



# АВТОМАТИЧЕСКАЯ РЕГУЛИРОВКА УСИЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ КАБЕЛЬНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

С. Н. Песков, заместитель директора по науке компании «Контур-М», к. т. н.  
 С. Ю. Колгатин, директор по маркетингу компании «Контур-М»  
 Д. Н. Седов, главный инженер ООО «Макротел»

При настройке систем кабельного телевидения неизбежно приходится сталкиваться с различными видами регулировок. Одной из наиболее распространенных является автоматическая регулировка усиления. Специалисты компании «Контур-М» делятся опытом использования различных видов регулировок при настройке оборудования систем кабельного телевидения, уделяя основное внимание разным видам автоматической регулировки усиления<sup>1</sup>.

**Виды и назначение регулировок.** Любой, даже начинающий оператор систем кабельного телевидения (СКТ) знает, что ни одну сеть невозможно построить без регулировок. Их максимальное количество приходится на период инсталляции СКТ, а максимальное число разновидностей – на головное оборудование. При этом из всех разновидностей регулировок (частота, полоса канала, наклон АЧХ, уровень сигнала, скорость цифрового потока и др.) наиболее часто встречающейся является регулировка уровней сигналов.

подавляющее большинство регулировок уровней сигналов, не вдаваясь в технические аспекты принципа регулирования, жаргонно именуют регулировками усиления, что вполне оправданно, так как любую СКТ в первом приближении можно рассматривать как радиоприемное устройство специального назначения с большим числом усилительных каскадов. Именно рассмотрению регулировок усиления и посвящена настоящая статья.

Регулировки усиления можно разделить на два класса: ручная регулировка усиления (РРУ) и автоматическая регулировка усиления (АРУ).

**Ручная регулировка усиления** может быть выполнена на пассивных (в подавляющем большинстве – резистивных) или активных (электронных) компонентах. В простейшем случае РРУ выполняется в виде П- или Т-образного согласованного аттенуатора с характеристическим сопротивлением  $R_0$ .

Элементы схем находятся через требуемый коэффициент ослабления по мощности  $\alpha$  по формулам:

$$R_1 = R_0 \frac{\alpha - 1}{\alpha + 1}; \quad R_2 = 2R_0 \frac{\alpha}{\alpha^2 - 1}; \quad (1)$$

для П-образного аттенуатора:

$$R_1 = R_0 \frac{\alpha - 1}{\alpha + 1}; \quad R_2 = 2R_0 \frac{\alpha}{\alpha^2 - 1}; \quad (2)$$

В регулируемых аттенуаторах все три сопротивления (рис. 1) регулируются одновременно, по законам, описываемым (1) и (2). Регулируемые аттенуаторы, выполненные по такому принципу, часто именуются резистивными столбиками (рис. 2). Очевидно, что использование переменных аттенуаторов значительно более удобно в эксплуатации. Тем не менее, им присущ целый ряд недостатков.

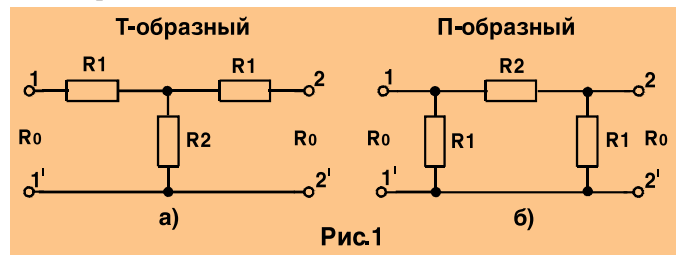


Рис. 1

- Возможность броска ослабления (до 1 дБ) при механических воздействиях. Данное утверждение объясняется сложностью механического контакта, скользящего одновременно по трем пластинам, на которых методом толсто пленочной технологии нанесен неоднородный по толщине резистивный слой разного удельного сопротивления.

- Низкая надежность и повышенная чувствительность к влаге, в связи с чем регулируемые аттенуаторы допустимо использовать только в условно герметичных корпусах (с классом защиты не ниже IP54).

- При регулировании изменяется неравномерность АЧХ и коэффициент возвратных потерь. Данный факт также связан с особенностями конструктивного исполнения аттенуаторов. Даже подгонка изготавливаемых резистивных пластин (осуществляется лазерным прожигом) не позволяет добиться идеальности согласования с законами изменения резисторов от требуемой величины ослабления (1) и (2).



