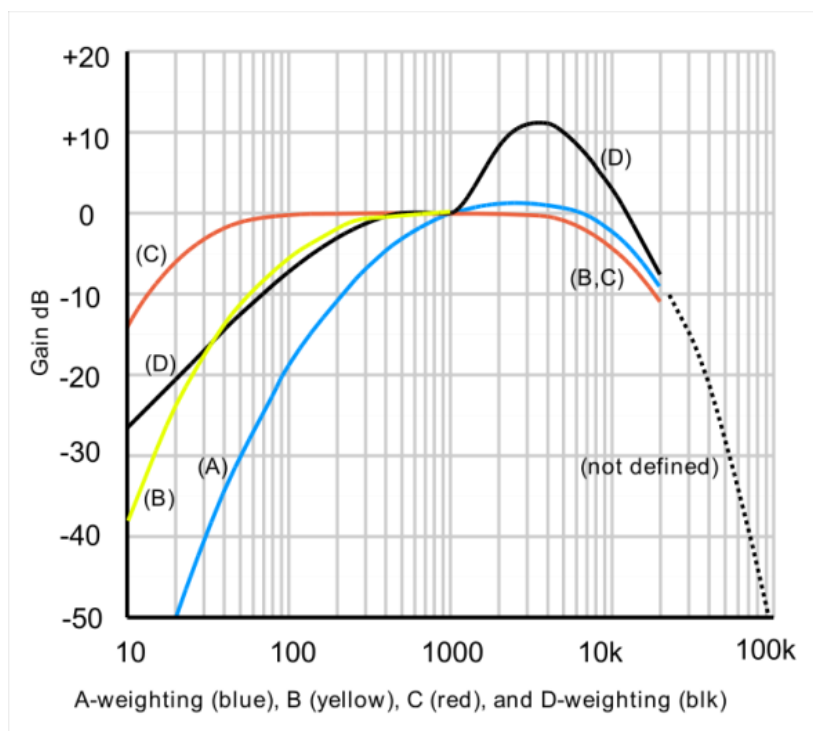
дБ(А)	Уровень громкости	Звуки
0	Порог слышимости	-
20	Чрезвычайно тихо	Шелест листвы, тихая комната
40	Очень тихо	Работающий холодильник
60	Относительно громко	Обычная беседа, ресторан
80	Очень громко	Городской транспорт, грузовик
100	Чрезвычайно громко	Симфонический оркестр, трактор
120	Порог болевого ощущения	Реактивный самолет

Большинство людей от 18 до 25 лет реально способны слышать колебания воздуха с частотой от 20 до 20000 Герц (с возрастом верхняя граница восприятия уменьшается). Именно этот диапазон волн называется - звуковым диапазоном.

Но, слух не линеен во всем диапазоне частот. Звук одной частоты нам кажется громче или тише других частот. И это зависит от уровня громкости этого звука. Нелинейность слуха среднестатистического человека отображают кривые равной громкости (кривые Флетчера-Менсона):



Для измерения звукового давления применяется прибор SPL-метр. Он отображает средний уровень звукового давления по всему диапазону частот, который определяется кривыми взвешивания (фильтрации):



Исходя из восприимчивости человеческого слуха к низким частотам менее, чем к высоким, в основном на практике для измерения SPL применяется кривая «А».

Помимо нелинейности слуха есть еще несколько важных эффектов:

Если ухо человека воспринимает одновременно два или несколько звуков различной громкости, то более громкий звук заглушает (поглощает) слабые звуки. Происходит так называемая маскировка звуков, и ухо воспринимает только один, более громкий звук.

Сразу после воздействия на ухо громкого звука снижается восприимчивость слуха к слабым звукам на некоторое время (инерционность слухового аппарата). Эта способность называется адаптацией (приспособлением) слуха.

Мозг человека обрабатывает воспринимаемые звуки таким образом, что когда мы слышим два звука, частоты которых относятся как 2:1, то нам кажется, что эти звуки близки друг к другу и при одновременном воспроизведении они для нас как бы сливаются. Именно на этом эффекте основана музыкальная шкала высоты звуков, у которой одна и та же нота повторяется каждую октаву. То есть, в натуральном звукоряде частоты одинаковых нот соседних октав соотносятся между собой как 2:1.

### 3. Звуковой тракт.

Для понимания путей прохождения сигнала, принципов работы тех или иных устройств необходимо научиться читать принципиальные и блок-схемы.

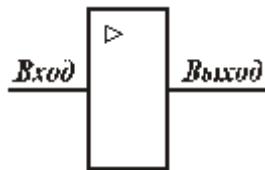
Хорошей практикой является изучение инструкций по эксплуатации применяемых устройств, в большинстве которых изображена блок-схема.

В аппаратном парке каждой прокатной компании помимо стандартного оборудования есть много нестандартных устройств и кабелей. Интересуйтесь, спрашивайте и разбирайтесь!

Для расширения технического кругозора и наработки навыков понимания читайте все технические данные (схемы, DataSheet, инструкции) оборудования, которое Вас заинтересовало.

Это Всегда полезно!!! Учите мат. часть!!!)

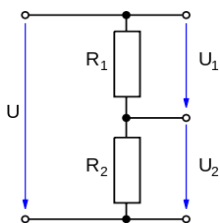
#### 3.1 Условные обозначения в звуковой схемотехнике, каскады и их некоторые характеристики.



- **усилитель**. Электронное устройство, предназначенное для усиления амплитуды сигнала. Основным параметром усилителя - коэффициенты усиления:

$$K_U = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}}, \quad K_I = \frac{i_{\text{вых}}}{i_{\text{вх}}}, \quad K_P = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}}$$

по напряжению, по току, по мощности. То есть на выходе усилителя мы получаем сигнал той же формы, что и был на входе, но с амплитудой умноженной на коэффициент усиления.



- **делитель напряжения**. Пассивная электрическая схема на резистивных элементах, предназначенная для уменьшения (деления) амплитуды сигнала.

Коэффициент деления (отношение уровня выходного сигнала к входному) -

$$U_{\text{вх}} = U_{\text{вых}} \times \frac{(R_1 + R_2)}{R_2}$$

Эта формула выводится через формулу закона Ома.

Из формулы следует, что при равных значениях сопротивления резисторов получаем деление на 2.

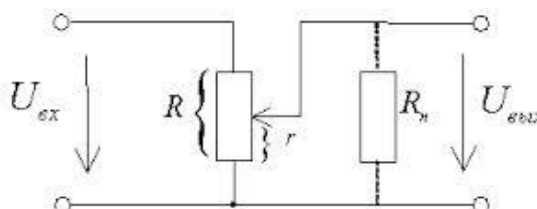
Следует учитывать, что эта формула верна, только для отсутствия сопротивления нагрузки.

Нужно понимать, что на сопротивление  $R_2$  имеет большое влияние входное сопротивление последующего каскада.

В аудио схемотехнике соблюдается принцип: для минимизации влияния друг на друга, входное сопротивление последующего каскада должно быть больше, чем выходное сопротивление предыдущего (обычно в 10 раз больше).

Если входное сопротивление каскада равно выходному сопротивлению предыдущего каскада, то амплитуда сигнала уменьшается на  $K=2$ .

Регулируемый делитель напряжения:

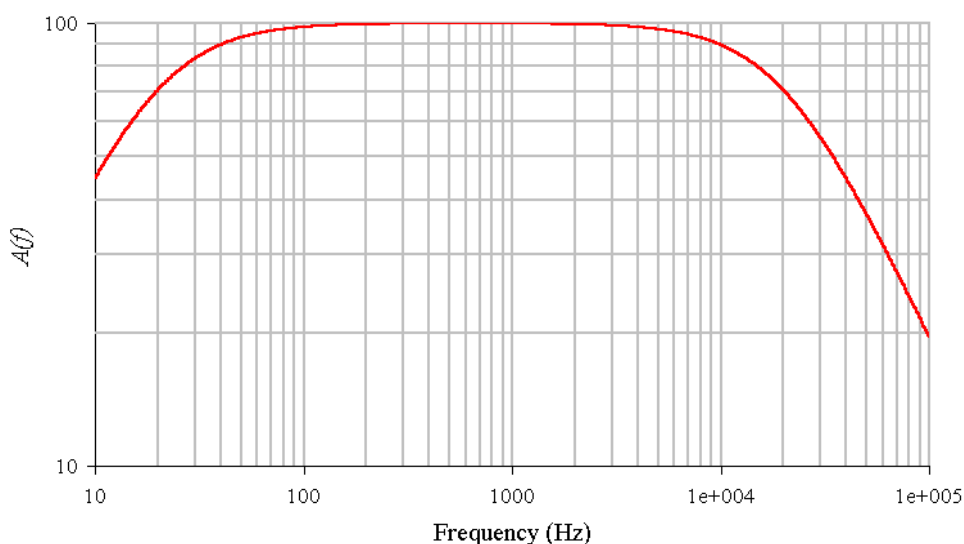


Звуковым трактом называем совокупность устройств и приборов, которые участвуют в передаче и обработке звуковых (аудио) сигналов. Под обработкой аудио сигналов понимается изменение их свойств, направленное на улучшения субъективного восприятия этих сигналов, представляемых в виде акустических колебаний. Следует отметить, что в результате обработки характер изменения сигналов на выходе устройств обработки, как правило, не соответствует исходному и в силу не идеальности реальных свойств устройств обработки в сигнале могут возникнуть и нежелательные изменения. Эти изменения называются искажениями.

С помощью технических показателей и характеристик осуществляют оценку свойств устройств как устройств преобразования аудио сигналов. Эти преобразования обычно отражаются на уровне сигнала, изменении его спектра, формы и временного положения. Рассмотрим основные параметры и характеристики, с помощью которых можно охарактеризовать и оценить возможные изменения в сигнале, возникающие при его прохождении через то или иное устройство обработки.

В процессе прохождения синусоидального сигнала (в качестве тестового) через то или иное устройство обработки происходит изменение как амплитуды, так и фазы этого сигнала. Обычно в первую очередь интересуются изменением амплитуды сигнала. Эти изменения характеризуют числом, называемым коэффициентом передачи  $K$  (иногда  $A$ ). Коэффициент передачи является основным показателем, с помощью которого определяют, как изменится амплитуда напряжения на данной частоте после его прохождения через рассматриваемый участок звукового. Значения коэффициента передачи больше единицы часто называют коэффициентом усиления.

Коэффициент передачи того или иного устройства обычно зависит от частоты  $f$ . Эту зависимость  $K(f)$  называют амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ).



Указанные выше характеристики мы рассматриваем как линейные, то есть не зависящие от уровня входного сигнала и не меняющиеся во времени.

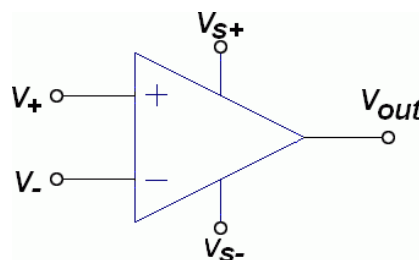
Спектральные составляющие сигнала при его прохождении через аналоговый тракт подвергаются неодинаковым временным задержкам, что нарушает фазовые соотношения между ними. Этот эффект определяется фазочастотной характеристикой. Нарушения фазовых соотношений могут приводить к изменениям формы сигнала и соответственно звучания. Искажения отсутствуют только в том случае, если запаздывание одинаково для всей группы составляющих, образующих спектр сигнала..

При прохождении сигнала через «идеальный» прибор форма сигнала одинаковая на входе и выходе.

Но в реальной жизни любое устройство, через которое проходит сигнал, вносит искажения в форму сигнала и появлению лишних составляющих в спектре (гармоники). Причем степень этого искажения формы зависит от величины входного сигнала и коэффициента усиления. Это влияние на форму (искажения) определяются коэффициентом нелинейных искажений (коэффициент гармоник).

Например, делитель напряжения – линейное устройство. Оно не вносит само по себе нелинейные и фазовые искажения.

### 3.2 Смысл и понятие дифференциального усилителя.



- дифференциальный (операционный) усилитель.

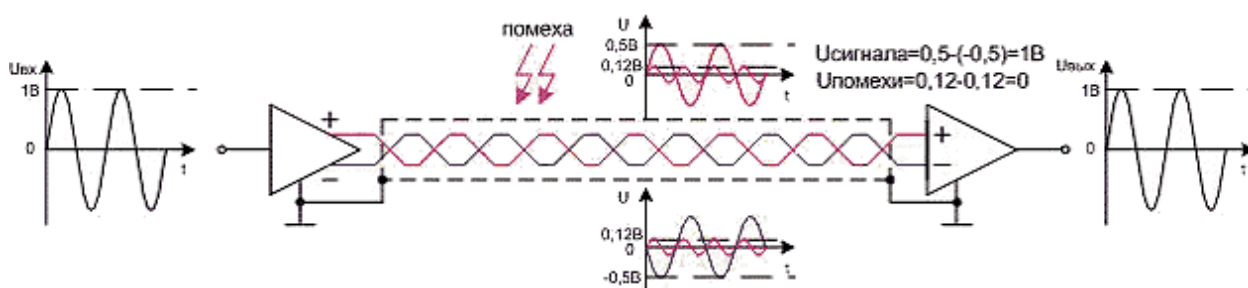
- $V_+$  - не инвертирующий вход
- $V_-$  - инвертирующий вход
- $V_{out}$  - выход
- $V_{S+}$  - плюс напряжения питания
- $V_{S-}$  - минус напряжения питания

В общих словах, дифференциальный (операционный) усилитель - слабوتочное устройство, усилитель сигнала с коэффициентом усиления по напряжению  $K$ , который имеет положительный (не инвертирующий) и отрицательный (инвертирующий) вход. Усиливает разность между + и - входами. Является самым распространенным активным элементом в схемотехнике аудио устройств.

### 3.3 Симметричные линии передачи сигналов.

В симметричных линиях (часто называют балансными) передача сигнала осуществляется по двум проводникам («плюс» и «минус»), а экран играет роль общего провода. По плюсовому проводнику (по-английски hot) передается сигнал в одной фазе с исходным, а по минусовому проводнику (по-английски cold) передается зеркальный сигнал, перевернутый по фазе на  $180^\circ$ , то есть по двум проводникам передается сигнал в противофазе относительно общего провода. Амплитуда сигнала представляет собой разность амплитуд сигнала на двух проводниках.

Принцип подавления синфазной помехи на симметричном входе: помеха наводится одновременно на + и - проводнике длинной линии и, поскольку приходит в фазе на + и - входы симметричного (балансного) входа, она взаимоуничтожается. При симметричном выходе источника и входа приемника экран является не "сигналонесущим", и может быть отключён, но, чтобы выполнить дополнительную защиту от электромагнитных помех его заземляют. Подключение экрана с обеих сторон соединительного кабеля при балансном входе-выходе выполняется только для унификации коммутационных кабелей.



Например (рисунок), если на одном проводнике амплитуда равна  $0,5\text{ В}$ , а на другом  $-0,5\text{ В}$ , то результирующая амплитуда будет равна  $0,5\text{ В} - (-0,5\text{ В}) = 1\text{ В}$ . Такой вид передачи сигнала устойчив к наведенным помехам, так как сигнал помехи наводится на оба проводника в одной фазе и взаимно компенсируется на входах дифференциального усилителя:  $0,12 - 0,12 = 0$

Симметрирование линии передачи сигналов можно реализовать с помощью звуковых трансформаторов. К плюсам такого метода относится полная гальваническая развязка источника и приемника сигнала.



### 3.4 Усилители мощности.

Усилители мощности (оконечные усилители) предназначены для увеличения мощности звуковых сигналов до такого уровня, чтобы они могли возбуждать мембраны (диффузоры) громкоговорителей.

Принцип работы усилителя состоит в том, что они преобразуют подводимую к ним от источника питания мощность (напряжение питания) в переменный ток в нагрузке, причем форма сигнала на выходе полностью повторяет сигнал на входе. Выходной каскад усилителя мощности является усилителем тока и согласует предварительные каскады (усилители напряжения) с низкоомной нагрузкой громкоговорителя акустической системы. Основные характеристики выходного каскада - его выходная мощность, которая ограничивается, главным образом, возможностями источника питания (способностью отдавать большой ток без снижения выходного напряжения) и коэффициент усиления.

