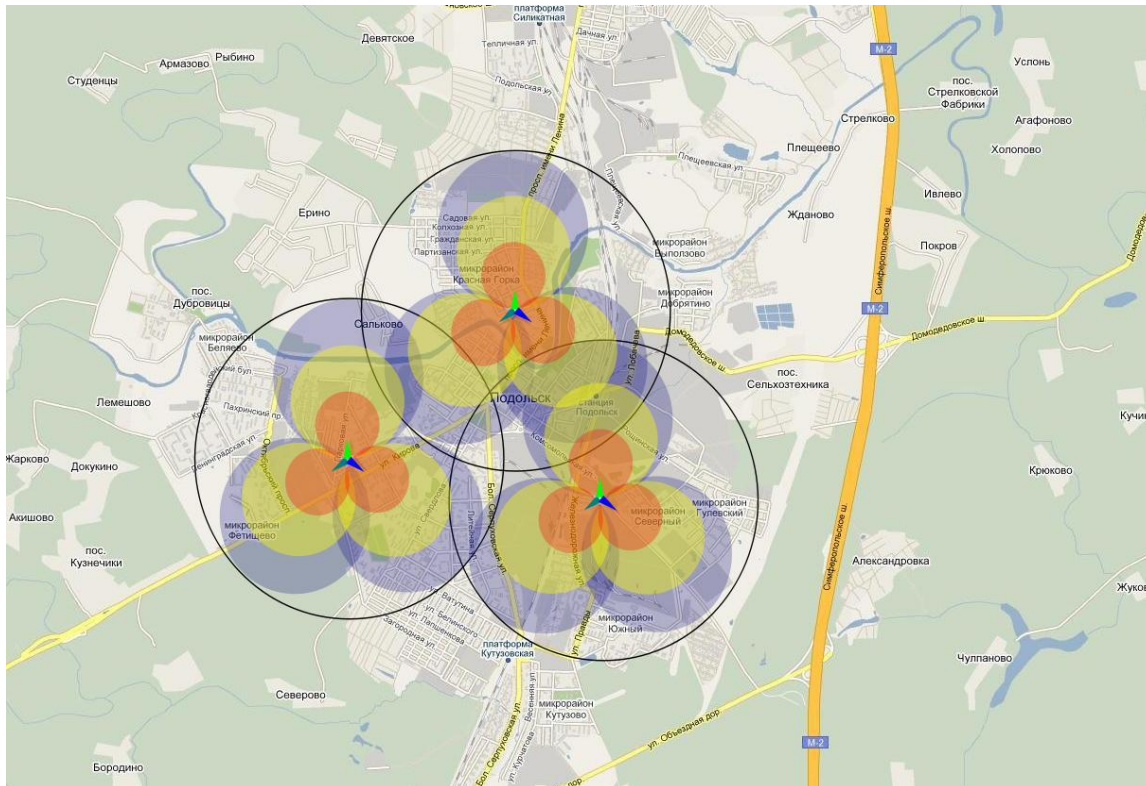


Радиопередающие устройства СМС

кафедра РОС

Лектор – зав. каф. д.т.н., профессор Пестряков

Александр Валентинович



Лекций – 26 час., лаб. – 28, практич. занятий – 18, КП, зачёт с оценкой, экзамен

Основной учебник. 2019г. 1200 стр!

Рассмотрены основы построения радиопередающей техники для различных телекоммуникационных и других радиотехнических приложений. Изложены принципы построения, режимы работы и схемотехника основных узлов радиопередающего тракта: автогенераторов, синтезаторов частот, модуляторов, усилителей мощности на различных электронных приборах, выходных фильтрующих систем. Также рассмотрены общие вопросы построения радиопередающего тракта, как с единых позиций, так и применительно к радиопередатчикам различного назначения: телевизионным, радиовещательным, средствам мобильной связи, средствам спутниковой связи.



Дингес Сергей Иванович – канд. техн. наук, доцент кафедры радиооборудования и схемотехники Московского технического университета связи и информатики (МТУСИ). Специалист в области построения радиооборудования средств мобильной связи и радиодоступа, векторного анализа радиосигналов, тестирования радиооборудования.



