

Сергей Дингес

● Связе-русский
словарь .

PC технологии и
дизайн

v.21.02.14

Все, что ты должен знать о
мобильной связи и не только!
Раньше стеснялся спросить об этом у
преподавателя, а теперь боишься
спросить у работодателя...

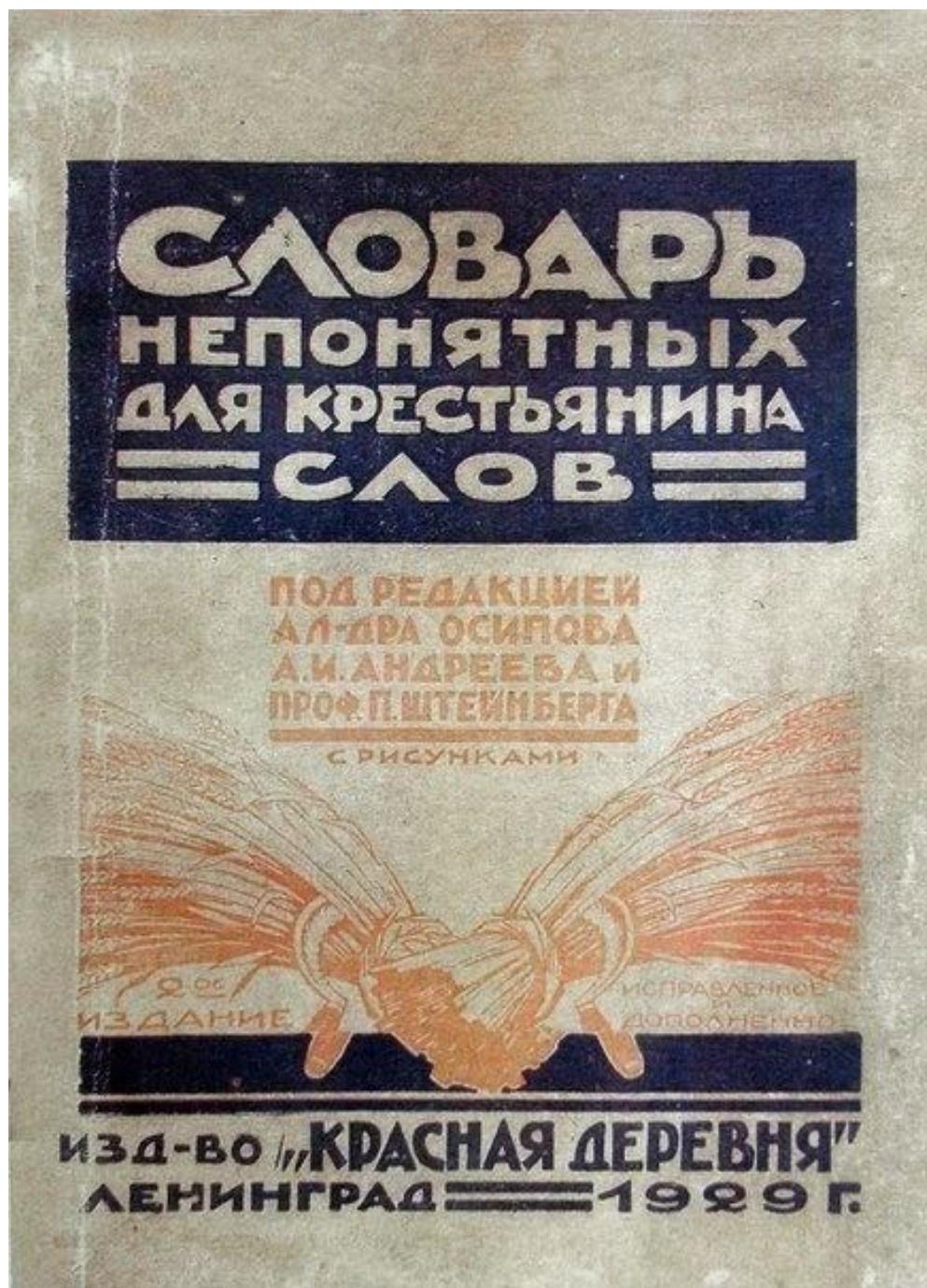
1	Системы связи
2	Радиооборудование
3	Модуляция
4	Тракты. Параметры
5	Стандарты. Технологии
6	Архитектура
7	РЧ Компоненты
8	Абонентское и базовое РО
9	Схемотехника
10	Измерения. Тестирование
11	Планирование. Оптимизация
12	Словари. Справки

© Сергей Дингес

© rfdesign.ru «РадиоДизайн = RFDesign»

"Все должно быть изложено так просто, как только возможно, но не проще".

Альберт Эйнштейн



Оглавление

1 Системы радиосвязи	6
Радиосвязь. Термины и определения. ГОСТ 24375-80	6
1.1 Эталонная архитектура. Модель системы	7
Эталонная архитектура систем	7
Эталонная модель системы	10
Сетевая эталонная модель взаимодействия открытых систем (ЭМВОС) OSI	11
Стандартные интерфейсы сетей связи	13
2. Радиооборудование	14
Радиоприем. Термины и определения. ГОСТ 24375-80	14
Радиопередача. Термины и определения. ГОСТ 24375-80	15
Частотные и спектральные характеристики приемопередатчиков	17
3. Модуляция	20
Сигналы. Термины и определения. ГОСТ 24375-80	20
Векторное представление модулированного сигнала	21
Векторная диаграмма	22
Сигнальное созвездие	22
Решетчатая диаграмма (Trellis diagram)	23
Спектральное представление модулированного сигнала	23
5. Основные стандарты мобильной связи	25
Основные используемые аббревиатуры и термины	25
3GPP. Нумерация спецификаций (Specification Numbering)	26
Стандарт GSM и технологии GPRS/EDGE	26
Стандарт W-CDMA (FDD)	28
Стандарт LTE/LTE-Advanced	29
Нормативные документы (Specifications Document) LTE/LTE-Advanced	29
LTE. PC диапазоны частот	29
Технология HSDPA/HSUPA	31
Стандарт TD-SCDMA	32
Стандарт TD-CDMA	33
Стандарт TTA/EIA-95	34
Стандарт cdma2000 (1xRTT)	35
Стандарт 1xEV-DO	37
Стандарт 1xEV-DV	38
Стандарт iDEN/WiDEN	39
Стандарт TETRA	40
Стандарт DECT	41
Стандарты WLAN семейства IEEE 802.11	42
Стандарт IEEE 802.11ac (WLAN)	44
Стандарт IEEE 802.11ad (Wireless Gigabit)	44
Стандарты IEEE 802.15.1; 1a (Bluetooth 1.2; Bluetooth EDR)	46
Стандарт IEEE 802.15.4 (ZigBee)	47

Стандарты IEEE 802.16-2004; 802.16e/2005 (WiMAX).....	48
Стандарт IEEE 802.15.3a (UWB)	49
6. Архитектура РЧ трактов	50
Частотный план РЧ тракта.....	50
Выбор частотного плана и архитектуры РЧ блока	50
Комбинационные составляющие на выходе преобразователя частоты сигнала	52
Номограмма комбинационных составляющих.....	53
7. РЧ Компоненты.....	61
Антенны. Термины и определения. ГОСТ 24375-80.....	61
12. Словари. Справки	65
Децибел. Основные понятия	65
Децибел. Измерение абсолютных значений мощности.....	66
Децибел. Другие логарифмические единицы.....	66
Децибел. Техника преобразования логарифмических величин	66
Системные Информационные Блоки (System Information Block).....	68
Предметный указатель.....	70

1 Системы радиосвязи

Радиосвязь. Термины и определения. ГОСТ 24375-80

Стандарт **ГОСТ 24375-80** разработан давно, но в данный момент является действующим. Стандарты надо знать! И применять. Особенности использования некоторых терминов в настоящее время приведены в моих «Комментариях». Некоторые устаревшие, на мой взгляд, термины не были включены в раздел.

1. **Радиосвязь** - электросвязь, осуществляемая посредством радиоволн;
2. **Наземная радиосвязь** - радиосвязь, в которой используются радиостанции, находящиеся на поверхности Земли и в основной части земной атмосферы, исключая космическую радиосвязь;
3. **Космическая радиосвязь** - радиосвязь, в которой используется одна или несколько космических радиостанций или один или несколько отражающих спутников, или другие космические объекты;
4. **Спутниковая радиосвязь** - Космическая радиосвязь между земными радиостанциями, осуществляемая посредством ретрансляции радиосигналов через один или несколько спутников Земли;
5. **Радиосвязь прямой видимости** - радиосвязь на расстоянии прямой видимости между передающей и приемной антеннами;
6. **Тропосферная радиосвязь** - радиосвязь, использующая рассеяние и отражение радиоволн в нижней области тропосферы;
7. **Ионосферная радиосвязь** - радиосвязь, использующая отражение радиоволн от ионосферы или их рассеяние на неоднородностях ионосферы;
8. **Метеорная радиосвязь** - радиосвязь, основанная на использовании отражения радиоволн от ионизированных следов метеоров;
9. **Радиорелейная связь** - наземная радиосвязь, основанная на ретрансляции радиосигналов на дециметровых и более коротких радиоволнах;
10. **Телефонная радиосвязь; Радиотелефонная связь**
11. **Телеграфная радиосвязь; Радиотелеграфная связь**
Комментарии: Термины **Радиотелефонная связь** и **Радиотелеграфная связь** ранее считались недопустимыми, однако сейчас широко используются, в том числе, и в нормативных документах.
12. **Односторонняя радиосвязь** - радиосвязь, при которой одна из радиостанций осуществляет только передачу, а другая, или другие, только прием;
13. **Двусторонняя радиосвязь** - радиосвязь, при которой радиостанции осуществляют передачу и прием;
14. **Симплексная радиосвязь** - двусторонняя радиосвязь, при которой передача и прием на каждой радиостанции осуществляются поочередно;
15. **Одночастотная симплексная радиосвязь** - симплексная радиосвязь, при которой связь между радиостанциями осуществляется на одной частоте;
16. **Двухчастотная симплексная радиосвязь** - симплексная радиосвязь, при которой связь между радиостанциями осуществляется на разных частотах;

17. Полудуплексная радиосвязь - симплексная радиосвязь с автоматическим переходом с передачи на прием и с возможностью переспроса корреспондента;

18. **Дуплексная радиосвязь** - двусторонняя радиосвязь, при которой передача осуществляется одновременно с радиоприемом;

18а. Средство радиосвязи - радиоэлектронное средство, предназначенное для осуществления радиосвязи;

19. Радиоволны - электромагнитные волны с частотами до 3 ТГц, распространяющиеся в среде без искусственных направляющих линий;

20. Радиочастоты; Частоты - частоты радиоволн;

21. **Диапазон радиоволн** - определенный непрерывный участок длин радиоволн, которому присвоено условное наименование.;

Примечание. Термины видовых понятий образуются в соответствии с наименованием конкретных радиоволн, например «диапазон миллиметровых волн», «диапазон дециметровых волн», «диапазон километровых волн» и т.д.;

22. Радиоизлучение, Излучение - процесс излучения радиоволн;

23. **Ретрансляция радиосигнала** - прием, преобразование, усиление и последующая передача радиосигнала и (или) изменение направления распространения радиоволн в промежуточном пункте линии связи;

24. Активная ретрансляция радиосигнала - ретрансляция радиосигнала, включающая его прием, преобразование, усиление и излучение;

25. Пассивная ретрансляция радиосигнала - ретрансляция радиосигнала путем отражения или преломления, или рассеяния радиоволн в устройствах, телах или искусственных средах с целью изменения направления распространения радиоволн;

1.1 Эталонная архитектура. Модель системы

Составить представление о системе «одним взглядом» позволяет анализ ее **структурной схемы**.

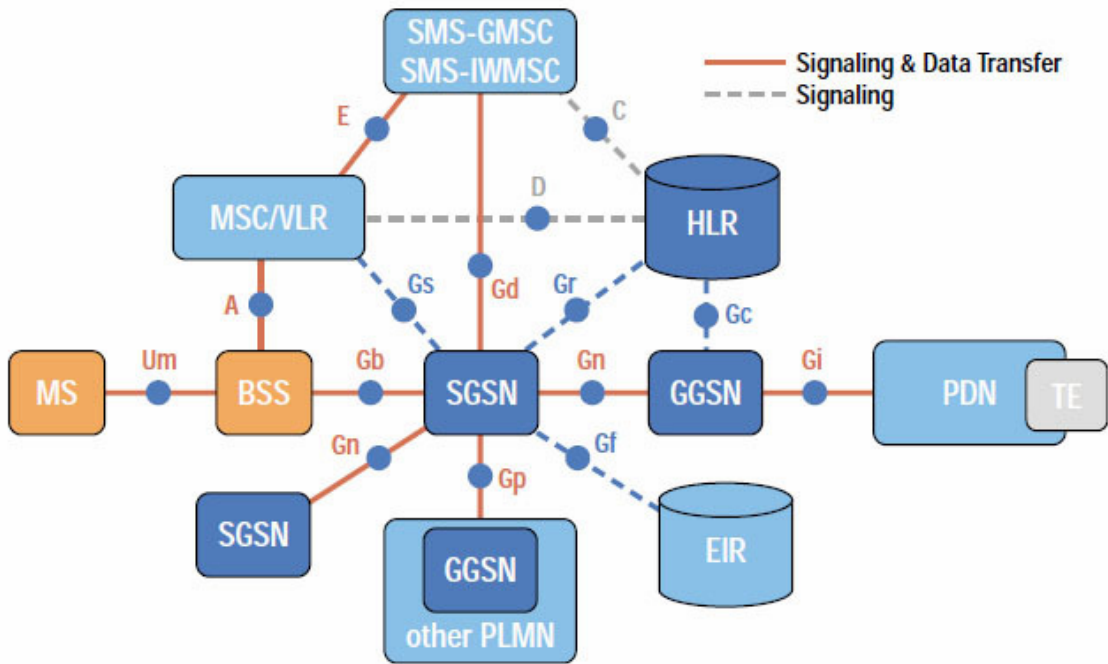
В нормативных документах современных систем связи обычно приводятся некоторая **эталонная, каноническая архитектура** (*Reference Network Architecture*) или структура сети.

Эталонная архитектура систем

Эталонная архитектура (*Reference Architecture*) системы состоит из отдельных компонентов и подсистем, соединенных посредством **стандартизированных интерфейсов**.

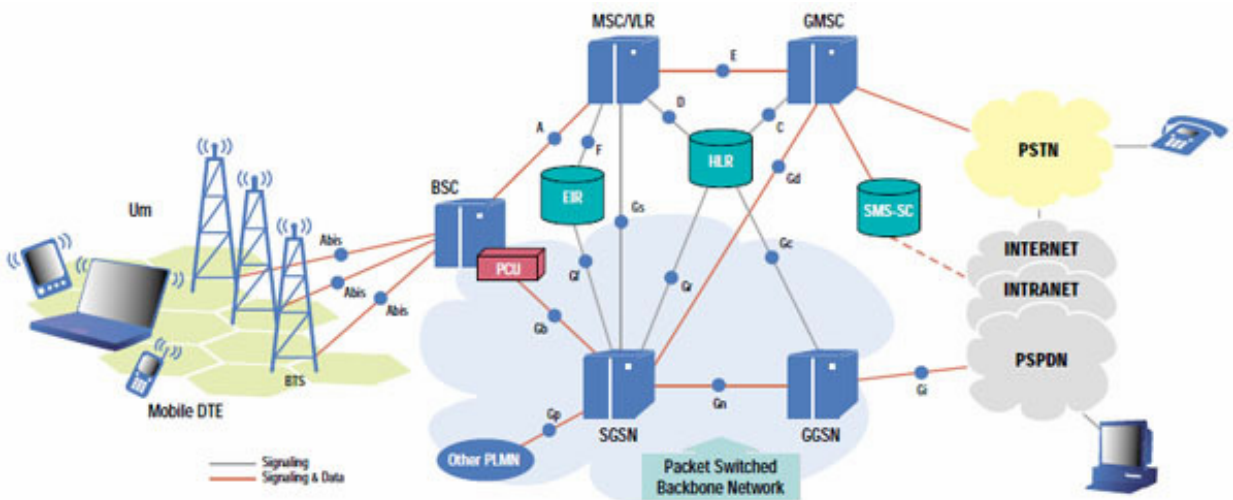
Эталонная архитектура - это шаблон проекта архитектуры системы, который показывает, как абстрактный набор компонентов и связей реализует predetermined набор технических требований [1].

Эталонная архитектура может быть описана с использованием различных **уровней абстракции**. Высокий уровень абстракции может использовать различные части оборудования сети связи, каждый из которых обеспечивает различные функции. Нижний уровень может демонстрировать взаимодействие процессов или методов в границах сети, определенные для выполнения очень специфических задач.



Эталонная архитектура GPRS

В информационных источниках можно встретить различные структуры систем связи, **адаптированные** для решения тех или иных задач. В них детализированы или, наоборот, укрупнены, обобщены отдельные фрагменты сети. Естественно, наиболее надежными в общем случае являются **каноническая архитектура сети** или **эталонная модель (Reference Model)**, приводимые в нормативных документах.



Эталонная архитектура GPRS

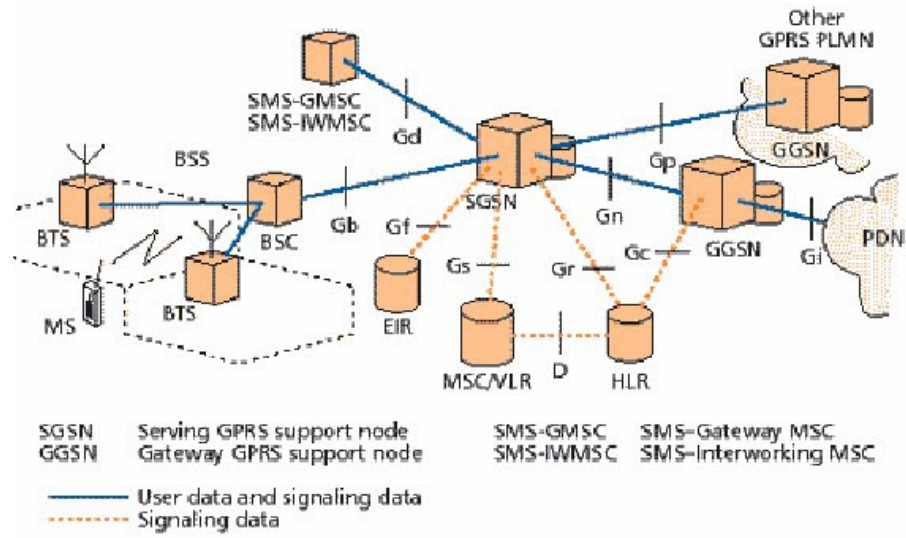


Figure 2.1: GPRS Architecture (Source: Bettstetter et. all)

Эталонная модель системы

Понятие эталонной модели широко используется в связи и информатике.

Эталонная модель (*Reference model, master model*) в системной и программной области - это модель чего-то, что объединяет основную цель или идея, и может рассматриваться в качестве эталона для различных целей [Википедия-англ].

Эталонная модель - это абстрактное представление понятий и отношений между ними в некоторой проблемной области. На основе эталонной строятся более конкретные и детально описываемые модели, в итоге воплощенные в реально существующие объекты и механизмы [Википедия-рус].

Эталонная модель (*Reference Model*) - это абстрактная структура (framework) для понимания существенных связей между объектами некоторого окружения, что в дальнейшем позволяет разрабатывать конкретные архитектуры, используя определенные стандарты или спецификации, поддерживаемые этим окружением. Эталонная модель содержит минимальный набор унифицированных концепций, аксиом и связей, относящихся к конкретной области проблем, и независима от определенных стандартов, технологий, реализации или других конкретных деталей [1].

