

# ШИРОКОДИАПАЗОННЫЙ ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ ПЕРЕДАТЧИК СТАНДАРТА DVB-T

Иванов В.А, студент гр. 241201

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Титович Н.А. – доцент кафедры ИРТ

Работа посвящена проектированию широкодиапазонного телевизионного передатчика, предназначенного для вещания в цифровом стандарте DVB-T. В ходе исследования проведен сравнительный анализ современных методов повышения энергоэффективности усилителей радиосигналов с большим пик-фактором. Спроектированы структурная и функциональная схемы передающего тракта, включающие блоки помехоустойчивого кодирования, формирования RF-сигнала в широком диапазоне частот и высоколинейный усилитель мощности. Результатом работы является проект компактного и энергоэффективного передающего устройства, полностью соответствующего международным стандартам телевидения и пригодного для интеграции в современные сети цифрового ТВ.

Стандарты семейства DVB для наземного вещания прошли несколько этапов развития. Первым из них стал стандарт DVB-T, разработанный для перехода от аналогового телевидения к цифровому. Его техническая архитектура базируется на использовании технологии OFDM (ортогональное частотное разделение каналов с мультиплексированием), что обеспечивает устойчивость к многолучевому распространению сигнала и эффективное использование частотного спектра. В стандарте DVB-T применяются режимы модуляции от QPSK до 64-QAM, а также помехоустойчивое кодирование на основе сверточного кода и кода Рида-Соломона. Данные решения позволили организовать передачу цифрового сигнала в стандартных каналах наземного вещания с сохранением совместимости с существовавшей инфраструктурой.

При построении универсальных схем телевизионных передатчиков по стандарту DVB-T встает вопрос повышения коэффициента полезного действия выходного усилителя мощности и расширения полосы частот усиливаемого сигнала.

Проектируемый передатчик состоит из универсального возбудителя-модулятора, формирующего радиосигналы, предварительного усилителя мощности, двухканального транзисторного усилителя мощности (УМ), делителя и сумматора мощности, блока выходных фильтров и направленных ответвителей, блоков питания и управления.

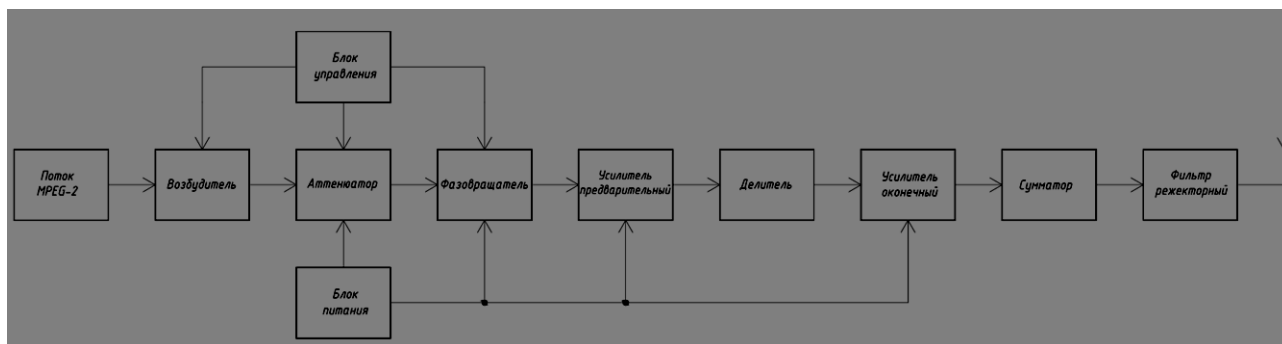


Рисунок 1 – Структурная схема транзисторного ТВ передатчика

На рисунке 1 представлена типовая структурная схема цифрового транзисторного передатчика с выходной мощностью 200 Вт. Мощность сигнала на выходе предварительного усилителя составляет порядка 12-15 Вт, далее сигнал поступает на делитель мощности (ДМ) 1:2 и на два одинаковых УМ по 160 Вт каждый. После УМ сигнал поступает в блок фильтров (БФ). На выходе БФ установлены направленные ответвители для формирования сигналов контроля и защиты.

