

Индивидуальная антенна для приема сигналов цифрового ТВ

Сергей Песков, Елена Мельникова

Окончание. Начало в № 7/2014

В первой части статьи речь шла об особенностях цифрового вещания по стандарту DVB-T/T2, о принципах выбора индивидуальной антенны и о том, какие результаты получились после испытания некоторых из антенн.

Выбор мачтового усилителя

Выбор мачтовых усилителей довольно широк. Остановимся на основных критериях выбора.

Коэффициент усиления

Не следует выбирать мачтовый усилитель с большим коэффициентом усиления. Основное назначение мачтового усилителя – это компенсация потерь в кабеле снижения с запасом в 5...8 дБ. Повышенный коэффициент усиления может вызвать перегрузку усилителя – возникнут недопустимые интермодуляционные искажения. Рекомендуемый коэффициент усиления – 15...20 дБ.

Диапазон рабочих частот

Не следует устанавливать широкополосный (48...862 МГц) мачтовый усилитель. Нужно выбирать усилитель, рассчитанный для работы только в диапазоне ДМВ (470...862 МГц). Дело в том, что на антенну ДМВ также наводятся и мощные сигналы МВ-диапазонов, которые вызывают ненужную дополнительную нагрузку усилителя по числу усиливаемых каналов.

Коэффициент шума

Этот критерий не вызывает ни у кого разногласий. Чем меньше коэффициент шума, тем лучше. Хороший мачтовый усилитель должен обладать коэффициентом шума F не более 3 дБ. Отношение сигнал/шум (C/N) на выходе мачтового усилителя не зависит от его коэффициента усиления и для диапазона ДМВ при приеме сигналов DVB-T2 определяется по формуле (1) для полосы канала 7,61 МГц:

$$C/N_{[дБ]} = U_{A[дБмкВ]} - a_{[дБ]} - F_{[дБ]} - 3,7 \quad (1)$$

где U_A – уровень сигнала на выходе антенны по испытываемому каналу, а a – потери в кабеле снижения (между антенной и мачтовым усилителем).

Например, при уровне сигнала на выходе антенны $U_A = 38$ дБмкВ, потерях в кабеле снижения $a = 2$ дБ и коэффициенте шума $F = 2,5$ дБ значение C/N составит

29,8 дБ, что удовлетворяет требованиям стандарта DVB-T2 (уверенный прием при любом типе модуляции).

Важно, что дальность приема ограничена именно значением C/N , а не уровнем сигнала на выходе усилителя. Даже включив дополнительный усилитель, нельзя увеличить дальность приема, ибо усиливаться будет в равной степени как полезный сигнал, так и шум. Более того, дополнительный усилитель внесет и дополнительные собственные шумы, что снизит C/N . Формула (1) наглядно показывает, что дальность приема зависит от уровня сигнала на выходе антенны (то есть от условий приема, коэффициента усиления антенны и высоты ее подъема), коэффициента шума мачтового усилителя (следует выбирать наиболее малошумящий усилитель) и потерь в кабеле между антенной и мачтовым усилителем (усилитель должен располагаться как можно ближе к антенне).

Максимальный уровень выходного сигнала

Для усилителей ДМВ-диапазона называют максимальный уровень выходного сигнала U_{max} при двухчастотном воздействии только для интермодуляционных искажений третьего порядка $IMD3 = 60$ дБ. Интермодуляционные искажения второго порядка ($IMD2$) для таких усилителей отсутствуют принципиально, так как ширина полосы диапазона ДМВ менее октавы ($f_{max}/f_{min} = 862/470 = 1,83 < 2$).