Цель введения эталонной модели состоит в определении сущности архитектуры системы и введении терминологии, а также описании общего принципа функционирования системы. Модель определяет связи, которые являются значимыми для функционирования системы, как абстрактной модели, независимой от варианта технической реализации и от постоянно развивающихся технологий, которые могли бы повлиять на внедрение системы. Зачастую архитектура разрабатывается в контексте предопределенной конфигурации, включающей протоколы, профили, спецификации и стандарты.

Есть много применений эталонной модели. Один из вариантов использования заключается в **создании стандартов** для объектов, которые содержатся в модели, и их взаимодействия друг с другом. При разработке конкретных прикладных стандартов связи и систем производится **сравнение** их архитектуры с стандартной моделью. При таком подходе работа специалистов, которым нужно создавать или анализировать объекты систем связи, которые ведут себя в соответствии со стандартом, осуществляется намного проще.

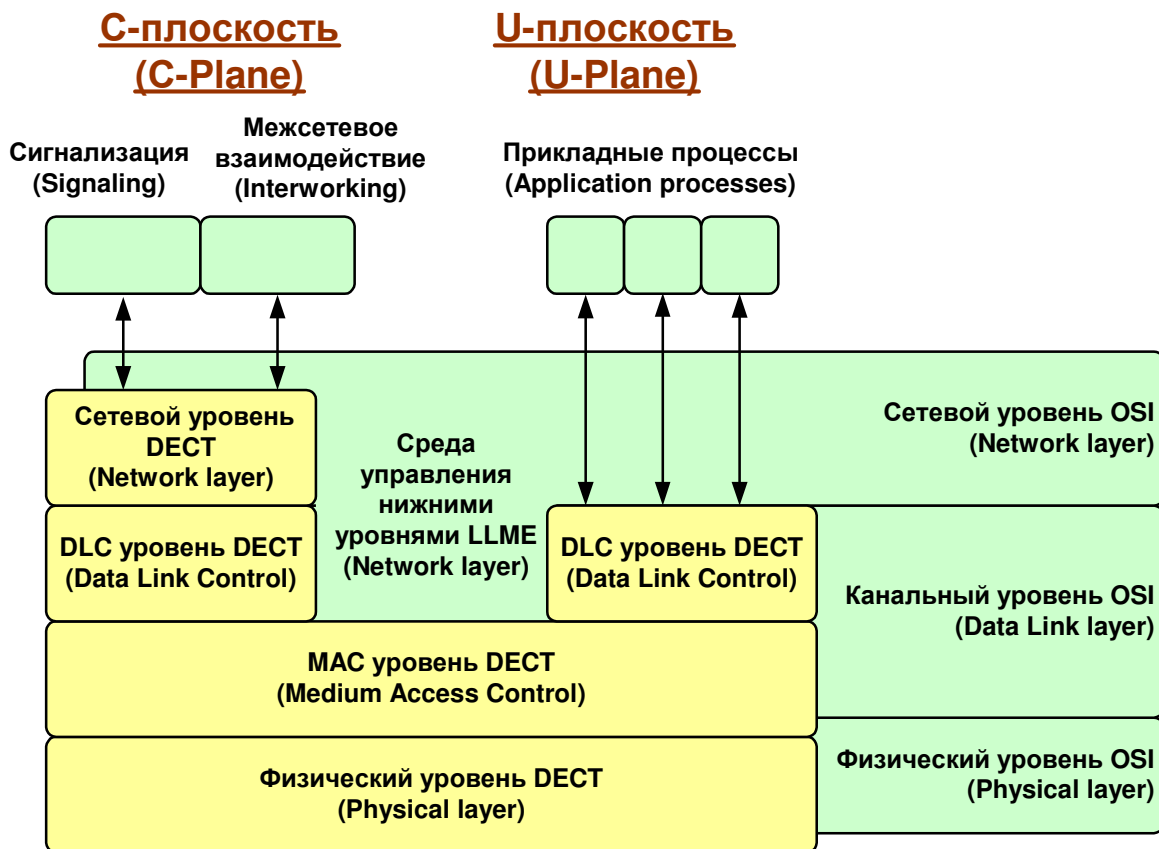
Сетевая эталонная модель взаимодействия открытых систем (ЭМВОС) OSI

В качестве примера стандарта эталонной модели можно назвать сетевую эталонную модель взаимодействия открытых систем (ЭМВОС) OSI (*Open Systems Interconnection Basic Reference Model*) Международной организации по стандартизации ISO – основную модель архитектур для систем передачи данных, которая является хорошим средством для анализа и изучения современных стандартов и технологий связи.



Семиуровневая модель OSI

Универсальный характер классической сетевой семиуровневой эталонной модели OSI дает возможность создавать на ее основе модели для конкретных стандартов, которые также называют эталонными. Например, на рис.... приведена эталонная модель DECT, ключевые функции которой структурированы только на трех нижних уровнях модели OSI: сетевом, канальном и физическом.



Эталонная модель DECT

1. Reference Model for Service Oriented. Architecture 1.0. Committee Specification 1, 2 August 2006. <http://www.oasis-open.org/>

Стандартные интерфейсы сетей связи

Компоненты сети подвижной связи соединены между собой с помощью стандартизированных интерфейсов (Interface).

В системах связи под **интерфейсом** понимают общую границу между двумя взаимодействующими системами или компонентами системы [GSM 01.04, ITU-T I.112, 21.905].

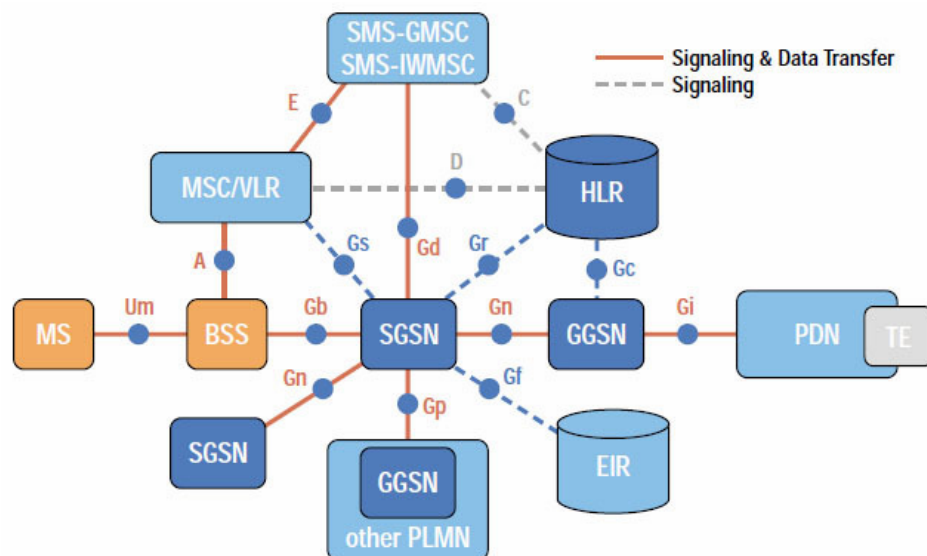
Интерфейс (*Interface*) - Общая граница между двумя взаимодействующими системами или компонентами системы [GSM 01.04, ITU-T I.112, 21.905].

Интерфейсы систем связи описываются соответствующими стандартами на системы связи. Стандартизация интерфейсов в системах связи позволяет осуществлять нормальное взаимодействие между компонентами систем связи, поставляемых различными фирмами-производителями.

Мобильные станции МС и подсистема базовых станций БС взаимодействуют через интерфейс, известный как **эфирный интерфейс** или **радиоинтерфейс** (*Air-interface*, *Radio interface*).

Радиоинтерфейс (*Radio interface*) Неограниченный интерфейс между пользовательским оборудованием (*User Equipment*) и точкой доступа (*access point*) UTRAN. Термин охватывает все функциональные возможности, необходимые для поддержки таких интерфейсов [TR 21.905].

В соответствующих стандартах детально прописываются параметры используемых в системе связи радиосигналов, характеристики и основы функционирования приемников и передатчиков, необходимых для формирования обработки этих сигналов. Например, основные сведения об организации радиоинтерфейса стандарта GSM и его параметры можно найти в [GSM 05.01, GSM 05.05].



Эталонная архитектура и стандартные интерфейсы GPRS

2. Радиооборудование

Радиоприем. Термины и определения. ГОСТ 24375-80

Стандарт ГОСТ 24375-80 разработан давно, но в данный момент является действующим. Особенности использования в настоящее время некоторых терминов приведены в моих «Комментариях».

155. **Радиоприем**, Прием - выделение сигналов из радиоизлучения;
156. **Разнесенный радиоприем**, Разнесенный прием - радиоприем двух и более совокупностей радиосигналов, содержащих одно и то же сообщение и отличающихся статистическими характеристиками;
157. Радиоприем с разнесением по времени - разнесенный радиоприем радиосигналов, сдвинутых по времени;
158. Радиоприем с разнесением по частоте - разнесенный радиоприем радиосигналов с разными несущими частотами;
159. Радиоприем с разнесением по пространству - разнесенный радиоприем на две или более антенны, разнесенные в пространстве;
160. Радиоприем с разнесением по поляризации - разнесенный радиоприем на две или более антенны, рассчитанные на прием радиоволн с различной поляризацией;
161. Взаимная модуляция - взаимодействие двух и более гармонических колебаний с разными частотами, в результате которого образуются колебания с комбинационными частотами, равными сумме и разности исходных частот и кратных им частот;
162. **Детектирование** - преобразование электромагнитного колебания для получения напряжения или тока, величина которого определяется параметрами колебания, с целью извлечения информации, содержащейся в изменениях этих параметров;
163. **Преобразование частоты радиосигнала**, Преобразование частоты - процесс переноса полосы радиочастот, занимаемой сигналом, в другую часть частотного спектра;
164. Радиопомеха - электромагнитная помеха в диапазоне радиочастот;
165. Естественная радиопомеха - радиопомеха, источником которой являются процессы, происходящие в природе;
166. Индустриальная радиопомеха - по ГОСТ 14777-76;
167. Аддитивная радиопомеха - радиопомеха, мешающее действие которой определяется суммированием с полезным радиосигналом;
168. Широкополосная радиопомеха - аддитивная радиопомеха, спектр которой значительно превышает спектр полезного радиосигнала;
169. Мультипликативная радиопомеха - радиопомеха, мешающее действие которой проявляется в изменении параметров полезного радиосигнала;
170. Помехоустойчивость радиосистемы, Помехоустойчивость - способность радиосистемы противостоять мешающему действию радиопомех;
171. Помехозащищенность радиосистемы, Помехозащищенность - способность радиосистемы противостоять мешающему действию определенных помех.;
- Примечание** к пп. 171 и 172. Помехоустойчивость и помехозащищенность в заданных условиях оцениваются вероятностью ошибки;

Радиопередача. Термины и определения. ГОСТ 24375-80

Стандарт ГОСТ 24375-80 разработан давно, но в данный момент является действующим. Особенности использования в настоящее время некоторых терминов приведены в моих «Комментариях».

126. **Радиопередача** - формирование и излучение радиочастотного сигнала;

14п. **Несущая** - электромагнитное колебание, предназначенное для образования радиочастотного сигнала путем изменения одного или нескольких параметров этого колебания;

15п. **Поднесущая** - электромагнитное колебание, предназначенное для образования модулированного сигнала путем изменения одного или нескольких параметров этого колебания, который в дальнейшем применяется для модуляции поднесущей или несущей более высокой частоты;

127. **Модуляция несущей** (поднесущей), **Модуляция** - процесс изменения одного или нескольких параметров несущей (поднесущей) в соответствии с изменениями параметров передаваемого сигнала или других сигналов, воздействующих на нее;

Радиопередатчики. Термины и определения. ГОСТ 24375-80

Стандарт ГОСТ 24375-80 разработан давно, но в данный момент является действующим. Особенности использования некоторых терминов в настоящее время приведены в моих «Комментариях». Некоторые устаревшие, на мой взгляд, термины не были включены в раздел.

290. **Радиопередатчик, Передатчик** - устройство для формирования радиочастотного сигнала, подлежащего излучению;

291. **Диапазонный радиопередатчик** - радиопередатчик, несущая частота которого принимает любое значение в плавном диапазоне рабочих частот или любое фиксированное значение в диапазоне дискретных рабочих частот;

292. **Импульсный радиопередатчик** - радиопередатчик с импульсной модуляцией несущей;

293. **Выходная мощность радиопередатчика** - активная мощность, передаваемая радиопередатчиком в антенно-фидерное устройство, или эквивалент нагрузки;

294. **Мощность несущей радиопередатчика** - выходная мощность радиопередатчика при непрерывном излучении без модуляции несущей;

295. **Средняя мощность радиопередатчика** - выходная мощность нормально работающего радиопередатчика, определяемая как среднее значение мощности за время, превышающее период наименьшей частоты модулирующего сигнала, в течение которого средняя мощность максимальна;

296. **Пиковая мощность радиопередатчика** - выходная мощность радиопередатчика, соответствующая максимальной амплитуде радиочастотного сигнала;

297. **Импульсная мощность радиопередатчика** - выходная мощность радиопередатчика, определяемая как среднее значение мощности за время излучения импульса;

298. Мощность падающей волны радиопередатчика - мощность падающей волны, распространяющейся в фидере в направлении от выхода радиопередатчика к антенне, измеренная в определенном сечении фидера;

299. Мощность отраженной волны радиопередатчика - мощность отраженной волны, распространяющейся в фидере в направлении от антенны к выходу радиопередатчика, измеренная в определенном сечении фидера;

300. Проходящая мощность радиопередатчика - разность мощностей падающей и отраженной волн радиопередатчика;

301. Мощность внеполосных излучений - часть выходной мощности радиопередатчика, относящаяся к внеполосным излучениям, при заданных условиях модуляции;

302. Мощность побочного излучения - мощность колебания, относящегося к побочным излучениям, передаваемая радиопередатчиком в антенно-фидерное устройство или эквивалент нагрузки;

303. Потребляемая мощность радиопередатчика - сумма мощностей, потребляемых радиопередатчиком по всем цепям от первичных источников питания при заданных условиях модуляции и величине выходной мощности радиопередатчика;

304. Абсолютная нестабильность частоты радиопередатчика, Нестабильность частоты передатчика - отклонение частоты колебаний на выходе радиопередатчика за определенный промежуток времени относительно установленной частоты;

305. Относительная нестабильность частоты радиопередатчика - отношение абсолютной нестабильности частоты радиопередатчика к установленной частоте радиопередатчика;

306. Допустимое отклонение частоты радиопередатчика, Допустимое отклонение частоты - максимально допустимое отклонение средней частоты полосы частот, занимаемой излучением радиопередатчика, от присвоенной частоты;

307. Коэффициент взаимомодуляционных искажений в радиопередатчике, Коэффициент взаимомодуляционных искажений - отношение мощности комбинационной составляющей спектра выходного сигнала к мощности несущей радиопередатчика;

308. Время готовности работы радиопередатчика - интервал времени между началом выполнения первой операции по включению радиопередатчика и моментом установления определенного уровня одного или нескольких параметров, например выходной мощности радиопередатчика, частоты и др., характеризующих работу радиопередатчика;

309. Многочастотный режим работы радиопередатчика - режим работы радиопередатчика, для которого характерно одновременное усиление двух или более несущих с разными частотами;

310. Автогенератор радиопередатчика, Автогенератор - генератор электрических колебаний, автономно создающий незатухающие колебания;

311. **Опорный автогенератор** - автогенератор, используемый для формирования одной рабочей частоты или сетки рабочих частот и определяющий стабильность выходного сигнала возбудителя;

312. Генератор с внешним возбуждением - генератор электрических колебаний, в котором мощность и частота выходного сигнала зависят от мощности и частоты входного сигнала

Недопустимо: Генератор с независимым возбуждением;

313. Умножитель частоты колебаний, Умножитель частоты. - устройство, на выходе которого частота колебаний в целое или дробное число раз больше частоты входного сигнала;

314. Усилитель мощности радиопередатчика, Усилитель мощности - генератор с внешним возбуждением, в котором выходная мощность колебаний превышает входную мощность колебаний, а частоты обоих колебаний равны;

315. Модулятор радиопередатчика, Модулятор - устройство для осуществления процесса модуляции;

316. Синтезатор частоты радиопередатчика, Синтезатор - устройство радиопередатчика для формирования гармонических колебаний с заданными частотами из колебаний одного или нескольких опорных генераторов;

317. Возбудитель радиопередатчика, возбудитель - устройство радиопередатчика для формирования гармонических колебаний с заданными частотами с помощью одного или нескольких автогенераторов.;

Примечание. В радиопередатчиках допускается включение модулятора в состав возбудителя;

318. Автоподстройка частоты, АПЧ - использование обратной электрической связи для автоматической стабилизации или управления частотой колебаний автогенератора;

319. Частотная автоподстройка частоты, ЧАП - автоматическая подстройка частоты, в которой сигнал ошибки вырабатывается в результате сравнения частот колебаний стабилизируемого автогенератора и эталонного сигнала;

320. Фазовая автоподстройка частоты, ФАП - автоматическая подстройка частоты, в которой сигнал ошибки вырабатывается в результате сравнения фаз колебаний стабилизируемого автогенератора и эталонного сигнала;

Примечание к пп. 319 и 320. В ЧАП и ФАП под сигналом ошибки соответственно понимают напряжение или ток, определяемые разностью частот и разностью фаз колебаний стабилизируемого автогенератора и эталонного сигнала;

321. Непрерывная автоподстройка частоты, Непрерывная АПЧ - автоматическая подстройка частоты, в которой сигнал ошибки в цепи обратной связи описывается непрерывной функцией времени;

322. Релейная автоподстройка частоты, Релейная АПЧ - автоматическая подстройка частоты, в которой квантование сигнала ошибки по уровню осуществляется в цепи обратной связи с помощью релейного элемента;

323. Импульсная автоподстройка частоты, Импульсная АПЧ - автоматическая подстройка частоты, в которой квантование сигнала ошибки по времени осуществляется в цепи обратной связи с помощью импульсного элемента;

324. Автонастройка контура, АНК - использование обратной электрической связи для автоматического управления резонансной частотой колебательного контура;

325. Делитель частоты - электрическая цепь, частота колебаний на выходе которой в целое или дробное число раз меньше частоты входного сигнала;

Частотные и спектральные характеристики приемопередатчиков

Ряд широко употребляемых терминов, относящихся к частотным характеристикам радиооборудования, имеет особенности при использовании применительно к оборудованию мобильной связи. В регламентирующих документах термин «полоса частот» (*Band*) принято относить ко всему спектру частот – **диапазону**, отведенному для функционирования системы связи определенного стандарта (**рис.**). Так, например, **полоса частот**, используемая системами стандарта GSM900, занимает два **поддиапазона**: нижний (*Lower frequency sub-band*) 890 - 915 МГц и верхний (*Upper frequency sub-band*) 935 - 960 МГц вместе с

защитным интервалом (*Guard band*) между ними, называемым зачастую «средним поддиапазоном» (*Middle sub-band*). А термин «канал» (*Channel*) относится к полосе частот, занимаемой в системе только одним пользователем, т.е. 200 кГц в GSM.

