

УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ ДЛЯ СИСТЕМ СВЯЗИ

© 2010 г. А.В. БАЗИТОВ, Ю.О. ЗАХАРОВ, А.С. АВETИСОВ,
О.Ю. МАМАЕВА, А.Ю. ЦУНИКОВ, Р.В. ПАНТЮШИН

Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики
(технический университет)

В настоящее время в России широко внедряются системы сотовой подвижной связи нескольких основных стандартов: аналоговые – NMT-450 (*Nordic Mobile Telephone System* – скандинавская система подвижной телефонной связи) и AMPS (*Advanced Mobile Phone System* – перспективная подвижная телефонная система) и цифровые – GSM (*Global System for Mobile Communications* – глобальная система подвижной связи) и D-AMPS (цифровая – Digital; AMPS). Для более полного использования выделенных частотных, временных и других ресурсов, а также для обеспечения связи с мобильными абонентами, местоположение которых на определенной местности может постоянно меняться, в системах сотовой связи используется многостанционный доступ. Под многостанционным доступом подразумевается возможность одновременного обращения к базовой станции сотовой связи нескольких мобильных абонентов, при котором они могут одновременно передавать и получать через нее информацию или вести переговоры. Наиболее широкое распространение в настоящее время получили системы TDMA (*Time Division Multiple Access* – многостанционный доступ с временным разделением каналов) и FDMA (*Frequency Division Multiple Access* – многостанционный доступ с частотным разделением каналов). Сейчас в ряде регионов России вводятся и системы CDMA (*Code Division Multiple Access* – многостанционный доступ с кодовым разделением каналов). В результате того, что цены на мобильные телефоны, а также стоимость одной минуты разговора в последнее время стремительно падают, существенной проблемой становится и наиболее полное использование оборудования. Безусловно, это относится и к базовым станциям сотовой связи, к которым предъявляются все новые повышенные требования. Рассмотрим это на примере построения базовых станций стандарта CDMA.

Основными проблемами при передаче сообщений от базовой станции к мобильному абоненту при многостанционном доступе с кодовым разделением каналов являются снижение искажений, обеспечение температурного режима работы и безотказной работы всех блоков системы.

Как правило, выходная мощность базовой станции с радиусом обслуживания до 1 км лежит в пределах от 100 до 250 Вт на сектор (при полной загрузке станции, то есть при расчетном трафике). Следовательно, выходной усилитель станции должен быть рассчитан на работу при пиковой мощности от 1,2 до 3 кВт и более. Очевидно, что имеющиеся в наличии транзисторы не могут обеспечить подобной высокой выходной энергии без применения схем сложения мощностей. Кроме того, большинство сетей сотовой связи CDMA в настоящее время настроены на работу только с одной несущей. Однако многие базовые станции систем связи являются комбинированными (двухрежимными, двухдиапазонными – AMPS/CDMA), и их доработка может быть направлена на использование выделенных частот каналов AMPS в качестве несущих частот системы CDMA. Базовые станции систем связи стандарта CDMA с рядом каналов, можно назвать станциями с несколькими несущими (Multicarrier base station) или многоканальными системами передачи данных. Рассматривая выходную часть пере-

дающего устройства базовой станции CDMA с несколькими несущими, можно отметить две типичные схемы ее построения: SCPA (Single carrier power amplifier – станции с одноканальным услителем мощности) и MCPA (Multiple carrier power amplifier – станции с многочастотным услителем мощности).

