

Лекция 9 Кроссоверы и контроллеры

Кроссоверы и контроллеры. Это – последние слаботочные устройства, находящиеся в конце звукоусилительного тракта, непосредственно перед окончательными усилителями.

Различие между ними заключается, с точки зрения теории автоматического регулирования, в *принципе реализации* управляющего воздействия. Кроссоверы осуществляют управление по возмущению, т.е. являются устройствами с «прямым управлением», а настоящие контроллеры – по отклонению, т.е. с «обратным управлением».

Рассмотрим эти два вида по отдельности.

Кроссовер (иногда в англоязычной литературе именуемый сокращенно *x-over*) – это хорошо всем известное устройство для разделения всего звукового спектра на несколько частотных полос – для того, чтобы можно было подавать низкочастотные сигналы только на НЧ-звено громкоговорителя, а высокочастотные сигналы – только на твиттеры. Тем самым, обеспечиваются условия для более качественной передачи звука, улучшаются и облегчаются условия работы громкоговорителей и окончательных усилителей мощности, уменьшаются интермодуляционные искажения в громкоговорителях и усилителях.

Современные системы звукоусиления, зачастую оперирующие мощностями в десятки, а то и в сотни киловатт, имеют гораздо большее число полос разделения звукового сигнала. Сейчас не редкость кроссоверы на 4-5 полос, а то и больше.

Однако, те времена, когда кроссовер был только кроссовером, и ничем больше, уже давно и навсегда канули в лету. Практически все они в настоящее время включают в себя множество дополнительных устройств: фазовращателей, лимитеров и многих других. Что же именно входит в состав такого современного «монстра-кроссовера»?

Естественно, что основной элемент любого кроссовера – это сами фильтры, делящие звуковой сигнал на отдельные частотные полосы. Как правило, в большинстве выпускаемых универсальных кроссоверов эти фильтры – перестраиваемые, т.е. сам пользователь может установить необходимые именно ему границы отдельных полос и их количество. Все фильтры имеют два основных параметра – это вид передаточной характеристики, и крутизна среза АЧХ.

Вид передаточной характеристики фильтра зависит от его типа и определяет АЧХ кроссовера в полосе пропускания. Это может быть фильтр Бесселя, Баттерворта, Чебышева, и др. Каждый из этих фильтров имеет свои достоинства и недостатки.

Фильтр Бесселя, при прочих равных условиях, имеет наилучшие ФЧХ и импульсный отклик, но наихудшую избирательность.

Фильтр Чебышева имеет наилучшую избирательность, но наихудшие переходную характеристику (импульсный отклик) и ФЧХ, а кроме этого – его АЧХ в полосе пропускания в принципе всегда имеет некоторую волнообразную неравномерность.

Фильтр же Баттерворта имеет наилучшую из рассмотренных АЧХ и удовлетворительную ФЧХ, однако его селективные свойства несколько хуже, чем у фильтра Чебышева.

Как правило, в серьезных кроссоверах изготовитель предлагает на выбор несколько АЧХ, а уж какую из них использовать – решать пользователю. Кроме вида передаточной характеристики, в большинстве устройств имеется и несколько вариантов крутизны среза АЧХ (за пределами полосы пропускания). Наиболее часто используемые величины – это 12, 18 и 24 дБ на октаву.

Крутизна среза в 12 дБ/октаву означает, что мощность сигнала, лежащего вне полосы пропускания кроссовера, будет уменьшаться в 16 раз на каждую октаву удаления от частоты среза, а 24 дБ/октаву – уже в 256 раз. Очевидно, что еще большее ослабление будет уже бессмыслицей. Кроме этого, многими замечено, что лучше всего звучат кроссоверы с умеренной крутизной, порядка 12 дБ/октава.

Из всех дополнительных устройств в кроссовере первое, что должно в нем присутствовать – это фазовращатели, что вызвано самим принципом работы кроссовера как частотно-избирательной цепи, т.е. фильтра. Любые фильтры имеют нелинейную фазо-частотную характеристику (ФЧХ), причем эта нелинейность наиболее велика вблизи граничных частот полосы.

Для того чтобы уменьшить это нежелательное явление, во многих кроссоверах встроены фазовращатели. Они позволяют изменять фазу сигналов, лежащих вблизи частоты среза. Благодаря этому создается возможность существенно улучшить равномерность суммарной АЧХ всей системы по звуковому давлению.

