

Модемы для ВЧ связи в сетях 35 кВ и 6-20 кВ

Возможность применения модемов NBPLC для сетей 35 кВ определяется техническими и экономическими показателями. Разработка модемов, использующих технологию многочастотной передачи (OFDM и др.), которые обеспечат скорость передачи информации до **6 мб/сек** в разрешенном диапазоне частот 16-1000 кГц, и различных методик высоковольтного присоединения, позволит значительно снизить затраты и повысить качество каналов связи для подстанций 35 кВ, а также стать базовой технологией связи для распределительных сетей 6-20 кВ.

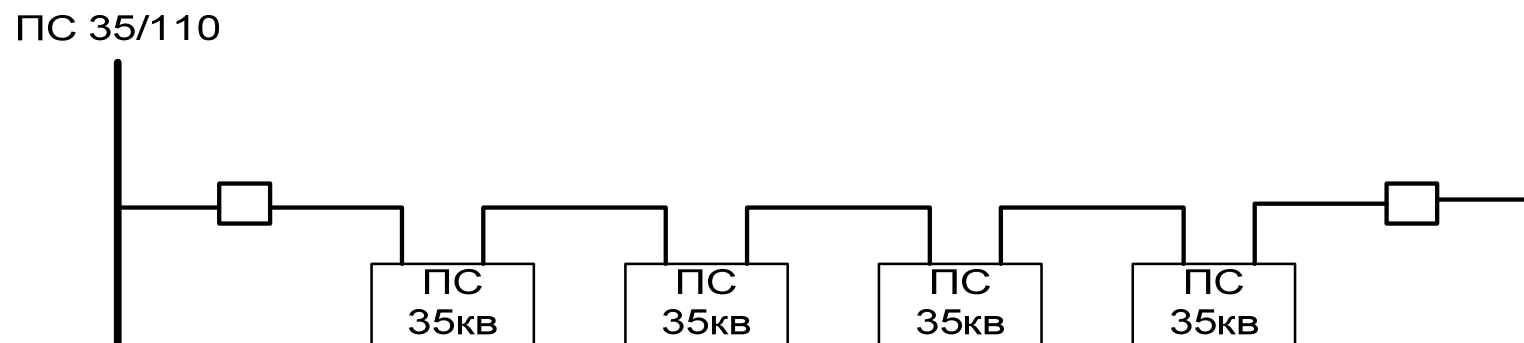
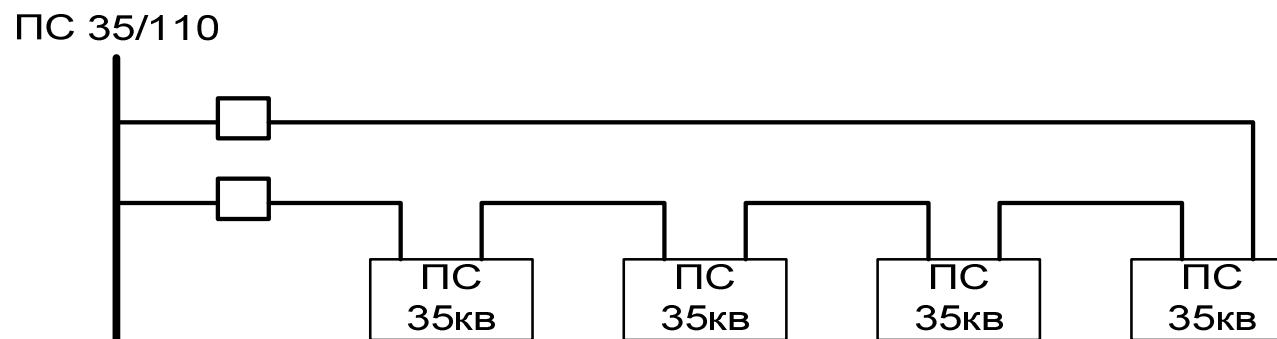
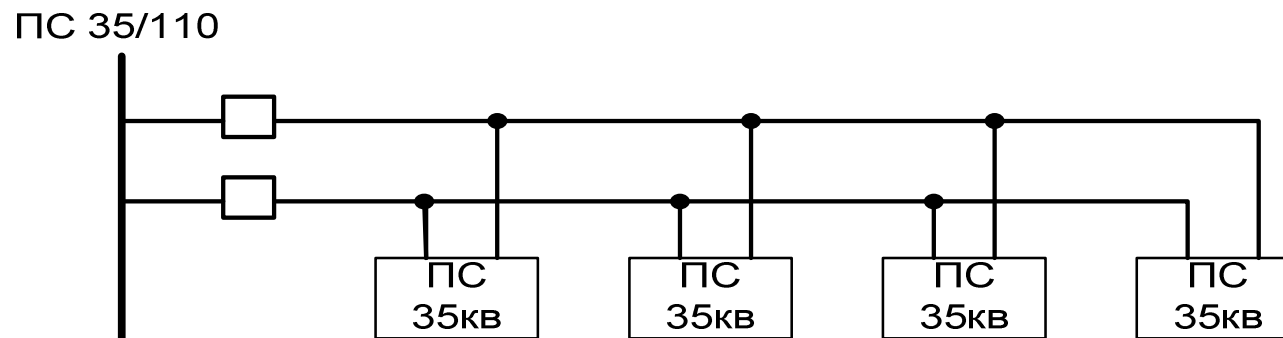
Варианты использования частотного спектра

