

Методические материалы для подготовки техников прокатных компаний.

(специализация: звуковое оборудование)

Редакция V4-2022

Потапов Руслан

прокатная компания "MR-Pro"

<http://mrprocorp.ru>

г.Воронеж

2022г.

Введение в профессию техника звукового цеха прокатной компании.

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

Это абсолютно не так! Чтобы 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.

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 и звукорежиссеров, который требует углубленного знания предмета и опыта, а так же налагает большую ответственность за конечный результат общей работы.

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, но не вполне достаточных знаний, понятий, физических принципов и эффектов 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 "глубокого" изучения, дают людям возможность узнать некоторые 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 процессов и работы.

На это способны лишь люди, которые "болеют" этим ДЕЛОМ!

Спасибо людям, кто помогал мне в подборе материала:

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

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 знать и понимать: **ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ КАКОГО РЕЗУЛЬТАТА? ДЛЯ ЧЕГО?** используется то или иное оборудование и необходимо осуществить соединение приборов друг с другом в определенной последовательности.

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 во многих обращениях, а мелодию - в различных тональностях. Импровизация – наше всё! ☺

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.

Важно понимать все требования Звукового Технического Райдера: требования Звукорежиссера, Артистов и Музыкантов. Предугадывать их необходимые желания и возможные «Хотелки».

Эти материалы не претендуют на полное авторство. 30% изложенного здесь является "копипастом" с моими поправками, редактированием и структурированием последовательности изложения.

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

Используется простой повседневный язык профессионального общения и "сленг".

Многие коллеги сочтут некоторые вопросы и их видение спорными. Возможно!

Но, для того, что бы было о чем спорить, нужно знать хотя бы "азы". Именно это и предлагается: изучить ниженаписанное, разобраться, а уж потом вырабатывать своё мнение.

Все понятия и принципы "о предмете" представленные далее являют собой объем знаний, который я хочу видеть у своих техников в нашей прокатной компании.

Если при прочтении первых страниц у Вас возникнет вопрос что такое ток и напряжение, тогда лучше сразу прекратить насилие над собой и коллегами. Вам нужно искать работу в другой сфере деятельности или вернуться к школьной программе физики.

Содержание.

1. Электротехника. Техника безопасности. Немного ПУЭ.

1.1	Условные обозначения в схемотехнике.	5
1.2	Закон Ома для постоянного тока.	7
1.3	Законы Кирхгофа.	8
1.4	Сопrotивление и падение напряжения на участке цепи.	9
1.5	Закон Джоуля-Ленца.	10
1.6	Переменное напряжение и ток. Фаза. Реактивные и нелинейные нагрузки.	11
1.7	Параллельное и последовательное соединение.	16
1.8	Однофазное и трехфазное электроснабжение. Заземление и зануление.	18
1.9	Индуктивность. Зависимость импеданса индуктивности от частоты.	21
1.10	Принцип потерь напряжения на длинных линиях электроснабжения.	21
1.11	Устройства защиты в сетях электроснабжения.	22
1.12	Кабели. Сечения. Допустимый ток на жилу силового медного кабеля.	25
1.13	Проектирование линии электроснабжения.	28
1.14	Топология ЦР и ВРУ.	29
1.15	Принципы схемотехники блоков питания потребителей.	31
1.16	Типы силовых разъёмов, используемых в электроснабжении звуковых и световых комплексов.	34
1.17	Полярность в разъёмах СЕЕ.	36
1.18	Подключение трехфазных электродвигателей (лебедок, талей, тельферов).	36
1.19	Качество электроэнергии. Активная и реактивная мощности. Генераторы.	38
1.20	Техника безопасности при подключении.	41

2. Звук.

2.1	Колебания и Звуковые Волны.	42
2.2	Фаза сигналов и интерференция, когерентные волны.	43
2.3	Звуковые сигналы.	47
2.4	Децибел как относительная единица измерения. Особенности слуха.	50
2.5	Представление спектра и преобразования Фурье. Розовый Шум.	56

3. Звуковой тракт.

3.1	Типовые каскады и их некоторые характеристики. Пассивные фильтры.	59
3.2	Смысл и понятие усилителя.	67
3.3	Структура и согласование уровней (Gain staging).	68
3.4	Операционный усилитель и симметричные линии передачи сигналов.	71
3.5	Классификация типов разъёмов и кабелей по типам сигналов и задачам.	72
3.6	Усилители мощности.	84
3.7	Динамики и основные характеристики пассивных акустических систем.	88
3.8	Звуковой комплекс. Стандартная структура и оборудование.	97
3.9	Сценическое оборудование.	104
3.10	Микрофоны.	109
3.11	Радиосистемы.	115
3.12	Директ-Бокс (Di-Box).	117
3.13	Фантомное питание. Сплиттеры.	118
3.14	Разрыв земли ("Ground Lift").	120
3.15	Структура микшерного пульта.	121
3.16	Основы обработки звука и приборы обработки.	125
3.17	Цифровое аудио, Digital mixer, LAN и «remote».	139
3.18	Художественная работа. Советы по коррекции инструментов.	143

4. Работа на сценической площадке.

4.1	Технический райдер и работа техника на сценической площадке.	150
4.2	Устранение проблем на площадке.	153
4.3	Должности. Морально-этические нормы общения с Артистами и Заказчиками.	154

5. Заключение.

Список литературы для углубленного изучения	157 -158
---	----------

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.

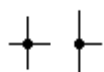
1.1 Условные обозначения в схемотехнике.

U – Напряжение, В (вольт)

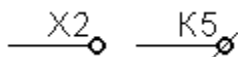
I – Ток, А (ампер)

P – Мощность, Вт (ватт)

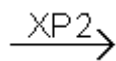
R – Сопротивление, Ом



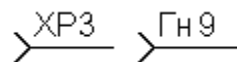
- Соединение проводников. Отсутствие точки (кружочка) говорит о том, что проводники на схеме пересекаются, но не соединяются друг с другом – это разные проводники, то есть соединение отсутствует.



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



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



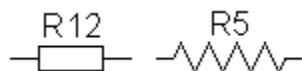
- Соединительный легко разъёмный контакт розетка (на сленге - "мама").



- Вывод схемы, подлежащий подключению к Земле (заземление, проводник **Re**, 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.



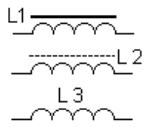
- Контакт радиосхемы, имеющий условный "нулевой" потенциал относительно остальных участков и соединений схемы. Обычно это общий вывод схемы, потенциал которого является отрицательным относительно остальных участков схемы (минус питания схемы).



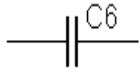
- **сопротивление, резистор** - элемент, предназначенный для уменьшения тока, протекающего по электрической цепи.

На схеме указывается значение сопротивления резистора.

Измеряется в единицах **R=Ом**.



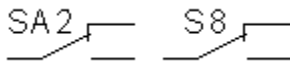
- **индуктивность, катушка индуктивности** - обмотка (катушка) из медного провода. Может быть бескаркасной, на каркасе, а может выполняться с использованием магнитопровода (сердечника из магнитного материала).
Обладает свойством накопления энергии за счёт электромагнитного поля. Имеет большое сопротивление для высоких частот. Чем больше частота проходящего тока, тем большее сопротивление индуктивность на этот ток оказывает.
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. Чем больше частота проходящего тока, тем меньшее сопротивление ёмкость на этот ток оказывает.
Измеряется в единицах **C=Фарадах**.



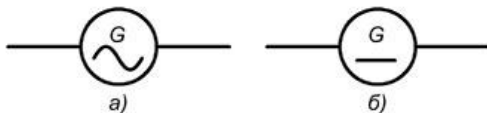
- **выключатель** - двухконтактный прибор, предназначенный для замыкания (размыкания) электрической цепи.



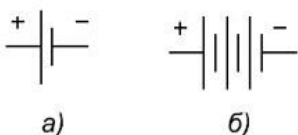
- **переключатель** - трёх (или более) контактный прибор, предназначенный для переключения электрических цепей.
Один контакт нормально замкнутый, второй нормально разомкнутый.



- **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.

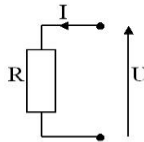
Из школьной программы наверняка все помнят физические величины измерения:

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:

$$I = U/R$$



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.

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:

$$P = U \cdot I$$

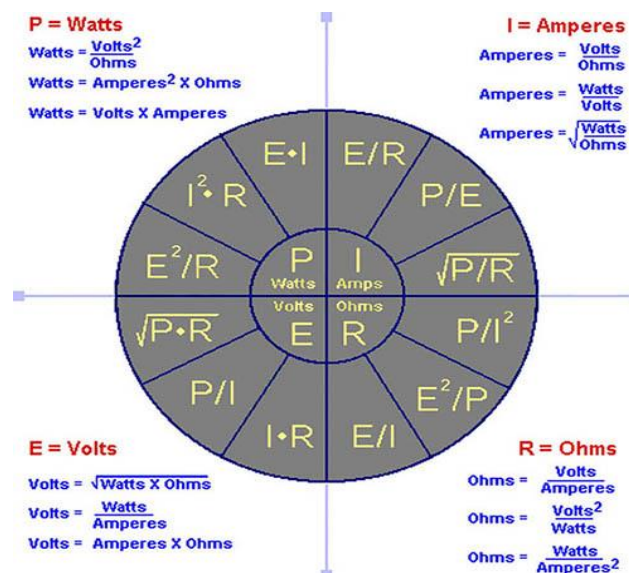
Для пассивной линейной цепи, в которой соблюдается закон Ома, можно записать:

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

Все эти формулы **верны только для постоянного тока и напряжения**.

Они выражают **мгновенные значения** в конкретный момент времени, которые с течением времени не меняются и не учитывают переходные процессы.

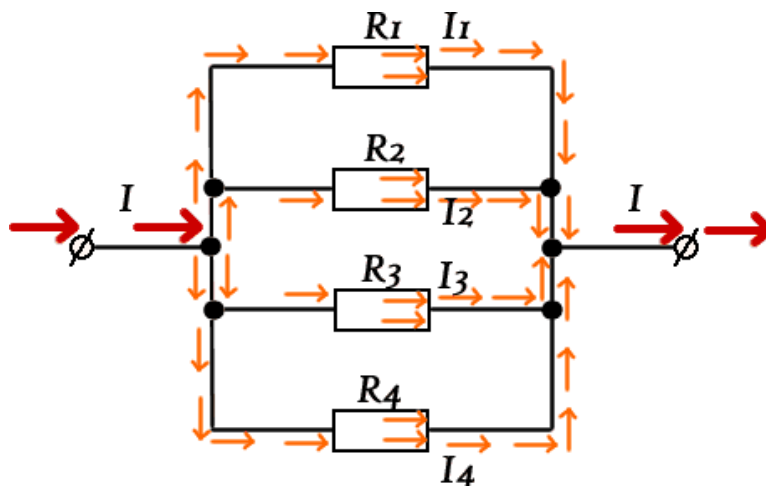
Для простоты вычислений можно применять таблицу (в ней $E=U$ =напряжение):



1.3 Законы Кирхгофа.

Первый закон Кирхгофа:

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



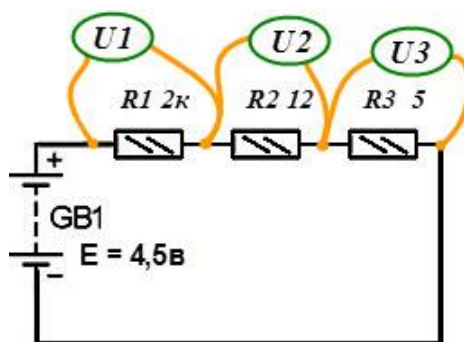
Исходя из первого закона Кирхгофа: при параллельном соединении общий ток разделяется на токи, протекающие через параллельно включенные резисторы. Сумма этих токов равна величине общего тока.

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

Второй закон Кирхгофа:

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

Этот закон отражает схема:



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

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).

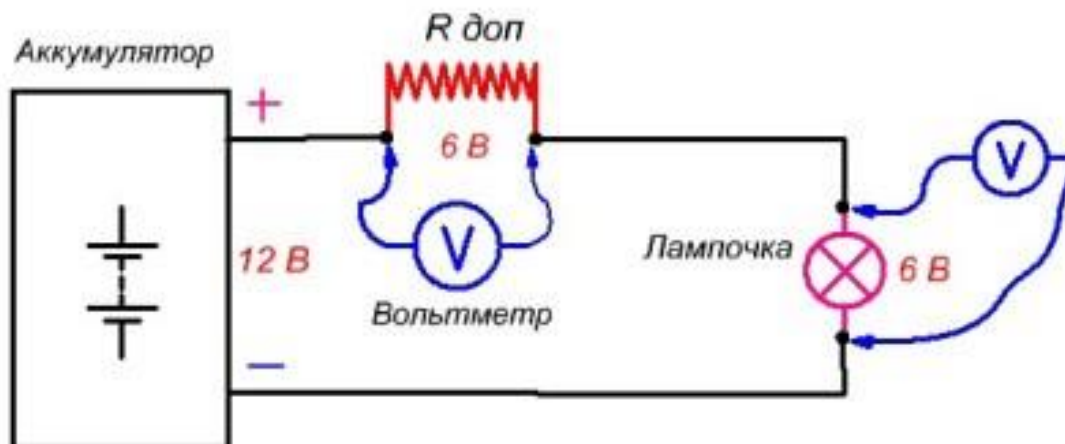
Общий смысл указанных выше законов – это аналогия с законом сохранения энергии.

1.4 Сопротивление и падение напряжения на участке цепи.

Падение напряжения на участке цепи — 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 для **постоянного тока** изображена на рисунке.



При токе, равным нулю, падение напряжения отсутствует.

То есть, если отключить ("вывернуть" ☺) электрическую лампочку, то первый (левый) вольтметр покажет 0 Вольт (падение напряжения на $R_{доп}$ отсутствует), а второй вольтметр (правый) покажет напряжение 12 В.

Все описанные выше законы для ПОСТОЯННОГО тока и напряжения применимы так же к мгновенным значениям, определяемым для переменного напряжения и тока в какой либо фиксированный момент времени.

1.5 Закон Джоуля-Ленца.

Для себя нужно понять, что электрический ток несет (передает) такое не явное понятие, как **энергия**, которую можно превратить в работу – некое «полезное» действие. ☺

В основном эта энергия для электрического тока определяется мощностью P , которая по закону Ома (стр.7) равна:

$$P = I \cdot U$$

Так как мы рассматриваем мгновенные (в определенный момент времени) значения тока и напряжения – это является мгновенной мощностью.

При наличии в цепи нагрузки (сопротивления, резистора) мгновенная мощность, которая может совершить работу, для этого сопротивления нагрузки определяется:

$$P = U^2/R = I^2 \cdot R$$

Если рассмотреть ситуацию, в которой работа электрического тока заключается только в нагреве резистора нагрузки – превращение электрической энергии в тепловую энергию, то по законам сохранения энергии в единичный момент времени электрическая мощность (P) будет равна мгновенной работе (A), которую этот электрический ток совершает, и будет равна количеству выделенной тепловой энергии (Q):

$$P = A = Q$$

Конечно, это равенство условное, так как единицы измерения этих величин разные. Тем более что мгновенная работа – понятие вообще физически не корректное.

Нужно понять, что выделение этого количества теплоты Q – работа по повышению температуры любого реального физического тела – не может происходить мгновенно. Для повышения температуры требуется время.

Именно в это момент мы переходим от мгновенных значений к значениям за «какой-то» промежуток времени – к интеграции по времени = процессу объединения мгновенных значений = процессу усреднения.

Закон Джоуля-Ленца определяет количество теплоты, выделенное за промежуток времени t на сопротивлении при прохождении электрического тока:

$$Q = IUt = (U^2/R)t = I^2Rt$$

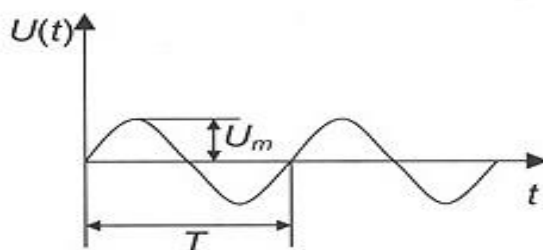
Закон Джоуля-Ленца — физический закон, дающий количественную оценку теплового действия электрического тока за промежуток времени этого воздействия.

Именно этот закон показывает, что любой проводник, имеющий не бесконечно-малое сопротивление, будет нагреваться при прохождении электрического тока.

1.6 Переменное напряжение и ток. Фаза. Реактивные и нелинейные нагрузки.

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

Частный случай переменного напряжения - гармоническое периодическое (повторяющееся через определенный промежуток времени) напряжение, например, изменяемое по синусоидальному закону (напряжение питания в питающих электрических сетях – сетевое напряжение):



переменное напряжение (ток)

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

T - период колебания (в сек.)

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

Частота переменного тока численно равна числу периодов в секунду:

$$F=1/T$$

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

Но, какое именно это значение напряжения? В какой момент времени периода (по картинке выше)? Оно же постоянно периодически изменяется во времени...???

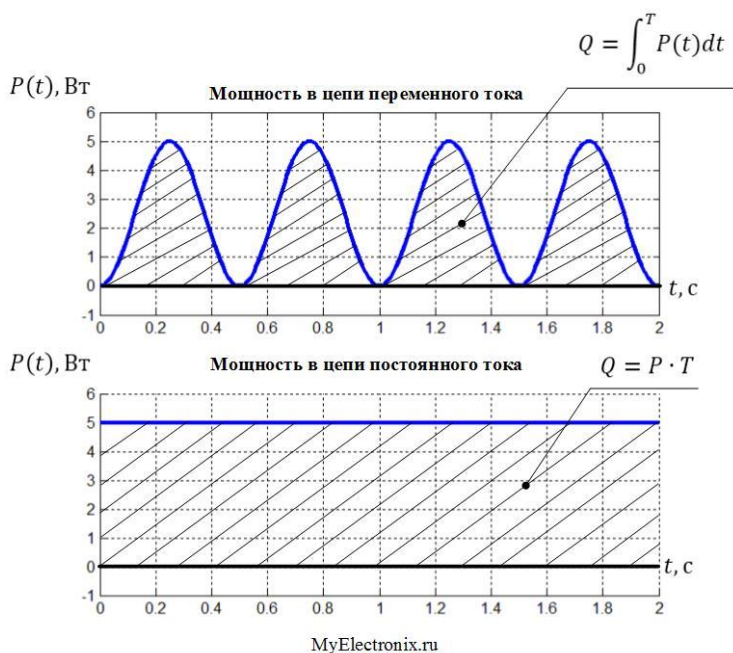
Сетевое напряжение питания - синусоидальное напряжение частотой 50Герц. То есть, период изменения мгновенного значения напряжения будет равен 0,02секунды.

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 во времени с поданным напряжением.

По закону Джоуля-Ленца (**стр.10**) этот электрический ток будет вызывать выделение теплоты в сопротивлении нагрузки – будет происходить нагрев.

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).



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

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

Для синусоидального напряжения воздействие этого напряжения на нагрузку (соответственно выделение теплоты - совершение работы) происходит, изменяясь во времени. И выделение тепла будет усредняться в течение 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),

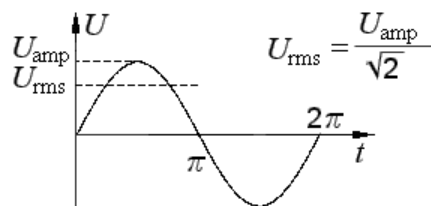
U - это именно полезное действующее значение напряжения (которое, совершает какую-то эквивалентную работу). Часто это значение называют - среднеквадратичным ("rms").

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

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

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

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.



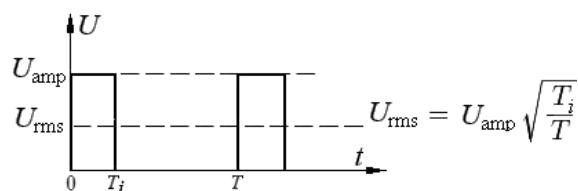
Из всей информации, которая изложена выше, мало запомнить и заучить все формулы и выражения.

Необходимо понять, какие величины, от чего и в какой мере зависят.

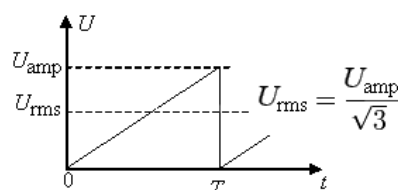
Главное, понять то, что отношение амплитудного и действующего напряжения равно

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

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



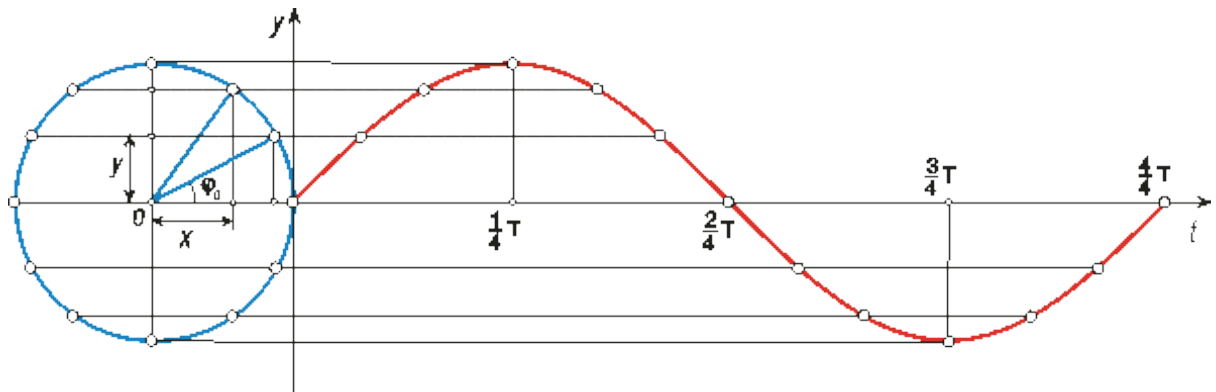
Для более "треугольной" ("острой", пилообразной) формы напряжения соотношение между амплитудным и действующим напряжением будет уже другое:



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

При определении положения точек отсчетов относительно периода (полного цикла) любой измеряемой величины, изменяемой по периодическому закону во времени (в данном случае гармонического синусоидального напряжения или тока) вводится понятие **ФАЗА КОЛЕБАНИЯ**.

Для отображения фазы переменного напряжения и тока применяется круговая диаграмма (0-360 градусов), где полный круг - это один период изменения величины:

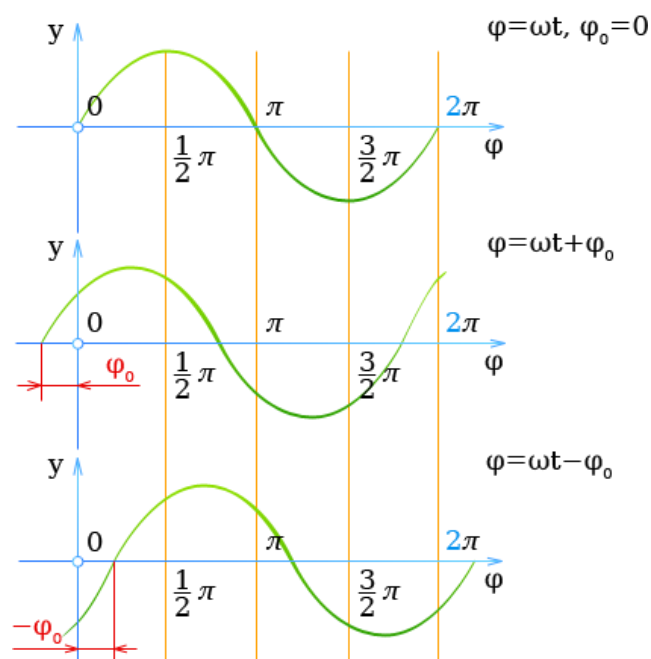


На этой диаграмме нужно понимать: если принять 12-00 (по часовому способу указания положения на круговой шкале) за 0 градусов, то начальная фаза колебания сдвинута на 90 градусов относительно нулевого отсчета.

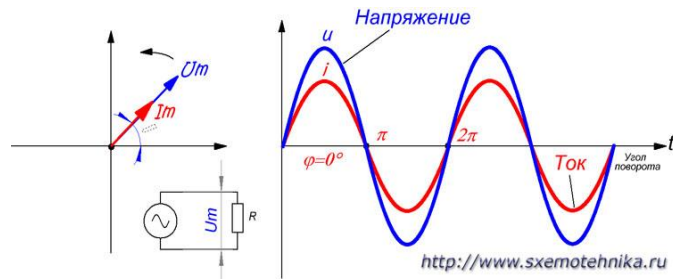
Для нескольких величин, изменяемых по одинаковому периодическому закону во времени (в данном случае гармоническое синусоидальное колебание) необходимо знать взаимное расположение их значений относительно друг друга по временной шкале.

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

В качестве примера для рассмотрения произвольной разности (сдвига) фаз поможет рисунок:



В цепи, содержащей только активное сопротивление (линейное сопротивление – нагревательный элемент), фаза тока всегда совпадает с фазой напряжения, т. е. сдвиг фаз тока и напряжения в цепи с чисто активным сопротивлением равен нулю:



Соответственно, в такой цепи ток и напряжение в любой момент времени подчиняется закону Ома для постоянного тока (**стр.7**) и не зависит от частоты: $I=U/R$.

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 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.

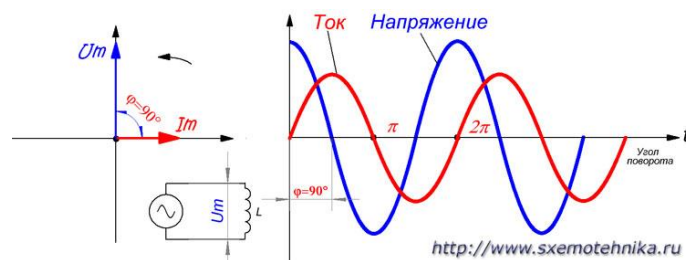
Вспомним, что такое индуктивность:

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

При введении в конструкцию сердечника (магнитопровода) индуктивность резко увеличивается!

В некоторых источниках даётся хорошая аналогия индуктивности с некой колесной тележкой, лежащим на ней массивным грузом и инертностью этой механической системы. Если, принять аналогию напряжения за усилие, приложенное для перемещения этой тележки, а скорость перемещения груза, лежащего на тележке за ток, то станут понятны физические свойства индуктивности.

Небольшими толкательными движениями (переменное напряжение высокой частоты) эту тележку не сдвинуть с места. Но, продолжительным воздействием (переменное напряжение низкой частоты), сдвинув тележку с места, даже после прекращения воздействием силы, она продолжит свое движение. Причем, при резком торможении груз сместиться в направлении предшествующего движения из-за инерции. Груз продолжит движение после прекращения воздействия (сдвиг фазы тока).



Фаза тока отстает от фазы напряжения на 90 градусов.

При этом сопротивление индуктивности определяется значением: **$R(f)=2*\pi*f*L$** (где **π** – константа «пи» (округленно равная 3,14), **f** – частота в Герцах, **L** – индуктивность в Генри) и **$R(f)$** – сопротивление зависит от частоты, а соответственно от времени (момента времени - **$R(t)$**).

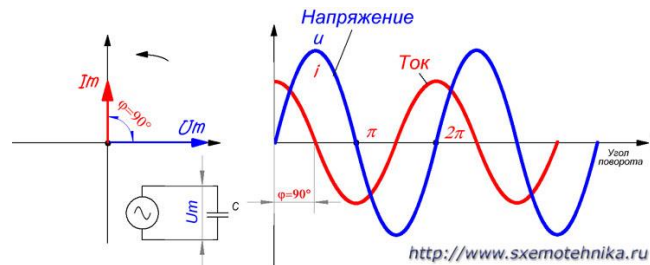
Чем больше частота проходящего тока, тем большее сопротивление индуктивность на этот ток оказывает. Индуктивность имеет большое сопротивление для высоких частот.

Соответственно закон Ома для такой цепи принимает следующий вид: **$I(t)=U(t)/(2*\pi*f*L)$**

Вспомним, что такое ёмкость: **ёмкость, конденсатор** - элемент радиосхемы, обладающий способностью накапливать электрический заряд на своих обкладках. Измеряется в единицах $C = \text{Фарадах}$.

В некоторых источниках хорошая аналогия дается ёмкости с некой пружиной, которая запасает энергию в момент сжатия и высвобождает, когда распрямляется. Если принять аналогию напряжения за силу, приложенную для сжатия этой пружины, а скорость сжатия пружины за ток, то станут понятны физические свойства ёмкости.

В первоначальный момент сила, необходимая для сжатия пружины нужна минимальна. Во время воздействия упругость пружины растет.



Фаза тока опережает фазу напряжения на угол 90 градусов.

При этом сопротивление ёмкости (конденсатора) определяется значением: $R(f) = 1/(2 \cdot \pi \cdot f \cdot C)$ (где π – константа «пи» (округленно равная 3,14), f – частота в Герцах, C – ёмкость в Фарадах) и $R(f)$ – сопротивление зависит от частоты, а соответственно от времени (момента времени - $R(t)$).

Чем больше частота проходящего тока, тем меньшее сопротивление на этот ток оказывает ёмкость. Ёмкость имеет большое сопротивление для низких частот.

Соответственно закон Ома для такой цепи принимает следующий вид: $I(t) = U(t) \cdot (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C)$

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 для постоянного тока.

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 и от других параметров может быть абсолютно разной.

Импеданс - комплексное сопротивление. Описывает зависимость сопротивления (как характеристику элемента) от каких-либо параметров (например, от времени, от значения того же приложенного напряжения, частоты этого напряжения и т.д.). В таком случае Закон Ома можно записать вот так:

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

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 указанных выше величин: U , I , P , R от времени, частоты и друг от друга.

1.7 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.

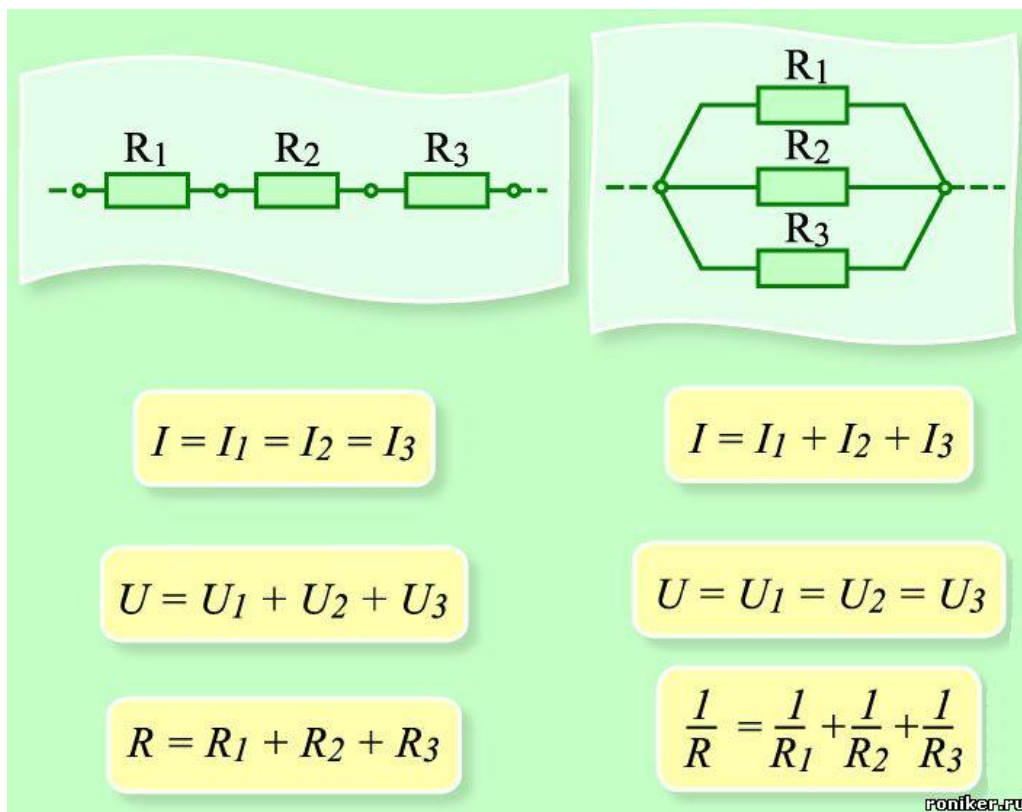
При параллельном соединении все входящие в цепь элементы объединены двумя узлами и не имеют связей с другими узлами, если это не противоречит условию.

Параллельное соединение резисторов (сопротивлений):

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

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

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

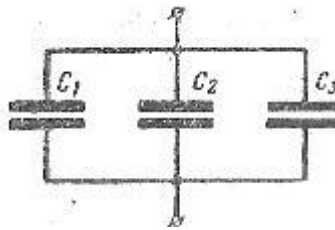


Необходимо запомнить:

При последовательном соединении результирующее сопротивление увеличивается.

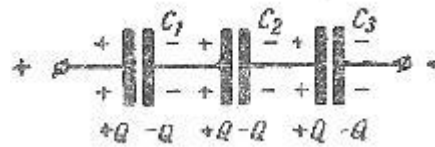
При параллельном соединении результирующее сопротивление уменьшается.

Параллельное соединение емкостей:



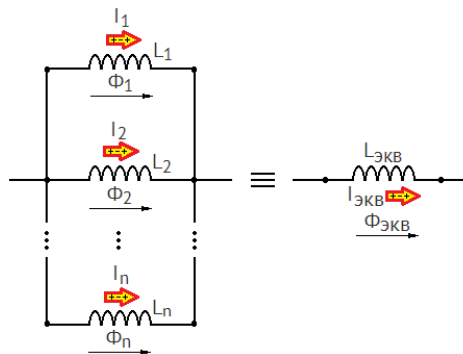
При параллельном соединении емкостей общая емкость равнозначного (эквивалентного) конденсатора **увеличивается** и равна $C = C1 + C2 + C3$

Последовательное соединение емкостей:



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

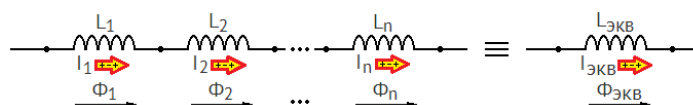
Параллельное соединение индуктивностей:



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

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

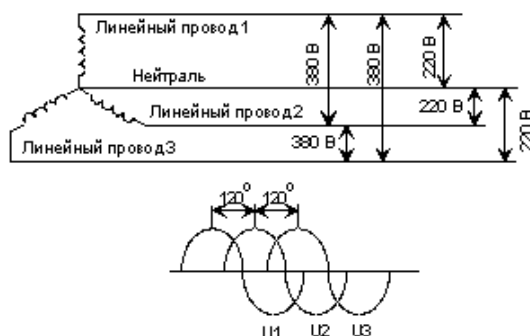
Последовательное соединение индуктивностей:



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

1.8 Однофазное и трехфазное электроснабжение. Заземление и зануление.

Стандартное электроснабжение потребителей осуществляется по следующей схеме:



Источник электропитания (обмотки силового трансформатора или генератора) подключены по схеме «ЗВЕЗДА». Средняя точка образует проводник «нейтраль» - N. При этом на концах обмоток образуется переменное напряжение синусоидальной формы 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 (линейные) напряжения или звезду, использующую напряжения фаза-нейтраль (фазные напряжения).

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)**.

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 глухо-заземленной нейтралью считается сеть, в которой заземлена средняя точка обмоток силовых трансформаторов (источников). При таком режиме работы нейтрали средняя точка обмоток трансформатора присоединяется к заземляющему контуру - искусственному заземлительному устройству – совокупностью электродов и массивных тел имеющих непосредственный контакт с землей (почвой) для стекания потенциалов.

Это необходимо для защиты людей от поражающего действия электрического напряжения (тока) при непредвиденном замыкании фазы на нетоковедущие части (корпуса) электрической установки в аварийной ситуации (для надежного образования тока короткого замыкания) и «стекания» паразитных «наведенных» потенциалов.

В случае нарушения изоляции электроустановки, электрический потенциал «выходит» на корпус прибора. Электрический ток устремляется в ту сторону, где сопротивление наиболее мало.

При повреждении изоляции фазного провода и прикосновении его к заземленным частям возникает большой ток (практически ток короткого замыкания) и происходит немедленное отключение поврежденного участка сети.

Бетонные стены, пол и т.д. также имеют потенциал земли, а человеческое тело – сопротивление.

Если человек прикоснется рукой к поверхности, которая находится под напряжением, через человеческое тело потечет электрический ток, величина которого может быть смертельной.

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.

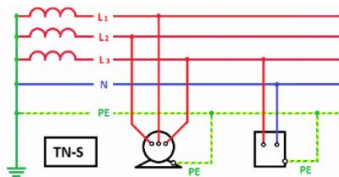
Поэтому, при его устройстве следует помнить, что для того, чтобы ток пошел по нему **максимальный, его сопротивление должно быть минимальным.**

Так же, все паразитные наведенные и образованные электрические потенциалы помех «стекают» на контур заземления, что повышает помехозащищенность работы всех электронных приборов.

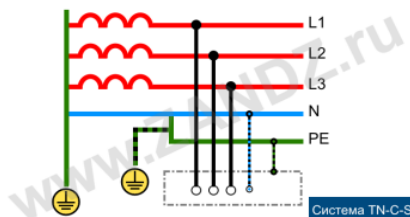
В современных системах электроснабжения, при подачи электроэнергии потребителю, **обязательно должен присутствовать проводник «РЕ» – заземляющий защитный проводник - «Земля».**

Этот отдельный проводник соединяемый на стороне источника (распределительного устройства уровня напряжения 0,4кВ (0,4 киловольта означает «низкую» сторону – уровни напряжения 220/380В.) трансформаторной подстанции) с контуром заземления этого источника.

На стороне потребителя все корпуса приборов, устройств, механизмов, а так же металлические (токопроводящие) строительные и иные металлоконструкции **ОБЯЗАТЕЛЬНО должны быть соединены электрически между собой и с Ре «земляным» проводником**. В распределительных щитках корпус также присоединяется к заземляющему контуру. Такая система защитного заземления обозначается TN-S.



У нас в России часто используется система заземления TN-C-S. В этом случае магистральный проводник РЕ отсутствует. **Но!!!** Каждая подстанция или точка подключения 0,4кВ, где осуществляется разделение N и Ре проводников, должна иметь свой контур заземления с заземляющим устройством (повторное заземление).



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

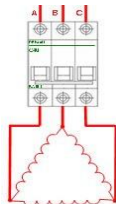
Если для испытаний соединить фазный проводник L на нулевой рабочий проводник N или защитный проводник РЕ, то образуется контур, называемый петля фаза-ноль.

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.

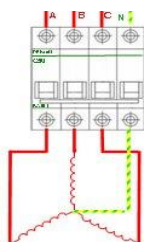
Подключение трехфазной нагрузки "треугольником":

Применяется для электропитания "истинных" трехфазных потребителей: трехфазных электродвигателей и специализированных нагревательных приборов и т.д. с расчетным напряжением питания 380В – в наших задачах мы будем сталкиваться с таким подключением только при работе с лебедками и др. электродвигателями.



Подключение трехфазной нагрузки "звездой":

Применяется для электропитания потребителей с расчетным напряжением питания 220В.



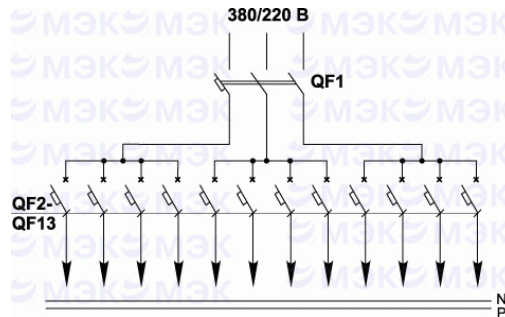
Важно! На рисунке-схеме выше «ноль» (N-нейтральный проводник) обозначен жёлто-зелёным цветом, что неверно. N-проводник всегда обозначается синим цветом.

А такой (желто-зеленой) расцветкой обозначают "земляные" (Ре) соединения!

Одним из частых случаев трехфазного подключения является «разведение» трехфазного электропитания на три и более однофазных потребителей.

В этом случае трехфазное питание через трехполюсный или четырёхполюсный 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.

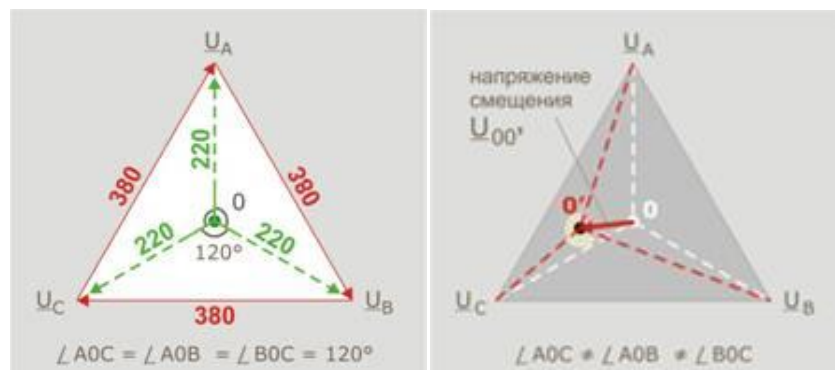


То есть, в нашем случае всегда, используется система подключения типа «звезда»!

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 в точке подключения возрастает потребляемая мощность.

Если, нагрузка не равномерно распределена по фазам, 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 вводом щите с занулением без повторного заземления.

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° . Данная модель является идеальной, и перекос фазных напряжений в ней отсутствует. Ток по N-проводнику равен 0.

При неравномерной нагрузке на фазы происходит смещение N в сторону $I_a \backslash I_b \backslash I_c$, что приводит к изменениям 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 или больше сечения фазных проводников.

При идеальном распределении нагрузки по фазам ток по проводнику N (нейтралю) равен нулю (симметричная нагрузка). Можно сказать, что в этом случае подключение «звезда» стремится к «треугольнику».

В нашем случае: для обеспечения питания звукового и светового оборудования распределение нагрузки по фазам должно быть, насколько это возможно, равномерным.


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 резкому увеличению ее индуктивности!

Индуктивность

- В индуктивности скорость изменения тока зависит от приложенного напряжения
 $U=L (di /dt)$.
- Единица измерения индуктивности - **генри**.
- Напряжение, приложенное к индуктивности, вызывает нарастание тока, изменение которого происходит по линейному закону.
- Напряжение 1 В, приложенное к индуктивности 1 Гн, приводит к нарастанию тока через индуктивность со скоростью 1 А в 1 сек.



"Закон Ома" для катушки индуктивности

$$u = L \frac{di}{dt}$$

Где,

u = мгновенное напряжение на выводах катушки

L = индуктивность в Генри

$\frac{di}{dt}$ = мгновенная скорость изменения тока
(ампер в секунду)

Не будем усложнять жизнь техника прокатной компании физическими формулами...

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

Чем больше индуктивность – тем больше это увеличение.

И, соответственно, чем больше индуктивность, тем больше сопротивление переменному току.

1.10 Принцип потерь напряжения на длинных линиях электроснабжения.

У любого проводника имеется погонное сопротивление (чем больше сечение, тем меньше погонное сопротивление), на котором возникает падение напряжения, пропорциональное проходящему току.

На стороне потребителя напряжение равно: $U_{пит} = U_{источника} - U_{падения}$ на линии (которое зависит от тока – стр.9). Соответственно, **чем длиннее линия, тем больше должно быть сечение для обеспечения минимальных потерь при нагрузке.**

При любом сечении, при отсутствии нагрузки $U_{пит} = U_{источника}$.

Если внимательно рассмотреть принцип падения напряжения на участке цепи (стр.9) и второй закон Кирхгофа (стр.8), то станет понятно, что при большом сопротивлении проводника (малое сечение для величины проходящего тока) увеличивается падение напряжения, приложенного к этому участку.

Соответственно, по закону Джоуля Ленца (стр.10) растет выделяемая тепловая мощность на этом участке, что приводит к нагреву проводника вплоть до полного его перегорания (теплового разрушения).

В сматанных в бухту кабелях образуется паразитная индуктивность, которая так же 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 электроэнергии потребителю. Об этом нужно знать, и всегда помнить при проектировании (расчете) и прокладке длинных линий электроснабжения.

1.11 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, таким образом, размыкая цепь.

Из недостатков можно отметить большое время срабатывания и возможность образования дугового пробоя.

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.

Автоматический выключатель защищает только питающую линию (**отходящие** от него кабели), а не электрические приборы, которые к нему подключены. Поэтому, при выборе номинала (максимально допустимый ток) автоматического выключателя нужно учитывать, что кабель имеет свои максимальные допустимые параметры, и они должны быть выше номиналов автомата.

То есть автомат должен отключаться раньше, чем будут достигнуты предельные токовые параметры кабеля.

Основной параметр АВ – **номинальный ток**.

Модельный ряд по номинальному току стандартных АВ:

6А, 10А, 16А, 20А, 32А, 40А, 50А, 63А, 80А и т.д.

Необходимо понимать, что это условная величина, которая определяет вероятность срабатывания тепловой защиты (величины проходящего тока) в течение промежутка времени действия этого тока.

Вероятность срабатывания будет зависеть от продолжительности воздействия, величины тока и температуры окружающей среды.

Обычно АВ способен пропустить через себя ток, величиной 1,45 от номинального без отключения защиты в течение часа!

Временно-токовая характеристика показывает отношение тока и времени срабатывания устройства - зависимость времени, в течение которого он будет отключен, от величины протекающего через него тока.

Пусковой (стартовый) ток может превышать рабочие величины в несколько раз, и чтобы автомат в этом случае не производил отключение, нужно правильно подобрать его параметр.

Время-токовая характеристика указывается на устройстве буквами В, С или D.

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 применяются в цепях без больших скачков тока.

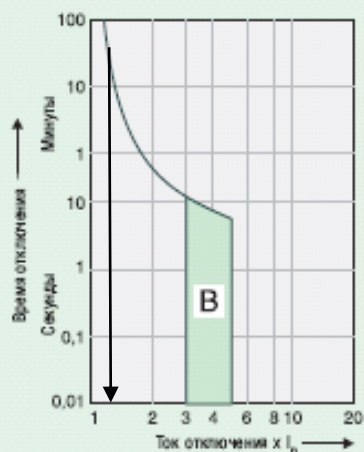
Характеристика «С» — защита цепей от перегрузок и коротких замыканий, защита резистивных и индуктивных нагрузок с низким импульсным током. Тип мгновенного расцепления "С" рассчитан на токи в 5-10 раз превышающие номинальный. Самая распространенная характеристика АВ.

Характеристика «D» — защита цепей от перегрузок и коротких замыканий, защита нагрузки с высокими импульсными (пусковыми) токами при включении нагрузки (например, двигатели).

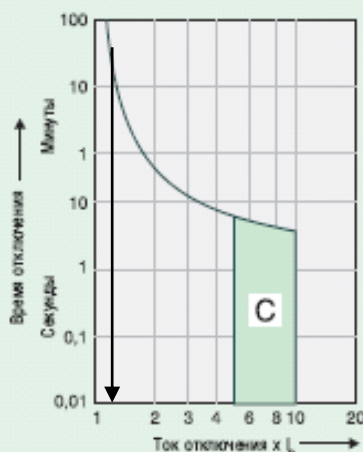
Тип "D" применяется в цепях, в которых могут быть большие пусковые токи включения от 10 до 50 значений номинального тока.

Кривая отключения (пределы токов отключения согласно EN 60898)

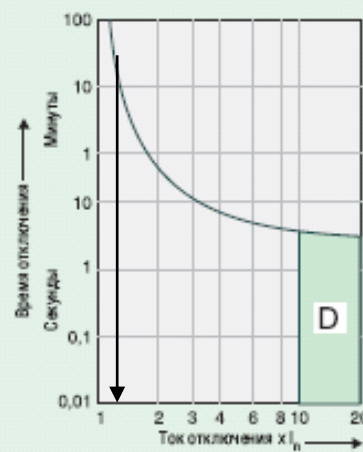
Кривая отключения В
(расцепитель короткого замыкания 3-5 I_n)



Кривая отключения С
(расцепитель короткого замыкания 5-10 I_n)



Кривая отключения D
(расцепитель короткого замыкания 10-20 I_n)



Посмотрев на эти графики – время-токовые характеристики АВ - можно увидеть вертикальные «линии не отключения» (указаны стрелками). Они не совпадают по значению с номинальным током АВ.

При стандартных условиях эксплуатации:

Автоматический выключатель номинальным током 16А с характеристикой «С» способен пропустить через себя без отключения ток величиной около $1,45 \cdot 16\text{А} = 23,2\text{А}$ в течение ЧАСА!

Поэтому автомат с номиналом в 16 А не отключит нагрузку в 17 А, а продолжит работу в том же режиме без отключения продолжительное время.

Это необходимо учитывать всегда для выбора Автоматического Выключателя!

У разных производителей эти графики могут разными: с разными кривыми (зависимости тока отключения от времени) и точностью этих характеристик. Но участок кривой показывающий работу теплового расцепителя практически одинаковый у всех.

Еще одна характеристика АВ - 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", а так же конструкцией механизма «искрогасителя»)

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 разъемы и кабели выбраны неправильно (в целях экономии, например, кабель выбран меньше расчетного сечения). Разъемы 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, корректно выбранных для величины сечения "отходящего" кабеля, при «аварии» или "перегрузке" по току потребления отключается самое слабое звено в цепи, и проблема локализуется.

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.

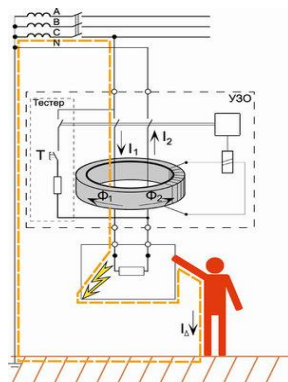
Модельный ряд УЗО по дифференциальному току утечки: **10mA, 30mA, 100mA, 300mA.**

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. Для ознакомления стоит упомянуть, что УЗО, по исполнению этого контроля, могут быть электронными и электромеханическими. А по виду контролируемого дифференциального тока делятся на тип «АС» (только синусоидального тока) и тип «А» (пульсирующего тока, в том числе постоянного).

С точки зрения электрической безопасности, УЗО принципиально отличаются от Автоматического Выключателя 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 обозначениям на корпусе, внешнему виду и признакам научиться различать типы устройств защиты.

Важно понимать, что любое устройство защиты (ПВ, АВ, УЗО, Диф.Автомат) защищает только отходящую от него линию и устройства, запитанные от этой линии. То есть ту часть электроустановки, находящуюся после границы, определяемой местом установки этого защитного устройства на схеме электропитания.

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.

!!! Не пользуйтесь Автоматическими Выключателями и УЗО как штатными выключателями питающего напряжения. !!!

1.12 Кабели. Сечения. Допустимый ток на жилу силового медного кабеля.

Применяемые стандарты (ряды) сечения силового кабеля:

0,5мм²; 0,75мм²; 1мм²; 1,5мм²; 2,5мм²; 4мм²; 6мм²; 10мм²; 16мм²; 25мм²; 35мм² и т.д.

В импортной кабельной продукции, производимой в странах с «дюймовой» системой измерения, сечение указывается в калибрах AWG:

AWG -> mm2	
1	50
2	35
3	35
4	25
5	25
6	16
7	16
8	10
9	10
10	6
11	6
12	4
13	4
14	2,5
15	2,5
16	1,5
17	1,5
18	1
19	0,75
20	0,75

Таблица соответствия AWG
– mm2

Многие производители по-разному нормируют допустимые значения проходящего тока по жиле электрического кабеля определенного сечения (в мм.кв.) из ассортимента своей продукции.

На эти значения так же влияет расположение и способ прокладки кабеля, внешняя температура окружающей среды и т.д.

