

УДК 621.396.712

**ИСКАЖЕНИЕ ЧМ ПРИЁМА, ОБУСЛОВЛЕННОЕ РАБОТОЙ
ПЕРЕДАТЧИКОВ DRM+**

Выходец А.А.

*Одесская национальная академия связи им. А. С. Попова
ул. Кузнечная, 1, г. Одесса, 65029, Украина,
ГП “Украинский научно-исследовательский институт радио и телевидения”
ул. Бунина, 31, Одесса, 65025, Украина*

**СПОТВОРЕННЯ ЧМ ПРИЙМАННЯ, ОБУМОВЛЕНЕ РОБОТОЮ
ПЕРЕДАВАЧІВ DRM+**

Виходець О.А.

*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова
вул. Кузнечна, 1, м. Одеса, 65029, Україна,
ДП «Український науково-дослідний інститут радіо і телебачення»
вул. Буніна, 31, Одеса, 65025, Україна*

**DISTORTION OF FM RECEPTION CAUSED BY THE OPERATION
OF DRM+ TRANSMITTERS**

Vykhodets A.A.

*A.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications
Kovalska st., 1, Odessa, 65029, Ukraine
SE “Ukrainian Research Institute of Radio and TV”
Bunin st., 31, Odessa, 65026, Ukraine*

Аннотация. В статье рассматриваются искажения ЧМ приёма при работе передатчика DRM+ в окружении ЧМ передатчиков.

Анотація. У статті розглядаються спотворення ЧМ приймання при роботі передавача DRM+ в оточенні ЧМ передавачів.

Abstract. In the article distortions of FM reception when transmitter DRM+ is surrounded by FM transmitters are considered.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, в отличие от телевидения, нет международного соглашения о сроках перехода на цифровое радиовещание. Тем не менее, в ряде стран Европы (Англия, Германия, Швеция, Франция и др.) уже более 15 лет эксплуатируется цифровая система DAB (Digital audio broadcasting), позволяющая в диапазоне метровых волн (174–240 МГц) в одном мультиплексе передать шесть высококачественных стереофонических программ. Однако в этих и других странах также в диапазоне метровых волн успешно эксплуатируется и система аналогового стереофонического радиовещания с частотной модуляцией (FM). Этот же формат вещания используется и в Украине.

В диапазоне метровых волн (87,5...108) МГц работают сотни передатчиков с частотной модуляцией, позволяющие организовать вещания во всех крупных населённых пунктах и в значительной части районных центров.

Качество аналогового стереофонического вещания достаточно высоко, количество носимых и автомобильных приёмников практически полностью обеспечивает потребности населения и подавляющее большинство стран Европы, по крайней мере, в течение 10 лет, намерено продолжить аналоговое стереофоническое вещание с пилот-тоном [1].

Учитывая то, что цифровая техника все шире используется во всем мире, неизбежна и цифровизация диапазона с ЧМ. Очевидно, цифровые системы в течение некоторого времени

будут сосуществовать с аналоговой системой вещания, используя диапазон 87,5...108 МГц. В большинстве стран Северной и Южной Америки в качестве альтернативы вещанию рассматривается цифровая система IBOC (HD Radio) [2].

В Европе в качестве такой альтернативы рассматривается цифровая система DRM+.

СИСТЕМА ЦИФРОВОГО РАДИОВЕЩАНИЯ DRM+

Система DRM+ является проектом Консорциума DRM по расширению возможности стандарта DRM, направленной на его применение в частотных диапазонах выше 30 МГц (47...68, 66...74, 87,5...108 МГц) [3, 4].

Параметры системы позволяют гибко перестраиваться под формат вещания (местные, региональные станции), а также строить синхронные сети различных конфигураций.

В зависимости от способа модуляции OFDM символа (4-QAM, 16-QAM) система DRM+ обеспечивает скорость цифрового потока от 37 кбит/с до 186 кбит/с [1,5]. В цифровом потоке, равном 186 кбит/с, можно организовать передачу четырёх высококачественных стереофонических программ.