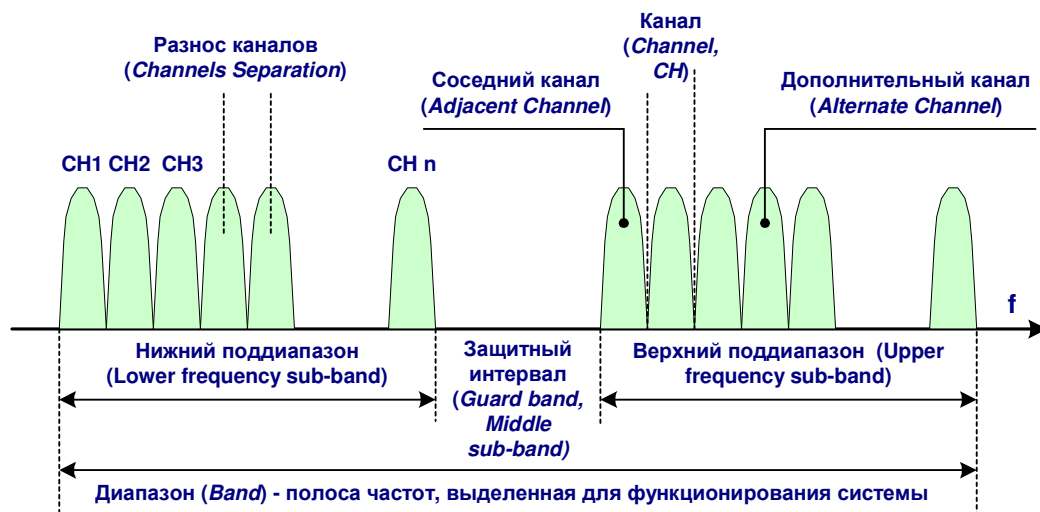


Рис. Основные частотные и спектральные характеристики радиооборудования мобильной связи

Качество приемопередатчика определяется его параметрами в трех частотных областях: канальной или внутриканальной (*in-channel*), внеканальной (*out-of-channel*) и внеполосной (*out-of-band*).

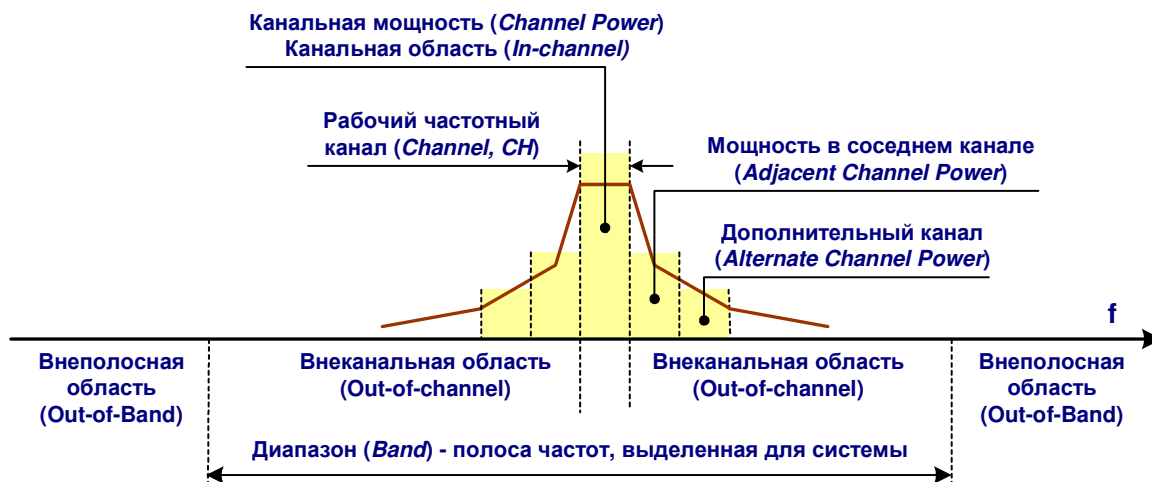


Рис. Канальные, внеканальные и внеполосные области частот

Внутриканальные параметры определяют качество связи с оценкой следующих основных характеристик:

- средняя переданная мощность РЧ сигнала (*Mean transmitted RF carrier power*);
- зависимость переданной мощности РЧ сигнала от времени (*Transmitted RF carrier power versus time*).

Внеканальные параметры определяют величину помех, создаваемых данным абонентским оборудованием другим пользователям системы:

- Спектр, обусловленный модуляцией и широкополосным шумом (*Spectrum due to modulation and wideband noise*);
- Спектр, обусловленный процессами коммутации (*Spectrum due to switching*);
- Побочные составляющие в диапазонах приема и передачи (*Tx and Rx band spurious*).

Внеполосные параметры определяют величину помех, создаваемых системой связи другим пользователям радиоспектра. При этом производят, например, оценку перекрестных (*cross band spurious*) и широкополосных помех (*wideband spurious*).

Нормативными документами Международного Союза Электросвязи ИТУ [5,6] введены следующие определения:

Нежелательные излучения (*unwanted emissions*): состоят из внеполосных и побочных излучений.

Внеполосное излучение: (*Out-of-band Emission*) - излучение на частоте или на частотах, непосредственно примыкающих к необходимой полосе частот, которое является результатом процесса модуляции, но не включает побочное излучение.

Побочное излучение: (*Spurious emissions*) - излучение на частоте или на частотах, расположенных за пределами необходимой ширины полосы частот, уровень которого может быть снижен без ущерба для соответствующей передачи сообщений. К побочным относят гармонические и паразитные излучения, интермодуляционные продукты (*intermodulation products*) и продукты преобразования частот (*frequency conversion*), но не включают внеполосное излучение.

3. Модуляция

Сигналы. Термины и определения. ГОСТ 24375-80

Стандарт **ГОСТ 24375-80** разработан давно, но в данный момент является действующим. Особенности использования в настоящее время некоторых терминов приведены в моих «Комментариях».

120. **Радиочастотный сигнал**, радиосигнал - сигнал в виде радиоизлучения или сигнал в электрической цепи на частоте радиоизлучения;

14п. **Несущая** - электромагнитное колебание, предназначенное для образования радиочастотного сигнала путем изменения одного или нескольких параметров этого колебания;

15п. **Поднесущая** - электромагнитное колебание, предназначенное для образования модулированного сигнала путем изменения одного или нескольких параметров этого колебания, который в дальнейшем применяется для модуляции поднесущей или несущей более высокой частоты;

121. **Модулированный радиосигнал**, Модулированный сигнал - радиосигнал, являющийся результатом модуляции несущей или поднесущей;

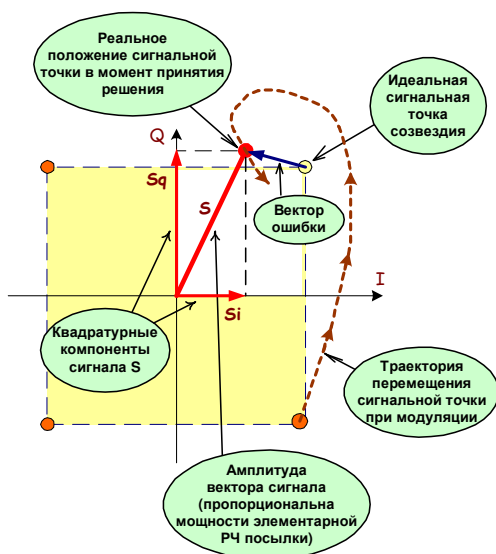
122. **Модулирующий сигнал** - сигнал, вызывающий изменение определенного параметра или параметров несущей или поднесущей при модуляции;

123. **База радиочастотного сигнала**, База сигнала - отношение ширины спектра модулированного радиочастотного сигнала к ширине спектра модулирующего сигнала;

124. **Широкополосный радиочастотный сигнал** - радиочастотный сигнал, база которого существенно больше единицы;

125. **Узкополосный радиочастотный сигнал** - радиочастотный сигнал, база которого близка или равна единице.

Векторное представление модулированного сигнала

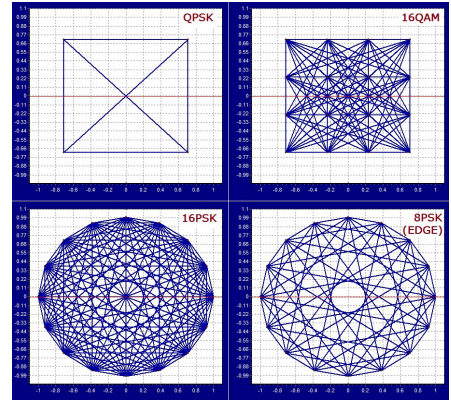


При векторном представлении сигналов, зачастую называемом квадратурным представлением, они характеризуются **величинами квадратурных компонент S_i и S_q** на фазовой IQ плоскости, часто называемой **фазовой диаграммой**, что иллюстрирует рисунок.

2. При векторном формировании и анализе сигналов каждая из квадратурных компонент S_i и S_q представляется определенным количеством отсчетов (выборок) на символ SpS (*Samples per Symbol*) квадратурных IQ компонентов.

Векторная диаграмма

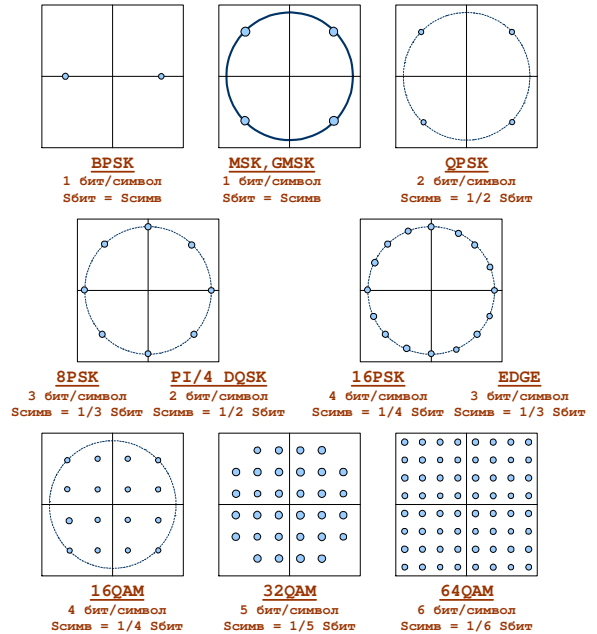
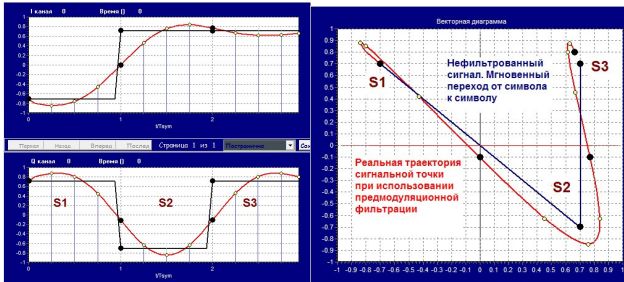
Векторная диаграмма (Vector Diagram), называемая иногда фазовой или полярной (**Polar Diagram**), непрерывно во времени отображает перемещение сигнальной точки на фазовой I/Q плоскости для нескольких смежных символов. Другими словами, на векторной диаграмме можно увидеть мгновенные значения амплитуды и фазы сигнала (квадратурных компонент) **в любой произвольный момент времени.** При этом можно наблюдать поведение вектора промодулированного сигнала для нескольких символов, т.е. **траектории сигнальной точки.**



Сигнальное созвездие

На **диаграмме сигнального созвездия** или просто «созвездии» (**Constellation Diagram, Constellation**) для каждого символа отображается только одна точка, соответствующая положению сигнальной точки в момент принятия решения (**Decision Point**).

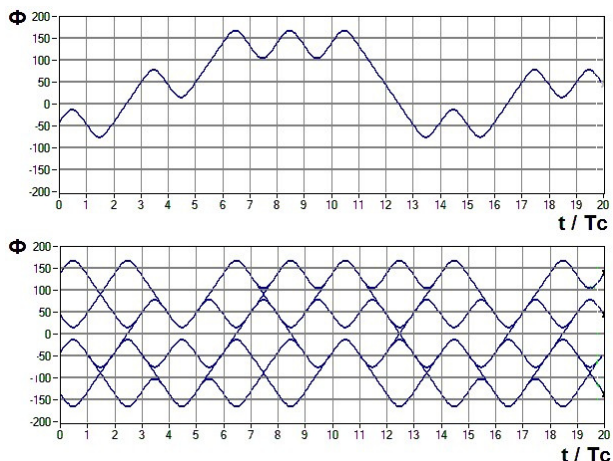
Процесс модуляции при использовании отсчетов квадратурных компонент с количеством выборок $S_p S = 4$ для сигналов без предмодуляционной фильтрации и с фильтрацией (плавные траектории):



Решетчатая диаграмма (Trellis diagram)

Решетчатые диаграммы, называемые иногда в отечественной литературе **фазовыми траекториями** или **треллис диаграммами** – это еще одна форма отображения модулированного сигнала во временной области.

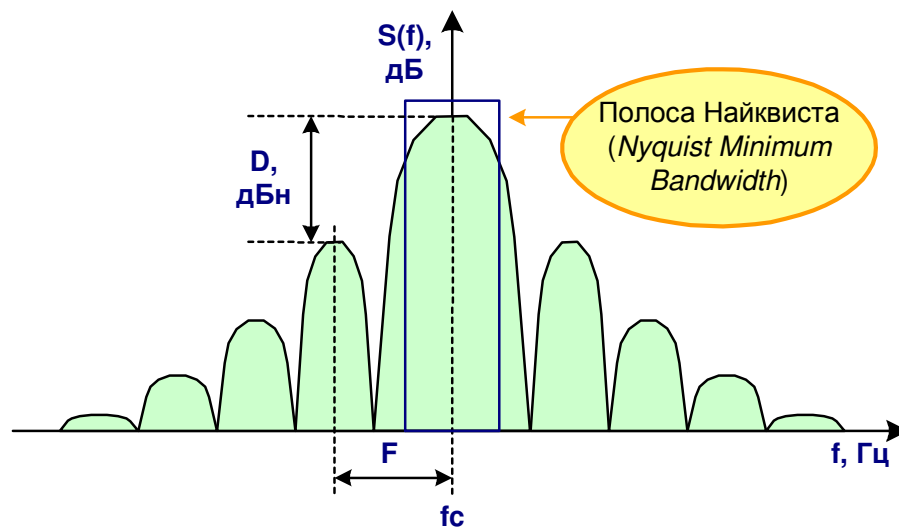
На **решетчатой диаграмме (Trellis diagram)** по вертикальной оси Y откладывается фаза символа Φ , по оси X отображается время с дискретизацией по длительности символа T_c . Такое представление позволяет оценить общую картину фазовых переходов для различных символов.



Для некоторых сигналов, в частности для GMSK, решетчатая диаграмма является **наиболее информативным инструментом**, позволяющим судить о качестве сигнала и работе модулятора. Это связано с тем, что векторная диаграмма такого ЧМ сигнала представляет собой окружность, а сигнальное созвездие, строго говоря, отсутствует, так как решение принимается при оценке направления вращения вектора сигнала. Поэтому другие виды отображения не дают достаточно информации для оценки качества MSK сигналов и устройств.

Спектральное представление модулированного сигнала

В общем случае спектр модулированного сигнала цифровой системы связи имеет один **главный лепесток**, расположенный на частоте рабочего (выделенного) канала и несколько боковых лепестков, как это в общем виде показано на рисунке ниже.



Уровень боковых лепестков при измерениях, как и уровень любой части спектра, оценивается по **отношению к главному лепестку** в децибелах ***D***, дБ или в децибелах относительно несущей ***дБн*** (в английском языке - ***dBc***). При измерениях обязательно указывается **расстройка (сдвиг)** по частоте в точке измерения относительно несущей рабочего канала ***F***, Гц. В зарубежной литературе уровень спектральной составляющей различного рода указывается следующим образом:

D = 23 dBc @ 100 Hz. Это означает: уровень составляющей равен 23 дБн при расстройке 100 Гц.

5. Основные стандарты мобильной связи

Основные используемые аббревиатуры и термины

- **DL, downlink/forward** - канал связи вниз, прямой канал, нисходящая линия, передача информации в нисходящем направлении;
- **UL, uplink/reverse** - канал связи вверх, обратный канал, восходящая линия, передача информации в восходящем направлении;
- **BS, base station** - базовая станция;
- **MS, mobile station** - мобильная станция;
- **Tx-Rx frequency separation** - дуплексный сдвиг прием/передача
- **Packet switching** – метод передачи данных с использованием коммутации информационных пакетов, пакетная передача.
- **Circuit-switching** - метод передачи данных с использованием коммутации каналов (линий).
- **BT, Filter Bandwidth Time product, α , Alpha** – коэффициент скругления характеристики предмодуляционного фильтра.

Типы используемого метода кодирования речи (кодека):

- **Half Rate (HR)** - полускоростное;
- **Full Rate (FR)** - полноскоростное;
- **Enhanced Full Rate (EFR)** - улучшенное [полноскоростное] качество речи;
- **Adaptive Multi Rate (AMR)** - адаптивное кодирование с переменной скоростью.

3GPP. Нумерация спецификаций (Specification Numbering)

- <http://www.3gpp.org/specifications/specification-numbering>

Все спецификации 3GPP в спецификации указывается номер, состоящий из 4 или 5 цифр, например, 09.02 или 29.002. Первые две цифры определяют серию, а затем еще 2 цифры для серий 01 - 13 или 3 цифры для серий от 21 до 55. Полное наименование, номер спецификации и номер последней версии для каждой спецификации можно найти в текущем списке статусов (*current status list*).

Название серии Subject of specification series	3G и далее / GSM (R99 и позднее)	Только GSM (Rel-4 и позднее)	Только GSM (ранее Rel-4)
General information (long defunct)			00 серия
Requirements	21 серия	41 серия	01 серия
Service aspects ("stage 1")	22 серия	42 серия	02 серия
Technical realization ("stage 2")	23 серия	43 серия	03 серия
Signalling protocols ("stage 3") - user equipment to network	24 серия	44 серия	04 серия
Radio aspects	25 серия	45 серия	05 серия
CODECs	26 серия	46 серия	06 серия
Data	27 серия	47 серия (none exists)	07 серия
Signalling protocols ("stage 3") - (RSS-CN) and OAM&P and Charging (overflow from 32.- range)	28 серия	48 серия	08 серия
Signalling protocols ("stage 3") - intra-fixed-network	29 серия	49 серия	09 серия
Programme management	30 серия	50 серия	10 серия
Subscriber Identity Module (SIM / USIM), IC Cards. Test specs.	31 серия	51 серия	11 серия
OAM&P and Charging	32 серия	52 серия	12 серия
Access requirements and test specifications		13 серия (1)	13 серия (1)
Security aspects	33 серия	(2)	(2)
UE and (U)SIM test specifications	34 серия	(2)	11 серия
Security algorithms (3)	35 серия	55 серия	(4)
LTE (Evolved UTRA) and LTE- Advanced radio technology	36 серия	-	-
Multiple radio access technology aspects	37 серия	-	-

Стандарт GSM и технологии GPRS/EDGE

- **Global System for Mobile Communications, GSM** - Глобальная система мобильной связи, цифровой стандарт сотовой мобильной связи второго поколения 2G.

- **General Packet Radio Service, GPRS** – буквально: пакетный радио-сервис общего назначения - это технология пакетной передачи данных по радиоканалу в сетях GSM.
- **Enhanced Data Rates for GSM Evolution, EDGE** – усовершенствованная технология передачи данных для развития сетей GSM поколения 2.5G.

Используются глобально, во всем мире, исключая Японию и Корею.

Начало коммерческой эксплуатации: GSM - 1992, GPRS - 2001, EDGE – 2002.