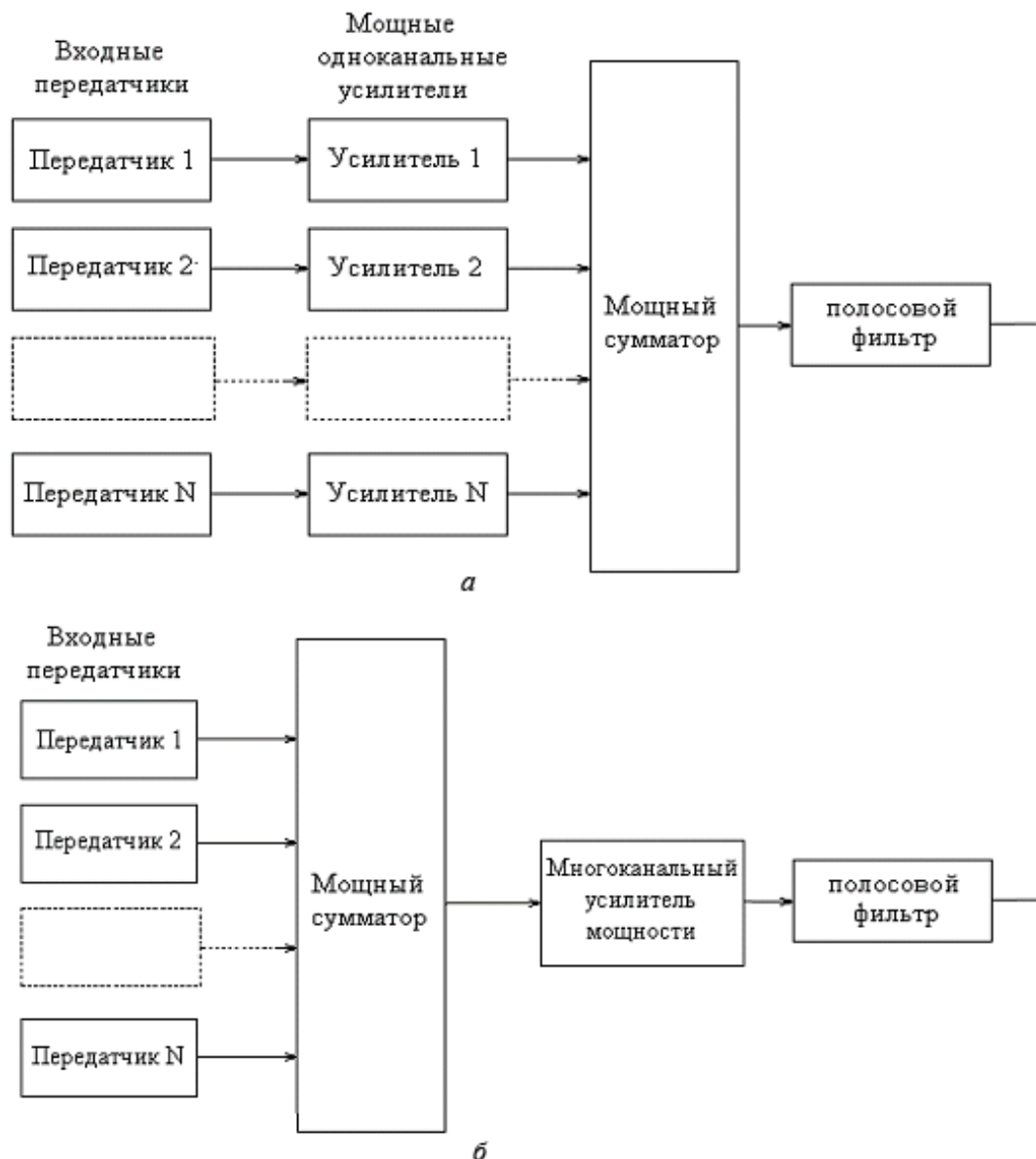


Рис. 1. Структурные схемы базовых станций CDMA:
а – SCPA; б – MCPA.

Структурные схемы выходных частей станций показаны на Рис. 1. Как видно из рисунка, наиболее простым путем для подключения новых абонентов к “двухрежимным” CDMA/AMPS системам является переоборудование каналов системы AMPS под нужды CDMA путем использования первой схемы. Однако второй вариант является более дешевым и его применение более выгодно при проектировании новых базовых станций CDMA.

К преимуществам первой схемы следует отнести практическое отсутствие интермодуляции между каналами, а также более высокий КПД. Недостатки – фиксированное выделение каналов в системе, в отличие от динамического выделения в системах MCPA.