Это будет справедливо только в том случае, если АЧХ громкоговорителя, подключенного к выходу этой полосы частот, будет идеально линейной. Однако реальная АЧХ подавляющего большинства громкоговорителей похожа на все, что угодно, кроме желаемой прямой линии. Значит, необходимо предусмотреть и возможность не только разделения сигнала на отдельные полосы, но и коррекции АЧХ в отдельных полосах. И действительно, многие из современных кроссоверов такую возможность предоставляют. Причем в особо «навороченных» моделях это могут быть и параметрический, и графический корректоры, действующие одновременно или поочередно, по вашему выбору, - а для ВЧ-динамиков дополнительно иногда предусматривается и специальная коррекция АЧХ рупора.

Итак – сигнал «порезан» на нужное число полос, они фазово выровнены, скорректированы по АЧХ. Однако этого иногда недостаточно.

Современные РА-системы, как правило, имеют довольно большие размеры, и, вследствие этого, сигналы от различных громкоговорителей могут приходить к слушателям с задержкой относительно друг друга, что приведет к вызванной этим неравномерности суммарной АЧХ (вследствие неизбежной интерференции), и к ухудшению импульсного отклика всей системы в целом.

Для того, чтобы этого избежать, в ряде моделей кроссоверов в некоторые их полосы встраиваются индивидуальные, регулируемые линии задержки для компенсации неодновременности прихода звука к слушателям от отдельных громкоговорителей.

Кроме этого, давно замечено, что в ряде случаев более приятное звучание акустики получается при как бы «неправильном» подключении громкоговорителей различных полос, когда динамики в одной из полос включены в противофазе относительно других полос. Для того чтобы сделать это возможным, иногда предусматривается возможность инверсии (переворота) фазы сигналов относительно других.

Очевидна также необходимость индивидуальных регуляторов уровня выходного сигнала для каждой полосы.

После кроссовера есть еще и усилитель мощности! Он может и сам перегрузиться до хрипа, да дорогие динамики сжечь! Так что, необходимо оснастить выходы кроссовера еще и лимитерами для предотвращения описанных случаев. Поэтому множество выпускаемых в настоящее время кроссоверов, действительно, оснащены лимитерами, а некоторые даже и компрессорами. Да иногда еще и раздельными, индивидуальными для каждой полосы!

В итоге получается, что в таком «суперкроссовере» есть и собственно кроссовер, и фазовращатели, и эквалайзеры, и специальные корректоры, и лимитеры, да и многополосные компрессоры, по сути, тоже есть.

Но в стремлении предоставить пользователю как можно больше возможностей (или в погоне за большой ценой) разработчики пошли еще дальше. И стали встраивать и вообще даже «не-кроссоверные» устройства. Так, недавно одна из фирм объявила о создании целого «монстра», в котором, кроме всех вышеописанных узлов, встроен еще и автоматизированный графический эквалайзер с микрофонным входом и встроенным генератором розового шума. Такой эквалайзер сам настраивает во всей РА-системе линейную или любую другую требуемую АЧХ.

Кроме этого, разработчики туда же установили еще и систему для подавления акустической обратной связи (Feedback Suppressor), и систему для дистанционного управления несколькими типами усилителей, и еще некоторые устройства.

Конечно, называть такие сложные аппараты простым словом «кроссовер» уже не совсем правильно.

Контроллеры. Все вышеописанные приборы универсальны, т.е. могут применяться с самыми различными типами и видами акустических систем. И

в этом, наряду со множеством несомненных достоинств, кроется и ряд принципиально неустранимых недостатков.

Во-первых, это довольно длительная процедура настройки. Здесь гибкость и универсальность проявляют свою оборотную сторону, ведь не так просто из множества возможных сочетаний параметров выбрать самый оптимальный их вариант.

Во-вторых, всегда существует вероятность случайного ошибочного изменения установленных значений настроек, особенно в условиях «живой» концертной и гастрольной работы.

В-третьих, практически ни один серийный кроссовер не позволяет работать с перекрытием полос. Имеющиеся же в некоторых моделях отдельные субвуферные выходы тоже полностью не решают эту проблему.

И, наконец, что самое важное – ни один, даже самый «крутой» кроссовер, оснащенный и лимитерами, и вообще всем на свете, в принципе не способен полностью, на все сто процентов, защитить сами динамики от перегрузок и, вследствие этого, выхода из строя. Да, лимитеры защищают усилители мощности от перегрузок, и вполне надежно, а вот акустику – увы!