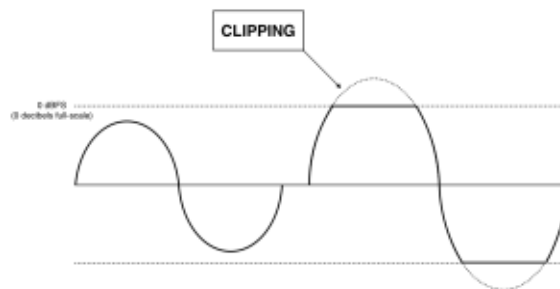
**Именно от величины коэффициента усиления зависит на сколько "громко" усилитель будет звучать с той или иной акустической системой, при одинаковом входном сигнале.**

**Мощность усилителя (максимальная выходная мощность) показывает лишь то, сколько энергии он может отдать без искажений и ограничения (лимитирования) в акустическую систему с определенным сопротивлением.**

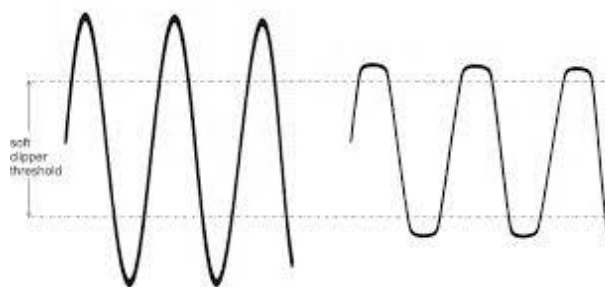
В случае «идеального» усилителя коэффициент усиления может быть любым, сколько угодно большим.

На практике выходное напряжение и выходной ток реального усилителя мощности ограничены напряжением питания выходных каскадов и их схемотехникой.

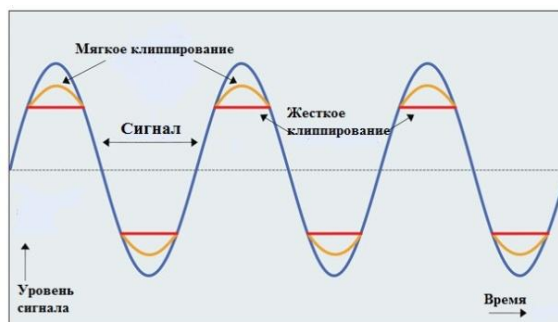
При достижении амплитудных значений выходного тока или выходного напряжения происходит жесткое ограничение амплитуды. На примере синусоидального сигнала: в режиме «Clip» синус превращается в прямоугольник. Резко возрастает RMS уровень сигнала и количество гармоник, что может вывести акустическую систему из строя («жесткое клиппование»).



Для обеспечения защиты от таких «экстремальных» случаев в большинство усилителей мощности встроено устройство Лимитер (Clip Limiter). Это устройство снижает общий уровень сигнала (уменьшает коэффициент усиления) в момент «клипа» так, чтобы выходные амплитудные значения напряжения и тока не выходили за предельные значения, снижая выходную мощность («мягкое клиппование»)



Но, даже при наличии и срабатывании Лимитера, форма выходного сигнала несколько искажается, появляются лишние гармоники и искажения.



Максимальная выходная мощность в техническом паспорте усилителя, как правило, указана как среднеквадратичное RMS значение выходной мощности. К примеру: если в техническом паспорте на усилитель указано значение выходной мощности, допустим, 300 Вт на сопротивлении нагрузки 4 Ом и указан метод измерения этой мощности (допустим на 1 кГц при искажении формы (коэффициент гармоник) 0,5% THD), то пиковые значения выходной мощности (мгновенные амплитудные значения) для данного электрического сопротивления нагрузки будут достигать 600 Вт, так как пик-фактор синусоидального тестового сигнала равен 3 дБ (два раза по мощности, 1,41 по напряжению).

Следует понимать, что каждый усилитель не является идеальным устройством, передающим и преобразующим энергию. При работе некоторая часть мощности рассеивается и переходит в тепло.

Мощность рассеивания - это мощность потерь в выходном каскаде, превращающаяся в тепло и нагревающая выходные транзисторы. Существует такой параметр, как КПД (коэффициент полезного действия). Величина мощности рассеивания и КПД зависят от класса работы усилителя и уровня сигнала.

**потребляемая мощность = выходная мощность + мощность рассеивания**

При подаче напряжения питания на усилитель, в отсутствии сигнала на входе, все равно происходит некоторое потребление электроэнергии, которое характеризуется как Ток Холостогохода.

В усилителях мощности с трансформаторными блоками питания начальные броски тока при включении могут в десятки раз превышать ток холостого хода.

При появлении полезного сигнала на входе, усилитель начинает свою работу (увеличивать отдаваемую мощность пропорционально входному сигналу умноженному на коэффициент усиления) и соответственно начинает потреблять больше энергии от сети питания. Это потребление не является постоянной величиной.

Это не лампочка или утюг, который имеет резистивную (активную) нагрузку и потребляет постоянно с течением времени одну и ту же мощность.

Мощность усилителя, которую он потребляет, пропорционально зависит от параметров входного сигнала (формы, амплитуды). Некоторое усреднение тока потребления происходит на электролитических конденсаторах большой емкости, которые установлены во вторичные цепи блоков питания усилителей (по постоянному напряжению). В моменты всплесков входного сигнала (например, удар большого барабана) они как бы играют роль дополнительного источника питания на пиках мощности. Но, накопленная в них энергия не безгранична.

Таким образом, если вспомнить о том, что кабель питания имеет погонное сопротивление по всей своей длине, и при протекании тока на нем образуется падение напряжения, нужно понять, что напряжение питания на распределительном устройстве звукового комплекса (силовой дистрибьютор) модулируется музыкальным сигналом, который мы воспроизводим. И при недостаточном сечении вводного кабеля (большое значение его сопротивления) эта модуляция может достигать десятки вольт.

Соответственно, например при ударе большого барабана, в моменты просадки напряжения питания (поданное напряжение минус падение напряжения на кабеле) мощность усилителей падает. Мы получаем своего рода компрессор (устройство, понижающее динамический диапазон), что негативно отображается на динамическом характере звучания звукового комплекса в целом.

Хотя, современные усилители мощности имеют многоступенчатую защиту, короткое замыкание на выходе может повлечь за собой выход прибора из строя. Следует следить за состоянием кабелей коммутации и не допускать КЗ (короткого замыкания).

Помните, что использование акустических систем (АС) с импедансом меньше рекомендованного может вывести усилитель из строя, а с большим - не принесет вреда, но выходная мощность пропорционально снизится.

Но это не линейная пропорция:

Например: у усилителя максимальная выходная мощность на нагрузку 4 Ом равна 1000 Вт.

По Закону Ома вроде бы на нагрузку в 2 Ом максимальная мощность должна быть 2000 Вт., а на нагрузку 8 Ом - 500 Вт.... Но эти утверждения ошибочны.

**Максимальная мощность на определенное сопротивление нагрузки зависит от схемотехники.**

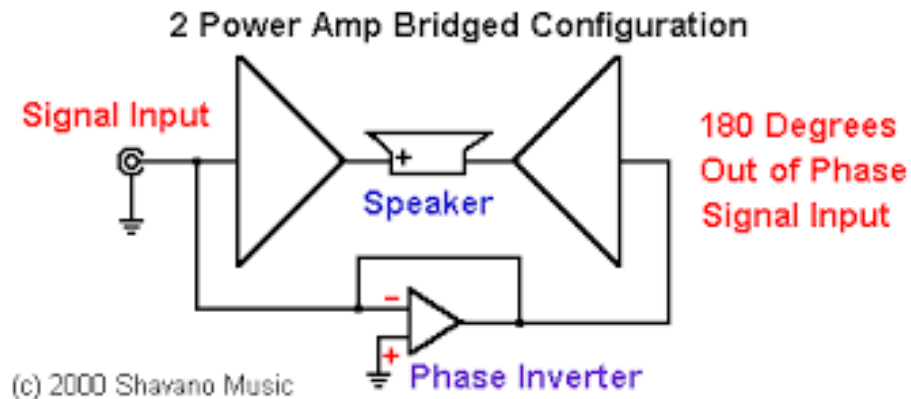
**Нужно рассматривать мануалы и технические характеристики конкретных моделей усилителей.**

Причем, некоторые модели не могут корректно работать с нагрузкой менее 4 Ом.

У стандартного двухканального усилителя мощности есть несколько режимов работы: нормальный 2-канальный (normal), моно (mono) и мостовой режим (bridge).

В режиме моно входы усилителя запараллеливаются, и на оба выхода идет сигнал с одного и того же источника.

Режим BRIDGE ("мост") предназначен для повышения выходной мощности для работами с мощными нагрузками. При этом оба канала усилителя работают на одну и ту же нагрузку, причем один из выходов является инверсивным (переворот фазы входного сигнала на 180 градусов).



При этом выходная мощность возрастает в два раза, но допустимое минимальное сопротивления нагрузки тоже увеличивается в два раза.

На многих усилителях мощности присутствует выходной разъем Bridge или на один из двух выходных разъемов выведен выход второго канала.



**Очень старательно читайте инструкции и смотрите, к каким разъемам вы присоединяете кабели. Ошибки в коммутации могут вывести дорогостоящие акустические системы и другое оборудование!!!**

### 3.5 Классификация типов разъёмов и кабелей по типам сигналов и задачам.

Все кабели с разъемами, предназначенные для соединения оборудования (коммутации, процесс коммутирования – соединения между собой), на сленге называется одним словом - «**КОММУТАЦИЯ**».

Сигнальные (низковольтные) кабели звукового комплекса предназначены для передачи аудиосигналов невысокого уровня (от десятков милливольт до нескольких вольт) при небольших значениях силы тока. Это все межблочные соединители между источниками сигнала, приборами обработки и микширования и входные кабели усилителей мощности. Сигнальные кабели подразделяются по конструктиву на балансные и небалансные. В профессиональном оборудовании почти всегда используются симметричные (балансные) линейные соединения компонентов системы.

В основном все небалансные кабели являются инструментальными (для присоединения электромузыкальных инструментов), а также для присоединения приборов с небалансным выходом, такие как носитель (CD, MD и т.д.). Инструментальный кабель напоминает коаксиальный видеокабель («антенный»), то есть имеет коаксиальную структуру. Он состоит из центрального проводника, внутреннего диэлектрика, экрана и внешней оболочки. Иногда между диэлектриком и экраном помещается антистатический слой.



Экран кабеля (как небалансного, так и балансного) играет двойную роль: общий проводник и защита от внешних электромагнитных наводок. Экран линейного кабеля может быть медный плетёный, медный спиральный и из алюминиевой фольги.

Балансный кабель применяется для соединения устройств с балансным входом или выходом. Состоит из двух центральных проводников в изоляции, экрана и внешней оболочки. Центральные проводники свиты между собой.



Центральные проводники представляют собой витую пару. Каждый проводник выполнен из свитых вместе тонких медных жил в изоляции. Требования к центральным проводникам балансного кабеля аналогичны требованиям к центральному проводнику небалансного кабеля.

По своим свойствам (по сопротивлению, погонной емкости и т.д.) балансные кабели подразделяются на «микрофонные» и цифровые. Цифровые в свою очередь могут быть предназначены для передачи цифровых аудиосигналов или DMX сигналов управления световым оборудованием.

Симметричные кабели так же выпускаются в виде «мультикоров», когда под общей оболочкой объединены несколько балансных линий.



## Применяемые разъемы:

Для симметричных соединений используются разъемы типа XLR-F, XLR-M и TRS-джек диаметром 1/4"(6,3мм). (Буква F в маркировке разъемов обозначает «женский» (female, «мама»), а M — «мужской» (male, «папа»))



Разъем XLR-F



Разъем XLR-M.



Разъем TRS(балансный джек), из за того, что применяется в стереовыходах на наушники иногда называют «стерео-джеком»

Для несимметричных соединений применяются разъемы типа TS 1/4"(6,3мм) и RCA, в быту именуемый «тюльпан».

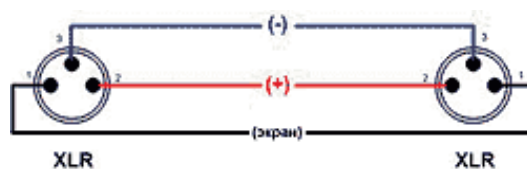


Разъем TS(«моно-джек»).



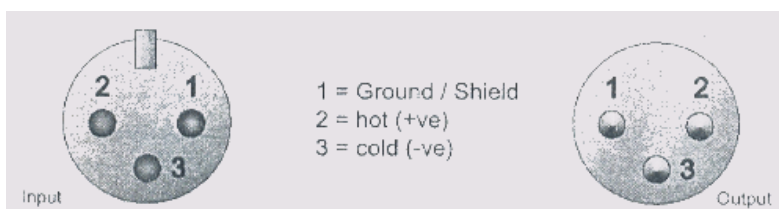
Разъем RCA («тюльпан»)

Теперь рассмотрим вопрос распайки разъемов XLR, TRS, TS, RCA на кабель. Возможные варианты распайки для соединения «баланс-баланс» представлены на рисунках:



Кабель XLR-XLR.

Стандартно такой кабель имеет на концах разъемы XLR-M («папа») – XLR-F («мама»). Может при необходимости наращиваться друг с другом.



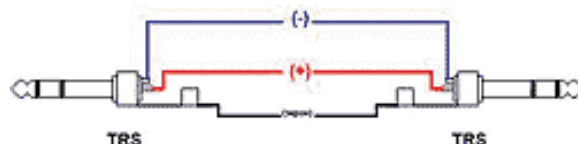


Контакт 1 предназначен для соединения с общим проводником (экранирующей оплеткой кабеля), контакт 2 — с "плюсовым", а контакт 3 — с "минусовым" проводниками. Кроме того, есть не показанный на рисунке контакт 0 — корпус разъема, иногда его соединяют с контактом 1 (из практики не советую этого делать). После припайки кабеля соответствующие контакты двух половинок разъема должны оказаться соединенными: контакт 1 штекерной части должен соединяться проводником кабеля с контактом 1 гнездовой части разъема XLR, контакт 2 — с контактом 2, контакт 3 — с контактом 3.

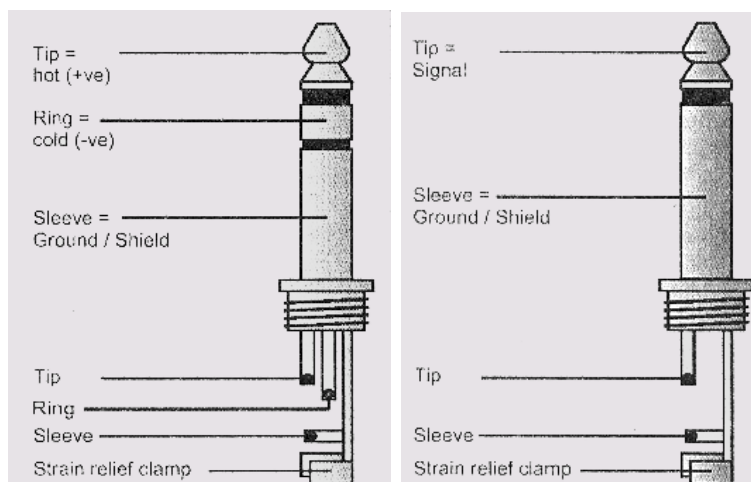
Если при распайке кабеля перепутать местами контакты 2 и 3, то сигнал, поступающий от источника, окажется инвертированным. При использовании единственного микрофона это не так уж и страшно, но если звук одного и того же источника вы одновременно снимаете двумя микрофонами, то при инвертировании одного из сигналов будет происходить их противофазное сложение. В худшем случае звука вообще не будет, а в лучшем - его тембр окажется заметно обедненным.

**Выходом в звуковом оборудовании всегда является XLR-M «Папа», а входом – XLR-F «Мама».** **Внимание!!!** В световом оборудовании, для передачи сигналов управления DMX протокола, наоборот: выход – «мама», вход – «ПАПА»

Кабель TRS-TRS («джек-джек симметричный»)



По аналогии выглядит схема распайки несимметричного (небалансного) инструментального кабеля TS-TS.

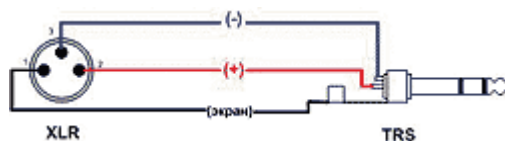


Двухконтактный разъем отличается от трехконтактного отсутствием контакта Ring. При использовании двухконтактного разъема контакт Sleeve соединяется с общим или земляным проводником, например экранирующей оплеткой кабеля, а контакт Tip — с сигнальным проводником.

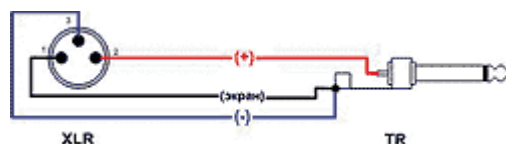
Трехконтактный разъем при использовании для симметричной коммутации распаивается следующим образом: контакт Sleeve соединяется с общим проводником. Контакт Tip предназначен для передачи сигнала в фазе (+). Контакт Ring предназначен для передачи сигнала в противофазе.