- Так как частоты (16-1000 кГц) используются на всех подстанциях, то возможно взаимное влияние одной группы модемов (мастер и слэйвы) на другую, которое устраняется разделением частотного спектра. Исходя из этого, можно предложить следующие варианты распределения частот:
- - 16-200 кГц для релейной защиты и ПА;
- - 200-600 кГц для передачи в одном направлении, 600-1000 кГц для передачи в обратном (полный дуплекс);
- - 200 – 1000 кГц для передачи в обоих направлениях с динамическим распределением пропускной способности (полудуплекс);
- - 200-600 кГц прием и передача в одной группе подстанций, 600-1000 кГц прием и передача в соседней группе подстанций.

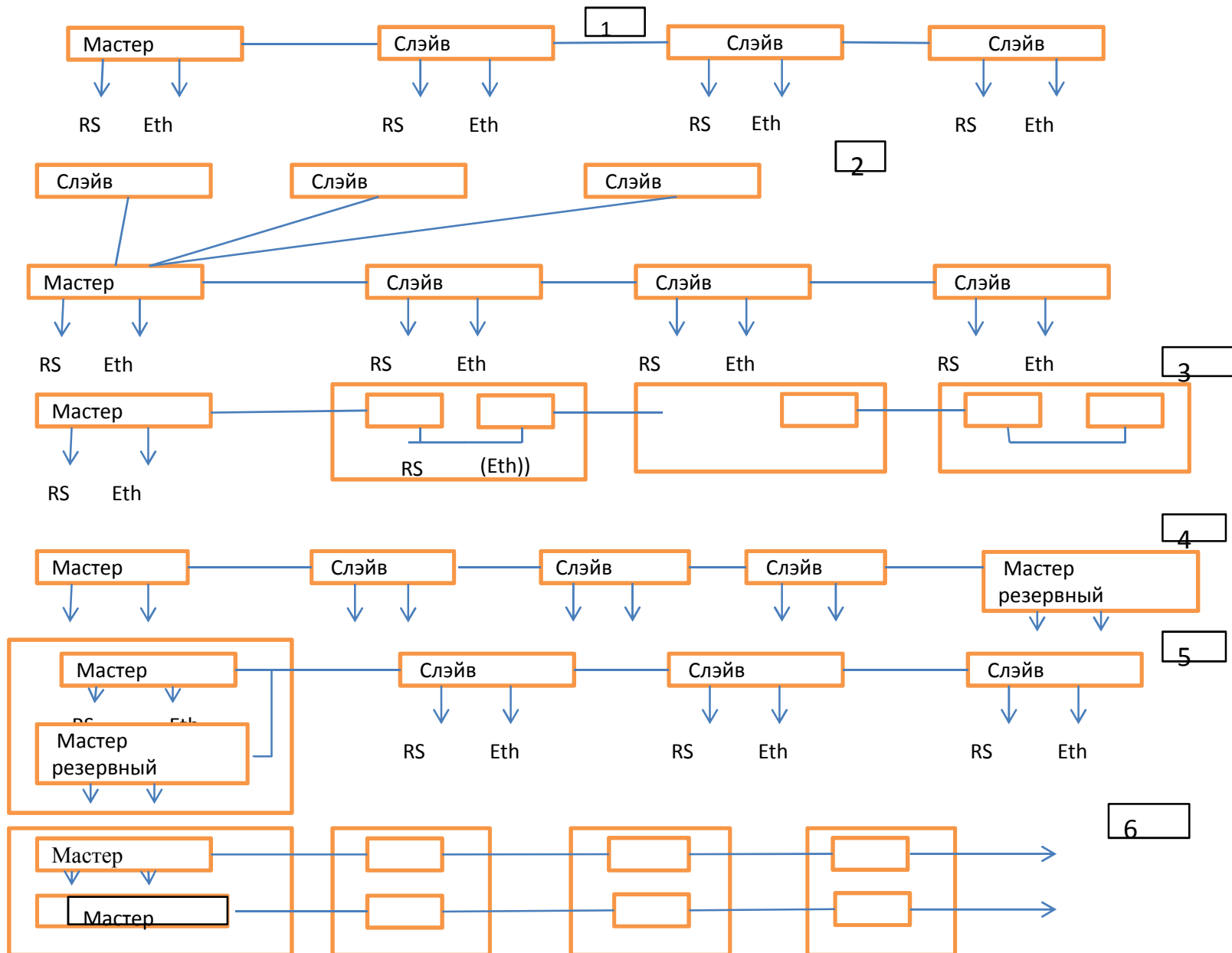
ТОПОЛОГИЯ СЕТИ СВЯЗИ

- для ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ 35 КВ – «ТОЧКА – ТОЧКА» И «ТОЧКА - МНОГО ТОЧЕК», С ВОЗМОЖНОСТЬЮ РЕТРАНСЛЯЦИИ СИГНАЛОВ ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ СХЕМЕ СОЕДИНЕНИЯ ПОДСТАНЦИЙ;
- для ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ (6 – 20 КВ) - «ТОЧКА - МНОГО ТОЧЕК» С АДАПТАЦИЕЙ К ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ТОПОЛОГИИ СИЛОВОЙ СЕТИ, ВОЗМОЖНОСТЬЮ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОИСКА МАРШРУТА С РЕТРАНСЛЯЦИЕЙ ЧЕРЕЗ ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ УЗЛЫ СЕТИ И КОМПЕНСАЦИИ МНОГОЛУЧЕВОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ОТРАЖЕНИЙ СИГНАЛА.

Несколько схем питания подстанций 35 кВ. Ниже приведены
схемы питания по двухцепной или двум одноцепным
линиям.



