



## Повышение энергетической эффективности цифровых ТВ передатчиков

[www.martspb.ru](http://www.martspb.ru)

***А.Е. Хижниченко, Д.А. Ткаченко***  
***ОАО «МАРТ»***

# Методы построения современных цифровых ТВ передатчиков

- Современные цифровые ТВ передатчики, как правило, строятся на основе широкополосных усилителей мощности на полевых транзисторах
- Выходные каскады усилителей мощности обычно строятся по двухтактной схеме, при этом транзисторы в выходных каскадах работают в режиме класса В
- Передатчики строятся по модульному принципу: маломощные передатчики содержат возбуждатель и усилитель мощности, мощные передатчики содержат набор блоков усилителей мощности (БУМ)
- Источники питания усилителей мощности могут быть общими для передатчика или входить в состав каждого БУМ
- Системы охлаждения передатчиков: воздушные (для всех уровней мощности) или жидкостные (для передатчиков средней и большой мощности)



## Обеспечение высокого КПД цифровых ТВ передатчиков

- Увеличение электронного КПД усилителей мощности
- Использование высокоэффективных вторичных источников электропитания, работающих в ключевом режиме.
- Снижение энергетических потерь в выходных пассивных устройствах (сумматорах и выходных фильтрах)
- Повышение эффективности системы охлаждения



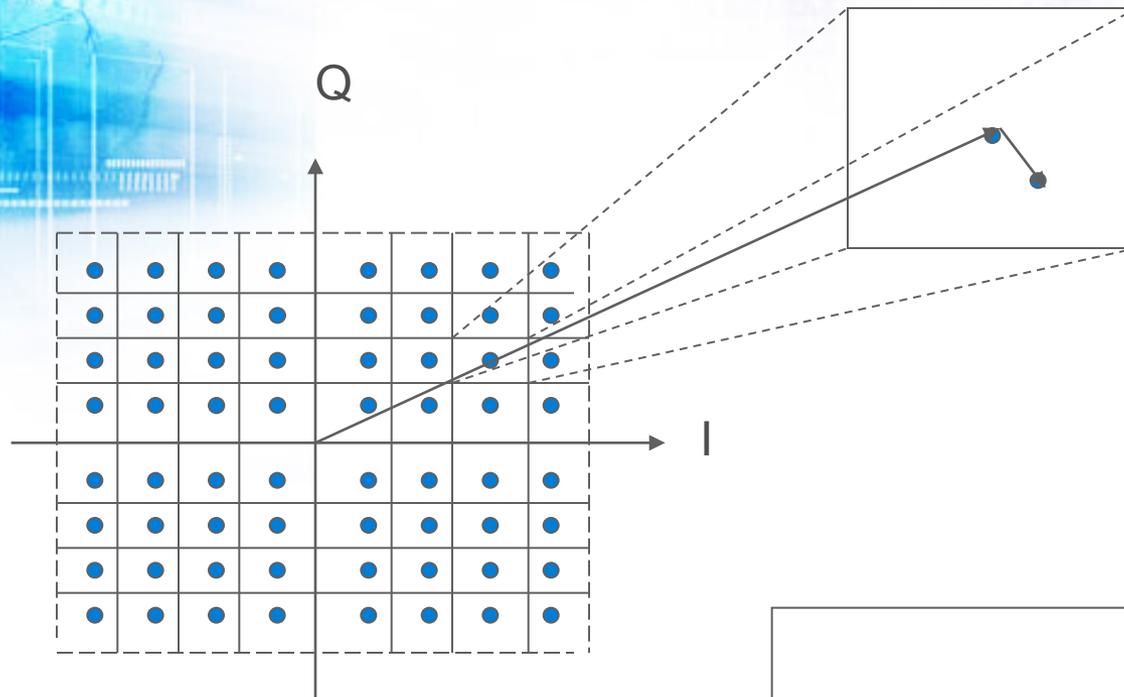
## Методы повышения электронного КПД усилителей мощности цифровых ТВ передатчиков

- Снижение пик-фактора усиливаемого OFDM сигнала (использование способов снижения пик-фактора сигнала, предусмотренного стандартом DVB-T2 или использование клиппирования сигнала)
- Регулирование напряжения питания усилителей мощности в соответствии с огибающей входного сигнала
- Использование схемы Догерти