Исходя из практического опыта допустимы следующие значения тока: длительно примерно порядка 8А на 1 мм² (номинально, 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 реальных практических решений оптимальны следующие соотношения мощности к сечению **медного** провода:

- 1,5 мм² — 12А длительно (номинал устройства защиты 10А) — максимально примерно 3000W.
- 2,5 мм² — 20А длительно (номинал устройства защиты 16-20А) — максимально примерно 5500W.
- 4,0 мм² — 32А длительно (номинал устройства защиты 25-32А) — максимально примерно 8000W.
- 6,0 мм² — 48А длительно (номинал устройства защиты 32-40А) — максимально примерно 12000W.

Далее еще более нелинейно. Обязательно с нормировкой на длину (потери).

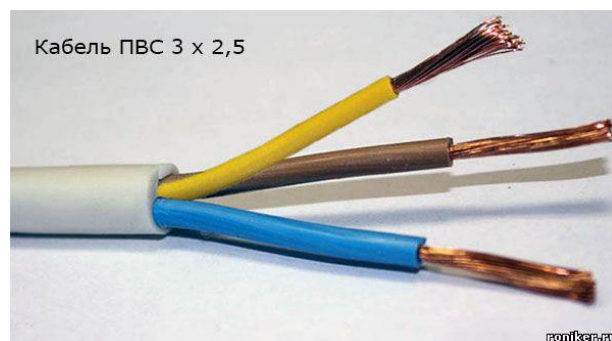
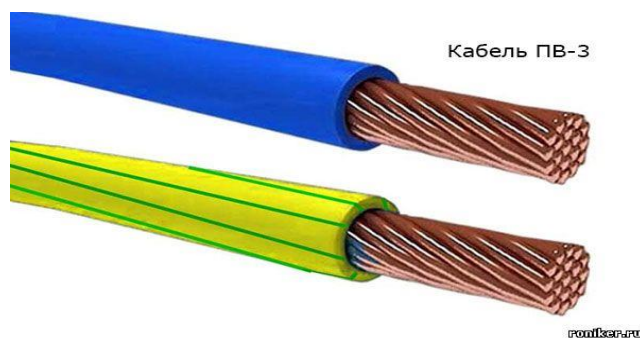
- 10 мм² — 70А длительно (номинал устройства защиты 40-63А) — максимально примерно 16000W.
- 16 мм² — 90А длительно (номинал устройства защиты 63-80А) — максимально примерно 21000W.

Указанные выше значения примерно оптимальны и обеспечивают безопасную передачу электрической энергии с допустимыми потерями на непротяженные расстояния кабелями с **медными** токопроводящими жилами при мобильном использовании.

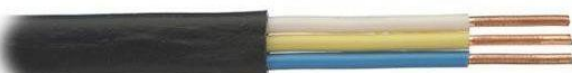
В настоящее время, для нашего «сценического» мобильного применения, вся кабельная продукция изготавливается из меди.

Все допустимые токи для указанных выше сечений соответствуют только медным проводникам!

Примеры электрического кабеля и провода:



ВВГ 3x1,5

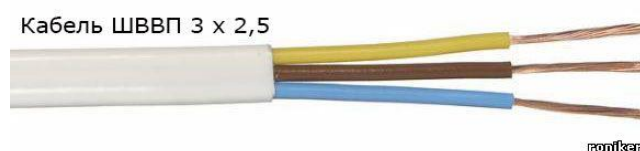


ВВГ 3x2,5



ВВГ 3x4

roniker.ru



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**. **Осторожнее с ними!**

При расчёте сечения кабеля следует принимать во внимание следующие тонкости:

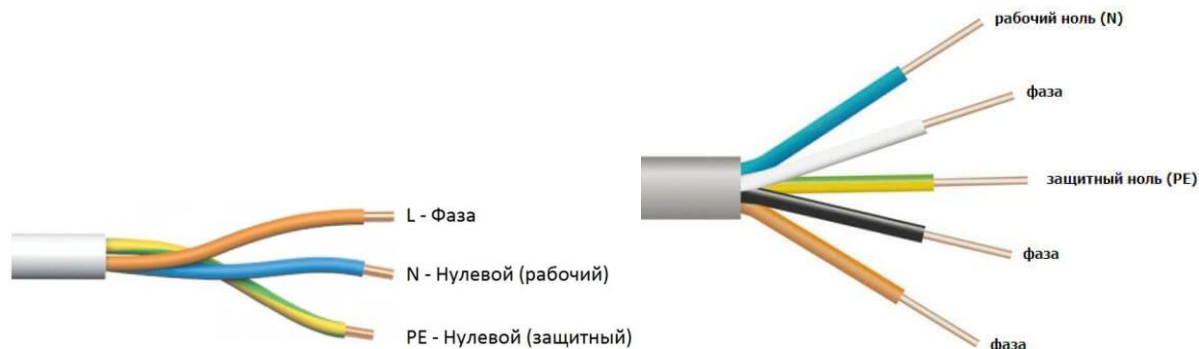
- А) Потребляемый ток нагрузки, напряжение в линии, кол-во фаз.
- Б) Длину трассы.
- С) Допустимые потери.
- Д) Способ прокладывания трассы.
- Е) Температуру окружающей среды.

Все нормы, допуски, стандарты и требования для безопасного использования электрооборудования регламентируются документом:

ПУЭ – Правила Устройства Электроустановок.

Соблюдение ПУЭ обязательно!

Стандартная расцветка жил кабеля (по ПУЭ).



Желто-зеленый – ВСЕГДА защитное заземление, земля (Pe);

Синий – рабочий ноль, нейтраль (N).

В нашем случае, при отсутствии потребителей, зависящих от чередования фаз, расцветка фазных проводников не так важна: L1, L2, L3. Но, необходимо соблюдать номера (последовательность) фаз в разъемах для последующего равномерного распределения нагрузки по фазам.

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

1.13 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".



Надёжное соединение проводов является одним из необходимых условий безаварийной работы электрооборудования.

В некоторых случаях встречаются кабели и токопроводные шины из алюминия.

Необходимо знать об эффекте гальванических пар – при прохождении электрического тока через механическое соединение некоторых разных материалов проводников в месте контакта образуется химический слой с низкой проводимостью (оксидная пленка и химическая коррозия). Что ведет к сильному нагреву соединения и еще более худшей проводимости.

Одна из таких «критических» гальванических пар, это соединение меди и алюминия!!!



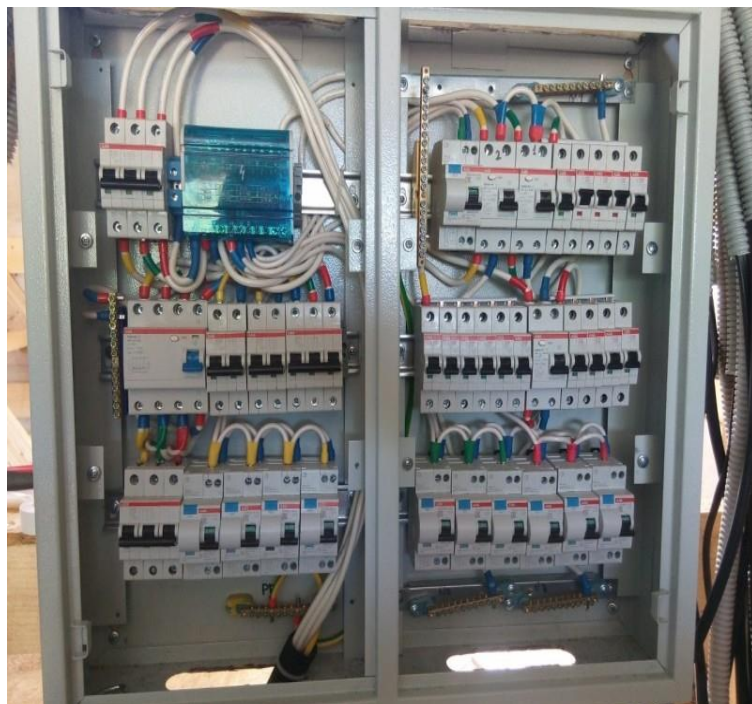
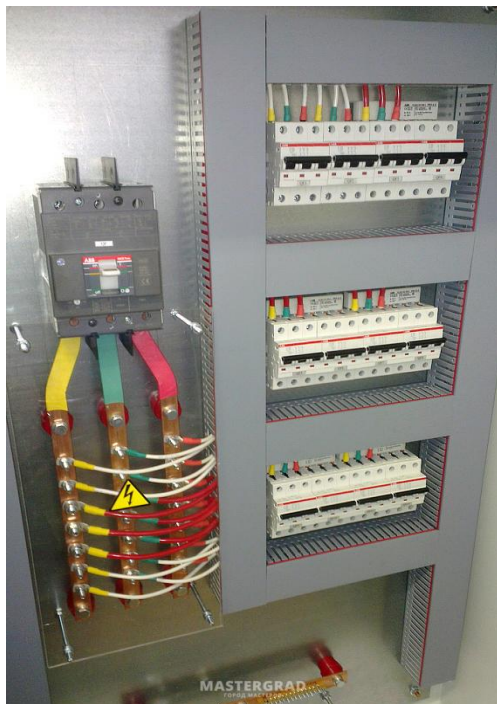
На этом фото видны последствия болтового соединения алюминиевого наконечника (провода) к медной токонесущей шине.

Соединение меди и алюминия допускается только через специальные биметаллические наконечники!

1.14 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.



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



На практике ВСЕГДА 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!!!**

Топология конкретных РУ (распределительных устройств) требует внимательного рассмотрения и анализа на месте.

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

Документ ПУЭ (Правила Устройства Электроустановок) регламентирует аттестацию специалистов в электроэнергетике по электробезопасности.

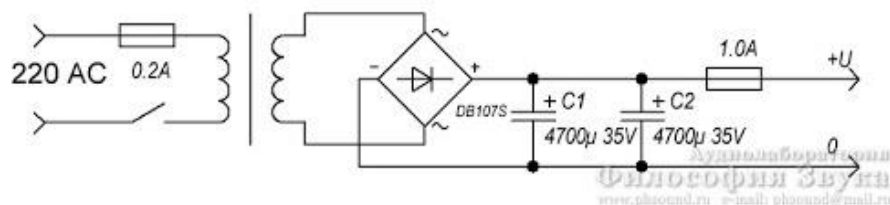
Для работ в электроустановках с рабочим напряжением до 1000 вольт допускается аттестованный персонал, имеющий III-группу (до 1000В) допуска или выше.

Только имеющий допуск, опытный и уверенный в своих знаниях специалист должен допускаться к работам в распределительных устройствах!

1.15 Принципы схемотехники блоков питания потребителей.

Немного коснемся схемотехники блоков питания приборов и устройств – конечных потребителей. Существует два основных типа блоков питания оборудования: Трансформаторные и Импульсные.

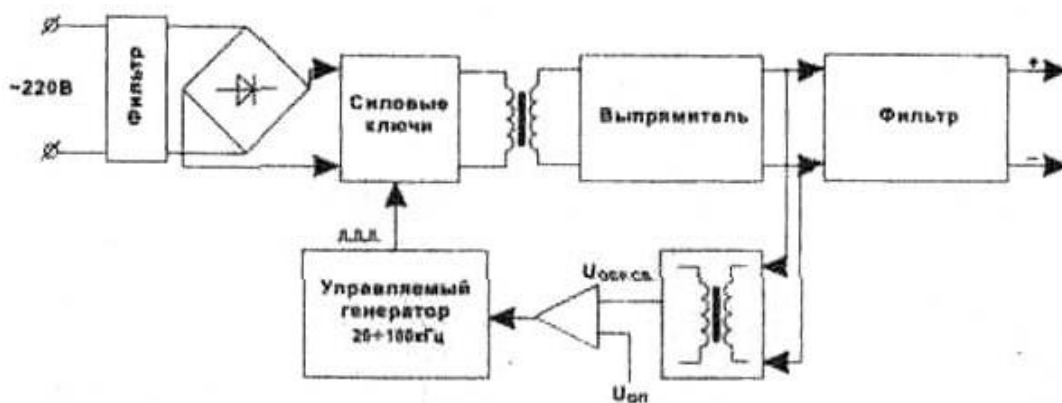
Схема простейшего Трансформаторного БП с двухполупериодным выпрямителем:



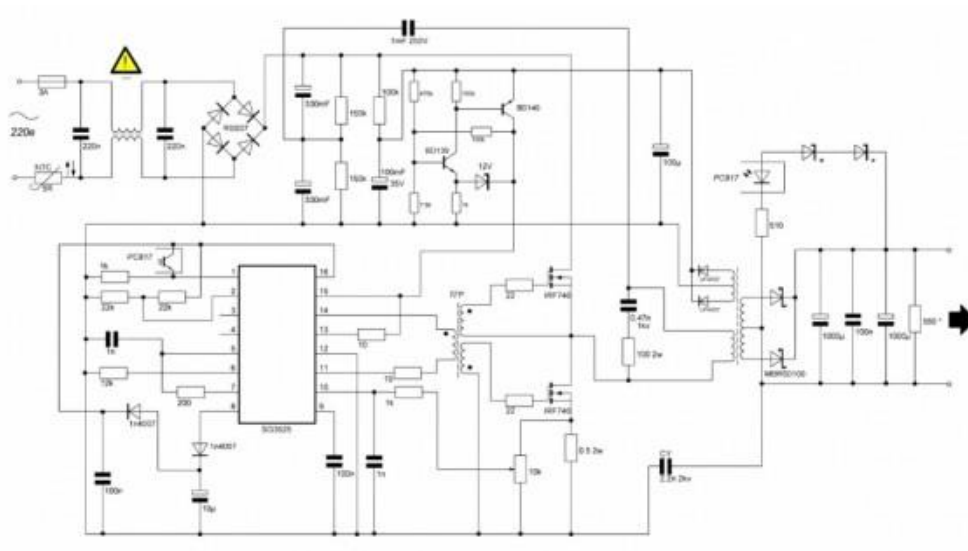
На этой схеме Важно понимать, что:

- Существует гальваническая развязка (через трансформатор) первичных и вторичных цепей электропитания.
- Стартовый ток зависит от емкости конденсаторов вторичной цепи. В момент включения происходит заряд этих конденсаторов. Импульс величины стартового тока может в несколько раз превышать номинальное значение тока потребления.
- В трансформаторных источниках питания все процессы (понижение напряжения до нужного уровня) происходят на частоте питающего напряжения. Электромагнитное излучение, способное вызвать некоторые паразитные наводки на расположенных рядом соседних блоках, устройствах и приборах будет в основном на частоте 50Гц (если рассматривать именно источник питания). Могут быть некоторые уровни гармоник (более высокочастотные составляющие), которые не значительны при штатном режиме работы.
- Ток потребления трансформаторного блока питания практически прямо пропорционален потреблению модулей и блоков питаемого прибора или устройства.
- Максимальная мощность трансформаторного источника питания напрямую зависит от мощности трансформатора, а соответственно от его масса-габаритных показателей. Чем мощнее блок питания – тем больше и тяжелее трансформатор в нем.
- Трансформатор рассчитан на определенную величину и частоту питающего напряжения, подаваемого на первичную обмотку. При изменении вне установленных величин этих параметров трансформатор перегревается и сгорает с возможным воспламенением.

Для примера: примерная блок-схема Импульсного блока питания:



Сетевое питающее напряжение сначала выпрямляется, потом преобразовывается в высокочастотное напряжение, затем понижается трансформатором и выпрямляется во вторичное напряжение питания блоков и модулей питаемого устройства.



Можно заметить, что схемотехника импульсных блоков питания сложна и, соответственно, имеет меньшую надежность.

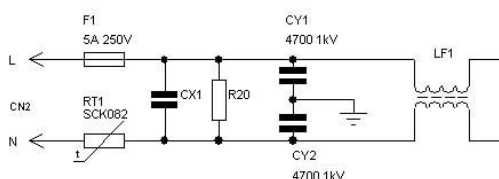
Эти схематические сложности обусловлены тем, что для высокочастотного переменного напряжения массогабаритные параметры трансформатора для передачи больших мощностей минимальны. Размер и вес мощного импульсного источника питания в несколько (а то и десятки) раз меньше аналогичного трансформаторного. Допустимый диапазон величин частоты и напряжения, питающего такой БП, гораздо шире.

Из минусов так же можно отметить высокий уровень высокочастотных помех, излучаемых как в окружающее пространство, так и в питающую сеть.

В некоторых импульсных блоках питания выключателем питания ("старта") является выключатель управляющих цепей генератора. В таких конструкциях силовые первичные цепи всегда, даже в "холодном состоянии" ("дежурном режиме" – standby) без режима генерации, находятся под входным напряжением.

Выключатель питания не всегда отключает полностью первичные цепи питания от электросети!!!

В большинстве импульсных источников питания на входе стоит высокочастотный фильтр, который предотвращает попадания помех от высокочастотной генерации обратно в сеть электропитания.



Первое, на что нужно обратить внимание, это цепочка из двух фильтрующих конденсаторов (CY), которые включены между Фазным и N-проводником, средняя точка которых соединена с «землей» Ре и, соответственно, с корпусом прибора.

Из этого схематического решения следует:

– **Импульсные блоки питания категорически нельзя использовать без Ре проводника!!!**

Если отсутствует Ре проводник, через эти конденсаторы на корпусе прибора может появиться потенциал питающего напряжения.

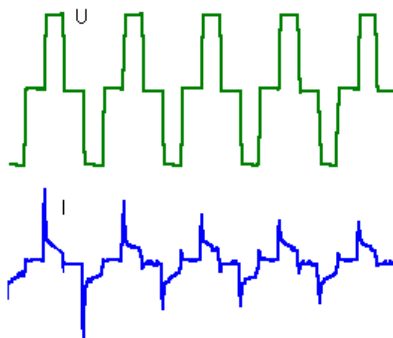
– При использовании большого количества устройств с импульсными источниками питания на одной линии электроснабжения, защищенной УЗО или Диф.Автоматом, может возникнуть ситуация, когда виртуальная «батарея» этих фильтрующих конденсаторов присутствующих в каждом фильтре каждого прибора, включенных параллельно, наберет суммарно такую емкость, величина которой будет достаточна для формирования во время заряда (во время подачи питающего напряжения) тока утечки на землю превышающего порог срабатывания защитного устройства (УЗО или Диф.Автомата), что приведет к отключению всей линии.

Пример такой ситуации – модульные LED-видеоэкраны. Каждый модуль содержит порой несколько импульсных блоков питания.

При включении всей собранной видео-«стены» часто срабатывают дифференциальные устройства защиты.

Выход прост – при включении питания последовательно подавайте напряжение (включайте сетевые выключатели или разъемы питания) на модули. При отключении электропитания и повторном включении операцию придется повторить.

Стоит отметить тот факт, что форма потребляемого тока импульсного источника питания имеет сложную форму.



Несмотря на все минусы схмотехники, Импульсные источники питания обладают несравненно большим КПД (коэффициент полезного действия), чем Трансформаторные.

Вернемся к вопросу равномерности потребления по фазам и условию отсутствия тока по «нейтральному» проводнику N при подключении нагрузок «звездой» (стр.18-20):

Теперь, когда мы понимаем форму реального потребления электрической мощности сложными нагрузками, понимаем, что ток потребления может быть сдвинут по фазе относительно формы напряжения и вообще быть отличной от формы питающего напряжения:

Задумаемся, что закон Ома, которому подчиняется эффект падения напряжения в линиях электроснабжения (стр.9, стр.21), определяется мгновенными значениями токов потребления в любой момент времени.

Нужно осознать, что при реальных потребителях, при любых попытках их равномерного распределения по фазам электропитания (стр.20) в силовом дистрибьютере, НЕВОЗМОЖНО добиться полной симметрии!

Ток по «N» проводнику «нейтрали» в электрических вводных кабелях будет присутствовать ВСЕГДА! И он очень сложной формы.

Его значения в некоторые моменты времени могут достигать величин больше, чем ток, протекающий по любому «фазному» проводнику!

Именно по этому в наших применениях, при подключении нагрузок «звездой», нельзя применять кабели с жилами разного сечения! (существуют кабели 3*4мм.кв.+ 1*2,5мм.кв. и т.д.).

Это кабели для других применений (например, для питания электродвигателей).

Тем более, что по ПУЭ мы имеем право применять электрические кабели для электроснабжения только: ПЯТЬ (для трехфазного питания) и ТРИ (для однофазного питания) жилы и эти жилы должны быть одинакового сечения, величиной исходя из рассчитанных параметров.

Если рассмотреть схемы Трансформаторных и Импульсных источников питания, можно увидеть плавкий предохранитель, который стоит на входе напряжение питания первичных цепей.

Это именно тот предохранитель, который стоит на корпусе большинства приборов и устройств.

Многие считают, что предохранители в электроприборах защищают сам прибор (его внутренние блоки и элементы) от повышенного напряжения питания и аварийных ситуаций в самом устройстве...

ЭТО НЕ ТАК!!!

Плавкие предохранители в первичной и вторичной цепях питания защищают прибор от возгорания.

В большинстве случаев, пока ток наберет величину, необходимую для перегорания предохранителя, большинство полупроводниковых элементов уже выдут из строя.

Плавкий предохранитель предназначен всего лишь для того, что бы отключить напряжения питания до момента возможного воспламенения прибора – это его функционал!

1.16 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). Бывают так же варианты черных корпусов.

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 CEE (1-фазные, 3-х пиновые):



3-х пиновые (1-но фазные) разъемы CEE 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.

Шuko (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.

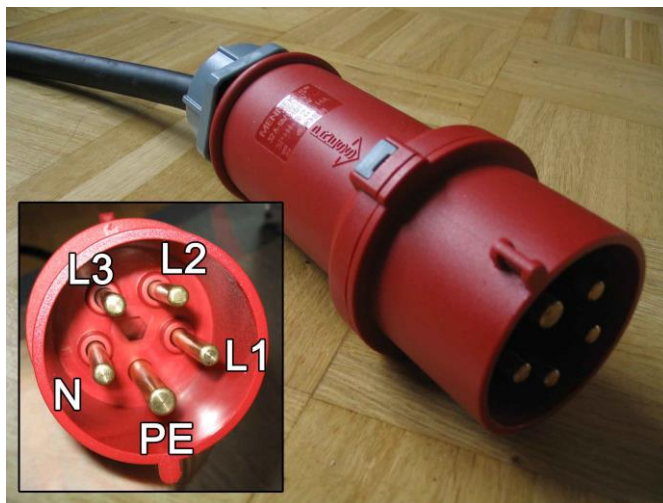
ДРУГОЕ НЕДОПУСТИМО!!!

Вход – всегда вилка («ПАПА»).

1.17 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 .

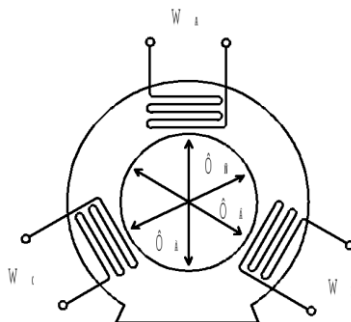


- Параллельные разъёмы и разъёмы на разных концах кабеля обязательно должны иметь идентичную распиновку.

1.18 Подключение трехфазных электродвигателей (лебедок, талей, тельферов).

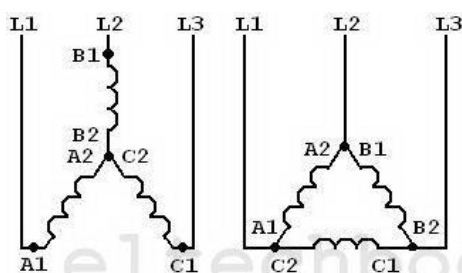
Рассмотрим трехфазный электродвигатель.

Такой электродвигатель представляет собой машину переменного тока, состоящую из статора (неподвижная часть конструкции) с тремя обмотками, магнитные поля которых сдвинуты в пространстве на 120° 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.

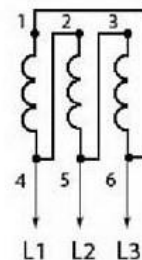
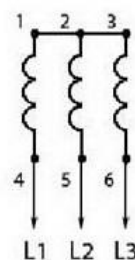


Соответственно трехфазный электродвигатель имеем шесть выводов обмоток (по два с каждой).

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



Меняя 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 электродвигателя – 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 (лебедки). 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.

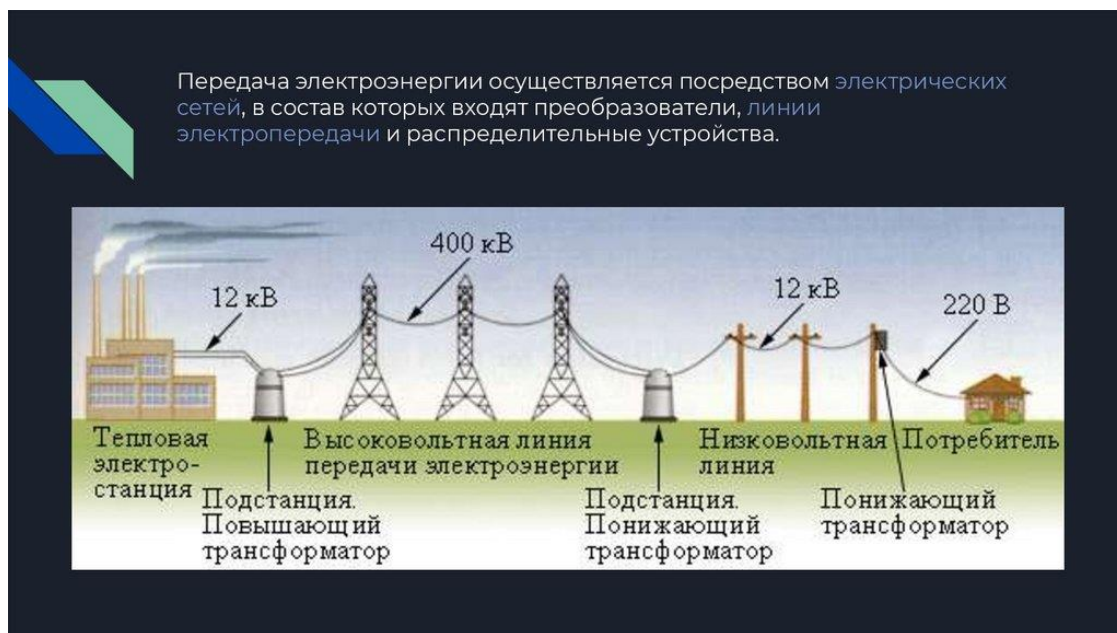
Отличаются внешним исполнением, наличием дистанционного управления, а главное, количеством выходов – количеством лебедок, которыми можно управлять одновременно.

1.19 Качество электроэнергии. Активная и Реактивная мощности. Генераторы.

В разных условиях, на разных площадках на практике сталкиваются с точками подключения электроэнергии, запитанными от различных источников: разных РУ (распределительных устройств) и ТП (трансформаторных подстанций). Нужно понимать, откуда берется электроэнергия!

Глобально все стационарные источники входят в состав Единой Энергетической Системы Российской Федерации (ЕЭС) – основного глобального объекта электроэнергетики страны, который представляет собой комплекс электростанций и электрических сетей, объединенных общим режимом и единым централизованным диспетчерским управлением.

От мощных генераторов электростанций (ГЭС (Гидро), АЭС (Атомные), Тепловые: угольные или дизельные) электроэнергия преобразовывается и передается через магистральные высоковольтные сети на уровнях напряжения до 750кВ. В последующем этот уровень напряжения постепенно (ступенчато) понижается до уровня, соответствующего нуждам потребителей.



Наши точки подключения принадлежат самому нижнему уровню напряжения 0,4кВ (220/380) ЕЭС.

Проходя весь этот путь через всевозможные трансформаторные подстанции и линии передачи электроэнергии (ЛЭП), которые часто наружного («открытого») исполнения, страдает качество электроэнергии – хаотично изменяются характеристики: величина напряжения, частоты, выбросы, деградация формы (отличие от синусоиды) и т.д.

Причин много: грозовые разряды, локальные перегрузки, коммутационные процессы, внос «в обратную сторону» гармоник потребителями, перекосы и различные аварийные ситуации.

Мы привыкли считать, что «в розетке» 220V (действующее), но это не совсем актуально.

По новому ГОСТ29322-2014 электроэнергия в оконечных РУ 0,4кВ должна соответствовать нормам:

- Напряжение **230/400В** (с отклонением от нормы $\pm 10\%$ номинального значения).
- Частотой **50Гц** (с отклонением от нормы $\pm 0,4\text{Гц}$ номинального значения).

С законодательной и исполнительной стороны вопроса соблюдения этих значений не все однозначно...☺ Но энергетики стараются держаться около этих значений:

Системы	Номинальная частота, Гц	Напряжение			
		Наибольшее, В	Номинальное, В	Наименьшее, В	Наименьшее используемое, В
3-х фазные 4-х проводные или 3-х проводные	50	253	230	207	198
		253/440	230/400	207/360	198/344
		440/759	400/690	360/621	344/593
		1100	1000	900	860

В данном документе (ГОСТ29322-2014) нормируются так же искажения формы (гармоники – отклонение от синусоидальной формы), несимметрия напряжений по фазам и многие другие параметры.

Обычно оборудование штатно работает и при 220 В, и при 230 В, потому что производители закладывают необходимый запас от -15 % до +15 % от номинала. Но в каждом конкретном случае допустимый диапазон характеристик питающей сети для прибора указывается в паспорте изделия или на его этикетке.

В мире, во многих странах, существует множество стандартов питающего напряжения.

Например: **США 120В, 60Гц**. Для питания такого оборудования, стандартизированного по отличиям от Российских ГОСТов электропитания (от наших сетей) необходим **понижающий трансформатор**.

Часто эта ситуация происходит при выступлении «зарубежных» Артистов с привозом их личного оборудования.

Но иногда это решение не корректно работает, так как частота напряжения остается 50Гц.

Импульсные источники питания приборов и устройств часто имеют широкий диапазон питающих напряжений и частот. Но всегда необходимо читать мануал конкретного устройства!

К отклонению частоты критично относятся приборы с трансформаторными блоками питания, так как технические параметры трансформатора рассчитаны на конкретное значение частоты.

При отклонении от нормы происходит резкое возрастание тока холостого хода, трансформатор начинает греться вплоть до выхода из строя. К тому же вторичные цепи электропитания в таких БП (выпрямители, сглаживающие фильтры и т.д.) тоже рассчитаны на конкретное значение частоты, что приводит к их некорректной работе.

Иногда приходится сталкиваться на площадках с мобильными источниками питания – генераторами.

Их типы бывают разные: дизельные, бензиновые, газовые. **Одно и Трех-фазные**.

Обычно мощность, написанная в паспорте генератора, выражается в ВА (ВА, вольт-амперы).

ВА - это не совсем **Вт** (ватты). Что, естественно, вызывает вопрос: «ведь мощность - это напряжение, умноженное на ток по закону Ома ($P=U \cdot I$).» (стр.7).

Все дело в типе подключаемой нагрузки: **Активная** (простое сопротивление (нагреватель и т.д.), сдвиг фаз тока и напряжения равен 0) и **Реактивная** (с индуктивным или емкостным эффектом, где существует сдвиг фаз напряжения и тока потребления) (стр.14-15).

Полная в Вольт-Амперах - общая комплексная суммарная потребляемая мощность (**ВА**), - это сумма реактивной и активной мощностей. Зачастую разные потребители имеют разное соотношение полной и активной мощности. Поэтому для определения суммарной мощности всех потребителей необходимо сложение полных мощностей оборудования, а не активных мощностей.

В сети переменного тока на полезную работу затрачивается не вся, а только часть мощности.

Полная - общая комплексная суммарная мощность – **ВА**, Активная (полезная) мощность – **Ватт**.

Соотношение этих мощностей определяется **коэффициентом мощности** - соотношение между общей комплексной суммарной мощностью (**ВА**) и активной (полезной) мощностью (**Ватт**) - **коэффициент отношение ватт к вольт-амперам**.

Для абсолютного большинства наших устройств этот коэффициент можно считать за **0.7**.

Таким образом, умножив значение общей комплексной суммарной мощности (**ВА**) на 0.7 мы определим значение активной (полезной) мощностью (**Ватт**).

Например, если общая комплексная суммарная мощность генератора 6000 ВА, то его активная (полезная) мощность $6000 \cdot 0,7 = 4200$ Вт.

Т.е. к этому генератору можно подключить нагрузку до 4200 Вт.

Касаемо однофазного генератора: тут все просто и понятно.

Вопросы возникают с трехфазным генератором. Дело в том, что для трехфазного генератора указывается номинальная мощность для полностью симметричной нагрузки.

Упрощенно говоря: эту мощность можно разделить на три и получить максимальную мощность, которую можно «снять» с одной из трех фаз. Но, при использовании только одной фазы, такой перекося нагрузок для генератора тоже - не штатный режим работы.

При использовании силовых дистрибьютеров (распределительных устройств, подключение «звезда» и распределение трех фаз на однофазные потребители (стр.20)) с трехфазными генераторами необходимую мощность рекомендуется считать так:

Мощность одной, самой нагруженной фазы, умножаем на 3,5 – получаем минимально необходимую мощность трехфазного генератора (соответственно в ВА или в Вт).

Пример: бытовой электрочайник мощностью 2кВт (нагрузка на одну фазу) можно запитать от трехфазного генератора мощностью не менее **7кВт** – это с запасом «прочности» генератора.

Так же необходимо избегать отсутствия нагрузок на остальных фазах: стараться не допускать асимметрии потребления мощности больше 20%.

Возвращаясь к примеру: таких чайников нужно подключать **одновременно три!** ☺

Или один чайник 2кВт и два по 1,6кВт – тогда генератор будет работать в нормальном режиме.

Конечно, все это условно, и часто такой запас экономически не выгоден, но...

Качество ассортимента существующих генераторов имеет большой разброс.

Самые дешевые (простые) модели не имеют автоматического контроля выходного напряжения и его качества, а так же контроля потребления и защиты (как самого генератора, так и подключенной нагрузки). С такими агрегатами нужно быть очень осторожно!!!

Всегда необходимо производить пуск («завод») и остановку («стоп») генератора только при отключенной нагрузке!!!

Нагрузку подключать только после «прогрева» агрегата двигателя и стабилизации оборотов!

Дело в том, что у генераторов величина и частота выходного напряжения зависят от частоты вращения вала двигателя.

В момент пуска происходит медленное нарастание выходного напряжения с медленным увеличением его частоты – можно сказать: плавно от 0В и 0Гц! При остановке происходит противоположное.

Это может привести к выходу всего питаемого оборудования из строя!

У профессиональных генераторов в контактной коробке присутствует клемма заземления.

Эту клемму обязательно нужно надежно присоединять к проводнику РЕ отходящей линии электропитания и использовать для выравнивания потенциалов (соединять со всеми металлоконструкциями), а так же вбивать вспомогательный заземлитель («штырь») в грунт (землю) в районе установке генератора или использовать местное стационарное заземляющее устройство.

Все указания по организации заземления выполнять согласно инструкции по эксплуатации генератора!

Практически все электротехническое оборудование «не любит» быстрого временного пропадания и появления питающего напряжения («скачки»)!

Это может привести к фатальным переходным процессам в модулях блоков питания, модулях памяти, и «жестких дисков» и т.д.

К тому же, многие цифровые устройства требуют корректного «завершения работы» через интерфейс управления перед физическим отключением электропитания для финализации внутренних процессов.

Для бесперебойной подачи электроэнергии применяют **Блоки Бесперебойного Питания (ББП или UPS)** – внешние устройства с аккумуляторами и преобразователями напряжения в 220В (или 230В) 50Гц на выходе, позволяющие обеспечить непрерывную подачу напряжения сетевого питания.

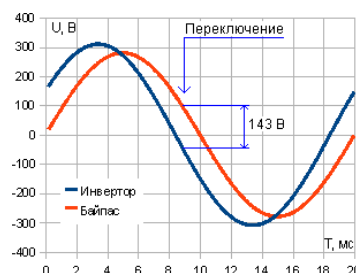
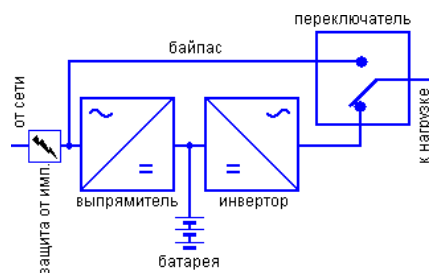
В основном эти устройства маломощные, рассчитаны на нагрузки до 1-1,5кВт и используются только с наиболее важным и «нежным» оборудованием.

Следует заметить, что UPS в наших применениях предназначены не для обеспечения продолжительного «штатного» функционирования, а **служат только для корректного выключения («завершения работы»)**. Время их работы в режиме «от аккумулятора» в среднем до 15-20 минут и зависит от «свежести» аккумуляторной батареи, которая имеет свой срок службы.

Вовремя проводите тех. обслуживание и меняйте аккумуляторы в UPS согласно рекомендации производителя!!!

Существует много типов UPS. Важное их различие – это **форма выходного напряжения**, скорость переключения, встроенный стабилизатор (AVR - automatic voltage regulator) и возможность «регенерации» напряжения (**On-Line UPS – с двойным преобразованием**).

On-Line UPS «известного» бренда со «свежим» аккумулятором и «истинной» выходной синусоидой является лучшим выбором для организации резервирования электропитания устройств.



Использование дешевых ББП не безопасно для оборудования!!!

Совет из практики: лучше вообще отказаться от UPS, полагаясь на малую вероятность отключения электропитания, чем использовать непонятные дешевые непроверенные модели.

Любое современное оборудование требует качественного электропитания!

1.20 Техника безопасности при подключении.

Электрическое напряжение несет огромную опасность для жизни и здоровья человека!

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 или ногтями.

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

После осуществления подключения необходимо **«5 раз» проверить** всё тестером (вольтметром) и фазной отверткой, прежде чем включать оборудование к системе электроснабжения.

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.

Стоит упомянуть о соблюдении общей техники безопасности на площадке:

Весь персонал перед началом работ должен получить инструктаж от ответственного за ТБ.

Все работы, связанные с риском для жизни и здоровья, такие как подключение электропитания, подвес (риггинг), сборка металлоконструкций и т.д. должен производить профессиональный аттестованный персонал.

Минимально необходимые требования к остальному коллективу: во время проведения монтажа находится в каске, работать в перчатках и закрытой обуви.

Из практики: на площадке всегда необходимо иметь аптечку и минимум два **углекислотных** огнетушителя (по двум сторонам сцены).

2. Звук.

Звук - механические колебания (сжатие и разрежение частиц – изменение давления), распространяющиеся в упругих средах: газах, жидкостях и твердых тела, воспринимаемые органом слуха человека - ухом. Далее мы будем рассматривать прохождение звука только через воздух. Скорость распространения звука в воздухе составляет примерно 340 м\сек. и меняется с изменением температуры и влажности.

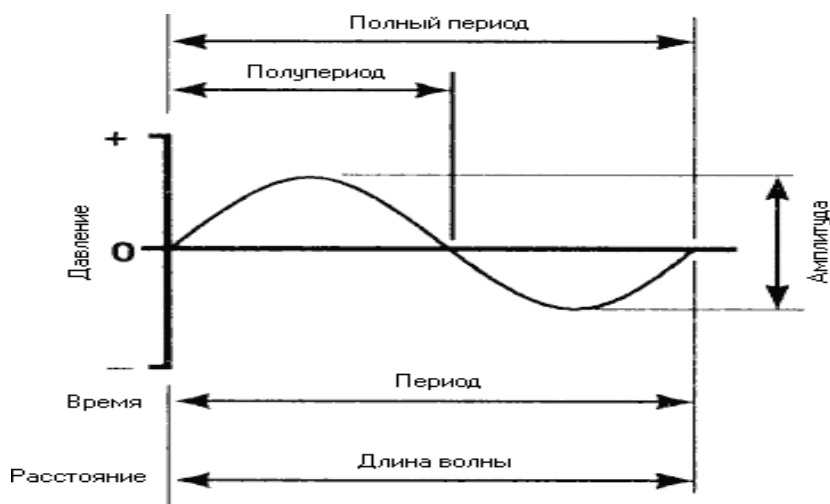
Слух человека воспринимает **звуковые колебания** только в частотном диапазоне 20.....20000 Гц. Неслышимый звук ниже частоты 20 Гц называется **инфразвуком**, а выше 20 кГц – **ультразвуком**.

Звуковое поле – это пространство, в котором происходит распространение звуковых колебаний. Звуковые колебания в воздушной среде являются продольными колебаниями вдоль линии распространения звука. Они представляют собой периодические сгущения и разрежение среды, в виде зон с повышенным и пониженным давлением, которые называются **звуковыми волнами**.

2.1 Колебания и Звуковые Волны.

Наиболее простыми звуковыми колебаниями (волнами) являются равномерные или гармонические колебания изменения давления (плотности среды), которые можно представить в виде синусоиды. Периодические (гармонические) колебания – колебания, повторяющиеся во времени с определенным интервалом времени или следующие известному циклу.

На примере синусоидального колебания:



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

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 («писк»). Частота измеряется в Герцах (Гц): 1 Гц = 1 колебание в секунду; или килогерцах (кГц): 1кГц = 1000 Гц. Отношение скорости звука к его частоте есть расстояние, пройденное звуковой волной за один период и называется **длиной звуковой волны**. Длину волны можно вычислить по формуле $\lambda = C/f$,

где **C** - скорость звука (**340 м/с**), а **f** - частота звуковых колебаний.

Скорость звука зависит только от условий среды (плотности, температуры, влажности и т.д.)

Скорость звука НЕ зависит от частоты (длины) звуковой волны.

Например, волна, имеющая частоту 100 Гц, имеет длину $340/100=3.4$ м.

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

Соответственно, можно вычислить длину волны в метрах и время полного периода для колебания определенной частоты:

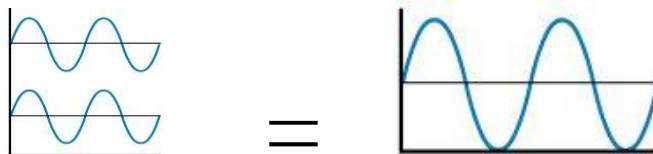
$$100\text{Герц} = 100\text{Hz} = 3,44\text{метра} = 0.01\text{секунда} = 10\text{миллисекунд} = 10\text{ms}$$

$$1000\text{Герц} = 1\text{килогерц} = 1\text{kHz} = 0,344\text{метра} = 0,001\text{секунда} = 1\text{миллисекунда} = 1\text{ms}$$

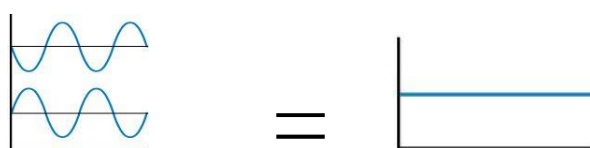
$$10000\text{Герц} = 10\text{килогерц} = 10\text{kHz} = 0,0344\text{метра} = 0,0001\text{секунда} = 0,1\text{миллисекунда} = 0,1\text{ms}$$

2.2 Фаза сигналов и интерференция.

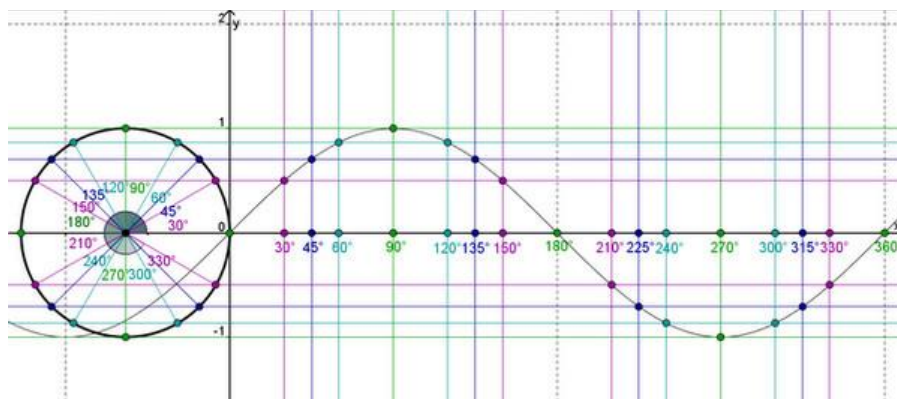
Посмотрите на рисунок. На первом графике показаны две волны, которые полностью совпадают друг с другом во времени. В этом случае говорят, что волны находятся в фазе. На практике это означает, что при сложении этих волн будет иметь место усиление сигналами друг друга. И в идеале амплитуда результирующего 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, при их сложении происходит их взаимное уничтожение (в природе одинаковые волны бывают крайне редко).

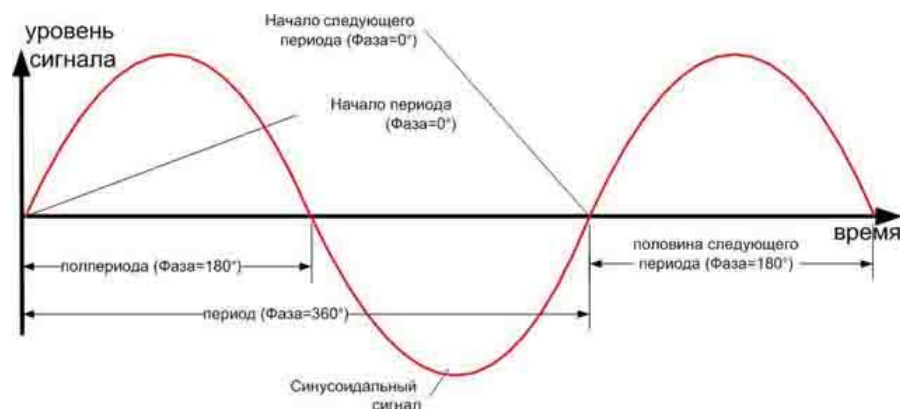


Для промежуточных значений сдвига колебаний друг относительно друга вводится понятие фазы - описание относительных временных отсчетов двух звуковых волн (или разных частей одной волны). Повторим (стр.13) и коснемся более углубленно понятия ФАЗА:



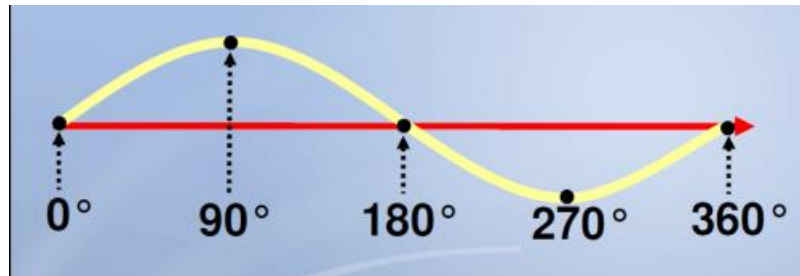
Фаза показывает временной отсчет, точку на шкале времени, **относительно полного периода колебания**. Это круговая шкала - измеряется в градусах (иногда выражают в радианах).

Полный круг показывает длительность полного периода.

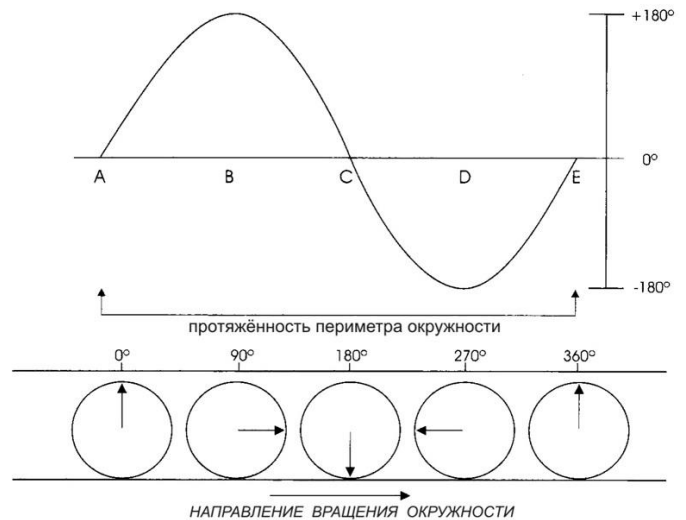
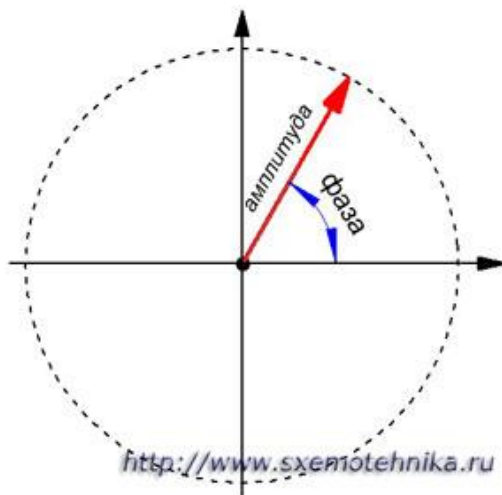


Фаза в течение периода колебания **меняется от 0 до 360 градусов**. Потом опять – от 0 до 360, и опять – от 0 до 360, так далее. **Фазу, с некоторым допущением, можно рассматривать, как точку времени внутри периода колебания, в которой происходит отсчет мгновенного уровня.**

Она показывает положение одного колебания относительно другого.

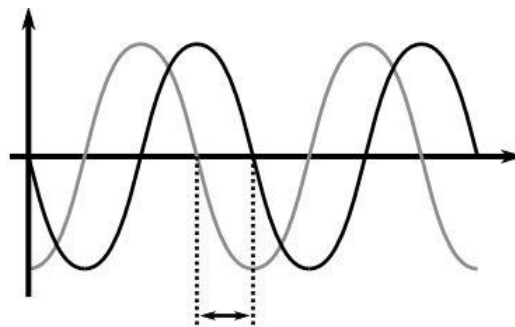


Если мы к каждой точки синусоиды выстроим вектор амплитуды, то этот вектор за период колебания опишет по часовой стрелке полный круг в 360 градусов.



Причем одна часть окружности (полуокружность) показывает увеличение значения уровня, а вторая уменьшение значения уровня.

Фазовый сдвиг подразумевает запаздывание первого колебания 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 (угол = число π (в радианах) – половина окружности),

Разность фаз в 360 градусов - это сдвиг на 1 период (угол = 2π (в радианах) – один полный цикл (полный оборот окружности)).

При одной величине этого сдвига в единицах времени - в градусах (сдвиг фазы) для разных частот сдвиг будет разный!

И, наоборот: при одном и том же сдвиге фаз в градусах – для разных частот сдвиг по времени будет разный!

Это очень важно понять!

Звуковые волны могут излучать разные источники, которые "возбуждают" периодические изменения величины давления среды - воздуха.

Волны бывают сферические и плоские.

Сферические волны представляют собой волны простого типа, как от камня, брошенного в воду, которые исходят из одной точки, и распространяются во всех направлениях. Такой процесс распространения удобно характеризовать волновым фронтом, а такой источник называется точечным.

Волновой фронт – это поверхность в пространстве, во всех точках которой колебания происходят в одной фазе.

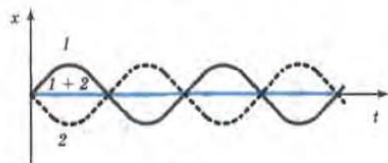
Плоский волновой фронт распространяется только в одном направлении и редко встречается на практике.