Рассматривая принцип работы передатчиков базовых станций, можно отметить следующие этапы. Сначала данные кодируются длинным кодом, который является

уникальным для каждого конечного пользователя (абонента системы). На выходе получается псевдослучайная последовательность ортогональная другим, длинным кодам внутри данной соты. Затем короткий код “расширяет” данные со скоростью 1,2288 Мбит/с. Именно этот код синхронизирует мобильный терминал пользователя с базовой станцией, в секторе которой находится абонент. В качестве таких последовательностей, в настоящее время, используются коды Уолша (Walsh code). После присвоения кода Уолша, данные сначала подвергаются цифровой фильтрации, а затем поступают на вход модулятора, в котором осуществляется квадратурная фазовая манипуляция (QPSK – *Quadrature Phase Shift Keying*), после чего сигналы подаются в аналоговый радиочастотный блок, в котором усиливаются и излучаются антенной.

В случае, когда полученная QPSK-несущая не ограничена полосой частот, ее амплитуда постоянна. Однако фильтр, формирующий форму сигнала, ограничивает полосу частот, в результате чего широкополосный сигнал CDMA теряет свою постоянную амплитуду. Переменная амплитуда, подаваемая на вход усилителя, является источником фазовых ошибок, а также приводит к несоответствию коэффициента усиления ожидаемому (если бы амплитуда была постоянной). Работа усилителя в режиме, когда амплитуда сигнала непостоянна, приводит к интермодуляционным искажениям (ИМИ), которые уменьшают качественные показатели системы (например, отношение сигнал/помеха). В качестве оценочного параметра, по которому можно судить о преимуществе той или иной системы, применяется отношение пикового значения амплитуды выходного сигнала к его среднему значению (Peak-to-average ratio), еще называемому коэффициентом амплитуды (Crest factor). Для усилителей, входящих в состав многоканальных CDMA систем, данный показатель должен быть, примерно 11 дБ. В случае если данный показатель меньше, снижается отношение сигнал/помеха и, следовательно, значительно сужается радиус соты. Для того чтобы уменьшить ИМИ, усилители часто переводятся в линейный режим. Среди методов линеаризации усилителей можно отметить четыре: использование прямой связи, применение петли обратной связи, предискажение сигнала, а также адаптивное предискажение.

Структурная схема, поясняющая принцип работы прямой связи, показана на Рис. 2.

