

ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЙ СТЕРЕОДЕКОДЕР ДЛЯ СИСТЕМЫ С ПИЛОТ-ТОНОМ

А. КИСЕЛЕВ, г. Москва

В нашей стране повсеместно получает все большее распространение стереофоническое радиовещание по системе с пилот-тоном. Используемая для приема передач по этой системе зарубежная аппаратура имеет стереодекодеры (СД) ключевого типа в микросхемном исполнении. Они удобны в технологическом отношении для массового повторения, но, однако, уступают, по мнению автора, стереодекодерам матричного типа. Радиолюбителям, желающим улучшить работу своих стереофонических радиоприемников предлагается построить стереодекодер системы с пилот-тоном (ПТ) с разделением спектров, также иногда называемых суммарно-разностными или матричными, довольно редко используемых в данной системе стереовещания.

В нашей стране, где, как известно, принята система стереовещания с полярно-модулированными колебаниями (ПМК) [1], матричные стереодекодеры (СД) получили широкое распространение. Объясняется это тем, что подавленная при передаче на 14 дБ поднесущая может быть относительно легко восстановлена в СД. При этом надтональный сигнал с “нормальным” отношением поднесущей и ее боковых полос детектируется диодным двухполупериодным детектором. Протектированный разностный сигнал складывается (вычитается) с суммарным на резистивной матрице, где и происходит разделение каналов.

За рубежом (а в последнее время и в России при работе радиостанций в диапазоне 88...108 МГц) повсеместно применяется так называемая система с пилот-тоном (ПТ), равным половине значения поднесущей частоты, т.е. 19 кГц. Поднесущая в этой системе подавляется при передаче практически полностью, остаются лишь боковые полосы надтонального сигнала, которые обычными диодными детекторами без искажений протектированы быть не могут. По этой причине подавляющее число СД для системы с ПТ относится к ключевым.

В первых моделях таких СД на дискретных элементах для получения импульсов, управляющих ключами (обычно диодными), использовалось удвоенное частоты ПТ [2]. В появившихся позднее СД в микросхемном исполнении управляющие импульсы получают делением частоты опорного генератора, управляемого напряжением (ГУН), который охвачен системой ФАПЧ. ПТ сравнивается в системе ФАПЧ с поделенной до 19 кГц частотой ГУН и обеспечивает стабилизацию частоты и фазы управляющих импульсов.

В последнее время подобные ключевые СД в микросхемном исполнении (микросхемы А290, ТА7342, ТА7343 и др.) появились и на отечественном рынке. Это позволяет радиолюбителям создавать несложные СД для приема стереопередач в диапазоне 88...108 МГц, вещание в котором началось 5 — 6 лет назад и получает у нас все большее распространение.

Однако при известных преимуществах ключевых СД, таких как простота схемотехнической реализации (особенно в микросхемном исполнении), хорошее разделение каналов — этот класс

СД, по глубокому убеждению автора, все же не может обеспечить по-настоящему высококачественный прием стереопередач. Дело в том, что в реальном музыкальном сигнале преобладает суммарная информация — в [1] указывается, что коэффициент модуляции поднесущей редко превосходит 30% при максимально возможных 80%, и в первом приближении сигнал, проходящий через СД, можно считать монофоническим. Постоянная коммутация сигнала, имеющая место в ключевых СД, вызывает, по сути дела, дискретизацию низкочастотной составляющей с весьма низкой частотой (38 или 31,25 кГц), в то время как согласно [3], для исключения влияния частоты дискретизации на низкочастотный сигнал она должна быть больше высшей частоты низкочастотного сигнала (15 кГц для системы с полярно-модулированными колебаниями) минимум в 4 — 5 раз, т.е. составлять 60...75 кГц. Следствием такой “обработки” низкочастотного сигнала является ухудшение звучания на высших частотах, при этом формальные качественные показатели СД, полученные на синусоидальном испытательном сигнале, могут быть очень высокими — коэффициент нелинейных искажений 0,2...0,3% и менее.

В матричных СД суммарный сигнал не дискретизируется, разностный же сигнал, величина которого, как указывалось выше, мала, при двухполупериодном детектировании оказывается “дискретизированным” с частотой, вдвое большей поднесущей, т.е. 76 или 62,5 кГц.

При этом повышается качество восстановленного разностного сигнала и соответственно сигналов на выходе СД.

Изложенные соображения были экспериментально проверены автором при сравнении звучания матричного [4] и ключевого [5] СД.

Несмотря на весьма примитивную схемотехнику и элементную базу матричного СД, его звучание, по мнению автора, значительно превосходило звучание ключевого СД, которое отличалось нечеткостью, размытостью высоких частот. Единственным плюсом ключевого СД было, пожалуй, лишь несколько более высокое качество разделения каналов.

Слабым звеном известных матричных СД является диодный детектор поднесущей, который выполняется с использованием высокочастотного трансформатора

с большим числом витков вторичной обмотки, так как для получения приемлемого уровня искажений при диодном детектировании входное напряжение детектора должно составлять несколько вольт [1]. Паразитные емкости высокочастотного трансформатора получают значительными, что вызывает амплитудные и фазовые искажения высших частот и ухудшает разделение каналов.

Существенно снизить искажения разностного сигнала можно применением синхронных детекторов, в частности, на КМОП-ключках. Такие детекторы позволяют детектировать (в отличие от диодных) сигналы минимальной амплитуды, в том числе с полностью подавленной несущей, что имеет место в системе с ПТ. Они вносят чрезвычайно малые искажения, определяемые практически отношением сопротивления открытого канала ключа к входному сопротивлению следующего каскада, который целесообразно выполнить в виде эмиттерного (истокового) повторителя. Для формирования управляющих КМОП-ключками импульсов могут быть использованы абсолютно те же схемотехнические решения, что и в “стандартных” ключевых СД, т.е. ГУН с ФАПЧ и делителем частоты.

С учетом изложенных соображений и был разработан предлагаемый СД для системы с ПТ, принципиальная схема которого приведена ниже.

Основные технические характеристики СД

Входное напряжение	
КСС, мВ	...60...90
Коэффициент передачи	...3
Разделение каналов, дБ, не менее	...25

Устройство состоит из четырех функциональных блоков:

- усилителя комплексного стереосигнала (КСС) с ключевым детектором и резистивными матрицами А1 (рис. 1);
- формирователя управляющих импульсов А2 (рис. 2);
- фильтра нижних частот А3 (рис. 3);
- блока стереоиндикации и стереоавтоматики А4 (рис. 4).

Входной сигнал (непосредственно с выхода ЧМ-демодулятора приемника или тюнера), имеющий, как правило, величину 60...90 мВ, поступает на усилитель блока А1, выполненный на транзисторах VT1, VT2 (рис. 1). С выхода усилителя КСС поступает на цепочку R11 C6, которая осуществляет коррекцию предискажений суммарного сигнала ($\tau = 50$ мкс). Надтональная часть сигнала (боковые полосы поднесущей плюс ПТ) через конденсатор C5, который совместно с резисторами R12 и R14 образует ФВЧ, частично подавляющий суммарный сигнал, поступает на базу транзистора VT5. Транзисторы VT5 и VT6 усиливают промодулированные разностным сигналом боковые полосы поднесущей 38 кГц, которые выделяются на низкодобротном колебательном контуре (Q=6), состоящим из обмотки трансформатора T1 и конденсатора C8, и поступают на двухполупериодный ключевой детектор на ключах микросхемы DD1.

Выделенный разностный сигнал положительной и отрицательной полярности с