## Обеспечение качественных показателей выходного сигнала

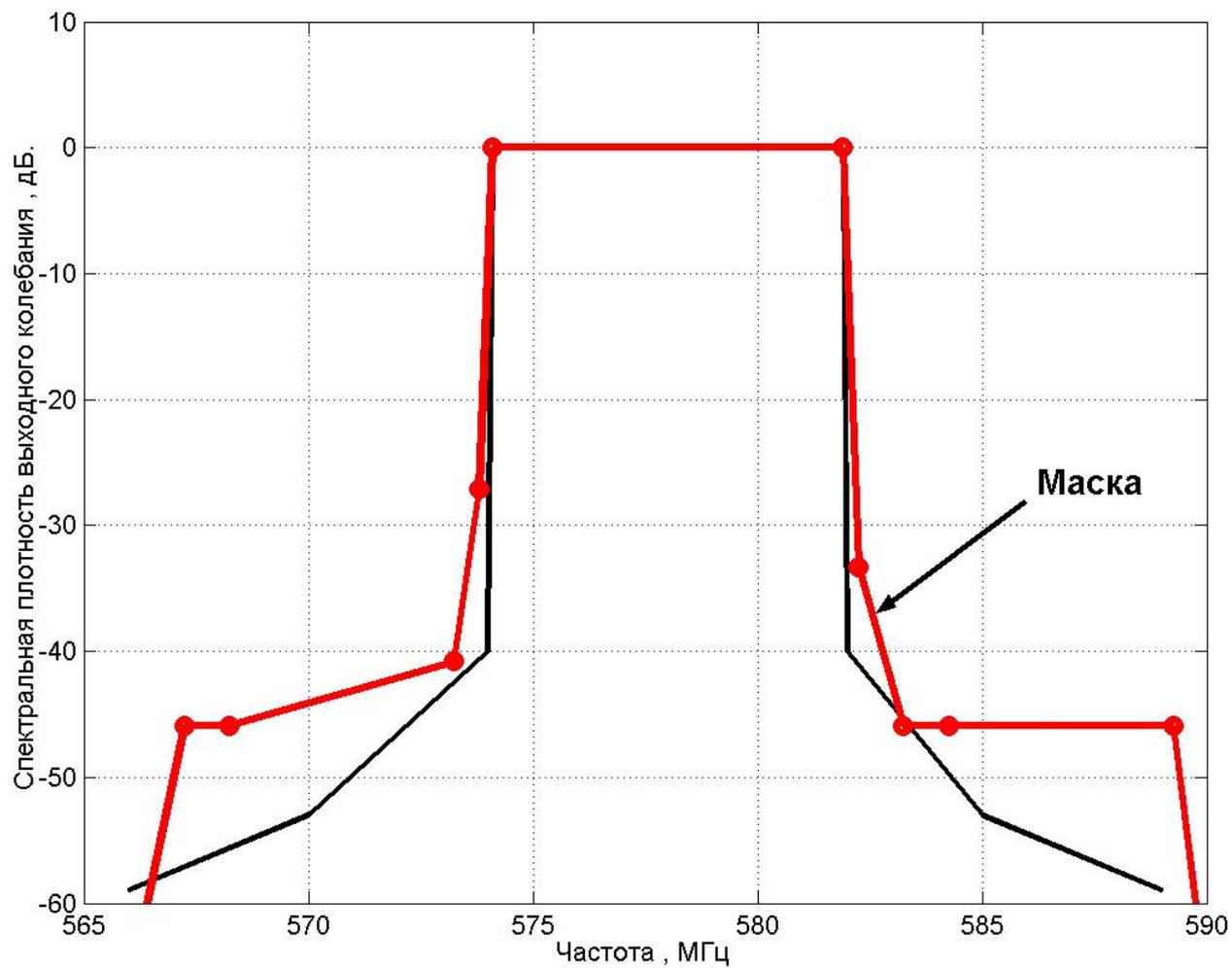
- Обеспечение высокой линейности усилителей мощности является важным требованием для удовлетворения существующих требований к качеству выходного сигнала
- MER (Modulation Error Ratio) на выходе ЦТВ передатчика должно быть не хуже 35 дБ
- Для устранения возможных помех ТВ передатчикам в соседних каналах предъявляются требования к уровню внеполосных излучений (критическая и некритическая маски спектра).
- Дополнительное подавление внеполосных излучений для обеспечения требуемой маски спектра, как правило, обеспечивается выходным фильтром передатчика
- Использование систем предкоррекции позволяет обеспечить необходимые параметры выходного сигнала

## Коэффициент ошибок модуляции, **MER**



$$MER = 10 \lg \left\{ \frac{\sum_{i=1}^N (I_i^2 + Q_i^2)}{\sum_{i=1}^N (\delta I_i^2 + \delta Q_i^2)} \right\}$$