Полоса частот, которую занимает цифровой сигнал системы DRM+, равна 96 кГц. Поэтому, система практически совместима с системой звукового ОБЧ-ЧМ вещания, в которой разнос между несущими частотами составляет 400 кГц.

РАБОТА ПЕРЕДАТЧИКА DRM+ В ОКРУЖЕНИИ ЧМ ПЕРЕДАТЧИКОВ

Внедрение цифровых передатчиков системы DRM+, ввиду широкого распространения аналоговой системы, очевидно, будет происходить при постепенной замене станций с ЧМ на цифровые станции DRM+. Таким образом, на первом этапе внедрения системы DRM+ цифровые станции будут работать в окружении аналоговых ЧМ станций. Очевидно, первыми шагами по внедрению цифрового вещания должны быть проведены соответствующие испытания.

Учитывая, что в частотном диапазоне 87,5...198 МГц практически все частоты используются для организации стереофонического ЧМ вещания организация испытательного локального цифрового вещания может быть реализована путём замены работающего аналогового ЧМ передатчика на передатчик DRM+. При такой замене необходимо обеспечить совместимость работающей аналоговой системы с внедряемой цифровой.

Условия совместимости основываются на учёте защитных отношений, полученных для случая, когда цифровая система DRM+ создаёт помеху аналоговой системе. В табл. 1 приведены значения защитных отношений, полученные для случаев, когда система DRM+ создаёт помехи системе, и когда системы создают помехи друг другу [6].

Таблица 1 – Защитные отношения при помехе системы от системы DRM+ и помехе системы с от системы МВ-ЧМ

Разности частот	кГц	0	±100	±200	±300	±400	±500	±1000
Защитные отношения при помехе системы от DRM+	дБ	49	30	3	-8	-11	-13	-21
Защитные отношения при помехе системы от (помеха тропосферная)	дБ	37	29	2	-2	-20	-	-

Поскольку значение защитного отношения при работе передатчиков и DRM+ в совмещённом частотном канале равно 49, а значение защитного отношения при работе в совмещённом частотном канале передатчиков равно 37, то, очевидно, что излучаемая мощность внедряемого передатчика DRM+ с целью снижения помех ЧМ приёму должна быть снижена на 12 дБ. В этом случае будет осуществлена совместимость передатчиков системы DRM+

как передатчиками, работающими в совмещённом частотном канале, так и с передатчиками, работающими в смежных частотных каналах.

Как показали исследования [7], система DRM+ является источником помех ЧМ приёма. Эта помеха обозначается как «эффект перекрёстной модуляции». Искажение ЧМ приёма зависит только от уровня сигнала помехи и не зависит от уровня полезного сигнала. Проведённые измерения показали [7, 8] что уровень влияния «эффекта перекрёстной модуляции» зависит от разности несущих частот мешающего передатчика DRM+ и полезного в пределах от 200 кГц до 4 МГц. Значения максимально допустимых уровней сигналов помехи на входе ЧМ приёмника, приведены в табл. 2. При увеличении этих значений возникают искажения приёма из-за «эффекта перекрёстной модуляции».

Таблица 2 – Максимальный уровень сигнала помехи

Разность частот	МГц	0,2–1	2	3	4
Уровень помехи	дБм	–31	–24	–16	–9

В табл. 3 приведены результаты расчёта напряжённости поля помех на входе ЧМ приёмника, соответствующие значениям сигналов помех, приведённым в табл. 2. При расчётах принимались значения входного сопротивления ЧМ приёмника 75 Ом и коэффициента направленности антенны 1.

Таблица 3 – Максимально допустимые значения уровней напряжённости поля на входе приёмника, при превышении которых возникают искажения ЧМ приёма.

Разность несущих частот ЧМ полезного и мешающего DRM+	МГц	0,2–1	2	3	4
Максимально допустимый уровень мешающего сигнала на входе ЧМ приёмника при входном сопротивлении 75 Ом	В	$7,7 \cdot 10^{-3}$	$17,110^{-3}$	$43,310^{-3}$	9710^{-3}
Максимально допустимый уровень напряжённости мешающего поля на входе антенны с усилением равным 1	дБ(мкВ/м)	78	85	93,7	100

Рассмотрим работу DRM+ передатчика. Примем излучаемую мощность DRM+ передатчика равной 1 кВт и выполним расчёт его зоны обслуживания.