Система	Частотный диапазон передачи (Tx), Канал связи вверх (UL) / Вниз(DL), МГц	Дуплексный сдвиг TX-RX, МГц
T-GSM 380	380,2 - 389,8 / 390,2 - 399,8	10
T-GSM 410	410,2 - 419,8 / 420,2 - 429,8	10
GSM 450	450,4 - 457,6 / 460,4 - 467,6	10
GSM 480	478,8 - 486 / 488,8 - 496	10
GSM 710	698 - 716 / 728 - 746	30
GSM 750	747 - 762 / 777 - 792	30
T-GSM 810	806 - 821 / 851 - 866	45
GSM 850	824,2 - 848,8 / 869,2 - 893,8	45
P-GSM 900	890 - 915 / 935 - 960	45
E-GSM 900	880 - 915 / 925 - 960	45
R-GSM 900	876 - 880 / 921 - 925	45
GSM 1800 (DCS)	1710 - 1785 / 1805 - 1880	95
GSM 1900 (PCS)	1850 - 1910 / 1930 - 1990	80

Разнос каналов	200 кГц
Модуляция, тип используемого фильтра	<ul style="list-style-type: none"> • GSM: GMSK, 1 бит/символ. Гауссовский фильтр $BT=0,3$. • EDGE: 3PI/8 с ротацией (8PSK), 3 бит/символ. Гауссовский EDGE фильтр в соответствии со стандартом.
Технология множественного доступа	TDMA
Метод передачи данных	GSM: Коммутация каналов GPRS/EGPRS: Коммутация пакетов
Символьная или чиповая скорость	270,833 кбит/с
Пользовательская скорость передачи данных	GSM: 9,6 или 14,4 кбит/с (одиночный слот) GPRS: до 171,2 кбит/с (21,4 кбит/с x 8 слотов) EDGE: до 473,6 кбит/с (59,2 кбит/с x 8 слотов)
Кодирование речи / Тип кодека	Полноскоростное FR /RPE-LTP 13 кбит/с (Regular Pulse Excitation - Long Term prediction Linear Predictive) Полускоростное HR /VSELP 5,6 кбит/с (Vector Sum Excited Linear Predictor) Улучшенное качество речи EFR / ACELP 12,2 кбит/с (Algebraic Code Excited Linear Predictor) Адаптивное с переменной скоростью AMR (полу- и полноскоростное)
Основные услуги	Сотовая телефония для подвижных абонентов GSM: Речь, SMS, данные с коммутацией каналов; EDGE, GPRS: данные с коммутацией пакетов.

Поддерживающие организации: ETSI, 3GPP.

Интернет-источники: www.etsi.org, www.3gpp.org.

Стандарт W-CDMA (FDD)

- Wideband Code Division Multiple Access (Frequency Division Duplex) - широкополосный множественный доступ с кодовым разделением каналов и использованием частотного дуплексирования, стандарт цифровой сотовой мобильной связи третьего поколения 3G. Используется глобально, во всем мире.

Диапазоны частот	Частотный диапазон передачи (Tx), Канал связи вверх (UL) для абонентского оборудования UE / Вниз(DL) для узла В (Node B), МГц	Дуплексный сдвиг TX-RX, МГц
I	1920 – 1980 / 2110 – 2170	190
II	1850 – 1910 / 1930 – 1990	80
III	1710-1785 / 1805-1880	95
IV	1710-1755 / 2110-2155	400
V	824 – 849 / 869-894	45
VI	830-840 / 875-885	45
VII	2500 - 2570 / 2620 - 2690	120
VIII	880 - 915 / 925 - 960	45
IX	1749,9 – 1784,9 / 1844,9 – 1879,9	95
X	1710-1770 / 2110-2170	400
XI	1427.9 - 1452.9 / 1475.9 - 1500.9	48
XII	698 - 716 / 728 - 746	30
XIII	777 - 787 / 746 - 756	31
XIV	788 - 798 / 758 - 768	30

Разнос каналов	5 МГц
Модуляция, тип используемого фильтра	<ul style="list-style-type: none"> • UL: HPSK, 1 бит/символ фильтр RRC, $\alpha = 0,22$. • DL: QPSK и 16QAM, фильтр RRC, $\alpha = 0,22$.
Технология множественного доступа	CDMA
Метод передачи данных	Коммутация каналов и коммутация пакетов
Чиповая скорость	3,84 Мчип/с
Пользовательская скорость передачи данных	384 кбит/с (Single code); до 2 Мбит/с при использовании метода с несколькими кодами
Кодирование речи	Адаптивное с переменной скоростью AMR
Основные услуги	Передача речи для абонентов с высокой подвижностью, SMS, передача данных, мультимедийные услуги.
Коммерческое использование	2002 - Япония (технология FOMA); 2004 – Европа (UMTS, UTRA FDD).

Поддерживающая организация: 3GPP.

Интернет-источники: www.3gpp.org, www.etsi.org.

Стандарт LTE/LTE-Advanced

Нормативные документы (Specifications Document) LTE/LTE-Advanced

Спецификации стандартов LTE и LTE-Advanced определены в **36-серии** документов Стандартов организации 3GPP. Определены шесть больших групп документов:

36.1XX	Radio specifications (eNB conformance testing)	
36.2XX	Layer 1 baseband	
36.3XX	Layer 2/3 air interface signalling	
36.4XX	Network signalling	
36.5XX	UE Conformance Testing	
36.8XX & 36.9XX	Technical reports (background information)	

Последние версии большинства документов могут быть найдены по адресу:

- www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/36-series.htm

LTE. РЧ диапазоны частот

Long Term Evolution (LTE) - проект разработки консорциумом 3GPP стандарта усовершенствования технологий мобильной передачи данных CDMA, UMTS. Эти усовершенствования могут повысить скорость, эффективность передачи данных, снизить издержки, расширить и улучшить уже оказываемые услуги, а также интегрироваться с уже существующими протоколами. В LTE ширина полосы может варьироваться от 1,4 до 20 МГц, что позволяет удовлетворять потребности разных операторов связи, обладающих различными полосами пропускания.

Для обеспечения двунаправленной передачи данных между БС и МС в стандарте LTE поддерживается как частотный (FDD), так и временной дуплекс (TDD).

Диапазоны частот стандарта LTE для частотного дуплекса FDD

Номер диапазона	Диапазон частот Uplink, МГц	Диапазон частот Downlink, МГц	Ширина диапазона, МГц	Дуплексный разнос, МГц
1	1920—1980	2110—2170	60	190
2	1850—1910	1930—1990	60	80
3	1710—1785	1805—1880	75	95
4	1710—1755	2110—2155	45	40
5	824—849	869—894	25	45
6	830—840	875—885	10	35
7	2500—2570	2620—2690	70	120
8	880—915	925—960	35	45
9	1749,9—1784,9	1844,9—1879,9	35	95
10	1710—1770	2110—2170	60	400

Стандарты, технологии**Радиоинтерфейсы кратко**

11	1427,9—1452,9	1475,9—1500,9	25	48
12	698—716	728—746	18	30
13	777—787	746—756	10	-31
14	788—798	758—768	10	-30
15	1900—1920	2600—2620	20	700
16	2010—2025	2585—2600	15	575
17	704—716	734—746	12	30
18	815—830	860—875	15	45
19	830—845	875—890	15	45
20	832—862	791—821	30	-41
21	1447,9—1462,9	1495,9—1510,9	15	48
22	3410—3500	3510—3600	90	100
23	2000—2020	2180—2200	20	180
24	1625,5—1660,5	1525—1559	34	-101,5
25	1850—1915	1930—1995	65	80

Диапазоны частот стандарта LTE для временного дуплекса TDD

Номер диапазона	Диапазон частот, МГц	Ширина диапазона, МГц
33	1900—1920	20
34	2010—2025	15
35	1850—1910	60
36	1930—1990	60
37	1910—1930	20
38	2570—2620	50
39	1880—1920	40
40	2300—2400	100
41	2496—2690	194
42	3400—3600	200
42	3600—3800	200

Таблица 1.8. Основные параметры стандарта LTE

Модуляция, тип используемого фильтра	QPSK, 16QAM, 64QAM;
Технология множественного доступа	OFDMA, SC-FDMA
Метод передачи данных	Коммутация пакетов
Символьная скорость	до 16.8 Мс/с
Пользовательская скорость передачи данных	до 100 Мбит/с
Основные услуги	Услуги высокоскоростных беспроводных сетей для домашних и корпоративных стационарных и подвижных пользователей, в городах и сельской местности.

Технология HSDPA/HSUPA

- High-speed Downlink Packet Access - высокоскоростной пакетный доступ по каналу связи вниз (нисходящему каналу), технология 3.5G.
- High-speed Uplink Packet Access - высокоскоростной пакетный доступ по каналу связи вверх (восходящему каналу), технология, называемая иногда 3.75G.
- Эти высокоскоростные технологии являются усовершенствованием базовых технологий третьего поколения W-CDMA и UMTS. Используются глобально.

WCDMA/HSPA/HSPA+/Dual Carrier HSPA+. РЧ диапазоны частот

Номер диапазона	Диапазон частот (UL), МГц	Диапазон частот (DL), МГц
I	1920 - 1980	2110 - 2170
II	1850 - 1910	1930 - 1990
III	1710 - 1785	1805 - 1880
IV	1710 - 1755	2110 - 2155
V	824 - 849	869 - 894
VI	830 - 840	875 - 885
VII	2500 - 2570	2620 - 2690
VIII	880 - 915	925 - 960
IX	1749.9 - 1784.9	1844.9 - 1879.9
X	1710 - 1770	2110 - 2170
XI	1427.9 - 1447.9	1475.9 - 1495.9
XII	698 - 716	728 - 746
XIII	777 - 787	746 - 756
XIV	788 - 798	758 - 768

Разнос каналов	5 МГц
Модуляция, используемого фильтра	тип UL: HPSK, фильтр RRC, $\alpha = 0,22$ DL: QPSK, фильтр RRC, $\alpha = 0,22$, 2 бит/символ
Технология множественного доступа	TDMA/CDMA
Метод передачи данных	Коммутация пакетов
Чиповая скорость	3,84 Мчип/с
Пользовательская скорость передачи данных	UL: HSUPA, до 5,76 Мбит/с; DL: HSDPA, до 13,976 Мбит/с.
Основные услуги	Передача данных для сотовых абонентов с высокой подвижностью
Коммерческое использование	HSDPA: 2006 HSUPA: 2007

- Поддерживающая организация: **3GPP**.
- Интернет-источники: www.3gpp.org, www.hsupa.com.

Стандарт TD-SCDMA

- **Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access** - Множественный доступ с синхронным разделением по коду и времени, стандарт сотовой связи третьего поколения, распространенный преимущественно в Китае.

Номер диапазона	Диапазон частот
33	1900-1920
34	2010-2025
35	1850-1910
36	1930-1990
37	1910-1930
38	2570-2620
39	1880-1920
40	2300-2400

Разнос каналов	1,6 МГц
Модуляция, тип используемого фильтра	QPSK, Фильтр RRC, $\alpha = 0,22$.
Технология множественного доступа	TDMA/CDMA
Метод передачи данных	Коммутация каналов и коммутация пакетов
Чиповая скорость	1,28 Мчип/с
Пользовательская скорость передачи данных	до 384 кбит/с
Кодирование речи	3GPP: Адаптивное с переменной скоростью AMR Китай: Полноскоростное FR, Полускоростное HR, Улучшенное качество речи.
Основные услуги	Речь и данные для абонентов с высокой подвижностью
Коммерческое использование	2005

Поддерживающая организация: 3GPP CCSA (China Communications Standards Association)

Интернет-источники:

- www.3gpp.org;
- www.ccsa.org.cn/english/;
- www.cwts.org/english/index.php.

Стандарт TD-CDMA

- **Time Division - Code Division Multiple Access** - множественный доступ с кодовым и временным разделением, стандарт сотовой связи третьего поколения 3G. Может использоваться глобально в различных диапазонах.

Диапазон частот, МГц	Диапазон NMT: 450 - 480 Диапазон IMT 2000: <ul style="list-style-type: none"> • 1900 - 1920 • 2010 - 2015 • 2053 - 2082 Диапазон MMDS/ITFS: 2500 - 2700 Дополнительный диапазон: 3400 - 3600
Разнос каналов	5 МГц (10 МГц)
Модуляция, тип используемого фильтра	<ul style="list-style-type: none"> • QPSK (UL) • QPSK, 16QAM (DL) Фильтр RRC ($\alpha = 0,22$)
Технология множественного доступа	TDMA/CDMA
Метод передачи данных	Пакетный
Символьная или чиповая скорость	3,84 Мчип/с (7,68 Мчип/с)
Пользовательская скорость передачи данных	до 3 Мбит/с
Основные услуги	Передача данных
Коммерческое использование	2003

Поддерживающая организация: 3GPP.

Интернет-источники: www.3gpp.org.

Стандарт TIA/EIA-95

- Технология стандарта cdmaOne (IS-95).
- Распространение: Северная Америка, Корея, страны Азии.
- Коммерческое использование началось в 1995 году.

Диапазоны частот	США, Корея: <ul style="list-style-type: none"> • 824 - 849 МГц (MS) • 869 - 894 МГц (BS) США: <ul style="list-style-type: none"> • 1850 - 1910 МГц (MS) • 1930 - 1990 МГц (BS) Корея: <ul style="list-style-type: none"> • 1750 - 1780 МГц (MS) • 1840 - 1870 МГц (BS) Япония: <ul style="list-style-type: none"> • 887 - 925 МГц (MS) • 832 - 870 МГц (BS)
Разнос каналов	1,23 МГц - сотовые (cellular) диапазоны США); 1,25 МГц - другие диапазоны.
Модуляция, тип используемого фильтра	<ul style="list-style-type: none"> • OQPSK, 1 бит/символ (UL) • QPSK, 1 бит/символ (DL) Чебышевский фильтр FIR (Chebychev low pass).
Технология множественного доступа	CDMA
Метод передачи данных	95A: Коммутация каналов 95B: Коммутация каналов и коммутация пакетов
Чиповая скорость	1,2288 Мчип/с
Пользовательская скорость передачи данных	95A: 9,6 или 14,4 кбит/с 95B: до 115 кбит/с
Основные услуги	Речь и данные для сотовых абонентов с высокой подвижностью
Кодирование речи	8 кбит/с или 13 кбит/с с переменной скоростью CELP; 8 кбит/с с переменной скоростью EVRC

Поддерживающая организация: TIA (Telecommunications Industry Association).

Интернет-источник: www.tiaonline.org.

Стандарт cdma2000 (1xRTT)

Сети **cdma2000 1x (1x Radio Telephone)** функционируют в тех же полосах частот, что и сети cdmaOne (IS-95), но обладают большей пропускной способностью речевых каналов и повышенной скоростью передачи данных. Стандарт cdma2000 1x опубликован организацией TTA как стандарт IS-2000. Обозначение **1x** означает технологию радиопередачи в полосе 1,25 (1,23) МГц, которая может быть реализована в различных выделенных участках частотного спектра.

- Распространение: Северная Америка, страны Азии (Китай, Индия), Австралия, страны Африки.
- Коммерческое использование: 2001 год.

cdma 2000 / 1xEV-DO. РЧ диапазоны

Диапазон, класс (Band Class)	Диапазон частот (BS), МГц	Диапазон частот (MS), МГц
0	860.025 - 893.985	815.025 - 848.985
1	1930.000 - 1990.000	1850.000 - 1910.000
2	917.0125 - 959.9875	872.0125 - 914.9875
3	1840.000 - 1870.000	887.0125 - 924.9875
4	421.675 - 493.480	1750.000 - 1780.000
5	421.675 - 493.480	411.675 - 483.480
6	2110.000 - 2169.950	1920.000 - 1979.950
7	746.000 - 764.000	776.000 - 794.000
8	1805.000 - 1879.950	1710.000 - 1784.950
9	925.000 - 958.750	880.000 - 913.750
10	851.000 - 939.975	806.000 - 900.975
11	421.675 - 493.475	411.675 - 483.475
12	915.0125 - 920.9875	870.0125 - 875.9875
13	2620.000 - 2690.000	2500.000 - 2570.000
14	1930.000 - 1995.000	1850.000 - 1915.000
15	2110.000 - 2155.000	1710.000 - 1755.000
16	2624.000 - 2690.000	2502.000 - 2568.000
17	2624.000 - 2690.000	

Разнос каналов	1,23 МГц - сотовые (cellular) диапазоны США); 1,25 МГц - другие диапазоны.
Модуляция, тип используемого фильтра	QPSK/HPSK, 2 бит/символ (UL) QPSK, 8PSK, 16QAM (DL) Чебышевский фильтр FIR (Chebychev low pass).
Технология множественного доступа	CDMA
Метод передачи данных	Коммутация каналов и коммутация пакетов
Символьная или чиповая скорость	1,2288 Мчип/с
Пользовательская скорость передачи данных	до 153,6 кбит/с (Rel 0) до 307,2 кбит/с (Rel A)
Основные услуги	Речь и данные для абонентов с высокой подвижностью

Кодирование речи	8 кбит/с или 13 кбит/с с переменной скоростью CELP; 8 кбит/с с переменной скоростью EVRC
------------------	---

Поддерживающая организация: 3GPP2.

Интернет-источник: www.3gpp2.org.

Стандарт 1xEV-DO

Стандарт высокоскоростной пакетной передачи данных **1xEV-DO** (*Single carrier EVolution-Data Only*) отличается от cdma2000 увеличенной скоростью передачи данных (6 - 10 x T1A/E1A-95B; 3 x cdma2000). Объем трафика по нисходящей линии (DL) по отношению к трафику в восходящей линии (UL) может изменяться от четырех к одному до шести к одному, и даже выше. Для этого в нисходящем и восходящем направлении передачи данных стандарта 1xEV-DO используются различные методы доступа к каналам передачи данных.

- Распространение: Северная Америка, страны Азии (Китай, Индия), Австралия, страны Африки.
- Коммерческое использование: 2004 (Rel 0), 2006 (Rel A) год.

Диапазон частот	Диапазоны IS-95 Диапазон NMT 450: <ul style="list-style-type: none"> • 411 - 483 МГц (MS) • 421-493 МГц (BS) Диапазон IMT 2000: <ul style="list-style-type: none"> • 1920 - 1980 МГц (MS) • 2110 - 2170 МГц (BS)
Разнос каналов	1,23 МГц - сотовые (cellular) диапазоны США); 1,25 МГц - другие диапазоны.
Модуляция, тип используемого фильтра	QPSK/HPSK, 2 бит/символ (UL) QPSK, 8PSK, 16QAM (DL) Чебышевский фильтр FIR (Chebychev low pass).
Технология множественного доступа	CDMA
Метод передачи данных	Коммутация пакетов
Символьная или чиповая скорость	1,2288 Мчип/с
Пользовательская скорость передачи данных	до 153,6 кбит/с (Rel 0) (UL) до 2,5 Мбит/с (Rel 0) (DL) до 1,8 Мбит/с (Rel A) (UL) до 3,1 Мбит/с (Rel A) (DL)
Основные услуги	Пакетная передача данных для абонентов с высокой подвижностью

Поддерживающая организация: 3GPP2.

Интернет-источник: www.3gpp2.org.

Стандарт 1xEV-DV

Стандарт 1xEV-DV (*Single carrier EVolution-Data and Voice*) представляет собой дальнейшее развитие стандарта cdma2000 и поддерживается группой 3GPP2. В нем введена возможность одновременной передачи речи и данных за счет динамического выделения дополнительных каналов и использования более сложных видов модуляции вплоть до 16-позиционной квадратурной амплитудной модуляции 16-QAM. Пакетная передача данных производится в выделяемых таймслотах как в технологии 1xEV-DO, в то время как передача речи осуществляется непрерывно, как в cdma2000.

- Распространение: Северная Америка, страны Азии (Китай, Индия), Австралия, страны Африки.
- Широкое коммерческое использование: 2007 год.

Диапазоны частот	Диапазоны IS-95; Диапазон NMT 450: 411 - 483 МГц (MS) 421-493 МГц (BS) Диапазон IMT 2000: <ul style="list-style-type: none"> • 1920 - 1980 МГц (MS) • 2110 - 2170 МГц (BS)
Разнос каналов	1,23 МГц - сотовые (cellular) диапазоны США); 1,25 МГц - другие диапазоны.
Модуляция, тип используемого фильтра	<ul style="list-style-type: none"> • QPSK/HPSK, 2 бит/символ (UL) • QPSK, 8PSK, 16QAM (DL) Чебышевский фильтр FIR (Chebychev low pass).
Технология множественного доступа	CDMA
Метод передачи данных	Коммутация каналов и коммутация пакетов
Символьная или чиповая скорость	1,2288 Мчип/с
Пользовательская скорость передачи данных	до 1,8 Мбит/с (Rel D) (UL) до 3,1 Мбит/с (Rel C, D) (DL)
Основные услуги	Пакетная передача данных и речи для абонентов с высокой подвижностью
Кодирование речи	8 кбит/с с переменной скоростью CELP; 13 кбит/с с переменной скоростью CELP; 8 кбит/с с переменной скоростью EVRC.