Показанные выше кабели являются стандартными и основными при соединении приборов в звуковом тракте, но иногда появляется необходимость сделать переход с разного типа разъемов, «баланс-небаланс» и «небаланс-баланс». Следующие типы кабелей имеют статус «переходников», и схемы их соединений примут вид:

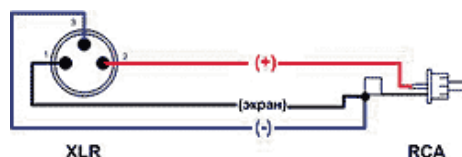
Кабель XLR-TRS:



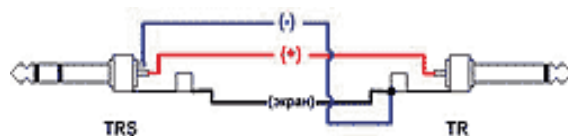
Кабель XLR-TS:



Кабель XLR-RCA:

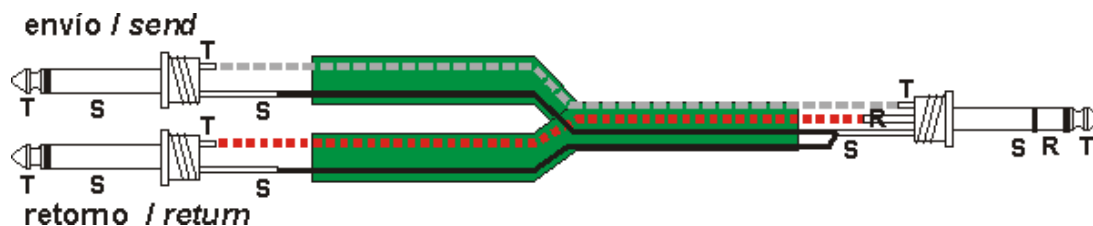


Кабель TRS-TS:



Такие соединения (переход «баланс-небаланс» и «небаланс-баланс») допустимы для коротких межблочных соединений, но при этом надо учитывать, что амплитуда сигнала уменьшается вдвое. Для длинных линий надо использовать специальные устройства, преобразующие небалансный сигнал в балансный и обратно.

Для присоединения приборов обработки звука к микшерским пультам применяются инсертные (Insert, разрыв) кабели:



Такие кабели обеспечивают посыл («send») и возврат («return») сигнала во внешние аналоговые приборы обработки.

Для несимметричного кабеля надо помнить, что он не должен быть длинным.

Кроме того, при прокладке любого сигнального кабеля нужно исключить близкое параллельное расположение с акустическими кабелями, кабелями питания и компьютерными кабелями, а так же с мощными электронными приборами, чтобы избежать наведенных паразитных помех («наводок»), которые определяются электромагнитной совместимостью устройств и сигнальных линий.

Дополнительно о коммутации и распайке можно почитать здесь:

[http://roniker.ru/publ/pravilnaja\\_kommutacija\\_i\\_raspajka\\_kabelej/1-1-0-24](http://roniker.ru/publ/pravilnaja_kommutacija_i_raspajka_kabelej/1-1-0-24)

Для соединения друг с другом у приборов имеются различные типы входов и выходов, которые классифицируются по уровням сигнала и входному-выходному сопротивлению на Инструментальные, Микрофонные и Линейные:

Инструментальный вход – вход для подключения электроакустических музыкальных инструментов. Обычно уровень сигнала доходит до 20-40милливольт. Требуется высокого входного сопротивления, для отсутствия демпфирования источника.

**Входное сопротивление инструментального входа – 100-300кОм, (высокоомный вход).**

А, у хороших ламповых инструментальных усилителей достигает более одного мегаома.

Из-за высокого значения входного сопротивления, кабели, которые соединяют электроакустические инструменты с инструментальными входами, сильно подвержены наводкам и помехам.

**Стандартные разъёмы инструментальных входов – моно джек (TS).**

Микрофонный вход – вход для подключения различных типов микрофонов. Является балансным входом. Уровень сигнала доходит до 500милливольт.

**Входное сопротивление микрофонного входа – 400Ом-1кОм (низкоомный вход).**

**Стандартные разъёмы микрофонных входов – XLR.**

Линейный вход-выход предназначен для соединения приборов звукового комплекса.

В основном в профессиональном оборудовании являются балансными. Уровень сигнала доходит до нескольких вольт.

**Входное сопротивление линейного входа – 5кОм-50кОм.**

**Стандартные разъёмы линейных соединений – XLR и TRS (балансный, «симметричный», «стерео» джек).**

Для линейных входов и выходов существуют несколько стандартных опорных (0дБ) уровней: +4 дБ (1,23 В), +6 дБ (1,55 В), -10 дБв (0,32 В) и -10 дБ (0,25 В).

Кроме этих, могут встречаться и другие номинальные уровни. Например, в некоторых микшерных пультах разрывы (insert) каналов и подгрупп работают на уровне -2 дБ, что составляет 0,62 В.

Так что, читать технические характеристики из инструкций по эксплуатации приборов необходимо.

На некоторых устройствах (DJ- микшеры, ресиверы радиомикрофонных систем и т.д.) выходы (на разъёмах XLR) имеют переключатель выходного уровня. То есть, при необходимости их можно включать в микрофонный вход.

Следует понимать, что электрогитара (даже с активными датчиками), пьезозвукосниматель (например контрабаса или скрипки), электроакустическая гитара имеют инструментальный выход.

Синтезаторы, звуковые модули, процессоры эффектов, проигрыватели (CD, MD, Flash) имеют в основном линейные выходы.

Линией передачи сигнала называется - путь прохождения этого сигнала от источника к приемнику (например от микрофона к входу микшерного пульта).



Акустические кабели предназначены для передачи сигналов от усилителей к динамикам акустических систем. Работа акустического кабеля характеризуется возможностью передачи больших значений тока от усилителя мощности к акустической системе. В отличие от инструментальных и микрофонных кабелей, значения токов сигнала в которых измеряется в миллиамперах, в акустических кабелях сила тока может достигать нескольких десятков ампер. Так, в случае работы 100-ваттного усилителя на 8-омную акустическую систему сила тока может достигать 3,5А. Для сравнения, при подаче линейного уровня сигнала на 600-омный вход ток составит 2 мА.

Поэтому, большое значение диаметра проводников — главное отличие акустического кабеля.

Конструктивно акустический кабель — это два проводника большого сечения в оболочке.

Акустические кабели вследствие больших уровней передаваемого сигнала меньше подвержены внешним помехам, поэтому выпускаются без экрана.



В акустических кабелях используются многожильные проводники, причем, чем тоньше медные жилки проводника и чем их больше, тем это лучше для передачи высоких частот. Это явление определяет Скин-эффект - эффект уменьшения амплитуды электромагнитных волн по мере их проникновения вглубь проводящей среды, то есть зависимость толщины поверхностного слоя проводника, по которому происходит распространение тока. Чем выше частота проходящего тока — тем меньше поверхностный слой, по которому этот ток распространяется. Соответственно, многожильные проводники имеют много тонких жил, которыми набирается необходимая поверхность. Несколько проводников меньшего сечения будут иметь общую поверхность больше, чем один проводник суммарного общего сечения.

Подключение акустических кабелей может осуществляться «под зажим» винтовыми клеммами или с помощью разъемов. Чаще всего применяются разъемы SPEAKON, но иногда для передачи небольшой мощности могут использоваться разъемы TS-джек 1,4" и XLR.

Разъем SPEAKON:



Разъемы типа speakon бывают 4-х и 8-ми контактные. Выпускаются так же как частный случай 4-х контактных разъемов версии 2-х контактные.

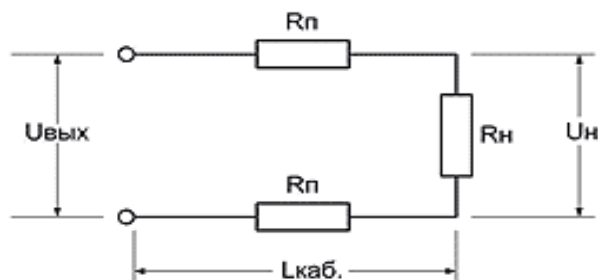
**ВНИМАНИЕ!!! Большинство вышедших из строя разъемов образуется от незнания механического принципа действия их фиксации друг с другом!**

Разъемы Speakon, выпускаемые фирмами производителями Neutrik, Amphenol, Switchcraft и т.д. имеют немного разные конструкции. И, хотя подходят друг к другу («мама-папа») для взаимной коммутации, имеют различия в принципах работы фиксаторов. **Необходимо всегда внимательно смотреть на разъем, понять принцип работы «защелки», прежде чем применять «грубую» силу!**

Для выбора акустического кабеля основное значение имеет сечение проводников. Чем больше передаваемая мощность, тем большее сечение необходимо, для минимизации потерь в кабеле.

Большинство громкоговорителей имеют низкий импеданс, поэтому активное сопротивление соединительных кабелей может оказать существенное влияние на передачу сигнала. Так, при подключении кабеля сопротивлением 1 Ом к громкоговорителю с сопротивлением 8 Ом усилителем подключенная нагрузка будет восприниматься как 9-омная. При этом уменьшится ток через нагрузку и отдаваемая в нагрузку мощность. Кроме того, часть отданной мощности придется на нагрев кабеля.

Для понимания проблемы обратимся к схеме:



Фактически к усилителю с выходным напряжением  $U_{\text{вых}}$  подключена комплексная нагрузка в виде громкоговорителя с сопротивлением  $R_{\text{н}}$  и двух проводников акустического кабеля длины  $L_{\text{каб}}$  с сопротивлением каждого проводника  $R_{\text{п}}$ .

В идеальном варианте, при отсутствии потерь мощность на нагрузке  $P_{\text{вых}} = U_{\text{вых}}^2 / R_{\text{н}}$ .

Реально соединительный кабель имеет сопротивление, которое вносит потери.

Сопротивление кабеля будет  $R_{\text{каб}} = 2R_{\text{п}}$ .

Тогда напряжение на нагрузке будет равно  $U_{\text{н}} = (U_{\text{вых}} \times R_{\text{н}}) / (R_{\text{н}} + R_{\text{каб}})$ , а реальная мощность на нагрузке  $P_{\text{н}} = U_{\text{н}}^2 / R_{\text{н}}$ .

Потери в дБ будут равны  $L(\text{дБ}) = 10 \lg(P_{\text{н}} / P_{\text{вых}})$ .

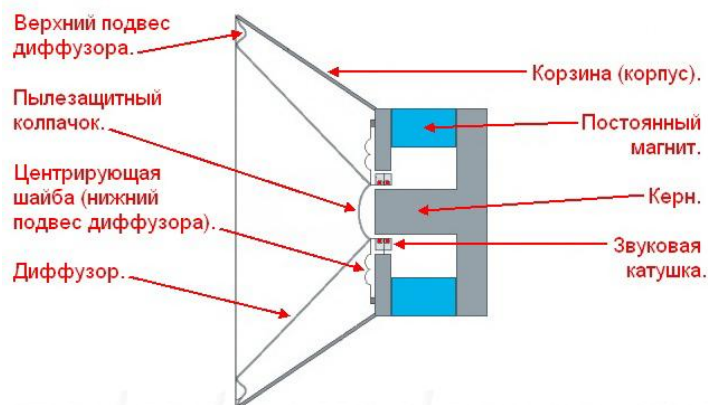
Практически потери должны быть не более 0,5 дБ. По другим источникам, для эффективной передачи необходимой мощности сигнала рекомендуется применение кабеля с сопротивлением не более 5% от импеданса громкоговорителя для высоких частот и не более 10% для низких.

Из практики можно добавить, что запас сечения для акустического кабеля никогда не помешает, особенно для воспроизведения низких частот. Обычно сечение выбирают минимум 2,5 мм.кв.

В системах звукоусиления, использующих 100-вольтные линии трансляции, применяются акустические кабели меньшего сечения, так как величина тока сигнала мала. В то же время диапазон передаваемых частот в таких системах существенно меньше, поэтому в таких системах с успехом может использоваться электрические ПВС или ШВВП сечением 2х0,75 и выше.

### 3.6 Основные характеристики пассивных акустических систем.

#### Конструкция классической головки громкоговорителя:



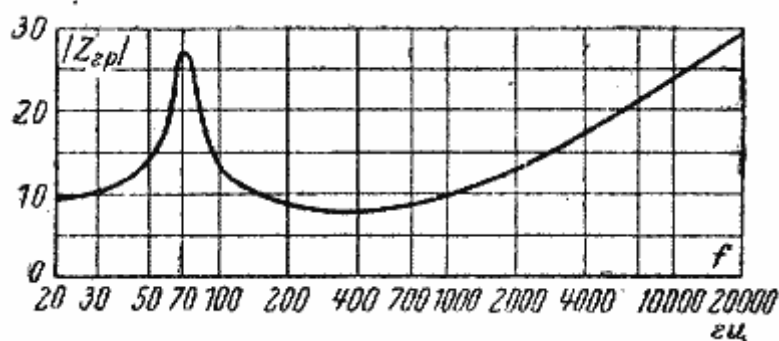
Громкоговоритель – это устройство, преобразующее электрический звуковой сигнал на входе в слышимый акустический сигнал на выходе.

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.

**Сопротивление акустической системы** – полное сопротивление переменному току на частоте 1кГц. Головки громкоговорителей выпускаются с нормированным сопротивлением (8Ом, 4Ома, 16Ом). Это не сопротивление постоянному току, измеренное на выводах динамика мультиметром.

Нужно понимать, что подвижная система динамика – сложная нелинейная инерционная резонансная система. Сопротивление (импеданс) акустической системы меняется в зависимости от частоты. Это изменение зависит от применяемого громкоговорителя и конструкции акустического оформления (корпуса).

Примерная зависимость сопротивления головки громкоговорителя от частоты:



На некоторых частотах оно может опускаться ниже номинального, а на других возрастать (на частоте резонанса).

При подведении больших мощностей длительное время катушка подвижной системы может нагреваться, что тоже влияет на ее индуктивность и соответственно сопротивление (термокомпрессия – некоторое повышение сопротивления катушки головки громкоговорителя связанное с ее нагревом).

Есть еще много факторов, влияющих на импеданс громкоговорителя.

**Номинальная мощность акустической системы** – подводимая электрическая мощность, при которой нелинейные искажения достигают некоторого значения, определенного для данного метода измерения.

Существуют разные стандарты и методы измерения мощности для оценки максимально большой мощности, которую можно безболезненно подать на акустическую систему: RMS, AES, Long Term Maximum Input Power, Rated Maximum, Continuous, Program, Power Handling Capacity, peak power, и т.д.

Причем тут RMS - дословно это не значит, что это среднеквадратичное (действующее) значение. В данном контексте (параметры акустических систем и головок громкоговорителя): RMS - это Rated Maximum Sinusoidal power (установленная максимальная синусоидальная мощность) — мощность, при которой усилитель или динамик может работать в течение одного часа с реальным музыкальным сигналом без физического повреждения. Хотя это тоже среднеквадратичное значение этой мощности.

Рассмотрим несколько из них, чаще всего применяемые и определяющие подбор усилителя мощности для акустической системы:

**AES** – мощность, при которой акустическая система может длительное время работать без механических и тепловых повреждений при испытаниях специальным шумовым сигналом, близким по спектру реальным музыкальным программам (розовый шум). Нормируется на минимальное сопротивление импеданса. Следует понять, что эта мощность как раз определяется RMS значением мощности подаваемого сигнала.

**Peak** – максимальное (пиковое) значение мощности, которое может за короткое время воздействия вывести систему из строя.

Нужно отметить две вещи: типы мощности – пиковая и средняя и т.д. очень зависят от состава музыкальной программы. Отношения пиковой и средней мощности заметно меняются от одной музыкальной программы к другой. Грубо говоря, термин мгновенная мощность относится к любому очень кратковременному требованию по мощности и обычно он ассоциируется с максимальной мощностью, которую может потребовать музыкальная программа. Такие термины как музыкальная мощность или и программная мощность не определены жёстко и могут рассматриваться как вариации средней мощности.

На рисунке график музыкальной программы изображён на горизонтальной шкале времени для типичной системы, рассчитанной на работу с 300-ваттным усилителем. Обратите внимание, что большую часть времени требования по мощности остаются довольно низкими и только случайные моментальные пики требуют от системы полной выходной мощности. Как видно, крест-фактор (пик-фактор) нашем случае равен порядка 25 дБ, это типичное значение для классической музыки. Для рок-музыки пик-фактор будет в пределах 8 – 10 дБ. Для «клубных» стилей еще менее. Говоря о динамическом диапазоне музыкального сигнала имеют ввиду его крест-фактор за определенное время.