Иванюшкин Роман Юрьевич – канд. техн. наук, доцент кафедры радиооборудования и схемотехники МТУСИ. Специалист в области построения телевизионных и радиовещательных передатчиков, повышения энергетической эффективности линейных усилителей мощности, истории связи и радиотехники.



Козырев Виктор Борисович – канд. техн. наук, профессор, лауреат Премии Правительства Российской Федерации. До 2012 г. преподавал на кафедре радиопередающих устройств МТУСИ. Специалист в области построения широкодиапазонных усилителей мощности, а также высокоэффективных ключевых усилителей мощности.



Кух Кальо Иванович – доктор техн. наук, профессор, лауреат Ленинской премии и Премии Правительства Российской Федерации. Главный эксперт Московского научно-исследовательского телевизионного института (МНИТИ). Известный специалист в области систем спутниковой, тропосферной, радиорелейной связи и телерадиовещания. В разные годы являлся первым заместителем министра промышленности средств связи, первым заместителем министра связи.



Шахгильдян Ваган Ваганович (1935–2012) – чл.-кор. Российской Академии наук, доктор техн. наук, профессор, лауреат Государственной Премии СССР и Премии Правительства Российской Федерации. Заслуженный деятель науки и техники. В 1987–2005 гг. был ректором МТУСИ. Основоположник научной школы фазовой синхронизации. Известный специалист в области техники синтеза частот, построения средств радиосвязи и различных телекоммуникационных систем. Один из авторов и ответственный редактор ряда монографий по теории фазовой синхронизации, а также предыдущих изданий учебника «Радиопередающие устройства».



Шумилин Михаил Сократович (1929–2015) – доцент, лауреат Премии Правительства Российской Федерации. С 1956 г. по 2006 г. преподавал на кафедре радиопередающих устройств МТУСИ. Специалист в области построения мощных СВЧ- и радиовещательных передатчиков.

Сайт издательства
www.techbook.ru

ТЕОРИЯ
И ПРАКТИКА
ИНФОРМАЦИОННЫХ
СВЯЗЕЙ
•
РАДИОПЕРЕДАЮЩИЕ
УСТРОЙСТВА

С. И. ДИНГЕС
Р. Ю. ИВАНЮШКИН
В. Б. КОЗЫРЕВ
К. И. КУКК
В. В. ШАХГИЛЬДЯН
М. С. ШУМИЛИН

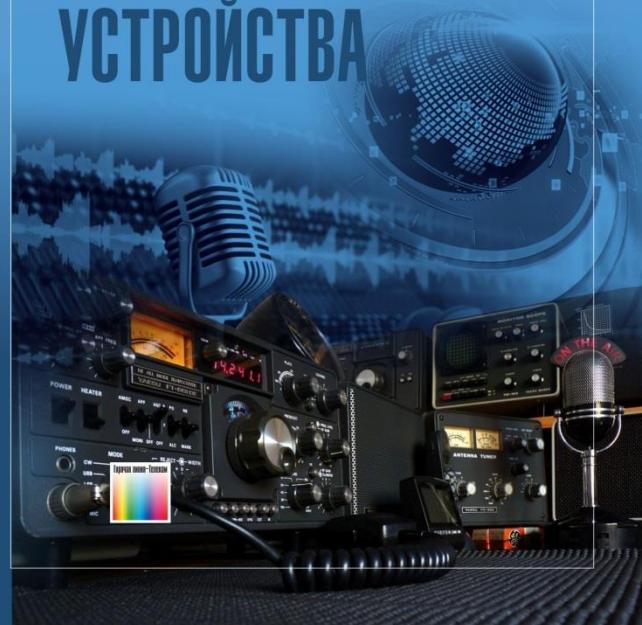


ГОРЯЧАЯ ЛИНИЯ
ТЕЛЕКОМ



ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА
ИНФОРМАЦИОННЫХ
СВЯЗЕЙ

РАДИОПЕРЕДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА



Лекция 1. Обобщенные структурные схемы и общие характеристики радиопередающих устройств систем мобильной связи



Обобщенная структурная схема радиоканала (радиолинии)

радиопередатчик — это устройство для генерирования (создания) электрических радиочастотных колебаний (обычно гармонических) определенной мощности и частоты, один или одновременно несколько параметров которого (амплитуда, частота, фаза) изменяются в соответствии с передаваемой информацией.