Варианты топологии сети передачи данных



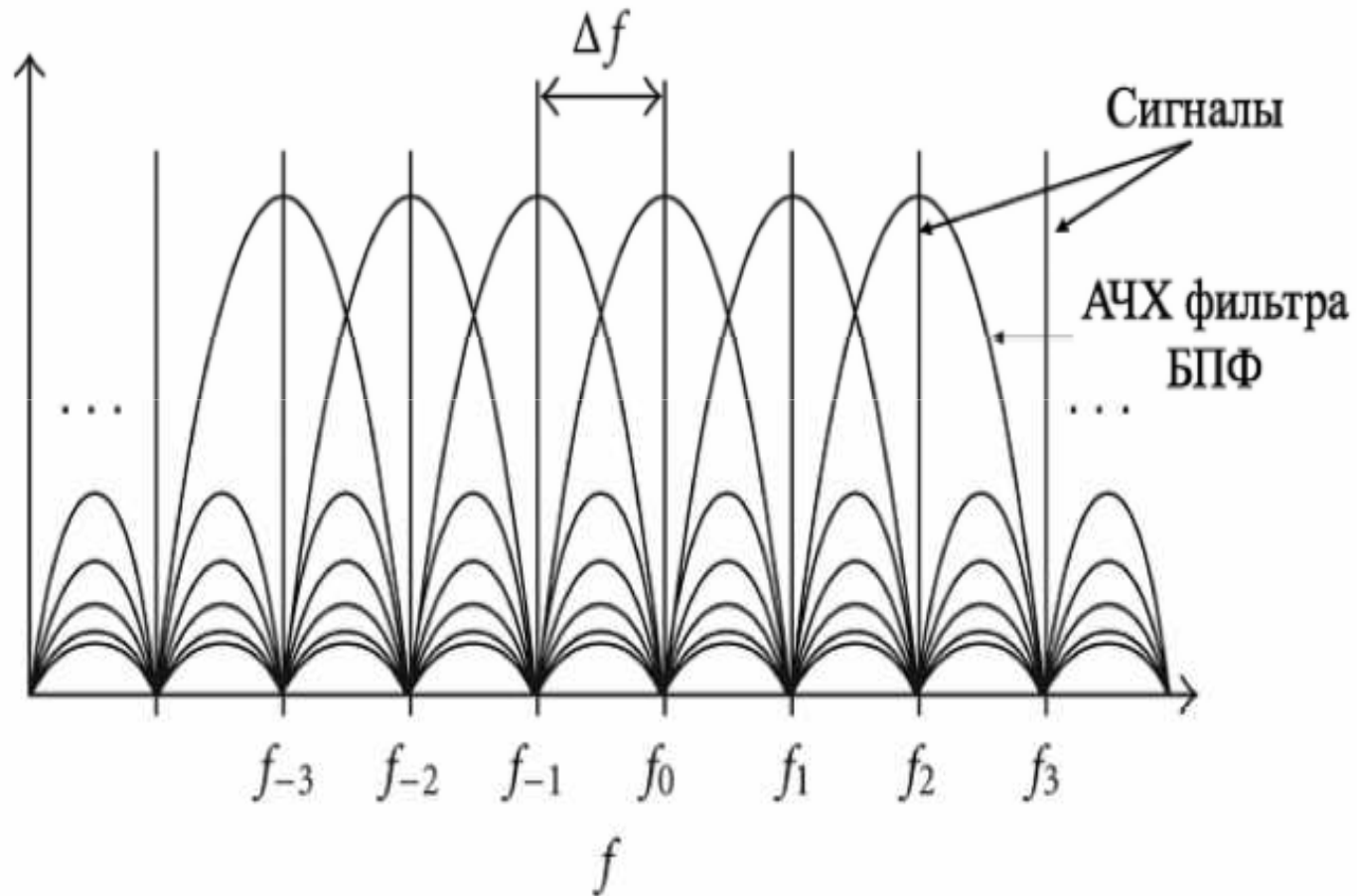
Варианты топологии сети передачи данных

- Головной модем (мастер), информация через который передается в корпоративную сеть, расположен на подстанции 35/110 кВ. Модемы на подстанциях 35 кВ работают в режиме оконечных (слэйв), с возможностью ретрансляции сигнала или без ретрансляции. Возможно несколько вариантов схем: точка – много точек, точка – точка и различные смешанные варианты.
- Точка – много точек, с ретрансляцией сигнала
- Точка – много точек, с ретрансляцией в отдельной ветке
- Точка – точка, с ретрансляцией через порт RS или Eth и с разделением спектра
- Точка – много точек, с ретрансляцией сигнала и резервным Мастером на противоположном конце при наличии включения линии 35 кВ в два узла, имеющих связь с корпоративной сетью (узлы агрегации трафика).
- Точка – много точек, с ретрансляцией сигнала и резервным Мастером на одном объекте
- Точка – много точек, с ретрансляцией сигнала, резервированием на каждом объекте и разделением спектра