Рис. 2 Регулируемый аттенуатор

<sup>1</sup> Авторы благодарят специалистов компании Teletec, предоставивших ряд полезных информационных материалов

Напомним читателям, что коэффициент возвратных потерь  $R$  связан с коэффициентом отражения  $|\Gamma|$ , коэффициентом стоячей волны по напряжению  $K_{cm,U}$  и коэффициентом бегущей волны  $K_{бв}$  зависимостями:

$$R_{[dB]} = 20 \lg |\Gamma|^{-1} = 20 \lg \left( \frac{K_{cm,U} - 1}{K_{cm,U} + 1} \right) = 20 \lg \left( \frac{1 - K_{бв}}{1 + K_{бв}} \right) \quad (3)$$

Сравнительные характеристики различных коэффициентов согласования представлены в таблице. Там же приведена и величина вносимых потерь  $\alpha_n$ , обязанная рассогласованию только на одних (например, на входе) зажимах четырехполюсника (к которому можно отнести и аттенуатор).

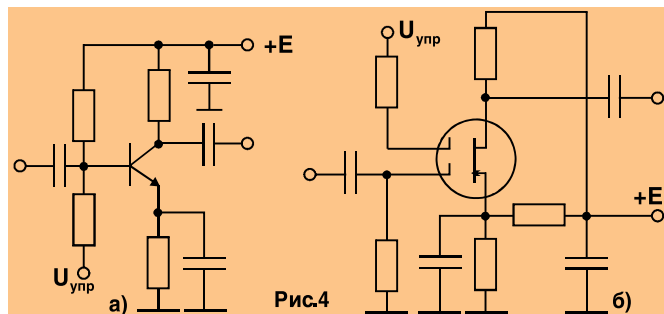
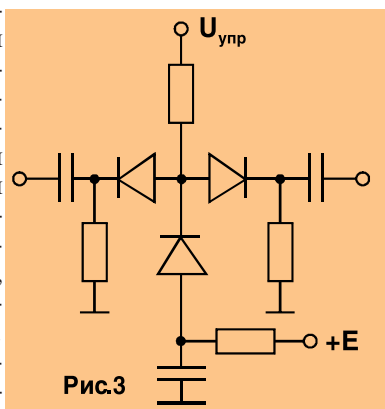
Фиксированные аттенуаторы выполняются с использованием высокоточных ЧИП-резисторов по SMD-технологии (технология поверхностного монтажа), в связи с чем достигается высокая точность ослабления при малой неравномерности АЧХ и отличном согласовании в очень широком диапазоне частот.

R, dB	6	10	14	18	22	26
$ \Gamma $ , ед.	0,50	0,32	0,20	0,13	0,08	0,05
$K_{ст,U}$ , ед.	3,01	1,93	1,50	1,29	1,17	1,11
$K_{бв}$ , ед.	0,33	0,52	0,67	0,78	0,85	0,91
$\alpha_n$ , dB	1,26	0,46	0,18	0,07	0,03	0,01

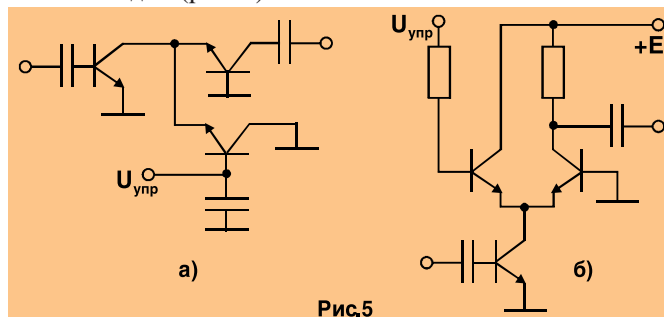
РРУ на активных электронных компонентах максимально приближена к АРУ. Принцип работы основан на изменении коэффициента передачи под воздействием управляющего напряжения  $U_{упр}$ . Наиболее широкое применение нашли диодные и транзисторные регуляторы.

Диодные регуляторы (рис. 3), в сравнении с транзисторными, обладают более широким диапазоном рабочих частот<sup>2</sup>, хорошим согласованием во всем диапазоне регулирования, высокой температурной стабильностью, большой глубиной регулирования (до 40...60 дБ), малыми начальными потерями и минимальной неравномерностью АЧХ. Основной особенностью диодных РРУ является отсутствие положительного коэффициента передачи (усиления). Тем не менее, благодаря своим достоинствам они находят широкое применение в самых разнообразных схемотехнических решениях.