Требования к РПДУ определяются нормативными документами:

- регламентом радиосвязи [1.1] — основным международным документом, регламентирующим работу всех радиотехнических средств;
- нормами на электромагнитную совместимость [1.22, 1.23, 1.24, 1.25] — международными, межгосударственными либо государственными документами, регламентирующими требования по необходимому снижению взаимного вредного влияния различных радиосредств друг на друга;
- международными, межгосударственными, государственными и отраслевыми стандартами либо техническими условиями (ТУ) на приемопередающую аппаратуру;

Требования к РПДУ

Например, параметры приемопередатчиков GSM и измерения, производимые в них, определены в следующих основных стандартах ETSI и ANSI:

- GSM 05.05/ETS 300- 577. GSM and DCS1800 Radio transmission and reception;
- GSM 11.10/ETS 300-607. GSM and DCS1800 Mobile Station (MS) conformance specification. Part 1: Conformance specification;
- GSM 11.21/ETS 300-609. Base Station System (BSS) equipment specification. Part 1: Radio aspects;
- ANSI J-STD-007. PCS1900. Air Interface Specifications.

Нормативными документами Международного союза электросвязи (ITU)

Все технические требования к радиопередатчикам, определяемые вышеприведенными нормативными документами, можно условно разделить на четыре основные группы: системные требования (обеспечивающие совместимость радиопередающей и радиоприемной аппаратуры в рамках конкретной системы связи (вещания), требования норм электромагнитной совместимости, требования к показателям качества передачи сигнала и эксплуатационно-энергетические. Очень важны также экономические показатели (особенно в СМС).

Требования к РПДУ

Системные требования к радиопередатчику.

- *Полезная колебательная мощность на выходе радиопередатчика* (та мощность, которая должна быть подведена к антенно-фидерному тракту). Мощности современных радиопередатчиков лежат в пределах от долей ватта до единиц мегаватт.
- *Диапазон рабочих (несущих) частот*: от минимальной рабочей частоты до максимальной с указанием шага сетки частот, определяющего разбивку частотного диапазона на каналы.

Используемые виды работы (аналоговый или дискретный (цифровой, телеграфный, импульсный, одночастотный или многочастотный)), а также виды и схемы модуляции (амплитудная, угловая, амплитудно-фазовая и т. д., включая многочастотные схемы модуляции), а также основные разновидности модулированных сигналов

Требования норм электромагнитной совместимости. Проблема электромагнитной совместимости (ЭМС) подразумевает снижение до допустимого уровня взаимных помех, создаваемых различными радиосредствами. Если радиопередатчик (совместно с передающей антенной) будет излучать электромагнитные колебания на частотах, лежащих вне отведенной полосы частот (независимо от того, близко или далеко они расположены от рабочей (несущей) частоты передатчика), это будет создавать помехи другим радиосредствам.

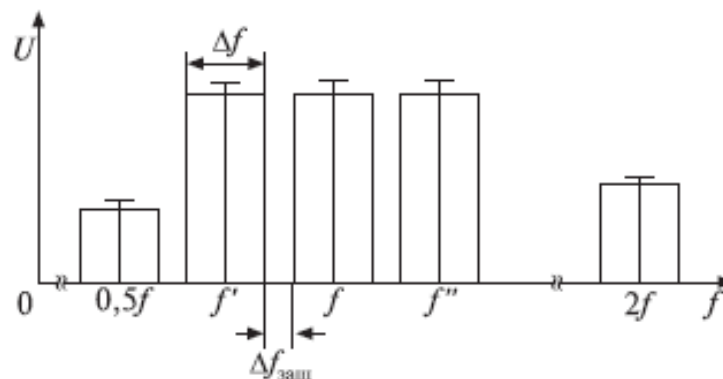
Требования к РПДУ

Требования норм электромагнитной совместимости.