Решение поставленных задач

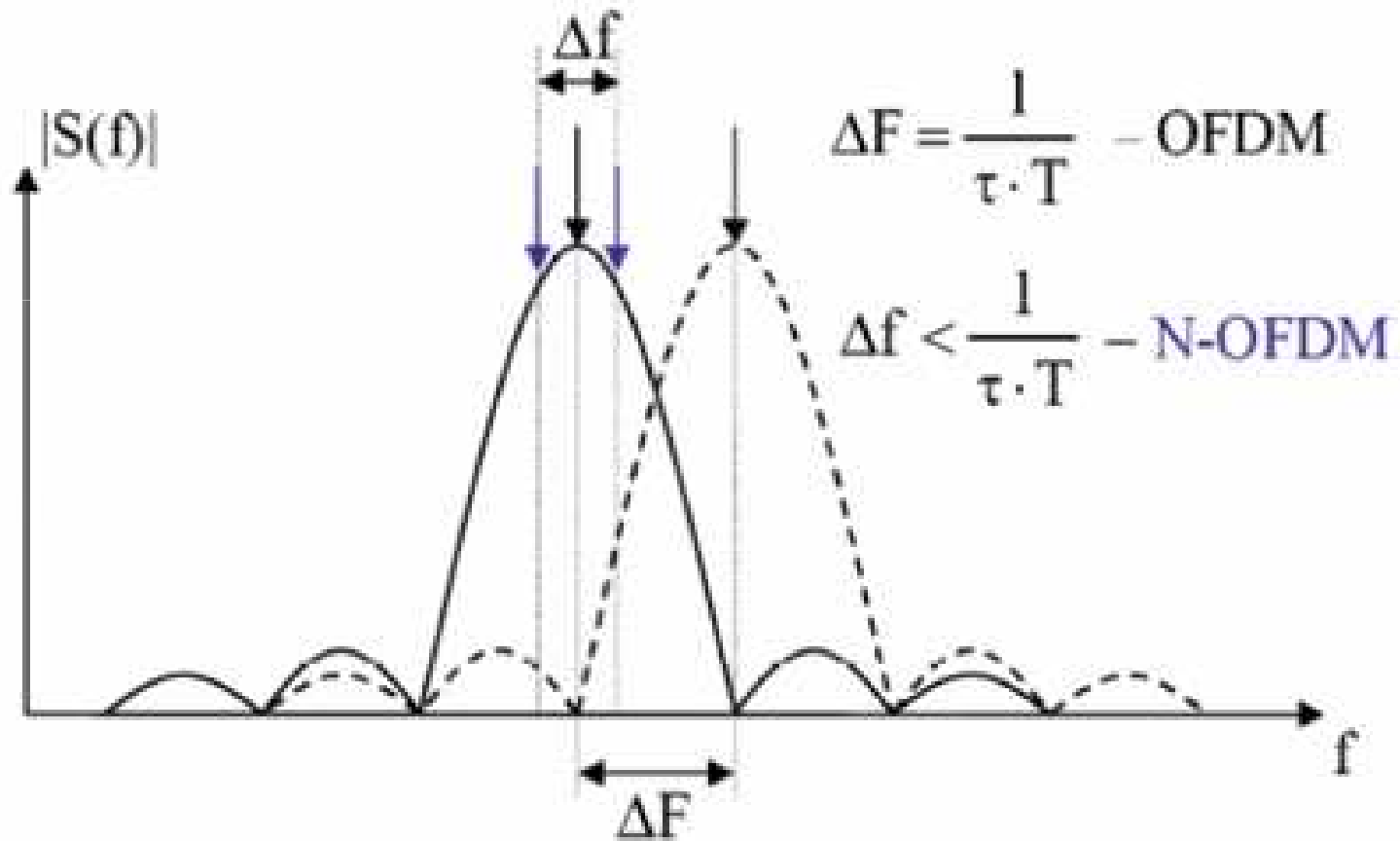
- выбор оптимальной модуляции для канала;
- выбор оптимального помехоустойчивого кодирования;
- выбор протокола доступа к среде передачи;
- обеспечение совместимости с существующими стандартами;
- разработка сетевого уровня, соответствующего топологии сетей;
- обеспечение соответствия требованиям технологических систем;
- обеспечение соответствия принципам современной передачи цифровой информации по IP.

