

Основные тенденции развития рынка цифровых передатчиков DVB-T

Денис Ильченко,
ведущий инженер НПП "Квант-Эфир"

Современные мировые тенденции развития передающей телевизионной техники заключаются в:

- переходе на цифровой стандарт вещания DVB-T/H, ATSC;
- использовании энергосберегающих технологий;
- применении новых технических решений, позволяющих уменьшить массогабаритные показатели;
- использовании унифицированных элементов для построения передатчиков разной выходной мощности;
- широком использовании микропроцессорной техники в системах локального и дистанционного управления;
- снижении стоимости в условиях жесткой конкуренции при одновременном улучшении качественных показателей передатчиков.

Среди передовых производителей цифровых передатчиков можно назвать: *ABE, CTE, DMT, Electrosys, Eletronika, Elti, Harris, Kvant-Efir, Larcan, Mart, Mier, NEC, Plisch, ProTelevision, Robde&Schwarz, Screen Service, TeamCast*, и др.



Рис. 1. Обобщенная структура построения цифровых передатчиков представлена

DVB-T модулятор является ключевой частью цифрового передатчика. От его качественных показателей в наибольшей степени зависят максимальное качество и функциональность передатчика в целом. В таблице 1 приведены базовые характеристики DVB-T модуляторов, которые обеспечивают большинство производителей, в соответствии со стандартом ETSI EN300744.

Таблица 1

Режимы модуляции DVB-T модуляторов	
IFFT	2k, 4k, 8k
Защитный интервал	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
Созвездие	QPSK, 16-QAM, 64-QAM
Полоса частот	5,6,7,8 МГц
Соответствие стандарту	ETSI EN300744

Существенное различие между DVB-T модуляторами проявляется при оценке качественных показателей, таких как: ошибка вектора модуляции (MER), характеристика линейности (Shoulder Distance), BER, эквивалентное ухудшение шума (END), соотношение сигнал/шум, неравномерность АЧХ (амплитудно-частотной характеристики) радиочастотного тракта, неравномерность группового времени задержки выходного сигнала, крест фактор, относительное отклонение центральной частоты и др.

Одними из качественных параметров, довольно полно характеризующих качество выходного DVB-T-сигнала, являются MER и характеристика линейности Shoulder Distance. В современных моделях модуляторов параметр MER достигает величин более 40 дБ, характеристика линейности – менее – 45...-47 дБ. Достигнутые величины позволяют более оптимально использовать последующие усилители мощности и улучшать качество выходного сигнала передатчика.

По своей функциональности современный модулятор должен иметь минимально необходимый набор таких опций:

- возможность иерархической модуляции, что связано с развитием рынка мобильного телевидения (DVB-H);
- поддержка одночастотного (SFN) и многочастотного (MFN) режима DVB-T сетей;
- интеллектуальное управление входным ASI-поток (резервирование, автоматическое переключение, статическая задержка и др.);
- стабилизация выходного уровня сигнала;
- поддержка всех частотных диапазонов III, IV, V.

Среди дополнительных функций, которые позволяют улучшить параметры выходного сигнала DVB-T-передатчика, можно выделить наличие цифрового корректора нелинейности для коррекции АЧХ и группового времени запаздывания в линейном режиме и нелинейности транзисторных усилителей в нелинейном режиме. Коррекция позволяет улучшить качественные показатели DVB-T сигнала при одновременном увеличении КПД передатчика. В зависимости от производителя, возможности корректоров в нелинейном режиме сильно разнятся. Так, большинство представленных на рынке модуляторов имеют корректоры, которые необходимо настраивать в ручном режиме. При благоприятных режимах усилительных каскадов передатчика, применение таких корректоров дает улучшение MER и Shoulder Distance на выходе передатчика не более 4...6 дБ. Недостатком данного типа коррекции являются временные затраты на настройку, повышенные требования к ква-

лификации настройщика, необходимость время от времени проводить процедуру перенастройки, что может быть связано с воздействием внешних климатическими факторов либо внутренних факторов (деградация транзисторов). Некоторые производители модуляторов (например, TeamCast) для настройки корректора применяют внешнее устройство – калибратор, работающий по алгоритму адаптивной коррекции, что позволяет достичь улучшения MER до 10 дБ в автоматическом режиме. Но, как и в предыдущем случае, может возникать необходимость повторять процедуру калибровки с течением времени либо при изменении уровня выходной мощности передатчика. Самым совершенным на сегодняшний день методом коррекции является адаптивная коррекция, реализованная непосредственно в модуляторе (например, модуляторы NEC). Данный метод лишен предыдущих недостатков, т.е. передатчик непрерывно адаптирует качественные показатели выходного сигнала к изменяющимся условиям работы.