При сложении двух гармонических колебаний одной частоты в каждой точке пространства результатом сдвига фаз будет частичное ослабление или увеличения уровня. Степень ослабления или увеличения 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. На примере синусоидальных колебаний:

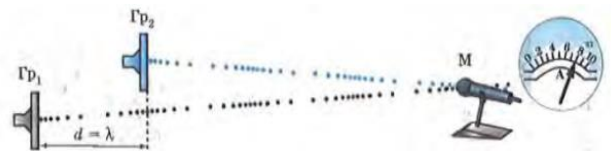


а)

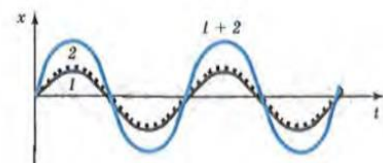


б)

Рис. 83



а)

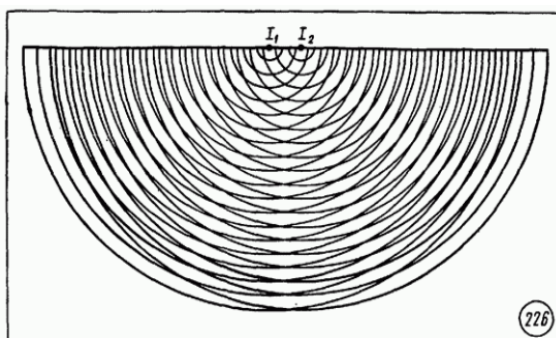


б)

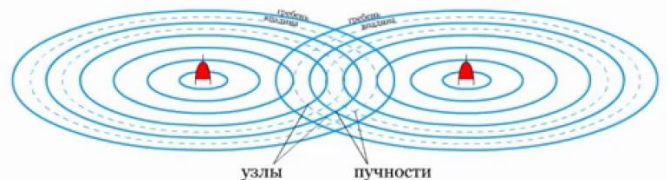
Рис. 84

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

То есть, для периодических колебаний, если фазовый сдвиг 0 или 360 градусов происходит сложение (разница в один полный период). Если фазовый сдвиг 180 градусов - происходит полное вычитание (противофаза). При промежуточных значениях фазового сдвига будет происходить частичное сложение или вычитание.



Когерентные волны



В пространстве мы будем иметь поочередное сложение и вычитание волны, которая излучается двумя одинаковыми (когерентными) разнесенными источниками.

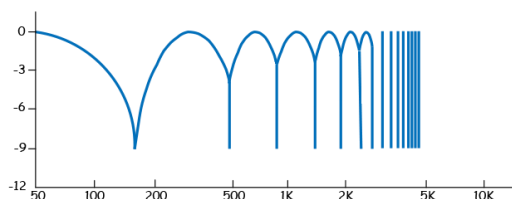
Для колебаний (звуковых) разных частот, имеющих разные длины волны (разные периоды колебания), количество и расположение минимумов и максимумов будут разные.

Это расположение для разных длин волн будет зависеть так же от расстояния между источниками.

Это называется явлением интерференции – взаимодействие двух одинаковых волн в пространстве.

В результате интерференции получается неравномерное звуковое поле, причем **эта неравномерность в разных точках пространства на разных частотах будет разная** (из-за разных длин волн для разных частот).

Для одной точки пространства картина интенсивности будет выглядеть вот так:



Этот называется **эффект называется эффектом гребенчатой фильтрации (comb-filter)**, влияние которого на реальные ситуации рассмотрим далее на **стр.98** и **стр.112**.

Чем меньше расстояние между источниками, тем меньше проявляется интерференция - тем равномернее звуковое поле.

Все вышеуказанные эффекты справедливы для когерентных волн.

Два гармонических (синусоидальных) колебания одной частоты всегда когерентны.

Волны называются когерентными, если они имеют одинаковую частоту и постоянную во времени разность фаз. То есть, можно сказать, что одно и то же колебание излучается разными источниками.

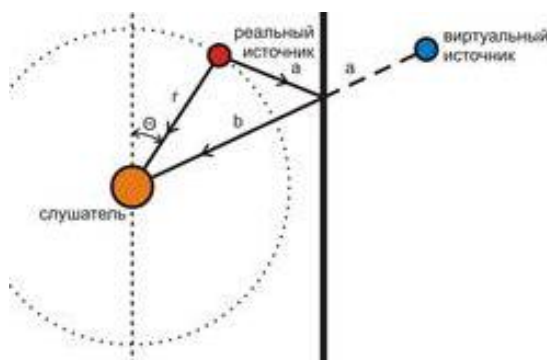
При сложении двух сложных неодинаковых колебаний (разных волн с произвольной формой, частотой и фазой) или реальных звуков возникают более «тонкие» процессы.

Вводится понятие коррелированности (согласованности, когерентности, степени «одинаковости») сигналов.

Корреляция, от лат. Correlatio «соотношение, взаимосвязь», это статистическая взаимосвязь двух или нескольких случайных величин.

Но это уже более "глубокие" понятия...

Как и любая другая волна, при попадании на плоскую поверхность, звуковая волна частично отражается. При отражении, в зависимости от материала (акустических свойств) поверхности, часть энергии волны поглощается, а часть отражается. При этом формируется, так называемый виртуальный (фантомный) источник звуковой волны, который когерентен с основным источником.



Такой источник тоже примет участие в формировании общей интерференционной картины в пространстве.

При наличии отражающих поверхностей (пол, стены, потолок) влияние таких источников очень велико и его нужно всегда учитывать.

В процессе распространения звуковых волн в пространстве неизбежно происходит снижение их интенсивности, можно сказать затухание волн и ослабление звука - происходит поглощение звуковых волн средой распространения.

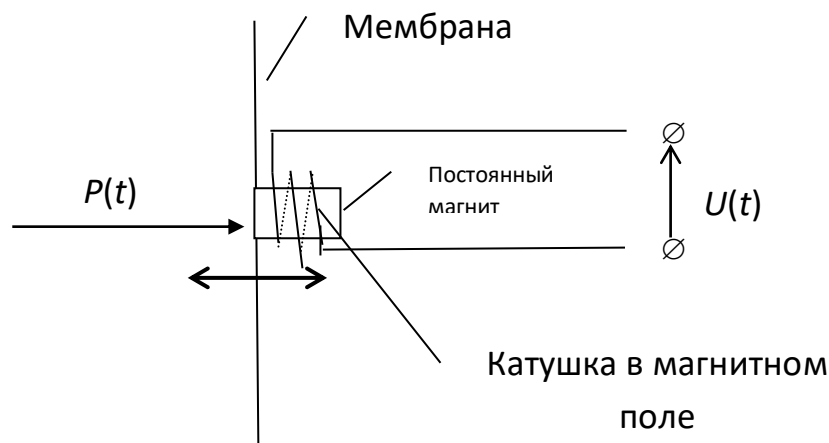
Интенсивность и степень поглощения звуковых волн зависит от многих факторов, таких как: давление и температура среды. Также поглощение зависит от конкретной частоты звука.

Поглощение звука средой распространения тем выше, чем выше его частота!

Так же, звуковые волны обладают способностью огибать препятствия и объекты: **явление Дифракции**. Степень этого «огибания» **зависит от отношения длины звуковой волны к размерам препятствия**.

2.3 Звуковые сигналы.

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



Изменение давления воздуха $P(t)$ - среды, в которой распространяются акустические колебания, воздействует на мембрану, которая механически соединена с подвижной катушкой, находящейся в магнитном поле.

При движении мембраны вместе с катушкой, в катушке, в следствии ЭДС, наводится электрическое напряжение, пропорциональное этому воздействию изменения плотности (давления) среды (стр.42) – **электрический сигнал $U(t)$ – переменное напряжение.**

Это схематическая модель преобразователя $P(t)$ в $U(t)$ («микрофон») или преобразователя $U(t)$ в $P(t)$ («динамик») – все происходит строго наоборот в обратной последовательности.

Не смотря на то, что выходной электрический сигнал преобразователя изменения давления ($P(t)$ в $U(t)$) - есть переменное напряжение, **важно понимать необходимость соблюдения полярности.** Повышение давление среды $P(t)$ (положительный акустический импульс) должен формировать положительный всплеск напряжения $U(t)$ на выходе. И соответственно, наоборот.

Немного вернемся и повторим (стр.11), чтобы понять, что звуковые колебания преобразуются в переменное электрическое напряжение, величина которого меняется во времени и требует оценки уровня и формы.

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 энергию, которую несет это напряжение сигнала, по той работе, которую оно совершило бы на активной нагрузке (простое сопротивление).

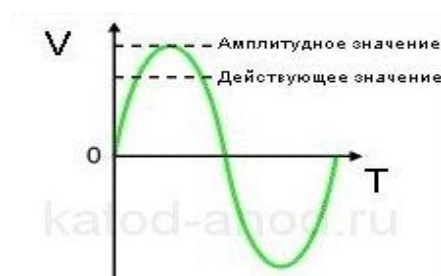
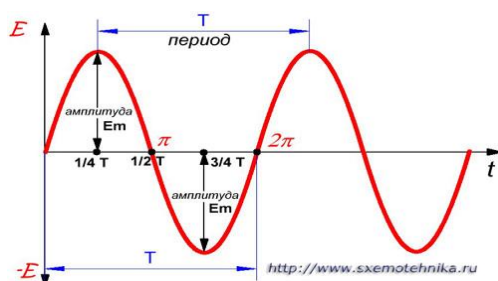
Работа сигнала прямо пропорциональна площади под кривой, описывающей данное колебание.

При такой оценке действия переменного напряжения (или тока) на нагрузку сравнивается с аналогичным действием постоянного напряжения. 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 $V_d = V_{ампл} / \sqrt{2}$:



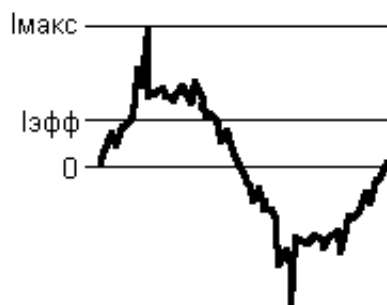
При одном и том же амплитудном значении, например, сигнал прямоугольной формы (с определенной скважностью равной 2 - меандр) будет нести в себе большую энергию, чем синусоидальный, а сигнал пилообразной формы еще меньше.

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

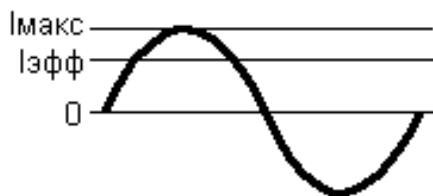
Наш мозг усредняет значения уровней звукового давления и оценивает громкость по среднеквадратичному значению сигнала.

Единицей абсолютной шкалы громкости является "Сон". Громкость в 1 Сон — это громкость непрерывного чистого синусоидального тона частотой 1 кГц, создающего звуковое давление 2 мПа.

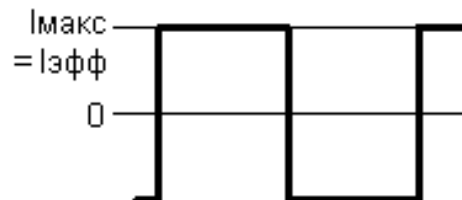
Для периодического сигнала произвольной формы вводят понятие Крест-фактор (Пик-фактор, коэффициент амплитуды). Коэффициент амплитуды сигнала равен отношению амплитуды (максимального значения) сигнала к действующему (эффективному, среднеквадратичному, rms) значению сигнала.



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

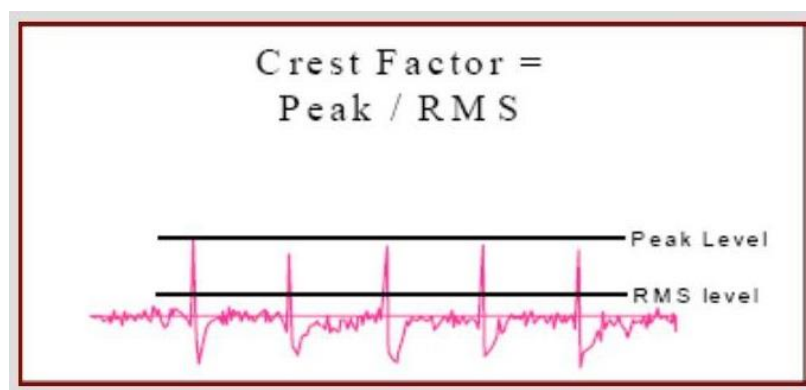


$K=1,414$



$K=1$

K (крест-фактор сигнала) = Амплитудное значение / RMS значение.



Эта характеристика корректна только для периодических сигналов!

Философско - "лирическое" отступление:

Именно в этом месте нужно понять и осознать "картины мира":

1) Понять и осознать, что окружающие физические явления и описывающие их параметры непрерывны - в реальности все величины НЕ являются дискретными. Дискретные значения применяются только для математического описания и моделирования.

2) Понять и осознать, что все процессы реального физического мира имеют вероятностную составляющую.

Например, говоря о допустимом токе медного проводника $1,5 \text{ мм}^2$ величиной в 11А (стр.25), нельзя сказать, что при прохождении тока в 12А он сразу же «критически» нагреется и перегорит. Это не так! Во-первых, возвращаясь к пункту 1 – все процессы плавны и непрерывны во времени.

Во-вторых, на величину нагрева этого проводника (выделению количества теплоты по закону Джоуля-Ленца (стр.10)) и, как следствие, вероятность перегорания будут влиять много параметров: форма проходящего электрического тока, время его воздействия, температура окружающей среды, качество проводника (меди), качество изоляции, и т.д. Эти параметры в некоторой степени можно считать случайными. Так что всегда нужно понимать, что приближение к предельно допустимым значениям параметра всего лишь определяет вероятность результата.

Несмотря на это, при расчете падений напряжения (стр.9, стр.21), нужно использовать именно максимальные (пиковые, амплитудные) значения, так как закон Ома – это закон мгновенных величин.

Это касается любых систем переменного напряжения и проводников: как систем сетевого напряжения питания, так и систем электрических звуковых сигналов.

3) Понять и осознать случайность и непредсказуемость сигналов в звукотехнике, а так же необходимости усреднения всех результатов измерений их параметров (уровня, частоты, фазы и т.д.). 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, кроме как крайние максимальные значения.

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, количества остановок на светофорах, уклона дороги, включенного кондиционера, от температуры за бортом, силы ветра и т.д. Но, предсказать точно, на сколько километров нам хватит топлива, исходя из этой информации, мы не сможем, т.к. факторов влияния на результат слишком много.

Эта информация 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.

- 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, доехав до пункта В мы получим информацию о расходе за определенный отрезок пути (от А до В).

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

И так далее...

Этот пример как раз - аналогия измерения периодического случайного сигнала.

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.

Усреднение при измерении применяется для большинства параметров звуковых сигналов!

Например, одно из 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 показаний получаем разные.

В разное время нажимаем кнопку «reset»... ☺

2.4 Децибел как относительная единица измерения. Особенности Слуха.

При рассмотрении и сравнении амплитудных, частотных и фазовых зависимостей для устройств различных видов возникает проблема их компактного представления, так как величина (ширина) диапазона частот, в котором характеристики конкретного устройства представляют интерес, может быть весьма значительна.

Решение этой проблемы лежит в использовании логарифмических масштабов. На шкале в логарифмическом масштабе длина отрезка шкалы пропорциональна логарифму отношения величин отмеченных на концах этого отрезка, в то время как на шкале в линейном масштабе длина отрезка пропорциональна разности величин на его концах.

Логарифмическая шкала исключительно удобна для отображения очень больших диапазонов значений величин. Кроме того, как будет сказано далее, **для многих органов чувств величина ощущения пропорциональна логарифму воздействия**. Поэтому воспринимаемая громкость звука пропорциональна логарифму его интенсивности в частности, логарифму мощности. Восприятие частот тоже определяется логарифмической зависимостью. Так же, нотная шкала — логарифмическая.

Для выражения величины электрического сигнала, то есть уровня, мы используем значение его напряжения. 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 Вольт, то его изменение в децибелах равно 20 дБ. Если напряжение сигнала подпрыгнуло с 300 до 3000 Вольт, 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*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.

Вернемся к звуковым волнам (стр.42), которые преобразуем в электрический сигнал $U(t)$ (стр.47). Это преобразование является двусторонним: мы подаем электрический сигнал на акустический излучатель (динамик) или наоборот – преобразовываем акустический сигнал в электрический (микрофон) – неважно.

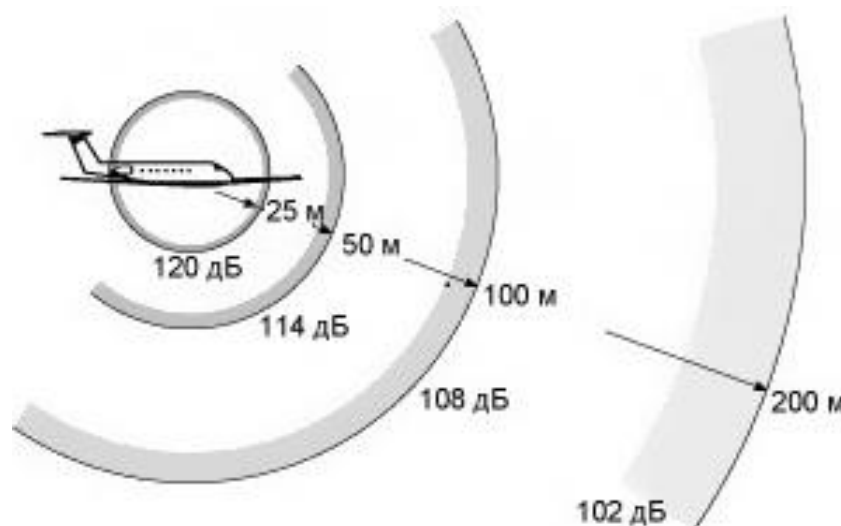
Звуковое давление, или громкость звука - результат колебаний звуковых волн в воздушной среде, которые излучает этот динамик. Не смотря на то, что единицей абсолютной шкалы громкости является единица "Сон", уровень громкости звука — относительная величина. Она выражается в единицах "Фон" и численно равна уровню звукового давления в 1 дБ, создаваемого синусоидальным тоном частотой 1 кГц такой же громкости, как и измеряемый звук – «равногромким» данному звуку. 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).

dB(A)	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

Звуковое давление уменьшает («падает») с удалением от источника.

Для сферических волн, которыми в общем случае являются звуковые волны от точечного источника (источника, создающего звуковое поле равномерно по всем направлениям, размерами которого, по сравнению с расстоянием, на котором оценивается его действие, можно пренебречь (стр.45)):

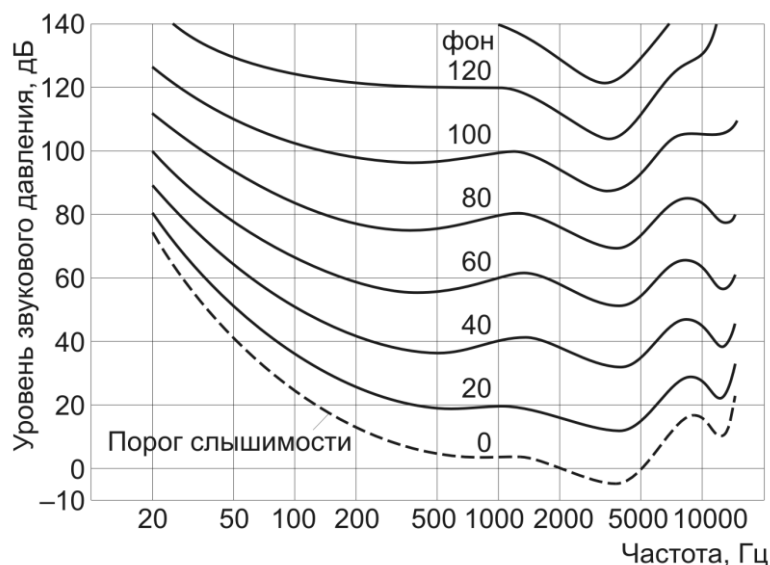
Звуковое давление падает на 6дБ на каждое удвоение расстояния.



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, несмотря на то, что по интенсивности они одинаковые. И это зависит от уровня громкости этого звука. Слух не воспринимает весь частотный диапазон на одном и том же уровне громкости.

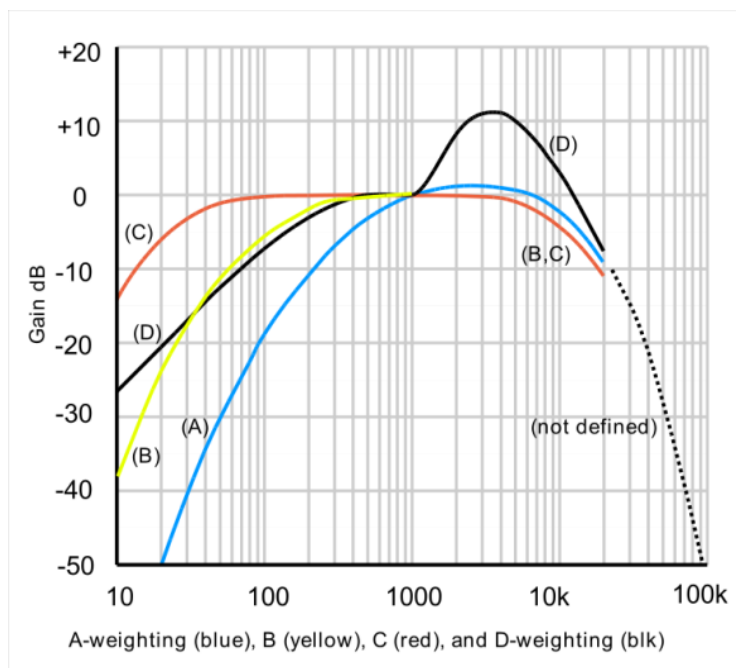
Нелинейность слуха среднестатистического человека отображают кривые равной громкости (кривые Флетчера-Менсона):



Правда, современные исследования показывают не такую «резкую картину» зависимости, но характер прослеживается тот же:

Человеческий слух (восприятие громкости) наиболее чувствителен к частотной области в районе 1-5кГц.

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». Значения дБА.

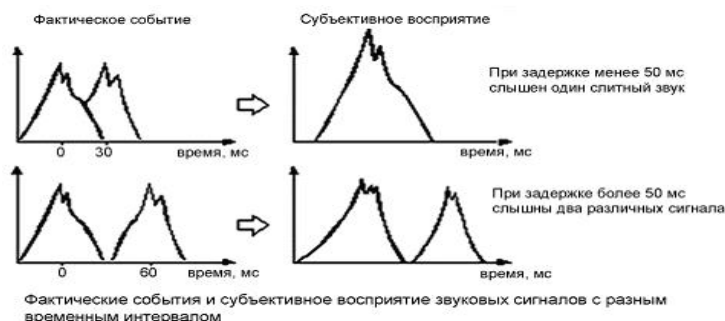
Сразу после воздействия на ухо громкого звука снижается восприимчивость слуха к слабым звукам на некоторое время (инерционность слухового аппарата).

Эта способность называется **адаптацией (приспособлением) слуха**.

Вследствие инерционности слуха человек обладает способностью объединять (интегрировать) слуховые ощущения (**эффект Хааса**), объединять их в общее впечатление, если они длятся не более **40-50 мс**.

Поэтому Интерференцию (**стр.45-46**) как явление, воспринимаемое на слух как эффект гребенчатой фильтрации (**стр.46**, и далее **стр.98, стр.112**), стоит рассматривать до этой величины задержки.

Звуки, приходящие позднее 40-50 мс. воспринимаются как эхо - "**двоение**" звука.



Если источники звука разнесены в пространстве, то восприятие локализации будет сдвигаться к источнику звука с меньшей задержкой.

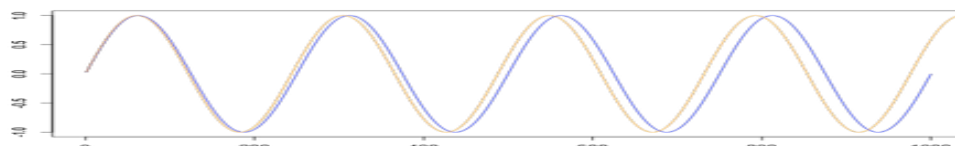
Если ухо человека воспринимает одновременно два или несколько звуков различной громкости, то более громкий звук заглушает (поглощает) слабые звуки. Происходит так называемая **маскировка** звуков, и ухо воспринимает только один, более громкий звук - **эффект «маскирования»**.

Разрешение (точность) человеческого слуха не безгранична. Например, 400 и 402 Гц.

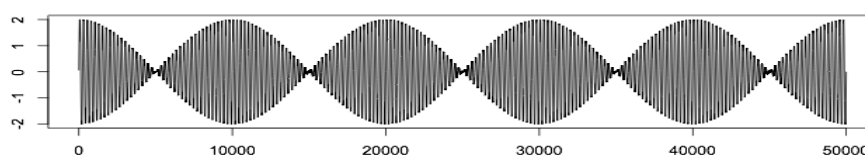
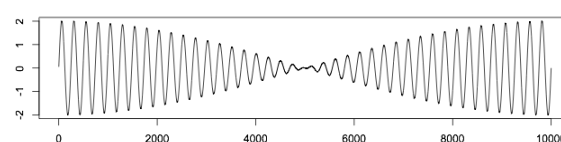
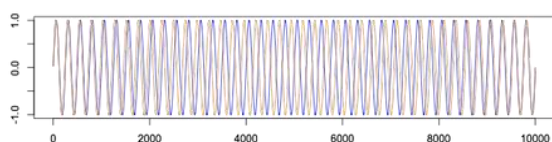
Эти две частоты (два синусоидальных акустических звуковых сигнала) будут восприниматься нашей слуховой системой как единый сигнал с частотой равной среднему значению этих двух частот и изменением амплитуды равной разности частот.

Предел, в котором мы воспринимаем две частоты звука как одну, равен около 15 Гц и меньше.

Для «чистых» гармонических колебаний – тонов – существует **эффект биения (диссонанса)** – периодические изменения амплитуды колебаний, которые происходят при сложении двух гармонических колебаний с близкими частотами. Это связано с расхождением фаз с течением времени у различных частот гармонических колебаний.



Со временем сдвиг фаз увеличивается:



Обратите внимание, что горизонтальная ось это ось времени.

Когда гармонические сигналы находятся в фазе, они усиливают друг друга (усиливающая интерференция). По мере сдвига во времени возникает ослабляющая интерференция, и сигналы начинают «гасить» друг друга до тех пор, пока не окажутся в строгой противофазе. И так далее с периодичностью.

Так же длительность воздействия звука влияет на восприятие его «высоты» (для гармонического колебания – частоты): кратковременное звучание меньше 15мс любой частоты покажется на слух просто резким щелчком – человек не сможет различить высоту тона для такого сигнала.

Высота тона начинает восприниматься лишь после 15мс для частот в полосе около 1кГц и лишь спустя 60мс для частот ниже 500Гц.

Минимальное время, требуемое для распознавания высоты тона, зависит от частоты звукового сигнала, а точнее – от длины звуковой волны.

Чем выше частота звука, тем меньше длина звуковой волны и тем меньше инерционность слуха, т.е. тем быстрее мозг улавливает и определяет звуковые колебания. Это обусловлено физиологией слухового аппарата человека.

Как мы уже упоминали, в связи с особенностью восприятия, **на диаграммах зависимостей какого либо параметра от частоты применяется нелинейная шкала частот – логарифмическая шкала:**



Такая шкала используется для отображения широкого диапазона величин, когда значения, которые попадают на график, отличаются на много порядков.

То есть когда мы хотим одновременно видеть и значения 0.1, 0.2 и значения 100, 200 на одном графике. Зачастую это связано с физикой процесса и особенностями слухового восприятия.

Дело в том, что человеческий слух реагирует не столько на сами частоты, сколько на их соотношения. Частота звука определяется по высоте тона, воспринимаемого слушателем, причем изменение частоты в два раза воспринимается как изменение тона на одну октаву, независимо от того, каковы точные значения частот. Например, изменение частоты звука со 100 Гц до 200 Гц соответствует увеличению высоты на одну октаву, но и увеличение с 1000 до 2000 Гц также есть сдвиг на одну октаву. Этот эффект настолько точно воспроизводится в широком частотном диапазоне, что удобно определить октаву, как полосу частот, у которой верхняя частота в два раза выше нижней, хотя в обыденной жизни октава есть лишь субъективная мера изменения звука.

Так же 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.**

Нота	Частота в герцах					1	2	3	4	5
	Суб- контр - октава	Контр- октава	Большая октава	Малая октава	октава	октава	октава	октава	октава	октава
До (C)		32.70	65.41	130.82	261.63	523.25	1046.5	2093.0	4186.0	
До-диез (C#)		34.65	69.30	138.59	277.18	554.36	1108.7	2217.4	4434.8	
Ре (D)		36.95	73.91	147.83	293.66	587.32	1174.6	2349.2	4698.4	
Ре-диез (D#)		38.88	77.78	155.56	311.13	622.26	1244.5	2489.0	5274.0	
Ми (E)	20.61	41.21	82.41	164.81	329.63	659.26	1318.5	2637.0	5274.0	
Фа (F)	21.82	43.65	87.31	174.62	349.23	698.46	1396.9	2793.8		
Фа-диез (F#)	23.12	46.25	92.50	185.00	369.99	739.98	1480.0	2960.0		
Соль (G)	24.50	49.00	98.00	196.00	392.00	784.00	1568.0	3136.0		
Соль-диез (G#)	25.95	51.90	103.80	207.00	415.30	830.60	1661.2	3322.4		
Ля (A)	27.50	55.00	110.00	220.00	440.00	880.00	1760.0	3520.0		
Ля-диез (B)	29.13	58.26	116.54	233.08	466.16	932.32	1864.6	3729.2		
Си (H)	30.87	123.48	116.54	246.96	493.88	987.75	1975.5	3951.0		

Разрешающая способность слуха человека, относительно вопроса восприятия частот не линейная, она логарифмическая, так же как и восприятие громкости. Наш слух различает тон (частоту звука) не на основе (частоты) количества Герц, а на основе частей октавы. Если изменение тона будет больше, чем 1\50 в пределах одной октавы - мы его услышим. Конечно, это не строгий пороговый уровень. Он зависит, как и диапазон слышимых частот, от конкретного человека.

Допустим, возьмем частоту 400Гц: одна октава в верх - 800Гц, одна октава вниз - 200Гц.
Изменения будут слышимы при переходе от частоты 400Гц к 410Гц,
или от 395Гц к 400Гц.
Изменений мы практически не услышим при переходе от частоты 400Гц к 402Гц,
или от 398Гц к 400Гц.

Допустим, возьмем частоту 3000Гц: одна октава в верх - 6000Гц, одна октава вниз - 1500Гц.
Изменения будут слышимы при переходе от частоты 3075Гц к 3000Гц,
или от 2950Гц к 3000Гц.
Изменений мы практически не услышим при переходе от частоты 3023Гц к 3000Гц,
или от 3011Гц к 3000Гц.

Наш человеческий слух больше музыкальный, чем математический:

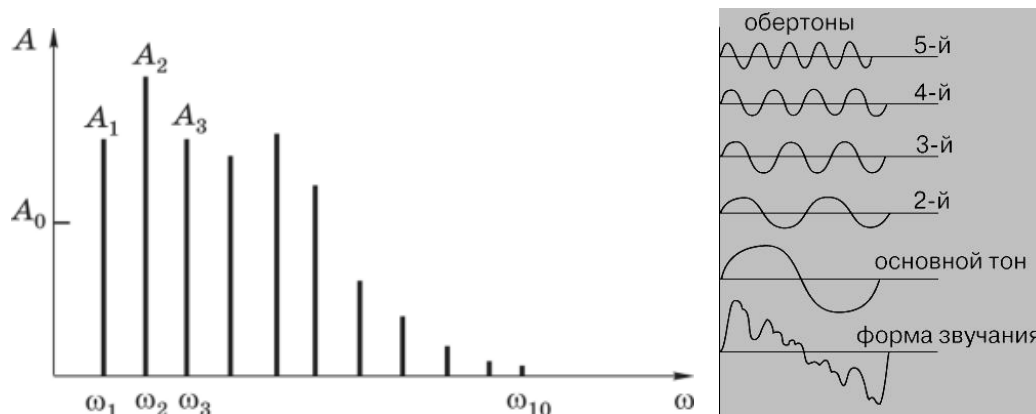
Октава	Нота	Частота	Октава	Нота	Частота
0	C	16.35	5	C	523.25
	C#	17.32		C#	554.37
	D	18.35		D	587.33
	D#	19.45		D#	622.25
	E	20.6		E	659.26
	F	21.83		F	698.46
	F#	23.12		F#	739.99
	G	24.5		G	783.99
	G#	25.96		G#	830.61
	A	27.5		A	880.00
	A#	29.14		A#	932.33
	B	30.87		B	987.77
1	C	32.7	6	C	1046.5
	C#	34.65		C#	1108.73
	D	36.71		D	1174.66
	D#	38.89		D#	1244.51
	E	41.2		E	1318.51
	F	43.65		F	1396.91
	F#	46.25		F#	1479.98
	G	49.00		G	1567.98
	G#	51.91		G#	1661.22
	A	55.00		A	1760.00
	A#	58.27		A#	1864.66
	B	61.74		B	1975.53
2	C	65.41	7	C	2093.00
	C#	69.3		C#	2217.46
	D	73.42		D	2349.32
	D#	77.78		D#	2489.02
	E	82.41		E	2637.02
	F	87.31		F	2793.83
	F#	92.5		F#	2959.96
	G	98.00		G	3135.96
	G#	103.83		G#	3322.44
	A	110.00		A	3520.00
	A#	116.54		A#	3729.31
	B	123.47		B	3951.07
3	C	130.81	8	C	4186.01
	C#	138.59		C#	4434.92
	D	146.83		D	4698.64
	D#	155.56		D#	4978.03
	E	164.81		E	5274.04
	F	174.61		F	5587.65
	F#	185.00		F#	5919.91
	G	196.00		G	6271.93
	G#	207.65		G#	6644.88
	A	220.00		A	7040.00
	A#	233.08		A#	7458.62
	B	246.94		B	7902.13
4	C	261.63	9	C	8372.02
	C#	277.18		C#	8869.84
	D	293.66		D	9397.27
	D#	311.13		D#	9956.06
	E	329.63		E	10548.08
	F	349.23		F	11175.3
	F#	369.99		F#	11839.82
	G	392.00		G	12543.85
	G#	415.3		G#	13289.75
	A	440.00 (Камертон)		A	14080.00
	A#	466.16		A#	14917.24
	B	493.88		B	15804.27

2.5 Представление спектра и преобразования Фурье. Розовый Шум.

Форма звуковых колебаний зависит от свойств источника звука. Каждый музыкальный инструмент издает **негармонические** колебания сложной формы.

Негармоническое периодическое воздействие с периодом T равносильно одновременному действию гармонических сил с различными частотами, а именно с частотами, кратными наиболее низкой частоте $\omega = 1/T$. 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 $\omega = (1/T), 2\omega, 3\omega, 4\omega$ и т.д. Наиболее низкая частота ω называется основной частотой. Колебание с основной частотой ω называется первой гармоникой или основным тоном (тоном), а колебания с частотами $2\omega, 3\omega, 4\omega$ и т.д. называются высшими гармониками или обертонами (первым - 2ω , вторым - 3ω и т.д.).



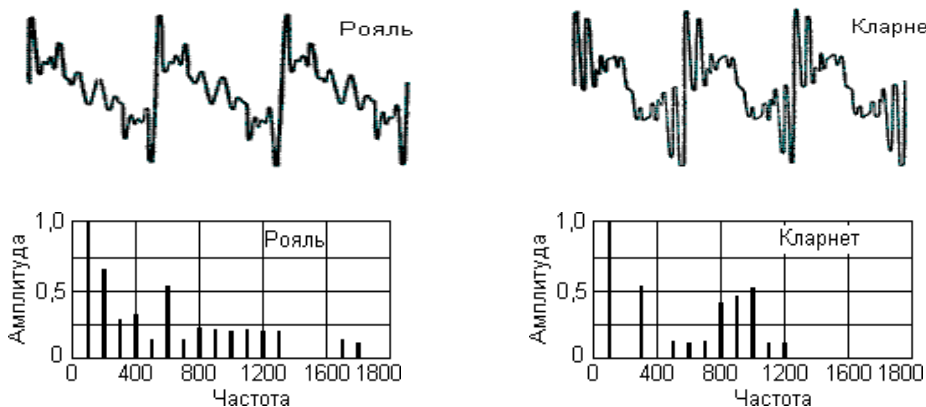
Каждый «протяженный» звук (частично периодический), издаваемый различными музыкальными инструментами, голосами различных людей и т.п., имеет свои характерные особенности - своеобразную окраску или оттенок.

Эти особенности звука (суммарный набор и уровень гармоник) называют - тембром. Он зависит от формы звукового сигнала.

Нужно уметь различать чистые тона, которые являются обычными гармоническими волнами, и реальные тона, которые воспроизводятся музыкальными инструментами.

Реальные тона, по сути, состоят из гармонических обертонов с разными амплитудами. Таким образом, каждая нота, сыгранная на любом инструменте, представляет собой сложный звук, состоящий из основного тона и большого числа обертонов.

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 одного и того же основного тона, но в каждом из них - основной тон и его обертоны - представлены с разными амплитудами и фазами.

Преобразование Фурье для музыкальных звуковых сигналов является трехмерным: Амплитуда, Частота и Время (Фаза) каждой составляющей.

Для восприятия нашим слухом протяженных звуков (одной звучащей ноты музыкального инструмента, гласных букв речи) существенны только частоты и амплитуды тонов, входящих в состав звука, т.е. тембр звука определяется его гармоническим спектром.

Основная гармоника (основной тон) определяет «высоту» ноты, а остальные гармоники (обертоны) – тембр этого инструмента. **Основной тон считается первой гармоникой.**

Группы усиленных (выделенных) обертонов, формирующие основной тембр инструмента или голоса называются формантами.

Реальный звуковой (музыкальный) сигнал – сумма (микс) многих инструментов, звуков, голосов и т.д. – очень сложное негармоническое частично-периодическое 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 производится 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 (стр.48).

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 дискретных частот и их сумм.

Строго говоря, физически, реальный музыкальный (звуковой) сигнал Един и Непрерывен в своей частотной области и по изменению уровня! Он просто меняет свою форму во времени.

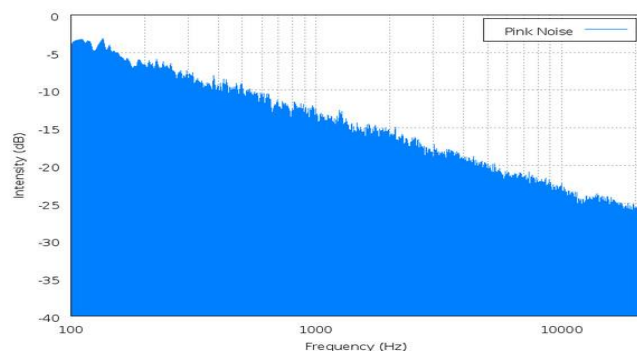
Преобразования Фурье всего лишь дают некое математическое представление для анализа таких сигналов, не более.

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

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 (WhiteNoise) - 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 (PinkNoise) - с ростом частоты амплитуда и плотность уменьшаются. С повышением частоты спектральная плотность розового шума уменьшается на 3 дБ на каждую октаву (плотность обратно пропорциональна частоте).



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.

То есть он является равномерно убывающим в логарифмической шкале частот. Например, мощность сигнала в полосе частот между 40 и 60 Герц равна мощности в полосе между 4000 и 6000 Герц.

Исследования распределения энергии по спектрам реальных звуковых (музыкальных) сигналов показали, что независимо от типа музыки уровень высокочастотной энергии в звуковом сигнале гораздо ниже уровня низкочастотной энергии.

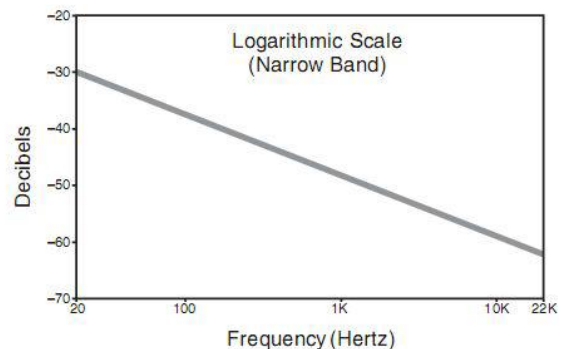
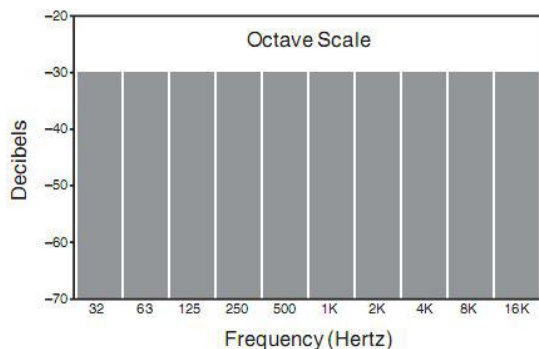
Именно Розовый Шум больше всего подходит по аналогии частотного распределения энергии к музыкальным сигналам. Он имеет распределение энергии с наклоном в меньшую сторону у высоких частот и его спектр близок к усреднённому спектру среднестатистической звукозаписи. Розовый Шум таким образом можно использовать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

Следует рассмотреть реализации анализаторов спектра (спектроанализаторов) – приборов или программного обеспечения для спектрального анализа звукового сигнала.

Наиболее распространенными анализаторами спектра являются RTA и FFT.

RTA-анализатор (real time analyzer) с октавными полосами – это анализатор на основе полосовых фильтров. Весь спектр делится на части, пропорциональные октавам и отображается энергия, которая сосредоточена в каждом частотном диапазоне. **То есть на экране анализатора спектра типа RTA розовый шум будет выглядеть как горизонтальная линия «из столбцов»!** (при логарифмической частотной шкале).

FFT-анализатор – это анализатор, построенный на алгоритме быстрого преобразования Фурье. Это преобразование как бы «прореживает» частотный спектр. **Поэтому на экране анализатора спектра типа FFT розовый шум будет выглядеть как наклонная линия со спадом в 3 дБ на октаву!**



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 зависимостью частоты сигнала от времени.

Вернемся к интерференции (стр.45-46):

сложный сигнал состоит (в плане анализа) из спектральных составляющих, каждая из которых имеет определенную частоту и, соответственно, свою длину волны. Это значит, что при разных расстояниях от двух, или более источников, сложение будет происходить по-разному для каждой из этих гармоник. Полное сложение всех гармоник (частичное усиление всего спектра сигнала) возможно только при равноудаленности от источников этого колебания - равной задержки.

Во всех других точках пространства сложение будет происходить частично, в разной степени для каждой частоты гармоник (обертонов).

Соответственно:

при неравномерном удалении от двух или более источников звука, в каждой точке пространства (сложение с задержкой), будет происходить изменение спектра сложного (музыкального) сигнала и, соответственно, его тембра.

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, собранных персоналом для своих нужд – custom-устройства. Интересуйтесь, спрашивайте и разбирайтесь!

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

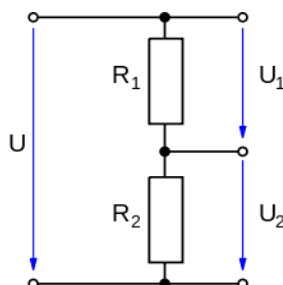
Это **Всегда** полезно!!! **Учите мат. часть!!!** ☺

3.1 Типовые каскады и их некоторые характеристики.

Звуковым трактом называем совокупность устройств и приборов, которые участвуют в передаче и обработке звуковых (аудио) сигналов. Под обработкой аудио сигналов понимается изменение их свойств. В результате обработки сигнал на выходе устройств обработки, как правило, не соответствует исходному. 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 каскадов как устройств преобразования аудио сигналов. Эти преобразования обычно отражаются на уровне сигнала, изменении его спектра, формы и временного положения. Рассмотрим некоторые каскады, их параметры и характеристики, с помощью которых можно охарактеризовать и оценить возможные изменения в сигнале, возникающие при его прохождении через устройства обработки.

Самый простой каскад в звуковой схемотехнике – **Делитель Напряжения**.



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

U - является Входным напряжением, а U₂ - Выходным.

Коэффициент деления (отношение уровня выходного сигнала к входному):

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

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 при отсутствии сопротивления нагрузки.

Коэффициент деления (R₁+R₂)/R₂ является обратным выражением коэффициента передачи.

Коэффициент передачи каскада это отношение напряжения на выходе к напряжению на входе:

$$K = U_{вых}/U_{вх} = U_2/U \text{ (по схеме)} = R_2/(R_1+R_2)$$

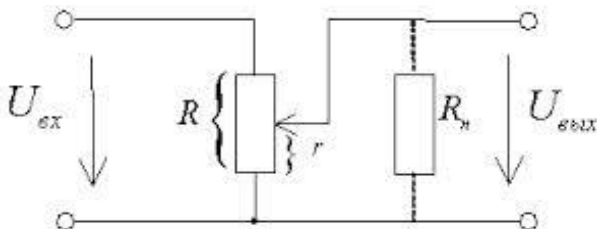
Для делителя напряжения коэффициент передачи всегда меньше 1.

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

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

Если входное сопротивление каскада равно выходному сопротивлению предыдущего каскада, то амплитуда сигнала уменьшается на $\frac{1}{2}$ (или $K=0.5$).

Для плавного регулирования уровня выходного сигнала делителя напряжения применяется механическое устройство – переменный резистор – потенциометр, на основе которого реализуется регулируемый делитель напряжения:



В процессе прохождения сигнала через то или иное устройство обработки происходит изменение как амплитуды и формы, так и фаз спектральных составляющих этого сигнала.

Обычно в первую очередь интересуются изменением амплитуды сигнала. Эти изменения характеризуют коэффициентом передачи K (стр.59).

Значение коэффициента передачи больше единицы называют коэффициентом усиления.

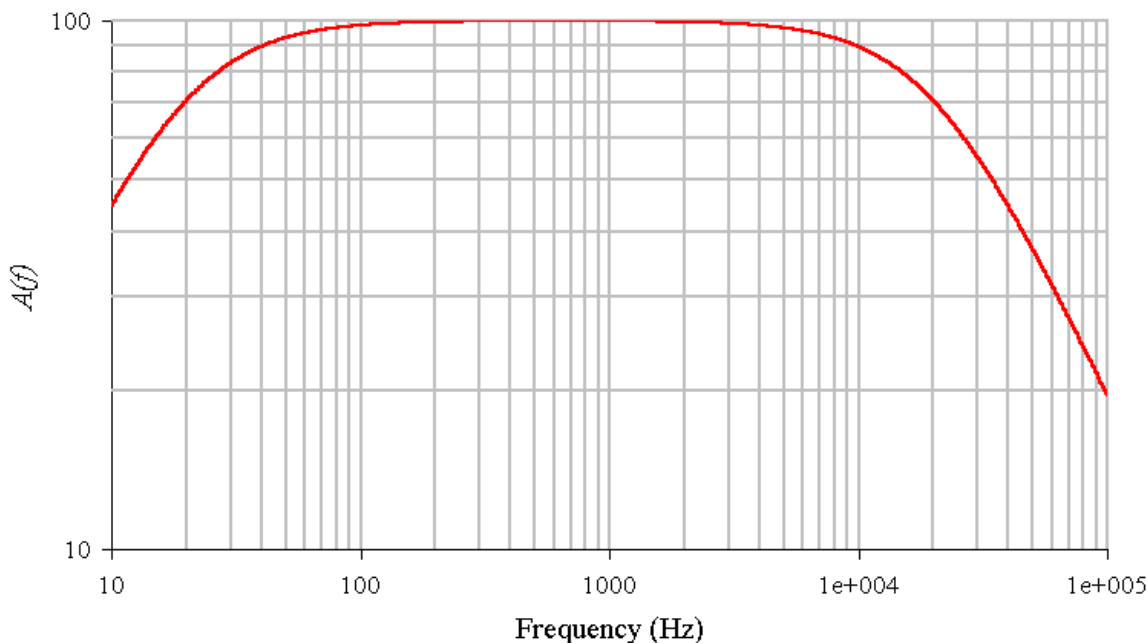
Значение коэффициента передачи меньше единицы называют коэффициентом деления.

Коэффициент передачи является основным показателем, с помощью которого определяют, как изменится амплитуда напряжения на данной частоте после его прохождения через рассматриваемый участок звукового.

Эту зависимость $K(f)$ называют амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ).

Для делителя напряжения коэффициент деления не зависит от частоты проходящего сигнала (коэффициент передачи не зависит от частоты) – соответственно АЧХ будет являться прямой горизонтальной линией.

Коэффициент передачи того или иного реального устройства обычно зависит от частоты f .



АЧХ показывает зависимость коэффициента передачи (или как изменяется уровень амплитуды сигнала, проходящего через устройство) от частоты сигнала.

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

Например, **делитель напряжения – полностью линейное устройство.** Оно не вносит само по себе нелинейные и фазовые искажения – не изменяет форму сигнала, кроме значения амплитуды.

На самом деле понятие линейности двояко: с одной стороны, считается, что электрическая цепь (каскад) линейна, если при прохождении через нее в сигнале не появляются новые спектральные составляющие (**стр.56**) – то есть форма сигнала не меняется.

С другой стороны, мы считаем, что каскад линеен тогда, когда его влияние на проходящий сигнал не зависит от уровня этого сигнала. То есть, при прохождении через каскад форма сигнала может измениться, но это изменение стационарно - не зависит от уровня сигнала.

Спектральные составляющие сигнала (**стр.56**) при его прохождении через реальный аналоговый тракт подвергаются неодинаковым временным задержкам, что нарушает фазовые соотношения между ними. Этот эффект определяется фазочастотной характеристикой.

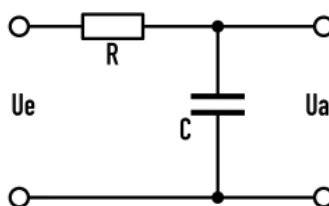
Нарушения фазовых соотношений могут приводить к изменениям формы сигнала и соответственно звучания. Искажения отсутствуют только в том случае, если запаздывание одинаково для всей группы составляющих образующих спектр сигнала – простая задержка.

В реальной жизни почти 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).

Рассмотрим пассивные фильтры, которые тоже являются линейными устройствами – их характеристики не меняются во времени и не зависят от уровня сигнала.

Давайте вспомним понятия ёмкости и индуктивности (**стр.14-15**), что бы понять принцип построения пассивных фильтров.

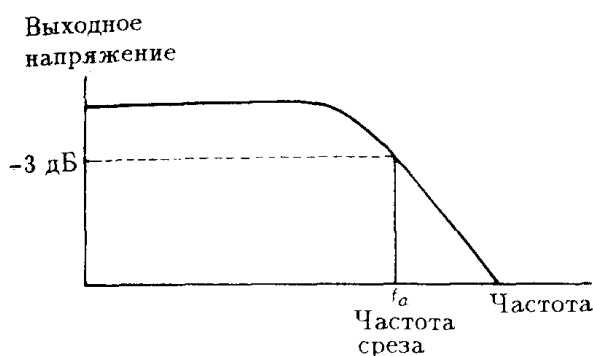
Если заменить в делителе напряжения (**стр.59**) резистор R2 на ёмкость (конденсатор), тогда для низких частот сопротивление этого конденсатора будет большое, а для высоких частот - малое.



Это пассивный RC-фильтр первого порядка (RC-цепочка).

Это фильтр является Фильтром Низких Частот (LPF - Low Pass Filter) - фильтр, пропускающий частоты ниже частоты настройки фильтра (частоты среза).

Соответственно, коэффициент передачи будет зависеть от частоты:



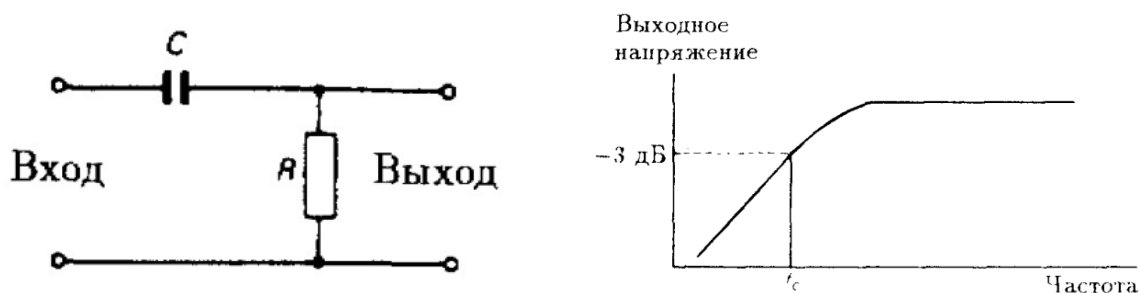
Для такого фильтра частота среза определяется по уровню среза -3дБ. Наклон (крутизна) характеристики среза фильтра первого порядка равняется 6 дБ/октаву. Так как октава – это соотношение частот два к одному, наклон АЧХ в 6 дБ/октаву говорит о том, что при увеличении частоты в два раза, у нас прямая АЧХ растет (или падает) на 6 дБ.