Анализ методов повышения энергоэффективности [1-3] показывает, что наиболее востребованной является схема У. Догерти благодаря эффективной обработке сигналов с высоким пик-фактором, типичных для современной связи. Метод Догерти базируется на совместной работе двух типов усилителей, что позволяет качественно усиливать радиосигналы с большой разницей между средним и пиковым уровнями мощности. Однако у этой схемы есть существенный минус, общий для всех мостовых схем: узкая полоса пропускания (до 6 МГц). Это ограничение вызвано использованием четвертьволновых отрезков линий связи в схемах делителей и сумматоров. В результате при смене телевизионного канала требуется физическая перенастройка или изменение конструкции всех мостовых элементов.

Для построения широкополосного усилителя малой мощности можно использовать усилитель с распределенным усилением (УРУ). Принципиальная схема УРУ представлена на рисунке 2.

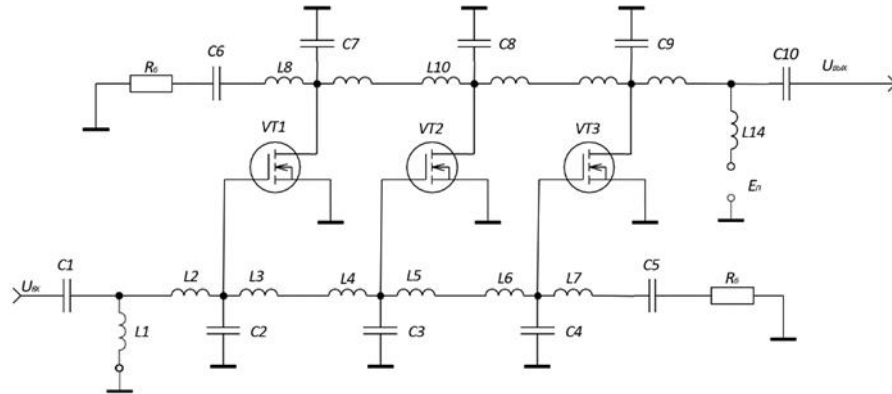


Рисунок 2 - Принципиальная схема широкополосного УРУ

УРУ состоит из нескольких параллельно включенных усилителей, входной и выходной искусственных длинных линий (ИДЛ). Число каскадов на схема показано условно, необходимое их количество рассчитывается исходя из требуемой выходной мощности. При расчёте ИДЛ следует учитывать зависимость входной и выходной емкостей транзисторов от напряжения. Анализ показывает, что при построении мощных широкополосных усилителей по схеме УРУ требуется введение коррекции выходной реактивности УМ по причине значительного изменения выходной емкости транзистора от напряжения.

Преимуществом схемы с УРУ является широкополосность и надёжность устройства, так как мощность каждого каскада суммируется и в случае выхода из строя одного из каскадов усиления произойдёт уменьшение выходной мощности, а не полное прекращение работы устройства. Описанная схема перспективна для построения передатчиков мощностью 20-50 Вт.

Достичь большей мощности в широкой полосе частот при сохранении линейности усилительного тракта, позволяет техническое решение, описанное в [4], представленное на рисунке 3. Широкополосный усилитель мощности, построенный по схеме Догерти, содержащий основной усилитель, пиковый усилитель (усилители являются двухтактными), а также согласующие цепи основного и пикового усилителей и симметрирующий трансформатор. Ключевым элементом схемы является направленный ответвитель, реализованный на базе гибкой полосковой линии с выраженной электромагнитной связью ( $Z_e \gg Z_o$ ) и проводниками различной длины в зоне взаимодействия. Конструкция устроена так, что короткий проводник обеспечивает связь между входами ответвителя по своей внешней стороне, в то время как длинный проводник такой связи лишен.

