

Балан Н.М.
Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова

ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ АНТЕННО-ФИДЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЦИФРОВОГО ЗВУКОВОГО ВЕЩАНИЯ ПО СИСТЕМЕ DRM

Важным требованием, первоначально установленным для внедрения систем *DRM* (Digital Radio Mondiale), было то, что системы *DRM* должны позволить максимально использовать существующую инфраструктуру передающих устройств аналогового радиовещания. Это позволит осуществить *DRM*-вещание ранее, чем оно могло бы быть полностью обеспечено на новом специализированом *DRM*-оборудовании [1, 2]. Переход к специализированной технике *DRM*-вещания может быть безальтернативно решен только в случаях морального и физического износа существующих передающих устройств и антенно-фидерных сооружений радиовещательных станций (РВС), когда модификация их будет нецелесообразной, а, следовательно, передающие устройства и антенно-фидерные сооружения будут подлежать только замене в процессе окончания срока эксплуатации. Пути, которыми может быть определена пригодность существующих АМ-передатчиков для *DRM*-вещания и средства, которыми они могут быть переведены в режим передачи рассмотрены в [3]. Цель работы – рассмотреть особенности использования существующих антенно-фидерных сооружений в диапазонах вещания *DRM*.

1. Требования к антенным системам. Оконечным звеном в цепи подачи программ *DRM*, которое находится под контролем вещателя, является антенная система. Поэтому рассмотрим основные характеристики антенных систем как диапазона ВЧ, так и диапазонов СЧ/НЧ, а также возможности их использования в *DRM*. Основное требование продъявляется к ширине полосы пропускания.

Для антенн диапазонов СЧ/НЧ требования к соответствующей полосе пропускания будут особенно важны в случае излучения *DRM*-сигналов с полосой 18 или 20 кГц, или в случае излучения в смежных каналах одновременно аналоговых сигналов с двойной боковой полосой (*DSB*) 9/10 кГц и *DRM*-сигналов с полосой 9/10 кГц. В последнем случае практическое использование существующей антенны невозможно, если, с целью обеспечения достаточной полосы пропускания, она не может быть эффективно модифицирована.

Непосредственное влияние ограничения полосы пропускания антенной системой должно уменьшить амплитуды и изменить соотношения фаз выходных несущих. Кроме этого ограниченная полоса пропускания может воздействовать на передатчик и увеличивать мощность внеполосного излучения. Точно так же ограничение амплитудной характеристики антенной системы может снизить мощность внеполосного излучения. Если полоса пропускания антенны соизмерима с полосой пропускания *DRM*-сигнала, может ожидать, что радиочастотный спектр передатчика с подключенной антенной будет отличаться от спектра, наблюдаемого на испытательном эквиваленте нагрузки. При установке предыскажений следует учитывать характеристики антенны.

2. Антенны диапазона ВЧ. В общем случае радиовещательные антенны диапазона ВЧ разработаны так, чтобы обеспечить хорошее согласование в широкой полосе частот радиопередачи. В пределах используемой полосы рабочих частот, радиовещательная антенна диапазона ВЧ имеет полосу пропускания значительно шире, чем полоса пропускания *DRM*-сигнала, и это вряд ли может причинить вредное воздействие.

Большинство из существующих радиовещательных антенных систем диапазона ВЧ может эффективно использоваться для *DRM*-передач без какой-либо модификации.

3. Антенны диапазона СЧ. Антенны диапазона СЧ обычно настраиваются на частоте несущей, хотя в некоторых случаях на общей антенне могут излучаться две или более частот. Существует много типов антенн диапазона СЧ. Специфика используемой конфигурации определяется областью охвата и использованием наземной или пространственной волны.

Антенны диапазона СЧ обычно настраиваются по сопротивлению нагрузки на частоте несущей. Любое отклонение от этой частоты становится комплексной нагрузкой передатчика с увеличивающимся реактивным компонентом.

Для DRM важно учесть то, что характеристика изменения сопротивления антенны симметрична, а изменения реактивных составляющих в любую сторону повышения или уменьшения от центральной частоты антенны равны.

Таким образом, если реактивный компонент ниже центральной частоты имеет характер $-jX$, а, если выше центральной частоты, то имеет характер $+jX$, или, наоборот. Полоса пропускания антенны может также быть выражена в значениях коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН). Проведенные исследования показывают, что для DRM КСВН в полосе частот ± 10 кГц от центральной частоты не должен быть больше, чем 1,2:1 и не больше, чем 1,4:1 в полосе частот ± 15 кГц от центральной частоты. Эти требования выполняются лучше, чем необходимо для удовлетворительной модуляции широкополосными сигналами DRM 18/20 кГц. Чтобы иллюстрировать это на рис. 1 показана расчетная основная характеристика КСВН для типичного четвертьволнового диполя мачты. Питание подается к основанию 75-метровой мачты, имеющей диаметр 0,5 метра. Резонансная частота – 939 кГц.