Возьмем частоту 1 КГц. На частоте от 1 КГц до 2 КГц падение АЧХ составит 6 дБ. На промежутке от 2 КГц и до 4 КГц АЧХ снова падает на 6 дБ, на промежутке от 4 КГц и до 8 КГц снова падает на 6 дБ, на частоте от 8 КГц и до 16 КГц затухание АЧХ снова будет 6 дБ и т.д. Следовательно, наклон АЧХ составляет 6 дБ/октаву.

Крутизна частотной характеристики фильтра – это показатель того, на сколько резко изменяется амплитуда входного сигнала на выходе при изменении его частоты.

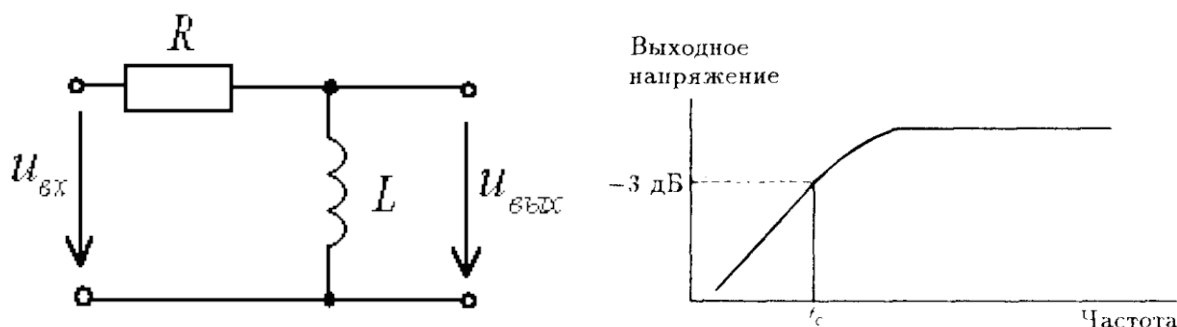
Измеряется в дБ\окт (Децибел на Октаву). Показывает, насколько уменьшится коэффициент передачи при изменении частоты сигнала в два раза относительно частоты среза.

Если же заменить в делителе напряжения на ёмкость (конденсатор) резистор R1, тогда для высоких частот сопротивление этого конденсатора будет малое, а для низких частот - большое. то есть мы получим обратный результат:

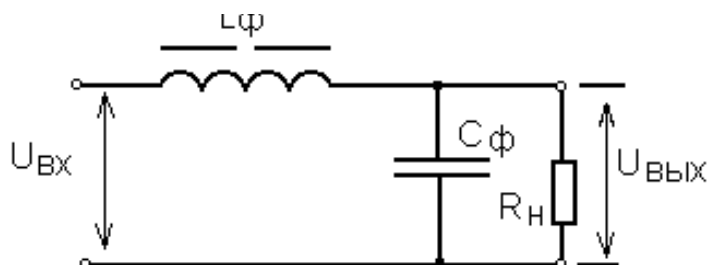


Это пассивный RC-фильтр первого порядка, но уже высоких частот - Фильтр Высоких Частот (HPF - Hi Pass Filter) - фильтр, пропускающий частоты выше частоты настройки фильтра (частоты среза).

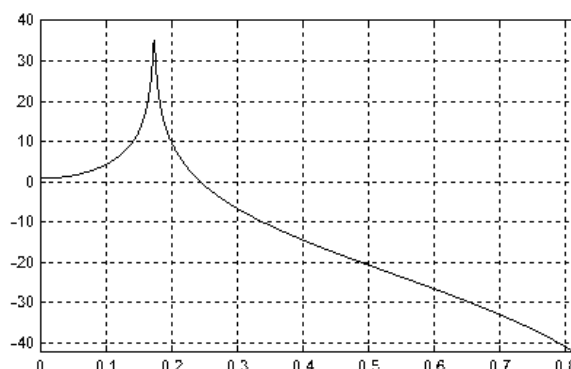
Аналогично, такие же замены резисторов в делителе мы можем сделать на индуктивность и получить LR-фильтры, с аналогичными свойствами:



Если заменить в делителе напряжения R1 на индуктивность, а R2 на ёмкость, то мы получим LC-фильтр.



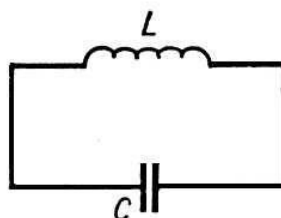
При определенном подборе величин ёмкости и индуктивности можно получить следующую характеристику АЧХ:



Спад получился более "крутым" (большая крутизна АЧХ), но с верху появился всплеск. Этот фильтр является LC-фильтром Низких Частот второго порядка.

Существует много реализаций фильтров: порядков (1,2,3 и т.д.) и типов (Баттерворта, Чебышева, Линквица-Райли и т.д.) имеющих свои особенности формы АЧХ и крутизны спада, а так же вносящих разные фазовые сдвиги на каждой частоте.

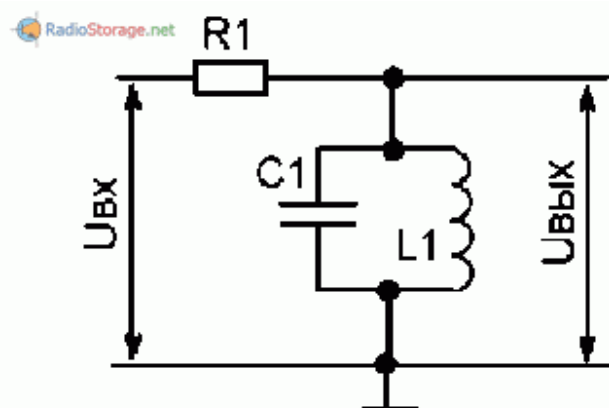
Параллельное включение ёмкости и индуктивности называется параллельным колебательным контуром.



У такого элемента как колебательный контур существует параметр: **резонансная частота**.

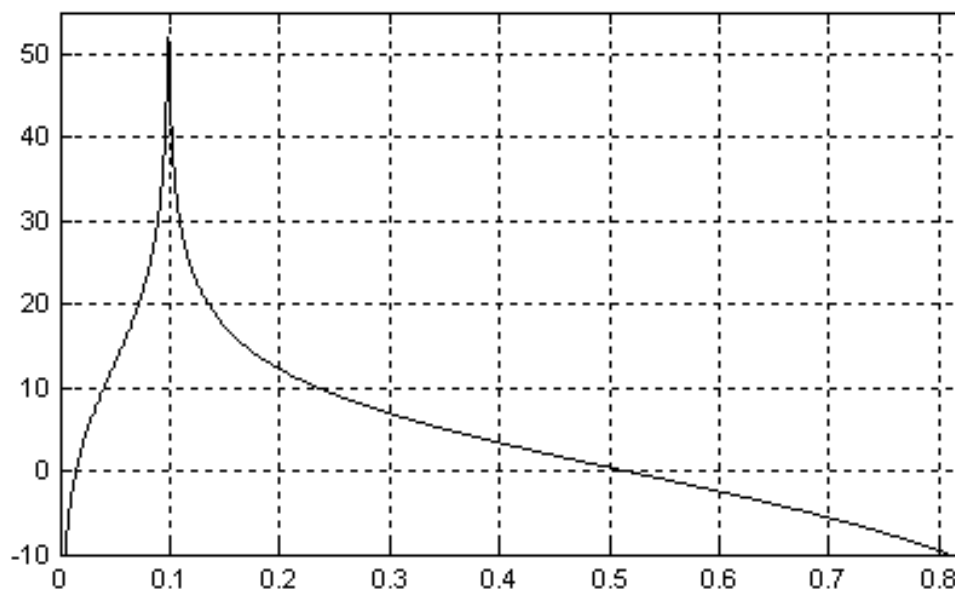
На резонансной частоте суммарное сопротивление включенных параллельно элементов будет максимальным.

Если заменить в делителе (стр.59) резистор R2 на колебательный контур - мы получим **полосовой фильтр**:



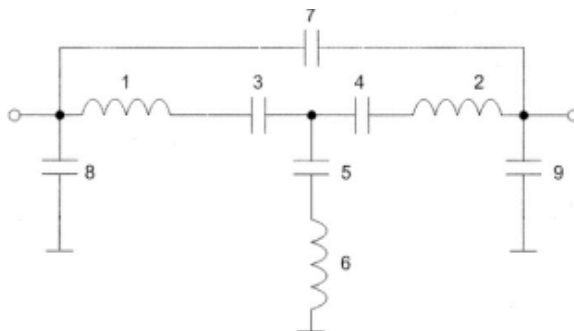
На резонансной частоте реактивное сопротивление контура сильно возрастает, а значит, коэффициент деления такого делителя уменьшается. На частоте резонанса R1 и резонансное сопротивление контура R_o образуют делитель напряжения, поэтому выходное напряжение $U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} * R_o / (R1 + R_o)$.

При этом АЧХ полосового пассивного фильтра примет примерно такую форму:



Включая последовательно и параллельно RCL-цепочки (фильтры верхних частот, фильтры нижних частот, полосовые фильтры и т.д.) можно сформировать сложные формы АЧХ.

Для примера:



Нужно обязательно помнить о том, что каждый элемент (индуктивность и ёмкость) сдвигает фазу напряжения и тока на определенную величину (стр.14-15).

Фазо-частотная характеристика – это зависимость сдвига по фазе между сигналами на входе и выходе устройства от частоты входного колебания.

При этом сдвиге, формируется задержка каждой частоты (гармоники) на не одинаковое время друг к другу на выходе, относительно входа. **Сигнал как бы растягивается во времени.**

То есть различные составляющие спектра сигнала приходят на выход устройства в разное время.

Эта величина сдвига фазы составляющих выходного сигнала (в зависимости от частоты) называется ФЧХ. Зависимость сдвига фазы (по вертикали, Y) от частоты (по горизонтали, X).

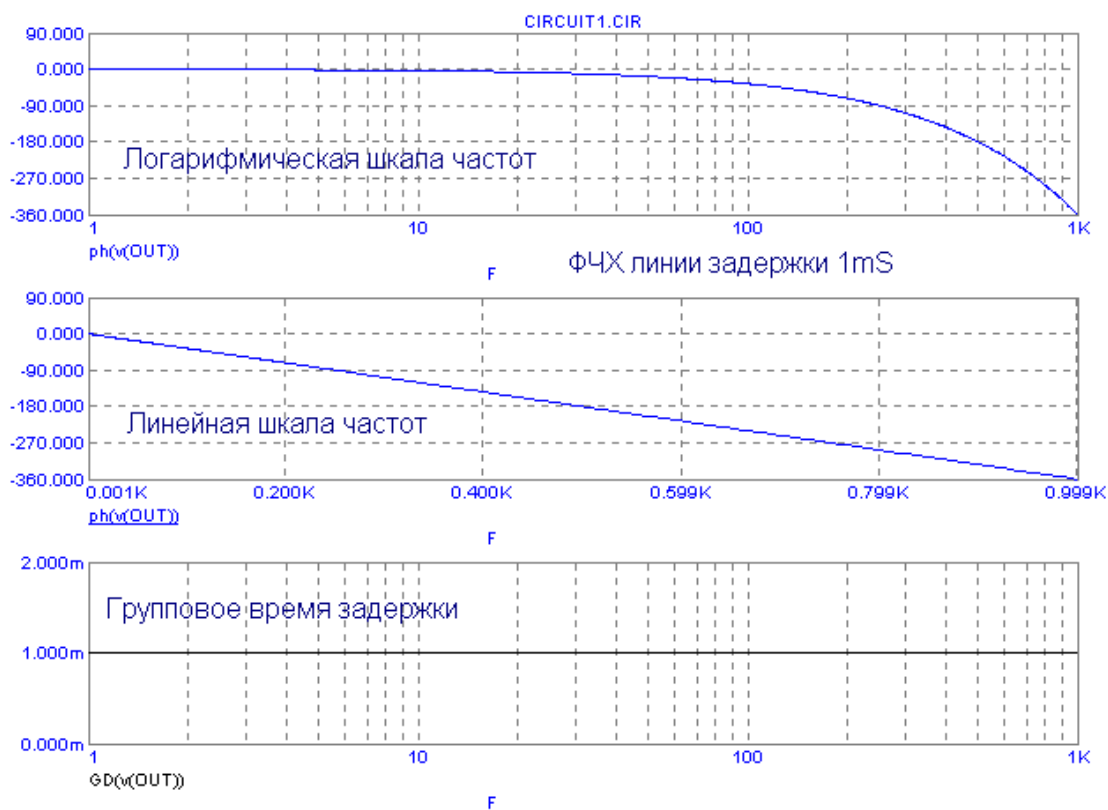
Сдвиг можно выразить не в градусах, а в секундах (миллисекундах).

Зависимость сдвига по времени (по вертикали, Y) от частоты (по горизонтали, X) называется групповой задержкой (Group Delay).

Групповая задержка это производная фазы по отношению к частоте.

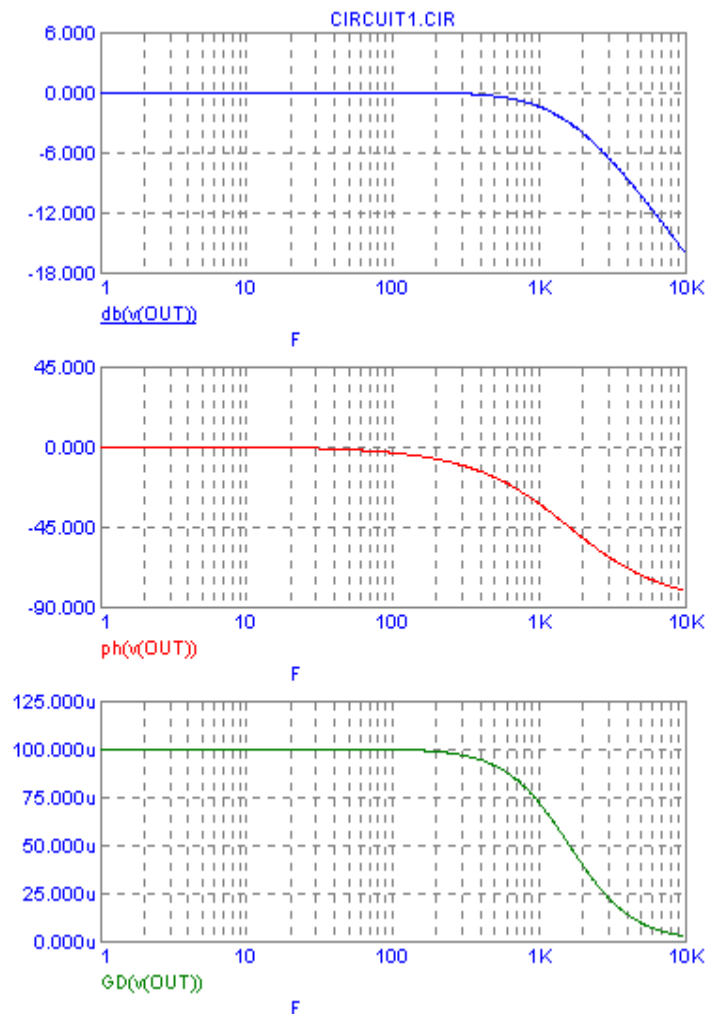
Например, если имеется пассивный делитель напряжения, то этот график будет представлять собой прямую горизонтальную линию на уровне 0 миллисекунд.

Если каким-то образом задержать весь диапазон АЧХ на 1миллисекунду, то график будет выглядеть как прямая горизонтальная линия на уровне 1 мс:



Линейная фазо-частотная характеристика соответствует одинаковой временной задержке всех частотных составляющих полезного сигнала и имеет форму ровной линии с одинаковым наклоном для всех частот (при линейной шкале частот).

Если взять простейшую RC-цепочку (фильтр низких частот, LPF - Low Pass Filter), то



В графике групповой задержки в данном примере видно, что низкие частоты задержаны относительно высоких. При этом на ФЧХ за 0 градусов принят момент времени максимальной задержки, поэтому фаза принимает отрицательные значения (тут нет машины времени).

Все выше сказанное предназначено для обозначения общих принципов построения и работы пассивных фильтров, а так же физических явлений и эффектов возникающих в них. Без лишней нагрузки на формулы.

Тут нужно просто понять логику рассуждений и зависимости...

Подходя к этому моменту прочтения, наверное, читатели уже не раз задавались вопросом: «Зачем мне это нужно знать?», «Зачем мне лишняя информация?», «Я же хочу нажимать кнопки, двигать фейдеры и «рулить» звуком на концерте...?»

Поясню:

- 1) Все эти знания позволяют понять, что происходит с реальным музыкальным сигналом в процессе прохождения по Звуковому Тракту от Микрофона до Акустической Системы.
- 2) Аналогия ёмкости и индуктивности с пружиной и массой, знание принципов работы пассивных LC фильтров и физических эффектов в них поможет понять многие акустические процессы, в том числе электрическую модель механической колебательной системы динамической головки (головки громкоговорителя, динамика) и её свойства, о чем будет рассказано немного ниже.
- 3) Летчик не сможет управлять самолетом, не зная законов аэродинамики и принципов работы систем управления летательных аппаратов. Понятно, что заправщику в аэропорту знать этого не нужно.
Врач не сможет поставить диагноз и назначить лечение, не зная строение организма человека, назначение и работу всех внутренних органов. Понятно, что санитару, выносящему «судно», знать этого не нужно.
Водитель автобуса не может выйти на маршрут, не зная правил дорожного движения, устройство своего транспортного средства и неспособностью поменять в дороге колесо на «запаску». Понятно, что кондуктору знать этого не нужно.

Все Вы хотите в будущем стать «Летчиками», «Врачами» и «Водителями». ☺

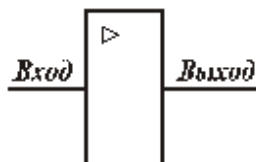
Знания основ и техническая эрудиция поможет вам в этом.

Кому-то поможет, а кому-то нет... ☺

Если Вам не интересно досконально разбираться во всем выше сказанном через «перелопачивание кучи» источников и статей, напрягать память и мозг, если Вы не чувствуете желания вспоминать курс физики школьной программы обучения, если Вы все еще задаёте себе вопросы: «Зачем мне всё это знать?», тогда в этом месте еще раз стоит задуматься о поиске работы в другой сфере деятельности.

3.2 Смысл и понятие Усилителя.

Усилитель - электронное устройство, предназначенное для усиления амплитуды сигнала.



Основной параметр усилителя - коэффициенты усиления:

$$\text{по напряжению } K_U = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}}, \quad \text{по току } K_I = \frac{i_{\text{вых}}}{i_{\text{вх}}}, \quad \text{по мощности } K_P = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}}.$$

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

В идеальном усилителе коэффициент передачи может принимать любые значения и не зависит от частоты усиливаемого сигнала, но в реальном мире это невыполнимо!

Величина выходного сигнала (равного входному, умноженному на коэффициент усиления) ВСЕГДА ограничена физической реализацией усилителя и, в том числе, напряжением питания.

Для простого утрированного примера, исходя из всемирного закона сохранения энергии (энергия не может взяться ни откуда): Допустим, мы имеем усилитель с коэффициентом усиления (передачи) K , питаемый от элемента питания (батарейки) 9В.

Исходя из «энергии» источника питания - его напряжения - амплитудное значение выходного сигнала не может быть больше в лучшем случае 9В.

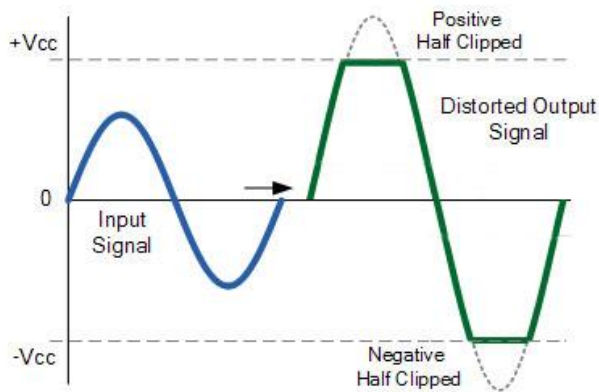
Соответственно пиковое (амплитудное) входное напряжения не должно быть $9/K$ (в вольтах).

Это сравнение очень примерное, но показывает некоторую логику рассуждений.

На самом деле на порог возникновения искажений влияет схемотехника каскада усилителя (и не только) и рабочие характеристики и параметры всей элементной базы (используемых деталей и элементов).

При подаче на вход усилителя входного напряжения (электрического сигнала), при определенном его значении, после превышении некоего уровня, усилитель уже не сможет передать это сигнал на выход со своим коэффициентом передачи, в результате чего образуются искажения – **clip (peak)**.

Сигнал на выходе ограничивается по амплитуде, меняя свою форму, в результате чего в его составе появляются дополнительные гармонические составляющие (искажения, distortion).



На слух искажения воспринимаются как неприятный призыв или «хруст».

Появление искажения явление необратимое! Если в каком-то каскаде звуковой системы они возникли – они уйдут дальше по всему звуковому тракту!

При последующей обработке исправить ситуацию и вернуть сигнал к первоначальной форме практически не возможно!!!

3.3 Структура и согласование уровней (Gain staging).

Любой каскад (или прибор) в звуковом тракте не обходится без усиления.

При электрическом "сигнальном" соединении составляющих звукового комплекса - усилителей, процессоров акустических систем, микшерных пультов и т.д. (на сленге - "Аппарат") чрезвычайно важно соблюдать опорные рабочие и максимальные уровни проходящего сигнала (Gain staging), что бы минимизировать уровень шума и избежать искажений («Клиппирования»).

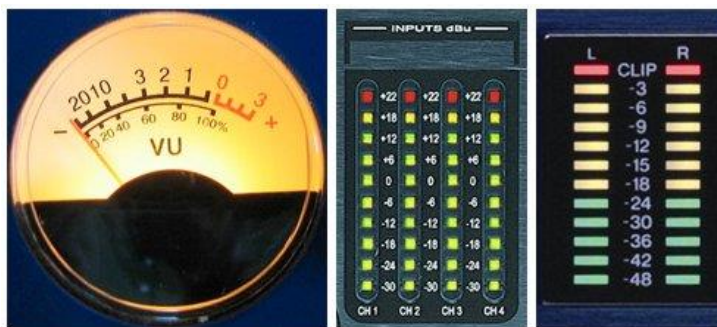
Как мы уже говорили ранее (стр.50), напряжение звукового сигнала измеряется в dB.

Наиболее распространенными являются dBu и dBV децибелы. Оба представляют собой уровни значения напряжения и оба увеличиваются вдвое за каждые 6dB.

Они отличаются лишь точкой отсчета, или 0dB уровня. 0dBV сигнала соответствует уровню напряжения 1 Вольт. 0dBu сигнал соответствует уровню напряжения 0,775 Вольт.

На большинстве приборах расположены индикаторы уровня. Существует много "шкал" и единиц измерений, в которых эти индикаторы показывают уровни сигнала (стр.49).

Рассмотрим три типа: VU-метры, PPM, dBFS.



Соотношения и разницу между ними необходимо знать!

Не просто ориентироваться на абстрактный «ноль», а именно знать, какому напряжению соответствует «ноль» конкретной шкалы. Или какому напряжению на одной шкале соответствует «ноль» другой шкалы. Иначе возникнут проблемы при работе с реальным сигналом – на одной шкале после "0" совсем немного, на другой – после ноля еще 22dB запаса, а третья нолею уже заканчивается и «клиппует».

Это приведет к снижению динамического диапазона ("хэдрума", см. стр.70) всей звуковой системы!

По мимо различных опорных уровней (соответствия 0dB значению напряжения), у разных шкал существуют разные баллистические параметры: время интеграции - время реагирования на сигнал.

0dBu шкалы PPM (peak programme meter) соответствует напряжению 0,775В. На него обычно ориентируются при установке диаграммы уровней. Выход микшерного пульта обычно оснащен индикатором PPM. Если прибор, стоящий после пульта в цепочке сигнала, также имеет входной индикатор PPM, то всё просто – отправляем с пультавого генератора на выход синус, мастер-фейдер ставим на «0», регулятором усиления генератора добиваемся, чтобы выходной индикатор показывал «0». Потом регулируем вход прибора. И также устанавливаем «0» по входному индикатору.

С волюметрами (VU-метр) несколько сложнее – зависит от того, где был прибор произведен.

Напряжение 0,775В соответствует 0dB приборам, произведенным в Америке и Австралии, +2dB для приборов, сделанных во Франции и +4dB для остальных. Поэтому предварительно необходимо выяснить, какому напряжению соответствует шкала VU-метра. VU-индикатор показывает примерное среднеквадратичное значение (RMS) напряжения на выходе устройства, которое можно ассоциировать с громкостью. Часто, поскольку данный индикатор «слеп» для пиков вследствие своей баллистики (время отклика около 300 мс), он может быть дополнен пиковым индикатором.

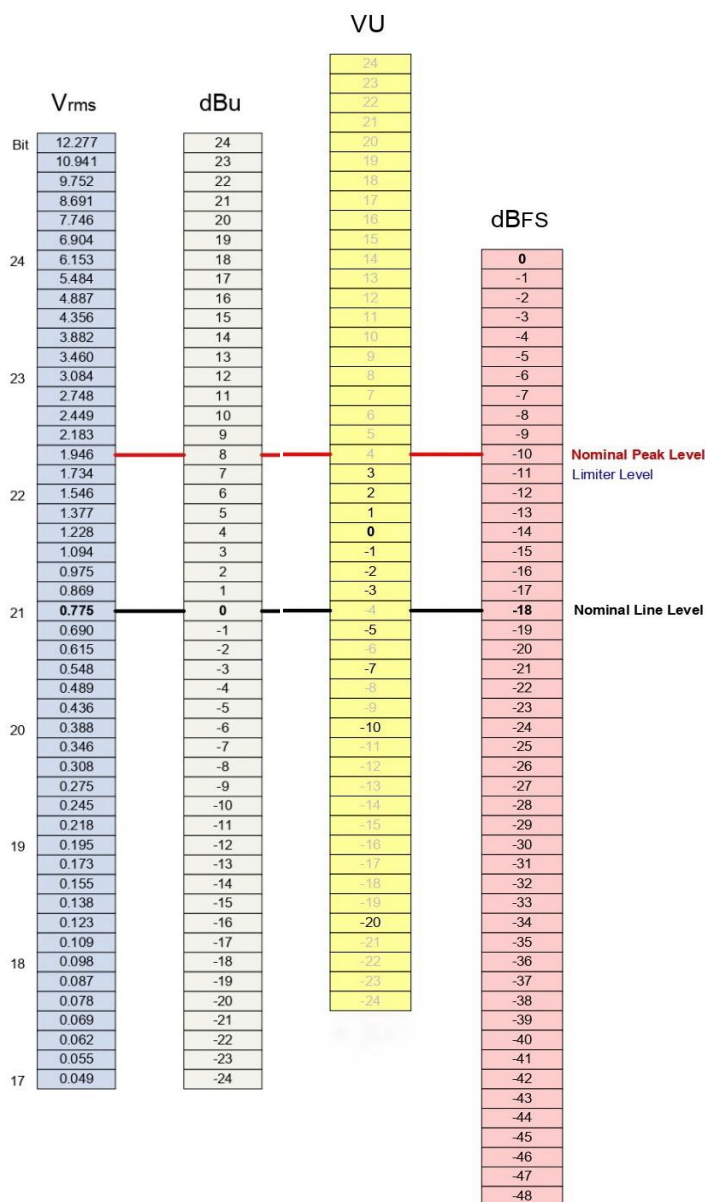
Шкала dBFS (full scale – полная шкала) обычно присутствует в цифровых приборах (но не обязательно). Уровень «0dB» в этой шкале соответствует уже факту перегрузки.

А напряжение 0,775В (0dBu) соответствует показанию шкалы в зависимости от цифрового разрешения конкретного устройства (для 24-битных приборов -22dB, для 20-битных -18dB, для 16-битных -14dB). На широко известном test-CD диске Алана Парсона тестовый уровень, соответствующий 0,775В, записан с уровнем -14dB.

Некоторые цифровые приборы имеют индикатор, показывающий не входной уровень, а «headroom». Это тоже необходимо учесть.

Прежде чем приступить к использованию, необходимо понять, какими индикаторами обладают приборы, и что эти индикаторы отображают.

Также большинство приборов имеют индикатор «clip». Этот индикатор не обязательно реагирует именно на «клип» (возникновение искажений), особенно в аналоговых приборах. Иногда он имеет предупреждающее действие, срабатывая за 3дБ (а иногда и за 6дБ) до достижения уровня перегрузки и искажения - клиппирования. Это тоже необходимо выяснять из мануалов на конкретные приборы и учитывать.



Для цифровых устройств (шкала dBFS), соотношение уровней по этой диаграмме зависит от свойств (разрешения) цифрового тракта конкретного устройства (битность, см. далее **стр.139**) .

В современном оборудовании +4dBu = 1.228V = 0VU

Любой усилитель является не идеальным устройством.

Вся радиоэлементная база схемотехники любого устройства создает некоторый уровень случайных электрических пульсаций (флуктуаций), которые «сливаются» в нижний шумовой порог – **уровень шума (Noise)**. К этому добавляются шумы «наведенных» электромагнитных помех.

Этот случайный электрический сигнал суммируется вместе с полезным и усиливается.

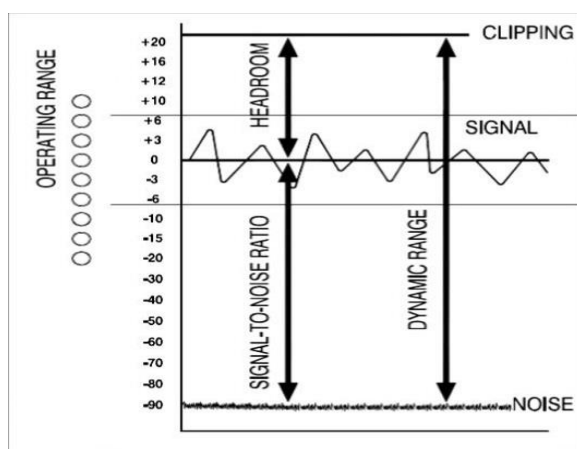
При понижении уровня входного сигнала ниже этого порога, собственные шумы устройства «маскируют» полезный сигнал и его дальнейшая обработка (в частности усиление) не имеет смысла.

Рассматривая аудиотракт, как комплекс последовательно (бывает и параллельно) подключенных устройств и каскадов важно понять, что общий уровень шума определяется суммой уровней шума всех устройств в этой системе устройств.

Как и искажения (clipping, стр.67), уровень шума накапливается и в дальнейшем от него избавиться не возможно! Если вы, на каком-то этапе снизили уровень сигнала, то при последующем усилении вы усилите и уровень шума – «поднимите шумовую полку».

На любой стадии прохождения и обработки звукового сигнала нужно добиваться минимизации уровня шума и искажений. **Испортить сигнал просто – восстановить невозможно!**

Теперь нужно вернуться к измерению уровня музыкального сигнала (стр.47-48) и сопоставить эти понятия и знания:



При этом нужно понимать, что **показанная на рисунке кривая – это НЕ график формы волны** в общем понимании (стр.42 и стр.47).

Это график изменения уровня – огибающая звукового сигнала, о ней поговорим чуть позже (стр.138).

Динамический диапазон «многогранное» понятие:

для реальной фонограммы он описывает разницу между самым громким и самым тихим звуком, для аудиотракта он описывает пространство между уровнем шума и уровнем клиппирования в dB.

Если рассуждать на счет понятия уровня шума (noise), который при рассмотрении конкретных устройств образуется в приборе и ограничивает динамический диапазон снизу, то для звукоусиливающего комплекса, при его использовании на реальной сценической площадке, уровень шума очень сильно добавляет шум зрителей.

На многих «рок-концертах» он может доходить до уровня 75 дБ. Что сильно ограничивает динамический диапазон всей системы звукоусиления в целом.

Говоря о крест-факторе (стр.48) музыкального сигнала, иногда имеют в виду его headroom, что не совсем одно и то же.

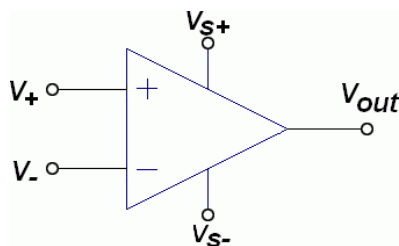
Крест-фактор рассматривается как отношение амплитудного и rms значения уровня относительно периода **периодического** сигнала, насколько можно судить о периоде при псевдопериодической случайной природе звуковых сигналов...☺

Headroom – это отношение максимального уровня аудиосигнала (случайного, не периодического) к его среднему значению по времени и способность аудио-устройства пропустить этот сигнал через себя (вопроизвести) без искажений.

Понятия: «пиковый», «амплитудный», «средний» и «максимальный» зависят от временных выборок для анализа и вычисления уровня!

3.3 Операционный усилитель и симметричные линии передачи сигналов.

Следующий важный каскад, требующий рассмотрения - **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 - слаботочное устройство, усилитель сигнала с коэффициентом усиления по напряжению «К», который имеет положительный (не инвертирующий) и отрицательный (инвертирующий) вход. **Усиливает разность между + и - входами.** Является самым распространенным активным элементом в схемотехнике аудио-устройств.

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

В симметричных линиях (часто называют балансными) передача сигнала осуществляется по двум проводникам («плюс» и «минус»), а экран играет роль общего провода.

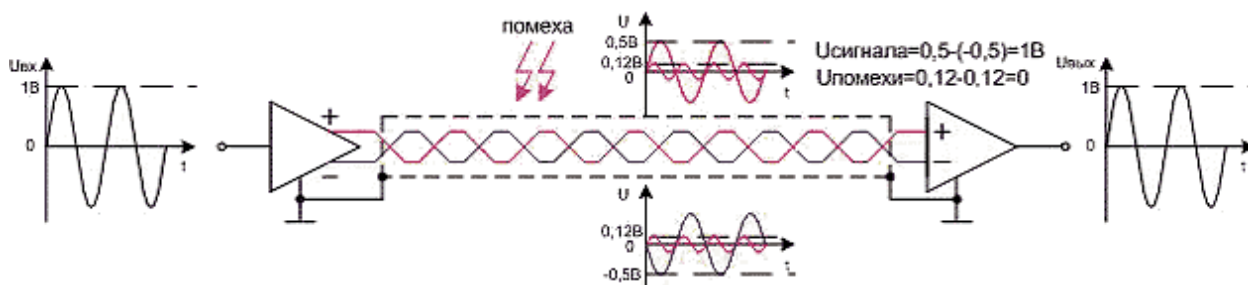
Такие линии реализуются на основе дифференциальных каскадов.

По плюсовому проводнику (по-английски hot - горячий) передается сигнал в одной фазе с исходным, а по минусовому проводнику (по-английски cold - холодный) передается зеркальный сигнал, перевернутый по фазе на 180° (перевернутая полярность). То есть по двум проводникам передается сигнал в противофазе относительно общего провода. Общая 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 и не является необходимым условием передачи сигнала.



Например (см. рисунок), если на одном проводнике амплитуда равна 0,5 В, а на другом -0,5 В, то результирующая амплитуда будет равна 0,5 В — (-0,5 В) = 1В. 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.

3.5 Классификация типов разъемов 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 из токопроводящего эластичного материала, который легко спутать с изоляцией. Обращайте на это внимание!!!



Экран кабеля (как небалансного, так и балансного) играет двойную роль: общий проводник и защита от внешних электромагнитных наводок. Экран линейного кабеля может быть медный плетеный, 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 (S/PDIF или AES/EBU) или DMX сигналов управления световым оборудованием. Кабели для передачи цифровых данных отличаются лучшей экранировкой, нормированным волновым (характеристическим) сопротивлением и пониженной погонной емкостью. Допускается при небольших длинах заменять одни другими, хоть это и не корректно.

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 (иногда обозначают TR, что неверно) 1/4" (6,3мм) и RCA, в быту именуемый «тюльпан».

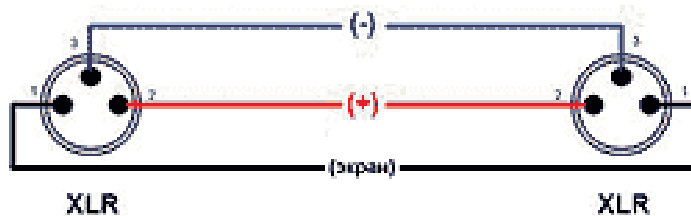


Разъем TS («моно-джек»).



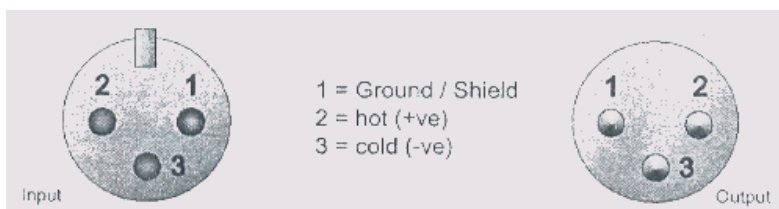
Разъем RCA («тюльпан»)

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 («микрофонный 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" (hot), а контакт 3 — с "минусовым" (cold) проводниками.

Кроме того в некоторых XLR-разъемах, есть не показанный на рисунке контакт 0 — корпус разъема, иногда его соединяют с контактом 1 (**из практики не советую этого делать** да бы избежать «земляных петель»).

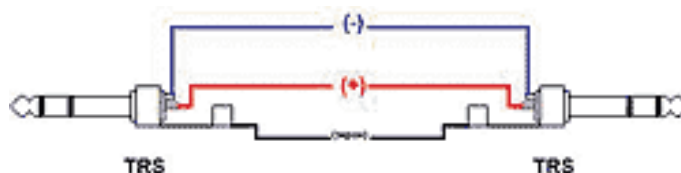
После пайки кабеля соответствующие контакты двух половинок разъема должны оказаться соединенными: контакт 1 штекерной части должен соединяться проводником кабеля с контактом 1 гнездовой части разъема XLR, контакт 2 — с контактом 2, контакт 3 — с контактом 3.

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.

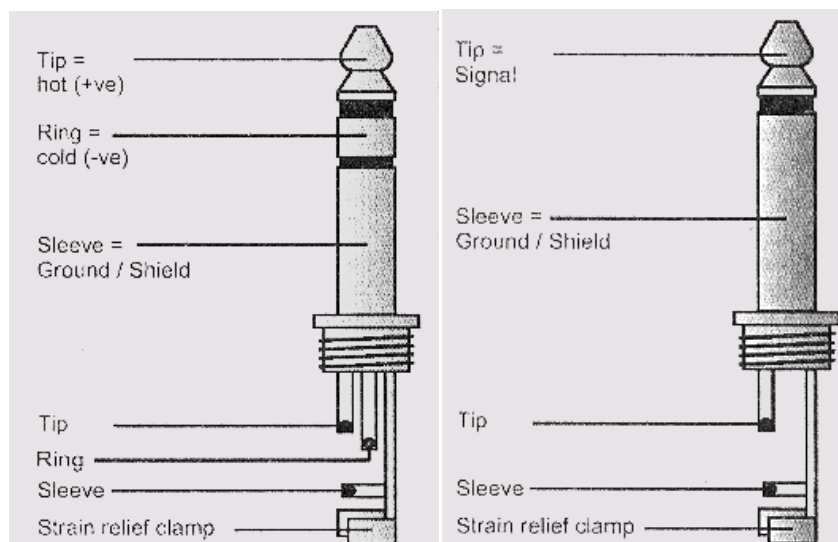
В худшем случае звука вообще не будет, а в лучшем - его тембр окажется заметно обедненным.

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 («кольцо»).

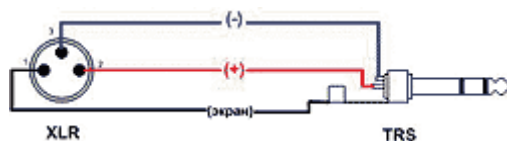
При использовании двухконтактного разъема контакт Sleeve соединяется с общим или земляным проводником, например экранирующей оплеткой кабеля, а контакт Tip — с сигнальным проводником.

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

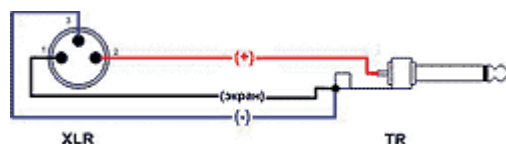
Так же распространены другие типовые диаметры разъемов Jack, например 3,5мм – mini-Jack – выход на стерео наушники мобильных устройств.

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:

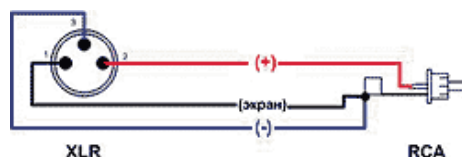
Кабель XLR-TRS:



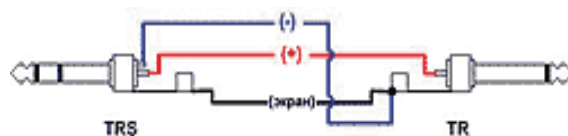
Кабель XLR-TS:



Кабель XLR-RCA:



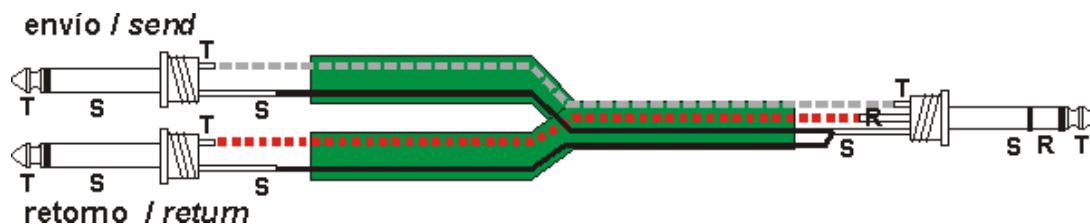
Кабель TRS-TS:



На этом рисунке небалансный (несимметричный, иногда говорят «mono-jack») обозначен как TR, что неверно!!! Правильно TS-Jack!

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 «аналоговым» микшерским пультам и некоторым приборам применяются инсертные (Insert, разрыв) кабели:



Такие кабели обеспечивают посыл («send») и возврат («return») сигнала во внешние аналоговые приборы обработки. Об этом будет рассказано ниже (стр.122, стр.136)

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.

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.

Инструментальный вход обычно является не симметричным (не балансным).

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

А, у хороших ламповых инструментальных усилителей или "студийных" предварительных 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 (или 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).

При не балансных схемах входных/выходных каскадов применяются разъёмы TS (моно джек) и RCA.

Важно соблюдать согласование входных и выходных сопротивлений источников и приемников сигнала (стр.60) и номинальные уровни (стр.67-69)!

Так же нужно понимать, что указанные значения входного и выходного сопротивлений – нормированные характеристики. И в реальности они тоже могут зависеть от частоты передаваемого сигнала.

Это один из факторов, которые определяют разность в звучании устройств и приборов, при прохождении через них звукового сигнала от одного источника.

Для линейных входов и выходов существуют несколько стандартных опорных (0дБ) уровней: +4 дБ (1,23 В), +6 дБ (1,55 В), -10 дБ (0,32 В) и -10 дБ (0,25 В) (**стр.68**).

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 **mic/line**. То есть, при необходимости их можно включать в микрофонный вход. **!!! Внимание !!! В таких случаях необходимо обращать внимание на отсутствие фантомного питания на микрофонном входе (далее стр.118)!!!**

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.

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 разъёмов 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.

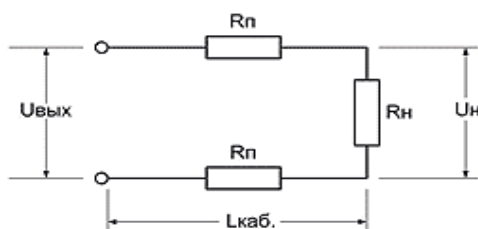
Необходимо всегда внимательно смотреть на разъем, понять принцип работы «защелки», прежде чем применять «грубую» силу!

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

Аналогично линиям электроснабжения (**стр.9, стр.21**).

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 рекомендациям из других источников, 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.

Монтаж соединительных кабелей и разъёмов аудио-кабелей.

Существует много технологий монтажа соединительных разъемов к кабелям.

Основные способы это винтовой зажим и пайка.

Прежде чем присоединять любым из этих способов, нужно осуществить зачистку кабеля от изоляции.

Острым ножом нужно пользоваться аккуратно, чтобы не повреждать многожильные проводники.

Существует много инструмента для зачистки:



Распускать плетеную экранирующую оплетку лучше шилом или мелкой крестовой отверткой.

После зачистки нужно свивать «распустившиеся» жилы и откусывать кусачками лишнее.

Длину зачищенного проводника нужно рассчитывать так, что бы после присоединении (пайкой или зажимным способом) длина оголенной зачищенной жилы (расстояние от изоляции до места присоединения) не превышала 0,5-1мм, не более.

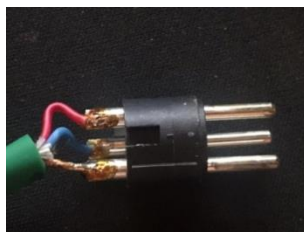
При монтаже винтовыми зажимами нужно пользоваться гильзами (кабельными наконечниками), которые предотвращают повреждения жил зажимным винтом и обеспечивают лучший контакт по всему диаметру набранного из мелких жил многожильного проводника.



Лудить выводы проводника, который соединяется винтовым зажимом не рекомендуется. Со временем, при образовании окисла и хим. реакции припоя с материалом покрытием клеммы (никель и т.д.) может возникать плохой контакт в месте соединения.

Перед пайкой соединений соединительных проводов с разъёмами (в нашем случае это касается скорее всего XLR и Jack) нужно прежде всего залудить зачищенный проводник и контактную площадку - покрыть тонким слоем припоя. При лужении и пайке нужно умеренно пользоваться канифолью и флюсами (**!!! не активными, активными не в коем случае!!!**). В некоторых случаях, когда разъем долго хранился, на контактной площадке образуется темный налет - окисел, который будет препятствовать лужению и пайке. В этом случае его нужно зачистить мелким наждаком или, в крайнем случае, ножом.

Как правило, жила оплетки экрана получается толще сигнальных проводников. Делайте ее немного короче так, что бы остальные проводники были немного свободны - "с провисом". В результате этого, в случае вытягивания кабеля из разъёма все усилие ляжет, прежде всего, на более толстую и жесткую жилу, что защитит от обрыва остальные проводники.



При пайке не нужно постоянно двигать ("елозить") жалом паяльника. При оптимальной температуре паяльника, коснувшись места пайки и прижав жало на одном месте нужно добиваться полного прогрева места пайки и растекания припоя. Если не догреть - получим эффект холодной пайки: рыхлый и матовый припой будет отваливаться «хлопьями» вместе с припаянным проводником. Если перегреть - можем повредить изоляцию проводника и расплавить пластиковые элементы конструкции разъема. В любом случае качество будет зависеть от Вашего Умения и Опыта.

Помните: все кабели должны быть качественно спаяны и проверены. Это залог бесперебойности работы всего оборудования!

Исходя из практики: никогда не припаивайте пин №1 XLR разъема ("экран") к контакту, присоединенному к корпусу самого разъёма. Этот контакт должен оставаться неиспользуемым.

Это спасет Вас от многих проблем связанных с "земляными петлями"!!!

Для передачи цифровых данных применяются свои типы кабельных линий.

Ethernet (LAN, витая пара) линии передачи:

При большом многообразии протоколов цифровых сигналов существует три основных вида кабельных линий передачи данных: Ethernet-витая пара (LAN, локальная сеть), коаксиальные кабели и оптические линии передачи.

Ethernet-витая пара - вид кабеля связи, представляет собой четыре пары изолированных проводников, скрученных между собой и покрытых общей оболочкой.

Свивание проводников производится с целью повышения электромагнитной степени связи между собой проводников одной пары (влияние электромагнитных перекрестных помех на оба провода).

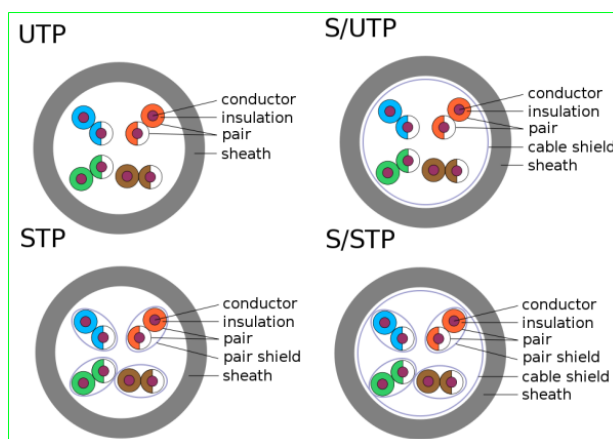
Различаются на категории по разному шагу «свития» и степени экранировки, что в свою очередь влияет на максимально-допустимую длину и пропускную способность (скорость) передачи данных..

	Length (meters)	Speed (Mb/s) (Gb/s)				Power Over Ethernet	Mhz
		10	100	1	10		
Cat-5	100	x	x			x	100
Cat-5e	100	x	x	x		x	100
Cat-6	100 55 for 10 Gb/s	x	x	x	x	x	250
Cat-6a	100	x	x	x	x	x	500

Физически возможно использовать кабель Cat-5 для гигабитной скорости, точно так же возможно сделать кабель длиннее 100 метров.

Стандарт не тестировался конкретно в ваших условиях, поэтому результаты могут быть любыми.

Существуют несколько стандартов экранировки кабелей Ethernet:



- незащищенная витая пара (**UTP — Unshielded twisted pair**) — какие-либо защита или экранирование отсутствуют;
- фольгированная витая пара (**FTP — Foiled twisted pair**) — также известна как S/UTP, присутствует один общий внешний экран;
- защищенная витая пара (**STP — Shielded twisted pair**) — присутствует экран для каждой пары;
- фольгированная экранированная витая пара (**S/FTP — Shielded Foiled twisted pair**) — отличается от FTP наличием дополнительного внешнего экрана из медной оплетки;
- защищенная экранированная витая пара (**S/STP — Screened shielded twisted pair**) — отличается от STP наличием дополнительного общего внешнего экрана.

Вопрос соединения экрана STP и FTP кабелей спорный! Из практики я рекомендую соединять экран такого кабеля только с одной стороны к экранированному разъему 8C8P (RJ45) или EtherCon-разъёму.

Расцветка жил в любом Ethernet кабеле имеет строго определенные цвета, соответствующие каждой из четырёх свитых пар проводников: бело-оранжевый, оранжевый, бело-зеленый, зеленый, бело-синий, синий, бело-коричневый, коричневый.

Для соединения Ethernet кабелей применяются специализированные разъемы: 8P8C.
Существует многообразие конструкции таких разъемов, но простой коннектор 8P8C (в простонародье "прищепка RJ45") подходит к большинству из них.



Для монтажа таких разъемов применяется специальный монтажный обжимной инструмент: пресс-клещи-кримпер RJ45:

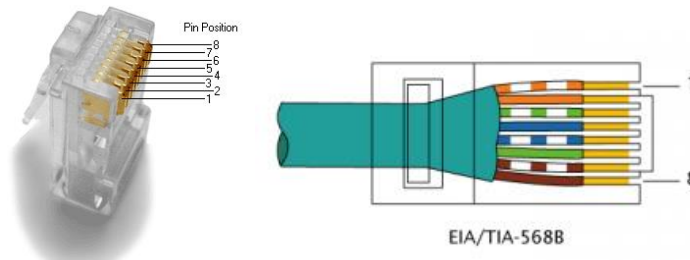


Распиновка (соответствие цветового порядка пар контактам разъёма) установлено стандартами TIA/EIA-568A и TIA/EIA-T568B. Эти два стандарта отличаются порядком чередования жил.