Форма OFDM сигнала

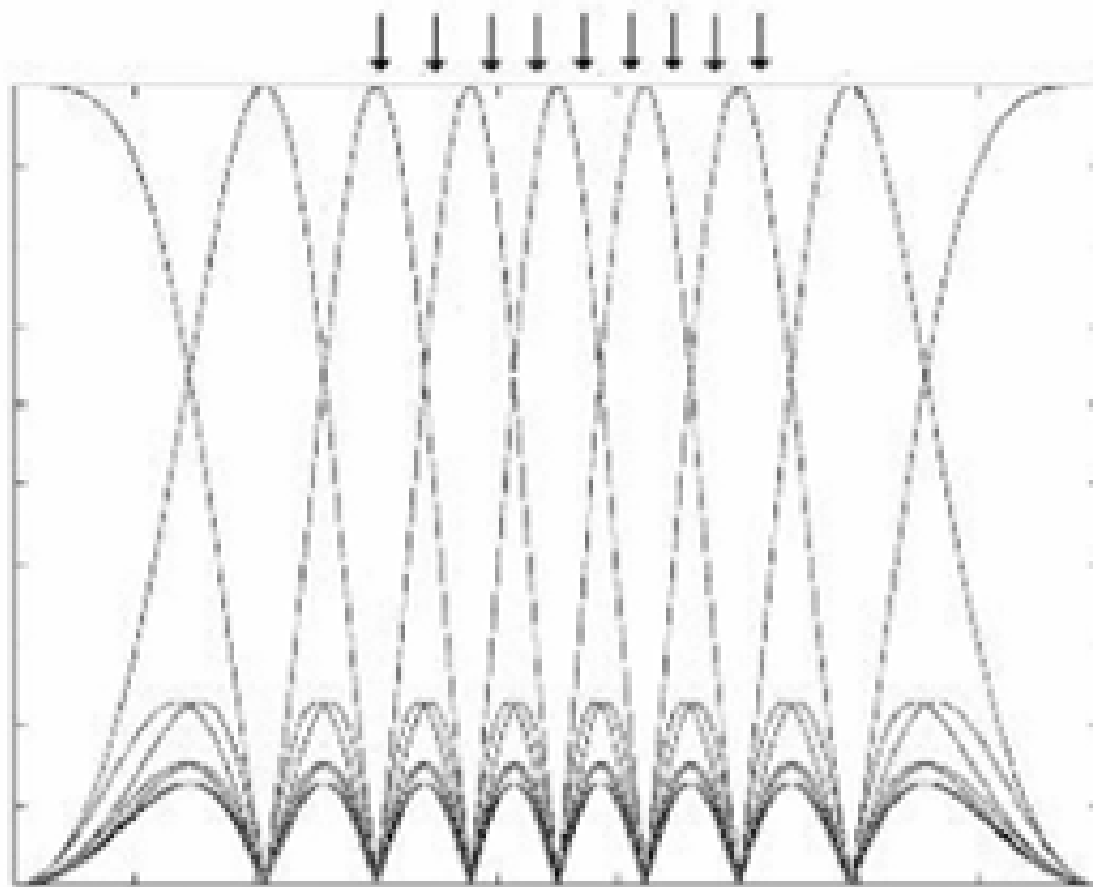


OFDM-пакет

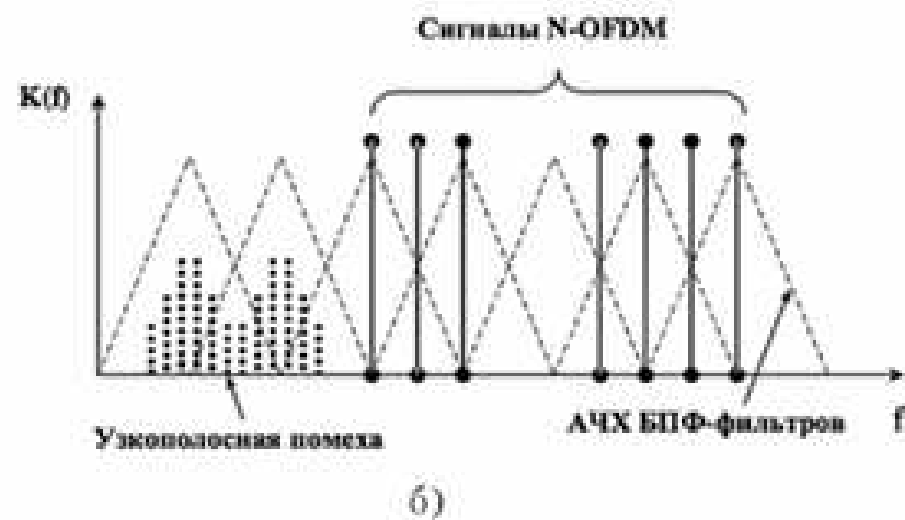