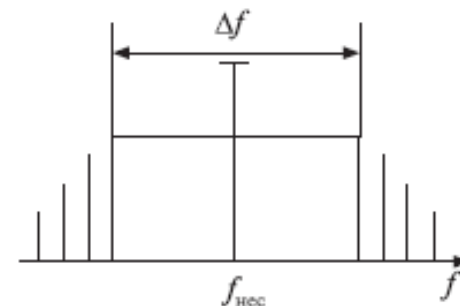
К этой группе технических требований относятся следующие:

- максимально допустимое отклонение рабочей частоты от номинального значения (допустимая нестабильность рабочей частоты);
- максимально допустимый уровень любого побочного излучения;
- номинальная ширина полосы частот и допустимые уровни внеполосных (внеканальных) излучений.

Требования к допустимому отклонению частоты (Frequencies Error) современных радиопередатчиков очень высоки — относительное отклонение частоты ($\Delta f / f_{\text{нес}}$) не должно превышать $10^{-5} \dots 10^{-13}$ в зависимости от вида системы связи (вещания, радиолокации и др.).



Нерабочие излучения радиопередатчика



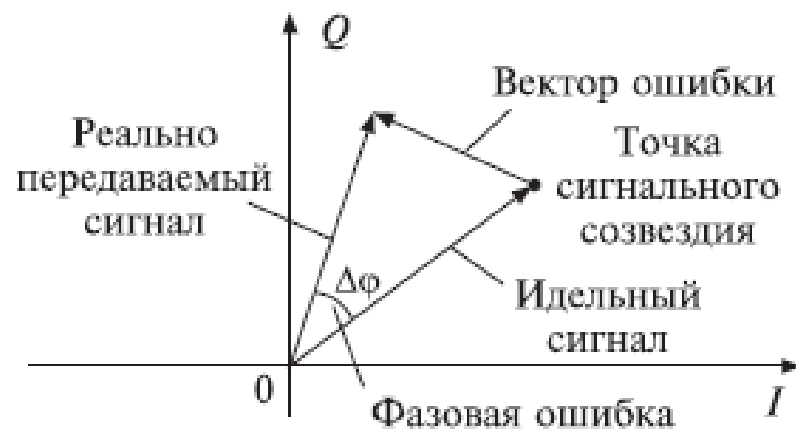
Внеполосные (внеканальные) излучения радиопередатчика

Классификация и нормы на побочные и внеполосные излучения в РФ определяется ГКРЧ

Требования к РПДУ

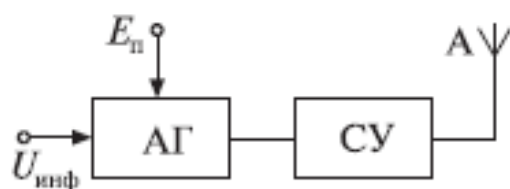
Требования к показателям качества передачи сигнала. К этой группе технических требований относятся такие, которые определяют качество передаваемых сигналов (звуковых, видео, цифровых), которое не должно быть недопустимо ухудшено радиопередатчиком. Эти требования весьма многооб-

- Полоса эффективно воспроизводимых частот и неравномерность этой полосы
- Допустимые нелинейные искажения и параметры модуляции, при которых они нормированы.
- Допустимые уровни шума, фона.



При передаче сложных цифровых сигналов нормируется точность установки фазы векторов, формирующих сигнальное созвездие, а также амплитуда вектора ошибки (EVM — Error Vector Magnitude) и интегральный показатель ошибок модуляции (MER — Modulation Error Ratio),