Другими, не менее распространенными являются РРУ, выполненные на биполярных (рис. 4а) или двухзатворных полевых транзисторах (рис. 4б). Основным достоинством транзисторных РРУ является их усиление, так как по структуре они представляют собой традиционный усилительный каскад, в котором коэффициент передачи меняется за счет изменения положения рабочей точки. Из-за этого и проявляются недостатки таких РРУ: искажения АЧХ при регулировании, ограниченный частотный диапазон, пониженный динамический диапазон



и изменение входного/выходного иммитансов<sup>3</sup>, за счет чего нарушается режим согласования. Из-за отмеченных недостатков транзисторные регуляторы большей частью находят применение в канальных усилительных устройствах, например в составе канальных модулей головных станций (ГС). Для устранения недостатков транзисторных регуляторов (обобщенный термин, к которому можно отнести как РРУ, так и АРУ) используются специальные схемотехнические ухищрения, например, в виде использования каскодных или дифференциальных каскадов (рис. 5).



**Основные положения по АРУ.** Работа практически любого усилительного устройства (домовой или магистральный усилитель, оптический узел, приемный модуль ГС и др.) связана с тем, что на его входе присутствуют сигналы с изменяющейся амплитудой. Для СКТ большей частью характерно медленное изменение уровня входного сигнала (в основном это погодные, суточные и сезонные изменения). Пожалуй, единственным исключением является головная станция кабельных модемов (CMTS – Cable Modem Termination System), на входе приемников которой уровни сигналов временами могут изменяться на десятки децибел. В составе таких систем используются специальные импульсные быстродействующие АРУ. Всякое изменение уровня входного (следовательно, и выходного) сигнала вызывает его искажение. Так, снижение уровня входного сигнала приводит к уменьшению отношения сигнал/шум (S/N), а его повышение – к увеличению интермодуляционных составляющих второго и третьего порядков (CSO и CTB соответственно). Более того, конечное устройство потребления (например, абонентский телевизионный приемник или кабельный модем – CM) имеет ограниченный диапазон входных сигналов.

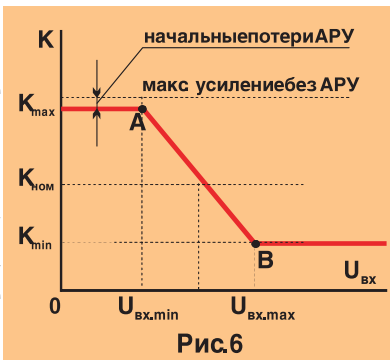
Все это вызывает необходимость использования встроенных систем АРУ, позволяющих поддерживать от-

<sup>2</sup> В рабочем диапазоне частот должен выдерживаться заявленный коэффициент возвратных потерь – R (табл. 1) при любой величине вводимого ослабления.

<sup>3</sup> Иммитанс (immitans), или импеданс (impedans) – полное сопротивление, или адмитанс (admitans) – полная проводимость.

носителю стабильный выходной уровень в заданном диапазоне входных сигналов. Важным является тот факт, что при использовании автоматической регулировки усиления номинальный коэффициент передачи усилительного устройства будет понижен как минимум на половинную величину диапазона регулирования АРУ (рис. 6). Например, если максимальный коэффициент передачи магистрального усилителя без АРУ составляет 35 дБ, то его номинальный коэффициент усиления (в нормальных климатических условиях) при установке АРУ с начальными потерями 1 дБ и глубиной регулирования  $\pm 5$  дБ составит 29 дБ ( $35 - 1 - 5 = 29$ ).

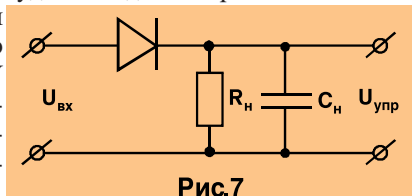
Управляющее напряжение  $U_{упр}$  снимается с части тракта передачи за счет включения направленного ответвителя, детектируется, усиливается и подается на регулируемое устройство (РУ). Поскольку действие АРУ зависит от напряжения сигнала ( $U_{упр}$ ), то наиболее



простой способ формирования управляющего напряжения состоит в использовании выпрямленного напряжения принимаемого сигнала. Как правило, амплитуды изменяющегося выпрямленного напряжения недостаточно, и в цепь регулирования вводят усилитель постоянного тока (УПТ). Требования к детектору, служащему для формирования управляющего напряжения, отличаются от требований, предъявляемых при приеме амплитудно-модулированных (АМ) сигналов, когда детектор воспроизводит огибающую колебаний. Если бы напряжение от детектора с такими свойствами было подано на РУ, то при увеличении амплитуды сигнала в такт с модуляцией уменьшался бы коэффициент усиления, а при убывании – возрастал. В результате выходное напряжение имело бы практически постоянную амплитуду, то есть цепь АРУ подавляла бы модуляцию принимаемого сигнала, что недопустимо, так как именно в ней заключена полезная информация.

Чтобы не было подавления модуляции, регулирующее напряжение не должно содержать переменной составляющей, соответствующей модуляции. Это можно обеспечить несколькими путями, наиболее распространенным является следующий.