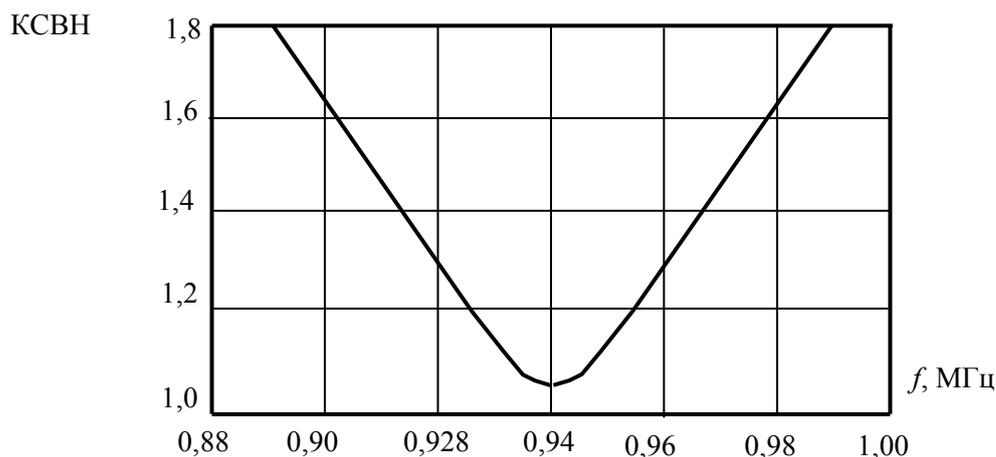


Рисунок 1 – Характеристика КСВН четвертьволнового диполя мачты

Шунтирование цепи питания антенны дает подобные резонансные конфигурации, и характеристика КСВН удовлетворяет требованиям для DRM. Электрический параметр антенны – Q -фактор, следовательно, полоса пропускания, является существенно зависимой от физических размеров и ее формы. Таким образом, "утолщенная" форма мачты, будет иметь низкий Q -фактор, вид КСВН характеризуется широкой полосой пропускания, а "тонкая" антенна имеет высокий Q -фактор, крутую характеристику КСВН и узкую полосу пропускания.

Используемые на практике одновибраторные мачты, работающие на собственной резонансной частоте, не имеют проблем для обеспечения требуемой полосы пропускания при DRM. Проведение модификации физической структуры мачты для достижения требуемой полосы пропускания может быть необходимо только в редких случаях.

В конфигурациях многоэлементных антенн, типа "волновой канал" (Yagi), характер связи между вибраторами и отражателями будет влиять на полосу пропускания антенн, и может содействовать увеличению Q -фактора и уменьшению полосы пропускания.

Как видно, полоса пропускания и, следовательно, КСВН типовой СЧ резонансной антенны не представляют серьезных проблем для DRM.

Однако следует учитывать влияние на полосу пропускания элементов, включенных между передатчиком и антенной, в первую очередь фильтра и фидера.

4. Антенны диапазона НЧ. Антенны диапазона НЧ, используемые на практике, не резонансные и поэтому электрически коротки. Рис. 2 показывает характер входного сопротивления 220-метровой мачты с нижним питанием.

Сплошная линия показывает активную составляющую сопротивления, а штриховая – реактивную составляющую. Антенна диапазона НЧ имеет преобладающее емкостное сопротивление с очень малым активным компонентом, типичное значение сопротивления порядка 5 – 10 Ом.

Использование нерезонансных антенн может уменьшать полосу пропускания, однако их рассмотрение не представляет интереса.