Для повышения бесперебойности в работе цифровых передатчиков, применяют систему резервирования модуляторов. В простейшем случае применяют систему резервирования, которая контролирует лишь высокочастотный уровень на выходе модуляторов. Более современные решения построены на применении интеллектуальных матриц, которые мониторят и управляют входными ASI-потоками, основными и резервными линиями, входами синхронизации и т.п.

Переходя к обзору построения усилительных каскадов цифровых передатчиков, следует отметить, что, еще начиная с 2000 года, начался новый виток развития усилительной техники ДМВ-диапазона, связанный с разработкой транзисторов на основе LD-MOS технологии. Усилители, построенные на базе LD-MOS транзисторов, отличаются высокой линейностью тракта, высоким КПД и готовностью к работе как в аналоговом, так и в цифровом режиме.

В 2006 году крупнейший производитель электронных компонентов Philips начал серийный выпуск нового поколения DMX LD-MOS транзисторов BLF872, который пришел на смену хорошо зарекомендованному надежному транзистору BLF861A. Среди основных преимуществ, в сравнении с BLF861A, можно выделить:

- увеличение выходной мощности в 2 раза;
- относительное увеличение коэффициента усиления;
- оптимизация характеристик транзистора для работы в цифровом режиме;
- улучшение импедансных характеристик для построения широкополосных схем, перекрывающих IV, V диапазоны;
- повышение КПД;
- увеличение допустимой мощности рассеивания в 2 раза.

Однако в связи с увеличением мощности рассеивания данный транзистор требует более пристального внимания при разработке систем охлаждения усилителей мощности. Очевидно, что оптимальным решением для отвода тепла в данном случае является система жидкостного охлаждения, которая позволяет отводить значительное количество тепловой энергии с ограниченной площади фланца транзистора. В данный момент на испытательных стендах ведущих про-

изводителей проходят обкатку опытные экземпляры усилителей мощности на базе новейших транзисторов BLF872. В свою очередь, в испытательной лаборатории НВП "Квант-Эфир" исследуется усилитель мощности 250 Вт ДМВ. К серийному производству техники на базе новых транзисторов можно будет приступить в ближайшие годы после детальных исследований и проверкой временем характеристик надежности.

Шаг в шаг с Philips идет Motorola, которая в последнее время также представила ряд интересных мощных LD-MOS разработок. Среди них можно отметить MRF372.

Основными тенденциями развития усилительной схемотехники ведущих производителей передатчиков являются:

- применение современной элементной базы LD-MOS;
- параллельное сложение мощности в выходной тракт передатчика из отдельных унифицированных усилителей, что повышает надежность;
- применение оригинальных схемных и конструкторских решений системы сложения и деления мощности.

Здесь надо отметить, что ряд передовых производителей телевизионной техники используют классические решения для сложения мощности: мостовые схемы либо схемы по типу Wilkinson, которые обладают рядом недостатков. Так, мостовым схемам присуща неравномерность деления на краях относительно широкого дециметрового диапазона частот (470...869 МГц), что влияет на неравномерную загрузку мощных транзисторов. Синфазные схемы сложения мощности Wilkinson лишены предыдущего недостатка, однако в силу природы их построения обладают недопустимыми потерями мощности, особенно в верхней части диапазона. В новой линейке мощных усилителей НВП "Квант-Эфир" применена оригинальная синфазная схема деления-сложения мощности, которая лишена недостатков классических схем.

- применение в маломощных цепях усилительных трактов систем регулировки амплитуды и фазы для облегчения регулировки и обслуживания передатчиков;
- широкое применение микропроцессорных систем управления и контроля;
- применение новых решений для улучшения тепловых режимов усилителей мощности: повышение КПД усилительных каскадов, применение импульсных источников питания с улучшенным КПД, применение систем сложения мощности с минимальными потерями, применение нелинейной коррекции усилительных трактов, применение радиаторов с более эффективными характеристиками отвода тепловой энергии, применение новых разработок вентиляторов (радиальные, диагональные в случае воздушного охлаждения). Следует отметить, что ряд крупных производителей передатчиков стремится любой ценой уменьшать массогабаритные показатели усилителей мощности, чем повышают рабочую температуру кристаллов мощных транзисторов. Исходя из вероятностных характеристик, приведенных производителями мощных транзисторов, срок службы LD-MOS транзисторов снижается вдвое при повышении температуры кристалла на 7 градусов.