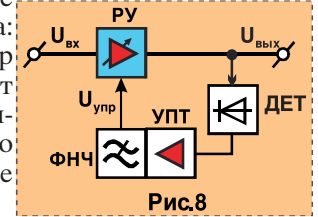
Постоянная времени  $R_n C_n$  на выходе детектора (рис. 7) увеличивается так, чтобы напряжение на конденсаторе  $C_n$  оставалось примерно равным максимальным амплитудам детектируемого напряжения. Этот процесс характеризуется очень медленным разрядом конденсатора. Выходное напряжение обеспечивает максимумы (пики) амплитуды сигнала, не воспроизводя огибающей амплитуд.



Такой детектор называется *пиковым*. Физически это означает, что время реакции АРУ намного больше периода сигнала, несущего полезную информацию.

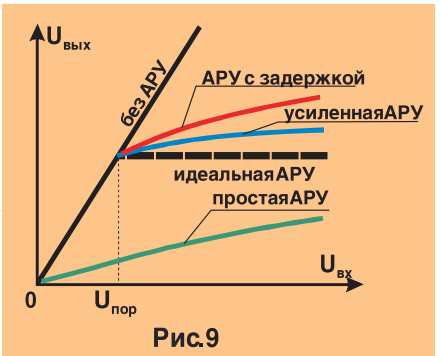
Существует несколько схем АРУ, отличающихся по структурному построению. Основные из них рассмотрены ниже.

**Схема обратной АРУ.** В этой схеме (рис. 8) управляющее напряжение ( $U_{упр}$ ) подается со стороны выхода в направлении входа РУ, что и обусловило название этого вида АРУ. Детектор АРУ (ДЕТ) с учетом его коэффициента передачи  $K_d$  обеспечивает управляющее напряжение, пропорциональное уровню выходного сигнала:  $U_{упр} = K_d \cdot K_{упр} \cdot U_{вых}$ . Фильтр АРУ (ФНЧ) отфильтровывает составляющие частот модуляции и пропускает медленно меняющиеся составляющие напряжения  $U_{упр}$ .



Цепь автоматической регулировки усиления, состоящую только из детектора и фильтра, называют *простой АРУ*. В цепь АРУ может включаться усилитель, устанавливаемый после детектора (УПТ). В высококачественных АРУ (например, приемных модулях профессиональных ГС) усилитель иногда включают и после детектора. В широкополосных усилителях СКТ из-за низких требований, предъявляемых к стабильности уровня выходного сигнала (обычно 0,3...0,5 дБ), и малого диапазона его изменения (обычно не более  $\pm 5$  дБ) с целью минимизации стоимости усилитель до детектора практически никогда не устанавливают, а используют только УПТ.

Характеристики различных видов АРУ представлены на рис. 9. Если используется простая АРУ (т. е. без усилителя), то при увеличении  $U_{вх}$  уровень выходного сигнала изменяется в меньшее число раз, чем входное напряжение. С повышением  $U_{вых}$  увеличивается  $U_{упр}$  и соответственно уменьшается коэффициент передачи  $K_o$ . Недостаток простой АРУ состоит в том, что коэффициент передачи РУ уменьшается и при усилении слабых сигналов, когда этого не требуется. Выход из положения состоит в отключении АРУ при входном напряжении, меньшем  $U_{вх, min}$  (точка А на рис. 6). Включение АРУ задерживается до достижения входным напряжением значения  $U_{вх, min}$ . Такая регулировка называется *АРУ с задержкой*, или *задержанной АРУ*.



В случае задержанной регулировки детектор срабатывает только при превышении некоторого порогового значения, устанавливаемого на заводе-изготовителе или самим оператором СКТ. С этой целью используется диодный или транзисторный (обладает большей чувствительностью и коэффициентом передачи) детектор, «подзапертый» постоянным напряжением (рис. 10а). Детектор не будет действовать, пока  $U < U_s$ , то есть управляющее напряжение  $U_{упр}$ , подаваемое на РУ, будет отсутствовать (рис. 10б).