Так же, возможно два типа кабеля – прямой (оба конца обжаты по одному стандарту) и перекрёстный (концы обжаты по разным стандартам). Сейчас в локальных сетях используются только прямые кабели. Для обжимки концов обычно используется стандарт T568B.

Согласно ему, от первого к восьмому контакту провода должны идти в следующем порядке:

№1-бело-оранжевый, №2-оранжевый, №3-бело-зеленый, №4-синий, №5-бело-синий, №6-зеленый, №7-бело-коричневый, №8-коричневый.



Обжав кабель с двух сторон, мы получаем **патч-корд**. Им можно соединить два Ethernet-устройства, к примеру, свитч и сетевой порт другого устройства.

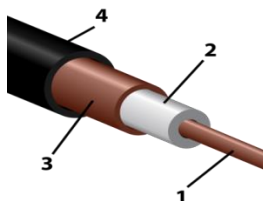
В профессиональной технике обычно применяется тип разъема 8P8C RJ45-EtherCon:



Принцип соединения и фиксации таких разъемов друг с другом аналогичен разъемам XLR.
В панельную часть EtherCon всегда подходит простая кабельная «прищепка» RJ45 любого патч-корда.

Коаксиальные линии передачи:

Для радиочастотных сигналов и некоторых протоколов передачи аудиоданных (MADI) применяются коаксиальные линии связи. Используемый для таких линий передачи кабель напоминает по конструкции инструментальный аудиокабель, с отличием на нормировку погонной ёмкости и волнового сопротивления, так как процесс передачи цифровых данных ведется на высоких частотах.



1- внутренний проводник, 2-изоляция (сплошной полиэтилен) особой конструкции, которая обеспечивает постоянство взаимного расположения внутреннего и внешнего проводников, 3-внешний проводник (экран), 4-оболочка.

Коаксиальный кабель так же используется:

- в приемной/передающей сценической технике (например для подключения радиосистем к выносным антеннам). В этом случае используются коаксиальные радио-кабели с волновым сопротивлением 50 Ом.
- в видеотехнике для передачи цифрового видеосигнала SDI (волновое сопротивление 75 Ом).

Следует помнить: все коаксиальные кабели "не любят" изгибов под острыми углами!!! Каждый производитель нормирует радиус изгиба для каждой модели выпускаемого коаксиального кабеля.

Основной тип разъемов для коаксиального кабеля в наших применениях - разъемы BNC.



Стоит отметить еще такой стандарт передачи **цифрового стерео-сигнала**, как AES\EBU (AES3).

Такой **двухканальный** цифровой сигнал передается по «аналоговым» симметричным линиям (кабелям) XLR-XLR. Причем стандарт волнового сопротивления таких линий **110Ом**.

Оптоволоконные линии передачи:

Все чаще для передачи цифровых данных в сфере шоу-техники применяются оптоволоконные линии связи. Они отличаются от выше описанных линий большими допустимыми протяженностями.

Оптические волокна, применяемые для передачи данных, имеют принципиально схожее строение. Светопередающая часть волокна (ядро, сердечник или сердцевина) находится в центре, вокруг него располагается демпфер (который иногда называют оболочкой). Задача демпфера – создать границу раздела сред и не дать излучению покинуть пределы ядра.

Существуют одномодовые и многомодовые кабели – это определяется спецификацией конкретных устройств. **Одномодовые и многомодовые оптические кабельные линии не подходят друг к другу!**

Разъемных соединителей оптических кабелей великое множество. Процесс соединения оптоволокна к разъему сложен и требует определенных приспособлений и оборудования. Обычно, в полевых условиях, оптоволоконные линии не ремонтируются.

Приобретаются оптические кабельные системы обычно в сборе - "под ключ".

В студийных и бытовых аудиосистемах для передачи цифрового звука применяются оптические кабели стандарта "optical s/pdif" и "ADAT". Иногда встречается стандарт "Toslink".



Все эти виды и типы кабелей нужно знать для общей технической эрудиции.

Поддержание в порядке кабельного хозяйства прокатной компании - первоочередная задача техника в свободное от мероприятий и выездов рабочее время на складе.

Для оперативной проверки кабелей применяются универсальные кабельные тестеры:



При подключении тестируемый кабель нужно слегка помотать и пошатать из стороны в сторону, в этом случае все плохие контакты и оборванные проводники отобразятся на индикаторе тестера.

Регулярно производите визуальный осмотр и тестовую проверку кабельного хозяйства!

Огромное внимание на площадке необходимо уделять защите кабельных линий электропитания и сигнальных линий от внешнего воздействия в местах проходов людей и персонала!

Основные причины:

- обеспечение электробезопасности в случае повреждения изоляции электрических кабелей.
- обеспечение безопасного прохода Артиста на сцену, нахождения на сцене и зрителей в зале.
- обеспечение надежного соединения компонентов. (не допустить повреждение сигнальных линий).

Для такой защиты применяются напольные кабель-каналы и «капы» - специальные мобильные резиновые или пластиковые лотки с крышками:



Она различаются по конструкции, весу, материалу и допустимым внешним нагрузкам. Некоторые могут выдерживать «переезд» грузовым автомобилем весом в несколько тонн. В некоторых случаях, на сцене, допускается просто проклеить провода специальным сценическим скотчем («Gaffa») и накрыть резиновыми ковриками.

3.6 Усилители мощности.

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

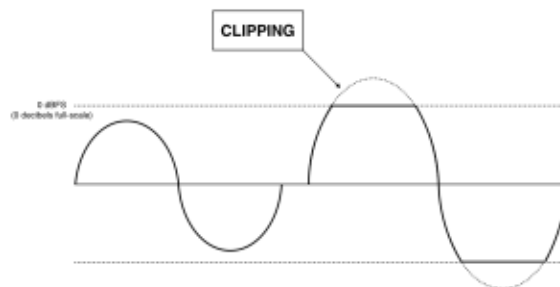
Принцип работы усилителя состоит в том, что они преобразуют подводимую к ним от источника питания мощность (напряжение питания) в переменный ток в нагрузке, причем форма сигнала на выходе полностью повторяет сигнал на входе. Выходной каскад усилителя мощности является усилителем тока и согласует предварительные 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.

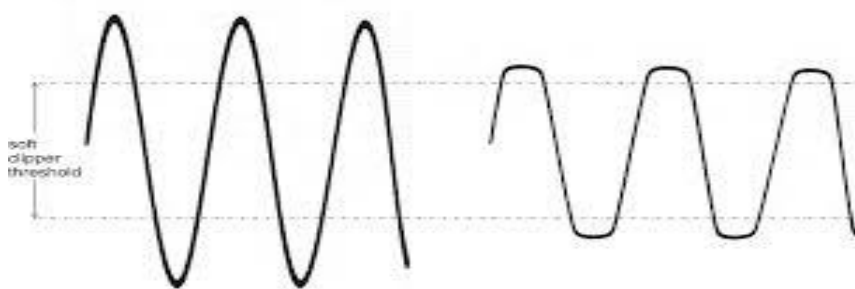
Мощность усилителя (максимальная выходная мощность) показывает лишь то, сколько энергии он может отдать без искажений и ограничения (лимитирования) в акустическую систему с определенным сопротивлением.

На практике выходное напряжение и выходной ток реального усилителя мощности ограничены напряжением питания выходных каскадов и их схемотехникой (стр.67).

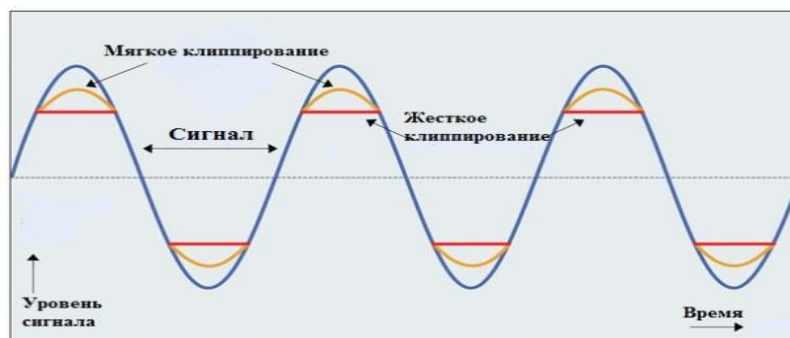
При достижении амплитудных значений выходного тока или выходного напряжения происходит жесткое ограничение амплитуды. На примере синусоидального сигнала: в режиме «Clip» синус почти «превращается» в прямоугольник. Резко возрастает RMS уровень сигнала и количество гармоник, что может вывести акустическую 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 – характеристика степени искажений**) 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 потребленной от сети электропитания 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 (потери)

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 (увеличивает отдаваемую мощность пропорционально входному сигналу умноженному на коэффициент усиления) и соответственно начинает потреблять больше энергии от сети питания. Это потребление не является постоянной величиной – оно меняется в зависимости от усиливаемого звукового сигнала.

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

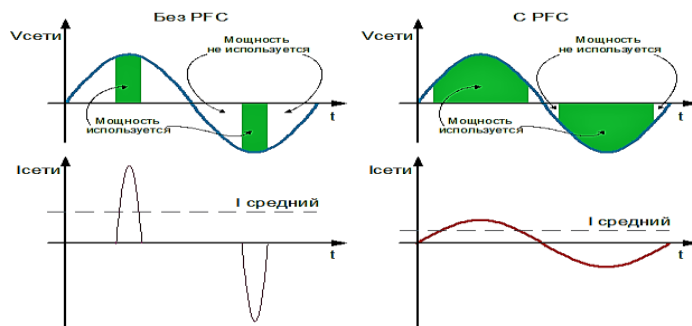
Средняя мощность усилителя, которую он потребляет от электросети, пропорционально зависит от параметров входного сигнала (формы, амплитуды). Некоторое усреднение тока потребления происходит на электролитических конденсаторах большой емкости, которые установлены во вторичных цепях блоков питания усилителей (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.

Пиковые значения потребляемой мощности и форма потребляемого тока зависят от схемотехники источника питания усилителя.

В современных профессиональных усилителях применяется схемотехническое решение – модуль корректора фактора мощности (PFC, Power Factor Corrector). Это устройство как бы «размазывает» необходимую усилителю электрическую мощность на весь период сетевого напряжения питания и потребляемый ток практически повторяет форму входного напряжения: превращает полную реактивную потребляемую мощность в активную (**стр.39**) и снижает реактивную составляющую.

PFC устройство особенно необходимо в УМ с импульсными блоками питания и цифровых усилителях с «сложной» формой потребляемого тока.

С помощью Power Factor Corrector сложная электрическая реактивная нагрузка стремится к активной - в некотором приближении к утюгу! ☺ - снижаются импульсы потребляемого тока.



В большинстве современных УМ потребляемая от электросети мощность сертифицирована производителем как величина не больше 16А (стандарт «сетевой» вилки Schuko).

При указанных выходных мощностях в десятки киловатт – это импульсные мощности, которые усилитель может отдать в нагрузку без искажения в течение малого промежутка времени, но они (эти промежутки времени) вполне достаточны для максимального усиления реального музыкального сигнала.

Например, импульс от воспроизведения удара большого барабана («бочки») усилится без искажения и, по его завершению, до следующего такого импульса усилитель «наберет» необходимую энергию из питающей электросети снова. Все зависит от длины этого импульса.

Если вспомнить о том, что кабель питания имеет погонное сопротивление по всей своей длине, и при протекании тока на нем образуется падение напряжения (стр.9), следует 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 (изменение значения напряжения питания в «такт музыки») может достигать десятки вольт.

Средняя мощность определяется средним значением тока, а падение напряжения – его пиковым значением. Так как закон Ома, которому подчиняется падение напряжения – это отношение мгновенных величин тока и напряжения (стр.7). По аналогии с крест(пик)-фактором (стр.48).

Соответственно, например, при ударе большого барабана («бочки»), 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.

Усилитель – самый «энергопотребляющий» элемент звукового комплекса!

Иногда на площадках местный оперативно-технический персонал (электрики, энергетики) спрашивают о величине потребляемой мощности и удивляются, что мы не можем однозначно ответить на этот вопрос...

При работе всего сценического комплекса, состоящего из множества усилителей мощности и других устройств, мы не можем корректно и точно обозначить потребляемую им электрическую мощность.

Можно только дать техническое задание на точку подключения.

Например: «Необходим разъем СЕЕ 125А 5pin (380В\220В, 125А на фазу, нагрузка несфазированная\несимметричная по фазам, потребление «звездой» однофазными потребителями через наш мобильный ЦР). Система заземления TN-S. Сечение вводной кабельной линии и автомат защиты должны соответствовать току 125А по нормам ПУЭ. Средняя мощность потребления составит 60киловат.»

Или так: «В ЦР необходим свободный трехполюсный АВ 125А (380В\220В, 125А на фазу, нагрузка несфазированная\несимметричная по фазам, потребление «звездой» однофазными потребителями через наш мобильный ЦР). Система заземления TN-C-S. Сечение вводной кабельной линии должно соответствовать току 125А по нормам ПУЭ. Средняя мощность потребления составит 60киловат.»

Не стоит удивляться, если, в течение работы местный энергетик произведет замеры токовыми клещами ток по какому-нибудь из фазных проводников, ток может не достигать и 30Ампер.

Нам важно минимизировать **мгновенные значения тока** и, соответственно, мгновенные значения падения напряжения на линии электропитания (стр.9, стр.21).

Исходя из практики, обычно указываемую среднюю мощность можно считать вполне достаточно за 0,4 от максимальной музыкальной звуковой мощности, а потребляемый ток из расчета в 0,7.

Для примера расчета: имея двухканальный усилитель с «заявленной» суммарной максимальной выходной («паспортной») мощностью каждого канала усиления на минимальное сопротивление нагрузки, допустим, 4кВт на 2Ом можно указать потребляемую среднюю мощность $(4*2) * 0,4 = 3,2\text{kW}$, а пиковый ток, для расчета падения на линии электропитания, при этом считать $(4000*2) * 0,7 / 220 = 25\text{А}$.

При этом даже если поставить на этот усилитель по питанию защитный автоматический выключатель номинальным током С10А – со 100% вероятностью он не отключится при воспроизведении музыки.

Конечно, все это приблизительно и зависит от схемотехники усилителя и от воспроизводимого музыкального сигнала, но вполне достаточно для ориентировки.

Такие себе «нарушения» закона Ома $P=U*I$...☺☺☺ Хотя, конечно, никакого нарушения нет!

Максимальная мощность усилителей на определенную величину сопротивления нагрузки – величина не линейная!

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

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

Максимальная мощность усилителя на определенное сопротивление нагрузки зависит от его схемотехники.

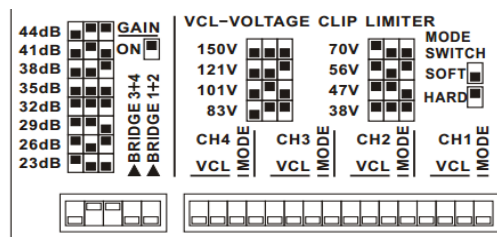
Нужно рассматривать мануалы и технические характеристики конкретных моделей усилителей.

Большинство усилителей допускают работу с нагрузкой до 2Ом. Но это минимальное значение сопротивления нагрузки. В дальнейшем мы увидим, что сопротивление реального динамика может опускаться ниже его номинального значения (стр.90), что при параллельном соединении необходимо учитывать. Некоторые модели УМ не могут корректно работать с нагрузкой менее 4Ом.

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

У многих усилителей мощности (стр.84) коэффициент усиления (Gain) и порог лимитирования может устанавливаться переключателями (DIP) или программно через menu.

Для примера панель DIP-переключателей 4-х канального усилителя мощности Lab.gruppen FP10000Q:



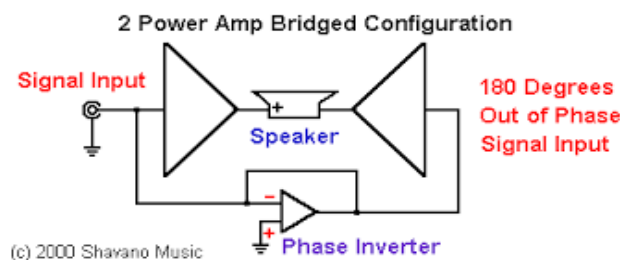
Соответственно, для УМ FP10000Q, коэффициент усиления устанавливается одновременно для всех 4-х каналов (на рисунке установлено 44dB), а порог лимитера устанавливается для каждого канала в вольтах амплитудного значения по отдельности (на рисунке установлено 150V для всех четырех каналов одинаково). Имеется возможность переключать режим лимитирования: Soft (мягкий) и Hard (жесткий).

Собственно говоря, ручка регулировки уровня («громкости» ☺) является плавным уменьшением коэффициента усиления и никак не влияет на максимальную выходную мощность!!!

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 тоже источника.

Режим BRIDGE ("мост") предназначен для повышения выходной мощности в случае работы 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.

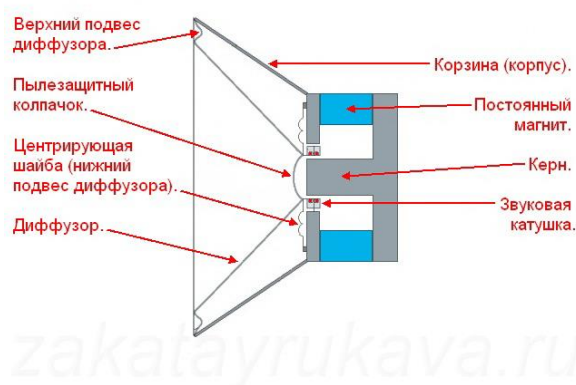


Хотя, современные усилители мощности имеют многоступенчатую защиту, короткое замыкание на выходе может повлечь за собой выход прибора из строя. Следует следить за состоянием кабелей коммутации и не допускать КЗ (короткого замыкания).

Очень внимательно читайте инструкции и смотрите, к каким разъемам вы присоединяете кабели. Ошибки в коммутации могут вывести из строя дорогостоящее оборудование!!!

3.7 Динамики и основные характеристики пассивных акустических систем.

Конструкция классической головки громкоговорителя:



Громкоговоритель (динамик) – это устройство, преобразующее электрический звуковой сигнал на входе в слышимый акустический сигнал на выходе. Преобразователь $U(t)$ в $P(t)$ (стр.47).

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.

Акустические системы и используемые в них громкоговорители подразделяются по конструкции и рабочему частотному диапазону.

Разные динамики, ввиду своих габаритных и конструктивных особенностей, не могут полноценно и равномерно воспроизводить весь диапазон слышимых частот (от 20Гц до 20кГц).

Динамики, предназначенные для воспроизведения низких частот, ввиду большой площади диффузора, большой массы подвижных частей магнитной системы и т.д. не позволяют воспроизводить высокие частоты с тем же КПД, что и низкие.

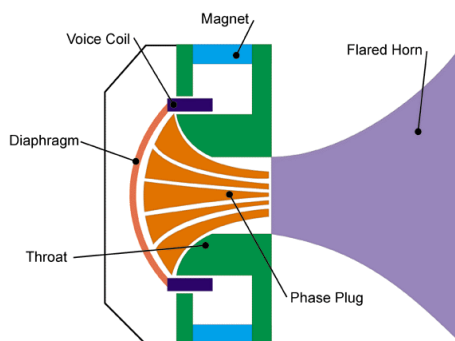
И, соответственно, высокочастотные динамики не могут воспроизводить низкие частоты из-за малого хода магнитной системы, малой площади диффузора и т.д.

Как мы можем заметить из аналогии розового шума музыкальному сигналу, низкочастотная часть спектра несет в себе больше энергии, чем высокочастотная. То есть низкочастотные динамики должны быть мощными. 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".

В компрессионных драйверах камера с диффузором мембраны акустически «нагружена» на рупор ("горн") или волновод (в системах линейных массивов).

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.

Нужно понимать, что конструкцию подвижной системы любого динамика можно рассмотреть как некую сложную механическую нелинейную инерционную резонансную систему:

Есть "масса" (диффузор и катушка), "пружина" (жесткость подвеса) и т.д.

Вспомнив про механические модели ёмкости, индуктивности и, состоящих из них пассивных фильтров (стр.14-15, 21, 61-64), можно понять, что явления и свойства в таких системах происходят аналогичные: любой динамик можно представить как пассивный фильтр со своей сложной АЧХ и групповой задержкой. К тому же имеет место неравномерное и нелинейное колебание мембраны диффузора для разных частот. Например, на высоких частотах большие диффузоры попросту не могут «успевать» передавать колебания всей своей поверхностью.

При воспроизведении диапазона частот одной динамической головкой будет иметь место воспроизведение разных частот с разным уровнем (АЧХ) и разным временным сдвигом (ФЧХ).

Так же нужно упомянуть демпфирование громкоговорителя:

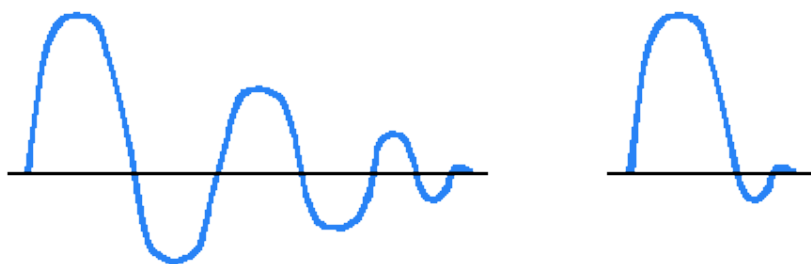
Если рассмотреть громкоговоритель, как механическую систему, где у подвеса диффузора есть «упругость» и он, как пружина, всегда стремится в свое первоначальное положение (стр.88), то нужно понять, что при обратном движении, в катушке движущейся в магнитном поле (в момент отсутствия сигнала) в громкоговорителе, возникает противо-ЭДС.

В зависимости от выходного сопротивления усилителя мощности, к которому подключен этот динамик, будет зависеть сила, которая противодействует этому перемещению и, соответственно, будет зависеть скорость этого перемещения – время, за которое диффузор займет свое первоначальное положение.

Это по аналогии как работа амортизатора в составе стойки стабилизатора автомобиля: этот элемент способен сократить колебания до минимума и в зависимости от своего типа будет делать это быстро и жестко или плавно и мягко.

Соответственно:

- если у усилителя большое выходное сопротивление, то диффузор быстро вернется в свое первоначальное положение, но вследствие инерционности механической системы, продолжит свои колебания какое то время.
- если у усилителя малое выходное сопротивление, то диффузор медленно вернется в свое первоначальное положение, и дальнейшие инерционные колебания будут уменьшены.



Плохое демпфирование Хорошее демпфирование

Демпинг-фактор – коэффициент демпфирования – это характеристика Усилителя Мощности.

Но большой вклад в его реальное влияние вносит сопротивление акустического кабеля соединяющего данный усилитель с данной акустической системой (стр.78) и пассивный фильтр (пассивный кроссовер АС) при его наличии.

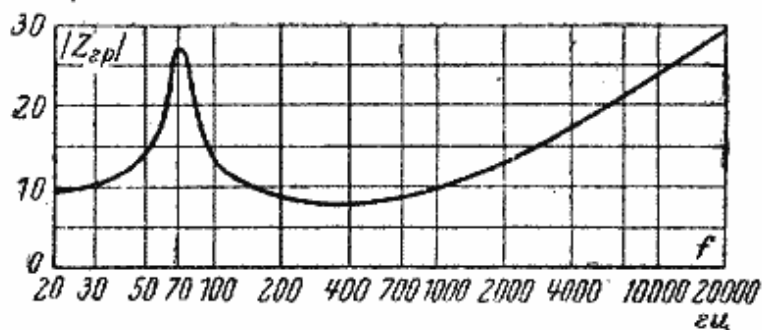
Сопротивление громкоговорителя (динамика) – полное сопротивление переменному току на частоте 1кГц. Головки громкоговорителей выпускаются с нормированным сопротивлением:

2 Ома, 4 Ом, 8 Ома, 16 Ом.

Это не сопротивление постоянному току, измеренное на выводах динамика мультиметром.

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).

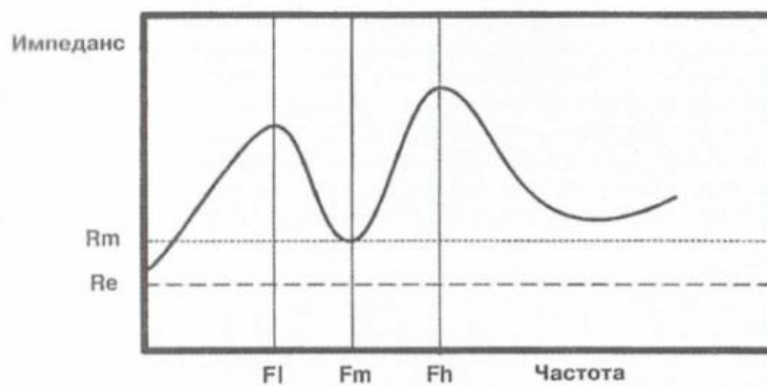
При подведении больших мощностей в течение длительного времени, катушка подвижной системы динамика может нагреваться, что тоже влияет на ее сопротивление:

Явление термокомпрессии – некоторое повышение величины электрического сопротивления катушки головки громкоговорителя, связанное с ее нагревом.

Есть еще много факторов, влияющих на импеданс громкоговорителя.

Например: любой корпус акустической системы (закрытый ящик, фазоинверторный, рупорный, резонаторный и т.д.) будет являться аналогом дополнительного "механического" фильтра - дополнительной резонансной системой, которая вносит вклад в общие характеристики акустической системы.

Кривая импеданса фазоинверторного корпуса динамика



При наличии в акустической системе пассивного кроссовера, который является тоже пассивным RCL фильтром - его влияние так же неизбежно.

Теперь представьте себе: какие сложные формы могут принимать АЧХ, ФЧХ и импеданса у реальных акустических систем и сколько параметров нужно учитывать при их разработке, изготовлении и настройке.

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, в данном случае, 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 усредненное 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.

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 (**стр.70**). Грубо говоря, термин мгновенная мощность относится к любому очень кратковременному «всплеску» мощности и обычно он ассоциируется с максимальной мощностью, которую может потребовать музыкальная программа. В какой-то мере ее можно считать «амплитудным» значением.

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, headroom (**стр.70**) огибающей музыкального сигнала, в нашем случае равен порядка 25 дБ, это типичное значение для классической музыки.

Для рок-музыки headroom будет в пределах 8 – 10 дБ. Для «клубных» стилей еще меньше.



Громкоговорители подвержены двум видам повреждений: механическому и термическому.

Предположим, что динамик подвергается избыточному воздействию низкочастотных составляющих музыкального сигнала. Через некоторое время движущиеся части динамика придут в столь напряжённое (изношенное) состояние, что может возникнуть нарушение гибкости подвеса, 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 переменному току резко падает (стр.21), 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 катушки от подвеса диффузора – из-за превышения пиковой мощности. Но это все очень приблизительно...

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 течение 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 по двум причинам:

- 1) в связи с тем, что музыкальный сигнал несет больше энергии (плотность мощности) в низкочастотной области (стр.57-58);
- 2) 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 влиянием 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).

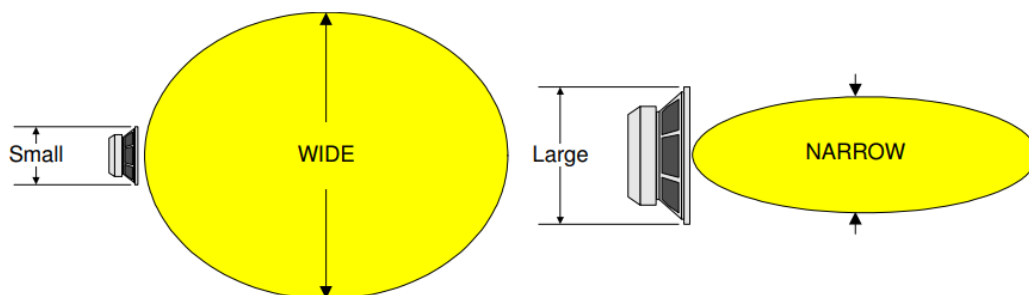
Максимальное звуковое давление (Maximum SPL) – является расчетной величиной исходя из чувствительности и пиковой мощности.

Измеряя (измерительным микрофоном или SPL-метром) развиваемое звуковое давление во всем слышимом диапазоне частот (по умолчанию 20–20000 Гц), получим график АЧХ по чувствительности.

Учитывая края диапазона, где давление не падает на определенное значение, называют рабочим частотным диапазоном системы (**Frequency Response**). Многие производители нормируют «падение» на -3dB, но бывают и другие значения.

Начинаем передвигать измерительный 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!

И направленность будет зависеть от размеров источника звука. Схематично можно показать так:



Если источник мал, его направленность широкая; если большой - направленность узкая.

«Малый» или «большой» - определяется соотношением размера источника к длине излучаемых звуковых волн (стр.42).

Стоит также отметить, что в связи с конструктивными особенностями, начиная с некоторого уровня подаваемого на 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 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 главным понятиям: «мощность» и «громкость».

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 (стр.51).**

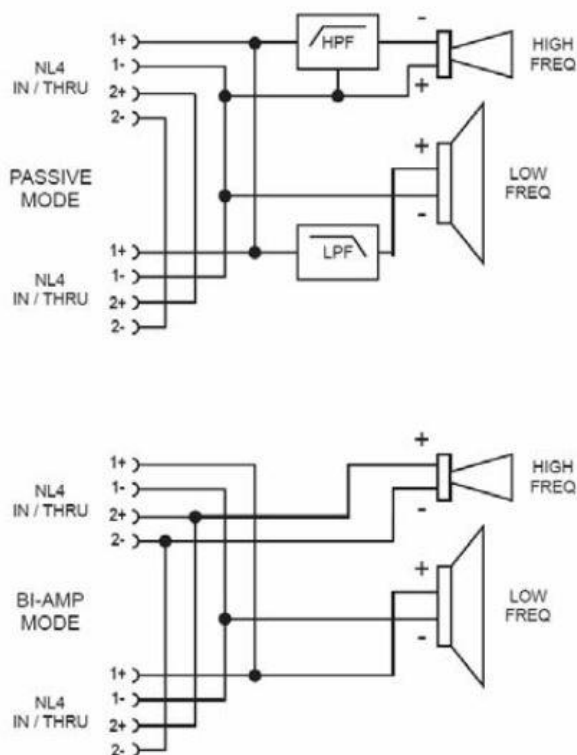
Например, при поступлении на тот же громкоговоритель мощности 10 Вт на расстоянии 1м звуковое давление составит 100 дБ, на расстоянии 4 м - 88 дБ, а если подать 20 Вт, то на расстоянии 1м звуковое давление составит 103 дБ, на расстоянии 4 м - 91 дБ (при идеальных условиях)

Из этого следует, что **для обеспечения одинакового звукового давления (громкости) при удвоение расстояния нужно увеличить мощность звуковой системы в ЧЕТЫРЕ РАЗА!!!**

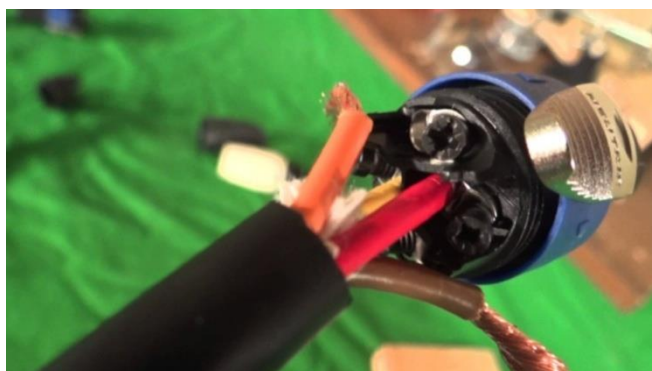
Еще один важный факт: при воспроизведении реального музыкального сигнала, измеряя величину электрического напряжения усиленного аудио-сигнала не всегда можно оценить объективную громкость звука. Громкость звука определяется средними значениями уровня этого сигнала, изменением динамического диапазона во времени, частотным балансом фонограммы и многими психофизиологическими факторами для слушателей.

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

В одном случае, сигнал подаваемый от усилителя делится в них с помощью пассивных (собранных на пассивных элементах R-C-L) фильтров, называемых пассивными кроссоверами. Такое подключение называется "широкая полоса" (Full Range, Passive mode). При этом на акустическую систему подается весь спектр (полный звуковой сигнал).



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 громкоговорителей, 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 вместе с этими усилителями (системном рэке или Amp-рэке).

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 присоединения простых Full Range акустических систем к усилителю мощности. При таком соединении вторая пара проводников в кабеле (2+,2- pin на разъеме) просто не используется.

На большинстве акустических системах, на задней коммутационной панели, установлено два разъема (допустим, самые распространенные - Speakon). Один из них подписан как "IN", второй может быть подписан как "Out", "Thru", "Link". В подавляющем большинстве акустических систем это равнозначные разъемы, контакты которых включены параллельно между собой (смотрите схему выше).

Эти разъемы предназначены для включения нескольких акустических систем одним подходящим кабелем, по несколько штук подряд, одна за одной. Такое подключение называется **Link**.

Хотя, визуально это выглядит как последовательное соединение акустических систем, электрически такое соединение является параллельным!!! Это нужно понимать!!!

Соответственно, если мы используем акустические системы с сопротивлением 8 Ом с простым стандартным среднестатистическим усилителем (минимальная разрешенная нагрузка 2 Ома), в Link мы можем подключить до 4-х таких систем, что бы общее результирующее сопротивление включенных параллельно 8-ми «омных» систем было не менее 2Ом.



Некоторые акустические системы имеют встроенный отключаемый пассивный кроссовер для возможности работы как в режиме Bi-Amp, так и в режиме "Full Range" (или "Passive") - в "широкую полосу".



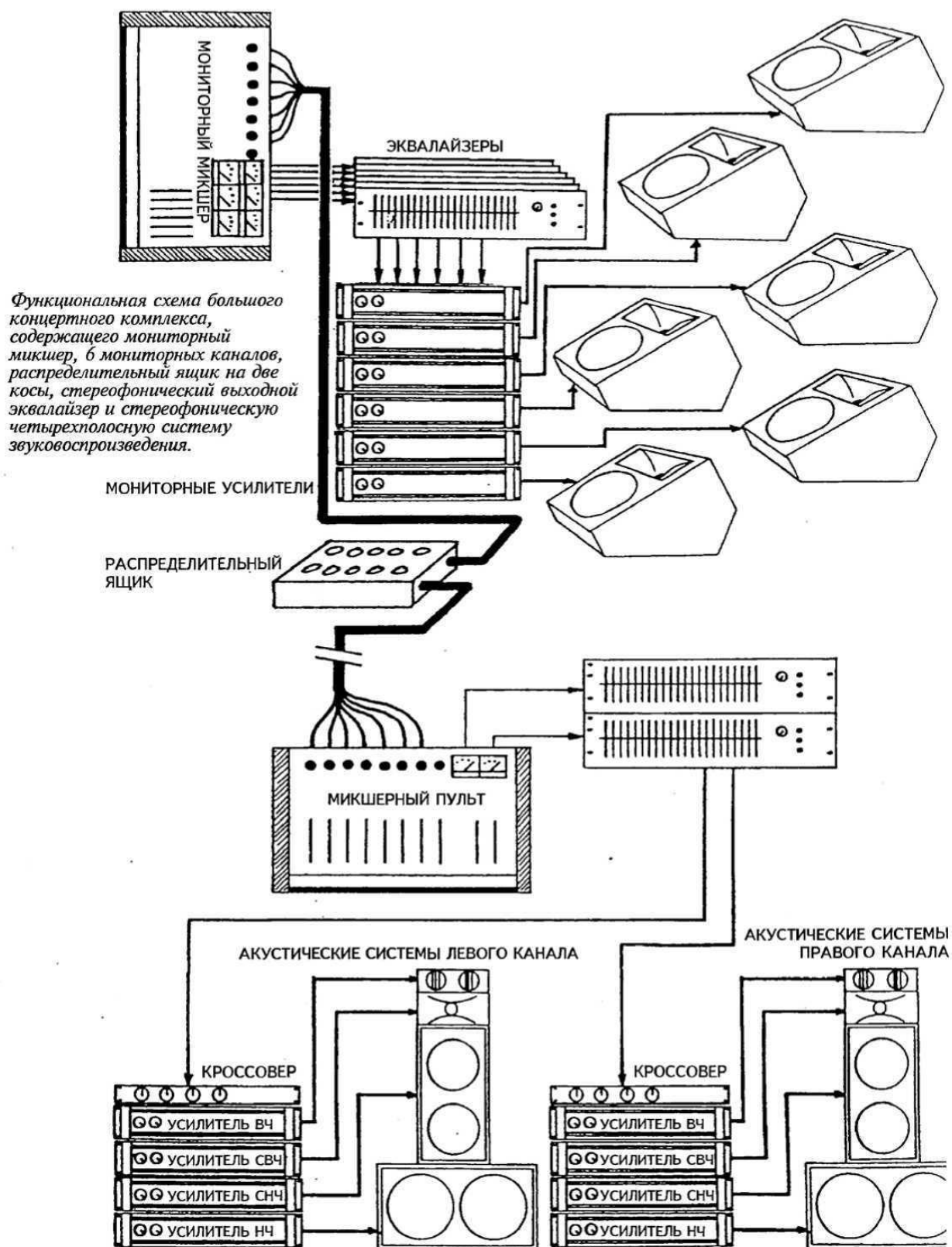
Такие системы имеют возможность работать как от одного усилителя (с внутренним пассивным кроссовером - фильтром), так и от двух с активным разделением частот (с внешним кроссовером).

Всегда обращайте внимание на положение переключателя. Обязательно нужно знать в каком режиме работает та или другая кабельная линия усиления, к которой вы подключаете акустическую систему.

Стоит так же 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.

3.8 Звуковой комплекс. Стандартная структура и оборудование.

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



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

Стоит заметить, что общее качество комплекса определяется минимальным качеством его любой составляющей!

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 основном, в современном звукоусилении применяются РА типа "**Line Array**" (линейные массивы).

РА-системы линейных массивов представляют собой подвешенный на раме вертикальный набор (массив, кластер) некоторого количества элементов (отдельных акустических систем – элементов массива) 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. Соответственно, при постоянном горизонтальном угле, вертикальный угол «набирается» количеством элементов массива.

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**" (**groundstack**) означает расположение акустических систем стоя, "на полу".

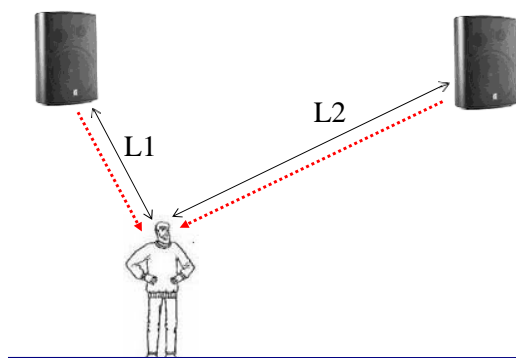
Дополнительные группы акустических систем могут озвучивать "мертвые" зоны, на которые не хватило "раскрыва" (дисперсии, **стр.93**) основной системы РА.

Это **In-Fill** (озвучивают внутреннюю зону от основной системы), **Out-Fill** (озвучивают внешнюю зону - боковую), **In-** или **Front-Fill** (озвучивают передние ряды зрителей), **Delay** (озвучка удаленных зон).

Одной из главных проблем систем звукоусиления является проблема равномерности АЧХ и уровня звукового давления на озвучиваемой площади.

Во первых, в связи с затуханием звука, первые по расположению от акустических систем слушатели всегда будут испытывать дискомфорт от избыточной громкости (звукового давления), а последние всегда испытывать ее недостаток.

Во вторых: при классической расстановке звуковой системы РА в «стерео» (типа «Left-Right») мы имеем два когерентных источника (**стр.45-46**), что уже влечет за собой неравномерность звукового поля из-за интерференции и, следовательно, эффект гребенчатой фильтрации (**comb-filter стр.46**, и далее на **стр.112**), в каждой точке пространства при неравномерном удалении от источников звука (акустических систем).



Время задержки звука, с.: $T = |L1 - L2| / V$,
где L1 – Расстояние от слушателя до громкоговорителя 1,
L2 – Расстояние от слушателя до громкоговорителя 2,
V – Скорость распространения звука в воздухе (340м/с).

И так, соответственно для каждой точки озвучиваемого пространства.

А если у нас сложная система с разнесенными системами Left, Right, sub-left, sub-right, front-left, front-right, плюс множество Fill-лов и Delay-ев?

Для решения этих задач применяется много методов, но... !!! **Физику не обмануть !!!**

Эти проблемы возникают всегда и везде!

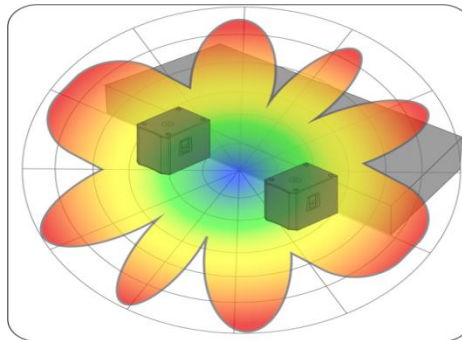
С помощью каких-то средств и решений мы можем только уменьшить эти негативные явления, но полностью от них избавиться на всей озвучиваемой площади мы не сможем!

Основной метод приближения к равномерному звуковому покрытию и уменьшению эффекта интерференции между двумя (или несколькими) акустическими системами является «зонирование» площадки (дополнительными In, Front - fill-в, Delay и т.д. дополнительных акустических систем) и минимизации их взаимного «перекрывания» - выбор акустических систем по дисперсии (направленности) для уменьшения зон, в которых эти системы развивают одновременно звуковое давление с разницей менее 12dB в одном диапазоне воспроизводимых частот.

Следующая проблема, которая возникает при решении задачи равномерности – **дисперсия (направленность) любой акустической системы с понижением частоты стремится к круговой.**

Соответственно, чем ниже частотный диапазон (ниже частота) сигнала, который производит эта система, тем меньше физических возможностей выполнить условие зонирования в этом диапазоне.

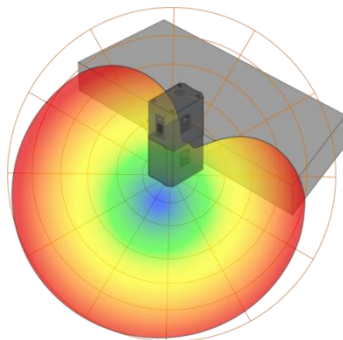
Разнесенные в пространстве SUB-системы будут всегда интерферировать между собой!



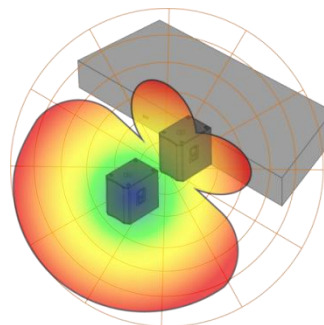
Тем более что низкочастотные акустические волны «лучше всего» отражаются от поверхностей площадки (от стен, пола, потолка и т.д. – НЧ-диапазон мало поглощается), что приводит к появлению виртуальных (фантомных) источников отражения (**стр.46**), которые также принимают участие в общей картине интерференции.

Для формирования (в частности сужения) диаграммы направленности низкочастотных громкоговорителей применяются разные методы их расстановки и настройки параметров: Кардиоидная постановка (Cardioid Array), End-fire Array, «Арка», виртуальная «Арка» и т.д.

Cardioid Array:



End-fire Array:



В результате таких постановок можно добиться более-менее равномерного «покрытия» площадки низкими частотами.

Кроме того решается вопрос с переизбытком SUB-диапазона на сцене, что положительно скажется на восприятии мониторингового звука Артистом: проблема из-за «маскирования» (**стр.53**) мониторингового микса низкочастотным звуком от РА-системы. **Но стоит отметить, что такие постановки требуют точного расчета и отдельной настройки (процессинга) каждого элемента по времени (задержки) и уровню.**

Все рассмотренная информация выше и далее по тексту является обзорной, что бы только обозначить эффекты, проблемы и некоторые методы их решения: введение в Системную Инженерию и Звукорежиссуру.

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.

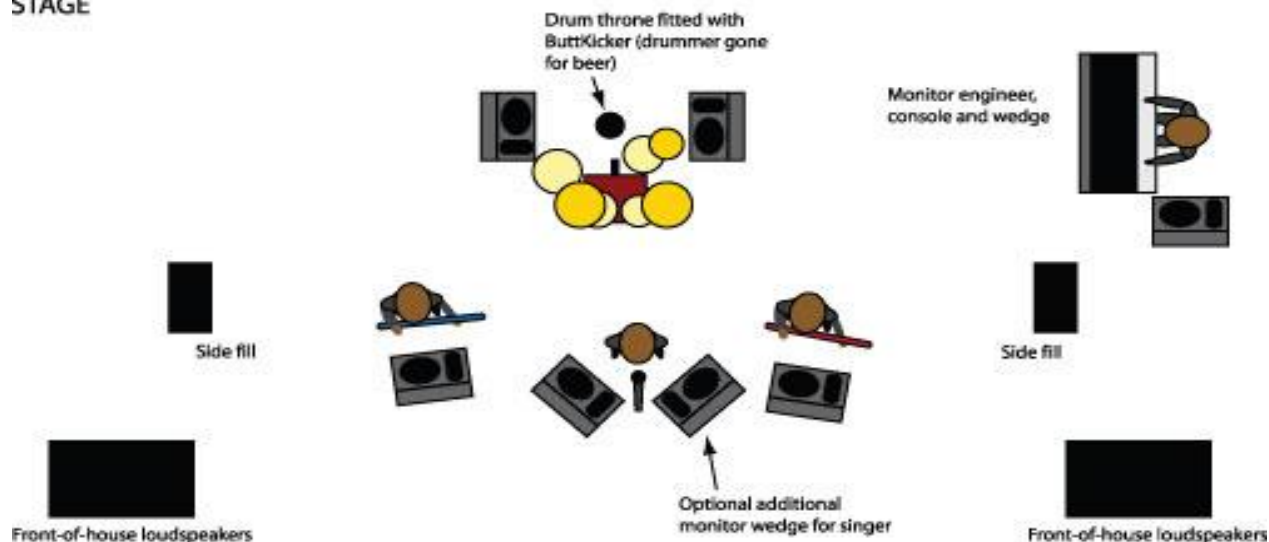


Side Fill ("прострелы") - мощные акустические системы, расположенные по бокам сценической площадки, которые тоже относятся к системе мониторинга. Эти системы обеспечивают общее звучание Артистов на всем пространстве сцены.



Все расположение оборудования на сцене показывает Stage-Plan технического райдера:

STAGE



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. Ниже мы рассмотрим методику настройки RF (радио-каналов).

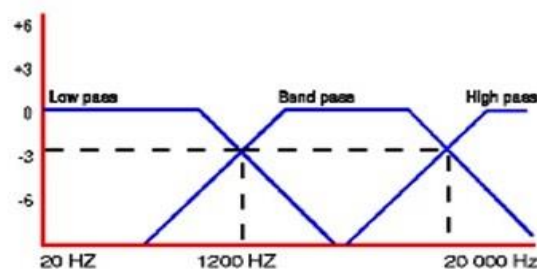
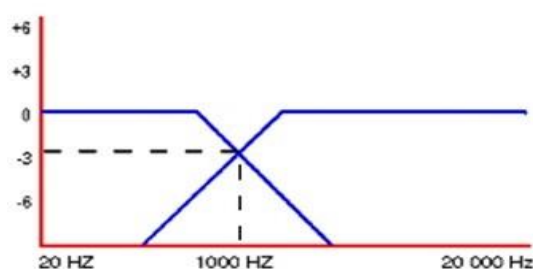
Радиосистема InEar:



Возвращаемся к звуковому комплексу (стр.97):

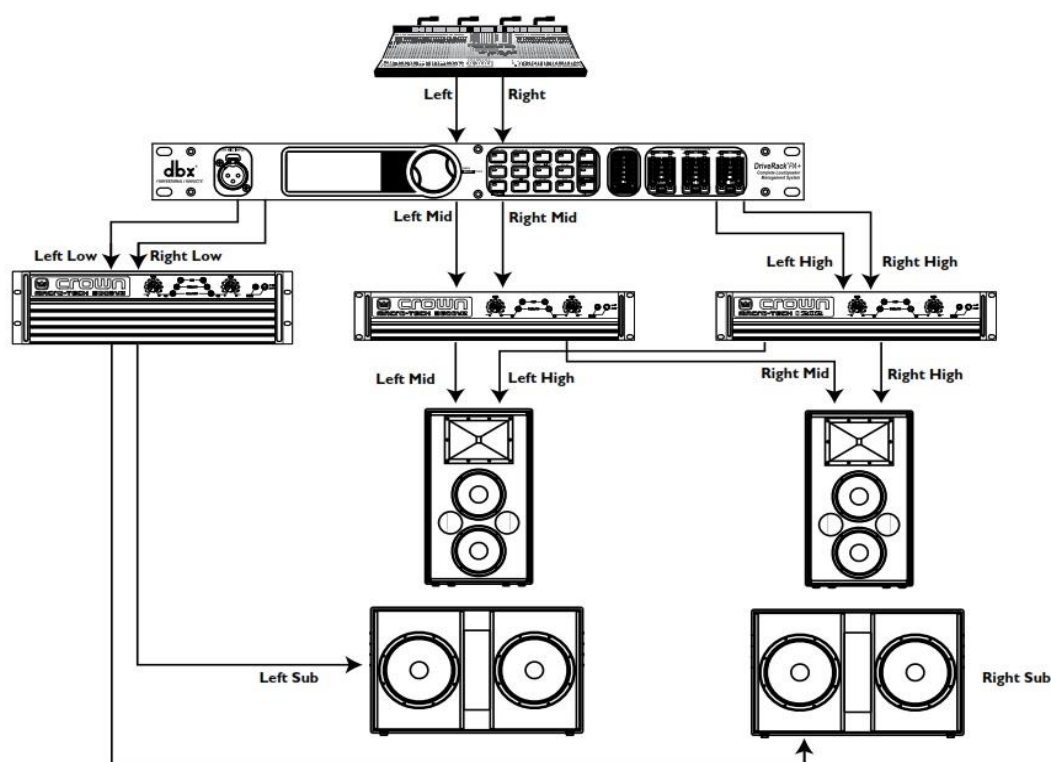
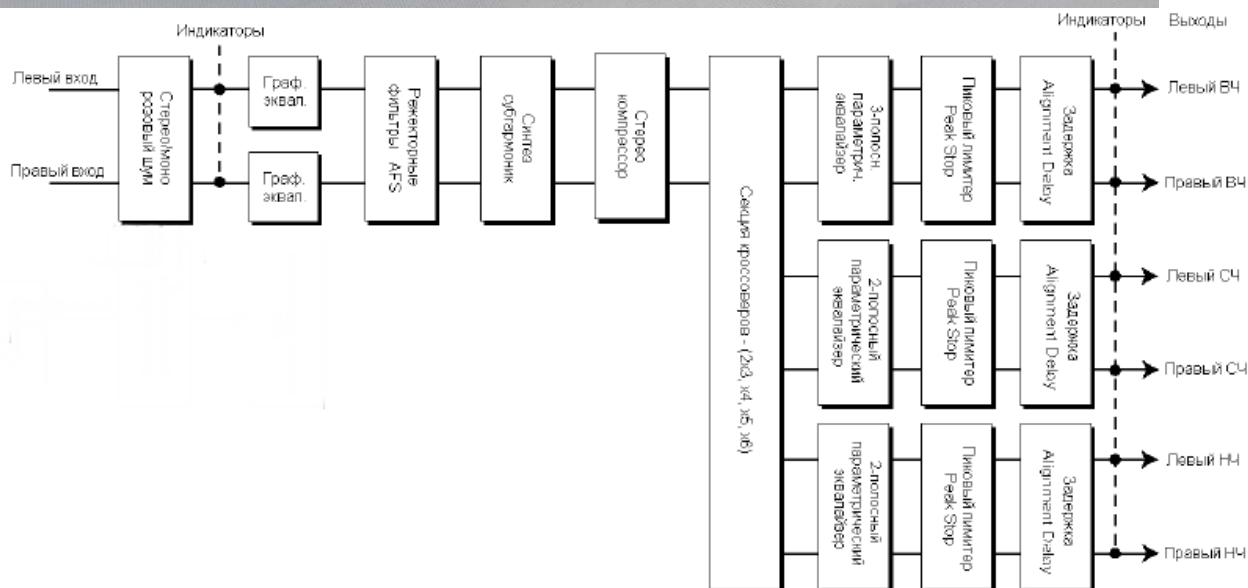
Кроссовер - устройство для разделения аудио сигнала по частотным полосам для последующего усиления и воспроизведения специализированными для этих полос акустическими системами и громкоговорителями в них (стр.94).