# Спектральная маска сигнала ЦТВ



# Полосовой фильтр IV-V ТВ диапазонов 1 кВт

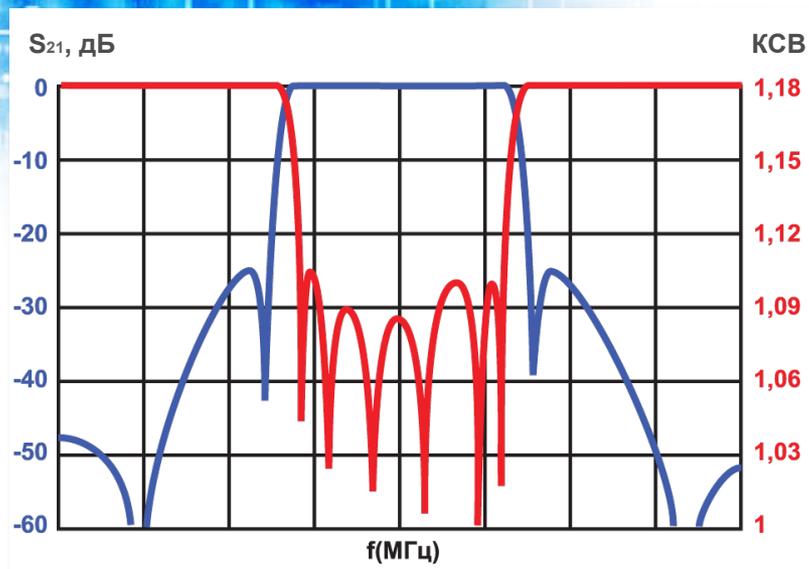
- Применяется в ТВ вещании формата DVB-T
- Перестраивается в пределах двух ТВ диапазонов
- 6(8) резонаторов с двойным кросс-каплингом
- Применен температурно-компенсированный конструктив
- Не требует принудительного охлаждения

## Основные технические характеристики:

Частотный диапазон	470-862 МГц
Макс. мощность на входе	1 кВт (DVB-T)
Требования к DVB маске	критическая
Температурная стабильность	$\leq 2$ кГц/К
Рабочая температура	-10°C ... +50°C
Тип выходных разъемов	7/16 DIN
Число резонаторов / диаметр	6/110 не критическая маска 8/110 критическая маска
Цвет	черный
Габаритные размеры (Г x Ш x В)	404 x 262 x 380 мм не критическая маска 530x262x380 мм критическая маска
Вес	13 кг