Громкоговорители подвержены двум видам повреждений: механическому и термическому. Пусть у нас имеется неисправный усилитель, который по какой-то причине воспроизводит высокочастотный звук за пределами слышимого диапазона (самовозбуждение в связи с неисправностью). Катушка динамика на высоких частотах, в таких условиях может сразу выйти из строя из-за перегрева. Мощность, которая вызывает подобные повреждения, может быть совсем не высокой, возможно не больше 20 или 30 ватт, если сигнал находится в инфразвуковом диапазоне. С другой стороны, предположим, что динамик подвергается избыточному воздействию низко-частотных составляющих музыкального сигнала. Через некоторое время движущиеся части динамика придут в столь напряжённое состояние, что может возникнуть нарушение центровки катушки и как следствие обрыв или механическое разрушение подвеса диффузора в связи с чрезмерным механическим смещением. В особо жёстких случаях катушка может вылететь из зазора и зависнуть над магнитной системой. В этом случае индуктивность катушки резко понижается, сопротивление для низких частот резко падает, соответственно ток резко увеличивается, происходит нагрев и перегорание обмотки катушки подвижной системы громкоговорителя.

Проще говоря, можно сказать, что выход громкоговорителя из-за перегрева катушки или механическому износу подвеса диффузора происходит в связи с превышением RMS значения мощности или чрезмерно высоким содержанием низкочастотных составляющих подводимого сигнала. А обрыв обмотки катушки, пробой (межвитковое замыкание) или отрыв от подвеса диффузора – из-за превышения пиковой мощности.

Тестовый сигнал для присвоения мощности динамику описывается стандартом Международной Электротехнической Комиссии (IEC) – стандартизирующая организация. Это сигнал розового шума с крест фактором 6 дБ, фильтрованный на 12 дБ на октаву ниже 40 Гц и выше 5 кГц. Чтобы присвоить динамику номинал, на контрольный образец подается тестовый сигнал, мощность которого ступенчато увеличивается. Присваивается та номинальная мощность IEC, которую образец выдерживает в течении восьми часов. Крест фактор 6 дБ означает, что на данный громкоговоритель подаётся шумовой сигнал, превышающий в четыре раза среднюю мощность. Например, динамик с номиналом 150 Вт данным методом тестирования подвергался бы испытанию в течение восьми часов сигналом мощностью 600 Вт.

Все громкоговорители способны выдерживать короткие пики мощности. Это гораздо легче, чем держать большую мощность в постоянном режиме. Правильный выбор усилителя прямо зависит от способности громкоговорителя держать мощность, но однозначных рекомендаций для подбора усилителей мощности по допустимой мощности акустической системы нет. Это зависит от типа акустического оформления, рабочего диапазона частот, настроек лимитера контроллера АС (лимитер, кстати, тоже бывает peak и rms) и т.д.

Снижение нижней границы частоты подаваемого сигнала снижает максимальную мощность, безопасную для головки громкоговорителя из-за механических ограничений конструкции подвижной системы.

**Каждый производитель акустических систем берет на себя ответственность за рекомендации конкретного усилителя. И каждый пользователь тоже!**

**В любом случае работа акустической системы с усилителем, на котором долговременно горит сигнал "CLIP" (перегрузка) или "Lim" (лимитирование) - НЕДОПУСТИМА!!!!**

Для объяснения следующих акустических параметров следует сначала рассмотреть некоторые методы проведения измерений: замеряемая акустическая система помещается в середину безэховой камеры (half space – свободное пространство), к ней подводится сигнал, амплитудой 1 Вольт, измерительный микрофон устанавливается на расстоянии 1 метр по оси системы. Таким образом влияние помещения пренебрегается.

**Чувствительностью (Sensitivity)** называется уровень звукового давления, который развивается громкоговорителем на расстоянии 1 метра от акустической системы, при подаче на нее электрического сигнала частотой 1000 Гц и мощностью 1 Вт. Измеряется чувствительность в дБ (1Вт/1м). Чем выше чувствительность акустической системы, тем большую громкость можно получить при одинаковом уровне подводимой мощности (некоторая аналогия с КПД).

**Максимальное звуковое давление (Maximum SPL)** – является расчетной величиной исходя из чувствительности и пиковой мощности.



Измеряя развиваемое звуковое давление во всем слышимом диапазоне частот (по умолчанию 20–20000 Гц), получим АЧХ по чувствительности. Края диапазона, где давление глобально падает на определенное значение, называются рабочим **частотным диапазоном системы (Frequency Response)**. Многие производители нормируют на -3dB, но бывают и другие значения.

Начинаем передвигать микрофон относительно акустической системы по окружности радиусом один метр в вертикальной и горизонтальной плоскости. При падении давления -6dB относительно давления на оси получаем некое значение угла поворота относительно оси системы – это **направленность (Dispersion, дисперсия, "раскрыв")**. Эти углы будут разные на разных частотах.

Стоит также отметить, что начиная с некоторого уровня подаваемого громкоговоритель электрического сигнала, звуковые колебания начинают воспроизводиться с искажениями, причем один производитель может указать мощность при искажениях (THD) 1%, а другой – 10%. Таким образом, мощность акустической системы — это технический параметр, величина которого не имеет прямого отношения к громкости звучания акустики, хотя и связана с ней некоторой зависимостью. Однако, сравнение изделий даже по этому показателю очень приблизительно и может не иметь ничего общего с реальностью, ведь громкость звука характеризуется уровнем звукового давления. Поэтому, информативность показателя «мощность акустической системы» — почти нулевая и отражает только устойчивость к воздействию максимальной подаваемой мощности без "выхода из строя".

А теперь – к главному. Звук мы получаем, преобразовывая электрические колебания в звуковые, поэтому КПД этого преобразования и даст нам искомое понимание громкости акустической системы (АС). Основной мерой КПД акустической системы является ее чувствительность, определяемая как "звуковое давление, развиваемое акустической системой на расстоянии 1 метр при подаче на нее стандартного тестового сигнала (обычно розового шума), электрическая мощность которого составляет 1 Вт". Измеряется чувствительность в децибелах (дБ) относительно порога слышимости (нулевой уровень звукового давления равен  $2 \cdot 10^{-5}$  Па). Но опять же - многие фирмы-производители указывают характеристики чувствительности, измеренные при нестандартных условиях. В идеале, громкость АС (уровень звукового давления, SPL, Sound Pressure Level) можно вычислить по формуле:

$$P = P_0 + 10 \lg W$$

*Где  $P_0$  – чувствительность в дБ,  $W$  – мощность в Ваттах.*

Для примера: акустическая система с чувствительностью 90 дБ и номинальной мощностью 65 Вт обеспечивает звуковое давление на расстоянии 1м равное:

$$P = P_0 + 10 \lg W = 90 + 10 \lg 65 = 108 \text{ дБ}$$

В итоге – те характеристики, которые указывает производитель, по большому счету остаются целиком и полностью на его совести, но еще раз – громкость пусть и зависит от мощности, но отождествлять эти понятия – неправильно.

Следует заметить, что параметром определяющим субъективную громкость звукового комплекса является, прежде всего, чувствительность используемых акустических систем.

**При удвоении подаваемой мощности звуковое давление увеличивается всего лишь на 3 дБ.**

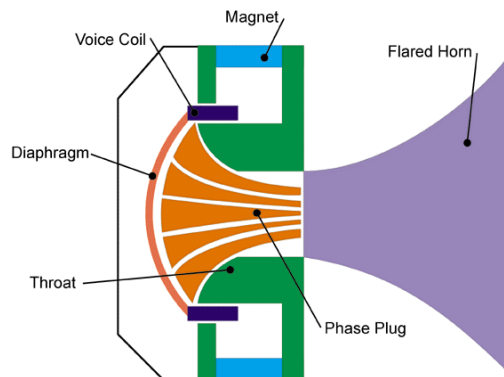
Например, при подаваемой мощности 10 Вт на расстоянии одного метра от громкоговорителя звуковое давление будет составлять 100 дБ, при мощности 20 Вт звуковое давление в этой же точке будет составлять 103 дБ.

Имейте ввиду, что **при каждом удвоении расстояния между громкоговорителем и слушателем, звуковое давление уменьшается на 6 дБ.**

Например, при поступлении на громкоговоритель мощности 10 Вт на расстоянии 1м звуковое давление составит 100 дБ, на расстоянии 4 м - 88 дБ, а если подать 20 Вт, то на расстоянии 1м звуковое давление составит 103 дБ, на расстоянии 4 м - 91 дБ.



Акустические системы и используемые в них громкоговорители подразделяются по конструкции и рабочему частотному диапазону. Как мы можем заметить из аналогии розового шума музыкальному сигналу, низкочастотная часть спектра несет в себе больше энергии, чем высокочастотная. Для воспроизведения высоких частот нужно, чтобы подвижная система головки громкоговорителя имела как можно меньшую массу. Но, при такой необходимости, по конструктивным особенностям можно получить малую допустимую подводимую мощность динамика. Высокочастотные громкоговорители часто называют "высокочастотными драйверами". Обычно их нагружают на рупор ("горн"). Это сделано для согласования акустического давления излучаемого мембраной малого диаметра в свободное пространство и придания направленности акустической системе.

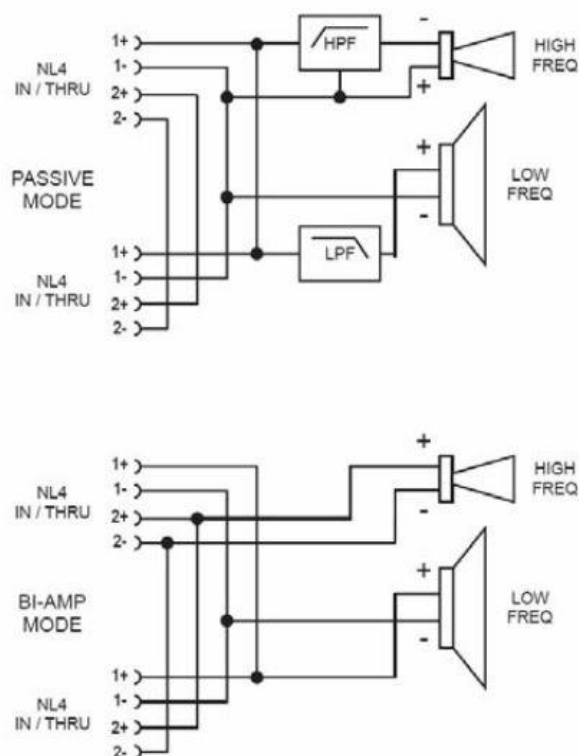


**Высокочастотные драйверы обладают большой чувствительностью и малой допустимой подводимой мощностью.**

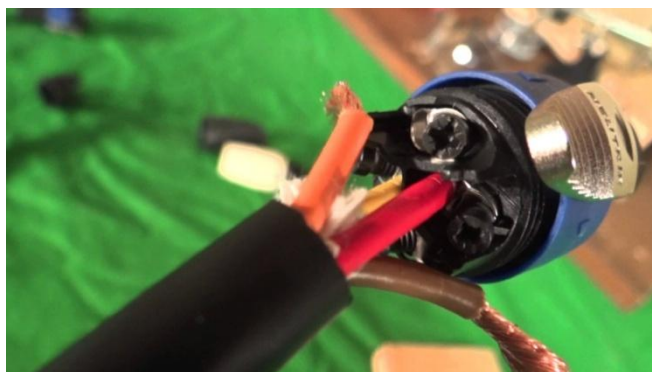
Низкочастотные динамики должны воспроизводить очень низкие частоты. По конструктивным особенностям их мембраны (диффузоры) должны иметь большой размер, что в свою очередь, создает трудности для обладания большой чувствительностью, но позволяет изготовить низкочастотные динамики с большой допустимой подводимой мощностью.

В основном все профессиональные акустические системы имеют несколько типов динамиков в одном корпусе, для воспроизведения каждой частотной полосы свои громкоговорителем.

В одном случае, сигнал подаваемый от усилителя делится в них с помощью пассивных (собранных на пассивных элементах) фильтров, называемых пассивными кроссоверами. Такое подключение называется "широкая полоса" (Full Range, Passive mode).



В другом случае, каждая группа громкоговорителей ("полоса") получает сигнал от разных усилителей (Bi-amp, Tri-amp). Эти усилители подключаются специализированными акустическими кабелями, с числом жил до восьми (до четырёх полос) с помощью разъёмов speakon (4-х и 8-ми контактными).



Если в акустической системе две такие группы, то подключение называется Bi-Amp (или Active mode).

Если три группы, то Tri-Amp.

То есть для работы таких систем требуется два или более усилителя мощности (или канала усиления) на входах которых должен стоять активный фильтр для разделения входного сигнала линейного уровня на две или три полосы.

Такой фильтр называется - активным кроссовером (crossover).

Обычно для таких подключений используются стандартные усилители мощности. Их выходы подключаются штатными разъемами к выходному системному патч-разъему (patch, установленному на patch – панели, в одном корпусе (системном рэке или Amp-рэке) вместе с этими усилителями. Для соединения рэка с акустической системой используются кабели с количеством жил равному количеству полос усиления умножить на 2.



**Распиновка разъёмов производителями оборудования не нормирована, поэтому внимательно читайте инструкции к оборудованию.**

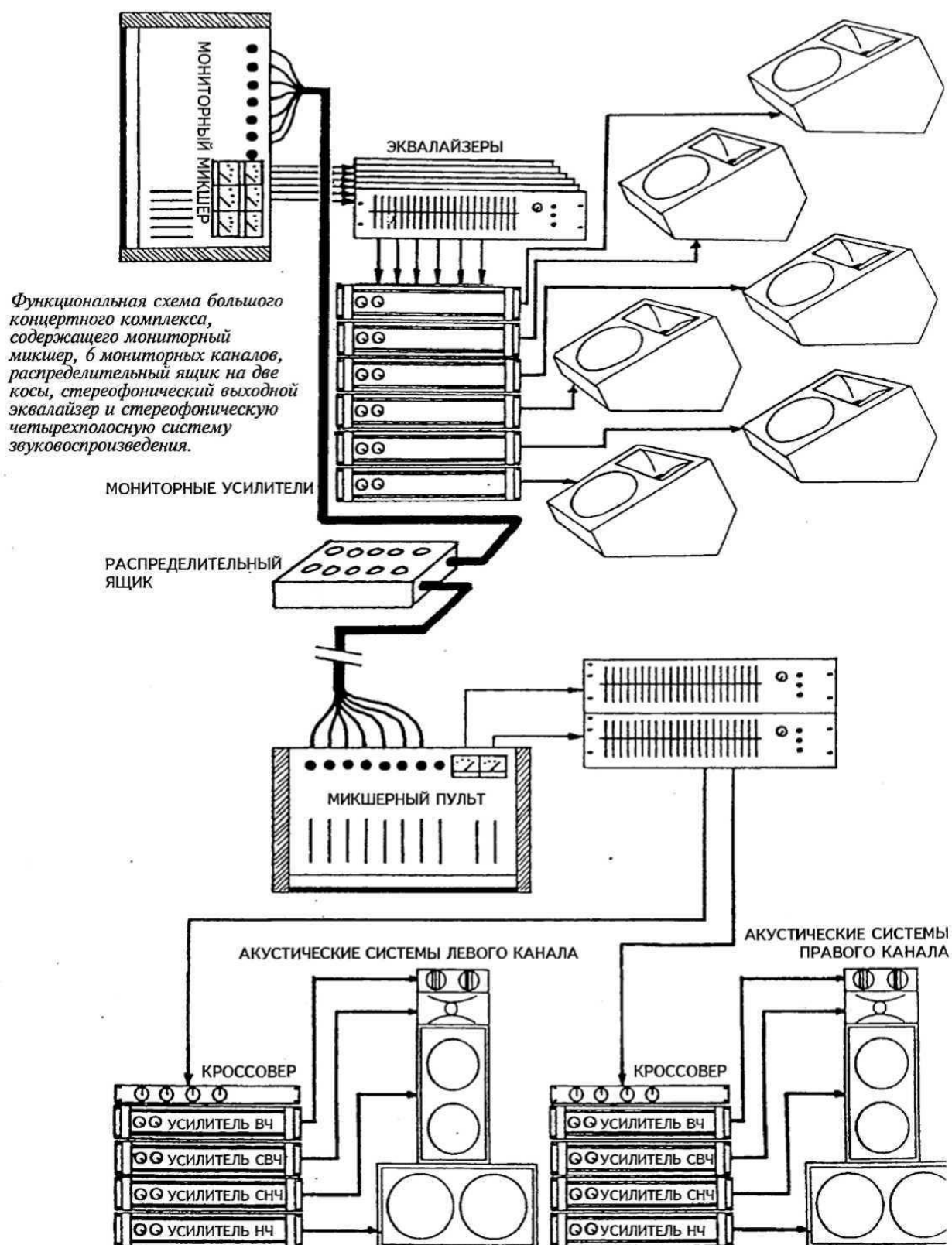
**Часто при ошибках в коммутации сигнал с низкочастотной полосы может попасть в высокочастотный драйвер, что выведет его из строя!!!**

Нужно понимать, что 4-х проводные кабели для Bi-Amp подключения акустических систем с установленными разъемами Speakon 4-pin можно использовать для присоединении простых Full Range акустических систем к усилителю мощности. При таком соединении вторая пара проводников в кабеле (2+,2+ pin на разъеме) просто не используется.