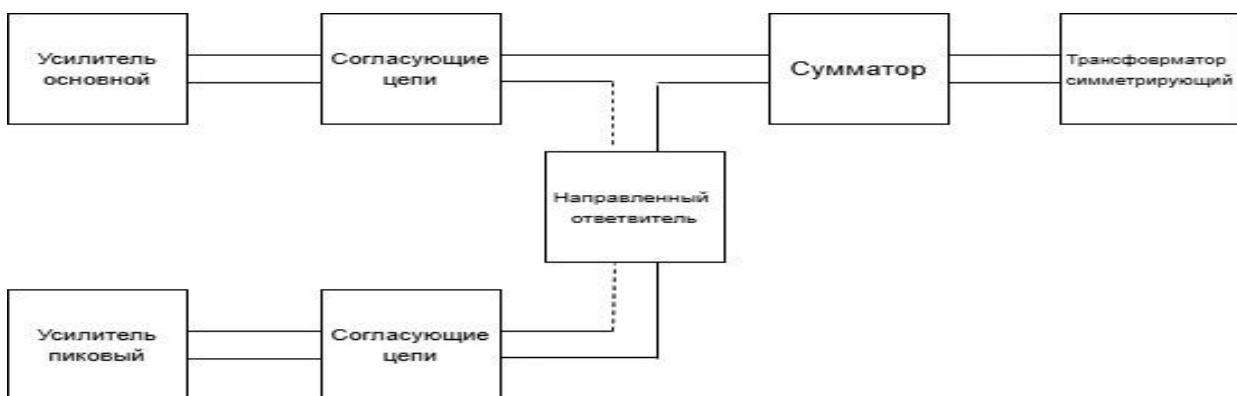


Рисунок 3 – Схема широкополосного усилителя по схеме Догерти

Устройство разделяет входной сигнал с высоким пик-фактором между основным и пиковым каскадами с сохранением квадратурной фазы. На малых мощностях работает только основной усилитель, работающий в классе «В», а при достижении порога в 6–8 дБ активируется пиковый каскад. Специальная конструкция сумматора Догерти обеспечивает оптимальное согласование не только на основной частоте, но и на гармониках. Для сигналов DVB-T оптимальная точка перехода в активный режим составляет 7-8 дБ. Исследования показывают [4], что при усилении сигналов с пик-фактором 10-12 дБ в дециметровом диапазоне (каналы 32-56) данная схема обеспечивает среднюю мощность 170 Вт с КПД 40-52% и

линейностью MER > 35,5 дБ. Это вдвое эффективнее типовых двухтактных систем, чей КПД ограничен 20-25% из-за невозможности одновременного согласования импедансов для первой и высших гармоник. В предложенном усилителе сумматор Догерти оптимизирован для работы на основной частоте и гармониках: двухтактная конфигурация обнуляет импеданс второй гармоники, а реактивные цепи создают высокий импеданс для третьей [4].

Разработанная схема широкодиапазонного телевизионного передатчика с энергоэффективным УМ позволит унифицировать конструкцию изделия в целом и снизить его себестоимость.

**Список использованных источников:**

- [1] Цифровые телевизионные передатчики Screen Future серии SFTXE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://theseuslab.by/p86969750-tsifrovye-televizionnye-peredatchiki.html>.
- [2] Телевизионные передатчики Digital Broadcast серии DBTV – DBTU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://theseuslab.by/p86969270-televizionnye-peredatchiki-digital.html>.
- [3] R&S SCx8000 семейство УВЧ передатчиков для телевидения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docplayer.com/storage/96/126919326/1639158287/TgUUIkJpMwoSciZEDeF4-A/126919326.pdf>.
- [4] Широкополосный усилитель мощности по схеме Догерти / И.О. Киселёв [и др.] патент RU 2727146, 2020 – 21 с.