После сложения мощности высокочастотный сигнал поступает на вход фильтра. В зависимости от ситуации, в смежных частотных каналах и в соответствии с требованиями DVB-T стандарта ETSI EN300744 могут применяться фильтры разной сложности. В случае отсутствия смежных частотных каналов применяют классические фильтры гармоник с малыми потерями, например, четырехрезонаторные. В данном случае потери выходного сигнала ограничиваются 0,2...0,3 дБ (около 5 % по мощности). Если в соседних каналах осуществляется вещание, то стандарт ETSI EN300744 накладывает более жесткие требования к маске спектра. В зависимости от соотношений эквивалентных излучаемых мощностей DVB-T-передатчика и передатчиков в смежных каналах, от типа сигнала в соседних каналах различают DVB-T-фильтры, предназначенные для обеспечения не критической и критической спектральной маски. Это сложные 6-, 8- и более резонаторные фильтры, которые разрабатывают для разных уровней проходной мощности. Такие фильтры обладают относительно большими потерями. Так, например, мощный DVB-T фильтр с не критической маской от лучших производителей достигает уровня потерь в 1 дБ (около 25 % по мощности) DVB-T, а для фильтров с критической маской – до 1,5...1,8 дБ (50 % мощности). На рис. 2 представлены амплитудно-частотные характеристики 8-резонаторного фильтра, разработанного Spinner. Применяя в передатчике данный фильтр, по нижеприведенной таблице можно легко рассчитать требуемую спектральную характеристику DVB-T-сигнала на выходе усилителя мощности (перед фильтром) для разных масок.

Интересно отметить, что, судя по количеству провалов на левой характеристике, складывается впечатление, что фильтр содержит четыре режекторных резонатора. Однако фильтр не содержит таких контуров вовсе. Режекция обеспечена оригинальным конструкторским решением – за счет дополнительных межрезонаторных связей.

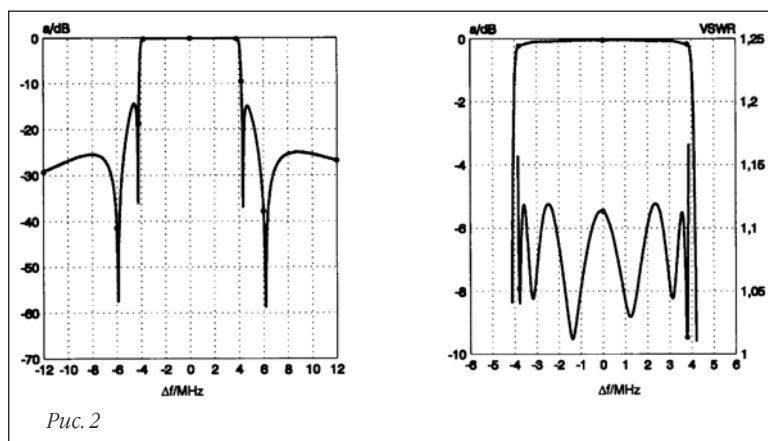


Рис. 2

Таблица 2

Спектральная маска										
Частота	Δf/МГц	-12	-6	-4,2	-3,8	f ₀	+3,8	+4,2	+6	+12
Некритичная маска	дБ	-77	-52	-40	0	0	0	-40	-52	-77
Критичная маска	дБ	-87	-62	-50	0	0	0	-50	-62	-87
Фильтр	дБ	-40	-18	-7	-0,35	-0,12	-0,35	-7	-18	-40
Передатчик	дБ									

В связи со значительными потерями в выходных DVB-T-фильтрах, необходимо четко различать данные по выходным мощностям DVB-T-передатчиков, декларируемые производителями. В одном случае приводятся значения мощности на выходе усилителя мощности, в другом – на выходе DVB-T-фильтра. Как видно из приведенных данных, выходная мощность одного и того же DVB-T передатчика может отличаться до 50 %, в зависимости от точки измерения в тракте передатчика. Таким образом, при рассмотрении передатчиков разных производителей, необходимо приводить мощность к одной точке измерения.