В настоящее время в диапазоне ДМВ, как правило, работают 10...25 каналов, как аналоговых, так и цифровых. В этот переходный период мачтовые усилители ДМВ испытывают значительную энергетическую нагрузку, а уровни сигналов могут отличаться друг от друга на 20 дБ и больше. Реальный уровень входного одноканального эквивалентного воздействия на входе усилителя при N каналах с разными уровнями сигналов определяется как суммарная мощность и рассчитывается по формуле (2):

$$U_z = 10 \lg (10^{U_1/10} + 10^{U_2/10} \dots + 10^{U_N/10}) \quad (2)$$

Если принять, что уровни сигналов по всем каналам одинаковы, то эквивалентный входной сигнал составит:

$$U_z = U + 10 \lg(N) \quad (3)$$

Например, если в эфире 8 каналов с уровнями 86, 84, 82, 80, 78, 76, 74 и 72 дБмкВ,

то, согласно (2), суммарный уровень сигнала составит 90,2 дБмкВ. Можно также отметить, что реальная мощность цифрового сигнала DVB-T2 больше, чем у аналогового сигнала, на 6...9 дБ (зависит от типа модуляции), что желательно также учитывать при расчете по формуле (2).

Поэтому следует выбирать мачтовый усилитель с $U_{max} > 100...105$ дБмкВ.

Если при покупке мачтового усилителя невозможно выяснить значение максимального уровня выходного сигнала, то следует выбирать усилитель с максимальным током потребления (порядка 40...70 мА). Большому току потребления соответствует больший уровень неискаженной выходной мощности (то есть меньший уровень нелинейных искажений).

При индивидуальном приеме антенна может работать сразу на несколько приемников (телевизоров), в силу чего используются разветвители сигналов с неизбежными потерями. Иногда в комбинации с мачтовым усилителем (особенно при одновременном приеме аналоговых и цифровых каналов) применяют и абонентские усилители на несколько выходов (активные разветвители). В табл. 4 приведены сравнительные параметры некоторых мачтовых усилителей.

Хочется обратить внимание на мачтовый усилитель AVU-087-5F компании «Микротех» (Санкт-Петербург). Он работает от напряжения +5 В и питается по кабелю снижения непосредственно от приемника DVB-T2, что очень удобно. Особенно он удобен при работе с малагабаритной комнатной антенной или антенной, устанавливаемой на балконе. Во всех практических случаях мы не наблюдали ни разу каких-либо перегрузок даже при приеме аналоговых сигналов.

Длина кабельных спусков

В общем случае кабель включается между антенной и мачтовым усилителем, а также между усилителем и самим приемником DVB-T2. Важна длина кабеля между антенной и мачтовым усилителем, так как эквивалентный коэффициент шума F_3 равняется сумме потерь a в этом кабеле и коэффициента шума F самого усилителя:

$$F_3 = F_{[дБ]} + a_{[дБ]} \quad (4)$$

Иными словами, введение потерь между антенной и мачтовым усилителем (или самим приемником DVB-T2) снижает наи-

Таблица 4. Параметры некоторых мачтовых усилителей

Параметр	Модель			
	AVU-087-5F	21-69 Delta FT	AA-102 B4,5	AE-108 STm+
Производитель	«Микротех»	«Планар»	«Телемак»	
Назначение	мачтовый			абонентский
Диапазон рабочих частот, МГц	470...862			
Коэффициент усиления, дБ	13±2	30±2	16±1	22±2
Регулировка усиления, дБ	-			0...-12
Коэффициент шума, дБ	2,5	3,0	2,0	3,5
Максимальный уровень выходного сигнала (IMD3=60 дБ), дБмкВ	110	105	102	2×98
Число выходов	1			2
Напряжение питания, В	+5	+12		220 (50 Гц)
Ток потребления, мА	60	60	20	P=5 Вт
Ток внешней нагрузки, мА	-			50
Тип ВЧ-разъемов	F-гнездо (75 Ом)			

важнейший критерий уверенного приема – C/N (см. (1)) на величину вводимых потерь. Именно в силу этого активные антенны имеют преимущество перед пассивными антеннами с внешне подключаемыми мачтовыми усилителями. А вот длина собственно кабеля снижения (между усилителем и приемником) при коэффициенте усиления в 15...20 дБ уже не имеет принципиального значения и может достигать 30...50 м при работе на 3...4 телевизора.

Минимальный уровень сигнала на выходе антенны

Этот уровень зависит от конкретного отношения сигнал/шум C/N , определяемого по формуле (1), и от чувствительности приемника DVB-T2. Под чувствительностью приемника понимается его минимально допустимый уровень входного сигнала. В настоящее время продаются приемники с чувствительностью 44 дБмкВ (по полной аналогии с ресиверами DVB-S/S2), 36 дБмкВ (наиболее распространенные) и 28 дБмкВ.