Поддерживающая организация: 3GPP2.

Интернет-источники: www.3gpp2.org

Стандарт iDEN/WiDEN

- **Integrated Dispatch Enhanced Network, iDEN** - система интегрированной цифровой расширенной сети, объединяющая достоинства технологий сотовой и транкинговой связи. Стандарт разработан компанией Motorola в 90 годы.
- **Wideband Integrated Dispatch Enhanced Network, WiDEN** - широкополосная (усовершенствованная) iDEN является дальнейшим развитием стандарта, обеспечивающий в четыре раза более высокую скорость передачи данных.
- Используется глобально, во всем мире.
- Коммерческое использование: iDEN: 1994 (компания NEXTEL, США); WiDEN: 2005

Диапазон частот	Диапазон 800 МГц Диапазон 900 МГц Диапазон 1,5 ГГц США: 806-825/851-870 МГц Россия: <ul style="list-style-type: none"> • 806-821 МГц (MS) • 851-866 МГц (BS)
Разнос каналов	iDEN: 25 кГц WiDEN: до 4 x 25 кГц
Модуляция, тип используемого фильтра	<ul style="list-style-type: none"> • iDEN: QPSK, M16QAM • WiDEN: QPSK, M16QAM, M64QAM
Технология множественного доступа	TDMA (6 таймслотов)
Метод передачи данных	Коммутация каналов и коммутация пакетов
Символьная или чиповая скорость	
Пользовательская скорость передачи данных	iDEN: до 9,6 кбит/с, в пакетном режиме - до 64 кбит/с WiDEN: до 256 кбит/с
Основные услуги	Речь и данные для абонентов с высокой подвижностью
Кодирование речи	VSELP

Поддерживающая организация: компания Motorola.

Интернет-источники: www.motorola.com/iden.

Стандарт TETRA

- **Terrestrial Trunked Radio** - открытый общеевропейский стандарт **профессиональной цифровой транкинговой радиосвязи**.
- Основными пользователями являются силовые организации, службы экстренной помощи, органы государственного управления, службы общественной безопасности, муниципальные службы, транспортные предприятия. Используется всеми странами-членами ETSI. Коммерческое использование началось в 1997.

Диапазоны частот	380 - 390 МГц (MS) 390 - 400 МГц (BS) 410 - 420 МГц (MS) 420 - 430 МГц (BS) 450 - 460 МГц (MS) 460 - 470 МГц (BS) 870 - 915 МГц (MS) 915 - 950 МГц (BS)
Разнос каналов	25 кГц
Модуляция, тип используемого фильтра	PI/4 DQPSK (Differential QPSK) Фильтр RRC ($\alpha = 0.35$)
Технология множественного доступа	TDMA
Метод передачи данных	Коммутация каналов и коммутация пакетов
Символьная или чиповая скорость	18 кс/с
Пользовательская скорость передачи данных	28,8 кбит/с без защиты
Основные услуги	Связь в цифровых сетях профессиональной подвижной радиосвязи PMR (Private Mobile Radio) и PAMR (Public Access Mobile Radio)
Кодирование речи	ACELP

Поддерживающая организация: ETSI.

Интернет-источники:

- www.etsi.org;
- www.tetramou.com - ассоциация "Меморандум о взаимопонимании и содействии стандарту TETRA" (TETRA MoU);
- <http://www.tetraforum.ru>.

Стандарт DECT

Смотреть стандарт: [en_30017502v020501p.pdf](#)

DECT (*Digital Enhanced Cordless Telecommunications*) представляет собой цифровую технологию радиодоступа в телефонные сети общего пользования ТФОП. На стандарте DECT основаны североамериканские стандарты беспроводной связи PWT (*Personal Wireless Telecommunications*) и PWT-E. В системах PWT-E используются лицензируемые диапазоны 1850-1910 МГц и 1930-1990 МГц, и иногда для этих систем используют название DCT1900 (*Digital Cordless Telecommunications*). Для использования в североамериканском частном секторе бесшнуровых телефонов с использованием нелицензируемого диапазона ISM 2,4 ГГц разработан другой вариант DECT - стандарт WDCT (*Worldwide Digital Cordless Telecommunications*).

Диапазоны частот, МГц	Основной диапазон: 1880-1900, 10 каналов ISM 2,4 ГГц (WDCT); PWT: 1910-1920 (1920-1930); PWT-E: 1850-1910, 1930-1990;
Разнос каналов, МГц	1,728
Выходная мощность передающего устройства (сред./пиков.), мВт	10/250
Модуляция, используемого фильтра	тип GFSK, BT = 0,5 PI/4 DQPSK (PWT, PWT-E)
Технология множественного доступа	MC/TDMA/TDD
Метод передачи данных	Коммутация каналов
Чиповая скорость	1152 кбит/с
Пользовательская скорость передачи данных	до 2 Мбит/с
Кодирование речи / Тип кодека	ADPCM (АДКИМ), 32 Кбит/с
Основные услуги	Передача речи и данных для абонентов с низкой подвижностью
Коммерческое использование	1993

Поддерживающая организация: ETSI.

Интернет-источники:

- www.dect.org - DECT Форум, международная ассоциация производителей оборудования и операторов DECT
- www.dectweb.com - сервер DECTweb (*DECTweb - the online forum for the global DECT community*)

Стандарты WLAN семейства IEEE 802.11

- Стандарты семейства IEEE 802.11 используются для организации **беспроводных локальных сетей WLAN** (*Wireless Local Area Network*). Используются глобально, во всем мире
- Стандарты 802.11 часто называют **стандартами Wi-Fi** (*Wireless Fidelity*). Однако консорциум Wi-Fi Alliance пока сертифицирует только оборудование стандартов 802.11a/b/g.
- Сети стандарта **802.11n** будут использовать технологию со многими входами и многими выходами **MIMO** (*Multiple-Input, Multiple-Output*).

Диапазоны частот	b/g: 2,4 - 2,4835 ГГц (ISM) a/h/j: <ul style="list-style-type: none"> • 4,9 - 5 ГГц (Япония) • 5,03 - 5,091 ГГц (Япония) • 5,15 - 5,35 ГГц (UNII) • 5,47 - 5,725 ГГц • 5,725 - 5,825 ГГц (ISM, UNII).
Разнос каналов	a/h: 20 МГц g: 25 МГц j: 20 МГц, 10 МГц (дополнительно) n: 20 или 40 МГц b: <ul style="list-style-type: none"> • 25 МГц (неперекрывающиеся), • 10 МГц (перекрывающиеся) в Сев. Америке; • 30 МГц (неперекрывающиеся), • 10 МГц (перекрывающиеся) в Европе.
Модуляция, тип используемого фильтра	b: <ul style="list-style-type: none"> • DBPSK/DQPSK для скоростей 1 и 2 Мбит/с; • ССК с модуляцией DQPSK для скоростей 5,5 и 11 Мбит/с. a/g/h/j: до 64QAM на 52 OFDM поднесущих. n: до 64QAM на 108 OFDM поднесущих. Фильтры: <ul style="list-style-type: none"> • a/g/h/j/n: Прямоугольная характеристика или определяемая производителем. • b: Гауссовский или определяемый производителем.
Технология множественного доступа	CSMA-CA
Метод передачи данных	Коммутация пакетов
Символьная или чиповая скорость	a/g/h: 250 кчип/с; b: 11 Мчип/с; j: 125 кчип/с.
Пользовательская скорость передачи данных	a/g/h/j: 54 Мбит/с; b: 11 Мбит/с; n: > 100 Мбит/с.
Коммерческое использование	а: 2002; b: 1999; g: 2003; h: 2003; j: 2004; n: 2006
Основные услуги	Передача данных для абонентов с малой подвижностью.

Поддерживающая организация: IEEE.

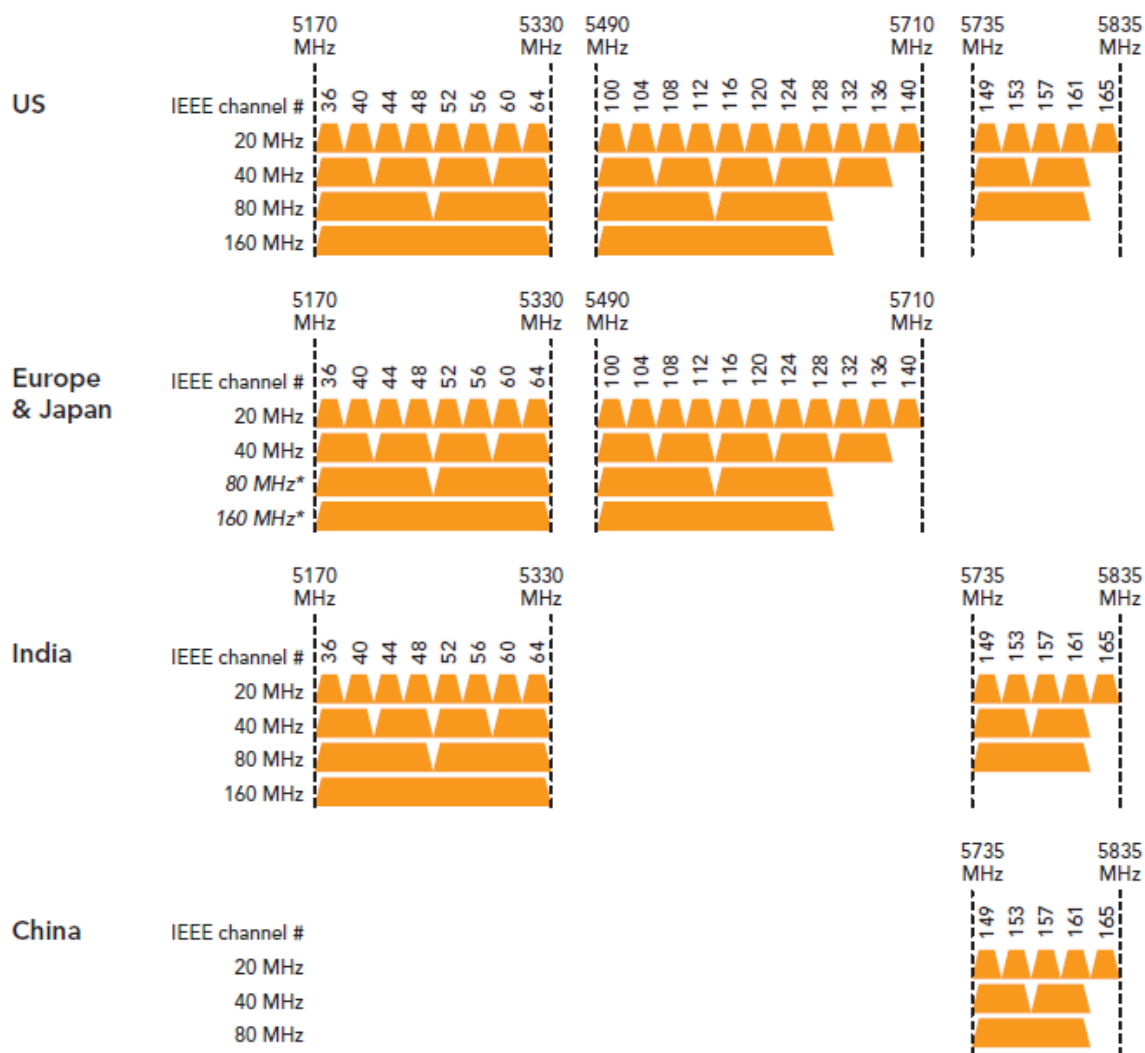
Интернет-источники:

- www.ieee802.org/11

- www.wi-fi.org - консорциум **Wi-Fi Alliance**.

Стандарт IEEE 802.11ac (WLAN)

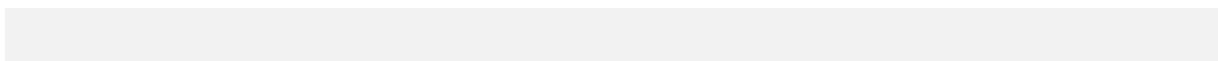
Диапазоны частот, МГц	5170 - 5330 5490 - 5710 5735 - 5835
Ширина каналов, МГц	80 МГц, 160 МГц
Модуляция	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM
Технология множественного доступа / Дуплекс	OFDM / TDD
Скорость передачи данных	> 1 Гбит/с



Class Channel Allocation в различных регионах

Стандарт IEEE 802.11ad (Wireless Gigabit)

Диапазоны частот, ГГц	56,16 – 64,80
Ширина каналов, ГГц	2,16
Модуляция	DBPSK, SQPSK, (PI/2) BPSK, (PI/2) QPSK, (PI/2) 16QAM, 64QAM
Технология множественного доступа / Дуплекс	OFDM, CSMA/CA / TDD
Скорость передачи данных	6,757 Гбит/с (OFDM) 4,62 Гбит/с (SC)



Стандарты IEEE 802.15.1; 1a (Bluetooth 1.2; Bluetooth EDR)

- Bluetooth был разработан как универсальный радиоинтерфейс ISM диапазона 2,4 ГГц, позволяющий производить беспроводной обмен информацией между электронными устройствами в персональных (*Medium-Speed Wireless PAN*) сетях с небольшими зонами охвата и служащими для соединения между собой офисных устройств без применения кабелей. Более совершенной является базовая спецификация Bluetooth EDR (*Bluetooth Core Specification Version 2.0 + Enhanced Data Rate*), пришедшая на смену версии Bluetooth 1.2.
- Используется глобально, во всем мире

Базовый диапазон частот	Диапазон ISM: 2,4 - 2,4835 ГГц
Разнос каналов	1 МГц со скачками по частоте FH (Frequency Hopping)
Модуляция, тип используемого фильтра	Bluetooth 1.2: GFSK с BT = 0,5 Bluetooth EDR: PI/4 QPSK; 8DPSK
Выходная мощность передатчиков	Class 3. Максимальная мощность 1 мВт (0 дБм) (10 м в открытом пространстве). Class 2. Максимальная мощность 2,5 мВт (4 дБм), номинальная – 1 мВт (0 дБм), минимальная 0,25 мВт (-6 дБм), обеспечивающая связь до 20 м. Class 1. Максимальная мощность 100 мВт (20 дБм), минимальная – 1 мВт (0 дБм), связь с однотипным устройством – порядка 100 м.
Технология множественного доступа	TDMA
Метод передачи данных	Коммутация пакетов; Синхронное соединение (Synchronous)
Символьная скорость	1 Мс/с
Пользовательская скорость передачи данных	Bluetooth: 1 Мбит/с Bluetooth EDR: 2 - 3 Мбит/с
Основные услуги	Речь и данные для абонентов с низкой подвижностью
Кодирование речи	Log PCM or CVSD (continuous variable slope delta)
Коммерческое использование	2000 - Bluetooth 2005 - Bluetooth EDR

Поддерживающие организации:

- Bluetooth Special Interest Group (SIG);
- IEEE.

Интернет-источники:

- www.bluetooth.org;
- www.ieee802.org/15.

Стандарт IEEE 802.15.4 (ZigBee)

Стандарт IEEE 802.15.4, получивший торговое название **ZigBee** (Пчела, летающая зигзагом, что связано с топологией сети) - это стандарт для низкоскоростных персональных радиосетей LR-WPAN (*Low Rate Wireless Personal Area Network*). Всего за ним закреплено 27 каналов в трех диапазонах частот. Глобальный ISM диапазон 2,4 ГГц (2400–2483,5 МГц) - 16 каналов, дополнительный диапазон для США 915 МГц (10 каналов) и Европейский одноканальный диапазон на 868 МГц. Скорость передачи данных между устройствами зависит от числа занятых каналов и колеблется от 20 до 256 кбит/с. Используется глобально, во всем мире, коммерческое использование с 2005 года.

Диапазон частот	898 МГц; 915 МГц; ISM 2,4 ГГц
Разнос каналов	915 МГц: 2 МГц 2,4 ГГц: 5 МГц
Модуляция, тип используемого фильтра	900 МГц: BPSK, фильтр RRC 2,4 ГГц: OQPSK, фильтр с импульсной характеристикой типа полусинус (half sine).
Технология множественного доступа	Множественный доступ с обнаружением несущей и предотвращением коллизий CSMA-CA (<i>carrier sense multiple access-collision avoidance</i>)
Метод передачи данных	Пакетный
Символьная скорость	900 МГц: 20, 40 кс/с. 2,4 ГГц: 62,5 кс/с; 2 Мчип/с (DDS = 62,5 кс/с * 32 чипа).
Пользовательская скорость передачи данных	20 - 250 кбит/с, зависит от используемого диапазона.
Основные услуги	Интеллектуальные здания, системы передачи данных от разного рода счетчиков (электричество, вода, газ, тепло), мониторинг окружающей среды, датчики задымления, температуры, шума, влажности, движения, автоматизация производства.

Поддерживающая организация: ZigBee Alliance, IEEE

Интернет-источники:

- www.ieee802.org/15/;
- www.zigbee.org.

Стандарты IEEE 802.16-2004; 802.16e/2005 (WiMAX)

Стандарт IEEE 802.16, названный WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) - "международное взаимодействие для микроволнового доступа", был разработан для организации единых беспроводных сетей масштаба города WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network*). Группа стандартов WiMAX позволяет создавать сети для работы на больших расстояниях, достигающих 50 км, в том числе, вне зоны прямой видимости. Используется глобально, во всем мире.

- Коммерческое использование: фиксированный доступ - 2005; мобильный доступ - 2006.

Диапазоны частот	Фиксированный доступ: < 11 ГГц Мобильный доступ: 2 - 6 ГГц 3,4 - 3,8 ГГц
Разнос каналов, МГц	Фиксированный доступ: 1,25 - 20; Мобильный доступ: 1,25; 5; 10; 20.
Модуляция, тип используемого фильтра	Фиксированный доступ: OFDM с BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM; Мобильный доступ: OFDMA с BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
Технология множественного доступа	TDMA
Метод передачи данных	Коммутация пакетов
Символьная скорость	до 87 кс/с
Пользовательская скорость передачи данных	до 75 Мбит/с
Основные услуги	Услуги высокоскоростных беспроводных сетей для домашних и корпоративных стационарных и подвижных пользователей, в городах и сельской местности.

Поддерживающие организации: IEEE, WiMAX Forum

Интернет-источники:

- www.wimaxforum.org - WiMAX Forum;
- www.wimax.com;
- <http://www.wimax-industry.com/index.html> - WiMAX Industry;
- www.wirelessman.org - IEEE 802.16 Working Group on Broadband Wireless Access Standards.

Стандарт IEEE 802.15.3a (UWB)

- Стандарт используется для организации персональных высокоскоростных сверхширокополосных сетей (**High-Speed Ultra WideBand PAN**).
- Используется в основном в Северной Америке и Японии, предполагается глобальное использование во всем мире.

Диапазон частот	Выделяемые участки в диапазоне 3,1 - 10,6 ГГц
Разнос каналов	> 500 МГц; В диапазонах MBOA: 528 МГц.
Модуляция, тип используемого фильтра	<ul style="list-style-type: none"> • Широкополосные радиоимпульсы (Shaped pulse); • Многочастотная OFDM (Frequency Switched OFDM). Фильтр, соответствующий диапазону и виду модуляции.
Технология множественного доступа	Множественный доступ с обнаружением несущей и предотвращением коллизий CSMA-CA
Метод передачи данных	Пакетный
Символьная или чиповая скорость	Определяется используемой технологией
Пользовательская скорость передачи данных	Более 100 Мбит/с
Основные услуги	Передача данных и видео абонентам с низкой подвижностью, беспроводной USB

Поддерживающие организации: IEEE, UWB Forum, Multi-Band OFDM Alliance(MBOA)

Интернет-источники:

- www.ieee802.org/15;
- www.uwbforum.org;
- www.multibandofdm.org.