От всех перечисленных недостатков абсолютно свободны только именно настоящие контроллеры (рис.9.1), которые однако, весьма дороги. Кроме дороговизны, у них есть и еще один небольшой недостаток, а именно – некоторая «неуниверсальность».

Все они являются узкоспециализированными, и каждый из них предназначен для работы с одним, строго определенным типом акустики. Впрочем, для большинства выпускаемых контроллеров имеется довольно широкий набор сменных модулей, обеспечивающих работу с различными акустическими системами.

Итак – чем же настоящие контроллеры отличаются от сложных многофункциональных кроссоверов?

Так как каждый контроллер предназначен для работы со вполне конкретной акустикой, то вполне естественно, что абсолютно никаких настроек не нужно. Всё, что требуется, - разделение полос, их частотная, амплитудная и временная коррекции – уже заранее заложено изготовителем, и пользователю не требуется прилагать ни малейших усилий для настройки системы! (Ну, кроме, возможно, подстройки общего характера звучания по своему вкусу...)

Таким образом, при установке и настройке всей РА-системы экономится масса времени и усилий.

Самое главное отличие настоящего контроллера от навороченного кроссовера – это как раз наличие тех самых нескольких дополнительных входов, которые являются управляющими. На них подается сигнал с выхода усилителя мощности, и именно этот сигнал и «видят» все схемы защиты. Таким образом, устраняется главное слабое место систем защиты обычных кроссоверов, которые просто реагируют на некий, довольно-таки «абстрактный» уровень электрического сигнала на своем выходе. В противоположность им, контроллер «видит» реальный уровень сигнала на

выходе усилителя мощности, т.е. непосредственно тот сигнал, который поступает на сам громкоговоритель.

Благодаря этому защита становится гораздо более надежной, так как никакие возможные изменения положения регуляторов оконечного усилителя мощности не изменяют условий работы схем защиты.

Но не только этим интересны контроллеры. Если внимательно посмотреть на перечень параметров головок громкоговорителей, то там можно увидеть несколько, и весьма отличающихся друг от друга, различных цифр мощности. Как минимум, это будут долговременная (тепловая) мощность, и кратковременная (пиковая). Кроме них, иногда указывается и максимально допустимая амплитуда колебаний (ход) диффузора, ограниченная его конструкцией. Так вот, благодаря тому, что каждый контроллер предназначен для работы со вполне конкретной акустикой, он и может контролировать все эти параметры одновременно.