Обобщенные структурные схемы

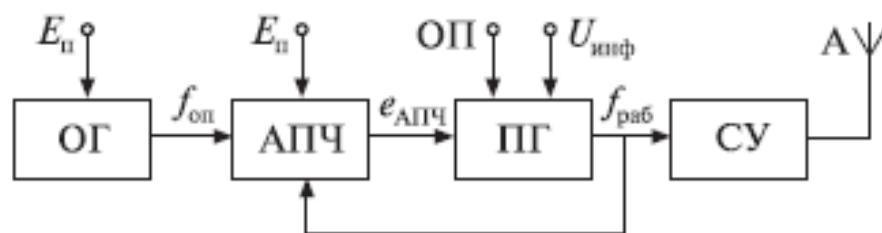


Однокаскадное построение радиопередатчика

Простейший однокаскадный радиопередатчик. Наипростейшей архитектурой радиопередатчика является *однокаскадная* (рис. 1.8). Такой радиопередатчик обычно состоит из автогенератора АГ заданной мощности, источника питания $E_{\text{п}}$ и антенного согласующего устройства СУ. *Согласующее устройство* согласует выходное сопротивление

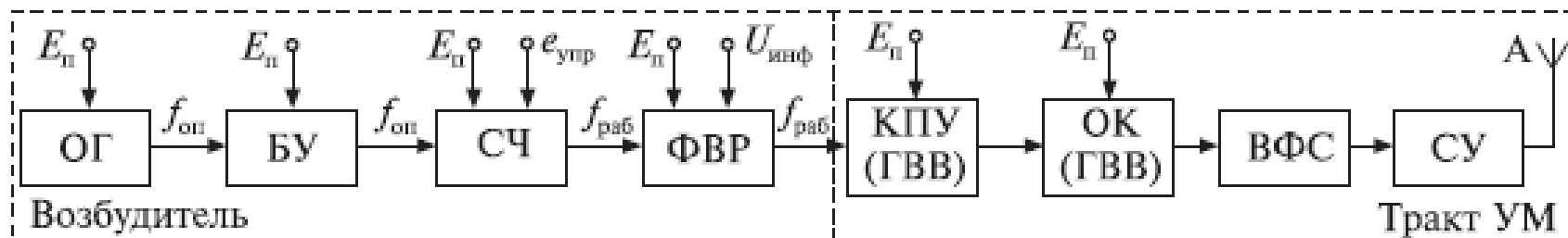
передатчика $R_{\text{вых}}$ с входным сопротивлением антенны ($R_{\text{а}}, Z_{\text{а}}$)

При однокаскадном построении радиопередатчика на настройку колебательного контура автогенератора, а значит, и на стабильность частоты такого радиопередатчика оказывает сильное негативное влияние передающая антенна.



радиопередатчик с системой АПЧ

Обобщенные структурные схемы



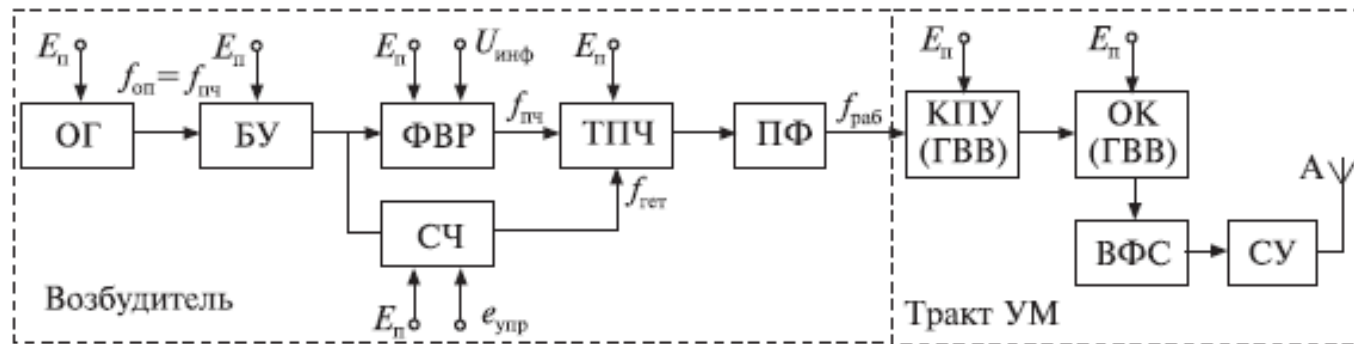
Многокаскадный радиопередатчик с прямой архитектурой

Возбудитель (см. определение ниже) такого передатчика включает опорный (задающий) автогенератор ОГ, буферный усилитель (БУ), синтезатор частот (СЧ), формирователь видов работ ФВР. Тракт усиления мощности УМ образован несколькими каскадами генераторов с внешним возбуждением ГВВ (каскадами предварительного усиления (КПУ) и окончательным каскадом (ОК)), а также выходной фильтрующей системой (ВФС) и антенным согласующим устройством (СУ).