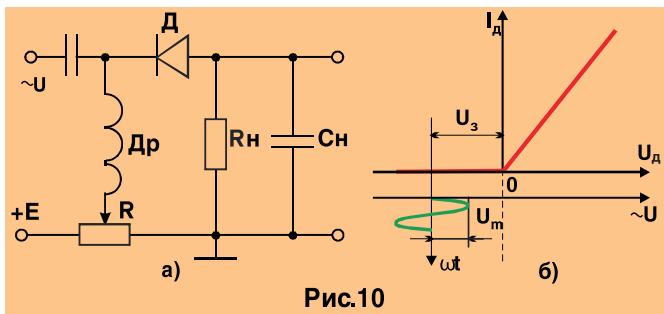


Рис.10

При идеальной работе цепи АРУ с задержкой для  $U_{вх} \geq U_{пор}$  напряжение на выходе РУ постоянно (пунктирная линия на рис. 9). По мере увеличения коэффициента усиления УПТ характеристика АРУ все в большей степени приближается к идеальной. Особенностью обратной регулировки является тот факт, что она принципиально не позволяет реализовать идеальную характеристику АРУ. Для обратной АРУ необходимо приращение выходного напряжения  $\Delta U_{вых}$ . Если допустить, что АРУ идеальна, то  $\Delta U_{вых} = 0$ , при этом  $U_{упр} = const$ ,  $K_o = const$ , регулировка отсутствует, а следовательно,  $U_{вых}$  должно возрастать.

**Схема прямой АРУ** представлена на рис. 11. Управляющее напряжение  $U_{упр}$  формируется за счет детектирования входного напряжения  $U_{вх}$ . Выходное напряжение  $U_{вых} = K_o U_{вх}$ . При увеличении  $U_{вх}$  уменьшается  $K_o$ ; при этом их произведение может оставаться постоянным, что в принципе позволяет реализовать идеальную характеристику АРУ (рис. 12), но практически добиться этого не удается.

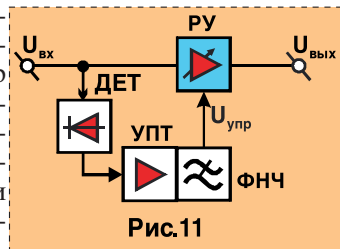


Рис.11

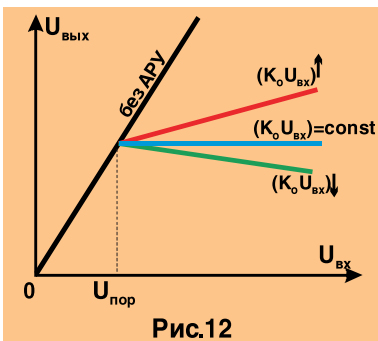


Рис.12

Прямая АРУ имеет ряд недостатков, основной из которых состоит в необходимости включать перед детектором в цепи АРУ дополнительный высокочастотный усилитель с большим коэффициентом усиления. Применительно к широкополосным усилителям СКТ

такой вариант вообще является неприемлемым. Более того, прямая АРУ нестабильна, т.е. подвержена воздействию различных дестабилизирующих факторов. В связи с этим она нашла ограниченное применение.

**Схема комбинированной АРУ** (рис.13) рационально использует преимущества обеих схем: стабильность обратной АРУ и возможность получения идеальной характеристики в прямой АРУ. Для первого РУ это обратная, а для второго – прямая АРУ. Как правило, ос-

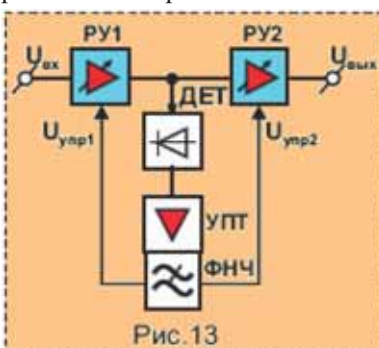


Рис.13

новная регулировка происходит в первом РУ. Иногда ее называют смешанной АРУ.

**АРУ приемников импульсных сигналов** (рис. 14) обладает следующими особенностями.

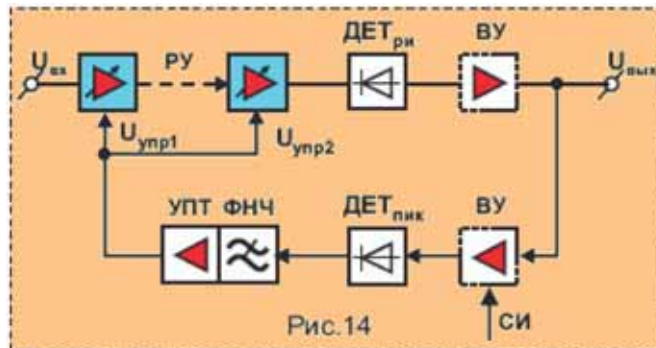


Рис.14

Импульсный сигнал детектируется дважды: вначале детектором радиоимпульсов (ДЕТри), а затем пиковым детектором (ДЕТпик). Детекторы необходимы как для нормальной работы АРУ, так и для детектирования сигнала в самом приемнике. Чтобы не ставить два детектора (в цепь сигнала и в цепь АРУ), часто ДЕТри и видеусилитель (ВУ) делают общими.