Напряжённость поля 43 дБ(мкВ/м) позволяет обеспечить автомобильный устойчивый приём DRM+цифровых сигналов в системе в сельской местности. При радиоприёме в городских условиях требуется более высокая напряжённость поля: 60...70(мкВ/м). Пользуясь графиками зависимости медианного значения напряжённости поля от расстояния в соответствии с вышеприведёнными данными, вычислим зону обслуживания передатчика DRM+ [6]. При размещении этого передатчика в зоне обслуживания ЧМ передатчиками возникнут искажения ЧМ приёма, определяемые значениями разности несущих частот между передатчиками DRM+ и . В табл. 4 приведены данные радиусов зон обслуживания цифрового передатчика (1, 2) и радиусы зон (3, 4, 5, 6), в пределах которых ЧМ приём будет сопровождаться искажениями (табл. 3).

Таблица 4 – Зоны обслуживания передатчика DRM+ и зоны помех

Номер зоны	1	2	3	4	5	6
Напряжённость поля на границе зоны, дБ(мкВ/м)	40	60	78	85	95	100
Радиус, км	50	20	7	5	2	1

На границах зон 3, 4, 5, 6 напряженности поля соответствуют максимально допустимому значению напряженности поля при соответствующих значениях разности несущих частот передатчиков DRM+ и равными 0,2-1, 2, 3, 4 МГц. На рис.1 размеры соответствующих зон показаны в масштабе: 1см:10км.

В качестве примера рассмотрим возможность использования телевышки Одесского телерадиоцентра. Эта телевышка используется для работы 19 вещательных станций, антенны которых размещены на высоте 120 - 140 м. В связи с перегруженностью телевышки антеннами станций подключение дополнительной станции не представляется возможным. В этом случае целесообразно осуществить замену одного из передатчиков на передатчик DRM+ с подключением его к соответствующей метровой антенне. Если произвести замену передатчика мощностью 1 кВт, работающего на частоте 101,4 МГц (Радио Пятница) при коэффициенте усиления антенны 12 дБ, то, учитывая необходимость снижения мощности цифрового передатчика на 12 дБ, получим излучаемую мощность DRM+ передатчика, равную 0 дБ/кВт.

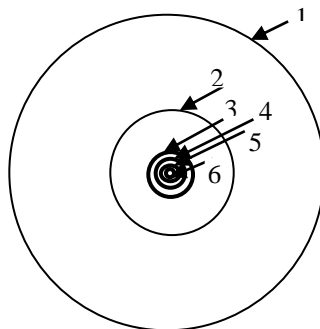


Рисунок 1 – Зоны обслуживания передатчика DRM+ и значения напряженности поля на границах зон: 1-43дБ(мкВ/м), 2-6043дБ(мкВ/м), 3-78дБ(мкВ/м), 4-85дБ(мкВ/м), 5-95дБ(мкВ/м), 6-100дБ(мкВ/м).

У целого ряда ЧМ вещательных станций, размещённых на территории Одесского телерадиоцентра, значения разности несущих частот и несущей частоты цифровой станции попадают в интервалы, указанные в табл. 2. Вследствие этого ЧМ приём на части территории, обслуживаемой DRM+ передатчиком, будет сопровождаться искажениями.

В табл. 4 приведены номера зон, при нахождении в которых ЧМ приёмников возникают искажения приёма отдельных станций, определяемые разностью несущих частот станций ЧМ и DRM+ (табл. 5).

Таблица 5 – Зоны искажений при ЧМ приёме в зависимости от разности несущих частот аналогового ЧМ и цифрового DRM+ передатчика с частотой 101.4 МГц

Несущие частоты ЧМ передатчиков, МГц	101	100,4	101,8	102,2	103,2	103,8	104,3	104,9	105,3
Разность частот, МГц	0,4	1	0,4	0,8	1,8	2,4	2,9	3,5	3,9
Радиус зоны искажений, км	7	7	7	7	5	5	2	1,5	1

Выводы

Произвольный выбор несущей частоты DRM+ передатчика 101,4 МГц, размещённого в плотном окружении ЧМ передатчиков, привёл к появлению искажений ЧМ приёма большого числа передатчиков.