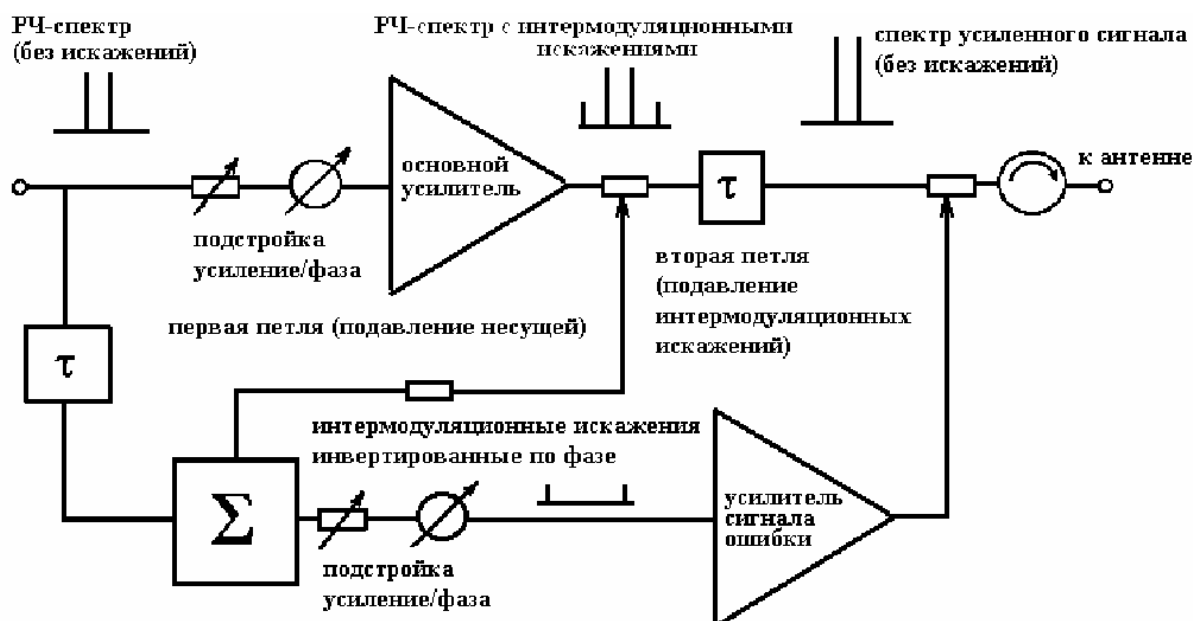


Рис. 2. Структурная схема усилителя CDMA с прямой связью.

Предварительное искажение сигналов – метод улучшения линейности усилителя мощности. Структурная схема усилителя с устройством предискажения показана на Рис. 3.

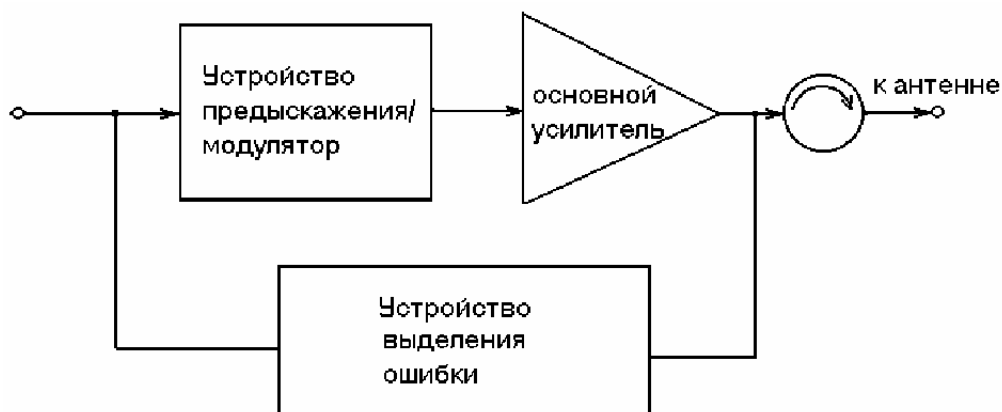


Рис. 3. Структурная схема усилителя CDMA с предискажением и петлей обратной связи.

Данный метод позволяет корректировать статические нелинейности в усилителях мощности. Усилители с адаптивным предискажением, а также усилители с петлей обратной связи также выполняются по структурной схеме, указанной на Рис. 3. Основное различие между ними заключается в том, что петля обратной связи позволяет динамически исправлять искажения, передавая на вход амплитудные и фазовые ошибки.

Наиболее производительной, но в то же время и самой дорогой схемой является введение прямой связи. Средней по стоимости является схема с петлей обратной связи. Однако данный метод не может обеспечить большой полосы пропускания (ширина полосы в данном случае – до 5 МГц, в отличие от прямой связи и предискажения – до 25 МГц и более). В случае линейаризации усилителя методом предискажения, в качестве преимущества может выступить относительно низкая стоимость работ, однако данная схема не дает значительного качественного выигрыша в корректировке ИМИ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по спутниковой связи /Под ред. Л.Я. Кантора. – М.: РиС, 2008.
2. Kenney J.S. and Leke A. Design considerations for multicarrier CDMA base station power amplifier. Spectrian Inc. Sunnyvale, CA.
3. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной связи. – М.: Эко-Трендз, 1997.
4. Теория электрической связи: Учеб. пособие для вузов / В.А. Антипенко, В.А. Вла-сов, Э.С. Забалканский и др. Под ред. В.В.Шахгильдяна. – М.: Радио и связь, 1997.
5. Ратынский М.Г. Основы сотовой связи. – М.: Радио и связь, 1997.
6. Демидов В.М., Пузинков С.А., Макаров Н.В. Стандарт сотовой связи CDMA. Вестник связи. № 7 - 8, 1997.