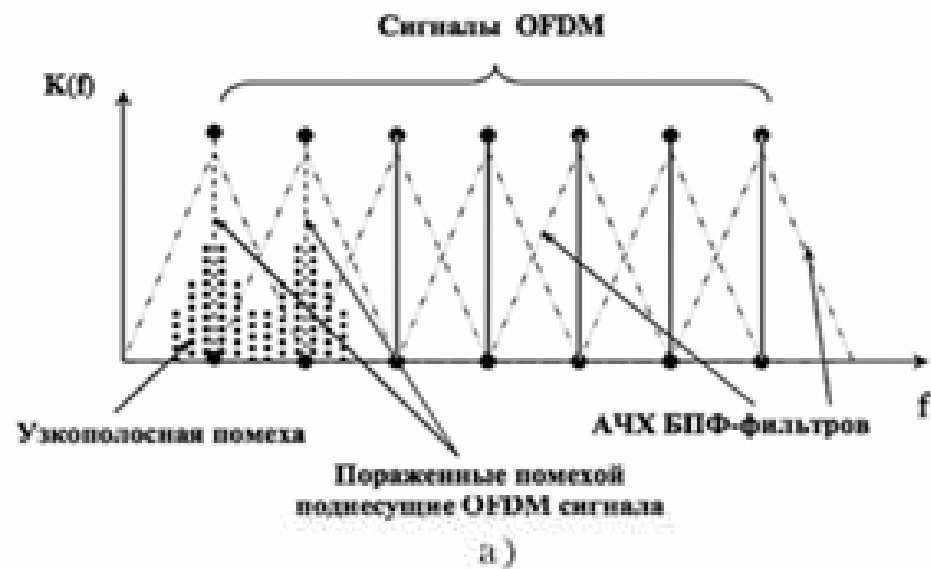
N-OFDM сигнал с двумя несущими