Представляет собой набор частотных фильтров сигнала линейного уровня:



При этом каждая «полоса» имеет свой линейный выход для подключения отдельного усилителя мощности.

В настоящее время для разделения выходных сигналов с микшерского пульта на сигналы раздельного усиления полос и их обработки применяют **цифровые процессоры акустических систем (контроллеры)**, имеющие в своем составе кроссовер:



Процессоры обеспечивают разнообразную обработку (в том числе разделение полос) и гибкую внутреннюю маршрутизацию.

Усилители мощности основной звуковой системы РА обычно установлены и предварительно скоммутированы в рэке (туровом ящике для перевозки и защиты оборудования) вместе с процессором.

Каждый рэк может работать в стерео режиме (один («Left-Right») на площадке на основную РА систему) и в моно режиме, как указано на **стр.97**.

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

Снова возвращаемся к рисунку на **стр.97**.

Сценический распределительный ящик мультикорного кабеля обычно называют StageBox.

К нему подключаются все источники сигнала на сцене.

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 (**стр.97**), скорее всего, имелось ввиду, 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 пульта, устройства многоканальной записи, телевизионная ПТС и т.д. Сплиттеры рассмотрим подробнее на **стр.119**.

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-е. Иногда используется цифровое сплиттирование на FОН и MON. При этом используется единственный стейджбокс для двух микшерных систем.



3.9 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 крепляется 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”) - подвесные Тома (или Alt Tom).

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

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

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



Все барабаны установки различаются по глубине и материалу корпуса.

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

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

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 вставки («проставки», «грибки») для предотвращения прямого контакта материала тарелки и материала штока стойки.



Иногда стойки скрепляют друг с другом специальными креплениями – Clamp.



На стойку с подвижной системой крепления и педалью крепится пара тарелок Хай-Хет (HiHat). Верхняя тарелка 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.



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 пластика – залог хорошего звучания барабанов.

Вмятины, трещины, а тем более разрывы пластика 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!!!

Часто на сцене ударная установка располагается на барабанном подиуме. По мимо чисто эстетической функции (визуального выделения, возвышения) барабанной установки подиум несет виброизоляционный смысл - уменьшает влияние вибрации сценического подиума или поверхности сцены на микрофоны ударной установки.

Иногда барабанная установка на сцене закрывается прозрачным звукоизоляционным экраном - **drum shield**. Это делается для того, что бы прямое акустическое звучание барабанов и тарелок ударной установки не мешало остальным музыкантам и меньше проникало в вокальные микрофоны.



Существует много специфичных ударных и шумовых инструментов, которые называются перкуссией. Это Конги (Congo's), Бонги (Bongo's), барабаны Timbales, колокольчики Bag Chimes 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 и тапа "паук" (Spider).

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.

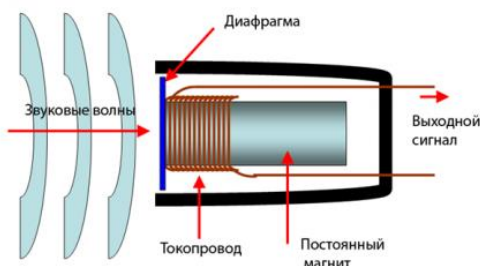
К любым стойкам относится то же самое требование, что и к барабанным креплениям: **Относиться бережно, не применять чрезмерное усилие при закручивании креплений, при каждой сборке тщательно проверять их целостность и надежность!**

3.10 Микрофоны.

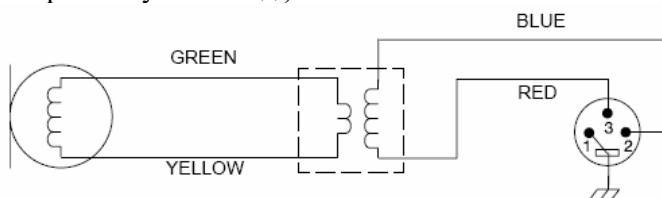
Набор микрофонов, присутствующих на сценической площадке называется – «микрофонный парк».

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

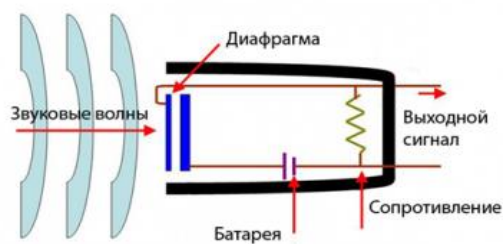
Динамические микрофоны - наиболее распространённый тип конструкции микрофона. По принципу действия схожи с головкой громкоговорителя (стр.47, стр.88) "наоборот": катушка с жестко закрепленной на ней мембраной помещена в постоянное магнитное поле. Колебания давления воздуха (звуковые колебания) воздействуют на мембрану, приводя ее в движение вместе с катушкой, в которой наводятся напряжение, пропорциональное как амплитуде колебания мембраны, так и частоте этих колебаний.



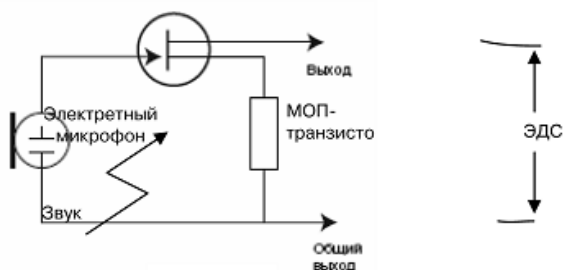
Катушка динамического микрофона имеет низкое сопротивление, поэтому нередко в конструкции микрофона вводится трансформатор для согласования сопротивления с приемником (предусилителем, входным усилителем микшерного пульта и т.д.).



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 сохранять и 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 переключаемый аттенуатор (делитель напряжения) для понижения чувствительности и обрезной фильтр (HPF, HiPass) который 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).

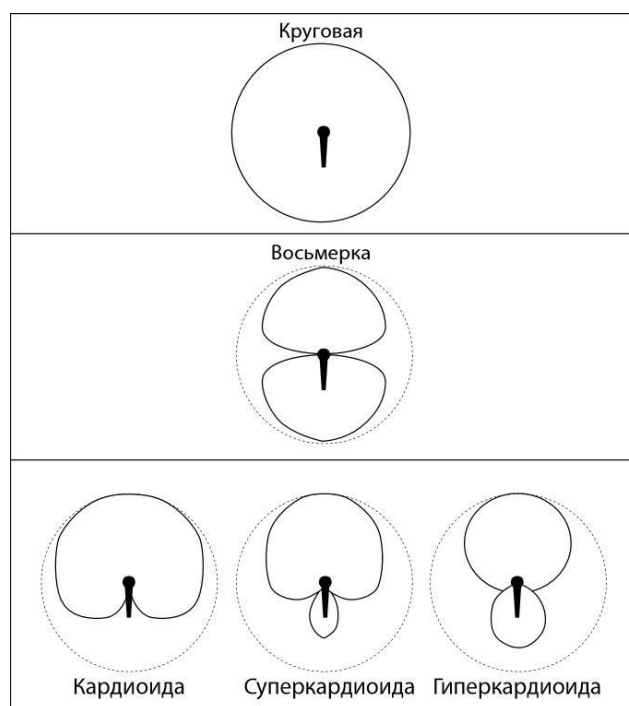
Следует заметить, что все микрофоны являются довольно "нежными" устройствами и требуют бережного обращения.

Внешние воздействия (удары, крайне высокое звуковое давление и т.д.) недопустимы !!!

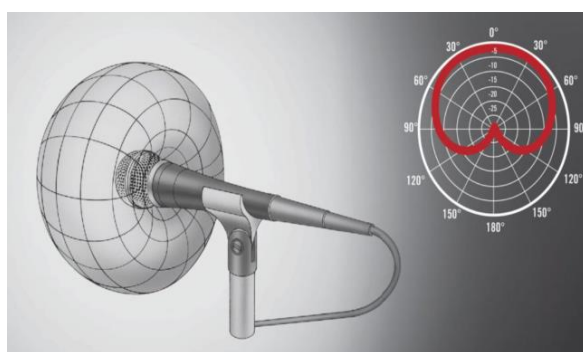
Конденсаторные микрофоны критичны к климатическим воздействиям — влажности воздуха и перепадам температуры.

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

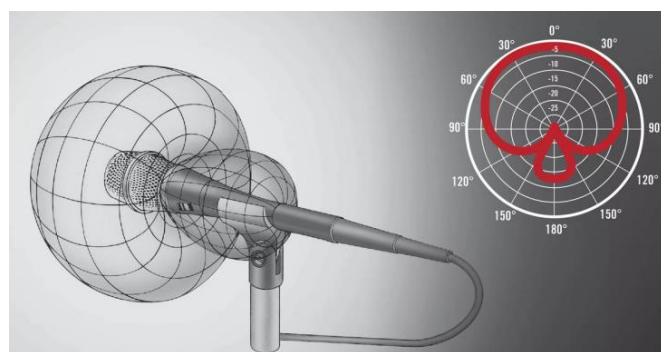
Существует несколько основных форм направленности микрофонов, которые используются в профессиональной звуковой индустрии: Круговая, двенаправленная («восьмерка»), кардиоида, гиперкардиоида, суперкардиоида.



«3D» кардиоидного микрофона:



«3D» суперкардиоидного микрофона:



Еще раз уточним, что направленность микрофонов (как и направленность (дисперсия) акустических систем) зависит от частоты – данные выше картинки приближительны. Важно понимать форму направленности на разных частотах.

Несмотря на поглощение средой высоких частот при увеличении расстояния до источника звука (стр.46) у микрофонов наблюдается прямо противоположный эффект: при удалении от микрофона наблюдается снижение низкочастотных составляющих в выходном сигнале.

Несмотря на то, что модели микрофонов имеют схожие характеристики и принцип работы, они различаются по особенностям звучания, которые обусловлены материалами изготовления каждой части подвижной системы микрофона, акустическим оформлением капсюля, электронной схемой согласования и т.д.



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 редко используются (ленточные, угольные и т.д.).

Нужно обязательно знать модели, типы и основные характеристики микрофонного парка - ассортимента микрофонов прокатной компании.

Разные модели микрофонов, специализируются на озвучивании ("съеме") разных источников звуков.

Важно не просто «поставить» микрофон перед источником звука, а установить и зафиксировать его в нужном положении в определенной точке пространства относительно озвучиваемого источника с учетом диаграммы направленности микрофона.

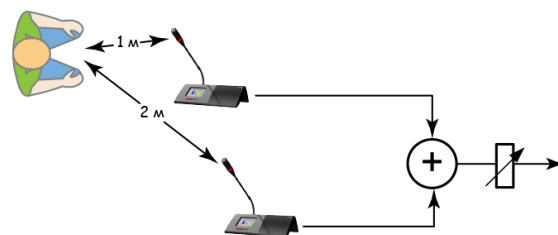
При установке нужно всегда проверять и «протягивать» все узлы крепления микрофона (микрофонной стойки или иного крепления), что бы избежать смещения положения микрофона во время выступления.

Нужно понимать принцип формирования звучания у акустических источников звука (инструментов). Как происходит звукоизвлечение и какой вклад вносит в формирование звука каждая часть конструкции акустического источника или акустического музыкального инструмента.

Любое изменение положение микрофона будет изменять АЧХ выходного сигнала (стр.56, стр.60 – изменять его частотный состав (состав гармоник) и, соответственно форму), а значит звучание инструмента в системе дальнейшего звукоусиления или записи.

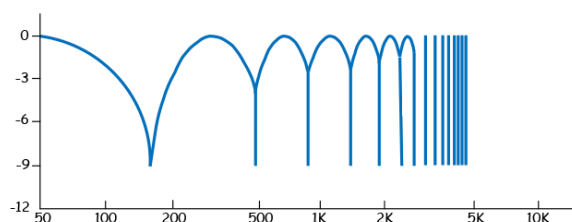
Так же при микшировании (суммировании сигналов от нескольких источников) важно понимать, что в несколько микрофонов могут проникать акустические сигналы от одного источника.

В этом случае происходит интерференция сигналов в уже «электрическом» тракте при сложении.



Так как микрофоны будут находиться на разном расстоянии от источника, один и тот же акустический сигнал будет преобразован в когерентные электрические сигналы двух (или более) микрофонов и приходиться к «точке суммирования» в разных фазах (стр.45-46).

При этом, при суммировании будет проявляться эффект гребенчатой фильтрации (comb-filer):

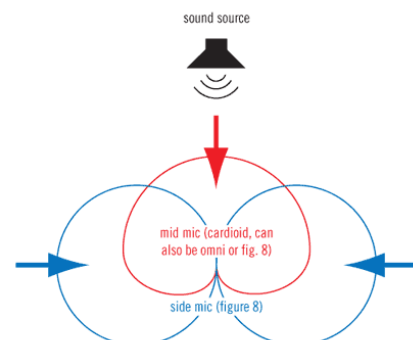
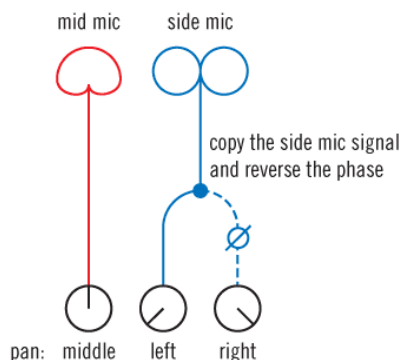
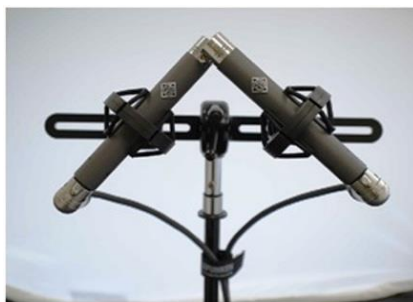


Что приводит к деградации суммированного сигнала и изменения звучания источника до «неузнаваемости».

Собственно говоря, этот же эффект наблюдается при любой интерференции, в том числе акустической – при сложении звуковых акустических сигналов от нескольких источников (стр.45-46, стр.98-99).

Напомню, что интерференцию стоит рассматривать при разнице звукового давления менее 12dB (стр.99) от источника (или от источников) когерентного сигнала.

При стерео озвучивании, когда технически необходимо использование именно двух микрофонов для «снятия» стереообраза, для уменьшения влияния эффекта гребенчатой фильтрации применяются методы установки и подключения микрофонов типа «XY», «MS» и другие.



Часто это используется в «студийной практике при записи. В Live-применении встречается редко.

Чем дальше расположен микрофон от источника, тем более «диффузное» («усредненное») будет звуковое поле, улавливаемое этим микрофоном.

Диффузное звуковое поле – звуковое поле, во всех точках которого усредненный во времени уровень силы звука и поток звуковой энергии, приходящий к слушателю по любому направлению, постоянны.

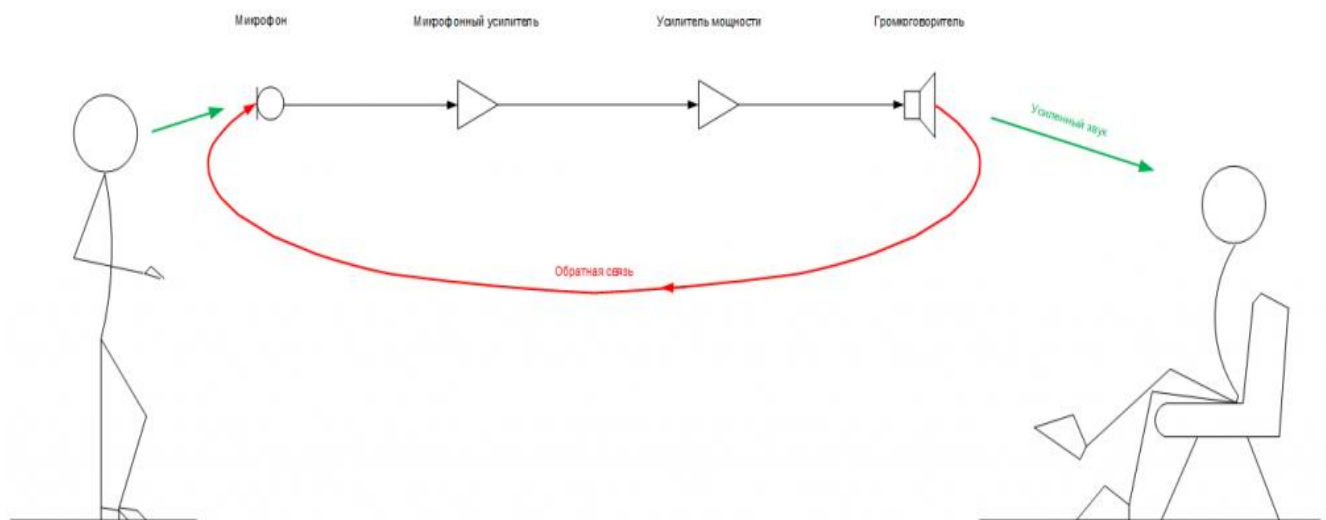
Соответственно, при установке в таком поле двух и более микрофонов, их выходные сигналы будут более когерентны.

Важное правило в звукоусилении: нужно всегда стараться располагать микрофон как можно ближе к источнику звука.

Во-первых: это уменьшит взаимопроникновение других источников в этот микрофон.

Во-вторых: это увеличит уровень «полезного» сигнала и позволит использовать большее усиление в звукоусилительном тракте до возникновения обратной связи.

Акустическая обратная связь (**feedback**) происходит в системах звукоусиления из-за образования «петли» микрофон – усилитель – акустическая система – звук, который воспринимается этим же микрофоном:



Акустическая обратная связь всегда будет присутствовать в системах звукоусиления! (когда микрофон и акустическая система расположены в одной локации – одном помещении).

Порог (уровень усиления до ее возникновения) и частоты, на которых будет происходить возбуждение, будут зависеть от акустических свойств помещения, взаимного расположения «микрофон-акустическая система», уровня усиления и качества звукового тракта в целом: неравномерности АЧХ, ФЧХ, наличия искажений и т.д.

Наиболее часто с этой проблемой сталкиваются при сценическом мониторинге: когда вектор акустического излучения мониторинговой акустической системы (напольного монитора или др.) направлен в сторону расположения Артиста – в место расположения микрофона.

Методик борьбы (точнее, только уменьшения этого эффекта (поднять порог **feedback**), так как полностью исключить это явление невозможно по физическим принципам) существует несколько:

Одним из этих способов является корректировка АЧХ усиления мониторингового тракта - «вырезание» узкими фильтрами «паразитных» возбуждающихся частот.

Вторым способом является использования подбора направленности вокального микрофона и расположения напольных мониторинговых кабинетов:



Проще говоря, при использовании микрофона с кардиоидной направленностью можно порекомендовать поставить один монитор строго напротив исполнителя, так как в этой зоне у кардиоидного микрофона расположена зона минимальной чувствительности («нулевая зона»).

При использовании микрофона с суперкардиоидной направленностью, лучше поставить два монитора по бокам, чтобы не попасть в «задний» лепесток направленности (см. стр.110).

Для вокальных микрофонов имеет большое значение способ их удержание в руке и положение относительно рта вокалиста.



3.11 Радиосистемы.

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

Радиосистемы предназначены для передачи аудиосигнала по радиоканалу подразделяются:

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

О радиосистемах InEar мы уже упоминали (**стр.101**).

Эти мониторные радиосистемы состоят из стационарного передатчика (стерео/моно, режимы переключаются) и мобильного приемника. Для объединения нескольких радиопередатчиков InEar Для передачи радиосигнала через одну внешнюю-установленную антенну (бывают направленные, круговые (omni) и т.д.) применяются устройства – комбайнеры (RF Combiner). Они имеют несколько радиочастотных входов (разъемы BNC) и один выход на внешнюю антенну.

Следующие типы радиосистем – наоборот: мобильный передатчик и стационарный приемник. Причем эти радиосистемы всегда моно. При большом количестве, стационарные приемники (receiver) так же объединяются на одну или пару внешних «выносных» антенн через прибор - сплиттер (RF Splitter, разветвитель). Не путать со сплиттером для разделения FОН/MON микшерных пультов.

Передатчик вокальной радиосистемы представляет собой «ручку» (на сленге - «палка») 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 (на сленге «мадонок», от того, что одной из первых в концертной практике такие гарнитурные применила певица Мадонна ☺).

На 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.

Все составляющие радиотракта любых радиосистем (приемники, передатчики, сплиттеры, комбайнеры, антенны) соединяются по RF коаксиальными кабелями с волновым сопротивлением 50Ом!

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).

Все радиосистемы разделяются на рабочие диапазоны несущих частот, конструктивными методами кодирования-передачи радиосигнала и рабочей «сеткой» предварительно запрограммированных групп и каналов.

Отвлечемся на описания явления интермодуляции:

Интермодуляция – это процесс взаимодействия на нелинейных (в частности в усиливающих) каскадах радиочастотного тракта двух или нескольких RF-радиосигналов при сложении. В результате этого явления появляются другие составляющие (частоты) в RF-спектре, которые могут мешать корректной работе радиосистем – являться побочными помехами.

Обычно эти паразитные комбинационные составляющие возникают на частотах, являющимися суммой или разностью основных частот или их кратностью: $f_1 + f_2$, $f_1 - f_2$, $f_2 - f_1$, $2*f_1 + f_2$, $f_1 + 2*f_2$, $2*f_1 - f_2$, $f_1 - 2*f_2$, $2*f_2 - f_1$, $f_2 - 2*f_1$, $2*f_1 + 2*f_2$ и т.д. и зависят от уровня основных сигналов.

Именно исходя из этих расчетных значений каждый производитель формирует набор несущих частот в предварительно запрограммированные частотные группы и каналы в своих радиосистемах.

При использовании на одной площадке нескольких радиосистем одного «бренда» (производителя), одной модели и одного рабочего RF-диапазона необходимо выбирать каналы в рамках одной группы:

Установить на всех радиосистемах одну группу и использовать разные радиоканалы! Это минимизирует возможность возникновения помех от интермодуляции.

Большая вероятность возникновения RF- помех исходит от видеооборудования (LED-экранов) и при использовании приемников радиосистем вблизи импульсных источников питания.

В большинстве радиосистем есть функция сканирования наиболее свободного частотного канала (и группы). Важно просканировать радиодиапазон с помощью функции сканера в ресивере (приемнике), определить свободную группу и канал и затем «спаривать» нужный приемник и передатчик.

Далее, **не выключая настроенную и «спаренную»** систему продолжить в той же последовательности настройку для следующих радиосистем.

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»).

Многие профессиональные радиосистемы высокого класса оборудованы «сетевым» (lan, Ethernet) интерфейсом для подключения к локальной сети.

Их настройка происходит централизованно с использованием программного обеспечения, например Shure WWB (Wireless Workbench). К слову сказать, эта программа может работать просто как калькулятор для расчета рабочих частот, продукты интермодуляции которых не накладываются на «полезный» радиосигнал.

Иногда используется внешний (аппаратный) RF-сканер для сканирования радиочастотной обстановки на площадке и поиска помех.

В современном ассортименте радиосистем появляется много цифровых моделей. У таких систем по RF-каналу передается цифровой сигнал, что обеспечивает большее качество и стабильность радиоканала.

На большинстве приемниках «аналоговых» радиосистем существует регулировка порогового уровня несущего радиосигнала. Этот параметр (squelch) – аналогия гейта для выходного аудиосигнала приемника по уровню несущего радиосигнала. Помогает избежать помех, при неуверенном приеме (пусть уж полезный сигнал будет вообще отсутствовать, нежели в аудиотракте появятся сильные помехи).

Передатчики систем радио-мониторинга InEar – это радиопередающие устройства. Выходные RF-каскады передатчиков и комбайнеров для InEar «не любят» переключений «на горячую», то есть без отключения питания.

При осуществлении перекоммутации антенн или RF (радиочастотных) кабелей transmitter-combinder обязательно отключайте питание соединяемых устройств.

Еще несколько начальных замечаний для практического использования радиосистем:

- Все сканирования на площадке производить при **всех включенных** источниках возможных помех.
- Использовать объединенные комплекты (для радиомикрофонов – RF-сплиттер, для InEar – RF-комбайнер) и выносными антеннами при использовании нескольких радиосистем.
- При использовании нескольких радиопередающих антенн (передатчики системы InEar) располагать их на расстоянии друг от друга.
- При использовании направленных антенн принимающую антенну всегда располагать сзади от передающей.
- При возможности регулировки, установить оптимальную (**не максимальную**) мощность радиопередающих компонентов RF-системы. Это позволит минимизировать влияние интермодуляции и перегрузки входных каскадов радиоприемных устройств.
- Внимательно читать руководства по эксплуатации используемых радиосистем со всеми рекомендациями по использованию. **Это относится ко всему оборудованию!!!**

3.12 Директ-Бокс («Di-Box»).

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

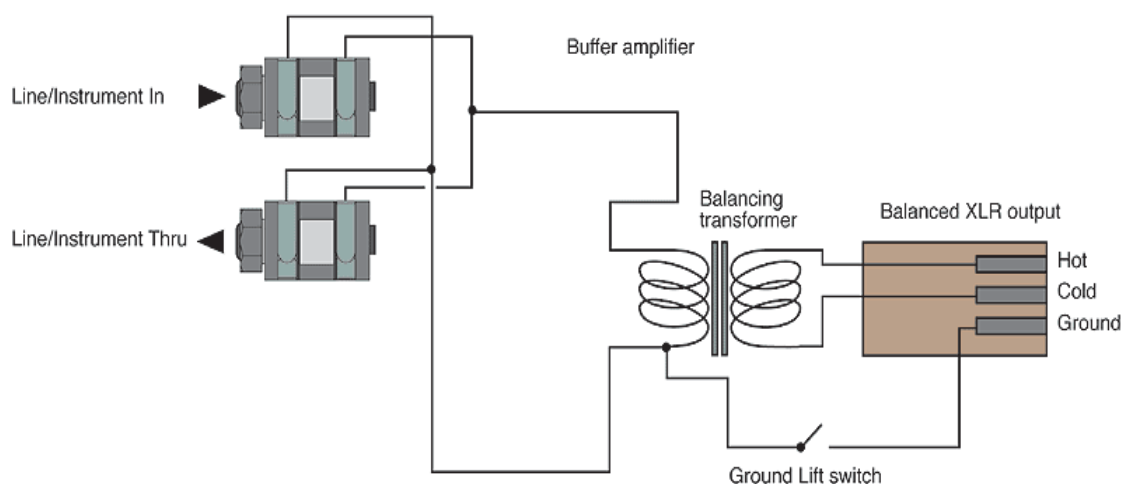
Di-Box предназначен для подключения несимметричных инструментальных и линейных источников сигналов к симметричным (балансным) микрофонным входам микшерного пульта.

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.).



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". Нужно отметить, что этот переключатель кроме «аттенюации» (уменьшения чувствительности) меняет входное сопротивление DI-бокса.

Важно соблюдать согласование входных-выходных сопротивлений источника и приемника (Di-box) и номинальные уровни! (стр.60, стр.67-68 и стр.76)!!!

- переключатели всех фильтров в положение "off".

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.).

Для питания активных Ди-Боксов используется элемент питания (батарейка) или фантомное питание по симметричной линии от приемника (микрофонного входа с включенным фантомным питанием).

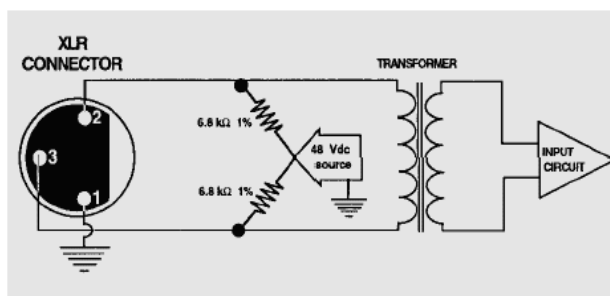
Директ-Боксы устанавливаются рядом с источником несимметричного сигнала, соединяются по входу небалансным (инструментальным Jack-Jack TS) коротким кабелем с источником, а выход соединяется с Stage-Box мультитора на сцене или непосредственно с микрофонным входом микшерного пульта кабелем XLR-XLR(male-female).

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

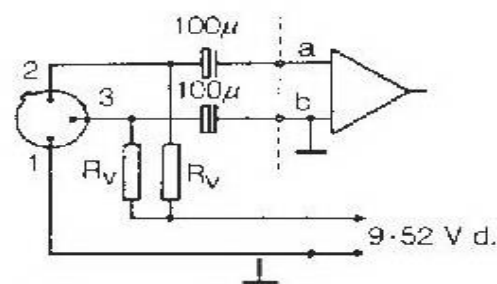
3.13 Фантомное питание. Сплиттеры.

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 (XLR-XLR) переменного напряжения звукового сигнала и напряжения питания постоянного тока.

Принцип схемотехники:



ИЛИ



По стандарту фантомное питание обеспечивает напряжение 48V постоянного тока в сигнальной линии без дополнительных проводов. На сбалансированные по выходу 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.

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 подключаемого прибора, поскольку к его выходному каскаду будет приложено «в обратную» напряжение около 48V.

Например, выход профессионального диджейского пульта реализован на XLR разъемах с переключаемым уровнем выходного сигнала (например Pioneer DJM-800/900/2000).

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 или иной прибор, подключенный к входу XLR, "из строя"!!!

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

При коммутации приборов с входами, имеющими фантомное питание, будьте внимательны и осторожны!

Сплиттер – устройство для распределения одного аудиосигнала на два или несколько выходов и минимизации взаимного влияния (в частности входного сопротивления) приемников (стр.60).

Один или несколько выходов сплиттера часто оборудованы гальванической развязкой (трансформаторной развязкой) и схемотехническим решением «разрыва земли» (Ground Lift).

Сплиттеры по своей схемотехнике бывают активными и пассивными.

Активный сплиттер:



Активный сплиттер – это полноценное активное многоканальное устройство, имеющее на каждом канале предварительный усилитель (с изменяемой чувствительностью) и несколько «буферизированных» выходов, некоторые из которых оборудованы трансформаторами гальванической развязки.

Только активный сплиттер обеспечит ПОЛНОЕ отсутствие взаимовлияния входных сопротивлений подключенных приемников сигнала (микшеров FОН/Mон и т.д.)!

Пассивный сплиттер – это пассивное устройство на основе трансформаторов.

Стоит упомянуть, что некоторые пассивные элементы, такие как, например **трансформаторы**, имеют нелинейные свойства – могут исказить сигнал при достижении какого-то порогового уровня (стр.67).

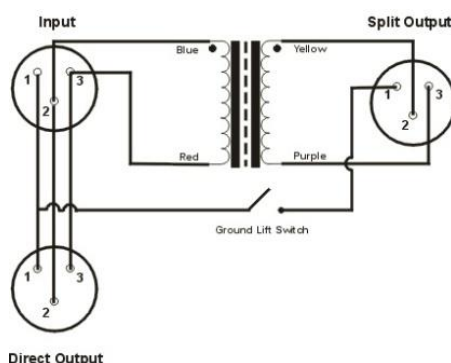
Это обусловлено их физическими свойствами: для трансформаторов характерен эффект перемангничивания сердечника.

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, в случае активного сплиттера, не принимают участие в раздаче фантомного питания, и это осуществляется при монтаже площадки 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.

В основном, к гальванически-изолированному («развязанному») выходу сплиттера подключают наиболее удаленный приемник. В самом распространенном случае – это FОН микшерный пульт.

Соответственно, в этом случае, мониторный звукорежиссер (MON-mixer) отвечает за подачу фантомного питания на определенные входы.

3.14 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 на многих приборах 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 – отключает экран экранирующего проводника с одной стороны сигнальной линии.

Рассмотрим три показательных примера:

- Имеем 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.

- Имеем 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.

- Имеем 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!!!! Еще раз напоминаю: 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 инженера землю разрывать нельзя!!!

3.15 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 системы).

Начнем рассмотрение с аналоговых микшерных консолей.

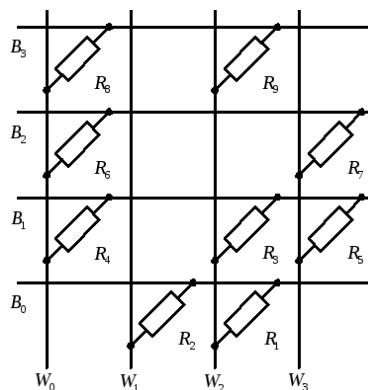
Микшерные пульта различаются по количеству входов и выходов, количеству шин, количеству Аух-посылов, степени "гибкости" (количеству регулируемых параметров) канальных параметрических эквалайзеров, наличию и количеству SUB-групп, VCA(DCA)-групп, Mute-групп, наличию канальных разрывов (Insert), наличию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

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, обычно 100мм). 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 матрицам.

Есть X-количество входных каналов ("линеек") по вертикали, которые в определенных пропорциях "управляемым" способом смешиваются друг с другом и «уходят» в Y-количество шин по горизонтали:



В этом примере:

вертикали W0, W1, W2, W3 — входные каналы (ось X),

горизонтали B0, B1, B2, B3 — выходные шины (ось Y),

резисторы отображают «посыл» с разным соотношением сигнала входных каналов в выходные шины.

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.

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

Входная ячейка - часть микшерского пульта от входного разъёма до дочки распределения на шины подгрупп (SUB MIX) или так называемой главной шины (Main MIX).

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.

Выходная ячейка - соответственно, часть микшерского пульта от общей шины (сумматора, 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 некоторых пультах в выходных ячейках может присутствовать частотная коррекция и другие регулировки.

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



На картинке немного урезано, но для понимания достаточно.

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

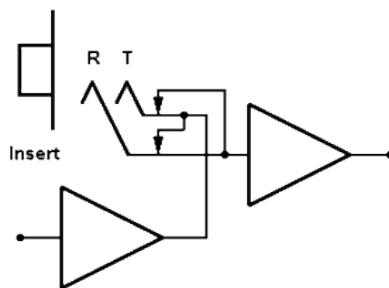
Микрофонные входы имеют кнопку включения фантомного питания ("48V"). Иногда, микрофонный вход имеет кнопку PAD ("-20dB"), которая резко изменяет чувствительность микрофонного входа на значение -20dB, что позволяет его использовать с линейными источниками сигнала скоммутированными кабелями XLR. **При этом часто так же меняется его входное сопротивление!** Это зависит от схемотехнического решения конкретного устройства.

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 (стр.75).



При отсутствии в разъеме джека сигнал проходит беспрепятственно на следующий каскад канальной ячейки пульта. Но при коммутации «инсертным» кабелем 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 с входом и выходом внешнего устройства обработки осуществляется двумя отдельными кабелями.

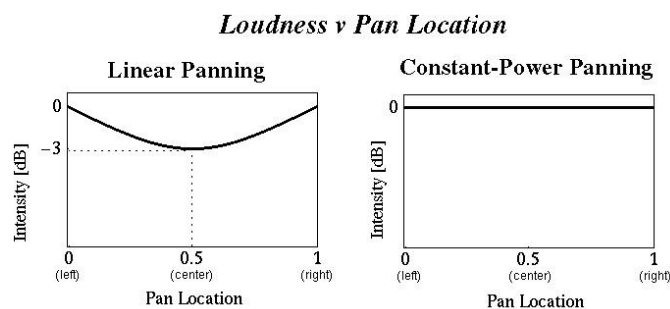
Далее по тракту следует HPF (или может называться Low Cut) фильтр, который ограничивает прохождение низких частот. Он может быть фиксируемый (кнопка вкл/выкл) или регулируемый с ручкой регулировки частоты среза.

Следующим каскадом является канальный параметрический эквалайзер (многополосный регулятор тембра), позволяющий корректировать частотную характеристику сигнала (**стр.60**). Микшерные пульта оснащаются полу-параметрической (квази-параметрической) регулировкой полос, количество которых может достигать шести. А некоторые, высокого класса, оснащены полной параметрикой с регулировкой ширины полосы (добротности Q).

Далее следует блок маршрутизации входного сигнала на дополнительные шины (Aux, auxiliary – вспомогательные), 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 фейдера громкости. Таким образом, в Aux-шине можно создать индивидуальный микс (баланс) входных источников. Помимо этого, иногда Pre посылы можно переключить PreEQ (сигнал берется перед эквалайзером). В некоторых моделях аналоговых 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, особенно которые работают на мониторные и FX посылы, были в режиме Post EQ. Нужно всегда понимать, где расположения точка этого отбора!!

Следующий идет регулятор панорамирования (PAN). Его задача - 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 моно-сигналов, поступающих на каналы стереофонической сборной шины, составляет от 3 до 6 дБ при центральном положении панорамного регулятора, но эта величина может задаваться в настройках некоторых цифровых пультов.

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 пошло от устройства VCA (voltage controlled amplifier - усилитель управляемый напряжением или voltage controlled attenuator - управляемый напряжением аттенюатор (управляемый делитель напряжения **стр.59-60**)).

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 регулировать уровень 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) – физическая шина - каналы суммируются в одну шину и доступны для одновременной коррекции и обработки.

VCA-group - виртуальная ("логическая") группа, уровни каналов, объединенных в одну VCA-группу доступны для регулированию одним общим фейдером одновременно.

Каналы, назначенные на VCA-группу недоступны для общей обработки по физике и смыслу, так как шины суммирования этих каналов отдельно не существует!

В цифровых консолях DCA (digital controlled amplifier) по смыслу одно и тоже с VCA.

- 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.

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

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

3.16 Основы обработки звука и приборы обработки.

Существует множество способов изменения (обработки) музыкального звукового сигнала. Необходимо понимать, для чего необходимо и чего хочется добиться от того или иного воздействия на этот сигнал и как это отразится на его звуковом восприятии – как это будет звучать.

Еще важнее это не только понимать, но и слышать эти изменения самому.

Существует много способов воздействия на исходный сигнал для его обработки и их комбинации.

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

Подразделяются на:

- последовательные – эвалайзеры и 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.

Рассмотрим несколько основных типов приборов обработки:

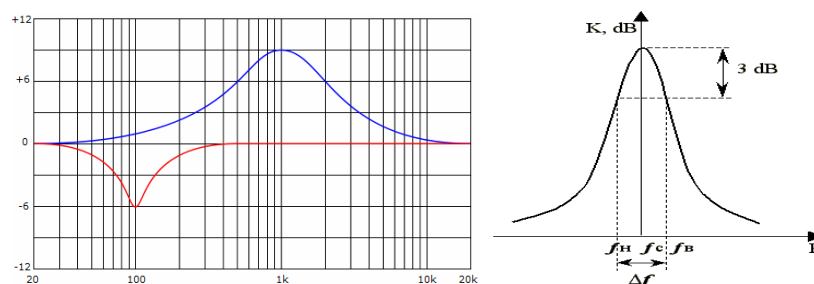
Эквалайзеры - приборы частотной коррекции (изменения АЧХ) с линейной динамической характеристикой.

То есть воздействие на входной сигнал не зависит от его уровня. Несмотря на это эквалайзеры могут вносить некоторую нелинейность, что отражается на особенности звучания того или иного прибора. Так же схемотехника и качество используемых компонентов влияет на такое субъективное понятие, как "окрас" и "специфика звучания" прибора при изменении его параметров.

Это касается всех типов приборов для обработки звуковых сигналов.

Параметрические эквалайзеры: Параметрический эквалайзер имеет несколько полосовых фильтров с тремя изменяемыми характеристиками каждого из них: центральная частота фильтра (полосы, Frequency) **F**, Добротность (ширина полосы, Quality factor) **Q**, уровень подавления или усиления этой полосы пропускания **Gain**.

То есть по три параметра на каждый фильтр (полосу). Такие фильтры называются Bell из-за колоколообразной формы полосы пропускания.



При этом добротность вычисляется по формуле $Q = f_c / \Delta f$ - Q-factor.

С повышением добротности **Q** полоса частот, которая будет подвергаться воздействию регулятору Gain, будет сужаться.



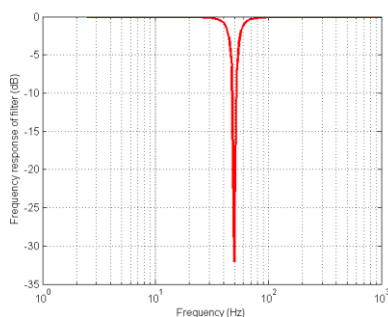
Так же существуют полу-параметрические (квази-параметрические) эквалайзеры – упрощенные параметрические эквалайзеры с фиксированной величиной значения **Q**.

Стоит заметить, что добротность может измеряться как в единицах Q , так и в Bandwidth (части октавы).

BW in octaves	Filter Q		BW in octaves	Filter Q		BW in octaves	Filter Q		BW in octaves	Filter Q
1/80	115.4		1	1.41		4	0.267		7	0.089
1/60	86.6		1 1/4	1.12		4 1/4	0.242		7 1/4	0.082
1/50	72.1		1 1/3	1.04		4 1/3	0.234		7 1/3	0.079
1/40	57.7		1 1/2	0.92		4 1/2	0.220		7 1/2	0.075
1/30	43.3		1 2/3	0.82		4 2/3	0.207		7 2/3	0.071
1/25	36.1		1 3/4	0.78		4 3/4	0.200		7 3/4	0.068
1/20	28.9		2	0.67		5	0.182		8	0.063
1/16	23.1		2 1/4	0.58		5 1/4	0.166		8 1/4	0.058
1/12	17.3		2 1/3	0.56		5 1/3	0.161		8 1/3	0.056
1/10	14.4		2 1/2	0.51		5 1/2	0.152		8 1/2	0.053
1/8	11.5		2 2/3	0.47		5 2/3	0.143		8 2/3	0.050
1/6	8.65		2 3/4	0.45		5 3/4	0.139		8 3/4	0.048
1/5	7.20		3	0.40		6	0.127		9	0.044
1/4	5.76		3 1/4	0.36		6 1/4	0.116		9 1/4	0.041
1/3	4.32		3 1/3	0.35		6 1/3	0.113		9 1/3	0.039
1/2	2.87		3 1/2	0.33		6 1/2	0.106		9 1/2	0.037
2/3	2.14		3 2/3	0.30		6 2/3	0.100		9 2/3	0.035
3/4	1.90		3 3/4	0.29		6 3/4	0.097		9 3/4	0.034

Для перевода из одних единиц в другие есть специальные калькуляторы.

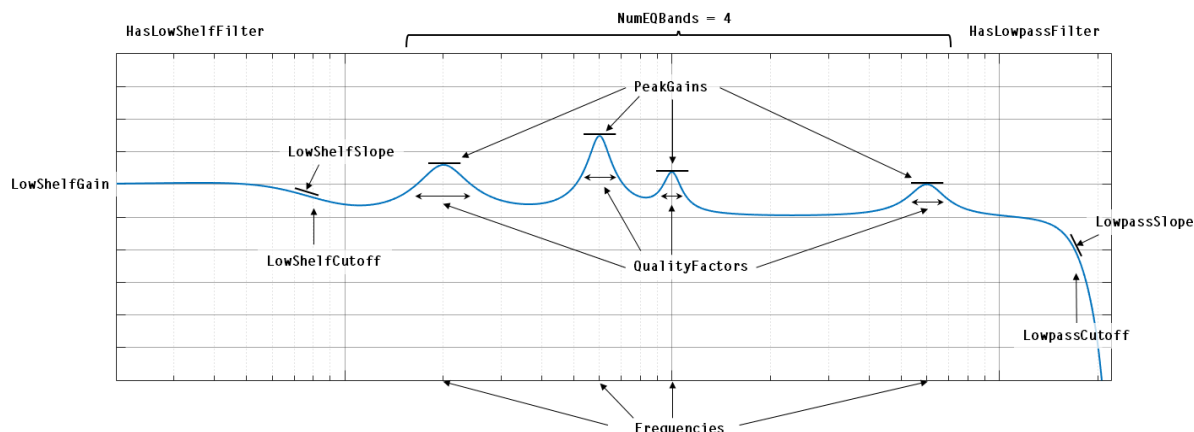
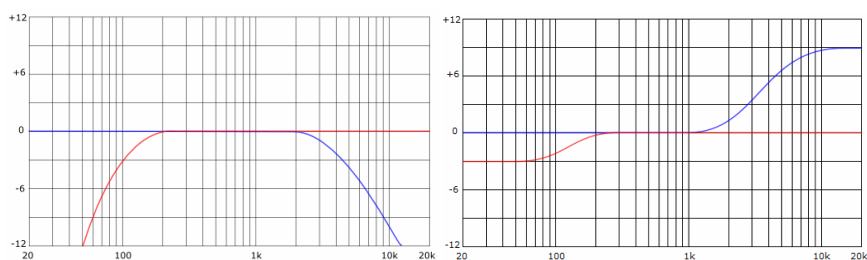
Полосовые фильтры с высокой добротностью (узкополосные) и большим отрицательным значением Gain называются режекторными - Notch-фильтрами.



В составе большинства параметрических эквалайзеров крайние фильтры могут работать в режимах регулировки: полосовой ("классический" Bell для параметрического эквалайзера), обрезной HPF (Low cut) или LPF (Hi cut) и "полочный" (Shelf).

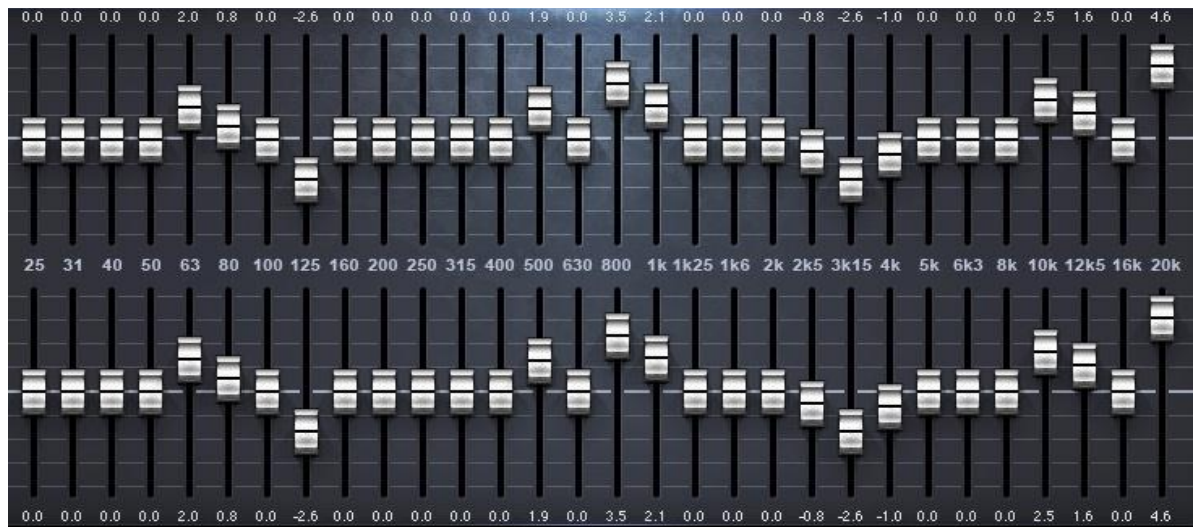
Для обрезных фильтров параметры Gain и Q обычно отсутствуют. Их крутизну иногда можно выбрать из фиксированных значений (6dB/oct., 12dB/oct. и т.д.). В основном, для плавной регулировки, доступна лишь частота среза (но бывают разные технические решения).

Для Shelf-фильтров (shelf - полка) доступны параметры Gain и F , а иногда и параметр добротности Q .

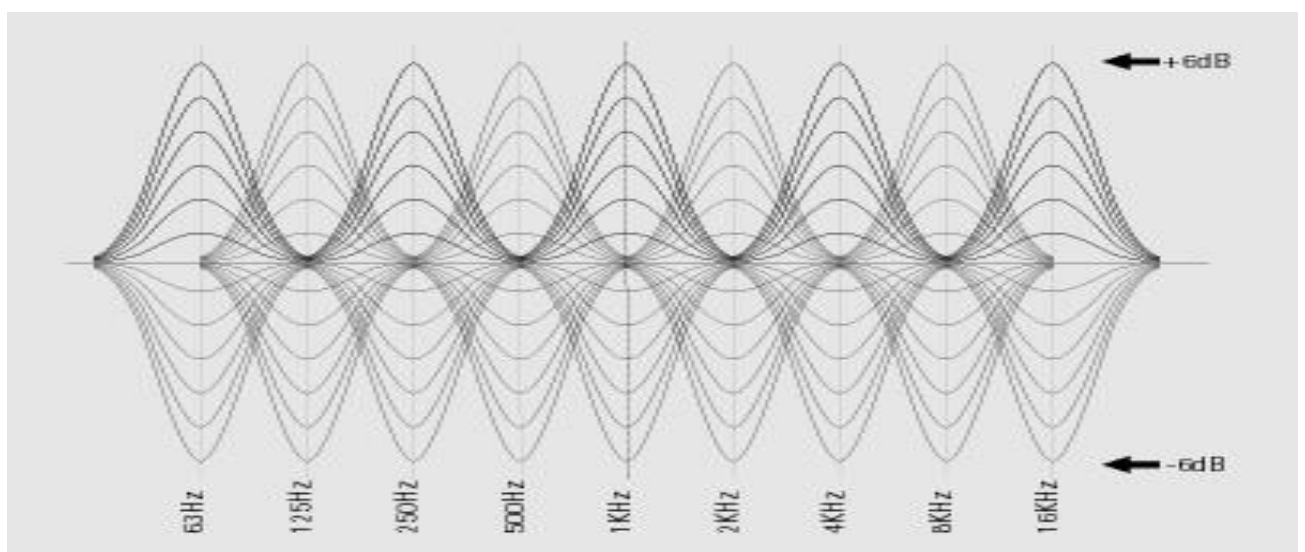


Графические эквалайзеры: это набор регулируемых фильтров с фиксируемыми частотами и нерегулируемой добротностью. Ряд фиксированных частот фильтров и их добротность выбирается исходя из частей октавы логарифмической шкалы звукового диапазона.

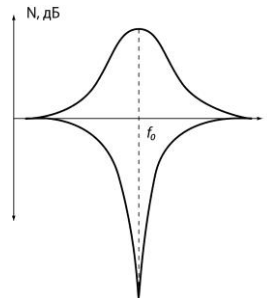
Например, стандартный 1/3-октавный эквалайзер (31-полосный) или 2/3-октавный (15-полосный). Иногда 1/3-октавный бывает 30-полосным, а 2/3-октавный - 14 или 16 полосным. Путаница...☺



Стоит отметить, что в основном графические эквалайзеры применяются с пропорциональной добротностью. В таких решениях добротность каждой «частоты» Q зависит от величины Gain (по модулю: как в "+", так и в "-"). Чем больше усиление или ослабление, тем "уже" становится полоса пропускания (Q становится больше). Это позволяет уменьшить влияние фильтров на соседние полосы при высоких значениях Gain.