Недостатки: *Явления затягивания и смещения частоты:* отклонение выходной частоты передатчика от номинального значения вследствие влияния нестабильности параметров тракта усиления мощности на выходную частоту подстраиваемого автогенератора синтезатора частот.

Повышенная сложность, а в ряде случаев невозможность управления колебаниями (модуляции) непосредственно на рабочей, изменяющейся частоте.

Обобщенные структурные схемы



Многокаскадный радиопередатчик на основе архитектуры с переносом частоты

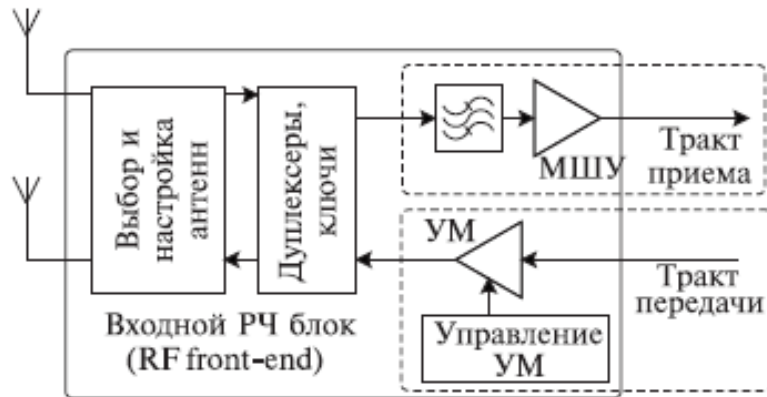
Недостатки архитектуры многокаскадного радиопередатчика с преобразованием частоты:

- усложнение передатчика по сравнению с прямой архитектурой его построения;
- сложность фильтрации выходного колебания, так как при работе преобразователей частоты возникает множество различных комбинационных составляющих и необходимо принять меры, чтобы они не попадали в тракт усиления мощности и антенну.

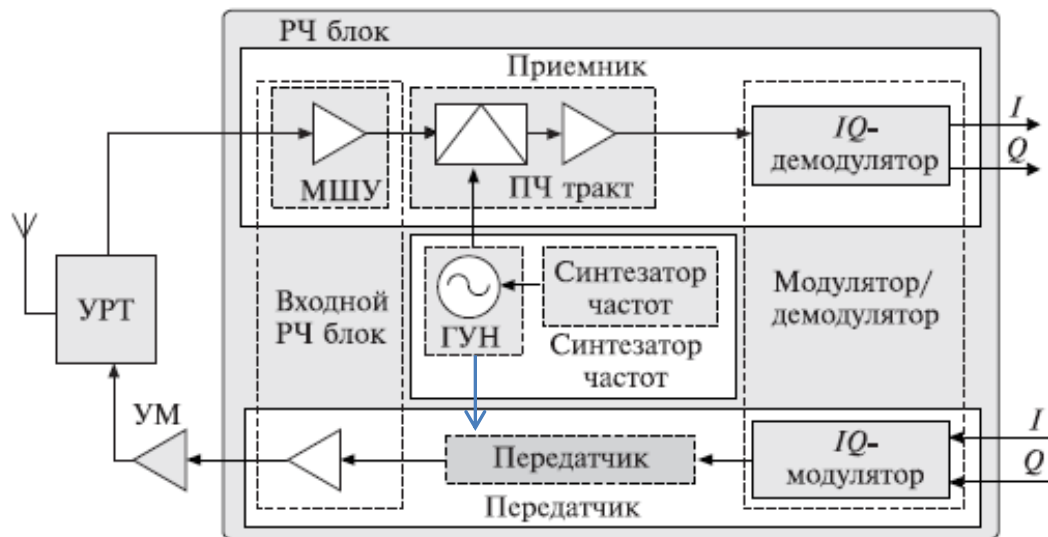
Комбинационные составляющие на выходе преобразователя частоты. При преобразовании сигналов в РЧ блоках используются операции сложения и вычитания частот, выполняемые с помощью преобразователей сигналов. На выходе преобразователей наряду с полезными сигналами образуется целый ряд комбинационных составляющих (КС), являющихся паразитными (мешающими (Spurious Response), с частотами $\pm m f_{рч}$ и $\pm n f_{гет}$,