Стоит отметить активные акустические системы, в которых в одном корпусе с головками громкоговорителей расположен модуль усилителя мощности (иногда имеющий несколько входов). Для работы таких систем требуется подведение питающего напряжения (220Вольт) и линейного сигнала от источника. Усилитель мощности для таких акустических систем не требуется.

### 3.7 Стандартная структура и оборудование звукового комплекса.

Хорошая картинка из книги издательства "Шоу-Мастер" Микширование Живого Звука.



Показана основная структура звукового комплекса на основе аналоговых микшерных консолей (FON и MON).

Основные акустические системы (РА(англ. public address), порталы) работают на зал. На них поступает сигнал с основного выхода Master с микшерного пульта, расположенного в зале (FON - front of house).

В современном звукоусилении применяются РА типа "Line Array" (линейные массивы).

РА-системы линейных массивов представляют собой подвешенный на раме вертикальный набор (кластер) некоторого количества элементов (отдельных акустических систем - элементов) с рассчитанными и выставленными вертикальными углами между друг другом. Такие комплексы обеспечивают равномерное озвучивание покрываемой площади, и имеют большие преимущества по сравнению с системами других типов. Каждый элемент имеет широкую горизонтальную акустическую дисперсию (угол раскрытия, направленность) и очень узкую вертикальную.

Физика работы линейного массива сложна, это уже вопросы к "системным инженерам". Уровню техника достаточно понимать, что вертикальный угол массива задается количеством элементов и вертикальными углами между ними. При этом горизонтальный угол остается постоянным.

Не редко встречаются РА системы типа "стэк" - классические акустические системы:

**Линейный массив:**



**Классические акустические системы:**



Слово "граудстэк" означает расположение акустических систем стоя, "на полу".

Дополнительные группы акустических систем могут озвучивать "мертвые" зоны, на которые не хватило "раскрытия" основной системы РА. Это In-Fill (озвучивают внутреннюю зону от основной системы), Out-Fill (озвучивают внешнюю зону - боковую), Front-Fill (озвучивают передние ряды зрителей).

Мониторные акустические системы (wedges monitor - напольные мониторы) обеспечивают качественный звук на сцене для исполнителей. На каждую группу мониторных акустических систем (линии мониторинга) поступает сигнал с шин микширования пульта MON (monitor). Часто функции MON исполняют дополнительные шины микширования пульта FОН. Каждая выходная шина должна иметь на выходе эквалайзер для коррекции.

Side Fill ("прострелы") - мощные акустические системы, расположенные по бокам сценической площадки, которые тоже относятся к системе мониторинга. Эти системы обеспечивают общее звучание Артистов на всем пространстве сцены.

В современных концертных системах часто используются беспроводные мониторные системы (InEar). Такие системы представляют собой стационарный передатчик - transmitter (или несколько передатчиков, подключенные через "комбайнер" - устройство, объединяющее все выходы передатчиков в один антенный выход) с подключенной внешней направленной антенной ("лопатой") и портативный поясной приемник Артиста ("бодипак") с подключенными наушниками. Радиосистемы InEar могут работать в моно или стерео режимах. Важно уметь правильно настраивать частоты несущего радиосигнала для согласования приемника и передатчика, а так же для стабильного радиоприема на всем пространстве сцены.

**Напольный монитор (wedges monitor):**



**Радиосистема InEar:**



Сценический распределительный ящик мультикорного кабеля обычно называют StageBox.

К нему подключаются все источники сигнала.

Мультикор - это несколько линий микрофонных кабелей (витых пар в экране - симметричных линий передачи сигнала) в одной общей изоляции. В основном по мультикору передаются со сцены сигналы микрофонного уровня и установлены разъёмы XLR.

Для подключения линейных или инструментальных источников сигнала к сценической коробке всегда применяются директбоксы (Di-Box). Принцип работы директбокса будет рассказан ниже.

На данной картинке, скорее всего, имелось в виду, что использован stagebox со встроенным сплиттером.

Сплиттер (splitter) – устройство, имеющее на каждом канале один вход и несколько выходов (обычно гальванически развязанных друг от друга). По своей сути сплиттер принимает микрофонные и/или линейные сигналы и размножает каждый сигнал для передачи их на несколько приборов-потребителей (приемников) звукового тракта, например FОН и MON пульты, устройства многоканальной записи, телевизионная ПТС и т.д. Сплиттеры бывают активные и пассивные.

При использовании цифровых консолей структура остается той же, но вместо мультикора используется линия цифровой передачи сигнала (витая пара UTP CAT5e, оптика, коаксиальные кабели).

Предварительное усиление и преобразование сигнала в цифровой поток и обратно происходит в Stage Box-e. Иногда используется цифровое сплиттирование на FОН и MON. При этом используется единственный стейджбокс одной из микшерных систем.

Кроссовер - устройство для разделения аудио сигнала по частотным полосам для последующего воспроизведения специализированными для этих полос акустическими системами и громкоговорителями в них. Представляет собой набор частотных фильтров сигнала линейного уровня. В настоящее время для разделения и обработки Main (основного сигнала, Master) сигнала с микшерского пульта применяют цифровые процессоры акустических систем, имеющие в своем составе кроссовер.

Усилители мощности основной звуковой системы РА обычно установлены в рэке (туровом ящике для перевозки и защиты оборудования) вместе с процессором. Каждый рэк может работать в стерео режиме (один на площадке на основную РА систему) и в моно режиме, как указано на картинке.

Иногда силовые дистрибьюторы (устройства раздачи питания на все элементы комплекса) для удобства располагают в рэках с усилителями.

### 3.8 Сценическое оборудование - BackLine.

Все сценическое оборудование звукового комплекса, расположенное на сцене называется **бэклайном - BackLine**.

**Комбо-усилители** (комбики) – инструментальные усилители. В одном корпусе со специализированной, акустической системой (для воспроизведения звучания определенного типа инструментов) расположен усилитель мощности и предварительный усилитель (бывает с переключаемым блоком эффектов, который управляется выносной ножной педалью (FootSwitch)).

Подразделяются по схемотехнике на транзисторные (более дешевые варианты), ламповые (премиум класс) и гибридные.

Для управления каналами предварительного усилителя используется ножной переключатель (педаль, FootSwitch).

Бывают Басовые (для бас-гитар), Гитарные (для электрогитар), Акустические (для электроакустических гитар), клавишные (для синтезаторов).

Некоторые комбо-усилители разделяются на две составные части: «голову» (head) и акустический кабинет (акустическая система).





Клавишные комбо имеют в своем составе микшерный пульт для присоединения нескольких синтезаторов или звуковых модулей.



### **Барабанные установки:**

Сами барабаны («котлы») в наборе ударной установки отличаются по диаметру и глубине, указанных в дюймах.

Обычно указывают диаметр.

Состоят из Бас Барабан (напольный) – BD, Kick, «бочка». Бывает 18”, 20”, 22”, 24”.

К ободу "бочки", обращенному к барабанщику закрепляется педаль с приводом "колотушки".

На BD, или на отдельные стойки, иногда на общую раму крепятся подвесные барабаны (обычно 10” и 12”, 13” и 14” или 12” и 13”). Называются: Подвесные Томы (или Alt Tom).

Отдельно стоящий справа на ножках – Напольный Том (Floor Tom). Используются 14”, 16”, 18”.

Отдельно стоящий на отдельной низкой стойке Малый Барабан (Snare, «рабочий»). В основном 14”.

В конструкции используется пружина, прислоненная к нижнему пластику, которая создает специфичный призвук - «треск».

Все барабаны установки различаются по глубине и материалу корпуса.

Бывают: Кленовые (Maple), Березовые (birch), Бубинга (bubinga), Дубовые, Буковые и т.д.

Все эти факторы влияют на звучание.

На отдельно стоящих стойках подвешиваются Тарелки («Железо», Cymbal). По звучанию (а соответственно по толщине, размерам, форме, использованному материалу) разделяются на Crash, Splash, Ride, China и т.д.

На всех стойках под тарелки, в местах установки самих тарелок, присутствуют шайбы из толстого мягкого материала (фетры) и пластиковые проставки ("грибки") для предотвращения прямого контакта материала тарелки и материала штока стойки.





Иногда стойки скрепляют друг с другом специальными креплениями – Clamp.



На специальную стойку с подвижной системой крепления и педалью крепится пара тарелок Хай-Хет (HiHat). Верхняя из пары крепится на подвижный шток с помощью специального зажима под названием «Замок хай-хета». Всегда проверяйте наличия замка!!!



Специальный стул с регулируемой высотой – неотъемлемая часть ударной установки. Все стойки, держатели, и другие узлы ударной установки называют - Drum Hardware.



Пластики установленные на барабанах разделяются на рабочие (передние, верхние) и резонаторные (нижние). Они не являются взаимозаменяемыми!!! Отличаются по толщине, количеству слоев и механическими свойствами используемого пластикового материала.

#### **Важные моменты:**

- Ударная установка всегда располагается на антискользящем покрытии (ковролин или др.) Причем, размер этого коврика должен быть с запасом, чтобы стул барабанщика всегда стоял на этом покрытии, так как задача - исключить разъезжание элементов ударной установки относительно барабанщика.
- Целостность и состояние пластиков – залог хорошего звучания барабанов. **Вмятины, трещины, а тем более разрывы недопустимы.**
- В конструкции используется много мелких крепежных элементов (барашковые винты, фетры, пластиковые втулки, шарнирные элементы и т.д.), которые подвергаются большим нагрузкам - следует при каждой сборке тщательно проверять их целостность и надежность. Это работа кропотливая, но необходимая!!!

Существует много специфичных ударных и шумовых инструментов, которые называются перкуссией. Это Конги (Congo's), Бонги (Bongo's), Timbales и т.д.



#### **Стойки:**

Микрофонные стойки подразделяются на стойки типа «журавль», прямые (с «блином» - нижним основанием), укороченные. Иногда применяются специализированные крепления микрофонов к конкретным инструментам и барабанам. На рабочем окончании стойки имеется резьба (существуют стандарты 3/8" и 5/8", и адаптеры для этих резьб) для крепления держателя микрофона («держака»). В основном держатели ручных вокальных микрофонов одинаковы и универсальны, но для многих инструментальных микрофонов и ручных передатчиков радиосистем применяются специализированные, которые идут в комплекте.

Клавишные стойки: стойки для установки клавишных инструментов (синтезаторов). Подразделяются на одно-, двух- и трехъярусные. Бывают утяжеленные и повышенной устойчивости. Имеют регулировку по высоте. Отличаются так же грузоподъемностью.

Стойка с пластиной для установки альбома нот (партитуры, нотных листов) называется - пюпитром.

Существует многообразие стоек, подставок и креплений для установки различного оборудования.

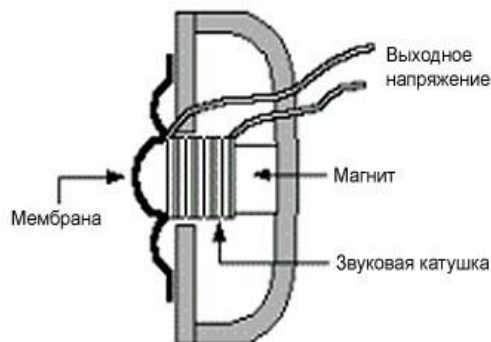
К любым стойкам относится тоже самое требование, что и к барабанным креплениям: **относиться бережно, не применять чрезмерное усилие при закручивании креплений, при каждой сборке тщательно проверять их целостность и надежность.**

### 3.9 Микрофоны.

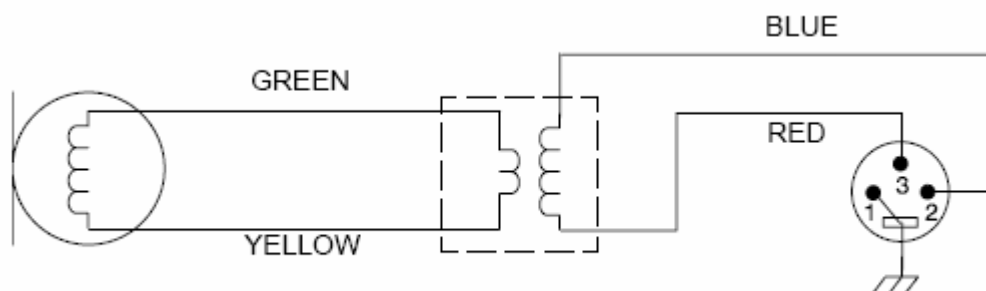
Набор микрофонов, присутствующих на сценической площадке называется – «микрофонный парк».

В настоящее время в прокатных компаниях используется два основных типа микрофонов: динамические и конденсаторные.

Динамические микрофоны - наиболее распространённый тип конструкции микрофона. По принципу действия схожи с головкой громкоговорителя "наоборот": катушка с жестко закрепленной на ней мембраной помещена в постоянное магнитное поле. Колебания давления воздуха (звуковые колебания) воздействуют на мембрану, приводя ее в движение вместе с катушкой, в которой наводятся напряжение, пропорциональное как амплитуде колебания мембраны, так и частоте колебаний.



Катушка динамического микрофона имеет низкое сопротивление, поэтому нередко в конструкции микрофона вводится трансформатор для согласования сопротивления с приемником (предусилителем, входным усилителем микшерного пульта и т.д.).



Конденсаторный микрофон представляет собой конденсатор, одна из обкладок которого выполнена из эластичного материала, которая при звуковых колебаниях изменяет ёмкость конденсатора. Если конденсатор заряжен, то изменение ёмкости конденсатора приводит к изменению напряжения, которое и является полезным сигналом с микрофона. Для работы такого микрофона между обкладками должно быть приложено поляризующее напряжение. Частный случай конденсаторного микрофона - электретный микрофон. В электретном микрофоне на эластичной мембране (одной из "обкладок" конденсатора) нанесен слой особого вещества - электрета, способного поддерживать на себе электрический заряд.

Конденсаторный микрофон имеет очень высокое выходное сопротивление. В связи с этим, в непосредственной близости к капсуле микрофона (внутри его корпуса) располагают предусилитель с высоким входным сопротивлением.

Так же иногда в конденсаторные микрофоны встраивается аттенюатор (делитель напряжения) для понижения чувствительности и обрезающей фильтр (HiPass, снижает чувствительность на низких частотах).

**При установке необходимо проверять положение переключателей на таких микрофонах!**

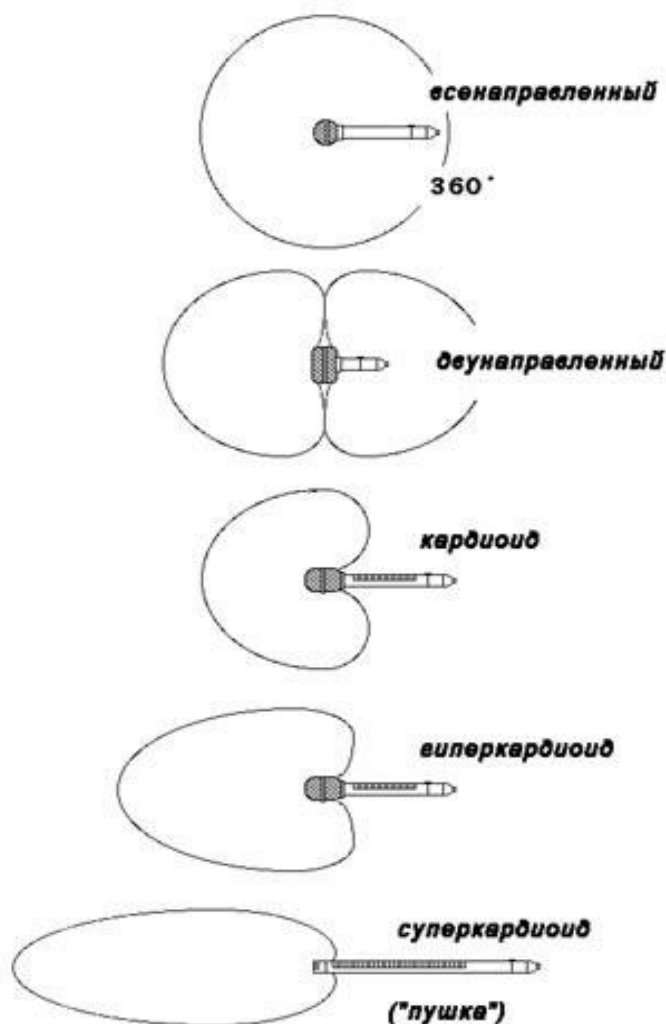
Для питания конденсаторных микрофонов используется элемент питания (батарейка) или фантомное питание по симметричной линии от приемника (будет рассмотрено ниже).

Для стандартизации микрофонных входов приемников сигнала в конденсаторные микрофоны устанавливается трансформатор или еще один каскад усиления для согласования сопротивления с входным сопротивлением приемника.

Следует заметить, что все микрофоны являются довольно "нежными" устройствами и требуют бережного обращения. **Внешние воздействия (удары, крайне высокое звуковое давление и т.д.) недопустимы !!!** Конденсаторные микрофоны критичны к климатическим воздействиям — влажности воздуха и перепадам температуры.