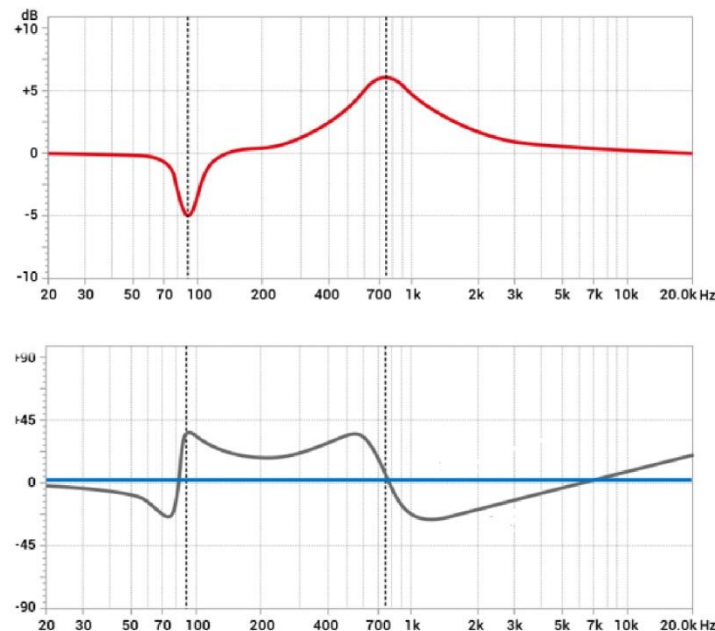


Существуют графические эквалайзеры с несимметричной добротностью. В таких эквалайзерах, чем больше усиление (подъём), тем меньше Q (более широкая полоса пропускания) и, соответственно, чем меньше Gain, тем больше Q (более узкая полоса пропускания)

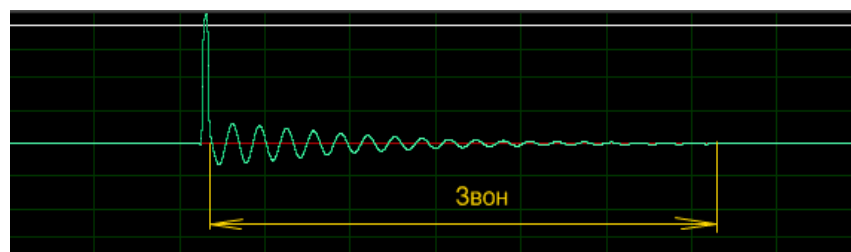


Стоит еще раз заметить, что воздействие параметрических и графических эквалайзеров на сигнал постоянно во времени. **Эквалайзеры изменяют АЧХ вне зависимости от уровня входного сигнала.**

Эквалайзеры, как и любые фильтры (в том числе пассивные (стр.61-65), при их воздействии на сигнал, вносят групповую задержку – изменяют ФЧХ. Эквализируемые частоты задерживаются на различное время.



Стоит заметить, что на особенности звучания того или иного схемотехнического решения эквалайзера влияет так же его импульсная характеристика – выходной сигнал при подаче на вход единичного короткого импульса. У всех «не идеальных» фильтров, при их воздействии на такой импульс, на выходе проявляется эффект «звона».



Количество звона (его относительный уровень и протяженность во времени) напрямую зависит от АЧХ и ФЧХ фильтра. Чем более существенные изменения в частотной области производит эквалайзер, тем больше звона будет присутствовать во временной области. При этом звон будет концентрироваться вблизи центральных частот «изломов» и наибольшей кривизны АЧХ и ФЧХ.

Влияние групповой задержки и звона будут заметны на атаках (фронтах) сигнала - «резких ударах» в звуке. Они будут субъективно «смазываться».

Существуют еще много типов эквалайзеров: Tilt-EQ, параграфические, индуктивные, пассивные и т.д.

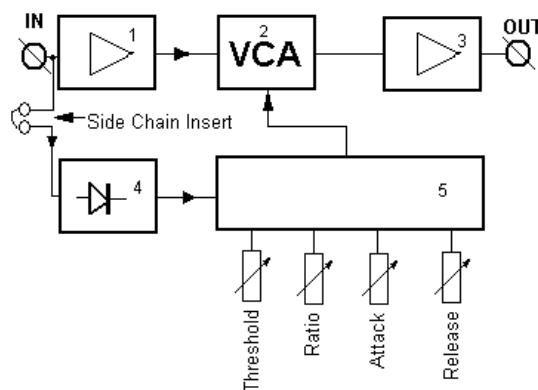
Работа с эквалайзерами, как и с другими звуковыми приборами обработки, требует навыков, а так же музыкального вкуса и слуха.

Задачи эквализации можно разделить на технические (например, коррекция звучания звуковой системы или ее полос, выравнивание или компенсацию АЧХ) и художественную. Последняя - это своеобразная «окраска», применяется как к отдельным каналам (коррекция звучания отдельных инструментов, в этом случае зависит от микрофонов и мест их размещения), так и к общему миксу.

Приборы динамической обработки: приборы, изменяющие коэффициент передачи для всей (или части) полосы частот в зависимости от уровня входного сигнала.

Если прибор широкополосный, то он работает со всей полосой частот - с общим уровнем сигнала: изменяет его в зависимости от уровня этого же сигнала по определенному временному закону (огibaющей). Динамические приборы обработки – устройства, меняющие динамический диапазон.

С некой долей приближения можно сказать, что это приборы, изменяющие крест-фактор (стр.48). Такие приборы имеют практически одинаковый принцип работы:



Коэффициент передачи такого широкополосного (так как обрабатывает весь диапазон частот) динамического процессора регулируется неким устройством (на примере указан VCA - voltage controlled amplifier - усилитель управляемый напряжением) и принимает как положительные (усиление - "+dB") так и отрицательные (отрицательные - "-dB") значения.

Существует несколько типов элементов VCA: интегральный VCA, оптический (оптрон, оптопара), FET (сборка на полевых транзисторах) и т.д.

Каждый такой элемент характеризует отличительное звучание многообразия конкретных приборов.

Классический пример динамического процессора – компрессор.

Схема формирования сигнала управления для VCA (формирования огibaющей) имеет основные параметры: Порог - "Threshold", Глубина – «Ratio», Атака - "Attack" - время нарастания управляющего сигнала, Восстановление - "Release" - время его спада (восстановления до заданного уровня).

Пороговый уровень (порог срабатывания) - "Threshold" - уровень, с величины которого начнется влияние (воздействие) VCA на сигнал.

Порог срабатывания подразумевает под собой уровень, на котором компрессор включается и начинает воздействовать на уровень сигнала, лежащий выше этого значения. С помощью регулятора вы можете установить требуемое значение.

Если, к примеру, порог срабатывания компрессора установлен на 0 дБ, то все сигналы выше этого уровня будут ослаблены, а те, что остались ниже - не изменятся.

Исходя из этого, чтобы управлять пиковыми значениями, нужно установить порог срабатывания между максимальным и средним уровнями сигнала. Тогда, пиковые значения, которые переходят границу установленного порогового уровня, будут ослаблены, а сигналы среднего уровня громкости останутся прежними.

Если уровень порога срабатывания слишком высок, сигнал не подвергнется никакой обработке.

Если же наоборот, пороговое значение слишком мало (низко), то ослабнет весь сигнал и, скорее всего, у этого сигнала просто упадет громкость.

Колено - "Knee" - может быть "резким" ("жестким", hard) или "плавным" ("мягким", soft).

Иногда можно плавно регулировать "плавность" ("жесткость") колена - момента перехода сигнала через пороговый уровень "Threshold".

Детектор для управляющего сигнала может работать по RMS или Peak значению.

Время атаки (Attack Time) измеряется в мили- или микро- секундах и отвечает за то, насколько быстро срабатывает VCA при преодолении сигналом порогового значения.

Большое время атаки позволяет влиять на сигнал, не затрагивая быстрых, переходных сигналов, в то время как малое время атаки позволяет «поймать» мгновенные ноты и пропустить звуки средней длительности, однако это психоакустически ослабляет высокие частоты сигнала (уменьшает атаку - сглаживает фронт огибающей) сигнала.

Время восстановления (Release Time) сигнала измеряется в секундах или в сотых долях секунды и определяет, сколько времени потребуется VCA на то, чтобы вернуть сигнал в исходное, необработанное состояние. Таким образом, после того как истечёт время восстановления, VCA перестанет воздействовать на сигнал.

Глубина "Ratio" - степень влияния на сигнал – это диапазон изменения коэффициента передачи VCA.

Глубина компрессии отвечает за разницу между входным и выходным уровнями сигнала.

Проще говоря, с помощью регулятора "Ratio" можно установить, насколько будет ослаблен (сжат) сигнал, который перешёл границу порога срабатывания компрессора.

Например, если вы задаёте значение глубины компрессии равное 2:1, от первоначального сигнала величиной 2 дБ, лежащего выше порогового значения, останется только 1 дБ.

Допустим, входной сигнал превысил пороговое значение на 6 дБ. Тогда, при глубине компрессии равной 2:1, VCA «задавит» этот сигнал на 3 дБ, и в результате, на выход поступят остаточные 3 дБ выше порогового уровня.

Ровно столько же (3 дБ) вам покажет индикатор ослабления усиления (gain reduction meter), если он имеется.

За выходной уровень сигнала отвечают как глубина компрессии, так и порог срабатывания в равной степени.

Чем меньше глубина компрессии, тем меньше компрессор воздействует на сигнал; чем выше над сигналом лежит пороговое значение, тем меньшая часть сигнала попадает под компрессию.

Изменяя эти параметры, можно достичь весьма интересных результатов.

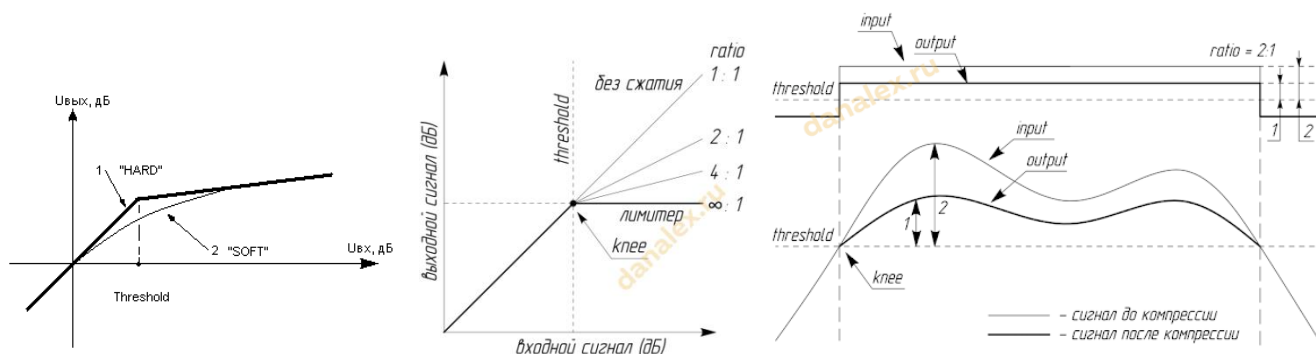
Например, существуют два совершенно разных метода, которые при абсолютно непохожем звучании заставляют компрессор ослаблять сигнал на одинаковую величину: низкий порог и, одновременно, низкая глубина компрессии, или же высокая глубина и высокий порог.

Обычно разным инструментам (и, соответственно, характеристикам) требуется своя индивидуальная глубина компрессии. Например, чтобы сжать мелодичную вокальную партию, вполне будет достаточно глубины компрессии 2:1 до 4:1; с таким значением и с соответствующим пороговым уровнем компрессор отлично справится со своей задачей – он уплотнит звучание, сделает тихие фразы более отчётливыми и не допустит искажений при повышении динамики голоса. Если же вы обрабатываете сигнал бас-гитары, где техника игры может варьироваться между игрой пальцами, и агрессивным «слэпом», то, из-за весьма широкого динамического диапазона, вам, скорее всего, придётся установить глубину компрессии более 8:1 и выше.

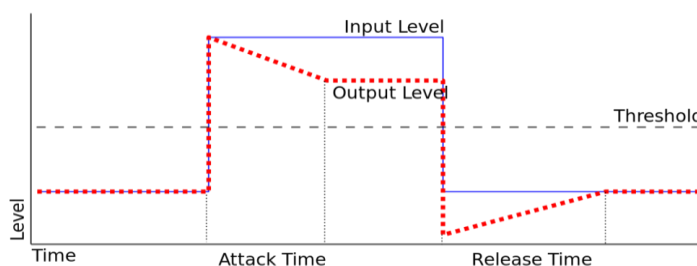
У реальных разных приборов набор параметров для регулировки может меняться: их количество может быть больше или меньше.

Динамические процессоры могут влиять на сигнал по разным алгоритмам работы:

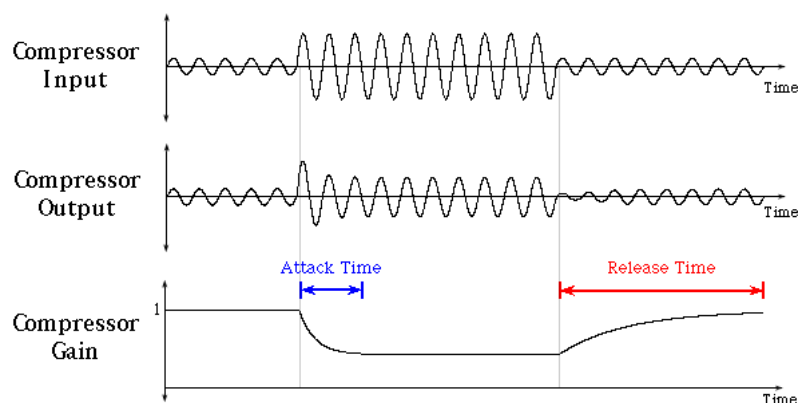
Классический Компрессор: После достижения входным сигналом порогового уровня выходной уровень начинает уменьшаться в соответствии с заданными временными характеристиками и степенью уменьшения, относительно входного. Чем больше сигнал на входе - тем меньше сигнал на выходе становится.



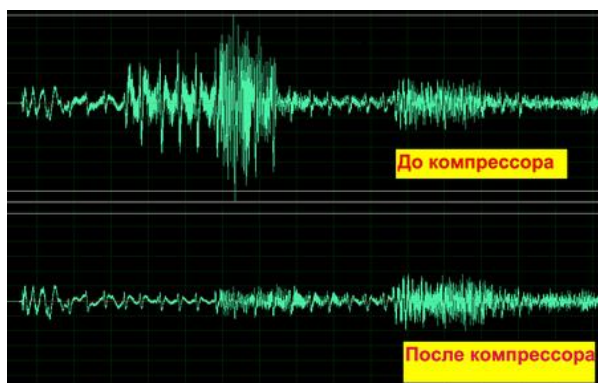
Для примера рассмотрим влияние компрессора на прямоугольный сигнал (синим цветом обозначен входной сигнал, а красным – выходной):



Или такой пример:



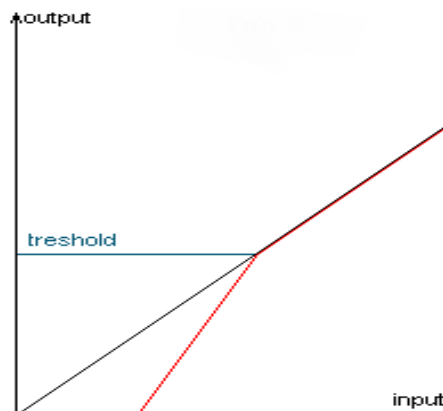
А вот что происходит с реальным аудиосигналом (судя по результату воздействия это влияние ближе к воздействию лимитера):



Лимитер - частный случай компрессора. Он не дает сигналу подняться по уровню выше установленного порогового значения - максимальное Ratio (бесконечность), и имеет малые значения Атаки и Релиза.

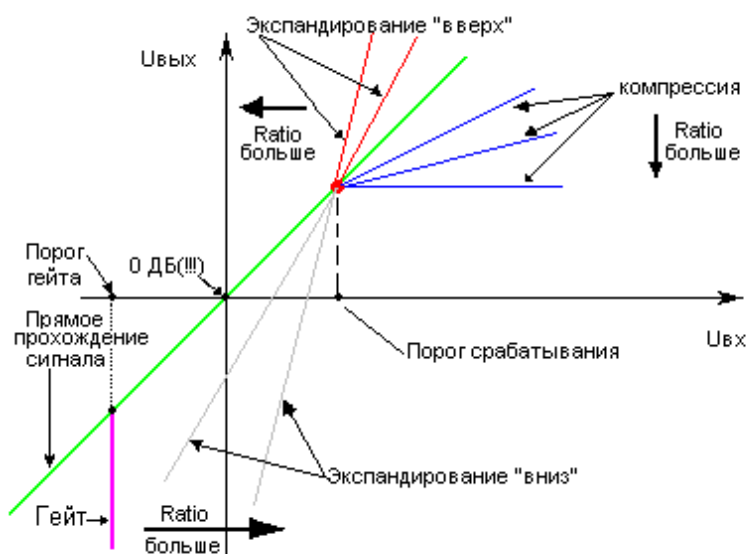
Экспандер - прибор, увеличивающий динамический диапазон. Происходит работа противоположная компрессии - экспандирование.

Обычно применяются обратные (понижающие) экспандеры: чем меньше уровень входного сигнала у такого прибора, тем выходной сигнал становится еще меньше, а сигналы высокого уровня не подвергаются обработке.



Частным случаем экспандера является Гейт (Gate). Он имеет два состояния: открыт и закрыт (Ratio=Бесконечности). В некоторых приборах возможно частичное закрытие на устанавливаемое значение.

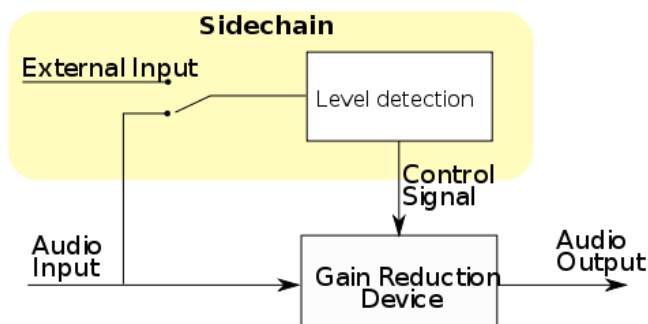
Для облегчения понимания характеристик коэффициента передачи компрессора и экспандера:



Если вернуться к рассмотрению блок-схемы динамических приборов (стр.129), можно увидеть разрыв управляющего сигнала: **Side Chain Insert**. С помощью введение в этот разрыв фильтров, можно настроить работу динамического процессора так, что его влияние будет происходить только от определенной полосы частотного диапазона входного сигнала.

Частный случай такого принципа управления - **широкополосный De-Esser**. При настройке фильтра на частотный диапазон вокальных "с"-призвук, влияние (снижение динамического диапазона всего сигнала) будет происходить только в момент проявления в вокале таких звуков.

А если подать на вход Side Chain сигнал от другого источника, то можно управлять амплитудой одного сигнала амплитудой другого.



Схемотехника узла разъемов Side Chain часто выполнена аналогично Insert разъему микшерного пульта (стр.122)

Существует еще такой класс приборов - Многополосные Компрессоры (Multi-Band Compressor) и Динамические Эквалайзеры (DynEQ). Это приборы, в которых совмещены функции компрессора и эквалайзера.

Принцип работы **Multi-Band Compressor**: входной сигнал делится на несколько частотных полос (диапазонов), каждая из этих полос может обрабатываться компрессией (а бывает и экспандированием) с независимыми параметрами.

Такие приборы применяются для динамического выравнивания частотного баланса, а так же для других художественных и технических задач.

Принцип работы **DynEQ**: входной сигнал обрабатывается параметрическим эквалайзером (одни фильтр, или несколько), усиление Gain которого зависит от уровня сигнала в этой же полосе.

Происходит сжатие или расширение динамического диапазона в частотной полосе, ширина которой определяется добротностью Q (стр.125).

Такие приборы в основном применяются для коррекции узкополосных дефектов звучания отдельных инструментов или источников. Пример такого прибора - **полосовой De-Esser**.

Так же как и для эквализации, компрессия бывает техническая (например - лимитирование, применяемая для ограничения уровня во избежание перегрузки) и художественная.

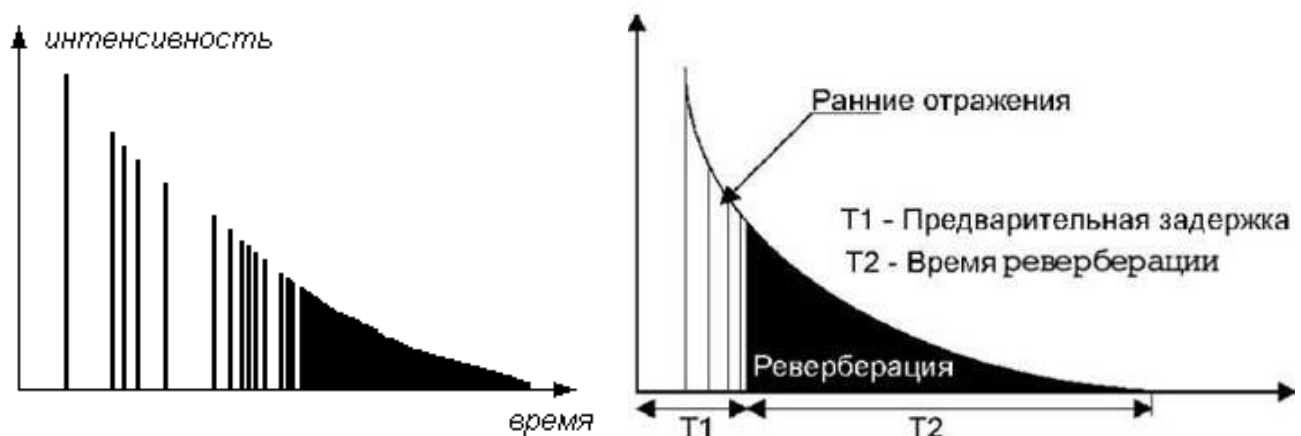
Отдельно стоит рассмотреть приборы пространственно-временной обработки: ревербераторы и задержки. Это класс приборов добавляет в исходный сигнал дополнительные составляющие - отражения, которые слушаются в исходном сигнале как добавление пространства, "эха", расположение источника в некое закрытое пространство или среду с акустическими параметрами отражений.

Ревербераторы (от англ. Reverberation): приборы, формирующие множественный набор затухающих отражений, сформированных по определенному алгоритму.

Реверберация – художественный эффект, который несет в себе важную роль в формировании пространственной картины и вызывает у слушателя больший подсознательный интерес к фонограмме.

Алгоритмы реверберации существуют разнообразные: от физических резонирующих объектов (Пластина (Plate), Пружина (Spring), и т.д.) до больших акустических пространств помещений (Зал (Hall), Комната (Room) и т.д.), а так же другие искусственно-моделированные помещения и пространства.

При подаче короткого звукового импульса в точке прослушивания будет наблюдаться приблизительно следующая картина:



Для каждого алгоритма и каждого производителя конкретных устройств доступны к регулировке различные параметры.

Некоторые параметры, которые являются определяющими в любом алгоритме:

Balance (Dry/Wet) - регулирует соотношение прямого звука и звука, обработанного эффектом.

Reverb Time (Decay Time) - длительность реверберации (время затухания «хвоста» звука до приблизительно 60dB).

Pre Delay (Initial Delay) - временной интервал между прямым звуком и ранними (первичными) отражениями (фактически имитирует расстояние от слушателя в помещении до источника).

High Damp (LPF) - параметры демпфирования высокочастотных составляющих спектра реверберации (иногда отдельно регулируется уровень и частота). Основано на естественном эффекте более быстрого затухания высокочастотного спектра звука в процессе акустической реверберации. В некоторой степени имитирует свойства материалов отражающих поверхностей помещения.

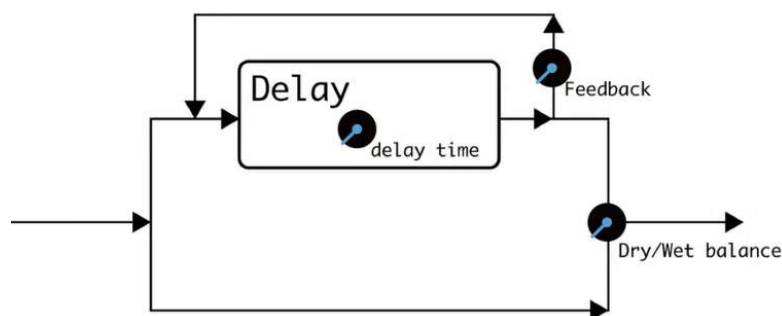
Diffusion - характеризует расплывчатость реверберации, при низких значениях ощущается её дискретность или подобие эха.

Size - размеры (объем) имитируемого помещения или пространства.

Density - плотность ранних (первичных) отражений, характеризует геометрию имитируемого помещения.

Early Reflection Level - уровень ранних отражений, соотносится с отражающими свойствами конфигурации и материалов помещения.

Задержка (Delay): прибор, формирующий дублирующие входной сигнал копии (повторы) - отражения. Принципиально - частный случай ревербератора. Алгоритм представляет собой одну линию задержки с большим временным интервалом.



На слух воспринимается как отражение звука от удаленной поверхности с последующим затуханием:



Основные параметры Delay:

Balance (Dry/Wet) - регулирует соотношение прямого звука и звука, обработанного эффектом,

Delay Time - время задержки,

Feedback (обратная связь) - длительность затухания (количество повторов).

Несмотря на простоту эффекта, так же существуют разные алгоритмы формирования задержки: tape delay, echo, multi tap delay, stereo delay, ping pong delay, reverse и т.д.

Часто для задания Delay Time используется кнопка - **Tap Tempo**. При последовательных нажатиях, время между нажатиями будет являться временем задержки (delay time) для эффекта.

Иногда вводится в единицах **BPM** - beats per minute - количество ударов в минуту с указанием размерности доли: "целая", "четверть", "восьмая" и т.д. - показатель скорости исполнения музыкальной композиции - Темп.

Так же в приборах цифровой задержки (digital delay) часто встречается возможность модуляции сигналов "повтора" (параметры Depth - глубина и Rate - скорость).

Стоит заметить, что реверберация и задержка относятся к типу приборов обработки звука типа "звуковые эффекты" - FX.

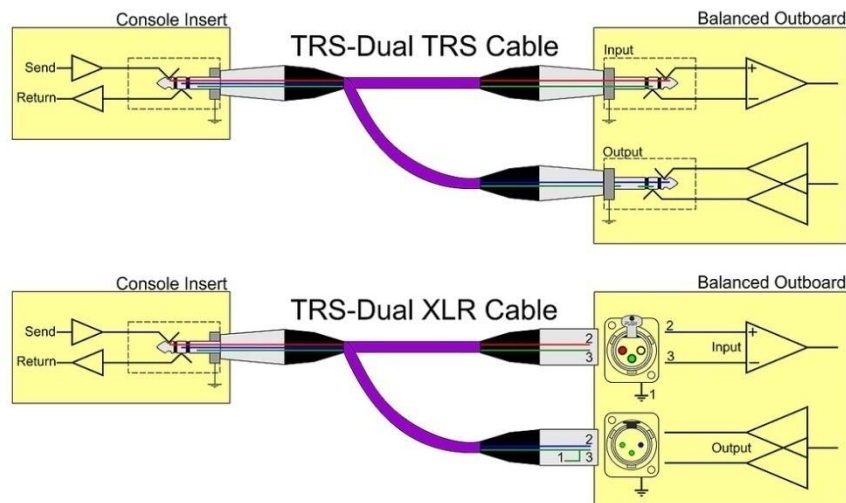
И таких приборов, как и других алгоритмов (модуляция, смещение по частоте, фазе, длительности, различные искажители) - великое множество! Это фленеджеры, фейзеры, хорусы, модуляторы, октаверы, дисторшены и т.д.

В рамках этих материалов рассматривать всё их разнообразие задача нереальная!

Упомянем еще такой класс приборов, как **Enhancer's** - психоакустические процессоры: частотные максимайзеры, эксайтеры, виталайзеры и т.д. Принципы их работы различны, но сходятся в одном: добавлении в исходный сигнал дополнительных гармоник, искажений и других артефактов, сгенерированных на основе психоакустических алгоритмов для обогащения слуховых ощущений.

Акцентируем внимание - именно добавление!!!

Любой из рассмотренных приборов обработки звука можно включить для **последовательной обработки** - пропустить через них обрабатываемый сигнал. Именно для этого в аналоговых микшерных пультах существует разъем **Insert**, реализуемый на разъеме TRS (балансный Jack) (стр.75, стр.122).



В этом случае контактная группа этого разъема предназначена не для передачи балансного сигнала, а для коммутации двух небалансных линий - **Посыл (Send)** и **Возврат (Return)**. Иногда эти разъемы могут быть отдельными и балансными. При подключении внешнего прибора весь сигнал как бы "сделает петлю" через подключенное устройство - полностью весь пройдет через него и подвергнется обработке.

При отсутствии в гнезде Jack-а контактная группа соединит посыл и возврат, что позволяет сигналу проходить ему напрямую к следующим каскадам пульта.

В этом случае, **при использовании реверберационных эффектов** для управлением глубины (количеством) обработки на приборах можно и нужно пользоваться регулятором **Balance (Dry/Wet)**.

Но такое подключение для приборов реверберации, задержки и т.д. не принято.

При подключении приборов реверберации, которые считаются параллельной обработкой, их принято включать: **Посыл через AUX Send** микшерного пульта, а **Возврат** на специальные каналы Return или в стандартные входные каналы ("линейки") пульта.

Это делается для того, что бы цепи прибора не влияли на полезный сигнал.

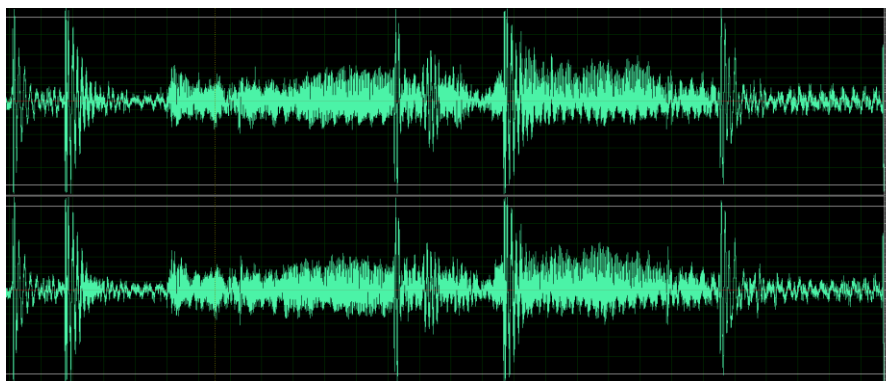
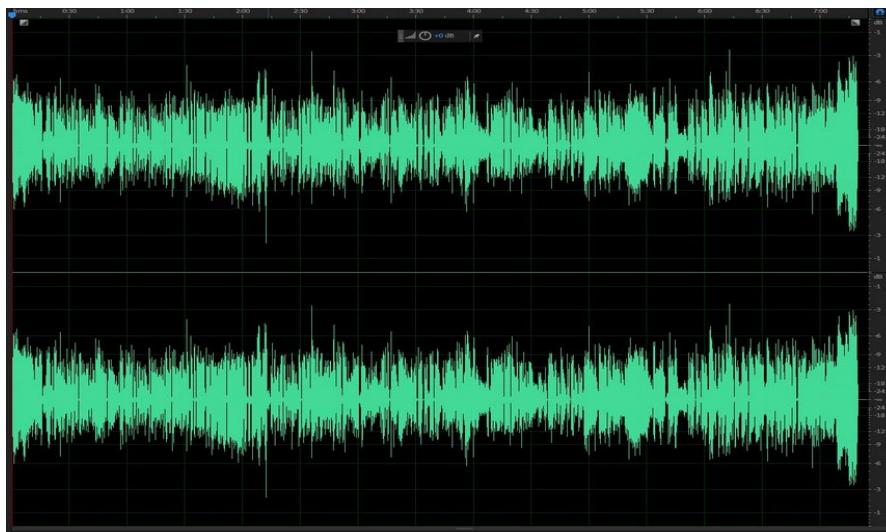
Важно, что бы внешние приборы последовательной обработки имели **"холодный" ("релейный") bypass**. Возможность "прямого" прохождения сигнала.

В случае выхода из строя прибора можно отключить этот прибор от сети электропитания, при этом на проходящий через него "полезный" сигнал никакие цепи этого прибора оказывать не будут.

Вернемся к принципам обработки звуковых сигналов.

Для окончательного понимания звукового сигнала и процесса его обработки, для наглядности стоит рассмотреть интерфейс любого программного (компьютерного) звукового редактора (Adobe Audition, Sound Forge, WaveLab и т.д.) или «окно» редакции звуковой дорожки в любой программной DAW (Digital Audio Workstation – имеем ввиду многодорожечный (мультитрэк, multiTrack) редактор).

Мы увидим отображение волны звукового сигнала – окно waveform – сигналограмма: график изменения напряжения от времени.



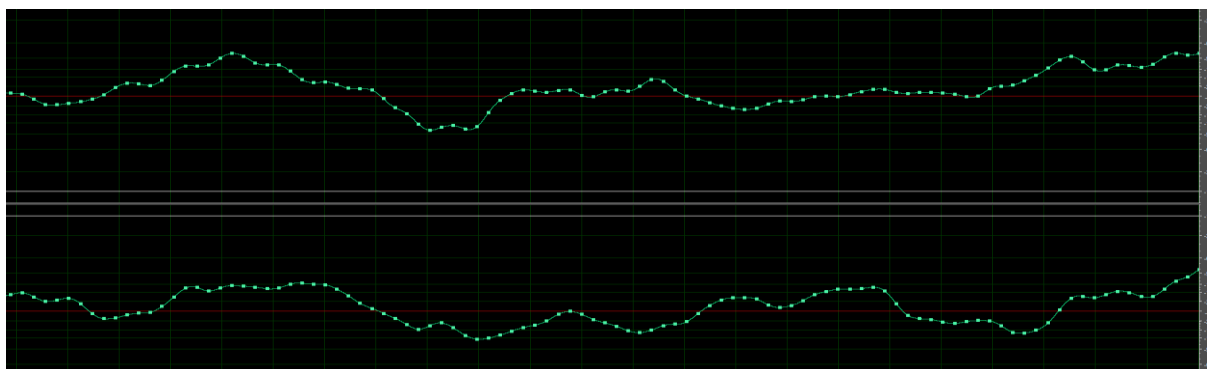
С некоторым приближением, если взять один широкополосный динамик и воспроизвести этот сигнал, можно сказать, что это именно график колебаний диффузора динамика.

Визуально подтверждается тот факт, что реальный музыкальный сигнал, несмотря на способ разложения по теореме Фурье (стр.56-57), **един и непрерывен.**

Все рассуждения относительно гармонического состава (спектра) сигнала сводятся только лишь к математическому представлению его сложной формы и её анализу.

Если до какой-то степени увеличивать масштаб отображения «волны» можно увидеть точки отсчета (в некотором приближении можно сказать – точки отсчета АЦП (стр.139)).

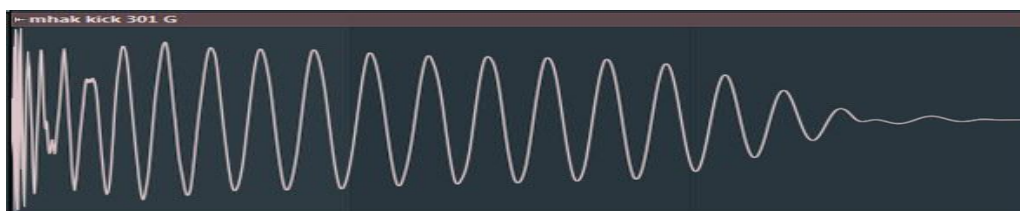
Линии, соединяющие эти точки, появляются за счет интерполяции.



Если рассмотреть сигналограмму, так же можно заметить, что изменение ее формы может происходить во времени плавно (изменение уровня какого-либо участка фонограммы) или резко (мелкий масштаб формы "волны").

Любой звук реального источника имеет во времени свое начало и окончание звучания – то есть являются частично периодическими.

Рассмотрим для упрощенного примера семпл одиночного удара барабана:

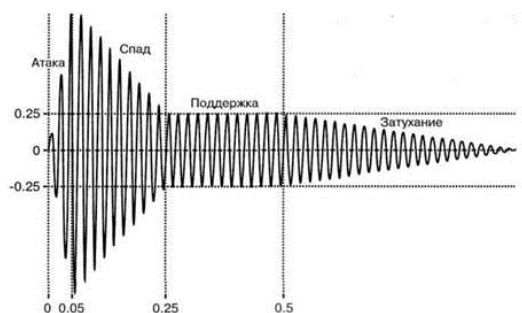


Реальный звуковой сигнал изменяет во времени свою амплитуду и форму (гармонический (частотный) спектр - состав обертонов). Это изменение описывается **Огибающей**.

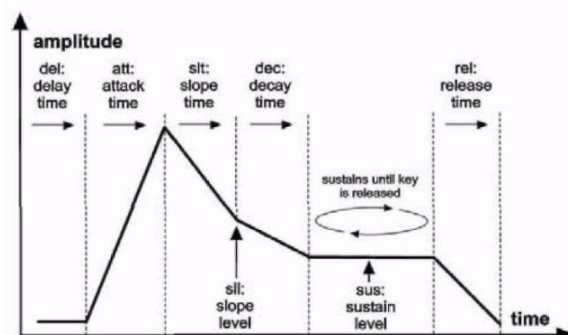
Если соединить умозрительно положительные (или отрицательные) пиковые уровни такого семпла мы получим плавную, сравнительно медленно меняющуюся, кривую линии изменения уровня - это и является Огибающей амплитуды.

Огибающая звукового сигнала (изменение амплитуды звукового сигнала) — важная характеристика звука, издаваемого музыкальными инструментами, являющаяся определяющей для «опознания» музыкального инструмента человеческим слухом – то же результат усреднения.

На огибающей выделяют четыре основных участка:



или подробнее:



Атака (Attack) , Спад (Slope или Decay), Поддержка (Hold или Sustain), Затухание (Release).

Говоря выше про «протяженные» участки звука, мы имели в виду именно участок Сустейна (стр.56).

Часто огибающей называют управляющее VCA напряжение в динамических приборах обработки. Все зависит от контекста использования этого понятия.

Интересный эффект: если от реального звука извлекаемой ноты (допустим фортепиано) «отрезать» участок атаки (момент удара молоточка по струне – начало звука), то на слух мы не сможем определить, что это за инструмент звучит.

Именно атаки сигналов влияют на разборчивость и распознавание типа источника звука.

Обрабатывая сигнал эквалайзерами и другими приборами, изменяющими АЧХ, мы изменяем детали формы сигнала на протяжении всей его длительности. С неким приближением можно сказать, что чем выше частота фильтров эквалайзера, тем более мелкие детали волны будут изменяться. Но это очень приближенное высказывание.

Обрабатывая сигнал динамическими приборами обработки мы влияем на форму огибающей.

Например, можем выделить зону атаки компрессором или уменьшить послезвучие (release) экспандером или гейтом...

В любом случае исходная форма волны будет изменяться, хоть и более «протяженно» во времени.

Любая обработка сигнала влияет на его форму и, соответственно, его спектр (тембр).

Воздействуя на сигнал процессорами динамической обработки (компрессорами и т.д.), вроде бы только на уровень (амплитуду), но изменения спектра сигнала (АЧХ) в той или иной степени, все равно будут иметь место!!!

Чем более медленная и плавная по времени будет происходить динамическая обработка, тем меньшее влияние на АЧХ она будет оказывать. В то же время эквалайзеры, ввиду вносимой фильтрами групповой задержки, при экстремальных значениях параметров, тоже влияют на форму Огибающей, особенно в зоне ее Атаки.

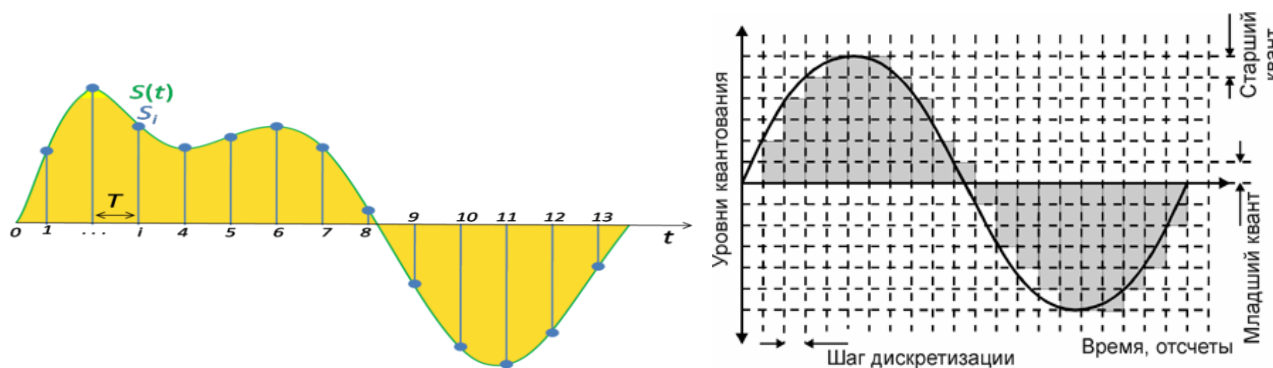
3.17 Цифровое аудио, Digital mixer, LAN и «remote».

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 – в 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 (битность).

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 (40000Гц). У стандартных аудио-CD она составляет 44.1 кГц.

В профессиональном оборудовании частота дискретизации применяется 48кГц и выше.

Глубина дискретизации (разрядность, битность, квантование) по уровню описывает разрядность числа, которым описывается уровень сигнала - характеризует точность этих значений.

Эта характеристика накладывает ограничение максимальный уровень записи сигнала и на его минимальное значение. Стандартная глубина дискретизации на audio-CD — 16 бит (вспомним диаграмму уровней и шкалу dBFS, стр.68). В профессиональном оборудовании применяется 24бит и выше. Большая глубина дискретизации позволяет избежать появления шумов и артефактов при дальнейшей обработке звука.

Для преобразования из цифровой формы сигнала в аналоговую среду 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 и время, требуемое для этой обработки.

Это время в приборах выражается характеристикой «**Latency**» - **суммарное время задержки при обработке и прохождении сигнала через цифровой тракт**. Параметр Latency каждого прибора нужно обязательно учитывать при расчете мер и мероприятий по минимизации интерференции (стр. 45-46, стр. 98-99, стр. 112) составляющих акустических систем всего звукового комплекса.

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

В некоторых приборах на цифровых входах реализован алгоритм передискретизации, который позволяет это правило не соблюдать. ☺

В рамках данных материалов невозможно описать все частные случаи и особенности использования всех цифровых пультов, протоколов передачи, принципов работы и т.д. всего многообразия производителей оборудования.

В прокатных компаниях основной функционал персонала связанный с работой на микшерных пультах сводится к сопровождающей деятельности – к работе «нянькой» пульта ☺.

В роле «няньки» должен выступать опытный специалист, который бы предугадывал все необходимые и «желаемые» манипуляции Звукорежиссера коллектива Артиста.

«Нянька» - это лицо прокатной компании перед Звукорежиссером!

Что бы помогать звукорежиссеру, нужно думать как звукорежиссер! ☺

Реакция на все действия и просьбы должна быть оперативной, четкой и профессиональной!

Если вы умеете работать с аналоговыми микшерными пультами и приборами обработки звука, то нужно акцентировать внимание на начальных знаниях при работе с цифровыми консолями конкретных моделей и производителей из своего парка оборудования:

- 1) Понимать протоколы соединения и уметь коммутировать и настраивать физические составляющие микшерной системы: блоки входов\выходов (stage rack), процессорные модули, консоли управления (control surface) и т.д.
- 2) Знать и понимать структуру модулей входов\выходов микшерной системы, уметь назначить определенный физический порт (разъем) in\out на любую входную ячейку («линейку») или выходную шину (AUX или Bus).
- 3) Знать основные системные настройки и служебные сообщения микшерной системы.
- 4) Знать возможности внутренней маршрутизации микшерной системы.
- 5) Знать органы управления консоли управления (control surface), уметь настроить их пользовательские функции (user-слои фейдеров, user-функции кнопок и энкодеров).
- 6) Уметь скопировать настройки с канала на канал.
- 7) Уметь «заликовать» (link) каналы (объединение управления параметрами каналов, например для использования со стереоисточниками).
- 8) Знать, где переключается режим «pre/post» шин пульта.
- 9) Уметь организовать и настроить удаленное управление по WiFi (remote control).
- 10) Необходимо понимать структуру работы памяти микшерной системы (Save\Recall): какие параметры в каких разделах памяти сохраняются - Сцены (scene), Шоу (show) и т.д..
- 11) Необходимо знать какие параметры и каким образом могут быть заблокированы от изменения при смене этих ячеек памяти (Recall Safe).
- 12) А главное, уметь решать любые проблемы, которые могут случиться с пультом и линией передачи данных!

Это далеко не весь список того, что нужно знать и уметь. Но это основы!

Только зная в совершенстве парк микшерных консолей своей прокатной компании и имея опыт работы профессиональным концертным звукорежиссером можно брать на себя ответственность и «ношу» функционала «няньки».

В современных цифровых микшерных пультах и системах, количество модулей приборов обработки и их разнообразие огромно! Гибкость подключения и маршрутизации, точек insert и т.д. порой превосходит многие запросы стандартных задач.

Нужно понимать сначала техническую и художественную задачу, а только потом искать пути ее решения техническими средствами. И этих путей будет множество!

Таки же существует много «правил хорошего тона» в работе с пультами и звуковой системой, которые нарабатываются с опытом.

Например: организация раздачи сигналов на Main PA (основные акустические системы left-right), sub (subwoofer) и все зоны Fill-ов отдельно с matrix-bus пульта.

Огромное количество современного оборудования, в том числе цифровые микшерные пульта имеют возможность дистанционного управления и настройки – «Remote».

Это необходимо для оперативной работы, что бы каждый раз «не бегать» к «лицевому» интерфейсу прибора, который может быть расположен в неудобном для доступа месте.

Раньше пульты дистанционного управления устройствами были индивидуальными для каждого прибора на нестандартных кабельных линиях связи между контролируемым и контролирующим прибором.

В дальнейшем управление перешло в виртуальную среду: в программы для персональных компьютеров (MAC и PC). При этом линии связи между компьютером и устройством были на интерфейсах, таких например как RS232, RS485 и др., потом появился USB...

В большинстве современного оборудования дистанционное управление («remote») реализовано на LAN-интерфейсе с портом Ethernet, что позволяет подключать множество устройств к локальной сети, переходить от проводной связи на WiFi и управлять всеми этими устройствами одновременно с одного управляющего компьютера.

Локальная сеть LAN - (Local Area Network) – это группа компьютеров и других устройств, которые соединены друг с другом по сети и находятся в одной «локации».

Практически, при сложных настройках и при «проброске» портов, можно выходить на уровень WAN (Wide Area Network) - проще говоря в глобальную сеть Интернет и управлять устройствами из любой точки мира но, на данном этапе мы рассматриваем именно локальную сеть на сценической площадке, что применяется чаще всего в нашем случае.

Сети отличаются скоростью (пропускной способностью).

В основном для наших задач применяется 100 Мбит/с, 1000 Мбит/с (гигабит, 1 Гбит/с), 10 Гбит/с.

Скорость сети определяется характеристиками кабельной линии (**стр.80**) и используемого сетевого оборудования.

Максимальная скорость будет соответствовать минимальной скорости соединенных устройств.

Каждое устройство, находящееся в локальной сети должно иметь свой уникальный адрес.

В локальных сетях эта адресация реализована набором протоколов TCP/IP, которые организуют присвоение IP-адресов устройствам.

Это присвоение может быть **статическим** (IP-адрес назначен «в ручную»: фиксированный, задается пользователем в «меню» устройства) или **динамическим** (IP-адрес непостоянный, изменяемый, назначенный автоматически сетевым сервисом (на определенный промежуток времени) при подключении устройства к сети).

При этом все устройства, находящиеся в одной сети должны иметь одинаковую «маску подсети».

Самый распространенный сетевой сервис автоматического назначения IP-адресов – протокол DHCP.

Для этого **на одном из устройств** в сети должна быть активирована функция **DHCP-server**.

Для специалистов начального уровня рекомендуется всегда пользоваться динамическими IP.

Некоторые протоколы передачи цифровых аудиосигналов (например Dante) так же передаются по локальным сетям.

Настройка IP-адресов в таких сетях происходит по такому же принципу.

Но многие протоколы передачи, хотя и используют ethernet кабельные линии (витые пары) и ethernet разъемы, не являются LAN. Например: GigaACE или SLink (Allen&Heath), AES50 (Midas, Behringer) и т.д.

Так же существуют соединения типа Point-to-Point (соединение типа «точка-точка») сетевых портов двух устройств. Например, протокол AES50 всегда Point-to-Point.

Не всегда сетевой порт Ethernet применяется для TCP/IP LAN-сетей!

Требуемые скорости для задач передачи многоканального аудио – не ниже 1 Гбит/с.

Одновременно с аудиоданными по протоколам передачи многоканального аудио передается дополнительная информация, например управление предварительными усилителями stage-box (gain, PAD, включение фантомного питания и т.д.). Следует заметить, что эта информация воспринимается только устройствами одного производителя, а другими устройствами игнорируется.

Технически возможно объединение сетей управления («remote») и передачи цифрового аудио, но это требует углубленных знаний и настроек сетевого оборудования.

Надежнее на сценической площадке считается физическое разделение таких сетей.

Лучше протянуть от сцены до позиции ФОН лишнюю линию «витой пары» и поставить дополнительный сетевой коммутатор (ethernet-switch).

Обычно локальная сеть «remote» имеет адаптер (току доступа) WiFi – при этом создается отдельная WiFi сеть со «шлюзованием» в локальную проводную LAN.

Для передачи цифрового аудиосигнала WiFi не применяется (хотя технически это возможно).

Изучайте протоколы передачи и всегда внимательно читайте мануалы от конкретного оборудования!

3.18 Художественная работа . Советы по коррекции инструментов.

Подходы Инженера (системного инженера, техника и т.д.) и Звукорежиссера различны: если **Инженерный персонал** работает с усилителями, кроссоверами, акустическими системами, соединительными проводами, "децибелами", "фазами", нагрузками и другими **техническими** вопросами, то **Звукорежиссер** работает с микрофонами и их расположением, микшерным пультом, "балансом" и "оттенками" звучания и т.д. - звуковыми образами и другими **художественными** вопросами.

Области знаний, необходимых для профессиональной деятельности в двух профессиях тесно пересекаются. Различаются только навыки.

Очень часто один человек занимается двумя сферами вопросов.

Главное понимать, как система слухового восприятия человека расшифровывает тот или иной звуковой образ, звук отдельного инструмента и всего "ансамбля", установить для себя соответствие между физическими параметрами коррекции и слуховыми ощущениями, какие из этих параметров являются наиболее значимыми для передачи семантической (смысловой) и эстетической (эмоциональной) информации.

Используйте коррекцию (АЧХ и динамическую) только там, где она необходима!

Не навреди Звуку обработками!

Главное: понимать принцип сложности взаимодействия всех составляющих процессов для достижения необходимого результата!

Описанного выше и ниже вполне достаточно для уровня техника.

Немного "окунемся" в тему эквализации как художественного процесса:

Весь слышимый частотный диапазон для простоты разделяют по восприятию:

20Hz-90Hz - Сабы, 90Hz-250Hz - Низкие Частоты, 250Hz-4000Hz- - Средние Частоты, 4kHz-20kHz - Высокие Частоты. Этот ряд субъективен и каждый диапазон не имеет резких границ.

Но именно субъективных упрощенных описаний и ощущений на первых порах нам и нужно! Разделим эти диапазоны на более мелкие и попробуем их описать:

Низкие Басы (**20-80Hz**) - самые низкие ноты и призвуки, от них резонирует весь зал, и ощущаются грудью. Тот самый **"Качь"**!

Верхние Басы (**80-200Hz**) - верхние ноты басовых инструментов и низкие ноты гитар. Тут ощущается сила и энергия звука! **"Жир"**! Из-за переизбытка может возникать возможная **"Муть"**!