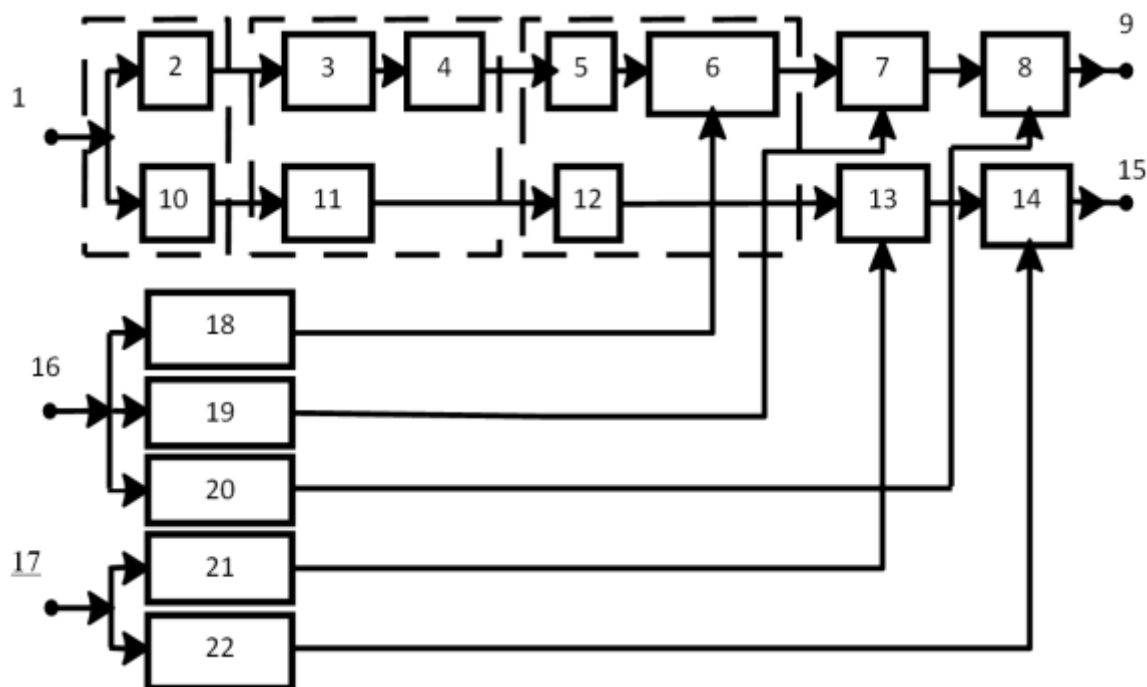


Рисунок 9.1 – Схема контроллера

- 1 – ВХОД СИГНАЛА
- 2 – НЧ-КАНАЛ
- 3 – НЧ-ЭКВАЛАЙЗЕР
- 4 – СХЕМА ЗАДЕРЖКИ
- 5 – ФВЧ
- 6 – ОГРАНИЧИТЕЛЬ ХОДА ДИФФУЗОРА
- 7 – ПИК-ЛИМИТЕР
- 8 – ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ЛИМИТЕР
- 9 – НЧ-ВЫХОД
- 10 – ВЧ-КАНАЛ
- 11 – ВЧ-ЭКВАЛАЙЗЕР
- 12 – ФНЧ

- 13 – ПИК-ЛИМИТЕР
- 14 – ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ЛИМИТЕР
- 15 – ВЧ-ВЫХОД
- 16 – НЧ-СИГНАЛ (С ВЫХОДА УСИЛИТЕЛЯ)
- 17 – ВЧ-СИГНАЛ (С ВЫХОДА УСИЛИТЕЛЯ)
- 18 – КОНТРОЛЛЕР ХОДА ДИФФУЗОРА
- 19, 21 – КОНТРОЛЛЕР ПИК-ЛИМИТЕРА
- 20, 22 – КОНТРОЛЛЕР ТЕМПЕРАТУРНОГО ЛИМИТЕРА

Действительно, если настроить защитный лимитер в обычном кроссовере на допустимую долговременную мощность (предположим, что это каким-то образом удалось) – то получим существенное недоиспользование потенциала РА-системы по громкости, так как все пики при этом будут самым безжалостным образом срезаны. И абсолютно напрасно, так как большинство современных громкоговорителей могут выдерживать весьма значительные кратковременные перегрузки, в ряде случаев – до десятикратной! Иначе говоря, добрая половина потенциально возможной громкости просто потеряется...

В то же время, если по каким-либо причинам на НЧ-динамик попадет особо низкочастотная составляющая, то его диффузор может просто «вылететь» за пределы нормального рабочего хода, что приведет к выходу динамика из строя, и обычный лимитер в этом случае его не спасет. Поэтому в контроллерах имеется, как правило, не одна, а несколько защитных цепей лимитеров. Один лимитер реагирует на долговременную тепловую мощность (THERMAL), второй – на максимально допустимую пиковую (TRANSIENTS), третий – на ход диффузора (EXCURSION).

Для ВЧ-громкоговорителей защита хода подвижной системы не очень актуальна, так как все они имеют крайне малые амплитуды перемещения, и поэтому защитные цепи для них имеют несколько упрощенную схему, по сравнению с НЧ-каналами.

Кроме этого, в контроллерах, как правило, при отсутствии обратного сигнала от усилителя мощности (обрыв в линии, или авария самого усилителя), выходной сигнал для безопасности громкоговорителей мьютируется, так как контроллер в этом случае не может осуществлять полноценную защиту.

В некоторых моделях контроллеров дополнительно имеется и настраиваемая динамическая коррекция АЧХ по кривым равной громкости (тон-компенсация), что помогает получить более плотный и комфортный звук.

Таким образом, хороший контроллер позволяет полностью использовать весь потенциал РА-системы, и в то же время максимально защитить систему от всевозможных неприятностей, а потребителя – от необходимости тратить деньги на ремонт. К сожалению, широкое применение контроллеров сильно сдерживает их довольно-таки «кусачая» цена, которая даже для двух-

трехполосных контроллеров начинается примерно с полутора-двух тысяч долларов...