6. Архитектура РЧ трактов

Частотный план РЧ тракта

Частотный план (*frequency plan*) устройства или РЧ тракта – это его предельно упрощенная структурная схема, на которой обязательно показаны устройства генерирования и преобразования сигналов - преобразователи, генераторы, модуляторы, делители и умножители. На плане приводятся номиналы генерируемых и преобразуемых частот и, при необходимости, размещаются устройства фильтрации.

Частотный план РЧ трактов необходимо формировать с учетом ряда **факторов**:

- требований стандарта - полосы рабочих частот на входе приемника и выходе передатчика; номиналов канальных частот, используемых видов модуляции и т.п.;
- требований к подавлению внеполосных излучений на выходе передатчика, определяемых стандартом;
- требований к подавлению сигналов на частотах внеполосного приема;
- наличия синтезаторов частот, обладающих необходимыми параметрами ($f_{min}...f_{max}$; шаг сетки частот Δf ; время установления частоты t_{ycm});
- сложившейся практики построения структур приемопередатчиков: наличия промышленных фильтров, прежде всего ПЧ, на необходимые частоты, отдельных функциональных узлов, работающих на определенных частотах и т.д.

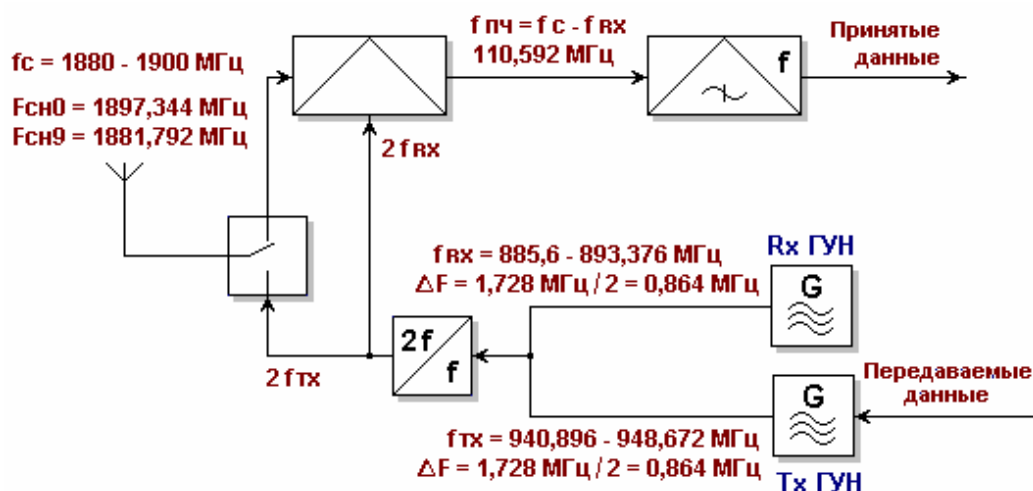


Рис.1. Пример частотного плана РЧ блока приемопередатчика DECT

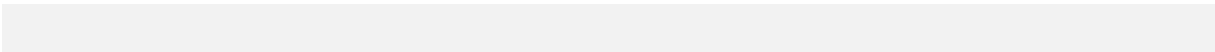
В качестве примера на рис. 1 приведен частотный план РЧ блока приемопередатчика DECT.

Выбор частотного плана и архитектуры РЧ блока

Выбор архитектуры РЧ блока и соответствующих частот внутренних сигналов должен производиться так, чтобы выполнялись все требования соответствующих стандартов с использованием наименьшего количества компонентов, достижения низкого потребления мощности от источников питания и минимальной стоимости. При этом разработчики, как правило, решают ряд **конкретных задач**:

- На начальном этапе проектирования тщательно рассчитывают наличие и величины нежелательных комбинационных составляющих на выходах преобразователей сигналов и учитывают их влияние;
- Минимизируют количество используемых в РЧ блоке генераторов и синтезаторов частоты, так как эти компоненты и, особенно, внешние ГУН ИС являются достаточно дорогими;
- Минимизируют диапазон перестройки ГУН для того, чтобы упростить разработку и стоимость используемых генераторов;
- Минимизируют количество используемых дорогих РЧ фильтров;
- Минимизируют потребляемую РЧ блоком мощность, тщательно прорабатывая режимы уменьшения энергопотребления (*Standby Modes*);
- Выбирают правильное соотношение используемых аппаратных и программных средств, учитывая энергопотребление АЦП и применяемого в бейсбенд тракте процессора ЦСП;
- При расчетах всех параметров РЧ блока с некоторым запасом учитываются практические ограничения, накладываемые параметрами имеющихся в распоряжении реальных РЧ компонентов.

Частотный план (*frequency plan*) устройства напрямую зависит от архитектуры и топологии реализуемого РЧ тракта, количества преобразований вниз и режимов работы, например, учета симплексности или дуплексности работы. При комплексном частотном планировании необходимо произвести изучение блокирующих сигналов, сигналов на частотах зеркальных каналов и каналах побочного излучения и приема. Эти РЧ компоненты являются радиосигналами, которые передаются в эфире другим радиооборудованием, и могут проникнуть в различные участки РЧ тракта приема. Они могут или сразу насытить РЧ тракты, или взаимодействовать с полезным (формируемым или принимаемым) сигналом, ухудшая качество его обработки.



Комбинационные составляющие на выходе преобразователя частоты сигнала

При преобразовании сигналов в РЧ блоках используются операции сложения и вычитания частот, производимые с помощью преобразователей сигналов. На выходе преобразователей наряду с полезными сигналами образуется целый ряд **комбинационных составляющих КС**, являющихся паразитными, мешающими (*Spurious Response*).

Вообще говоря, на выходе преобразователя формируются ряд **комбинационных составляющих** с частотами $\pm m f_{pч} \pm n f_{гет}$, где m и $n=1,2,3...$. Комбинационную составляющую принято характеризовать ее порядком, который равен сумме чисел $m+n$.

Нежелательные компоненты на выходе преобразователя отфильтровываются с помощью фильтров с необходимыми параметрами. Однако, зачастую, комбинационные составляющие попадают непосредственно в полосу пропускания выходных фильтров преобразователей и в силу этого **не могут быть удалены**. Уровень такой составляющей на выходе узла зависит только от типа преобразователя, используемого активного элемента и его режима (рис. 2).

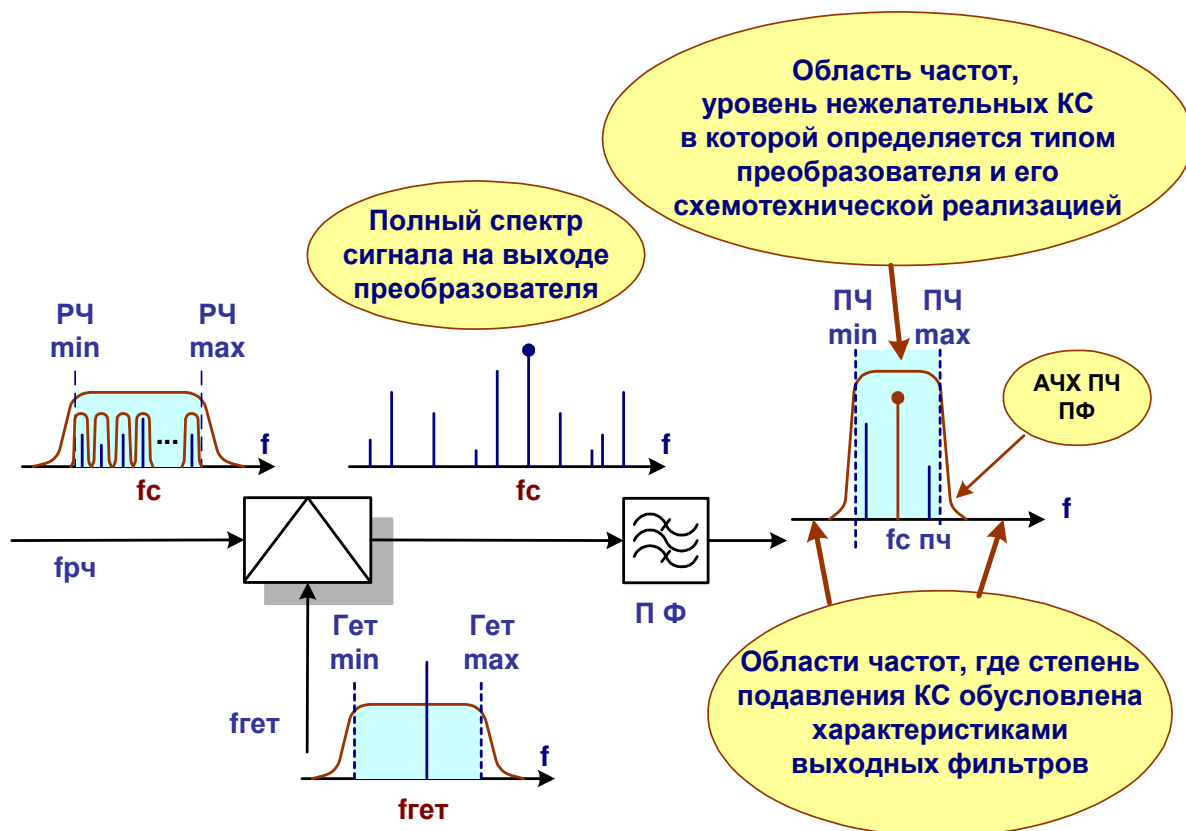


Рис. 2. Частотные спектры преобразователя

Особенно острой является проблема подавления нежелательных компонент при преобразовании сигналов в РЧ блоках устройств мобильной связи, где обрабатываются многоканальные сигналы, в качестве гетеродинов используются широкополосные перестраиваемые ГУН, а также в многодиапазонных и многомодовых устройствах. Для исключения этого явления необходима тщательная проработка частотного плана устройства и **выбор таких значений частот гетеродинов и ПЧ**, при которых обеспечивается подавление нежелательных компонент до приемлемого уровня.

Номограмма комбинационных составляющих

Определение наличия возможных комбинационных составляющих на выходе преобразователя может быть произведено с помощью различного рода номограмм [1 (с. 346), 2 (46-56)]. Один из вариантов номограммы приведен на рис. 3. При этом по осям откладываются входная $RЧ/Гет$ и выходная $ПЧ/Гет$ частоты преобразователя, отнормированные относительно частоты гетеродина $Гет$.

По этой номограмме может быть определен частотный спектр сигнала на выходе преобразователя и найдены КС до восьмого порядка. Для определения комбинационных составляющих, совпадающих с полезной КС на выходе преобразователя, надо построить на диаграмме две прямые, проходящие через точки $f_{рч}/f_{гет}$ и $f_{пч}/f_{гет}$ и исследовать область вблизи точки их пересечения. Если через точку пересечения проходит одна из прямых, приведенных на диаграмме и соответствующая какой-либо КС, то эта комбинационная составляющая попадает **непосредственно** в полосу пропускания выходного фильтра и не может быть эффективно подавлена.

В качестве **примера** использования номограммы рассмотрим преобразователь с входной частотой 1800 МГц и выбранной ПЧ, равной 360 МГц. Частота гетеродина при нижней настройке должна быть равна 1440 МГц. При выборе такого частотного плана и выполнении соответствующих построений на номограмме, показанных на рис 4, можно видеть, что КС $4f_{гет}-3f_{рч}$ точно совпадает по частоте $f_{пч}=360$ МГц - точка А. Эта КС, появляющаяся на выходе преобразователя при подаче полезного сигнала и ухудшающая качество сигнала на выходе преобразователя, не может быть отфильтрована. Таким образом, выбор такого значения промежуточной частоты является неудачным.

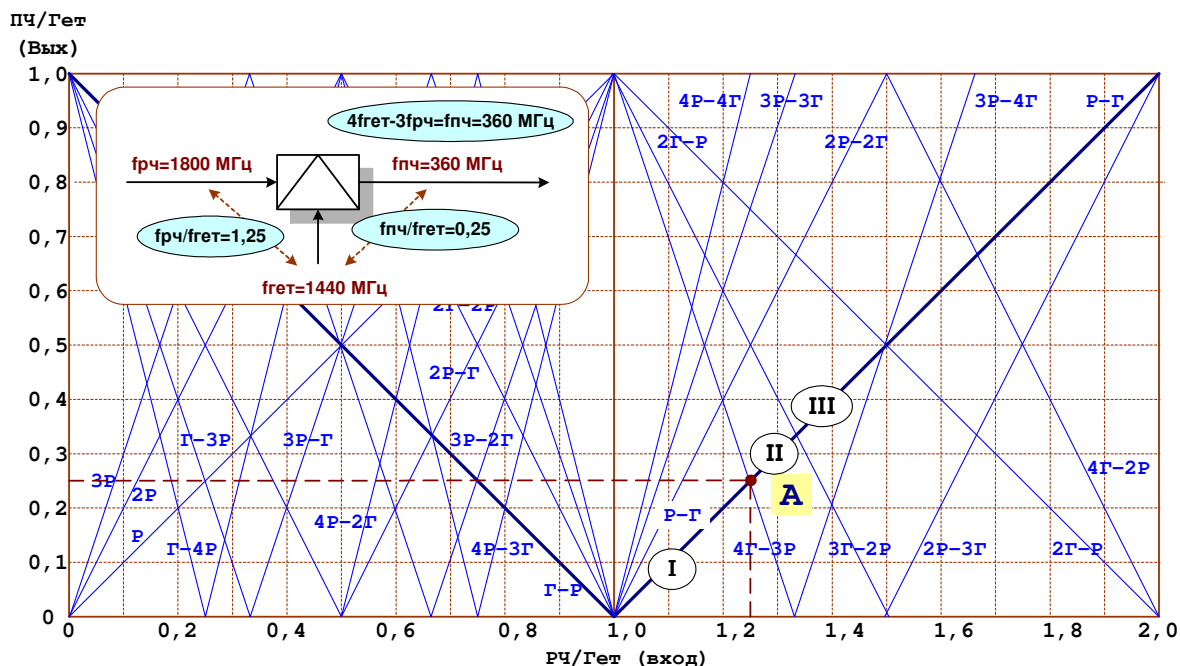


Рис. 4. Использование номограммы для определения КС, совпадающих с полезным сигналом на выходе преобразователя.

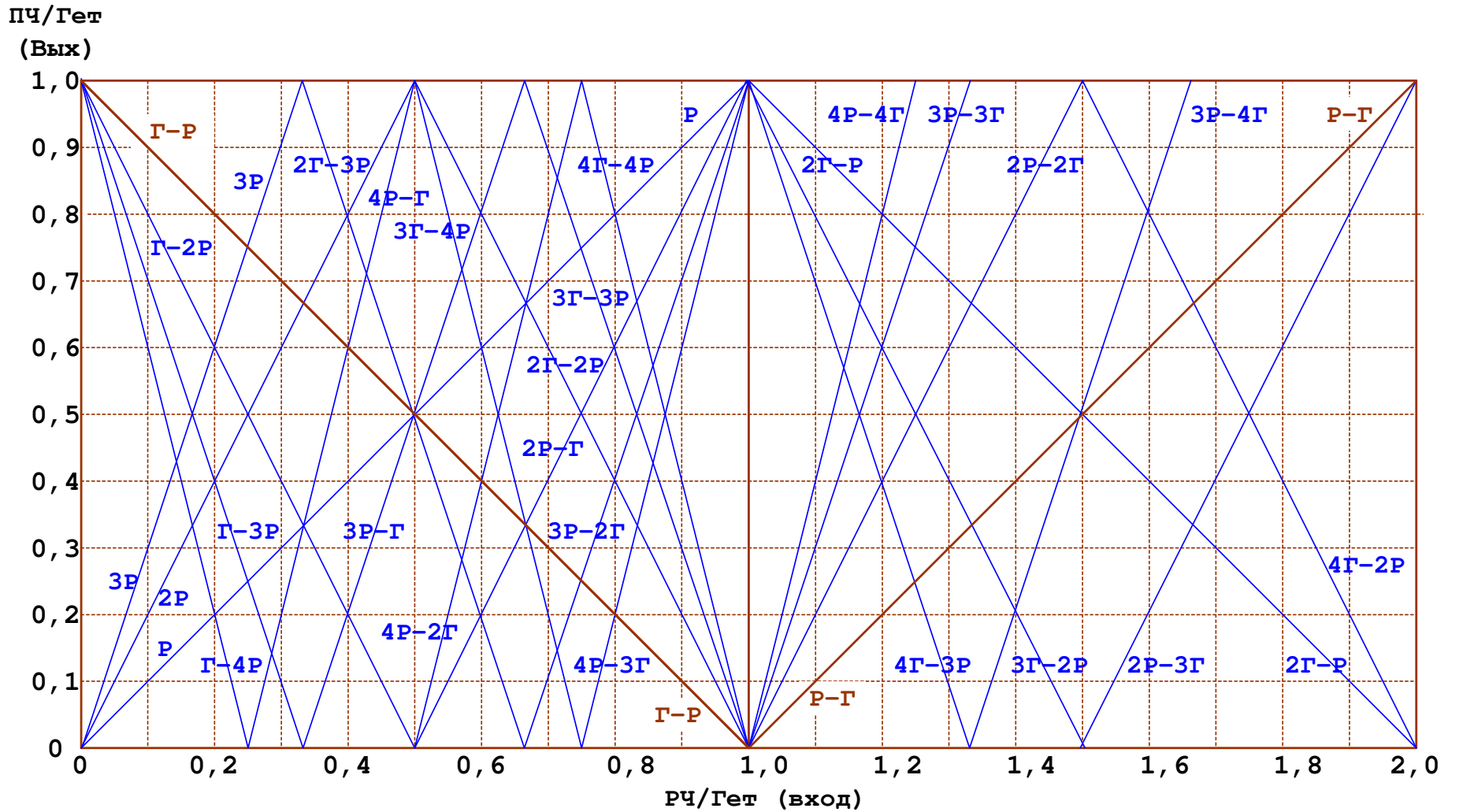


Рис. 3. Номограмма для определения возможных комбинационных составляющих на выходе преобразователя сигнала вниз по частоте

Учет диапазона перестройки гетеродина

В реальных радиосистемах, например, в мобильной связи на вход используемых функциональных узлов, и в частности, преобразователей, подается **многочастотный** (многоканальный) сигнал, занимающий достаточно широкую полосу частот. Причем сигнал может появиться в любом из рабочих каналов.

Рассмотрим ситуацию, когда на вход преобразователя подается многоканальный сигнал, занимающий полосу 1600 - 2000 МГц с разносом рабочих каналов 1 МГц (рис. 5). Для того чтобы выделить на выходе преобразователя сигнал только одного необходимого рабочего канала с частотой f_c , частота сигнала гетеродина $f_{гет}$ должна изменяться в диапазоне 1440 - 1640 МГц так, чтобы выполнялось условие $f_{пч} = f_c - f_{гет}$.