Требуемое отношение C/N согласно женеваской конференции [1] должно быть не менее 29,3 дБ для любых условий приема. Подставив численное значение в (1), определим минимальный уровень сигнала на выходе приемной антенны (без учета мачтового усилителя):

$$U_A \geq 33 + \alpha + F \quad (5)$$

Так, при $\alpha = 0$ дБ (короткий кабель или активная антенна) и $F < 3$ дБ уровень сигнала на выходе антенны должен быть не менее 36 дБмкВ, что хорошо согласуется со стандартной чувствительностью приемника DVB-T2 в 36 дБмкВ. Это лишний раз подтверждает, что мачтовый усилитель предназначен только для компенсации потерь в кабеле снижения и разветвителе на несколько телевизоров, а его коэффициента усиления 15...25 дБ вполне достаточно на практике.

Дальность приема

Этот вопрос самый сложный. Ответить на него однозначно нельзя. Большей частью следует полагаться на уже имеющийся прием в данной местности или на опыт монтажника, осуществляющего установку приемного комплекса.

Возможность или невозможность приема того или иного сигнала определяется единственным параметром: напряженностью электрического поля в точке приема – E . Напряженность поля зависит от целого ряда неподвластных пользователю параметров: мощности ТВ-передатчика P , высоты установки передающей антенны H , ее коэффициента усиления, ландшафта, времени суток и года, погодных условий, параметров самого сигнала DVB-T2 и т.п.

Тем не менее, есть факторы, на которые следует обратить внимание при формировании приемной системы:

- ◆ h – высота подвеса приемной антенны;
- ◆ K_y – коэффициент усиления приемной антенны;
- ◆ F – коэффициент шума мачтового усилителя.

Первый фактор является определяющим. С увеличением высоты подвеса приемной антенны напряженность поля очень быстро растет. На эту особенность следует обратить самое серьезное внимание. Вторые два фактора определяют добротность приемной системы G :

$$G = K_y - F \quad (6)$$

Чем больше добротность приемной системы, тем выше ее чувствительность (возможность приема при слабой напряженности электрического поля).

Расчет дальности приема довольно сложен [2]. Тем не менее, приведем простой упрощенный графический способ определения дальности приема. На графике представлены зависимости номинальной дальности

приема R_0 от высоты подъема передающей антенны H при разных коэффициентах усиления приемной антенны K_y . В расчетах принята эквивалентно излучаемая мощность телецентра $P = 1$ кВт и высота подвеса приемной антенны $h = 10$ м.

Представленные кривые позволяют определить дальность приема при разных типах антенн:

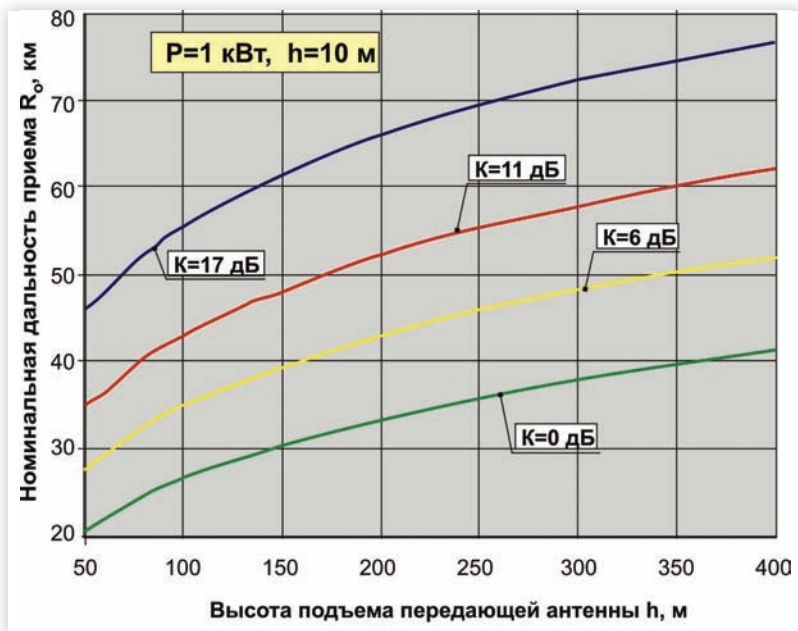
- ◆ кривая «17 дБ» – дальний прием (приемные антенны с коэффициентом усиления 16...18 дБ, см. табл. 1);
- ◆ кривая «11 дБ» – средний прием (приемные антенны с коэффициентом усиления 10...12 дБ, класс – балконные антенны, см. табл. 2);
- ◆ кривая «6 дБ» – ближний прием (комнатная антенна «Дельта», [1]);
- ◆ кривая «0 дБ» – комнатный прием с учетом радиозащиты (антенна отнесена от окна).