# Характеристики полосового фильтра IV-V ТВ диапазонов 1 кВт

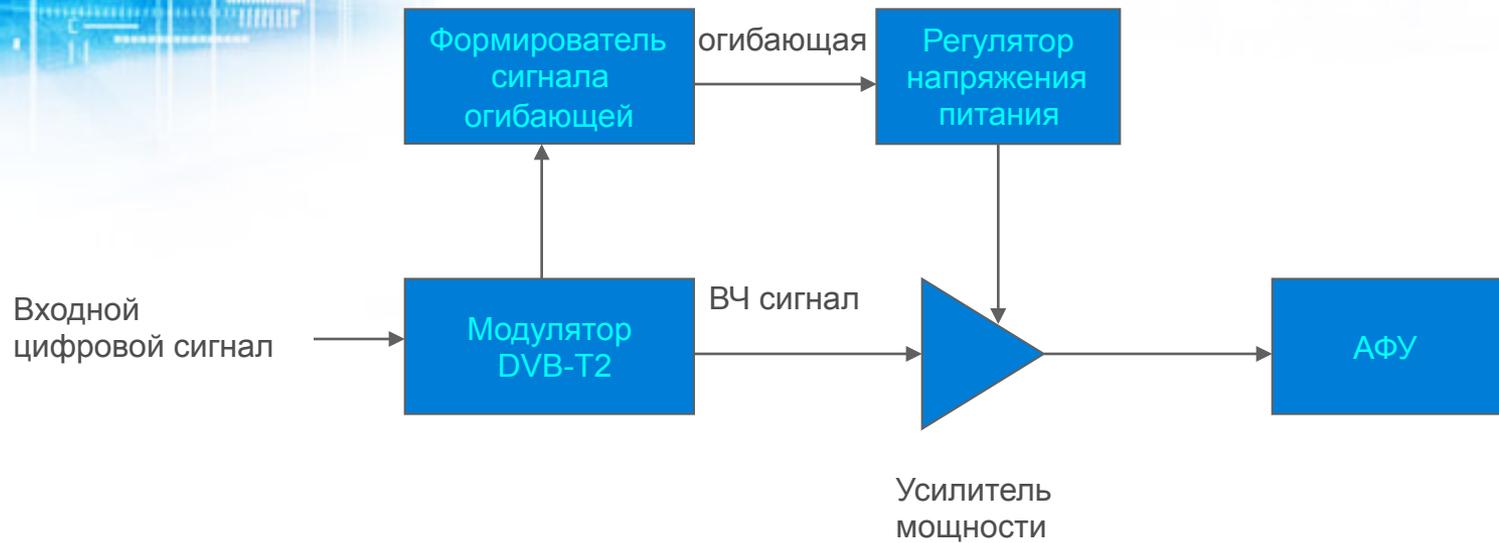


Затухание, дБ	не критичная маска 6 резонаторов	критичная маска 8 резонаторов
$F(0)$	$\leq 0,38$ (858 МГц)	$\leq 0,48$ (858 МГц)
$f(0) \pm 3,8$ МГц	$\leq 1,1$	$\leq 2,2$
$f(0) \pm 4,2$ МГц	$\geq 4$	$\geq 15$
$f(0) \pm 6$ МГц	$\geq 20$	$\geq 40$
$f(0) \pm 12$ МГц	$\geq 40$	$\geq 55$
KCB	$\leq 1,15$	$\leq 1,15$
Неравномерность ГВЗ, нс	$\leq 250$	$\leq 700$

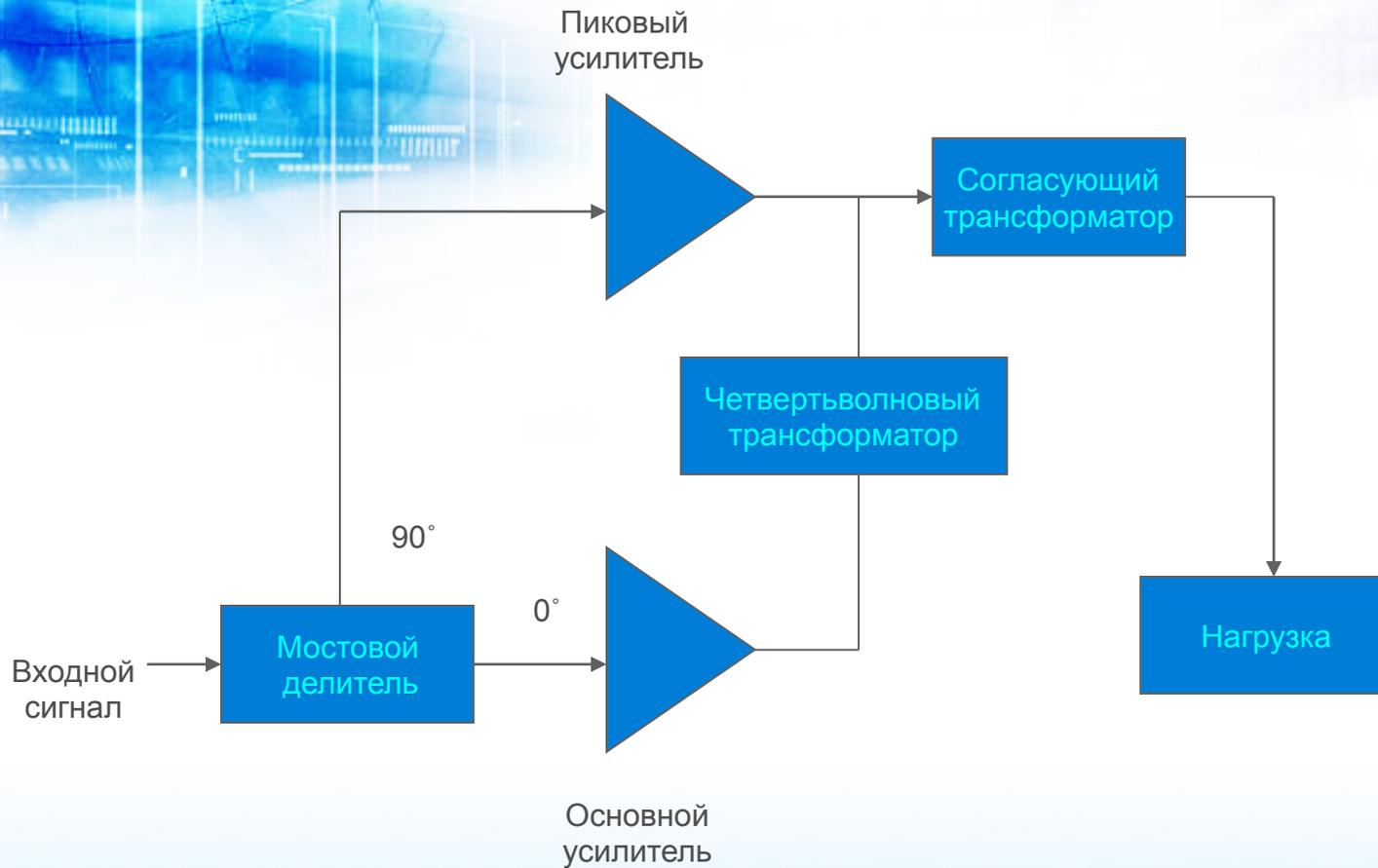
# Предкоррекция характеристик усилителей мощности