Как и акустические системы, микрофоны имеют направленность (изменение чувствительности в зависимости от угла отклонения от оси микрофона), которая достигается акустическим оформлением (корпусом) капсюля микрофона.

Существует несколько основных форм направленности микрофонов, которые используются в профессиональной звуковой индустрии: Круговая, кардиоида, гиперкардиоида, суперкардиоида.



Среди всего разнообразия моделей микрофонов следует отдельно упомянуть разновидность конденсаторных микрофонов PZM - микрофон граничного слоя (Pressure Zone Microphone).

Микрофоны PMZ предназначены для работы на границе акустического пространства и устанавливаются на стене, на полу или на жесткой поверхности. Преимущества микрофонов этого типа заключается в том, что прямой и отраженный сигналы приходят на капсюль одновременно, что дает исключительно ровную частотную характеристику по всей полукруговой диаграмме направленности микрофона. Кроме того, поскольку фазы прямого и отраженного сигналов около поверхности совпадают, сигнал на выходе микрофона будет в два раза более сильным.

Широко применяются для озвучивания музыкальных инструментов (бас-барабан, рояль и т.д.) и для других задач.

Существует еще несколько типов микрофонов, которые сейчас уже редко используются (угольные, ленточные и т.д.).

Каждая модель микрофона имеет особенности звучания, которая обусловлена материалами изготовления каждой части подвижной системы микрофона, акустическим оформлением капсюля, электронной схемой согласования.

Грамотный подбор типа и модели микрофона под определенный источник звука - залог хорошего звучания.

Нужно обязательно знать модели, тип и основные характеристики микрофонного парка (ассортимента прокатной компании).

### 3.10 Радиосистемы.

Часто на сценической площадке присутствуют радиосистемы для мобильного передвижения Артистов по сцене.

Такие системы предназначены для передачи аудиосигнала по радиоканалу.

Существуют:

- мониторные (InEar радиосистемы),
- микрофонные (вокальные радиосистемы),
- инструментальные (гитарные),

О радиосистемах InEar мы уже упоминали (3.7, стр.58).

Эти радиосистемы состоят из стационарного передатчика (стерео/моно, режимы переключаются) и мобильного приемника.

Следующие типы радиосистем – наоборот. Мобильный передатчик и стационарный приемник. Причем эти радиосистемы всегда моно.

Передатчик вокальной радиосистемы представляет собой «ручку» (на сленге - «палки») со сменными головками распространенных моделей вокальных микрофонов. Смена головок ограничена производителями: головки одной фирмы не подходят к передатчикам других. Но в продаже можно найти на некоторые модели адаптеры, так что эта проблема частично решается.

Передатчик инструментальной радиосистемы представляет собой «поясное» устройство («бодипак») с инструментальным входом, который иногда можно переключить в режим для подключения головных гарнитур («мадонок» ☺, от того, что одной из первых в концертной практике такие гарнитурные применила певица Мадонна).

На всех передатчиках существует переключатель или регулятор входной чувствительности (изменяется ступенчато или плавно), который позволяет избежать перегрузки по входному уровню радиоканала, за счет которой могут появиться искажения.

Для более устойчивого радиоприема применяются диверсивные (diversity) ресиверы (приемники).

У таких приемников присутствуют две антенны, разнесенные на определенное расстояние, зависящее от частоты несущего радиосигнала (частота настройки радиосистемы, по которой осуществляется передача).

Важно сканировать радиодиапазон с помощью сканера ресивера при включенных всех радиосистемах и задавать («спаривать») нужные приемники и передатчики.

У многих радиосистем (в том числе и у InEar) такое «спаривание» осуществляется посредством связи через инфракрасный порт (нужно поднести включенные приемник и передатчик друг к другу и нажать на кнопку «sync»).

На большинстве приемников существует регулировка порогового уровня несущего радиосигнала.

Этот параметр (squellch) – аналогия гейта для выходного аудиосигнала приемника по уровню несущего радиосигнала. Помогает избежать помех, при неуверенном приеме (пусть уж полезный сигнал вообще будет отсутствовать, нежели в аудиотракте появятся сильные помехи).

Иногда на мероприятиях комплекты радиосистем состоят из большого количества радиомикрофонов. В таком случае все стационарные приемники (receiver) объединяются на одну или пару внешних «выносных» антенн через прибор - сплиттер (разветвитель, не путать со сплиттером для разделения FOH/MON микшерных пультов).

### 3.11 Директ-Бокс («Di-Box»).

**Директ-Бокс (Di-Box)** - согласующее устройство, которое внешне выглядит как корпус с входными разъемами TRS (Джек) и с выходным XLR. Часто входных разъемов устанавливается два (Input и Link (Direct, Thru)), которые являются электрически запараллелеными.

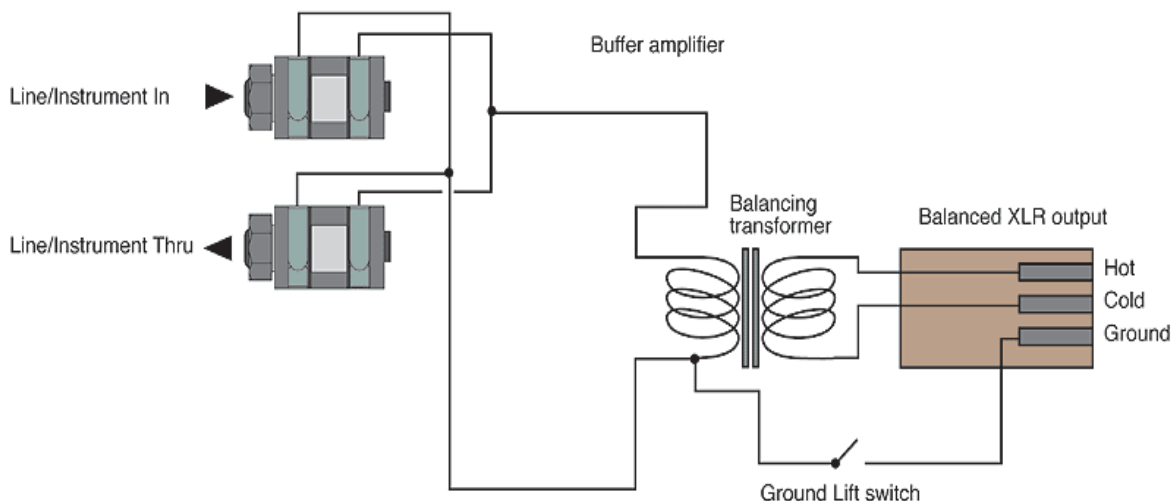
Di-Box предназначен для подключения несимметричных инструментальных и линейных источников сигналов к симметричным (балансным) микрофонным входам микшерного пульта.

Функции Di-Box:

- Согласование по сопротивлению источника сигнала с микрофонным входом приемника.
- Согласование по уровню сигнала источника с микрофонным входом приемника.
- Преобразование небалансного (несимметричного) сигнала в балансный для передачи по симметричной линии.
- Устранение влияния фантомного питания.
- Дублирующий выход на комбо-усилитель.
- Переход на XLR разъем коробки Stage Box.
- Гальваническая развязка источника и приемника.
- Возможность Ground Lift ("разрыв земли").

Ди-Боксы бывают активные и пассивные:

В пассивном Di-Box используется высококачественный трансформатор. Является пассивным устройством (без напряжения питания), которое соответственно имеет потери. Наиболее часто используется с линейными источниками сигнала (синтезаторы, звуковые модули, проигрыватели и т.д.).



Активные Ди-Боксы (Di-Box) - электронные активные устройства. Отличаются от пассивных отсутствием потерь и большим входным сопротивлением, что делает их применимыми к инструментальным источникам (электрогитары, электроакустические гитары, пьезозвукосниматели и т.д.).

На корпусе любого ди-бокса установлены переключатели Ground Lift. Иногда еще переключатели входной чувствительности, фильтрации и т.д.

Обязательно, при использовании перед установкой проверять положение этих переключателей.

По умолчанию:

- переключатель "Ground Lift" в положение "Ground" (без разрыва).
- переключатель чувствительности в положение "0dB".
- переключатели всех фильтров в положение "off".

Для питания активных Ди-Боксов используется элемент питания (батарейка) или фантомное питание по симметричной линии от приемника.

Директ-Боксы устанавливаются рядом с источником несимметричного сигнала, соединяются по входу небалансным (инструментальным) коротким кабелем с источником, выход соединяется с Stage-Box мультикора на сцене или непосредственно с микрофонным входом микшерного пульта.

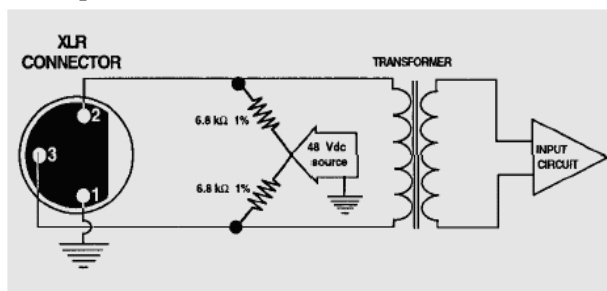
Link Output предназначен для подключения выхода этого же источника (например электрогитары) ко входу рядом стоящего комбоусилителя.



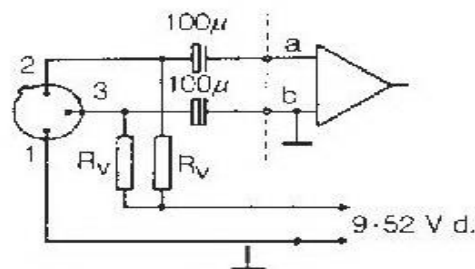
### 3.12 Фантомное питание. Сплиттеры.

Для питания конденсаторных микрофонов и активных ди-боксов на входных каскадах микрофонных входов микшерного пульта предусмотрена функция фантомного питания - одновременная передача по одним проводам симметричной линии питания постоянного тока и переменного напряжения звукового сигнала.

Принцип схемотехники:



ИЛИ



Своим названием фантомное питание обязано тому, что оно обеспечивает напряжение 48 V постоянного тока в линии без дополнительных проводов. Обычно на сбалансированные приборы это напряжение не оказывает никакого воздействия. Например, в случае динамических микрофонов с перемещающейся катушкой одинаковое напряжение подается на оба ее конца (контакты разъема 2 и 3), поэтому фантомное питание не приводит к протеканию через нее тока. В оборудовании с фантомным питанием напряжение снимается с контактов 2 и 3 (контакт 1 - "земля") и используется по назначению.

Это означает, что для сбалансированных источников фантомное питание работает незаметно.

**Нужно учитывать случаи, когда при использовании переходников XLR-M ("Папа") - TRS ("Джек") кабелей или при коммутации с несбалансированными источниками фантомное питание способно привести к поломке прибора, поскольку к нему будет приложено напряжение около 48V.**

Например, выход профессионального диджейского пульта реализован на XLR разъемах с переключаемым уровнем выходного сигнала (Pioneer DJM-800/900). При соответственном переключении уровня выходного сигнала на минимальный уровень допустима (но, не корректна из-за согласования сопротивлений источника и приемника) прямая коммутация его выхода с микрофонным входом микшерного пульта (иногда, такие форс-мажорные варианты случаются). Такая же ситуация с ресиверами (приемниками) радиомикрофонов, профессиональными компьютерными интерфейсами ввода-вывода (аудиоинтерфейсы) и другими приборами-источниками сигнала, на которых установлены выходные симметричные разъемы XLR.

**В этом случае подача фантомного питания на этот вход НЕДОПУСТИМА!!!** Это может вывести DJ-Mixer "из строя"!!!

Особенно нужно быть внимательным, при использовании Small-микшеров, у которых фантомное питание подается на все микрофонные каналы сразу одним выключателем!

**При коммутации прибора со входами имеющими фантомное питание, будьте осторожны!**

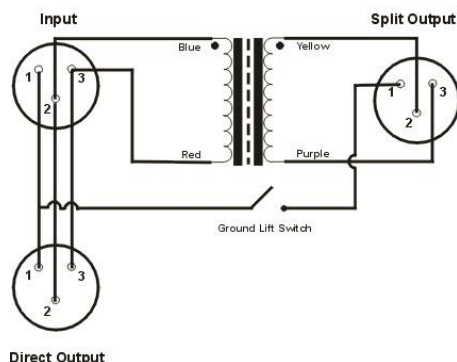
Нельзя использовать обыкновенные провода и переходники, так как это может привести к короткому замыканию или к тому, что на выход прибора будет подаваться напряжение, на которое он не рассчитан.

При использовании FОН-MON системы микширования и аналогового сплиттирования на площадке возникает вопрос: с какого из микшерных пультов (FОН или MON) подавать на необходимые входы фантомное питание?

На активных сплиттерах на каждом из входов предусмотрен выключатель фантомного питания.

Микшерные консоли не принимают участие в раздаче фантомного питания, и это осуществляется при монтаже площадке непосредственно с активного сплиттера.

Для случая использования пассивного сплиттера рассмотрим схемотехнику одного его канала:



По схеме видно, что Split Output имеет гальваническую связь со входом. Это означает, что микшерная консоль, которая подключена к Direct Out пассивного сплиттера должна раздавать фантомное питание на необходимые каналы источников.

При этом, вторая консоль в этом процессе не участвует и «гальванически» развязана от основной системы.

### 3.13 Разрыв земли («Ground Lift»).

По правилам электробезопасности (ПУЭ) корпуса всех электроприборов и устройств должны быть заземлены. Это осуществляется через контакт "земли" (Pe) вилки и розетки питания. Все электроприборы должны включаться в розетки, имеющие заземляющий контакт. Заземляющие проводники должны соединяться вместе в одном электрощите (силовом дистрибьюторе).

При подаче сигнала от источника, который заземлен, в приемник (микшерный пульт), который так же заземлен и находится на относительно большом расстоянии от источника, сигнал идет через симметричный кабель, в котором, как известно, 2 жилы в экране. Следовательно, гальваническое соединение корпусов двух приборов происходит двумя путями:

- По Pe(земля) проводнику линии подачи электропитания (силовая розетка).
  - По экрану симметричного сигнального кабеля, соединяющему два устройства.
- Соответственно, токи стекания на Pe шину силового щита разделяются.

Ток, проходящий через экран сигнального кабеля, в свою очередь, наводит помеху на те проводники, которые он должен от этих помех защищать, что проявляется в характерном "гуле" и фоне полезного сигнала.

При определенных условиях часть тока по экрану сигнального симметричного кабеля настолько сильна, что может привести к "выгоранию" в прямом смысле проводников и выходе приборов из строя.

Для предотвращения этих паразитных эффектов применяется выключатель "Ground Lift".

Как мы говорили выше, экран в симметричных линиях передачи сигнала не является сигналонесущим. Как раз этот выключатель и разрывает гальваническое подключения экрана кабеля симметричной линии передачи сигнала к заземленному корпусу прибора.

Например:

- Имейте на сцене клавишный инструмент (синтезатор) со встроенным блоком питания. Через кабель питания и соответственно через земляной контакт силовой розетки (Pe) корпус прибора заземлен. С большой вероятностью, на директ-боксе, с помощью которого инструмент подключен к Stage-Box, мы можем разорвать землю (перевести выключатель "Ground Lift" в положение Lift), что приведет к уменьшению шума на канале этого инструмента.

- Имейте на сцене электроакустическую гитару, которая подключена через активный Ди-Бокс к Stage-Box. Так как кроме сигнальной земли (по экрану (оплетке) сигнального кабеля) подключения к земляному контуру у этого инструмента нет, то разрывать землю нельзя. Разрыв приведет к значительному увеличению уровня шума на канале этого инструмента.

- Имейте электроакустическую гитару, которая подключена через активный Ди-Бокс к Stage-Box и с Link Output Ди-Бокса взят сигнал на рядом стоящий комбо-усилитель, который имеет встроенный блок питания, корпус которого в свою очередь, через кабель питания и соответственно через земляной контакт силовой розетки (Pe) заземлен. Таким образом инструмент (электроакустическая гитара) имеет соединение с контуром заземления в ближайшей точке через комбо-усилитель. С большой вероятностью мы можем разорвать землю (перевести выключатель "Ground Lift" в положение Lift), что приведет к уменьшению шума на канале этого инструмента.

**Но!!!! При установке (коммутации) Директ-Бокса, выключатели необходимо перевести в начальные положения:**

- переключатель "Ground Lift" в положение "Ground" (без разрыва).
- переключатель чувствительности в положение "0dB".
- переключатели всех фильтров в положение "off".

**При отсутствии проблем с фоном, без указания звукорежиссера или старшего в бригаде техников землю разрывать нельзя!!!**

### 3.14 Структура микшерного пульта.

Микшерный пульт («микшер», или «микшерная консоль», от англ. «*mixing console*») — электронное устройство, предназначенное для сведения звуковых сигналов: суммирования нескольких источников в один или более выходов.