N-OFDM сигналы



Принцип адаптивной отстройки от помех



Использование новых сигнально-кодовых конструкций в сетях 5G

Одним из условий будущего развития 5G будет повышение спектральной эффективности передаваемых сигналов за счет применения новых сигнально-кодовых конструкций на основе неортогональных сигналов и FTN-сигналов отличных от OFDM-сигналов, используемых в сетях 4G.

Новые сигнально кодовые конструкции 5G

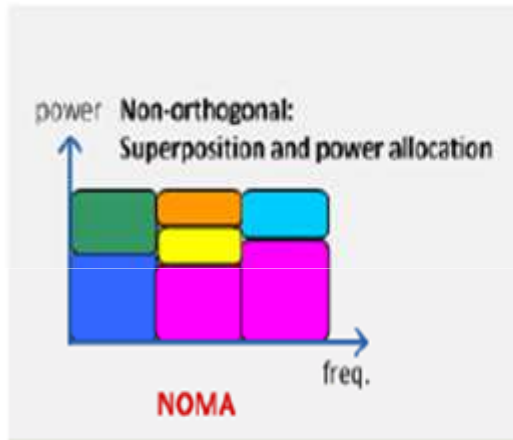
Традиционные технологии ортогонального множественного доступа:

- FDMA (1G);
- TDMA(2G);
- CDMA(3G);
- OFDMA(4G).

Неортогональный множественный доступ NOMA будет иметь следующие преимущества:

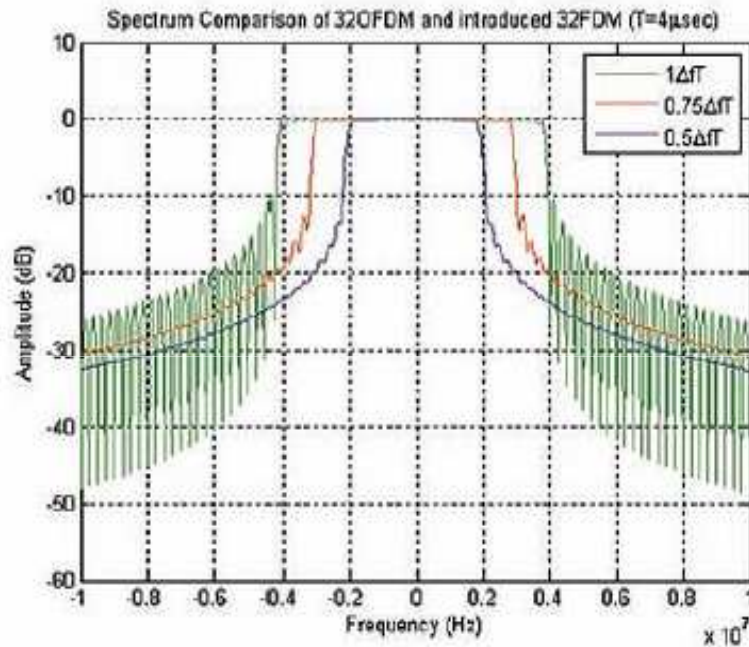
- лучшее подавление помех;
- большую емкость сети;
- меньшие задержки для M2M приложений;