- Реальные усилители мощности имеют нелинейную зависимость амплитуды и фазы выходного сигнала от амплитуды входного сигнала
- Выходные фильтры вносят линейные искажения амплитуды и фазы сигнала
- Для компенсации указанных искажений используются системы предкоррекции
- Системы предкоррекции с ручной настройкой позволяют создать фиксированные таблицы соответствия значений входного и выходного сигнала с учетом линейных и нелинейных искажений
- Системы адаптивной предкоррекции функционируют путем сопоставления значений выходного и входного сигнала усилителя, позволяя осуществлять автоматическую настройку системы, а также отслеживать изменения характеристик усилителей с течением времени

# Автоматическое регулирование напряжения питания



# Схема усилителя Догерти



# Цифровой ТВ передатчик 1 кВт с воздушным охлаждением на основе схемы Догерти

- Передатчик для цифрового ТВ вещания
- Поддерживаемые стандарты ЦТВ: DVB-T и DVB-T2
- Работа в одночастотных или многочастотных сетях
- Внешние сигналы синхронизации: ГЛОНАСС/ GPS или опорный генератор 10 МГц и “1 PPS”
- Два автоматически резервируемых входных интерфейса ASI.
- Два автоматически резервируемых возбуждителя
- Дистанционный мониторинг
- Модульная конструкция
- Стоечное исполнение
- Легко адаптируется в существующую инфраструктуру
- Низкие эксплуатационные затраты
- **Промышленный КПД – 27 %**



# Энергетические показатели образцов цифровых ТВ-передатчиков ОАО «МАРТ» 37 ТВК с повышенным КПД по методу Догерти\*

	Оконечный усилитель на двух BLF888 (BLF888A)	Унифицированный блок усилителя	«Нева-1 ЦД»	«Нева-2ЦД»	«Нева-5ЦД»**	«Нева-5Ц» всеканальный (для сравнения)
Выходная мощность, Вт	155	600	1000	2000	5000	5000
Потребляемая мощность, Вт	340...380	1920	3700	7200	18500	26400
Рассеиваемая в тепло мощность, Вт	≤ 225	1320	2700	5200	13500	21400
Промышленный КПД, %	41 % (электронный)	31 %	27 %	28 %	27 %	19 %

\* Качественный показатель MER ≥ 35 дБ (с предкоррекцией) для всех передатчиков выполнен.

\*\* Для передатчика «Нева-5ЦД» приведены расчетные значения.

## Выводы

- **Использование схемы Догерти является в настоящее время перспективным способом повышения КПД цифровых ТВ передатчиков**
- Электронный КПД оконечных каскадов усилителей мощности, построенных по схеме Догерти, составил 41 %, при этом мощность каждой ячейки усилителя составляла 150 Вт.
- Изготовлены и испытаны образцы передатчиков Нева-1ЦД и Нева-2ЦД мощностью 1 кВт и 2 кВт, построенных по схеме Догерти. На 37 канале получены все качественные показатели и промышленный КПД 27-28%.
- Таким образом, потребление от сети сократилось в 1,5 раза по сравнению с передатчиками на обычных блоках усилителей мощности, а КПД цифровых передатчиков стал выше, чем у эксплуатируемых на объектах России аналоговых ТВ передатчиков.
- Параметры передатчиков обеспечиваются в полосе частот, соответствующей соседним 7 ТВ каналам, при переходе на другие частоты планируется использование литерных плат сумматоров
- Планируется проведение дальнейших исследований по повышению КПД и расширению полосы частот передатчиков по схеме Догерти



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

**ОАО «МАРТ»**

Мощная аппаратура радиовещания и телевидения

199048, Санкт-Петербург, 11-я линия ВО, д. 66

Тел.: +7 812 323-0455, факс: +7 812 328-4557

e-mail: [mart@mart2.spb.su](mailto:mart@mart2.spb.su), [md@martsppb.ru](mailto:md@martsppb.ru)