Также, при помощи микшерного пульта осуществляется маршрутизация сигналов.

Существуют аналоговые и цифровые микшерные пульта

Микшерные пульта различаются по количеству входов и выходов, количеству шин, количеству Аух-посылов, степени "гибкости" (количеству регулируемых параметров) канальных параметрических эквалайзеров, наличию и количеству SUB-групп, VCA(DCA)-групп, Mute-групп, наличию канальных разрывов (Insert), наличию автоматизации.

Профессиональные аналоговые концертные и студийные микшерные консоли, как правило, имеют не менее 32 входов, более 6 Аух-шин, мощный и гибкий эквалайзер на входах, 4 или более подгрупп, а также оснащаются длинноходными фейдерами (линейными движковыми регуляторами). В свою очередь компактные и бюджетные микшеры имеют малое количество каналов, более скудные эквалайзеры, и нередко лишены фейдеров (которые заменяются обычными потенциометрами).

Аналоговые микшерные пульта - сложные электронные устройства и, помимо этих физических, так сказать "внешних" параметров, каждая модель имеет свои особенности звучания. Это связано с разными схемотехническими решениями и качеством используемых комплектующих.

По своей структуре при маршрутизации сигнала микшерные пульта аналогичны матрице.

Есть Х-количество входных каналов ("линеек") по вертикале и Y-количество шин по горизонтали, которые в определенных пропорциях "управляемым" способом смешиваются друг с другом.

Шиной («MIX») является любое возможное суммирование: AUX, SUB, Matrix, FX (в некоторых пультах) и даже PFL (pre fader listen) или AFL(after fade listen) (Solo – «прослушка», до или после фейдера).

Число возможных входных микшируемых звуковых сигналов определяется числом входных каналов пульта.

Каналы (ячейки) микшерного пульта - собственно то, из чего состоит микшер. По своим функциям ячейки делятся на входные, выходные (шины) ячейки, ячейки контроля (PFL/AFL, monitor) и т.д.

Входная ячейка - часть микшерского пульта от входного разъёма до дочки коммутации с ячейками подгрупп или так называемой главной шины. Подгруппы - ячейки позволяют собрать сигнал с нескольких входных ячеек в один (например, всю ритм-секцию, или часть хора) и регулировать параметры суммированных сигналов одновременно. Подгруппы распределяются внутренней коммутацией пульта (кнопками), схемотехнически и визуально располагаясь между входными и выходными ячейками. Во многих пультах подгруппы (когда они имеют свой внешний вход и выход) можно использовать как самостоятельные входные или выходные ячейки.

Выходная ячейка - соответственно, часть микшерского пульта от общей шины (внутренней точки схемы, где все каналы уже смешаны) до выходного разъёма (разъёмов). Выходные ячейки менее выражены, и в общем случае к ним относятся лишь регуляторы выходного уровня. В более сложных пультах в выходных ячейках может присутствовать и частотная коррекция, и другие регулировки.

Рассмотрим стандартный входной канал (входную ячейку) аналоговой микшерной консоли:

Обычно монофонический канал имеет два симметричных входа (микрофонный и линейный), обозначаемые MIC (XLR-разъём) и LINE (TRS(Джек)- разъём)), отличающиеся уровнем чувствительности и входным сопротивлением.

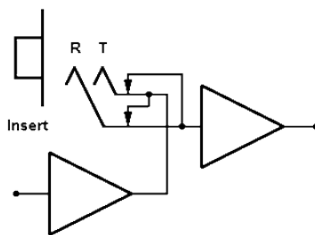
Микрофонные входы имеют кнопку включения фантомного питания ("48V"). Иногда, микрофонный вход имеет кнопку PAD ("-20dB"), которая резко изменяет чувствительность микрофонного входа на значение -20dB, что позволяет его использовать с линейными источниками сигнала скоммутированными кабелями XLR.

Уровни сигналов источников имеют очень большой диапазон, поэтому далее следует каскад предварительного усилителя с регулировкой чувствительности (Gain или Trim), позволяющий оптимально задать рабочий уровень входного сигнала для согласования уровня с дальнейшим трактом.

Далее следует переключатель полярности (invert), который переворачивает полярность входного сигнала (можно сказать, что сдвигает фазу на 180 градусов, но это не совсем верно по физическим свойствам процесса).

Поле этих каскадов сигнал уходит на разъем Insert.

Insert (посыл-возврат) реализуется на разъеме TRS (балансный джек) и служит для подключения приборов последовательной обработки (компрессоров и т.д.) данного канала при помощи Insert-кабеля, который мы рассматривали выше.



При отсутствии в разъеме джека сигнал проходит беспрепятственно на следующий каскад канальной ячейки пульта. Но при коммутации сигнал уходит через контакт Tip на подключенное устройство и возвращается в канал пульта через контакт Ring.

Иногда, разъем Insert можно использовать как дополнительный выход с данной ячейки микшера.

В некоторых моделях пультов Insert реализован на двух TRS разъемах (insert send и insert return). В этом случае коммутация со входом и выходом внешнего устройства обработки осуществляется двумя раздельными кабелями.

Далее по тракту следует HPF фильтр, который ограничивает прохождение низких частот. Он может быть фиксируемый (кнопка вкл/выкл) или регулируемый с ручкой регулировки частоты среза.

Следующим каскадом является канальный параметрический эквалайзер (многополосный регулятор тембра), позволяющий корректировать частотную характеристику сигнала. Профессиональные микшерные пульта оснащаются полупараметрической регулировкой полос, количество которых может достигать шести. А некоторые, класса премиум, оснащены полной параметрикой с регулировкой ширины полосы (добротности Q).

Далее следует блок маршрутизации входного сигнала на дополнительные шины (Aux), которые можно использовать для обработки сигнала внешними (или встроенными) процессорами эффектов либо для отправки его на отдельные мониторные линии. Любая Aux-шина может работать в двух режимах: Pre или Post Fader — они определяют зависимость уровня сигнала в шине от положения канального фэйдера громкости. Таким образом, в Aux-шине можно создать индивидуальный микс (баланс) входных источников. Помимо этого, иногда Pre посылы можно переключить Pre EQ (сигнал берется перед эквалайзером). В некоторых моделях консолей данную процедуру можно осуществить только с помощью джамперов (перемычек) на печатной плате внутри пульта для чего потребуется его разобрать.

**Чрезвычайно Важно, чтобы при работе AUX, которые работают на мониторные посылы, были в режиме Post EQ.**

Следующий идет регулятор панорамирования (PAN). Задача его понятна - распределить уровень сигнала между правым и левым каналом. Следует отличать Панораму (PAN) моно канала от регулятора Баланса (BAL) стереоканала. Очевидно, что для монофонического канала пульта суммарный уровень звукового давления, возникающего при воспроизведении двух одинаковых сигналов на обоих каналах стереофонической шины будет выше, чем для одного, поэтому регулирование уровня распределения монофонического сигнала между каналами двухканальной шины происходит по специальному закону панорамирования, pan law, позволяющему оставлять неизменной общую громкость звукового сигнала источника независимо от положения панорамного регулятора (и, соответственно, независимо от положения кажущегося источника звука в стереобазе). Традиционно в аналоговых пультах ослабление уровней сигналов, поступающих на каналы стереофонической сборной шины, составляет от 3 до 6 дБ при центральном положении панорамного регулятора, но эта величина может задаваться в цифровых пультах в пределах от 0 до 6 дБ.

Далее сигнал проходит через канальный регулятор уровня - фейдер и идет на основные шины Master (иногда Main) и шины Group.

Кнопка Мьютирования (Mute) выключает ячейку, при этом регулятор уровня ячейки может оставаться в любом положении - сигнал исчезнет из всех шин. На некоторых пультах фирмы Yamaha вместо Mute ставится кнопка ON.

Кнопка Прослушивания (PFL - pre fade listen, иногда называется кнопка Solo) отсылает сигнал с ячейки в канал наушников, даже при полностью убранном регуляторе уровня ячейки, и служит для контроля подключённого источника.

Секция выходов микшерного пульта представляет собой систему управления и маршрутизации всех присутствующих на пульте выходов. Данная секция может состоять из:

- Фейдеров уровня общего (главного, Master, Main) выхода.
  - Ячеек подгрупп (SUB), которые представляют собой универсальные шины, позволяющие объединять входные сигналы для определенной цели (обработки) и управлять такой группой одним фейдером или отправить группу (SUB-mix) на отдельный выход. Например, можно объединить все сигналы ударной установки в одну подгруппу.
  - Регуляторов уровня выхода Aux-шин. Помимо выходов для Aux-шин, многие микшерные пульта имеют Aux-входы (return, «возврат»), которые, по сути являются дополнительными входами. Обычно система «посыл-возврат» используется для обработки сигнала Aux-шины внешним процессором эффектов.
  - Фейдеров VCA group - система, позволяющая объединять несколько канальных фейдеров в группу по управлению, без использования групповой шины, давая возможность регулировать общий уровень группы с сохранением баланса уровней каналов внутри нее.  
Название VCA пошло от устройства VCA (voltage controlled amplifier - усилитель управляемый напряжением). В "топовых" моделях аналоговых консолей вместо переменного сопротивления (резистора) изменяемого делителя напряжения канала (фейдер), после которого сигнал подается на сумматор шины, устанавливался voltage controlled amplifier, который изменял свой коэффициент усиления в зависимости от управляющего напряжения, подаваемого фейдером. Это решало проблему "шуршания" фейдеров и позволяло придать определенное (любое) значение коэффициенту усиления в зависимости от положения регулятора (ручки фейдера).  
В свою очередь, можно было назначив одно управляемое напряжение, управлять уровнями нескольких каналов одновременно.
- Нужно понять и не путать:**  
**SUB-group (SUB-mix) - шина** - каналы суммируются в одну шину и доступны для одновременной коррекции и обработки.  
**VCA-group - виртуальная ("логическая") группа**, доступная регулированию одним фейдером. Каналы, назначенные на VCA-группу недоступны по физике и смыслу для общей обработки.  
В цифровых консолях по смыслу одно и тоже с DCA (digital controlled amplifier).
- Дополнительные функций, таких как: общий эквалайзер, сумматор общего стерео-выхода в моно-сигнал, матрица (дополнительный набор универсальных шин), блоки прослушивания отдельных каналов в наушниках без вмешательства в основной баланс и многое другое.

Внешние приборы обработки, которые подключаются к микшерному пульта, называются Outboard. Подразделяются на:

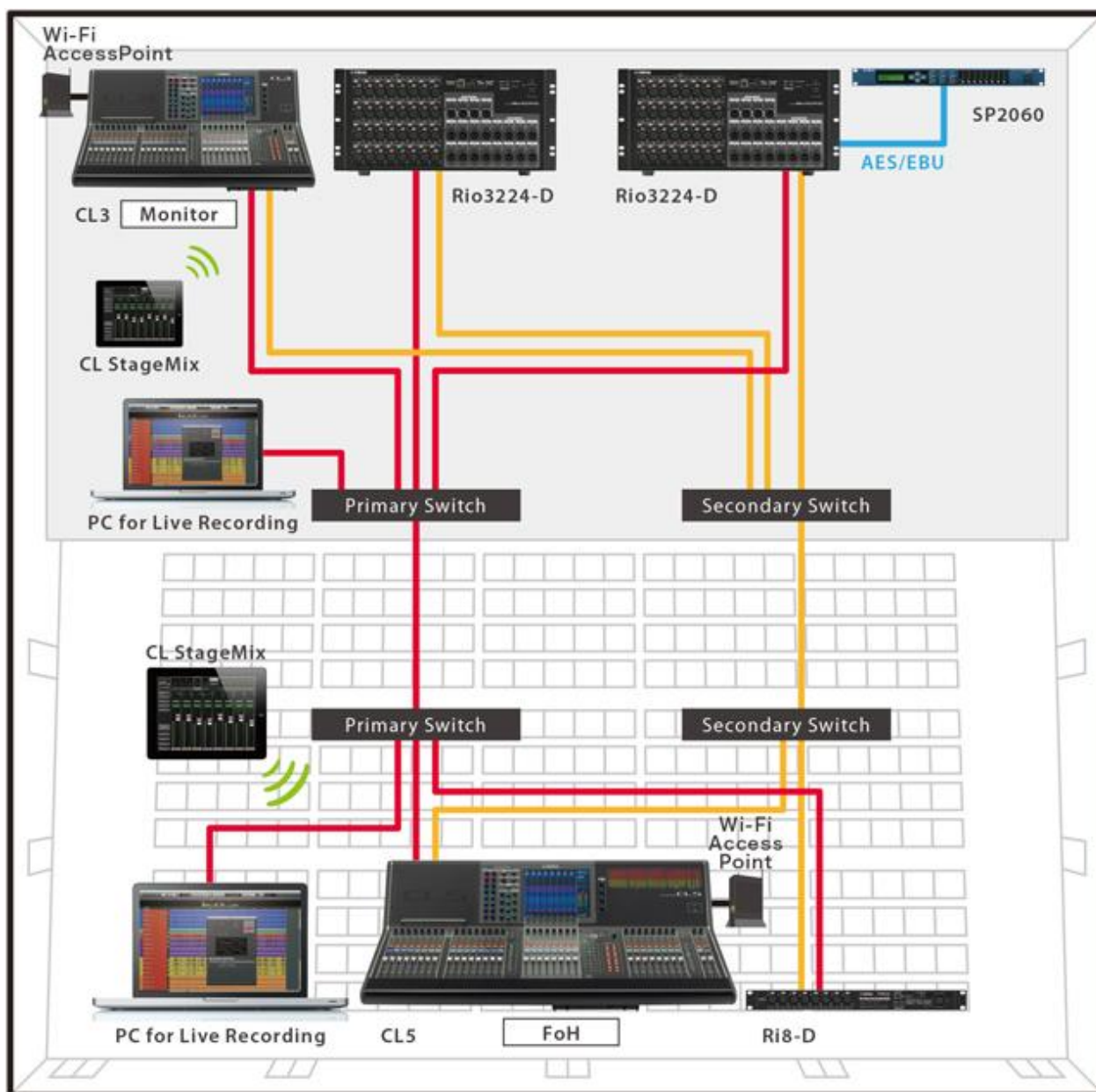
- последовательные - приборы динамической обработки (компрессоры, гейты и т.д.), всевозможные эквалайзеры, внешние предварительные усилители (PreAmp) и т.д. Включаются в Insert канала или шины, или напрямую в линию передачи сигнала в последовательную цепочку.
- параллельные - приборы пространственной обработки (ревербераторы(Reverb), эффекты задержки (Delay) и т.д.), всевозможные энхансеры (эксайтеры, максимайзеры и т.д.) и иные приборы FX. Подача сигнала на них осуществляется с шин AUX, а возврат в стандартные входные ячейки пульта для подмешивания к основному сигналу.

Аналоговые микшерные системы микширования и обработки сигнала являются наглядными и легкими для понимания процессов, маршрутизации, значения регулировок различных параметров.

Освоив в **совершенстве** "аналог" Вы сможете без труда перейти к изучению цифровых систем микширования.

Для соединения физических компонентов цифровой микшерной системы применяются многоканальные протоколы передачи аудиоданных и управления: Dante, MADI, EtherSound, CobraNet и т.д.

Применяемые для соединения цифровые кабели: витые пары (Ethernet), коаксиальные и оптические.



Следует отметить, что в цифровых системах количество входных каналов отличается от физических входов, так же как и количество выходных шин отличается от количества физических выходов.

Эти системы являются масштабируемыми и более гибкими в настройке интерфейса пользователя, чем аналоговые консоли. Многие регуляторы выполняют не одну функцию и могут быть настроены под цели и задачи звукорежиссера. Для работы на цифровых консолях нужно точно представлять задачу, которую нужно осуществить с помощью тех или иных действий.

Большинство приборов обработки и эффектов встроено в цифровые микшерные консоли в качестве модулей.

"Патчинг" цифровой микшерной консоли (от слова patch - соединение, коммутация) представляет собой процесс программного соединения виртуальных и физических модулей системы (находящихся порой в разных «физических» корпусах) между собой для нужд звукорежиссера под конкретные задачи.



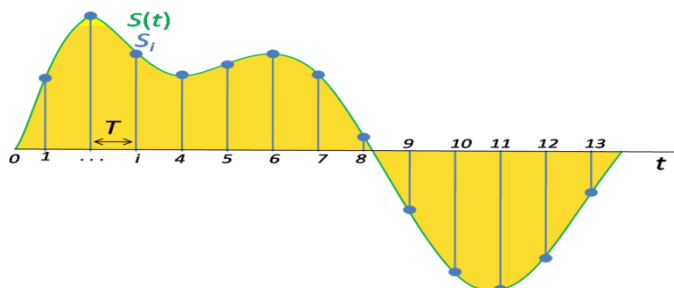
### 3.15 Преобразование аналогового сигнала в цифровой.