Варианты сигнально-кодовых конструкций



- **Cyclic Prefix OFDM (CP-OFDM)**; - OFDM – сигнал с циклическим префиксом.
- **Universal Filtered OFDM (UF-OFDM)**; - сигнал OFDM с универсальной фильтрацией внеполосных излучений.
- **Filter Bank Multicarrier** – гребенчатый фильтрованный многочастотный сигнал

Использование Fast OFDM- сигналов



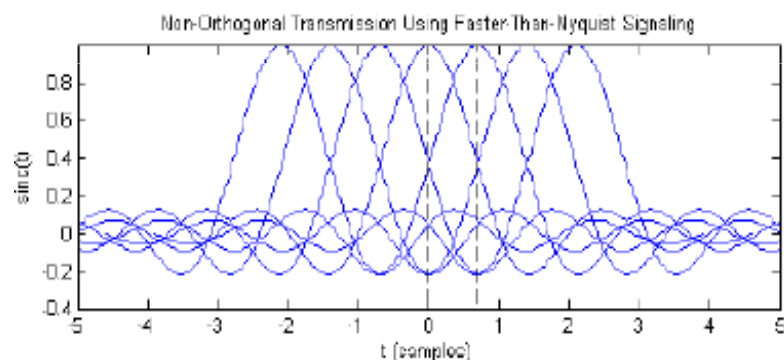
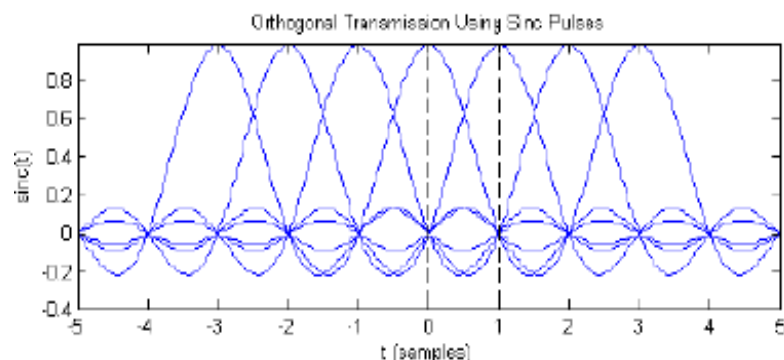
Сопоставление ширины полосы частот сигналов OFDM ($\Delta f T=1$) и Fast-OFDM ($\Delta f T=0,5$) для пакета из 32 поднесущих [3].

Выдача патента на изобретение метода OFDM в ноябре 1966 г. Роберту Чэнгу и последующая журнальная публикации идеи OFDM открыла эру OFDM - сигналов.

Fast-OFDM (F-OFDM), базирующийся на принципе OFDM и отличающийся использованием частотного разнесения поднесущих, в 2 раза меньшего, чем в случае OFDM.

В основе метода Fast-OFDM лежит тот факт, что действительная часть коэффициента корреляции двух комплексных поднесущих равна нулю, если разнос по частоте между поднесущими кратен целому числу $1/2T$. При этом существенно, что, несмотря на двукратное уплотнение по частоте, сигналы по-прежнему остаются ортогональными друг другу.

Использование FTN- сигналов



При использовании FTN – сигналов формируемый сигнал передается с периодом повторения T секунд и этот период уменьшается до τT , где $\tau < 1$.

Обработка сигнала аналогична OFDM, но поднесущие не являются ортогональными

FTN – сигналы были предложены в 1975 г. Сотрудником Bell Labs. Д.Э. Мазо.

Сигнал Мазо использует более высокую скорость модуляции, тем самым вводится межсимвольная интерференция на стороне передатчика.

Форма базового сигнала $s(t) = \sum_n a_n h(t - nT)$

Сокращение длительности символов $\tau T \leq T$

Мин. евкл-во расст. сохраняется $\tau > \text{Mazo limit}$

Позволяет более высокую скорость передачи данных на Гц полосы (Бит/Гц)

Более высокая спектральная эффективность при той же энергии

Новая форма сигнала: $s(t) = \sum_n a_n h(t - n\tau T)$