Во всех случаях принято, что использована либо активная антенна со встроенным мачтовым усилителем, либо внешний малошумящий мачтовый усилитель ($F = 2$ дБ).

Разумеется, использование более дорогостоящих «дальнобойных» антенн обеспечит много лучший (надежный) прием при любых погодных условиях и в течение многих лет эксплуатации. Чем выше цена антенны, тем она долговечнее и привлекательнее внешне.

Длина кабеля снижения при наличии мачтового усилителя (любого типа) не оказывает никакого влияния ни на качество приема, ни на его дальность. При отсутствии мачтового усилителя длина кабеля снижения (особенно при работе на два и более телевизора) уже важна.

При использовании комнатных антенн ($K_y = 6$ дБ) необходимо помнить, что стены (а радиоволны наверняка будут проходить через оконный проем или стены) обладают экранированием (ослаблением радиоволн).



Зависимость номинальной дальности приема от высоты подъема передающей антенны и коэффициента усиления приемной антенны

В расчетах принят коэффициент радиозащиты в 6 дБ (нижняя кривая). На практике он может достигать 14...18 дБ и больше (в зависимости от типа строения и расположения антенны относительно телецентра). Это означает, что реальная дальность действия может быть снижена в 2...3 раза в зависимости от места установки комнатной антенны и коэффициента радиозащиты стен.

На практике часто окна выходят на противоположную от телецентра сторону. В этом случае антенну следует ориентировать на ближайшие строения, от которых возможен прием отраженного сигнала. Как правило, это приносит успех при использовании баллонных антенн (а иногда и комнатных).

Кривая с $K_y = 0$ дБ также соответствует распространенным активным комнатным зарубежным антеннам (как правило, они получают питание от сети 220 В/50 Гц) при установке их непосредственно рядом с окном при прямой видимости на телецентр (отсутствует эффект радиозащиты). Такие антенны обладают нулевым коэффициентом усиления (без встроенного усилителя), но довольно эффективны и внешне эстетичны.

Для пояснения пользования графиками приведем пример расчета для абстрактного региона.

Задача

Рассчитать дальность действия приемной системы, состоящей из антенны Diana (табл. 1) с коэффициентом усиления $K_{np} = 16,5$ дБ, мачтового усилителя с коэффициентом шума $F = 2,5$ дБ и потерями в соединительном кабеле (между антенной и усилителем) $a = 0,5$ дБ (длина соединительного кабеля 2...5 м). Известно, что мощность передатчика $P = 2$ кВт

при круговой диаграмме направленности. Высота телебашни H составляет 200 м. Приемная антенна крепится на кронштейне под крышей на высоте $h = 8$ м.