где m и $n = 1, 2, 3 \dots$

Примеры структурных схем РПДУ в СМС

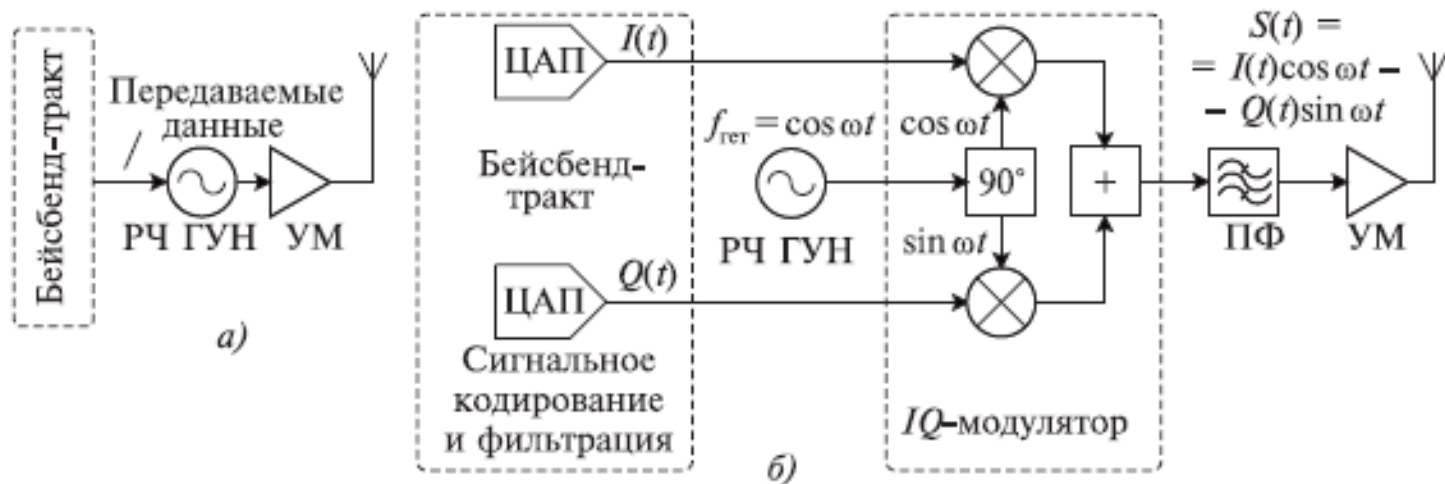


Обобщённая структура входной/выходной части РЧ тракта оборудования СМС



Типовая структура РЧ тракта оборудования цифровых СМС

Примеры структурных схем РПДУ в СМС



Архитектуры трактов передачи с прямой модуляцией РЧ генератора (а) и с прямой квадратурной модуляцией (б)

- Достоинства а) :
- побочные составляющие на выходе передатчика, связанные с формированием ПЧ сигналов, отсутствуют в силу отсутствия в передатчике самой ПЧ;
 - отсутствие фильтров ПЧ, смесителей позволяет достигать высокой степени интеграции РЧ блока;
 - требуется использование единственного синтезатора РЧ частот;
 - требуется минимальное число внешних навесных элементов;
 - простота, малое энергопотребление, хорошие массогабаритные показатели устройства;

Недостатки а) : Только для угловой модуляции. Непостоянство параметров, т.к. аналоговая

- Достоинства б):
- может использоваться для получения любого типа модуляции;
 - наиболее пригодна для выполнения многостандартных и многодиапазонных трактов передачи.

Пример структурны РЧ части СМС. Чуть ближе к жизни!