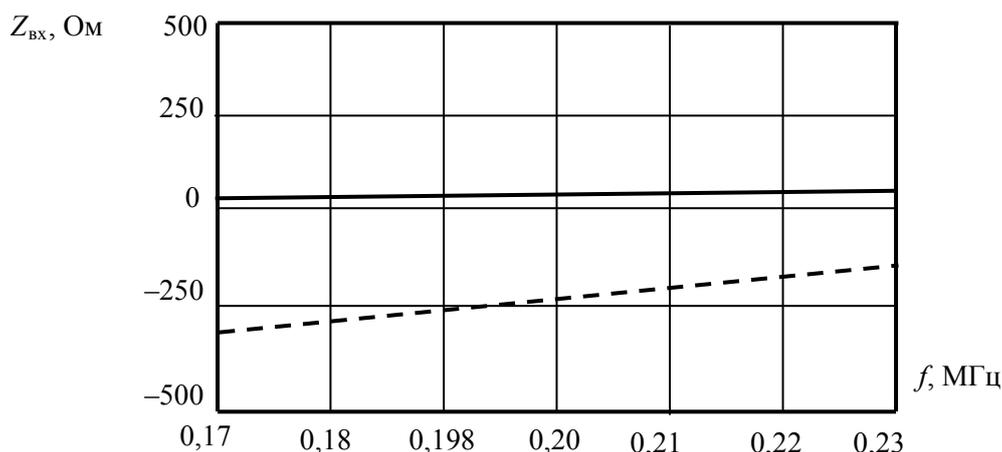


Рисунок 2 – Характеристика входного опору 220-метрової мачти з нижнім живленням (активна складова опору – сплошна лінія, реактивна складова – штрихова лінія)

5. Соголасование підключення антени к передатчику. Чтобы гарантировать, что передатчик нагружен симметричной характеристикой сопротивления, необходимо чтобы длина фидера питания, включенного между передатчиком и антенной, соответствовала кратному числу длин волн на частоте несущей. Если это требование не выдержано, симметрия может быть восстановлена при дополнительном введении фазовращателя в цепи фидера, что также обеспечивает расширение полосы пропускания. Невыполнение требований соголасования фидера для нерезонансных антенн или включение разделительных фильтров в случае многочастотного вещания может приводить к ограничению полосы пропускания. Методы преодоления проблем ограничения полос пропускания рассматриваются ниже.

6. Практическая реализация DRM-вещания на существующей антенне. Свойственная антеннам диапазона ВЧ полоса пропускания – вполне удовлетворяет требованиям для излучения DRM-сигнала, и антенные системы диапазона ВЧ могут использоваться без изменения. Однако ситуация будет иной в диапазонах НЧ и СЧ.

С помощью измерителя входного сопротивления определяется характеристика входного сопротивления антенны. Построенные на графике данные измерений позволяют определить фазовый сдвиг, необходимый для исправления несимметричной характеристики входного сопротивления. Требуемый фазовый сдвиг может быть обеспечен дополнительными элементами поворота фазы. Если полоса пропускания системы (в значениях КСВН, который определяется в процессе измерений) меньше оптимальной, то, в первую очередь, следует рассмотреть реакцию антенной системы на передатчик в целом. После проведенных измерений определяется предкоррекция, требуемая в DRM-модуляторе, и введение компенсации, необходимой для снижения влияния ограничения полосы пропускания антенны.

В некоторых системах полная компенсация не может быть достигнута.

Поскольку составляющие с информационными ВЧ фазой (RFP-сигнал) и амплитудой (A-сигнал) подаются на DRM-передатчик, представляет интерес рассмотрения предварительной обработки обычно подавляемого сигнала несущей частоты. Некоторые DRM-модуляторы предусматривают такую возможность. Предварительная обработка несущей частоты позволяет обеспечить сокращение полосы пропускания, гарантирующее требуемую минимизацию занимаемой полосы частот. Для достижения лучших результатов уровень предкоррекции в тракте несущей частоты должен быть отрегулирован экспериментально при наблюдении спектра на ВЧ выходе передатчика с подключенной антенной системой. Такое решение не идеально по эффективности и рассматривается как временное. Лучшее решение состоит в использовании антенной системы, имеющей заведомо более широкую полосу пропускания.

В марте 2005 г. автор принимал участие в работе Международного симпозиума по DRM-вещанию в Бухаресте, в ходе которого американской фирмой “Narris” проводились опытные передачи DRM-вещания с использованием АМ передатчика с подключенным специализированным

DRM-модулятором и существующими антенно-фидерными сооружениями СЧ диапазона. Прием производился на *DRM*-приемник. Прослушивание опытных передач *DRM*-вещания показало возможность получения высококачественного стереофонического звука в диапазоне СЧ, и подтвердило возможность использования существующей инфраструктуры мощных АМ передатчиков и антенно-фидерных сооружений СЧ диапазона для *DRM*-вещания.

Литература

1. *Recommendation* ITU-R BS 1514: System for digital sound broadcasting in the broadcasting bands below 30 MHz. ITU. Geneva. 2000.
2. ETSI TS 201 980 v2.1.1 (2003-12) DRM System Specification. 2003.
3. *Балан Н.М.* Технические аспекты использования существующей инфраструктуры АМ вещания для организации цифрового звукового вещания по системе DRM// Міжнародна науково-технічна конференція «Технології цифрового мовлення: стратегія впровадження в Україні» (DBT-2006), 29 – 30 червня 2006 р. Одеса. – С. 99 – 104.
4. *Broadcasters' User Manual.* A Digital Radio Mondiale™ (DRM™) Publication 1st edition, March 2004.