Решение

1. Не зная точного значения высоты подъема передающей антенны, находим наиболее вероятную точку ее установки:

$$H_p = 0,8H = 160 \text{ м}$$

2. Использована «дальнобойная» антенна, в силу чего пользуемся кривой 1. При условной высоте подъема антенны $h = 10$ м (для этой высоты приведены графики), находим нормированную максимальную дальность приема:

$$R_0 = 62,5 \text{ км.}$$

3. Вычисляем величину поправочного коэффициента с учетом реального коэффициента усиления антенны K_y по отношению к справочной кривой (K_0), потерь в соединительном кабеле и реального коэффициента шума мачтового усилителя:

$$K = (K_y - K_0) - a - F + 2 = 16,5 - 17 - 0,5 - 2,5 + 2 = 1,5 \text{ дБ}$$

4. Рассчитываем действующую (достижимую на практике) дальность приема с учетом реальной высоты установки передающей антенны и действующей мощности передатчика:

$$R = 0,3 \times R_0 \times 10^{-K/20} \times \sqrt{h \times P} = 0,3 \times 62,5 \times 10^{-1,5/20} \times \sqrt{8 \times 2} = 65,2 \text{ км}$$

Коллективный прием

Под коллективным приемом понимается трансляция принятых цифровых пакетов DVB-T2 в сеть кабельного телевидения (СКТ). В этом случае обязательно используются каналные фильтры для подавления

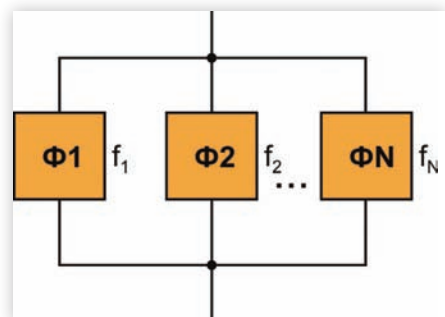


Канальные фильтры Polytron

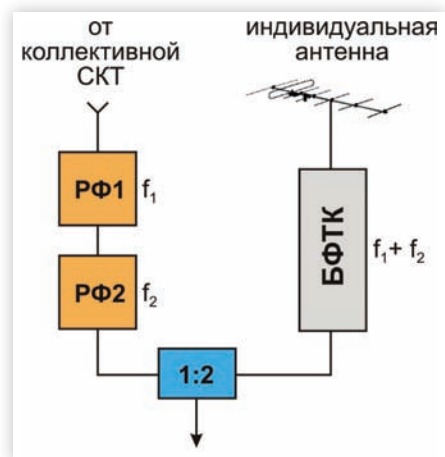
всех эфирных диапазоновых шумов, включая все существующие аналоговые каналы. Наиболее удобно для этой цели использовать МС-фильтры компании Polytron (Германия).

Такие фильтры обладают одним (при одном направлении приема) или несколькими (при использовании разных приемных антенн или разных направлений приема) входами и одним общим выходом. Главная отличительная особенность таких МС-фильтров – высокая избирательность (свыше 45 дБ) при очень малых потерях (не более 2 дБ) и плоской амплитудно-частотной характеристике (АЧХ).

Структурная схема таких МС-фильтров показана на рис. 2. В состав МС-фильтров входят также переменные аттенюаторы (0...20 дБ) по каждому из каналов, что позволяет не только устранить диапазонные шумы, но и выровнять уровни сигналов по всем каналам. Такие МС-фильтры иногда называют блоками фильтров телевизионных каналов (БФТК). Подробнее о них можно узнать из [1].



Структурная схема МС-фильтра



Подключение БФТК к СКТ

Более того, такие БФТК используют и при индивидуальном приеме сигналов DVB-T2 в городских условиях при наличии уже имеющейся городской СКТ. Подключение БФТК к уже существующей СКТ понятно из приведенной схемы. Если в СКТ данные каналы уже заняты, то по линии СКТ устанавливают режекторные фильтры. Практика установки показывает, что вполне достаточно глубины режекции (подавления) в 20 дБ.

Практические советы

Вместо выводов приведем полезные советы, следующие из рассмотренного материала.

Совет 1

В настоящее время не имеет практического смысла устанавливать громоздкие антенны МВ-диапазонов. С учетом появившегося цифрового вещания DVB-T2 выгоднее потратиться на одну-единственную качественную антенну ДМВ в комплекте со встроенным или внешне подключаемым мачтовым усилителем.

Совет 2

Для увеличения дальности приема выбирайте приемную антенну с максимальным возможным коэффициентом усиления и устанавливайте ее максимально высоко относительно поверхности Земли. Данный критерий для диапазона ДМВ при приеме цифровых сигналов DVB-T2 является основным. При прочих равных условиях выбирайте антенну с минимальными ветровой нагрузкой и массой.