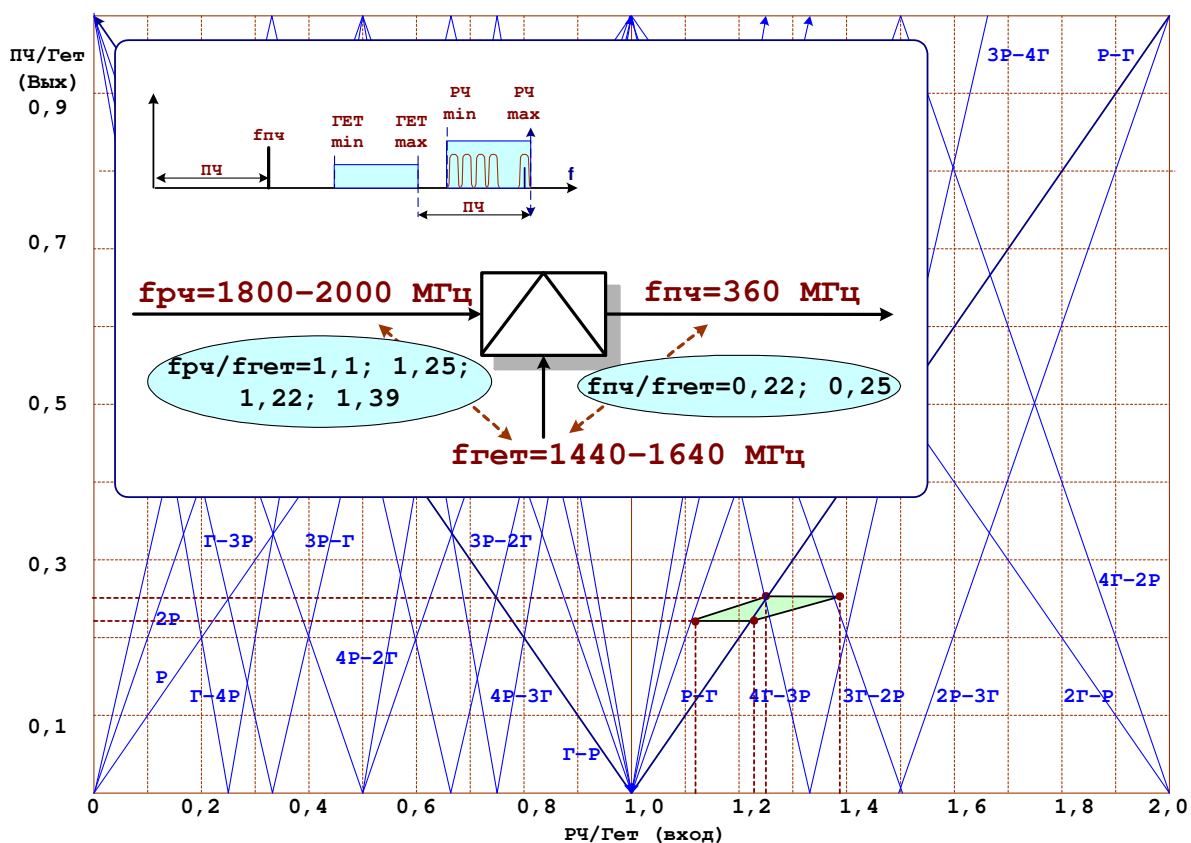


Рис. 5. Номограмма комбинационных составляющих при изменении частот гетеродина

Координаты вершин области на номограмме, в которую попадают возможные КС, могут быть найдены по формулам:

- $f_{пч\ min}/f_{гет\ min} = 1800 : 1640 = 1,1;$
- $f_{пч\ min}/f_{гет\ max} = 1800 : 1440 = 1,25;$
- $f_{пч\ max}/f_{гет\ min} = 2000 : 1640 = 1,22;$
- $f_{пч\ max}/f_{гет\ max} = 2000 : 1440 = 1,39;$
- $f_{пч}/f_{гет\ max} = 360 : 1440 = 0,25;$
- $f_{пч}/f_{гет\ min} = 360 : 1640 = 0,22.$

Искомая область на номограмме, называемая **апертурой сигнала (Bandwidth Aperture)**, построена на рис. 5. Количество мешающих КС, не превышающих восьмого порядка, в этом случае возрастает до 8. Значения соответствующих частот входных и гетеродинных сигналов приведены в таблице ниже.

N	f _{рч}	f _{гет}	КС
1	1800	1440	$4f_{гет}-3f_{рч}$
2	1807	1627	$-2f_{гет} + 2f_{рч}$
3	1818	1638	$-2f_{гет} + 2f_{рч}$
4	1844	1473	$4f_{гет}-3f_{рч}$
5	1888	1506	$4f_{гет}-3f_{рч}$
6	1932	1539	$4f_{гет}-3f_{рч}$
7	1976	1572	$4f_{гет}-3f_{рч}$
8	1980	1440	$3f_{гет}-2f_{рч}$

Учет полосы выходного фильтра

Для более точного нахождения всех нежелательных КС, которые могут появиться на выходе преобразователя следует учесть **реальную полосу пропускания полосового фильтра** ПФ на выходе преобразователя (рис. 2), ограниченную полосой $PЧ_{min}-PЧ_{max}$. В этом случае на диаграмме может быть построена прямоугольная область, ограниченная прямыми $PЧ_{min}/ГЕТ_{max}$, $PЧ_{max}/ГЕТ_{max}$, $PЧ_{min}/ГЕТ_{min}$, $PЧ_{max}/ГЕТ_{min}$. Такая прямоугольная область *I* построена на рис. 6. для условного примера. При $f_{гет}=ГЕТ_{max}$ на выход фильтра ПФ попадают все комбинационные составляющие, соответствующие прямым, пересекающим область, ограниченную построенным прямоугольником. На рис. 6 это комбинационные составляющие $2Гет-РЧ$, $2РЧ-2Гет$, $3РЧ-3Гет$, $3Гет-2РЧ$. Для верхней границы гетеродина $f_{гет}=ГЕТ_{min}$ может быть построен еще один прямоугольник *II*, ограниченный прямыми $PЧ_{min}/ГЕТ_{min}$, $PЧ_{max}/ГЕТ_{min}$, $PЧ_{min}/ГЕТ_{min}$, $PЧ_{max}/ГЕТ_{min}$.

Таким образом могут быть определены все опасные комбинационные составляющие, возникающие **при перестройке гетеродина** на выходе фильтра с **заданной конечной полосой**. Они соответствуют прямым, пересекающим апертуру, ограниченную построенными прямоугольниками и пунктирными линиями, соединяющими их вершины [3].

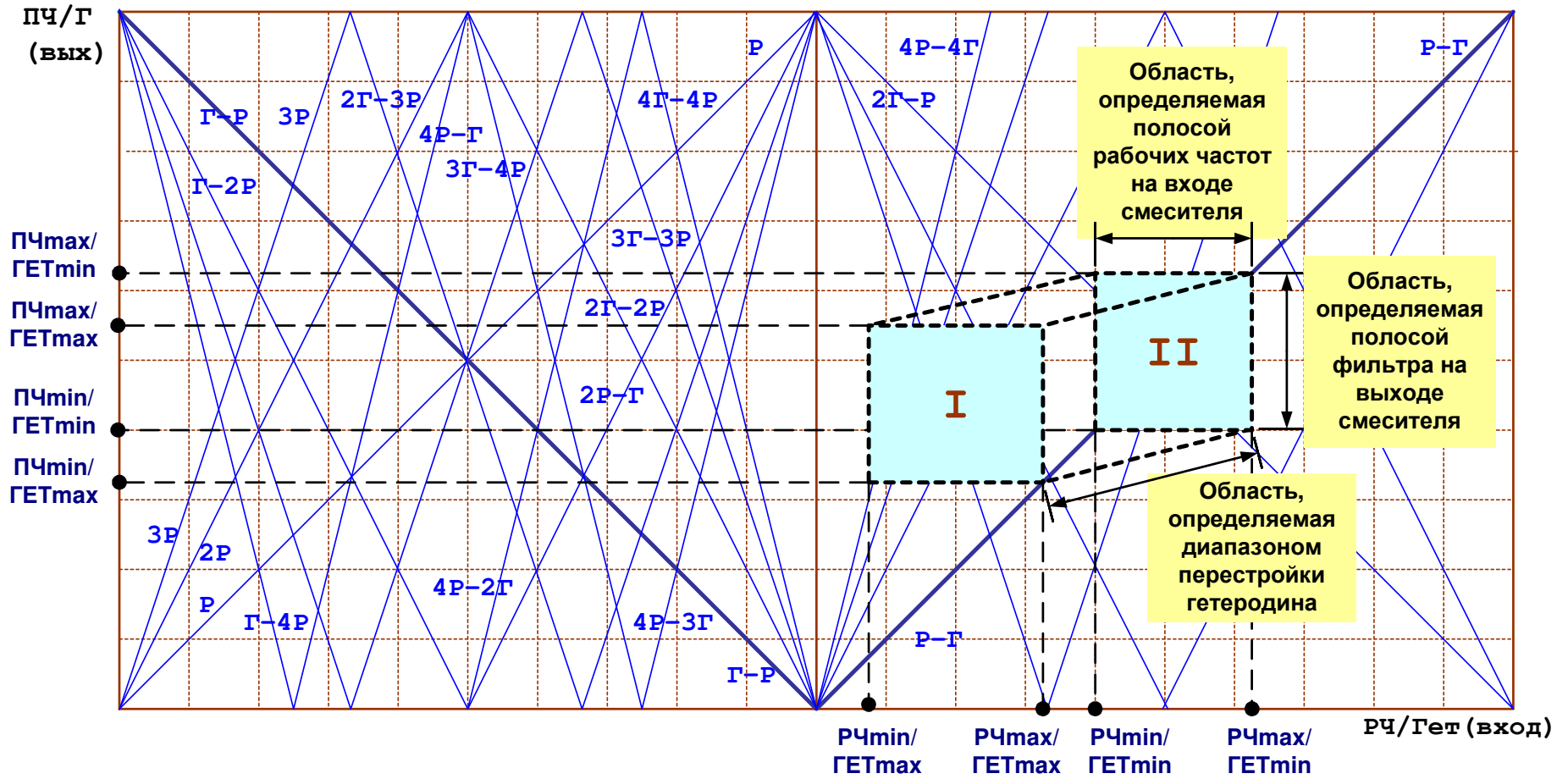


Рис. 6. Трехмерная апертура на номограмме преобразования сигнала вверх

Использование номограмм позволяет сделать первичное размещение ПЧ – выбор приемлемой области ее значений. Интерес представляют области на номограмме, наиболее свободные от КС, например области I, II, III на рис. 4.

При первичном выборе значения ПЧ следует помнить о том, что, выбор **высокого значения промежуточной частоты $f_{пч}$** облегчает подавление зеркального канала. Однако при выборе **низких значений промежуточной частоты** обеспечивается более **устойчивая работа** каскадов ПЧ и высокая **избирательность по соседнему каналу**. С учетом этого **противоречия** и происходит выбор значений промежуточных частот.

После первичного выбора области размещения можно уже определить точное значение $f_{пч}$. Например, при размещении апертуры в области I (рис. 4) целесообразно сместить апертуру как можно левее по линии основного преобразования, уменьшив значение $f_{пч}$ так, чтобы апертура почти соприкасалась с расположенными слева линиями наиболее опасных четных КС низких порядков. При этом будет обеспечено максимальное удаление от нечетных КС высоких порядков, расположенных справа от апертуры.

В этом случае можно считать выполненной задачу **оптимального выбора значения**

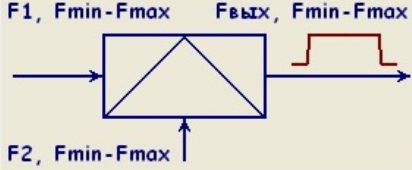
ПЧ:

- Обеспечивается отсутствие на выходе преобразователя частот наиболее опасных КС низкого порядка;
- Достигнуто наличие наибольших из возможных КС высоких порядков.

Следует отметить, что **только использование на начальном этапе проектирования номограммы** – графического, полного визуального представления частотного плана - позволяет найти разумные решения по ЧП: области с минимальными КС, разумные значения частот ПЧ, частоты гетеродинов и т.д.

Дальнейшее, детальное проектирование, оптимизация ЧП, могут производиться уже с применением специализированных компьютерных программ. Данную процедуру проиллюстрируем на простом примере. Для тракта передачи с $f_{пч}=45$ МГц при преобразовании сигнала вверх по частоте в диапазон 935-960 МГц и шагом сетки частот 200 кГц, необходимо использовать $f_{гет}=890-915$ МГц. Окно расчета ЧП, полученного с помощью компьютерной программы поиска КС «Радиодизайн-КС» [3], выглядит, как показано на рис... При выборе такого частотного плана, как видно из рисунка, на выходе преобразователя присутствует КС с минимальным порядком, равным 21.

Калькулятор комбинационных составляющих



F1, Fmin-Fmax Fвых, Fmin-Fmax
 F2, Fmin-Fmax

F1, МГц	F min	F max	шаг	n / m
44.9	44.9	45.1	0.1	40
890	890	915	0.2	40

Диапазон выходных частот

F вых 935 960

Найдено комбинационных: 494
Минимальный порядок: 21

Поиск комбинационных составляющих

Номограмма

Выход

Fвых	F1	Гарм1	F2	Гарм2	Порядок
957,2	45,2	-38	891,6	3	41
957,8	45,2	-38	891,8	3	41
958,4	45,2	-38	892	3	41
959	45,2	-38	892,2	3	41
959,6	45,2	-38	892,4	3	41
935,3	44,9	-19	894,2	2	21
935,7	44,9	-19	894,4	2	21
936,1	44,9	-19	894,6	2	21
936,5	44,9	-19	894,8	2	21
936,9	44,9	-19	895	2	21
937,3	44,9	-19	895,2	2	21
937,7	44,9	-19	895,4	2	21
938,1	44,9	-19	895,6	2	21
938,5	44,9	-19	895,8	2	21

Координаты апертуры

1,049180327868E	0,0492896174863
1,0786516853932	0,0506741573033
1,0218579234972	0,0490710382513
1,050561797752E	0,0504494382022

Рис.7. Окно расчета ЧП, полученного с помощью компьютерной программы «Радиодизайн-КС»

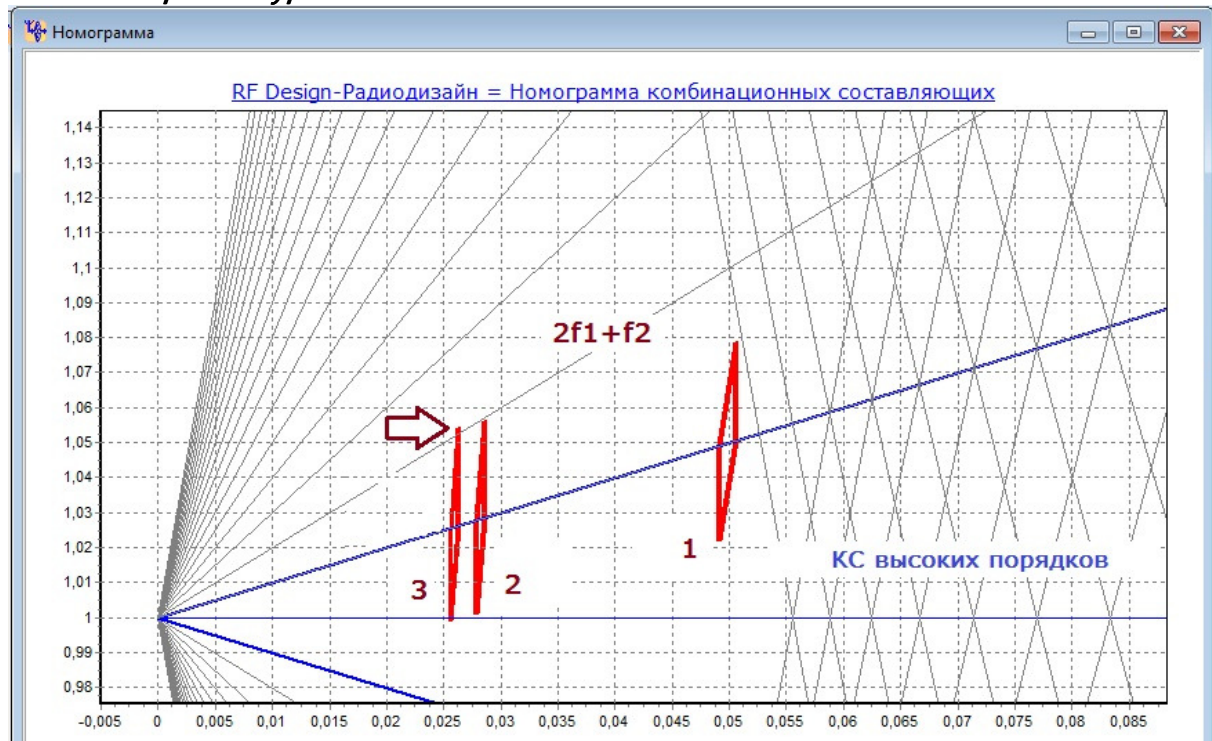


Рис.8. Процесс поиска наилучшего значения промежуточной частоты при преобразовании сигнала вверх по частоте

Данному ЧП соответствует, крайнее правое положение (1) апертуры на номограмме, приведенной на рис. 8. Анализируя положение апертуры на номограмме, можно заметить, что апертуру целесообразно сместить вправо. Это приведет к увеличению порядка минимальной КС в тракте. При $f_{пч}=26$ МГц ($f_{гет}=909-934$ МГц), минимальный порядок равен 35, среднее положение (2) апертуры на номограмме.

Если попробовать еще уменьшить значение $f_{пч}$, можно получить резкое ухудшение частотного плана. При $f_{пч}=25$ МГц ($f_{гет}=910-935$ МГц), минимальный порядок равен 3 ($2f_1+f_2$), чему соответствует крайнее левое (3) положение апертуры на номограмме. Это видно и по номограмме – в помеченной стрелкой области апертура задевает КС третьего порядка.

Таким образом, при выборе $f_{пч}=26$ МГц был получен **наилучший вариант ЧП**, для которого минимальный порядок КС равен 35.

Данные построения могут быть сделаны и без применения компьютерных программ путем построения апертуры на номограмме в укрупненном масштабе.

1. Проектирование радиопередатчиков: Учебное пособие для вузов / В.В. Шахгильдян, М.С. Шумилин, В.Б. Козырев и др.; Под ред. В.В. Шахгильдяна. - М.: Радио и связь, - 656 с.
2. Манассевич В. Синтезаторы частот (Теория и проектирование): пер. с англ./ Под ред. А.С.Галина. М.: Связь, 1979. -384 с.
3. Материалы интернет-сайта «Радиодизайн»: www.rfdesign.ru.

7. РЧ Компоненты

Антенны. Термины и определения. ГОСТ 24375-80

Стандарт ГОСТ 24375-80 разработан давно, но в данный момент является действующим. Особенности использования в настоящее время некоторых терминов приведены в моих «Комментариях».

374. **Антенна** - устройство, предназначенное для излучения или приема радиоволн.