Развивая тему об уровнях выходных мощностей DVB-T передатчиков, следует отметить, что уровень выходной мощности передатчика является компромиссом между достижением оптимальных характеристик DVB-T сигнала (MER, Shoulder Distance и прочее) для конкретных условий DVB-T сети и максимальным уровнем поля в заданной зоне приема. Так, при оценке уровня выходной мощности DVB-T-передатчика необходимо оговаривать качественные показатели выходного DVB-T-сигнала

Цифровые передатчики НПП "Квант-Эфир"

Новая линейка цифровых передатчиков НПП "Квант-Эфир" – ТХТУ – позволяет настраивать MER выходного сигнала на любое из значений в диапазоне 32...40 дБ с некоторым уменьшением выходной мощности передатчика. Чаще всего в официальных спецификациях на передатчики приводятся обобщенные характеристики. К примеру, NEC декларирует уровень выходной мощности цифровых передатчиков при обеспечении MER ≥ 32 дБ.

Для успешного построения сети DVB-T/H очень важны качественные показатели главного передатчика.



Цифровой передатчик TXTU-1200-R-2 производства НПП "Квант-Эфир"

В цифровых передатчиках серии ТХТУ в качестве активных элементов, в том числе в мощных выходных каскадах, используются полупроводниковые элементы Philips, что обеспечивает их высокую надежность и долговечность. Кроме этого, отсутст-

вие в большинстве узлов опасных для жизни напряжений улучшает характеристики безопасности. Для увеличения коэффициента полезного действия и облегчения теплового режима передатчиков транзисторы выходных каскадов передатчиков работают в экономическом режиме (класс AB).

Надежность работы передатчиков обеспечивается эффективным охлаждением наиболее теплонагруженных узлов выходных каскадов.

Основными характеристиками и возможностями передатчиков серии TXTU, позволившими значительно повысить их эффективность, надежность и эксплуатационные характеристики являются:

- простота перехода из аналогового в цифровой режим (только замена модулятора);
- возможность дистанционного управления и мониторинга передатчиков через интерфейсы RS-232-C, RS-485 и Ethernet 10/100 Base T по телефонным, компьютерным или GSM сетям;
- минимизация потерь высокочастотного сигнала при сложении мощностей и равномерность нагрузки мощных транзисторов и, как следствие, повышение КПД и надежности;
- наличие системы стабилизации выходной мощности при перепадах температуры окружающей среды и колебаниях напряжения сети питания;
- использование модулей питания, работающих параллельно – при выходе из строя одного или двух из них мощность выходного сигнала передатчика не изменяется;
- использована новая система контроля с улучшенными характеристиками – доступность ре-

гулирования, электронное управление фазой и усиление; улучшена помехоустойчивость, улучшены направленности и частотные характеристики ответвителей;

- улучшена конструкция – возможность установки воздушных фильтров на передних панелях мощных усилителей; средства регулирования находятся под передней фальшпанелью;
- интеллектуальная система горячего резервирования модуляторов с мгновенным переходом на резерв.

Основные параметры цифровых передатчиков серии TXTU НПП "Квант-Эфир" приведены в табл. 3.

Таблица 3

Номинальная выходная мощность, Вт (г.м.с.)	до 5000 Вт
Стабильность уровня выходной мощности	< ±0,2 дБ
Относительное отклонение центральной частоты, не более	5.10-8
Режимы работы	DVB-T, DVB-H
Режимы модуляции	
IFFT	2k, 4k, 8k
Защитный интервал	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
Созвездие	QPSK, 16-QAM, 64-QAM
Иерархический режим	полная поддержка
Полоса частот	5,6,7,8 МГц
Соответствие стандарту	ETSI EN300744, ДСТУ EN300744:2004

Особенности новой линейки сводят к минимуму сложность эксплуатации и обслуживания передатчиков. Кроме того, значительно упрощается переход передатчика в цифровой формат эфирного ве-



TXTU-20-1 (20 Вт, аналоговый режим)
TXTU-3-2 (5 Вт, цифровой режим)



TXTU-20000-R-1 (20 кВт, аналоговый режим)
TXTU-5000-R-2 (5 кВт, цифровой режим)