В интервалах между полезными импульсами могут возникнуть различные помехи (включая импульсы других каналов при многоканальной связи). В этом случае АРУ реагирует на все импульсы, а не только на те, которые должны быть выделены. Для устранения этого недостатка цепь АРУ открывают только на время действия полезных импульсов, то есть применяют стробирование. Для этого один из каскадов цепи АРУ (обычно видеусилитель) делают стробируемым; он открывается стробирующим (синхронизирующим) импульсом (СИ) на время действия полезного сигнала.

**Пассивные АРУ.** К этому типу относятся устройства, не имеющие в своем составе источников тока, то есть не потребляющие электроэнергию. Как правило, пассивные АРУ выполняются в виде согласованного Т-образного аттенюатора (рис. 1), каждый из резисторов которого представляет собой термосопротивление (термисторы). С повышением температуры сопротивления  $R1$  уменьшаются, а сопротивление  $R2$  увеличивается, что приводит к уменьшению вносимого аттенюатором ослабления. И наоборот, при понижении температуры окружающей среды ослабление аттенюатора увеличивается. Таким образом, устройства такого

типа относятся к термозависимым РУ, а не к АРУ. Тем не менее, их использование в составе магистральных усилителей позволяет в определенной степени стабилизировать уровень выходного сигнала за счет обратного закона изменения затухания по отношению к кабелю.

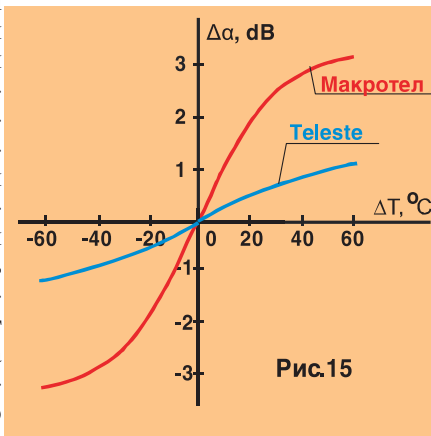


Рис.15

Применительно к усилительным устройствам такие термозависимые РУ являются новшеством. Их успешно внедрила компания Teleste (Финляндия) в известную серию универсальных усилителей СХЕ и оптико-усилительные универсальные платформы серии АС. Изменение вносимого ослабления подчинено линейному закону изменения температуры окружающей среды (рис. 15) и не превышает 0,9...1,2 дБ. Выпускаются и комбинированные устройства, представляющие собой каскадное включение термозависимого аттенюатора и эквалайзера, выполненных в одном встраиваемом модуле. Выпуск аналогичных термокомпенсирующих аттенюаторов налаживает и фирма Terra (Литва).

ООО «Макротел» по согласованию с компанией Teleste модернизировало такие термокомпенсирующие РУ и расширило диапазон изменения вносимого ими ослабления до  $\pm 0,5 \dots 0,6$  от величины начального справочного затухания. Так, при величине начального ослабления аттенюатора ТТА806 в 6 дБ ( $T = 20^\circ\text{C}$ ) изменение его ослабления в диапазоне температур от  $-40$  до  $+80^\circ\text{C}$  составляет не менее  $\pm 3$  дБ (рис. 15). При каскадировании таких термокомпенсирующих РУ можно получить весьма значительный диапазон температурной компенсации изменения затухания магистрального кабеля.

**Основные показатели АРУ.** На основе вышеизложенного материала можно выделить следующие основные показатели систем АРУ.

- Диапазон изменения уровней входных сигналов  $\Delta U_{вх} = U_{вх.макс} - U_{вх.мин}$ . Это значение равно изменению коэффициента передачи РУ от  $K_{max}$  до  $K_{min}$  (выражается в децибелах).
- Диапазон изменения уровней выходных сигналов  $\Delta U_{вых} = U_{вых.макс} - U_{вых.мин}$ . Всегда желательно минимальное значение данного параметра, вне зависимости от типа устройства, куда устанавливается АРУ (также выражается в децибелах).
- Стабильность уровня выходного сигнала при воздействии дестабилизирующих факторов. Зависит от схемотехнических особенностей исполнения системы АРУ.
- Эффективность АРУ. Определяется как отношение допустимого изменения уровня сигнала на входе  $\Delta U_{вх}$  к диапазону его изменения на выходе  $\Delta U_{вых}$ . Данный параметр характеризует степень приближения реальной регулировочной характеристики АРУ к ее идеальной форме (рис. 9).

**Особенности использования АРУ в широкополосных усилителях СКТ.** Основным назначением таких АРУ является компенсация изменений уровней входных сигналов (что приводит к тем или иным искажениям, см. выше), неизбежно происходящих в результате изменения затухания магистрального кабеля при температурных воздействиях.