Примечание. В зависимости от назначения антенны подразделяются на приемные, передающие и приемопередающие;

8п. **Антенно-фидерное устройство** - антенна и все элементы между выходом радиопередатчика и входом антенны;

375. **Изотропная антенна** - воображаемая антенна без потерь, излучающая равномерно во все стороны;

376. **Направленная антенна** - антенна, обеспечивающая в определенном или определенных направлениях более эффективное излучение или прием радиоволн, чем в других;

377. **Ненаправленная антенна** - антенна, обеспечивающая одинаковую эффективность излучения или прием радиоволн по всем направлениям в заданной плоскости;

378. **Настроенная антенна** - антенна, параметры которой соответствуют предъявляемым требованиям на одной рабочей частоте;

379. **Диапазонная антенна** - антенна, параметры которой соответствуют предъявляемым требованиям в диапазоне рабочих частот;

380. **Широкополосная антенна** - антенна, параметры которой соответствуют предъявляемым требованиям при коэффициенте перекрытия диапазона частот 1,2 - 1,5;

381. **Первичный излучатель антенны, Излучатель** - излучающий элемент антенны, связанный с фидером;

Недопустимо: Активный вибратор, Излучающая антенна

382. **Вторичный излучатель антенны, Вторичный излучатель** - излучающий элемент антенны, не связанный с фидером и возбуждаемый электромагнитным полем первичного излучателя;

Недопустимо: Пассивный вибратор

383. **Антенный элемент** - первичный или вторичный излучатель;

384. **Вибратор** - первичный или вторичный излучатель, выполняемый из прямых провода или трубы, или совокупности проводов или труб;

385. **Несимметричный вибратор** - вибратор, располагаемый над проводящей поверхностью, соединяемый одним концом с фидером, второй вывод которого соединяется с проводящей поверхностью, например землей, противовесом антенны или корпусом объекта;

386. **Симметричный вибратор** - вибратор в виде двух симметрично располагаемых в одной плоскости проводников одинаковой длины и формы, к смежным концам которых подводится фидер;

387. **Линейный симметричный вибратор** - симметричный вибратор, оси проводников которого располагаются по одной прямой;

388. Полуволновый симметричный (одноволновый) вибратор - линейный симметричный вибратор, электрическая длина которого равна половине длины волны (одной длине волны);

389. Полуволновый (четвертьволновый) несимметричный вибратор - линейный несимметричный вибратор, длина которого равна половине (четверти) длины волны;

390. Антенная решетка - по ГОСТ 23382-78;

391. Щелевая антенна - антенна, в которой в качестве первичного излучателя используется щель в металлической поверхности;

392. Рупорная антенна - антенна в виде волновода с плавно расширяющимся поперечным сечением в сторону открытого конца;

393. Радиолинза - структура, преобразующая фронт электромагнитной волны;

394. Линзовая антенна - направленная антенна, состоящая из первичного излучателя и радиолинзы;

Недопустимо: Антенна-линза

395. Спиральная антенна - антенна с вращающейся поляризацией, выполненная в виде металлической спирали;

396. Директор антенны, Директор - вторичный излучатель или совокупность вторичных излучателей антенны, расположенные по отношению к первичному излучателю со стороны главного лепестка диаграммы направленности антенны с целью увеличения коэффициента направленного действия антенны;

Недопустимо: Направляющий диполь

397. Рефлектор антенны, Рефлектор - вторичный излучатель антенны или совокупность вторичных излучателей, расположенные по отношению к первичному излучателю со стороны, противоположной главному лепестку диаграммы направленности антенны с целью увеличения коэффициента направленного действия антенны;

Недопустимо: Отражатель

398. **Отражатель антенны**, Отражатель - вторичный излучатель антенны, представляющий определенную поверхность, служащую для изменения направления и плотности потока мощности электромагнитной волны;

399. Зеркальная антенна - направленная антенна, содержащая первичный излучатель и отражатель антенны в виде металлической поверхности;

400. Снижение антенны - часть антенны, представляющая собой вертикальный или наклонный провод, связанный нижним концом с фидером или входом радиоприемника, а другим - с верхней частью антенны;

401. **Фидер** - электрическая цепь и вспомогательные устройства, с помощью которых энергия радиочастотного сигнала подводится от радиопередатчика к антенне или от антенны к радиоприемнику.;

Недопустимо: Фидерная линия, Волноводный тракт, Линия передачи

Примечание. Под вспомогательными устройствами понимают соединители, вентили, фазовращатели и т.д.;

402. Заземление антенны, Заземление - проводник или группа проводников, которые обеспечивают соединение земли или корпуса подвижного объекта с одним выводом выхода радиопередатчика (входа радиоприемника), ко второму выводу которого подключается антенна;

403. Противовес антенны, Противовес - проводник или группа проводников, изолированные от земли, подсоединяемые к одному выводу выхода радиопередатчика (входа радиоприемника), ко второму выводу которого подключается антенна;

404. Коэффициент усиления антенны, Усиление антенны - отношение мощности на входе эталонной антенны к мощности, подводимой ко входу рассматриваемой антенны, при

условии, что обе антенны создают в данном направлении на одинаковом расстоянии равные значения напряженности поля или такой же плотности потока мощности;

Примечания:

1. При отсутствии указания о направлении значение коэффициента усиления антенны соответствует направлению максимального излучения.;

2. Коэффициент усиления антенны может выражаться в децибелах и равняться увеличенному в 10 раз десятичному логарифму отношения мощностей;

405. Абсолютный коэффициент усиления антенны, Абсолютное усиление антенны - Коэффициент усиления антенны в данном направлении, когда эталонная антенна представляет собой изотропную, расположенную в свободном пространстве;

406. Эквивалентная изотропно-излучаемая мощность, Изотропно-излучаемая мощность - произведение мощности радиочастотного сигнала, подводимого к антенне, на абсолютный коэффициент усиления изотропной антенны;

407. Эффективная излучаемая мощность, ЭИМ - произведение мощности радиочастотного сигнала, подводимого к антенне, на коэффициент усиления этой антенны в данном направлении, когда эталонной антенной является полуволновый симметричный вибратор без потерь, расположенный в пространстве таким образом, что указанное направление лежит в плоскости, в которой его коэффициент усиления постоянный;

408. Полное входное сопротивление антенны - полное электрическое сопротивление цепи, измеренное на входных зажимах антенны;

409. Коэффициент полезного действия антенны, К.п.д. антенны - отношение мощности радиоизлучения, создаваемого антенной, к мощности радиочастотного сигнала, подводимого к антенне;

410. Направленность антенны, Направленность - способность антенны излучать или принимать радиоволны в определенных направлениях более эффективно, чем в других;

411. Диаграмма направленности антенны - графическое представление зависимости коэффициента усиления антенны или коэффициента направленного действия антенны от направления антенны в заданной плоскости;

412. Нормированная диаграмма направленности антенны, Диаграмма направленности - диаграмма направленности антенны, в которой зависимость коэффициента усиления антенны (коэффициента направленного действия антенны) пронормирована относительно ее максимального значения;

413. Ширина диаграммы направленности антенны, Ширина диаграммы направленности - угол между двумя направлениями диаграммы направленности антенны, на границах которого напряженность поля падает до определенного значения;

414. Лепесток диаграммы направленности антенны, Лепесток - часть диаграммы направленности антенны, которая находится внутри области, ограниченной двумя соседними направлениями минимального излучения;

415. Главный лепесток диаграммы направленности антенны, Главный лепесток - лепесток диаграммы направленности антенны, в пределах которого излучение антенны максимально;

416. Задний лепесток диаграммы направленности антенны, Задний лепесток - лепесток диаграммы направленности антенны, направление которого образует по отношению к направлению главного лепестка угол, равный или близкий 180° ;

417. Уровень заднего лепестка антенны - отношение коэффициента усиления антенны в направлении главного лепестка диаграммы направленности антенны к коэффициенту усиления в направлении заднего лепестка;

418. Боковой лепесток диаграммы направленности антенны, Боковой лепесток - любой лепесток диаграммы направленности антенны, кроме главного и заднего;

419. Ширина лепестка антенны - угол между двумя направлениями лепестка диаграммы направленности антенны, на границах которого напряженность поля падает до определенного значения.;

Примечание. Термины видовых понятий образуются в соответствии с названием конкретного лепестка диаграммы направленности антенны, например «ширина главного лепестка антенны», «ширина заднего лепестка антенны», «ширина бокового лепестка антенны»;

420. **Коэффициент направленного действия антенны, КНД** - отношение квадрата напряженности поля, создаваемой антенной в данном направлении, к среднему значению квадрата напряженности поля по всем направлениям;

Примечание. При отсутствии указания о направлении значения коэффициента направленного действия антенны соответствует направлению максимального излучения;

421. Диапазон антенны - диапазон частот или длин волн, в котором параметры антенны находятся в заданных пределах;

Недопустимо: Диапазон использования антенны, Рабочий диапазон волн антенны

422. Действующая длина антенны - отношение э.д.с., наводимой в антенне радиоволной, приходящей с направления главного лепестка диаграммы направленности антенны, к напряженности поля в месте приема;

423. Эффективная площадь приемной антенны - площадь, определяемая отношением максимальной мощности, которая может быть отдана приемной антенной без учета потерь в согласованную нагрузку, к мощности, приходящейся на единицу площади в падающей плоской радиоволне;

Недопустимо: Действующая поверхность антенны, Площадь поглощения

12. Словари. Справки

Децибел. Основные понятия

Бел - это десятичный логарифм отношения величин двух мощностей. Если известны две мощности P_1 и P_2 , то их отношение, выраженное в белах, определяется формулой

$$N[B] = \lg(P_2/P_1).$$

На практике, чаще, чем основная единица – **Бел**, применяется **Децибел**.

Децибел - десятая часть бела, единицы, используемой для измерения отношения различных величин (энергетических - мощности и энергии, силовых — напряжения и тока) с использованием логарифмической шкалы. Русское обозначение единицы - **дБ**, международное - **dB**.

$$N[dB] = 10 \lg(P_2/P_1).$$

Децибел не является абсолютной физической величиной. Это - относительная величина, такая же как «разы», предназначенная для измерения отношения двух величин.

При применении децибел и производных единиц говорят об использовании **логарифмических величин** или **логарифмических шкал**. Использование системы обозначений дБ упрощает расчет мощности в системах связи:

Суммирование значения в дБ означает то же самое, что **умножение** при операциях с обычными числами. **Вычитание** значений дБ то же самое, что и **деление** на обычное число.

Если имеются **мощности** 1Вт, 10Вт, 100Вт, 1000Вт, то каждая мощность больше предыдущей на 10дБ.

Значения коэффициента передачи цепи по мощности $K(P)$, выраженные в дБ

Усиление мощности		Потери мощности	
0 дБ	$P_{\text{вых}} = P_{\text{вх}}$ (усиления не происходит)		
1 дБ	$P_{\text{вых}} = P_{\text{вх}} \times 1,259$	-1 дБ	$P_{\text{вых}} = 0,7943 P_{\text{вх}}$
3 дБ	$P_{\text{вых}} = P_{\text{вх}} \times 1,995$	-3 дБ	$P_{\text{вых}} = 0,5012 P_{\text{вх}}$
3,0103 дБ	$P_{\text{вых}} = P_{\text{вх}} \times 2$	-3,0103 дБ	$P_{\text{вых}} = 0,5 P_{\text{вх}} = P_{\text{вх}}/2$
6 дБ	$P_{\text{вых}} = P_{\text{вх}} \times 3,981$	-6 дБ	$P_{\text{вых}} = 0,2512 P_{\text{вх}}$
6,0206 дБ	$P_{\text{вых}} = P_{\text{вх}} \times 4$	-6,0206 дБ	$P_{\text{вых}} = 0,25 P_{\text{вх}} = P_{\text{вх}}/4$
10 дБ	$P_{\text{вых}} = P_{\text{вх}} \times 10$	-10 дБ	$P_{\text{вых}} = 0,1 P_{\text{вх}} = P_{\text{вх}}/10$
20 дБ	$P_{\text{вых}} = P_{\text{вх}} \times 100$	-20 дБ	$P_{\text{вых}} = P_{\text{вх}}/100$
30 дБ	$P_{\text{вых}} = P_{\text{вх}} \times 1000$	-30 дБ	$P_{\text{вых}} = P_{\text{вх}}/1000$
40 дБ	$P_{\text{вых}} = P_{\text{вх}} \times 10000$	-40 дБ	$P_{\text{вых}} = P_{\text{вх}}/10000$

Если имеются **напряжения** 1В, 10В, 100В, 1000В, то каждое напряжение больше предыдущего на 20дБ. **Пример: $K(U)=13 \text{ дБ} = 10 \text{ дБ} + 3 \text{ дБ} \rightarrow 10 \cdot 2 = 20 \text{ раз}$**

Значения коэффициента передачи цепи по напряжению $K(U)$, выраженные в дБ

Усиление напряжения		Потери напряжения	
0 дБ	$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}}$ (усиления не происходит)		
1 дБ	$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \times 1,122$	-1 дБ	$U_{\text{вых}} = 0,891 U_{\text{вх}}$
3 дБ	$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \times 1,413$	-3 дБ	$U_{\text{вых}} = 0,708 U_{\text{вх}}$
5 дБ	$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \times 1,778$	-5 дБ	$U_{\text{вых}} = 0,562 U_{\text{вх}}$
6 дБ	$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \times 1,995$	-6 дБ	$U_{\text{вых}} = 0,501 U_{\text{вх}}$
6,0206 дБ	$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \times 2$	-6,0206 дБ	$U_{\text{вых}} = 0,5 U_{\text{вх}} = U_{\text{вх}}/2$
10 дБ	$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \times 3,162$	-10 дБ	$U_{\text{вых}} = 0,316 U_{\text{вх}}$
20 дБ	$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \times 10$	-20 дБ	$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}}/10$
30 дБ	$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \times 31,6$	-30 дБ	$U_{\text{вых}} = 0,0316 U_{\text{вх}}$
40 дБ	$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \times 100$	-40 дБ	$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}}/100$

Децибел. Измерение абсолютных значений мощности

Несмотря на то, что децибел служит для определения отношения двух величин, зачастую децибеллы используют и для измерения абсолютных значений. Для этого достаточно условиться, какой уровень измеряемой физической величины будет принят за **опорной уровень** (*reference*), соответствующий условному нулю. Далее производится оценка измеряемых уровней в децибелах относительно этого опорного уровня. Наиболее широкое употребление на практике распространены опорные уровни мощности, в частности - миллиВатт (мВт):

$$\text{дБм} = 10 \lg(P[\text{миллиВатт}]/1) .$$

Система обозначений **дБм** (dBm) представляет уровень мощности в децибелах относительно опорного сигнала с уровнем **1 мВт** (1mW). При обычно говорят коротко: "децибел относительно милливатт".

Другими словами, такое обозначение показывает, насколько больше (плюс перед величиной) или меньше (минус перед величиной) измеряемый сигнал, чем 1 мВт. Если сигнал имеет уровень мощности 3 дБм, это означает, что он в 2 раза больше, чем 1 мВт. Соответственно, уровень мощности сигнала равен 2 мВт.

Децибел. Другие логарифмические единицы

- **дБВ (dBV)** - децибел относительно опорного напряжения 1В. "dBV" показывают отношение напряжения относительно одного вольта:

$$\text{дБВ} = 20 \lg(U[\text{Вольт}]/1) .$$

Заметьте, что, чтобы вычислять величины мощность оценивает от напряжения и наоборот, необходимо знать импеданс системы, по умолчанию обычно предполагается, что используется 50 Ом система.

- **дБмкВ (dBuV)** - децибел относительно опорного напряжения 1 микровольт. Часто используется для трактов приема, например, "чувствительность приемника составляет -6 дБмкВ"
- **дБн (dBc)** – децибел относительно опорного уровня несущей частоты или основной гармоники в спектре сигнала. Обычно говорят коротко: "децибел относительно несущей".

Децибел. Техника преобразования логарифмических величин

Квалифицированные специалисты могут производить перевод этих величин в уме,

используя простую математику и запомнив ряд соотношений в системе дБ:

- • **0дБ** представляет собой отношение **1 к 1** (10^0 к 1) – **нулевая** степень десяти;
- • **10 дБ** представляет отношение **10 к 1** (10^1 к 1) – **первая** степень десяти;
- • **20 дБ** представляет отношение **100 к 1** (10^2 к 1);
- • **30 дБ** представляет отношение **1000 к 1** (10^3 к 1).

3 дБ в логарифмической системе – это приблизительно те же самое, что и отношение **2 к 1** - изменение величины **в 2 раза**. Таким образом, рост мощности на 3 дБ означает ее увеличение в 2 раза;

5 дБ - приблизительно те же самое, что и отношение **3 к 1** - рост мощности на 5 дБ означает ее увеличение в 3 раза. (Точно: в 3.1622776601683795 раз.)

Используя комбинации этих запоминаемых значений, можно легко осуществлять преобразования дБ:

- Изменение на 6 дБ = 3 дБ + 3 дБ = $2 \cdot 2$ = изменение в 4 раза;
- Изменение на 9 дБ = 3 дБ + 3 дБ + 3 дБ = $2 \cdot 2 \cdot 2$ = изменение в 8 раз;
- Изменение на 15 дБ = 10 дБ + 5 дБ = $10 \cdot 3$ = изменение в 30 раз;
- Изменение на 2 дБ = 5 дБ – 3дБ = $3/2$ = изменение в 1,5 раза.

Полезно запомнить и это: **1 дБ = 1,25 раза**. Кстати:

- Изменение на 1 дБ = 10 дБ – 3дБ – 3дБ – 3дБ = $10/2/2/2$ = изменение в 1,25 раз.

Системные Информационные Блоки (System Information Block)

Системная информация организована с помощью системных информационных блоков (*System Information Block, SIB*), каждый из которых содержит набор функциональных параметров.

Блок главной информации (*Master Information Block, MIB*). Данный блок содержит ограниченное количество наиболее часто передаваемых параметров, знание которых необходимо для начального доступа к сети (например, полоса рабочих частот, номер кадра и т.д.). Определены следующие типы SIB:

MIB	Main index for system information. Contains scheduling information on SIBs and up to two scheduling blocks
SIB1	NAS information as well as information on timers for use in idle or connected mode
SIB2	information on the URAs that are available. There can be up to 8 URAs in a cell
SIB3	information on the cell selection and reselection parameters that the UE should use whilst in idle mode
SIB4	Similar to SIB3 contents for connected mode. if no SIB4 then UE should use SIB3
SIB5	Contains information on the common physical channels in the cell (PICH, AICH, P-CCPCH, PRACH, SCCPCH) for a UE in idle mode
SIB6	Same like SIB5 to use in connected mode
SIB7	Contains information on fast changing cell parameters such as the uplink interference levels (used for open loop power control for the PRACH) and the dynamic persistence value (also used for PRACH)
SIB8	for FDD mode only. Contains static information for CPCH
SIB9	for FDD mode only. Contains dynamic information for CPCH
SIB10	For FDD mode only. Sent via FACH, contains informatino relevant to the DRAC procedure
SIB11	measurement control information for a UE in idle mode
SIB12	measurement control information for a UE in connected mode
SIB16	information on channel configuration (physical, transport and RB) to be stored in the UE for use during handover to UTRAN
SIB18	PLMN identities for neighbouring cells to be considered for use by a UE that is in either idle or connected mode

- http://utran.wikia.com/wiki/System_Information_Blocks

SIB1 : NAS Information. UE Timers and counters to be used in RRC Idle & Connected State

SIB2: List of URA Identities

SIB3: Parameters for Cell Selection and Reselection

SIB4: Same as SIB3 but used in Connected State

SIB5: Configuration parameters of common physical channels in a cell. PCH and PICH Info (CPCH)

SIB6: Configuration of Common and Shared physical channel

SIB7: Contains fast changing UL interface params and dynamic. As this is changes often so controlled by timer

SIB8: Used in FDD . Static CPCH info of cell. Used in Connected mode only

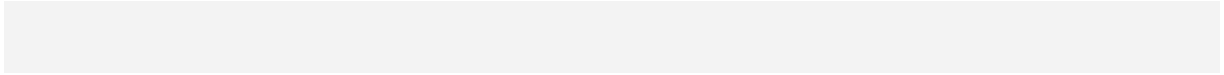
SIB9: CPCH info. As it changed often, controlled by timers connected mode only.

SIB10 : DRAC Procedure, used when CELL_DCH controlled by timer

SIB11 : Measurement control information to be used in CELL

SIB12: Same as SIB11 but used in connected mode only

SIB13: For ANSI-41 . It also has 4 associated SIBS 13.1 to 13.4. Reference to subblocks. Used when System is ANSI-41



Предметный указатель

З

3GPP. Нумерация, 26

Г

GSM, 3

А

Антенна, 61

Архитектура РЧ трактов, **50**

Архитектура системы, эталонная, 7

В

Векторная диаграмма, 22

Д

Децибел, 65

Децибел относительно милливатт, 66

К

Комбинационные составляющие, 52

М

Модель системы эталонная, 10

Модуляция, **20**

Н

Номограмма комбинационных составляющих, 53

Р

Решетчатая диаграмма, 23

С

Сигнальное созвездие, 22

Системные Информационные Блоки, **68**

Ч

Частотный план, 50