- ✎ цифро-аналогові телевізійні передавачі потужністю до 20 кВт
- ✎ радіомовні передавачі потужністю до 10 кВт
- ✎ антенно-фідерне обладнання
- ✎ обладнання для цифрового телерадіомовлення
- ✎ розробка та встановлення «під ключ» регіональних та національних телерадіомовних мереж
- ✎ системна інтеграція обладнання для цифрового мовлення, інтеграція з телекомунікаційними мережами
- ✎ розробка проектів та поставка обладнання волоконно-оптичних систем передачі цифрових і аналогових відео/аудіо сигналів та даних



щения стандарта DVB-T. Весь процесс сводится к замене возбудителя на цифровой, к переключению в режим "DVB-T" микропроцессорной системы контроля и управления, которая осуществит переключения режима работы усилителей в режим "DVB-T".

- микропроцессорная система контроля и управления с возможностью документирования событий, позволяющая осуществлять полный дистанционный контроль работы передатчика из удаленного центра управления через стандартный телефонный модем, GSM-модем, а также имеющую режимы работы, как для аналогового, режим "TV", так и для цифрового эфирного вещания в стандарте DVB-T, режим "DVB-T";
- возможность оперативного выбора режима работы усилителей: аналоговый / DVB-T;
- автоматическая система резервирования возбудителей;
- активное резервирование (избыточность) модулей питания (в усилителях мощности), работающих параллельно, что при выходе одного или двух модулей из строя абсолютно не меняет параметры усилителя;
- наличие локальных схем АРУ в усилителях мощностью 1500 Вт, что сводит к нулю действие термокомпрессии и неравномерности деления делителей по частоте;
- модульная конструкция, которая позволяет осуществлять замену усилительных блоков без отключения всего передатчика;
- высокоэффективная система воздушного охлаждения, примененная в усилителях TVAU-1000 и TVAU-1500. Она построена на современном радиаторе, который изготовлен по технологии густого профиля с низким тепловым сопротивлением, а также на двух диагональных вентиляторах, каждый из которых обеспечивает воздушный поток около 500 м³/ч.



Материалы предоставлены
компанией "Квант-Эфир"

Цифровые телевизионные передатчики Axcera

Алексей Жуков

Переход на цифровое телевизионное вещание в России начался. В связи с этим очень актуальным становится вопрос модернизации оборудования теле- и радиопередающих центров. В настоящее время подавляющее большинство телевизионных передатчиков, находящихся в эксплуатации у российских операторов, произведены в Европе. При этом незаслуженно мало внимания уделяется североамериканским производителям, чьи телевизионные передатчики не только обладают высокими характеристиками, но и, учитывая длительный период падения курса доллара, имеют серьезные ценовые преимущества. Одним из мировых лидеров в области производства телевизионного широкополосного оборудования (включая DVBH), оборудования для беспроводных сетей и MMDS вещания является американская компания Axcera (штат Пенсильвания, США). Компания работает на рынке телекоммуникаций с 1982 года и к настоящему времени заслужила репутацию производителя высоконадежного оборудования, а важнейший приоритет работы Axcera – максимальная ориентированность на потребности клиента.



Передатчики Axcera малой (слева) и высокой мощности

Спектр услуг, предоставляемых компанией Axcera, не ограничивается производством оборудования и включает в себя планирование сети, проектирование и услуги интеграции. Естественно, Axcera также обеспечивает гарантийное и послегарантийное обслуживание своей аппаратуры по всему миру – горячая линия сервисной поддержки работает по формуле "24x7x365". Лидирующие позиции компании в отрасли подтверждаются огромным списком проектов, выполненных ею. Сейчас в мире работает более 15 тыс. передатчиков Axcera. Вот список наиболее масштабных проектов компании:

- телеканал Trinity Broadcasting – более 300 передатчиков серии Axcera LPTV работают по всей Северной Америке;
- крупнейшие операторы телевидения Bell South, Sprint, Worldcom – 28 многоканальных систем цифрового видео E, F, I и широкополосных систем беспроводного доступа;
- Mt. Wilson Group, Лос Анджелес – многомиллионный проект по поставкам и интеграции четырех вещательных станций по 8 аналоговых и цифровых передатчиков высокой мощности на каждой;
- Modeo (ранее Crown Castle Mobile Media) -Axcera выбрана главным системным интегратором в разворачиваемой по всей территории США системе мобильного телевидения DVBH;