Совет 3

Выбирайте мачтовый усилитель с коэффициентом усиления 12...20 дБ и минимальным коэффициентом шума (не более 3 дБ). При покупке усилителя на рынке старайтесь выбирать модель с максимальным током потребления (порядка 40...70 мА). Большему току потребления соответствует больший динамический диапазон (минимум искажений).

Совет 4

Постарайтесь позаботиться, чтобы мачта, на которую крепится антенна, была заземлена. Очень желательно между антенной и мачтовым усилителем установить устройство грозозащиты. При городских условиях приема устройство грозозащиты не требуется.

Совет 5

Старайтесь минимизировать длину кабеля снижения (между антенной и первым усилителем), так как введение потерь эквивалентно увеличению коэффициента шума усилителя. В практике индивидуального приема допустима длина кабеля снижения в 5...10 м.

Совет 6

Удобно использовать мачтовый усилитель с напряжением питания 5 В вместо традиционных 12 В или 24 В. Источник дистанционного питания 5 В присутствует практически в каждом ресивере DVB-T2, поэтому дополнительный источник питания не требуется.

Совет 7

Для нормального приема цифровых пакетов DVB-T2 вполне достаточно уровня сигнала 36 дБмкВ на выходе антенны. Мачтовый усилитель служит только для компенсации потерь в кабеле снижения и разветвителе на несколько телевизоров.

Совет 8

Для коллективных систем приема сигналов DVB-T2 обязательно использование канальных фильтров. Оптимальны МС-фильтры (БФТК) при очень малых потерях и высокой селективности.

Совет 9

Дальность приема зависит от очень и очень многих факторов. Если на уже имеющуюся у вас антенну ДМВ осуществляется хоть какой-то, пусть и не очень хороший, прием аналоговых каналов, то прием пакетов DVB-T2 будет уверенным. Если приемной антенны еще нет, то воспользуйтесь графиками, приведенными выше.

Совет 10

Не всегда стоимость антенны сопоставима с ее техническими (эксплуатационными) параметрами. Отечественные антенны уступают своим импортным аналогам в основном только по дизайну и долговечности.

Литература

1. www.pitri-tv.ru.
2. **Песков С.Н.** Аналитические методы расчета напряженности поля, создаваемой передатчиком. «Телеспутник», 2008 г., № 10, с. 94-97.

НОВОСТИ

Запись 4K ProRes для Odyssey7Q

Компания Convergent Design выпустила для своего рекордера Odyssey7Q новую версию микропрограммы, благодаря чему аппарат теперь способен выполнять запись материала 4K в формате Apple ProRes 422 HQ. Это, в свою очередь,

дает возможность использовать рекордер с такими съемочными камерами, как Sony F55, Panasonic GH4, Vision Research Phantom Flex4K и другими, выполняющими съемку в разрешении 4K, и сохранять снятый материал сразу в кодеке ProRes. Этот кодек, будучи эффективным, получил широкое распространение среди пользователей.

Стоит напомнить, что Odyssey7Q поддерживает также запись 4K RAW при работе с камерами Canon C500 и Sony FS700. Правда, эта поддержка не предусмотрена базовой конфигурацией, так что опции записи 4K RAW для Canon и Sony приобретаются дополнительно. Те, кто уже сделал это, получают возможность бесплатно обновить прошивку своих рекордеров и получить функцию

записи 4K ProRes 422 HQ. Это не корысть, а необходимость. Дело в том, что в данном режиме аппарат принимает на входе сигнал 4K RAW и конвертирует его в ProRes 422 HQ с разрешением 4K. Достоинство же заключается в сохранении разрешающей способности и максимально возможного качества, присущих формату RAW, при кардинальной экономии времени и дискового пространства. К примеру, при записи в формате 24p на твердотельный диск Odyssey SSD емкостью 512 ГБ поместится 194 мин материала 4K ProRes, что более чем втрое больше, чем в формате RAW.

Кроме нового режима записи, новая программа добавляет рекордеру такую функцию, как отображение осциллограммы и гистограммы (обе – с RGB-параллелем).