Как следует из рис. 1, зоны искажений ограничены окружностями с центром в месте расположения передатчика. Таким образом, вокруг места расположения телевышки образуются зоны искажения ЧМ приема, размеры которых определяются разностью несущих частот ЧМ передатчиков и цифрового DRM+.

При замене другого ЧМ передатчика с частотой , например 105,3 МГц, количество станций принимаемых с искажениями может снизиться. Так наибольшие искажения будут

наблюдаться при ЧМ приёме станций (с частотами 104,9; 104,3; 103,8; 103,2) МГц.

Таким образом, при размещении цифрового передатчика в зоне обслуживания ЧМ передатчиками неизбежно появление помех ЧМ приёма. Вследствие этого, внедрение цифровых станций DRM+ в любом из районов Украины потребует постепенного уменьшения количества ЧМ станций. Однако, если учесть что одна цифровая станция позволяет одновременно передавать до 4-х программ вещания, то такая замена может быть привлекательной для потребителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аналоговое и цифровое радиовещание / [А.В. Выходец, С.Н. Ганжа, А.С. Кузнецова, А.А. Выходец] под ред. проф. А.В.Выходца. – Одесса: БМБ, 2011. – 312 с.
2. ITU-R Document 6E/22-E, 7 September 2000 United States of America. Digital system C System description.
3. ETSI EN 201 980 V3.1.1 (2009-08) Digital Radio Mondiale (DRM) System Specification.
4. Digital radio mondiale (DRM). A broadcaster's guide. Geneve, Switzerland
5. Выходец А.В. Особенности ЧМ приёме при размещении DRM+ передатчика в зоне обслуживания передатчиков с ЧМ / А.В. Выходец, А.А. Выходец // – Цифрові технології. – №15. – 2014. – С.129–133.
6. Сети телевизионного и звукового ОБЧ ЧМ вещания: Справочник / [М.Г. Локшин, А.А. Шур., А.В. Кокорев, Р.А. Краснощёков]. – М.: Радио и связь, 1988. – 144 с.
7. Andreas Stell, Felix Schad, Michael Fellen ,Ewald Hedrich DRM+ Field Trial: Concept, Setup, and First Results. University of Applied Sciences of Kaiserslautern.
8. EBU TECH 3357 CASE STUDIES ON THE IMPLEMENTATION OF DRM+ IN BAND II. Geneva, January 2013.

REFERENCES

1. Analogovoe i tsifrovoye radioveschaniye / [A.V. Vyihodets, S.N. Ganzha, A.S. Kuznetsova, A.A. Vyihodets] pod red. prof. A.V.Vyihodtsa. – Odessa: VMV, 2011. – 312 s.
2. ITU-R Document 6E/22-E, 7 September 2000. United States of America. Digital system C System description.
3. ETSI EN 201 980 V3.1.1 (2009-08) Digital Radio Mondiale (DRM) System Specification.
4. Digital radio mondiale (DRM). A broadcaster's guide. Geneve, Switzerland
5. Vyihodets A.V. Osobennosti ChM priyome pri razmeschenii DRM peredatchika v zone obsluzhivaniya peredatchikov s ChM / A.V. Vyihodets, A.A. Vyihodets // – Tsifrovi tehnologiyi. – #15. – 2014. – S.129–133.
6. Seti televizionnogo i zvukovogo OVCh ChM veschaniya: Spravochnik / [M.G. Lokshin, A.A. Shur., A.V. Kokorev, R.A. KrasnoschYokov] .– M.: Radio i svyaz, 1988. – 144 s.
7. Andreas Stell, Felix Schad, Michael Fellen ,Ewald Hedrich DRM Field Trial: Concept, Setup, and First Results. University of Applied Sciences of Kaiserslautern.
8. EBU TECH 3357 CASE STUDIES ON THE IMPLEMENTATION OF DRM IN BAND II. Geneva, January 2013.