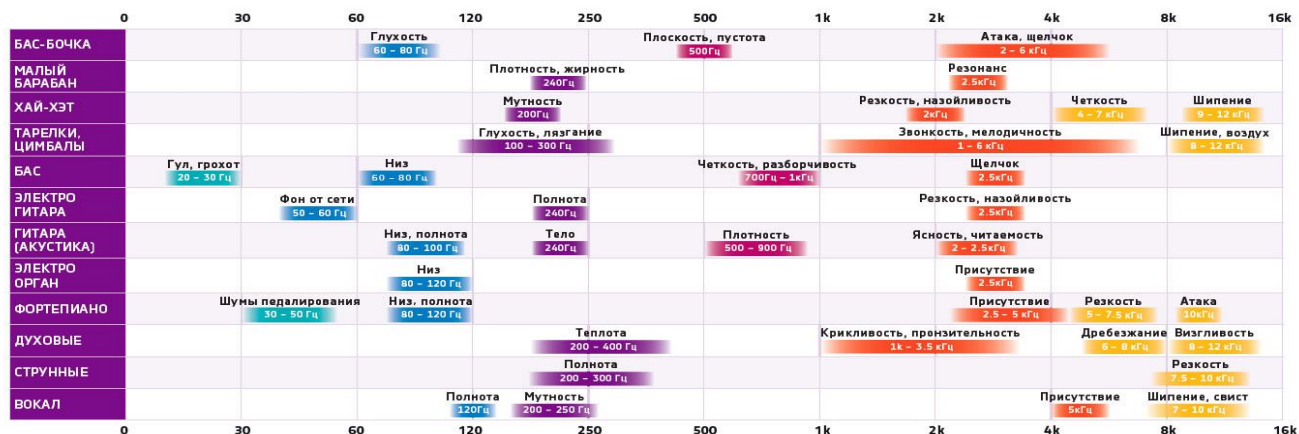
Низкие Средние (**200-600Hz**) - основной регистр гитары, наполнение середины ритм-секции и аккомпанемент. **"Основа"** и **"Фундамент"**! Из-за переизбытка может вызывать **"Нудноту"**!

Средние (**600-2000kHz**) - основной вокальный диапазон, гитарные и скрипичные соло, медные духовые. **"Разборчивость"**!

Верхние Средние (**2-6kHz**) - обертона и ощущение эффекта присутствия. Основной чувствительный диапазон по кривым Флетчера-Мэнсона. **"Резкость"**! Из за переизбытка может вызывать **"Сверление"**!

Низкие-Высокие (**6-8kHz**) - **"Яркость"** и **"Острота"**!

Высокие (**8-16kHz**) - **"Искристость"** и **"Блеск"**!



Каждый раз разные источники (от инструментов и микрофонов до музыкантов и Артистов) в различных условиях НЕПОВТОРИМЫ и требуют индивидуального подхода.

Далее, по "просьбе трудящихся", рекомендации для "отправных точек" и экспериментах в эквализации, на основе материала Robert Dennis и Devin DeVore с freshsound.org и других ресурсов:

50 Герц.

Увеличить, что бы добавить полноты инструментам, звучащим в низкочастотном участке спектра – большой барабан, томы и бас-гитара.

Уменьшить, что бы избежать маскировки высших гармоник и увеличить “читаемость” басовых партий. Обычно используется в музыке с активной басовой линией, например, в рок-музыке.

100 Герц.

Увеличить, что бы добавить жёсткости инструментам, звучащим в басовом регистре.

Увеличить, что бы добавить наполненности звукам гитары, малого барабана.

Увеличить, что бы добавить теплоты пиано и духовым инструментам.

Уменьшить, если надо убрать «бубнение» из звука гитары и увеличить его разборчивость.

200 Герц.

Увеличить, что бы добавить полноты партии вокала.

Увеличить, что бы добавить полноты звуку малого барабана и гитары (используется в жёсткой музыке).

Уменьшить, что бы избежать мутного саунда инструментов, звучащих в среднечастотном диапазоне.

Уменьшить, что бы избежать «гонгообразного» звучания тарелок.

400 Герц.

Увеличить, что бы добавить ясности басовой партии, особенно при прослушивании на малой громкости.

Уменьшить, что бы избежать картонного звука у низкочастотных ударных (томы, большой барабан).

Уменьшить, что бы подчеркнуть объёмность звучания тарелок.

800 Герц.

Увеличить для чистого и мощного звучания бас-гитары.

Уменьшить, что бы избавиться от “дешёвого” звука гитар.

1.5 килоГерца.

Увеличить для подчёркивания атаки бас-гитары и её гармоник.

Уменьшить, что бы избежать “вялого” звучания электро- и акустических гитар.

3 килоГерца.

Увеличить для подчёркивания атаки бас-гитары.

Увеличить для подчёркивания атаки электро- и акустических гитар.

Увеличить для подчёркивания атаки партии пиано, исполненной в низком регистре.

Увеличить для подчёркивания чистоты и жёсткости вокальной партии.

Уменьшить для подчёркивания придыхания, мягкости бэк-вокальных партий.

Уменьшить, если необходимо замаскировать гармоническую нестройность вокала или гитар.

5 килоГерц.

Увеличить для разборчивости вокала.

Увеличить, что бы подчеркнуть атаку низкочастотных барабанов (большой барабан, томы).

Увеличить для получения более «пальцевого» звука бас-гитары.

Увеличить, что бы подчеркнуть атаку пиано, акустических гитар и яркость партии гитар (особенно, рок-гитар).

Уменьшить, что бы сделать звук партий, звучащих на заднем плане более отдалённым.

Уменьшить, что бы смягчить звук гитар.

7 килоГерц.

Увеличить для получения атаки у низкочастотных барабанов (более металлический звук)

Увеличить для получения атаки перкуSSIONных инструментов.

Увеличить при работе с «вялым» вокалом.

Увеличить для получения более «пальцевого» звука бас-гитары.

Уменьшить, что бы уменьшить энергию свистящих согласных.

Увеличить, что бы добавить резкости звукам рок-гитар, синтезатора, акустических гитар и пиано.

10 килоГерц.

Увеличить для осветления вокала.

Увеличить для получения лёгкого прозрачного звука акустической гитары или пиано.

Увеличить, что бы подчеркнуть жёсткость в звучании тарелок.

Уменьшить, что бы уменьшить энергию свистящих согласных.

15 килоГерц.

Увеличить для осветления вокала (звук с придыханием).

Увеличить для осветления тарелок, струнных, флейты.

Для Вокала:

Грубо говоря, спектр голоса можно разделить на три основных полосы, соответствующих главным речевым компонентам — «основе», «гласным» и «согласным».

Область голосовой «основы» расположена на довольно ограниченном участке спектра — приблизительно между 125 и 250 Герцами. Правильная передача её является неотъемлемой частью качественного звука.

Несущие наибольшую голосовую энергию «гласные» занимают полосу 350 до 2000 герц.

«Согласные» же, расположенные на участке от 1500 до 4000 герц, обладают небольшой энергией, но зато являются основной составляющей разборчивости голоса.

К примеру, на участок от 63 до 500 герц приходится около 60% всей энергии голоса, но он всего лишь на 5 % влияет на разборчивость. Область 500 – 1000 герц обеспечивает 35% разборчивости, в то время как на диапазон от 1 до 8 килогерц приходится 5% от энергии и 60% от разборчивости.

Уменьшив уровень составляющих низкочастотной части спектра и увеличив уровень в диапазоне от 1 до 5 килогерц можно существенно увеличить разборчивость и ясность голоса.

Вот несколько возможных последствий грубого тембрового вмешательства в звук:

- поднятие АЧХ на участке 100 – 250 герц делает вокал гулким;
- вырезание участка 150 – 500 герц порождает пустоту, неосновательность;
- уменьшение уровня на участке от 500 до 1000 герц влечёт за собой излишнюю жёсткость;
- поднятие части спектра около 3 килогерц несёт жесткую металлическую гнусавость;
- уменьшение усиления в полосе от 2 до 5 килогерц приводит к общему снижению разборчивости, делает звук безжизненным;
- поднятие участка от 4 до 10 килогерц приводит к свистам и появлению “звукового песка”.

Слишком сильное увеличение уровня на участке 200 – 400 герц приводит к маскировке согласных, таких как “м”, “б”, “в”.

Слишком сильное увеличение уровня в диапазоне 1000 – 4000 герц приводит к быстрому утомлению слуха.

Чтобы получить больше грудного звучания, слегка поднимите участок от 125 до 250 Гц.

Вокал можно слегка «выдвинуть вперед», подняв в районе 3 килогерц, одновременно уменьшив усиление на этой же частоте у всех инструментов аккомпанемента или фонограммы.

Полоса от 2 до 4 кГц подчеркивает согласные и делает голос "ближе" к слушателю.

80 – 125 Герц - Придание чувственности певцам, поющим в басовом регистре.

160 – 250 Герц - Звуковая основа.

315 – 500 Герц - Очень важно для качественного звука, но создает эффект гулкости.

630 – 1000 Герц - Важно для естественного звучания. Чрезмерное поднятие приводит к получению «телефонного звука».

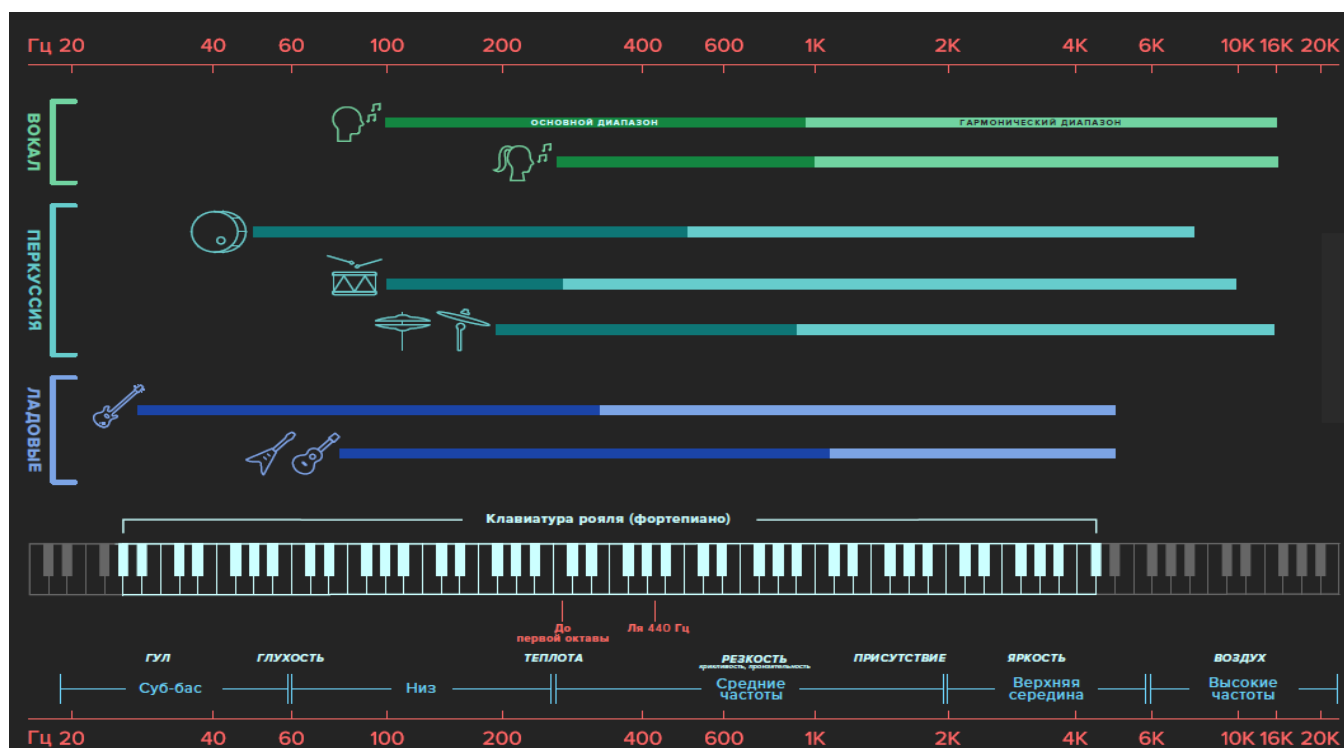
1250 – 4000 Герц - Артикуляция вокала, манера исполнителя.

5000 – 8000 Герц - Очень важно для разборчивости.

1250 – 8000 Герц - Придают чистоту и ясность.

5000 – 16000 Герц - Чрезмерное усиление приводит к сыпучему, свистящему звуку.

Для некоторых инструментов:



Инструмент

Бас-гитара
Бочка
Рабочий
Альты
Том
Хэт и тарелки
Электрогитара
Акустическая гитара
Орган
Рояль
Медные духовые
Голос
Струнные
Конга

"Волшебные" частоты

Низы — 50-80 Гц, атака — 700 Гц, шелчок на 2,5 кГц
Низы — 80-100 Гц, пустота — 400 Гц, "точка" (шелчок) — 3-5 кГц.
"Жирность" — 120-240 Гц, boing? — 900 Гц, треск — 5 кГц, шелчок — 10 кГц.
Полнота — 240-500 Гц, атака — 5 кГц.
Полнота — 80-120 Гц, атака — 5 кГц
Звук — 200 Гц, блеск — от 8 до 10 кГц.
Полнота — 240-500 Гц, презенс — 1,5-2,5 кГц, колонка 4x12 футов срезать 1 кГц.
Полнота — 80 Гц, "тело" звука — 240 Гц, презенс — 2-5 кГц.
Полнота — 80 Гц, "тело" звука — 240 Гц, презенс — 2-5 кГц.
Полнота — 80 Гц, презенс — 2,5-5 кГц, расстроенное (хонки-тонк) — 2,5 кГц.
Полнота — 120-240 Гц, пронзительность — 5 кГц.
Полнота — 120 Гц, гулкость — 240 Гц, презенс — 5 кГц, шипящие — 5 кГц, воздух — 10-15 кГц.
Полнота — 240 Гц, скрип — 7-10 кГц.
Звон — 200 Гц, хлопок — 5 кГц.

Большой барабан: кроме обычного вырезания области от 200 до 400 герц обычно можно вырезать узкую полосу спектра в области 160, 800 и 1300 герц. Это позволяет освободить место для звуковой основы бас-гитары и музыки в целом.

Применение ВЧ фильтрации от 50 герц позволяет уплотнить звук большого барабана, оставив для компрессора именно тот сигнал, с которым он может музыкально работать. Подъем 5 – 7 кГц – для отчетливого щелчка.

Малый барабан: это именно тот инструмент, звук которого очень легко замутнить слишком большим количеством "низа". Частоты ниже 150 герц никогда не используются для получения современного звука. Можно предложить для их подавления всё тот же HiPass фильтр.

Большинство моделей малых барабанов требуют лишь "подрезать" несколько частот. Начните с 400 герц, 800 герц и некоторого количества 1300 герц. Если малый барабан слишком "торчит" в миксе, но вы не хотите изменять его уровень, немного уменьшите 5кГц – это слегка "отдалит" его – и потом скомпенсируйте это лёгким поднятием 10 кГц.

Чтобы найти «остроту» можно поднять верхние средние, начиная с 5-6 дБ на 2 кГц, или около того. Стоит попробовать расширять частотную полосу до тех пор, пока барабан не "выпрыгнет" из микса, затем её сужать, пока не останется нужная часть его спектра. Потом точно подстраивать частоту, так, чтобы для выделения барабана из микса потребовался минимальный подъем.

Хай-хэт: В НЧ участке спектра содержится очень мало информации о звуке хай-хэта. Применение ВЧ фильтра с частотой среза 200 герц может освободить звук от нежелательной грязи.

Основными в звуке хай-хэта являются частоты в диапазоне от 400 до 1000 герц, а особенно 600 – 800 герц. Для осветления звука достаточно поднять АЧХ на участке выше 12500 кГц.

Томы и флор-томы: часто требуют вырезания участка от 300 до 800 герц. Кроме этого, участок ниже 100 герц не несёт в себе практически никакой тембровой информации, а лишь маскирует собой полезные гармоники и искажает естественное звучание томов.

Overhead: верхние микрофоны – значимая часть в озвучивании барабанной установки. Они дают барабанам часть пространственного объёма и, как правило, требуют ослабления усиления в районе 400 герц и фильтрации от 150 герц и ниже.

Они не используются для придания мощности звуку барабанов, а лишь “красят” его, так что смело “режьте” всё, что маскирует гармонические составляющие звука или “притупляет” его.

Вырезание участка около 800 герц и поднятие верхней части спектра от 12500 герц принесёт большую “определённость” звуку барабанов в миксе и добавит необходимую долю прозрачности.

Бас-гитара: требует наличия в спектре тех частот, от которых иногда необходимо избавляться при работе с другими инструментами. В частности, в районе 800 герц находится область, отвечающая за чистоту звучания бас-гитары. Слишком большой уровень нижних составляющих спектра способен замаскировать область чистоты басовой партии.

Иногда лучший путь поиска звука бас-гитары – это обрезать всё, что ниже 150 герц, сформировать тот звук, который вам нужен в средней части спектра, и потом постепенно возвращать “низ” до тех пор, пока не вернётся “основа” звука - до того момента, когда она начнет маскировать “область чистоты”.

Представьте себе АЧХ в виде рисунка. Если слишком большой уровень НЧ-составляющей – звук будет бубнящим и непрозрачным, с замаскированными ВЧ гармониками.

Именно применение эквалайзера и позволяет не допускать такие ошибки. Важно соотношение низкого (80-120) и высокого (130-200 Гц) баса. Попробуйте использовать две узкие полосы, одну на 100 Гц, другую на 140. Подымите первую, срежьте вторую. Если бас звучит слишком тепло, то срез на 140 делает звучание более отчетливым. При этом не страдают низкие обертоны, которые живут в районе 100 Гц. Также попробуйте поднять в районе 1 кГц.

Гитара, пиано и т.д. имеют основу в среднечастотной области. Тем не менее, уменьшение усиления в низкочастотной области спектра – там, где находятся неиспользуемые НЧ гармоники - не является хорошей идеей. Даже если вы чувствуете, что не можете определённо услышать в низкочастотной области, то, что там находится, всё равно присутствует в миксе и играет какую-то роль.

Звуки выше названных инструментов в низкочастотной части спектра дают то, что обычно называют “поддержкой”.

Непосредственно тембр формируется в области середины – 400 и 800 герц внизу и от 1000 до 5000 наверху. Всё, что больше 5 кГц – лишь придаёт прозрачность и ясность.

Для “утолщения” звучания гитары сильно (на 9 дБ) поднимите середину, и просматривайте частотный диапазон, пока не найдете частоту, за счет которой гитара звучит толще, достаточно ярко, и её слышно.

Теперь убирайте излишнюю яркость, уменьшая подъем примерно до +4 дБ. При этом гитару в миксе все равно должно быть слышно.

Общие советы по эквализации:

Если нужно урезать - урезаем узкой полосой (большое Q), если поднимаем - широкой (малое Q).

Лучше убирать, чем добавлять - субтрактивная эквализация.

При применении эквалайзеров в звуке смещаются фазы различных частот, вследствие этого звук становится менее чётким и смазанным.

При большом количестве (глубине) эквализации в звуке пропадает резкость и атака, это происходит из-за групповой задержки частот.

Нельзя забывать контролировать спектр инструментов по отношению друг к другу, например, не ярче ли звук большого барабана, или пиано, или тарелок, чем вокал.

Основа “частотного” сведения лежит в области маскирования в психоакустике (**стр.53**): любому инструменту нужна своя, относительно свободная частотная область. Поэтому освобождайте место для наиболее важных инструментов.

Если Вам кажется, что каких-то частот не хватает, прежде чем работать эквалайзером в “+”, попробуйте сначала убрать лишние избыточные частоты. Вполне возможно они как раз маскируют недостающий диапазон.

Советы по динамической обработке:

Любая компрессия уменьшает динамический диапазон сигнала, и меняет форму его огибающей уровня, а так же, как следствие, меняет его частотный состав (состав гармоник).

При решении художественных задач микширования динамическая обработка применяется для уравнивания динамического диапазона сигналов различных источников для последующего их микса.

Если для эквализации мы можем предположить, как будет влиять та или иная коррекция на звучание и дать какие-то общие советы и рекомендации, то для динамической обработки зависимость этого влияния кардинально зависит от характера самого сигнала.

К тому же уровень Threshold (порог) изначально величина относительная - она изначально зависит от уровня входного сигнала.

Динамическая обработка дает более «тонкие ощущения» от своего влияния на "характер звучания", чем эквализация - менее явные изменения, которые постоянно меняются вместе с сигналом.

В качестве примера несколько "советов" по динамической обработке инструментов:

Вокал: В живой сценической работе почти всегда ставится на вокал широкополосный компрессор для поддержания постоянного уровня, когда вокалист произвольно двигается от микрофона. А также чтобы слова, произносимые «полупрошепотом», были слышны и от громких моментов не клиппировали усилители и РА громкоговорители.

В этих случаях должен быть установлен низкий порог (часто на 10 dB или больше подавления усиления по индикатору Gain Reduction) в соответствии с большим соотношением компрессии - 4:1 или больше.

Для сохранения разборчивости медленная атака (5-25 мс) позволяет согласным в начале слов проходить без влияния компрессии.

Время возврата должно как можно более коротким, но без артефактов типа «подкачки» (типично около 100 мс).

Бэк-вокал часто объединяют в подгруппы и компрессируют подобным же образом.

Шепелявость в голосе - это такой вид искажений, когда присутствует слишком много буквы "с" (также, как "щ", "ч"), но это можно поправить, используя де-эссер (частотно-зависимый компрессор) или динамический эквалайзер, который образует своеобразный фильтр для входящего сигнала, который в свою очередь срабатывает только тогда, когда детектор определяет избыток высоких частот.

Бас: Так как очень важно, чтобы каждая нота баса была слышна (не всегда используется хорошо сконструированный инструмент, у которого все ноты звучат ровно, а также не все басисты имеют хорошую технику, чтобы достичь такого результата), басы почти всегда компрессируют.

Типичная стартовая установка для широкополосного компрессора, предлагаемая для рок-баса должна иметь ratio 4:1 с порогом, установленным на подавление 4-8 dB для пиковых нот.

Твердое колено (knee) хорошо для этого случая.

Если басист играет с медиатором, время атаки должно быть очень коротким, чтобы смягчить начало ноты; если басист играет пальцами (особенно, если играет в «фанк»-стиле), время атаки можно увеличить, чтобы пропустить начало каждой ноты.

Время возврата особенно важно для баса, и должно быть достаточно длинным, чтобы придать мягкий сустейн взятой ноте.

Многополосный компрессор здорово работает на басу, хорошо уплотняя нижние частоты (и уменьшая гудение) без влияния на середину и верх, которые отвечают за атаку звука.

Когда компрессируете только нижние частоты, вы можете использовать очень быструю атаку, так как длина волны очень большая, однако, по этой же причине, время возврата должно быть достаточно большим.

Барабаны: Компрессия почти всегда используется на рабочем барабане, на бочке для того и на томах, чтобы добавить "шлепок" к сигналу и выровнять все сигналы, так, чтобы они были постоянны на протяжении всей песни.

Широкополосный компрессор прекрасно справляется с этой задачей благодаря ограниченному частотному диапазону бочки и рабочего барабана. Типичные установки для компрессии рабочего барабана: ratio 3:1, порог 4-8 dB с очень быстрой атакой и временем возврата.

Бочка имеет почти такие же установки, но ratio больше (4:1 или 5:1) и несколько более низкий порог (6-8 dB). Снижение порога Threshold и увеличение времени атаки увеличит ощущения "щелчка".

В обоих случаях применяется мягкое колено, и особенно следите за атакой для достижения эффекта, который вам нужен.

Гитара: Существует, конечно, огромное количество гитар - от перегруженных электрических соло-гитар в тяжелой музыке, до чистых, с ярким звуком, включенных напрямую (через DI) электроакустических гитар, и до нежного перебора акустической гитары, - но компрессия может помочь им всем.

Для гитары в рок-музыке попробуйте широкополосный компрессор с жестким лимитирующим соотношением 10:1 или даже 20:1, и с порогом, который давит гейн на 6-10 dB, время атаки несколько отпущенное, чтобы могло пройти начало каждого аккорда и каждой ноты без влияния.

Чистая «фанковая» гитара выиграет от использования многополосного компрессора, ratio 6:1 на среднечастотном диапазоне и меньшее ratio (3:1 или 4:1) на высокочастотном. Опять же отпущенная атака, чтобы яркий передний край каждого аккорда был четко очерчен.

На электроакустической гитаре со стальными струнами также много выигрывает, будучи закомпрессирована или многополосным, или широкополосным компрессором, в зависимости от качества гитары (хорошо сделанная гитара звучит достаточно ровно на всех струнах, ей достаточно широкополосного компрессора, а более дешевый инструмент сильно отличается по звуку от струны к струне, - здесь уже надо multi-band компрессор).

На акустике (акустической гитаре, «подзвученной» микрофоном) лучше применять мягкую компрессию 1,5:1 или 2:1, порог при этом ставим 2-3 dB, атака опять отпущена, но ровно настолько, чтобы немного смягчался жесткий звук медиатора о струну.

MIX (Buss или Master): С одной стороны, при обработке всего "мастер"-микса ("Master") динамическая обработка является "клеем" (Glue-компрессия), который делает микс более однородным, "склеивает" инструменты друг с другом, дает миксу "дыхание" - более "тонкие" слуховые ощущения.

С другой – технической стороны – не дает выйти уровню за определенный порог, что предотвращает появление искажений и перегрузку в последующих каскадах звуковоспроизведения (усиления или записи).

В любом случае, для любой обработки звука, невозможно давать однозначные советы, кроме как самые общие, так как каждый инструмент и источник звука всегда, на каждой площадке, потребует разной коррекции.

Его звучание, «приходящее на микшерный пульт» всегда будет зависеть от многих условий: типа и расположения микрофона (даже небольшое смещение даст ощутимую разницу), геометрии сцены, расположения мониторинговых и основных акустических систем, температуры воздуха, настроения музыканта и т.д.

В любой творческой деятельности, где для успеха требуется вдохновение и талант «свыше» - знания и опыт недооценивать нельзя!

4. Работа на сценической площадке.

Надеюсь, что все написанное выше разбудит интерес к углубленному изучению процесса работы в нашей сфере деятельности, желание профессионального роста и повышение творческого потенциала.

Но вернемся к тому, что Вы только начинаете свой Путь Техника Сцены звукового отдела.

4.1 Технический райдер и работа на сценической площадке.

Техническим райдером называется технические требования, выставяемые 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 пульта (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 или кейсах 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).

Старайтесь производить "зонированное" расположение оборудования на площадке: каждая зона и все оборудование должно быть доступно к оперативным действиям и изменениям в любой момент времени ответственным службам. **Оставляйте технические проходы!**

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 мультитора (или линии передачи данных) и кабеля питания ФОН 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 ФОН ПУЛЬТА ПРОИЗВОДИТЬ ОТ СИЛОВОГО ДИСТРИБЬЮТОРА ЗВУКОВОГО КОМПЛЕКСА!!!

Даже если на ФОН 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 коммутации!

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 (FootSwitch).

Стандартная последовательность подключения каналов:

При подключении источников к микшерным пультам существует классическое правило последовательности каналов (Channel, Ch.). **Но не всегда обязательно так!**

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.

Для удобства, наглядности, оперативных переключений, устранения неисправностей и ошибок всегда рекомендуется подписывать разъемы на противоположных концах кабелей и коробках мультикоров (sub snake). Для этого всегда необходим маркер и специальный скотч на матерчатой основе (gaffer tape).

Монтаж закончен.

«**Причешите сцену**» - наведите порядок в кабельном хозяйстве на сцене.

Проклейку скотчем (Gaffa) проложенных кабелей, укладку в «капы» 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 (**стр.83**).

После манипуляций системного инженера (или старшего группы, или «няньки» пульта) по настройке основной РА системы (порталов) и мониторинговых линий, после предварительного «патчинга» цифрового микшерного пульта, 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 соответственные 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 мобильный 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 и любого цвета для маркировки).
- Индикаторная отвертка.
- Минимальный комплект инструмента (отвертки, пассатижи, бокорезы, паяльник и т.д.).
- Чистые листы бумаги (или блокнот) для записи поправок к райдеру.

Дополнительно полезно иметь мультиметр и паяльник с паяльным набором (припой, канифоль и др.).

Из «житейских премудростей»: если место в рюкзаке позволяет, то комплект белья, легкая обувь (тапочки), мыло, туалетная бумага, полотенце, зубная щетка, набор лекарств (перекись водорода, бактерицидный пластырь, жаропонижающее, от желудка и диареи и т.д. для себя и товарища ☺) – это минимальный набор необходимых в суровом прокатном быту вещей!

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 то же 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 и подключите к входу не работающего усилителя.

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.

При выполнении вышеуказанных действий, убедитесь, что проверяемые усилители работают с одним и тем же диапазоном частот, если система двух- или трех-полосная.

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

И наоборот: **НЕ ПОДКЛЮЧАЙТЕ акустический кабель от высокочастотной секции акустической системы к усилителю для сабвуфера!!!**

Опять же, тенденция, особенно под стрессовым давлением, заключается в том, что можно начать произвольно заменять кабели или болтающиеся разъемы хаотично, "невпопад". Хотя вам может просто повезти, и вы попадете на дефектный компонент, очень легко загнать себя по бесконечному кругу, попробовать то и это, не справляясь с проблемой, а так же повредить оборудование.

Это особенно верно, если в деле участвует более одного дефектного компонента или больше одного человека неорганизованного персонала для решения проблемы.

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

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

В мире Музыкального Шоу-Бизнеса (Артист и структуры его сопровождающие) много людей занимают разные должности и иерархические ступени.

Относительно "Live"-направления рассмотрим некоторые из них, с которыми Вам возможно придется сталкиваться на площадках, в том числе должности работников прокатных компаний.

Продюсер (команда Артиста): Человек, придумавший концепцию существования на Сцене самого Артиста, подобравший репертуар, сценический образ, вложивший большие финансовые средства и организовавший весь творческий и производственный процесс от разработки персонального имиджа до записи музыкального альбома и организации туровой деятельности.

Некоторые Артисты полностью или в какой-то степени являются продюсерами своей деятельности.

Саунд-продюсер (команда Артиста): Человек, придумавший концепцию звучания и аранжировок музыкального материала авторов Артиста. В основном студийная должность при продюсерском центре.

Концертный директор (команда Артиста): Человек, отвечающий за организацию графика выступлений Артиста, договорными обязательствами и финансовыми операциями. В основном должность при продюсерском центре.

Тур-менеджер (команда Артиста): Человек, отвечающий за соблюдение графика тура, выполнения бытового райдера и согласованной работы всех команд сопровождения.

Технический директор (команда Артиста): Человек, отвечающий за соблюдение всех пунктов технического райдера. Ведет все технические согласования для организации выступлений.

Звукорежиссер Артиста (команда Артиста): часто разделяются на FОН (Front Of House) и Mon. (мониторный) - отвечают за звучание, соответственно, в зрительном зале и мониторными системами на сцене.

Художник по Свету (команда Артиста): - Художник по Свету Артиста. ☺

Техник (команда Артиста): Технический специалист, отвечающий за транспортировку, расположение и подключение технического оборудования коллектива Артиста, адаптацию и соблюдение stage-плана на конкретной сценической площадке. Во время концерта следит за возникающими на сцене проблемами и оказывает всяческую помощь музыкальному коллективу во время выступления. Приходят первыми - уходят последними.

"Заказчик": Человек или организация, заказавшая и финансирующая выступление Артиста.

"Организатор": Промоутер - Человек (или организация), занимающийся подбором технических подрядчиков и площадок для выступления (залов) "на местах", координацией (в том числе финансовой) всех служб и команд сопровождения проведения мероприятия, отвечающий за рекламу и продажу билетов (на "кассовых" сольных концертах часто Заказчик и Промоутер одно и то же лицо, имеющие договорные отношения с продюсерским центром Артиста).

Менеджер проекта (команда прокатной компании): Человек, отвечающий за согласование оборудования, предоставляемого в прокат для проведения мероприятия (отношения с тех. командой Артиста и Организатором), сметную стоимость проекта (отношения с Организатором), осуществляющий всю координацию взаимодействия для транспортировки, монтажу, работе, демонтажу и т.д.

"Бригадир" звукового отдела (команда прокатной компании): Старший Технический специалист, отвечающий за выполнение звукового раздела технического райдера Артиста, координирующий работу монтажников, техников, системного инженера, звукорежиссеров проката и т.д.

Системный инженер по звуку (команда прокатной компании): Технический специалист, отвечающий за оптимальную конфигурацию и настройку звуковой системы относительно параметров концертной площадки и требованиям райдера.

Звукорежиссер проката/"нянька" (команда прокатной компании): Технический специалист, отвечающий за работоспособность и роутинг микшерных систем, подготовку предварительных настроек для обеспечения работы звукорежиссера Артиста. В случае "сборных" концертов исполняющий обязанности звукорежиссера (ведущие, звук с видео или DJ сопровождения, музыкальные коллективы, не имеющие своего штатного звукорежиссера) всего мероприятия.

В случае FОН/Моп. конфигурации - 2 разных инженера.

Старший техник сцены (команда прокатной компании): "Stage manager" - Технический специалист, необходимый при работе на "сборных, фестивальных" мероприятиях ("солянках"), отвечающий за корректную смену расположения бэклайна (stage-плана) при смене коллективов Артистов, а так же за безошибочную коммутацию на сцене по инпут-листу.

Техник сцены (команда прокатной компании): Stage Hand - Технический специалист, отвечающий за расстановку оборудования бэклайна по stage-плану, его корректному монтажу и подключению по инпут-листу, отвечающий за безаварийную работу всего бэклайна и оказывающий содействие техническому и музыкальному коллективу Артиста.

"Бригадир" светового отдела (команда прокатной компании): Старший Технический специалист, отвечающий за выполнение светового раздела технического райдера Артиста, координирующий работу монтажников, техников и светорежиссера проката и т.д.

Светорежиссер/художник по свету проката/"нянька" (команда прокатной компании): Технический специалист, отвечающий за работоспособность и DMX-патчинг всех световых приборов и светового пульта, подготовку предварительных настроек для обеспечения работы художника по свету Артиста. В случае "сборных" концертов исполняющий обязанности художника по свету всего мероприятия.

"Бригадир" видео отдела (команда прокатной компании): Старший Технический специалист, отвечающий за выполнение видео раздела технического райдера Артиста, координирующий работу монтажников, техников и видеоинженера проката и т.д.

Видеоинженер (команда прокатной компании): Технический специалист, отвечающий за работоспособность и функционирования всех видеопроекторных приборов и видеооборудования прокатной компании, участвующего в проведении мероприятия.

Видеорежиссер/"выпускающий" (команда прокатной компании): Технический специалист, осуществляющий видеосопровождение мероприятия, выпуск видеоконтента и т.д.

Монтажник (команда прокатной компании): технический специалист осуществляющий монтаж прокатного оборудования. Часто монтаж осуществляется силами всего персонала прокатной компании.

"Бригадир" сценического отдела (команда прокатной компании): Технический специалист, отвечающий за расчет механических нагрузок, проектированию мобильных сценических конструкций, координирующий работу риггеров и монтажников.

Риггер (команда прокатной компании или наёмный персонал): Сертифицированный Технический специалист, отвечающий и производящий подвес оборудования на площадке, выполняющий высотные работы.

Грузчик (команда прокатной компании или наёмный персонал): - грузчик "Бобер" ☺

Это далеко не полный список должностей и обязанностей всего коллектива, участвующего в процессе обеспечения Шоу.

Во многих прокатных компаниях функционал не имеет четкого разграничения и выполнение тех или иных работ осуществляется всем коллективом.

Стоит отметить, что на каждой площадке необходимы технические документы сертификации и проверки оборудования, а так же сотрудники, прошедшие обучение и имеющие удостоверения, назначенные приказом компании за обеспечение пожарной и электробезопасности, безопасности при проведении высотных работ, а так же другие нормативно-технические документы.

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 - мероприятия Артиста. **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 не как 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 ФОН пульта.

Следите за процессом проведения Шоу.

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

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 Артист, и его Персонал, и Зритель!

5. Заключение.

Уважаемые Читатели, Коллеги, Соискатели Профессии и Интересующиеся!!!

В Век Интернета и Информационных Технологий, при преизбытке информации, часто возникают сложности в поиске Необходимых Знаний.

Считаю, что методика образования «от Простого к Сложному», с постоянным углублением знаний и повторением изученного, является оптимальной методикой обучения: «По Спирали».

Нижеприведенная литература и материалы, изученные в определенной последовательности, освещает большинство вопросов профессии и повторяет их с разных точек зрения от многих авторов, что позволяет найти понимание среди читателей.

- 1) Питер Бьюик "Живой Звук. РА для концертирующих музыкантов." - изд."Шоу-Мастер" 1998г.
- 2) Дункан Р. Фрай "Микширование живого звука" - изд."IN/OUT" 1997г.
- 3) Швец С.И. "Акустика для звукорежиссера" - 2008г.
- 4) Меерзон Б.Я. "Акустические основы звукорежиссуры" - изд."Москва" 2000г.
- 5) Гари Дэвис, Ральф Джонс "Звук: теория, устройства, практические рекомендации"
- 6) Вологдин Э.И. "Слух и восприятие звука" курс лекций - изд."Санкт-Петербург" 2012г.
- 7) Вологдин Э.И. "Основы электроакустики" учебное пособие - изд."Санкт-Петербург" 2012г.
- 8) Вологдин Э.И. "Методы и алгоритмы обработки звуковых сигналов" курс лекций - изд."Санкт-Петербург" 2012г.
- 9) статья Леонид Гугулёв, Дмитрий Низяев "Физическая основа звука"
- 10) статья " Основы архитектурной акустики. Акустика закрытых помещений"

Изучив и поняв всю вышепредставленную литературу вы получите теоретический фундамент для дальнейшего профессионального развития.

Помните:

"Теория без Практики мертва, а Практика без Теории слепа."

А.В. Суворов.

"Теория - это когда все известно, но ничего не работает."

Практика - это когда все работает, но никто не знает почему."

Мы же объединяем Теорию и Практику: ничего не работает и никто не знает почему!"

Альберт Эйнштейн



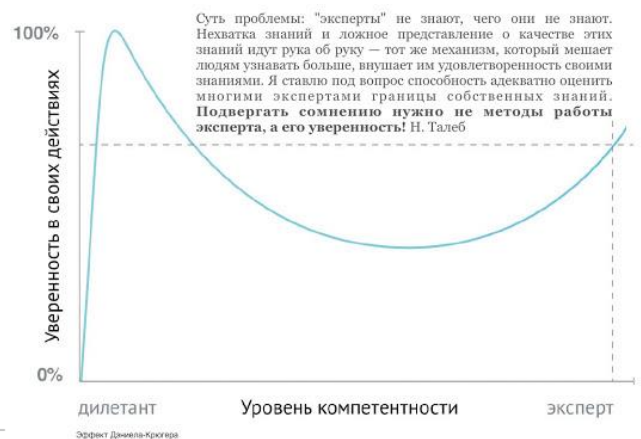
Накопленный Опыт - "Сын ошибок трудных" - это то, что ведет к успеху в любом Деле.

Опыт не передать написанием одних методических материалов или ста книг.

Он нарабатывается годами через "впитывание губкой" знаний "старших товарищей" и свои Ошибки.

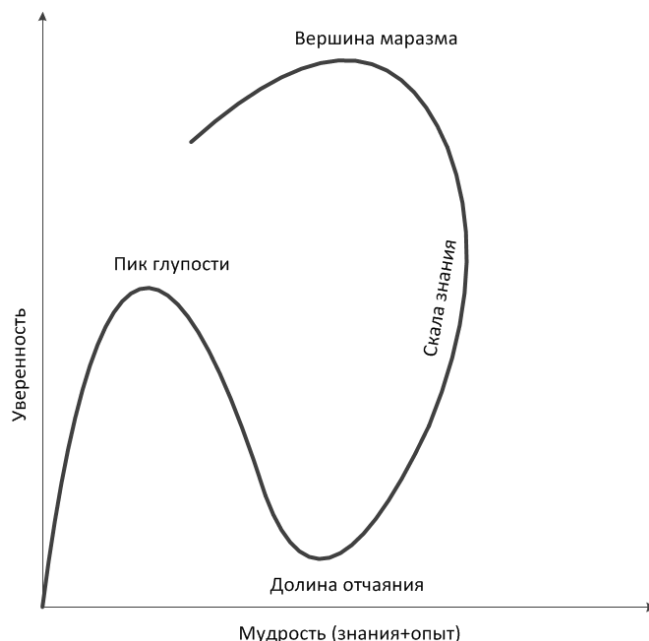
Адекватно оценивайте свои возможности, силы и действия.

Если, Вы считаете, что знаете ВСЕ – значит, Вы не умеете ничего!!!





Может так:



А может и так ☺:

Если переходить от теории к практическому применению своих знаний (системную инженерию), то далее стоит сделать **ОЧЕНЬ ВАЖНУЮ ПОПРАВКУ**:

Большинство последующих источников акцентируют внимание **только** на средствах анализа и последующих из них выводах о выборе уровней, частот раздела точек кроссовера, частотной коррекции и времени задержек фазовой коррекции полос.

Практически не один из Авторы не акцентирует внимание на физических возможностях компонентов акустических систем - допустимых мощностных и частотных параметров Головок Громкоговорителей - Динамиков. Это Большое Упущение...

Возможно, это происходит из-за того, что большинство современных производителей предлагают свои звуковые комплексы как "закрытые" системы - комплекты "акустическая система + усилитель мощности со встроенным процессором" со многими скрытыми от пользователя параметрами.

Как аналогия активным акустическим системам. ☺

Любое бездумное выполнение всех советов и рекомендаций относительно выбора частот кроссовера и уровня усиления без учета паспортных и конструктивных параметров акустических систем может повлечь за собой выход динамиков из строя.

Поэтому все практические навыки по настройке систем звукоусиления стоит приобретать под руководством "старших товарищей" до полного осознания всех нюансов и "рисков".

- 11) статья "Безопасная эксплуатация систем звукоусиления" Sound House <http://electrovoice.com.ua/articles.php?id=68>
- это полезная статья в поддержку продукции компании ElectroVoice, которая поможет прояснить некоторые "моменты" безопасной настройки Звуковых Систем.
- 12) статья Ярослав Удовик "Оптимизация систем звукоусиления" - журнал "Звукорежиссер" №6-2008г.
- 13) статья Г. Пэйдж «Искусство настройки крупномасштабных концертных звуковых систем» 2014г.
- 14) статья Дмитрий Новиков "Влияние кабелей на звук: демпинг-фактор" 2015г.
- 15) статья Мерлин Ван Вин "Задерживать или нет? Вот в чем вопрос..." 2017г.
- 16) статья Василий Запотылок "Методика тестирования акустических систем" 2007г.
- 17) обучающие видеоролики Sound House "Принцип работы измерительных комплексов, Выбор параметров, Громкость, Импульсный отклик, Магнитуда, Фаза, Фильтры."
- 18) обучающий видео-семинар Mauricio Ramirez "System Design & Implementation", Meyer Sound, г.Киев
- 19) Алексей Кониченко "Краткое практическое руководство системного звукоинженера" Sound House
- 20) русскоязычный мануал программы SMAART Smaart_6_User_Manual-RUS
- 21) статья Дмитрий Сухин "Концертный звук. Советы Бывалого."

Данные издания легко найти на просторах интернета.

Стоит отметить тот факт, что все параметры, измеряемые в вышеприведенных статьях, руководствах и семинарах по настройке акустических систем являются динамически-зависимыми.

Все акустические системы являются нелинейными элементами!!!

Это значит, что параметры, измеренные при одном уровне измерительного сигнала (шума и т.д.), при изменении рабочего уровня громкости всей системы, **изменяются!** И это изменение будет значительным!

При чрезмерно тихом звучании, или работе "на грани клипа" звуковая система будет изначально звучать по-разному.

Помимо этого, существует много акустических нелинейных эффектов.

От степени профессионализма зависит способность прогнозировать поведение и минимизировать влияние случайных факторов на результат работы.

Прежде всего Опыт будет сказываться на Успехе!

Рассмотрим: по техническому заданию (по требованиям технического звукового райдера Артиста) на площадке расставлено, подключено и первично настроено звуковое оборудование.

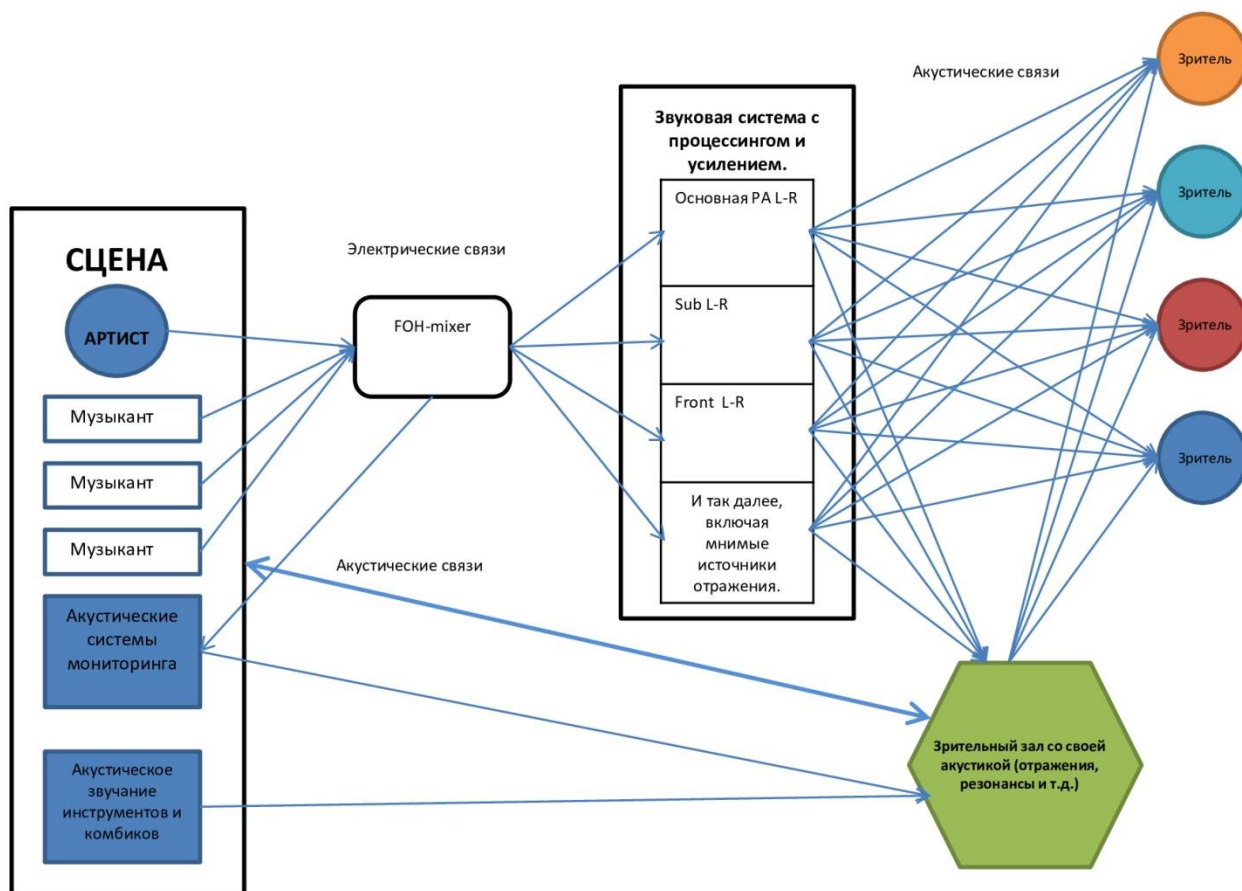
Допустим, системный инженер или исполняющий его обязанности настраивает звуковую систему: корректно располагает акустические системы (с учетом влияния отражающих поверхностей, взаимной интерференции и т.д.), выставляет правильную диаграмму уровней, достигает более-менее равномерного покрытия, АЧХ и ФЧХ по всему пространству зрительного зала, что само по себе, в идеале, как мы уже понимаем, является невыполнимым требованием для всего зала и т.д. ☺

Вспомним про свойства затухания (поглощения) звука, зависимость от температуры и влажности, про интерференцию от двух и более источников (**стр.42-46, стр.98**)...

В Зал заходит публика. Меняется температура, влажность и реверберационная картина (звукопоглощающие свойства и акустика зала)... Какие-то резонансы исчезают, а какие-то появляются.

Происходит взаимодействие всех акустических связей: параметров и акустических излучений.

И это происходит в **каждой точке зала, для разных частот, для каждого из зрителей, по-разному:**



Результатом этого взаимодействия будет финальное звучание!

Так же к этому прибавляется шум толпы (если рассмотреть рок-концерт с танц-партером, то шум зрителей может достигать 75 дБА), который будет снижать общий динамический диапазон проведения Шоу и накладывать свой эффект маскировки на "полезный" акустический сигнал.

Звукорежиссер Артиста становится за пульт. Он имеет огромное количество степеней свободы в виде значения каждого из параметров работы на микшерном пульте. Изменение каждого из них может повлиять на общее восприятие качества звука на шоу: как для Артиста, так и для Публики.

Начинается саундчек или само выступление... Источником сигнала будет являться музыкальный коллектив на сцене. Звукоизвлечение каждого из участников, их "подача" и "энергетика" будет зависеть, в свою очередь, от многих факторов: пил ли вчера Барабанщик?, поскаandalил ли с женой Басист?, болеет ли Клавишник?, расстался ли утром с девушкой Гитарист?, задержали ли коллективу зарплату?, что ел, пил, курил перед концертом Артист (Вокалист)?, подали ли ему машину представительского класса к двери номера?, какое у него настроение? и т.д. ☺ ☺ ☺

От всех этих факторов зависит общее звучание Команды Артиста.

К любой критике всегда нужно относиться предметно-аргументированно и философски: у всех Людей разное Восприятие, Вкус и Оценка.

Часто говорят: «Если к Вам после концерта не подошли, и не сказали, что был плохой звук – значит концерта не было!»

Каждый звукорежиссер Артиста и сам Артист хочет чтобы, если вчерашний концерт был удачным, то сегодня звук должен быть таким же. Хочет повторяемости результата от концерта к концерту, от площадки к площадке...

Нужно понимать, что в идеале это невозможно. Каждый раз влияние всех вышеприведенных, практически случайных факторов приведет к кардинально разному результату.

Работа Звукорежиссера и Звуковой Команды проката (в том числе системного инженера) в целом заключается в усреднении результата - попыткам управления Хаосом.

Количество Условий, их Сложность и Случайность чрезвычайно Велика!

Однозначных решений нет!

Не пытайтесь «Бороться» со звуком системы и акустическими явлениями в зале - считайте их как данность - попробуйте своими средствами, знаниями и умениями использовать их на пользу.

Старайтесь в работе не делать "лишних движений", понимать сферу своей компетенции и обязанностей, осознавать возможность своего влияния на проблемы и их решение.

Степень Вашего влияния на все вышеуказанные явления и случайные обстоятельства и будет определяться Вашим Опытom.

Много полемики в кругу общения происходит на тему, какой «цех» основной на концерте.

Что первичнее: "Яйцо" или "Курица"? ☺

Безусловно, сложность работы Звукового подразделения прокатной компании требует повышенных научных знаний физических законов и принципов.

Если нет светового и видео сопровождения, концерт все равно может состояться.

Хоть в темноте. Хоть без сцены - "с пола".

А вот при отсутствии музыкальных инструментов и другого бэклайна, хоть какого-то мониторинга и звукоусиления, а так же микшерной системы это не возможно.

Но... Нужно рассматривать любой концерт как комплекс.

Зрители идут не только послушать музыку, но и посмотреть на Артиста и его программу - его ШОУ!

По этому: любое мероприятие стоит, прежде всего, рассматривать как общую задачу всех цехов (сценического, декорационного, звукового, светового, видео, спецэффектов) для достижения удовлетворения художественных запросов, задумок и сценария Артиста в целях обеспечения Зрителя полноценным качественным ШОУ.

Если рассмотреть вопрос с технической стороны ("кто главнее в техническом обеспечении концерта?"), то главный - это электрик Дядя Вася.

Если он не подаст напряжение электропитания - концерт не состоится вовсе...

С какой темы мы начинали "материалы по подготовки техников прокатных компаний", к тому и возвращаемся.

Все движется по спирали!

Да пребудет с Вами Сила, Знания и Опыт!