**Температурный диапазон АРУ.** Одним из важнейших параметров таких АРУ является их собственный температурный диапазон функционирования. Выше (или ниже) определенной температуры эффективность работы АРУ резко снижается, она перестает справляться со своими функциями. Так, АРУ, предназначенная для работы в составе усилителя при температуре  $-20 \dots +45^\circ\text{C}$  с диапазоном регулирования  $\pm 5$  дБ, будет менее эффективна аналогичной АРУ с диапазоном регулирования  $\pm 3$  дБ, но работающей в диапазоне температур -

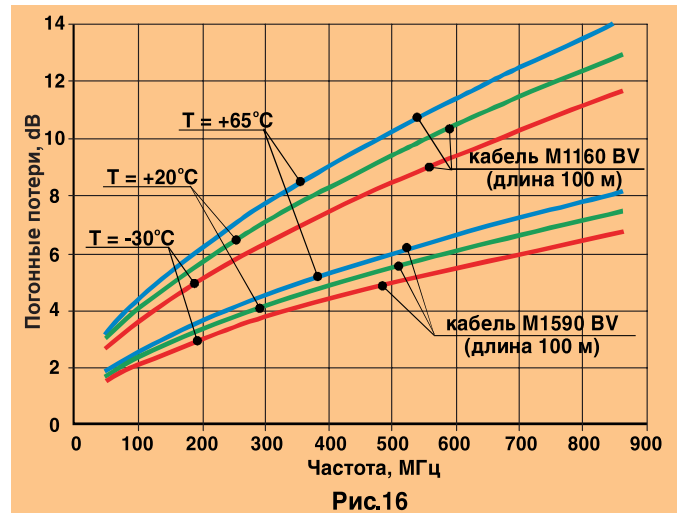


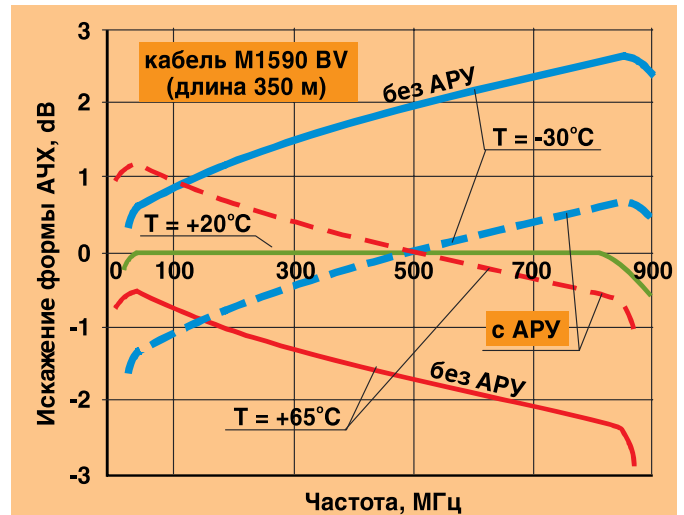
Рис.16

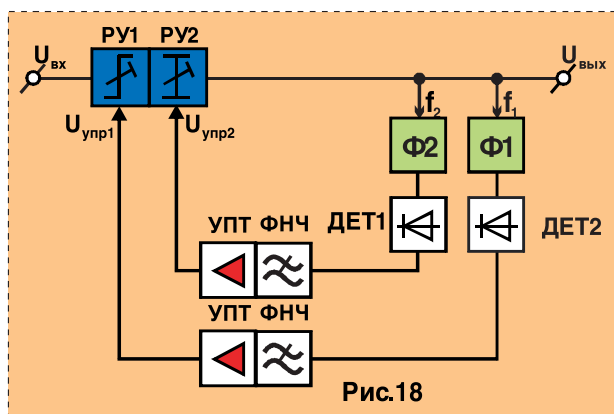
40...+60°C. Такой немаловажный факт следует учитывать при выборе типа усилителя с АРУ. Нельзя выбирать и усилитель, на который заявлен «температурный диапазон функционирования». Данная фраза свидетельствует только о том, что усилитель будет работоспособен без гарантии заявленных параметров.

**АРУ с наклоном АЧХ.** Важно отметить, что температурные изменения затухания коаксиального кабеля различны по величине на верхней и нижней частотах (рис. 16). Из этого следует, что уровни сигналов на выходе усилителя будут иметь различные амплитуды на нижней и верхней частотах рабочего диапазона частот при перепаде температур (рис. 17, сплошные кривые). При использовании стандартной АРУ уровни сигналов будут увеличиваться или уменьшаться, но перекося АЧХ будет сохраняться.