Любой цифровой прибор обработки, будь то какой-либо процессор или цифровая микшерная система, представляет собой, прежде всего «компьютер», производящий определенные вычисления с дискретными числовыми данными. Некоторые из таких приборов связаны цифровыми линиями передачи данных по различным протоколам.

Для работы в цифровых устройствах обработки, аналоговый звуковой сигнал (изменение напряжения, пропорционально изменению давлению, воздействующему на мембрану) необходимо как-то перевести в цифровую форму – двоичный цифровой код.

Для такого преобразования применяются устройства: Аналогово-Цифровые Преобразователи (АЦП). Такие устройства установлены на любом аналоговом входе любых цифровых приборов.

Упрощенно рассмотрим принцип преобразования АЦП и параметры «оцифровки» аудио-сигнала:



Процесс преобразования непрерывного случайного аналогового сигнала в цифровой называется дискретизацией. Есть две основные характеристики цифрового сигнала — частота дискретизации и глубина дискретизации по уровню.

**Частота дискретизации** (шаг «Т») указывает на то, с какими интервалами по времени измеряются и фиксируются данные об уровне сигнала («S(t)»). Существует теорема Котельникова (в западной литературе её упоминают как теорему Найквиста - Шеннона, хотя встречается и название Котельникова - Шеннона), которая утверждает: для возможности точного восстановления аналогового сигнала из дискретного требуется, чтобы частота дискретизации была минимум в два раза выше, чем максимальная частота в аналоговом сигнале. Если брать примерный диапазон воспринимаемых человеком частот звука 20 Гц — 20 кГц, то оптимальная частота дискретизации (частота Найквиста) должна быть в районе 40 кГц (40000 Гц). У стандартных аудио-CD она составляет 44.1 кГц. В профессиональном оборудовании частота дискретизации применяется часто выше этого значения.

**Глубина дискретизации (разрядность)** по уровню описывает разрядность числа, которым описывается уровень сигнала. Эта характеристика накладывает ограничение на точность записи уровня сигнала и на его минимальное значение. Она отражает точность записи сигнала. Стандартная глубина дискретизации на audio-CD — 16 бит. В профессиональном оборудовании применяется 24 бит и выше. Большая глубина дискретизации позволяет избежать появления шумов и артефактов при дальнейшей обработке звука.

Для преобразования из цифровой формы сигнала в аналоговую используется устройство ЦАП (Цифро-Аналоговый преобразователь) – устройство «обратной операции».

Вся работа этих устройств выше описана «в двух словах». Тут нужно понять именно принцип.

Чем выше частота дискретизации и больше разрядность – тем выше качества (точности) мы можем достичь. Но для обработки больших объемов данных требуется большие вычислительные мощности оборудования, а, главное время.

**Большие значения частоты дискретизации и разрядности дают большее время задержки сигнала при обработке (Latency), что впоследствии может повлиять на разность фаз при последующих операциях суммирования.**

**Приборы, соединяемые между собой по цифровому протоколу, должны совпадать по установленной частоте дискретизации для синхронизации и совместного функционирования.**

## 4. Работа на сценической площадке.

### 4.1 Технический райдер и работа на сценической площадке.

Стандартная последовательность подключения каналов:

При подключении источников к микшерным пультам существует некое негласное правило последовательности каналов (Channel, Ch.).

Первыми включаются микрофоны ударной установки:

**Ch.01 - Kick in** - "бочка", внутренний микрофон (обычно типа PZM)

**Ch.02 - Kick out** - "бочка", наружный микрофон, обычно динамический специализированный для басовых инструментов.

**Ch.03 - SN top** - "малый" ("рабочий") барабан, верхний микрофон.

**Ch.04 - SN bottom** - "малый" ("рабочий") барабан, нижний микрофон, "снимающий" нижний пластик и пружину "малого" барабана.

**Ch.05 - HiHat** - ХайХэт - обычно используется конденсаторный микрофон.

**Ch.06 - Alt-Tom 1** (правый, если смотреть на сцену) - часто используются специализированные микрофоны с креплением типа "прищепка".

**Ch.07 - Alt-Tom 2** (левый, если смотреть на сцену) - часто используются специализированные микрофоны с креплением типа "прищепка".

**Ch.08 - Floor-Tom** (напольный том) - часто используются специализированные микрофоны с креплением типа "прищепка".

**Ch.09 - Overhead Left** (верхний микрофон, "снимающий" тарелки и общее звучание, левый) - обычно используется конденсаторный микрофон.

**Ch.10 - Overhead Right** (верхний микрофон, "снимающий" тарелки и общее звучание, правый) - обычно используется конденсаторный микрофон.

**Обратите внимание, что последовательность подключения каналов Томов по порядку обратная визуальному расположению, если смотреть на сцену.**

Далее обычно идет **Ch.11 - Bass** (Бас гитара через активный Di-Box).  
И так далее по инпут-листу райдера (input-list).

Некоторые коллективы используют другую последовательность, удобную именно им.

**Следует внимательно читать Input List технического райдера коллектива, чтобы не было путаницы в каналах.**

Техническим райдером называется технические требования, выставляемые принимающей стороне коллективом исполнителей или Артистом.

Он содержит список необходимого для выступления оборудования, его минимально необходимые технические характеристики, план расстановки оборудования на сценической площадке (Stage Plan), порядок подключения («расшивки») каналов к микшерному пульту (Input List) и т.д.

Необходимо, предварительно внимательно изучать данный документ и согласовывать все изменения и расхождение с требованиями, указанными в райдере с техническим персоналом Артиста.

Всегда визуально представляйте соотношение реальных размеров площадки с Stage Plan.

Заранее продумывайте в каком месте сцены, как, на каких стойках будет располагаться оборудование.

Если все согласовано и Вы приехали на площадку, начинается монтаж.

Полезно соблюдать последовательность монтажа:

В первую очередь оборудование расставляется по своим местам. Желательно сразу его вынуть из кофров (особенно в зимнее время года).

В следующую очередь, протягивается основной кабель питания от главного силового дистрибьютора к точке подключения. Пока происходят остальные работы - его подключение должно быть завершено, **правильность подключения электроэнергии проверена** и подано напряжение. Это экономит время.

Протяжка мультикора и кабеля питания FОН пульта – одна из нелегких задач. Необходимо предусмотреть защиту этих кабелей от механических воздействий (защита резиновыми коврами или «капами» -специальными лотками из резины), закрепить в местах возможного прохода людей.

Обязательное требование при монтаже:

### **ВСЕГДА ПИТАНИЕ FОН ПУЛЬТА ПРОИЗВОДИТЬ ОТ СИЛОВОГО ДИСТРИБЬЮТОРА ЗВУКОВОГО КОМПЛЕКСА!!!**

Даже если на FОН позиции штатно установлены силовые розетки местной системы электроснабжения. Этим вы обезопасите себя от проблем разности потенциалов разных контуров Ре, которые могут вывести оборудование из строя.

Далее, расставляются микрофонные стойки, затем протягиваются линии питания (220V) по сцене, подключается необходимое количество силовых точек у установленного оборудования.

В следующую очередь протягиваем микрофонные и сигнальные кабели, устанавливаем и подключаем микрофоны. Нужно учитывать возможные перестановки оборудования под нужды Артиста и всегда оставлять запас. Старайтесь не прокладывать сигнальные и силовые кабели рядом и параллельно. Расправляем излишки кабеля, чтобы в бухтах не образовывалась паразитная индуктивность.

Проверяем наличие напряжения питания в розетках в местах установки сценического оборудования, проверяем отсутствие потенциала между корпусами оборудования и сценическими металлоконструкциями, проверяем работоспособность комбиков и т.д., выставляем на минимум ручки громкости каналов комбо-усилителей, комплектуем их инструментальными кабелями (TS-TS) необходимой длины, выставляем педали управления (FootSwich).

Монтаж закончен.

Наведение порядка в кабельном хозяйстве на сцене, проклейку скотчем проложенных кабелей и укрытие резиновыми защитными коврами лучше проводить после проведения **Sound Check** исполнителя (окончательной настройки звука коллектива Артиста силами его технического персонала) , так как всегда возможны перемещения и перестановки оборудования.

После манипуляций системного инженера или старшего группы по настройке основной РА системы (порталов) и мониторинговых линий приступаем к процедуре проверки линий передачи сигнала и отсутствия ошибок в подключении (**Line Check**).

Задача лайн-чека проверить прохождение сигналов от источников на сцене к соответствующим райдеру каналам микшерного пульта, а также осуществить раздачу фантомного питания на необходимые линии. Полезно во время лайн-чека выставлять рабочие уровни сигнала (Gain) на микшерном пульте.

При проведении лайн-чека подается сигнал от источников. Если относительно вокальных и инструментальных микрофонов все понятно (громким и четким голосом произносим в соответствующие микрофоны какие-нибудь фразы, хоть стихи читайте :-)), то в отсутствие музыкальных инструментов проверку инструментальных или линейных линий можно осуществить несколькими способами:

- Аккуратно взявшись за инструментальный или линейный кабель (с разъемом TS или TSR на конце), когда вы не касаетесь заземленного корпуса "джека" (разъем находится в подвешенном состоянии), касайтесь рукой контакта Tip. В результате на приемнике (канале микшерного пульта, комбо-усилителе) вы получите характерный шумовой сигнал наводки окружающих "фоновых" электромагнитных полей на Ваше тело. Этот сигнал достаточно сильный для распознавания. Чем больше входное сопротивление приемника, тем сильнее этот сигнал. На гитарные и бас-гитарные комбо-усилители (в связи с большим входным сопротивлением инструментального входа) этот сигнал производит сильное воздействие. **Будьте осторожны усилением!!! Все манипуляции проводите с убранными на минимум ручками громкости и усиления каналов комбо-усилителей!!!**

- Для проведения лайн-чека, иногда используют простые динамические микрофоны или мобильные генераторы сигнала (в некоторые модели кабельных тестеров эта функция встроена, например Behringer CT100).

- Вместо каждого источника подключается генератор, который посылает шумовой (розовый шум) или синусоидальный сигнал определенной частоты и определенного уровня в линию. При этом на микшерном пульте выставляется оптимальное усиление регулятором Gain по индикатору в режиме PFL канала.

- Несмотря на слабый уровень выходного сигнала с микрофона (динамического), при подключении даже к линейному входу он даст отчетливый сигнал, достаточный для определения работоспособности линии передачи.

### **На площадке каждый техник должен иметь некий стандартный набор:**

- Рабочие перчатки.
- Фонарик.
- Распечатанный экземпляр технического райдера.
- Маркер.
- Барабанный ключ.
- Сценический скотч (gaffer tape, gaffa, лучше черного цвета).
- Индикаторная отвертка.
- Минимальный комплект инструмента (отвертки, пассатижи, бокорезы, паяльник и т.д.).
- Чистые листы бумаги (или блокнот) для записи поправок к райдеру.

## 4.2 Устранение проблем на площадке (авт. Эл Кельти).

Звуковой закон Мерфи № 10: «Вероятность возникновения проблем в звуковой системе обратно пропорциональна времени, оставшемуся до начала мероприятия».

Мы все это переживали — что-то в нашей системе не работает должным образом или не работает вообще, и слишком часто это происходит непосредственно перед началом работы.

Хотя первым инстинктом может быть «панический» подход — начать проверку разъёмов, соединений, кабелей и т.д. случайным образом, есть и проверенный метод поиска и устранения неполадок, с помощью которого Вы почти всегда найдете проблему с меньшими усилиями и в более короткий промежуток времени.

Самый простой метод устранения неполадок (после проверки «А это вообще включено?») это метод «взять всё, и поделить на составляющие части». Он включает в себя определение исправных частей системы, а также выяснение того, какие части потерпели неудачу. Таким образом — рабочие секции не только устраняются как причина проблемы, но также могут использоваться для тестирования других частей системы.

Например, один микрофонный канал на консоли умер, а другие работают правильно. Хорошая новость заключается в том, что вы можете использовать один из рабочих каналов для изоляции проблемы.

Сначала отсоедините входной разъем от рабочего канала на консоли и подключите его к мертвому каналу.

Если плохой канал на консоли теперь работает, то проблема возникла перед консолью, идём к источнику (например микрофону).

Если канал по-прежнему мертв, проблема должна быть после входа на этом канале (неисправность ячейки, гнезда пульта, неправильное назначение и т.д.).

В любом случае, проблема наполовину выяснена.

Предположим, мы поняли, что консоль в порядке. Оставшуюся часть системы можно также разделить пополам, проделав тоже самое на сценическом конце кабеля.

То есть: переключив кабели обратно туда, где они были на консоли, подключите кабель от исправного микрофона к проблемному каналу в стейдж-боксе.

Если канал остается мертвым, проблема должна быть в мультикоре. Но, если канал оживает, мультикор устраняется, и проблема находится между стейдж-боксом и микрофоном (микрофонный кабель и/или сам микрофон).

В этом случае замена кабеля или микрофона решает проблему.

А как насчет того, когда усилитель мощности не реагирует?

Возьмите входной кабель от другого усилителя, который точно работает, но убедитесь, что они работают с одним и тем же диапазоном частот, если система двух- или трех-полосная.

Другими словами: **НЕ СОЕДИНЯЙТЕ кабель для усилителя сабвуфера (SUB) к проверяемому усилителю, если он работает с сигналом для ВЧ драйверов!**

Если он начнет работать, подключите всё обратно, и вернитесь к консоли или возможно, к кроссоверу (системному процессору).

Попробуйте менять левый и правый сигналы, начиная от консоли и двигаясь к усилителям.

Когда проблема переходит с одной стороны на другую, вы нашли проблему в линии.

Опять же, тенденция, особенно под стрессовым давлением, заключается в том, что можно начать произвольно заменять кабели или болтающиеся разъемы хаотично, "невыпад". Хотя вам может просто повезти, и вы попадете на дефектный компонент, очень легко загнать себя по бесконечному кругу, пробовать то и это, не справляясь с проблемой. Это особенно верно, если в деле участвует более одного дефектного компонента.

Практикуйте организованный метод устранения неполадок, и вы будете каждый раз «разделять и властвовать» над проблемами.

### 4.3 Морально-этические нормы общения с Артистами и Заказчиками.

Артисты, музыканты и звукорежиссеры являются людьми творческими и весьма специфичными в общении. Мероприятие строится в основном на их Работе (Таланте, Умении, "Имени"...). Так уж получается, что прокатный персонал, лишь обслуживает и сопровождает проведение Их мероприятия. **Это наша РАБОТА!**

Не смотря на это от нашего профессионализма зависит качественный результат проведения Шоу в целом. **Мы - профессионалы своего дела:** должны быть коммуникабельны, дисциплинированы, аккуратны, исполнительны. **Работать дружно, быстро и качественно.**

**Будьте скромнее.** Не задавайте лишних и "глупых" вопросов Артисту. Не просите автографы. Вы пришли на площадку никак фанат, а как работник - профессионал своего дела.

Не привлекайте к себе лишнего внимания.

**Оставляйте свое мнение молча при себе.** По желанию вы можете посплетничать о проведенном мероприятии и Артисте в свободное выходное время (что не одобряется, но все мы люди...), но не на площадке и тем более в присутствии чужих людей. **"Лучше жевать, чем говорить!!!" :-))**

**Соблюдайте субординацию.** Все спорные моменты и вопросы с коллективом исполнителя должен решать ответственный за это и подготовленный человек.

**Делайте свою работу.** Помните - "неконтролируемая" инициатива наказуема!!! Все идеи, проблемы и задачи согласовывайте со старшим по бригаде.

**Не выносите на обозрение всего коллектива Артиста и Заказчика возникающие проблемы.**

Выполняйте по возможности все просьбы со стороны технического персонала Артиста и Исполнителей. Будьте отзывчивы и приветливы, но в меру.

Находитесь во время проведения Sound Chek и всего мероприятия на своем рабочем месте!

Помните: **рабочее место техника прокатной компании - за кулисами сценической площадки или на сцене**, а не в буфете или в "теплой" компании у FОН пульта.

**Следите за процессом проведения Шоу.**

**Будьте готовы в любую минуту прийти на помощь Артистам.** У всех иногда случаются всякие проблемы...

Все мы: прокатчики, Артисты, административный персонал, - делаем одно ДЕЛО!!

Показав себя крепким профессионалом, выполнив качественно свою работу, Вы в составе нашей прокатной компании получите высокую оценку, а соответственно новые заказы и перспективы развития.

## **Нам будут благодарны и Артисты, и его Персонал, и Зритель!**

### **Литература, обязательная к прочтению:**

Питер Бьюик "Живой Звук. РА для концертирующих музыкантов." - изд. "Шоу-Мастер" 1998г.  
Дункан Р. Фрай "Микширование живого звука" - изд. "IN/OUT" 1997г.

Данные издания легко найти на просторах интернета.

Много литературы и статей можно посмотреть на сайте: <http://roniker.ru/load/literatura/1-1-0-7>