Стандартная АРУ работает по пилот-сигналу или одной из видеонесущих группового сигнала (на входе детектора АРУ устанавливается полосовой фильтр). Для примера, приведенного на рис. 17, эта частота составляет 500 МГц. В данной точке уровень выходного сигнала будет жестко зафиксирован, но по краям диапазона уровни выходных сигналов усилителя будут «расползаться».

Для устранения такого неприятного явления используют АРУ с дополнительным электронно регулируемым эквалайзером. Такая система часто именуется АРУ с ре-





гулируемым наклоном (АРУН). В этом случае используют два пилот-сигнала с разными частотами  $f_1$  и  $f_2$ . По частоте  $f_1$  работает электронный эквалайзер, а по частоте  $f_2$  – электронный аттенюатор (рис. 18). Такая АРУН эффективнее стандартной АРУ в части поддержания малой неравномерности АЧХ, но значительно дороже. АРУН может быть рекомендована на протяженных участках магистралей. Место установки усилителя с АРУН легко определить исходя из системных расчетов допустимых перекосов АЧХ.

**Групповая АРУ.** В стандартной АРУ амплитуда управляющего напряжения  $U_{упр}$  пропорциональна уровню пилот-сигнала и не зависит от числа транслируемых каналов и амплитуд других сигналов, отстроенных по частоте. Если перед детектором АРУ не устанавливать полосовой фильтр, то детектирование будет осуществляться по всем сигналам одновременно, то есть по групповому сигналу. Такая АРУ несколько проще стандартной (следовательно, имеет меньшую стоимость) и обладает рядом особенностей вследствие ее реакции на изменение суммарной мощности.

Отличительной особенностью групповой АРУ является то, что при изменении числа транслируемых каналов она поддерживает неизменными CSO и СТВ. При этом сам каналный уровень сигналов изменяется. Так, при уменьшении числа транслируемых ка-

налов в 2 раза (например, в ночное время за счет исключения эфирного вещания) каналные уровни сигналов на выходе групповой АРУ увеличатся на 3 дБ, но реализуемые значения интермодуляционных искажений (CSO и СТВ) останутся неизменными. При использовании стандартной АРУ уровни сигналов сохранились бы прежними, а СТВ улучшилось бы на 3 дБ.

Групповые АРУ часто именуют автоматическими регулировками мощности – АРМ. Именно АРМ используются на входах модуляторов оптических сигналов, что позволяет поддерживать стабильным индекс оптической модуляции.

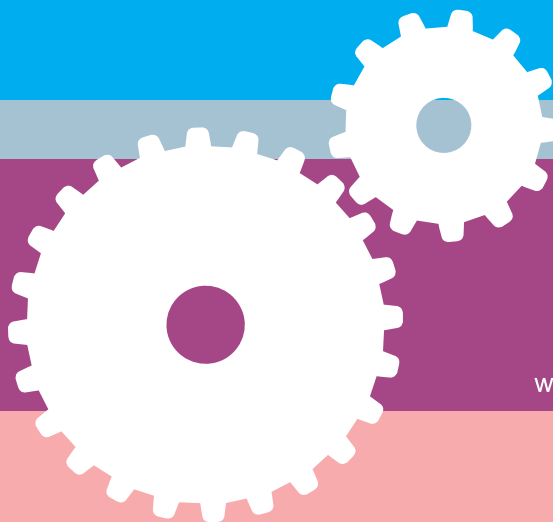
И в заключение несколько слов о зарубежных аббревиатурах. Наиболее часто используются две аббревиатуры: AGC – Automatic Gain Control (автоматическое регулирование усиления) и ALC – Automatic Level Control (автоматическое управление уровнем). Различные фирмы-производители одни и те же устройства именуют по-разному. Чем это вызвано, авторам выяснить не удалось. Однако из проведенных рассуждений следует, что для традиционных АРУ приемлема как та, так и другая аббревиатура, а вот для АРМ больше подходит аббревиатура ALC, так как именно суммарная мощность сигналов является критерием контролируемого уровня. Для АРУН в аббревиатуру добавляют букву S (Slope – наклон).

*Авторы с удовольствием ответят на все вопросы и замечания по данной статье по телефону: (095) 782-12-17 или e-mail: psn@polisma.ru, kolgatin@konturm.ru.*

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Буга Н.Н. и др. Радиоприемные устройства. – М.: Радио и связь, 1986.
- Фомин Н.Н. и др. Радиоприемные устройства. – М.: Радио и связь, 1996.
- Головин О.В. Радиоприемные устройства. – М.: Высшая школа, 1997.
- Арсланов М.З., Рябков В.Ф. Радиоприемные устройства. – М.: Сов. радио, 1972.
- Бобров Н.В. Радиоприемные устройства. – М.: Энергия, 1976.

Взаимосвязь поставщика и клиента. Наша работа.



www.informost.ru