

ВЫБОР МЕТОДА МОДУЛЯЦИИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ПО СЕТЯМ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Предметом исследования являются две схемы модуляции, а именно мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM) и широкополосная модуляция в двух основных формах: с прямым расширением спектра (DSSS) и скачкообразной перестройки частоты (FHSS). Эти решения уже показали очень хорошую производительность, и уже стандартизированы для широко распространенных систем, таких как ADSL и Цифровое радиовещание для OFDM, и WLAN для DSSS.

I. ВВЕДЕНИЕ

Выбор метода модуляции для реализации системы связи на основе распределительных силовых сетей сильно зависит от природы и особенностей среды распространения сигнала. Канал электросети обладает специфическими особенностями для передачи сигнала, такими как шум, множество ответвлений, селективные замирания. Помимо низких затрат на реализацию системы, выбранная модуляция также должна преодолевать данные особенности линии связи. Например, выбранная модуляция, чтобы быть кандидатом на внедрение в PLC систему (передачи информации по сетям электропитания), должна быть способной преодолевать нелинейные особенности канала. Нелинейность канала могла бы сделать демодулятор очень сложным и дорогим для скорости передачи данных выше 10 Мбит/с при модуляции одной несущей. Таким образом, выбранная модуляция должна решить эту проблему без необходимости использования весьма сложной коррекции. Несоответствие импеданса в линии электропередач приводит к многократному отражению сигналов, вызывая селективные замирания, приводя к следующей задаче при выборе метода модуляции, которая должна преодолеть многолучевое распространение.

Последние исследования были сосредоточены на двух методах модуляции, которые показали хорошие результаты в трудных условиях и, поэтому, были приняты для различных систем с широкой полосой частот. Во-первых, это мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM), которое в данный момент используется в Европейском цифровом радиовещании (DAB), DSL (цифровая абонентская линия) технологии и так далее. Во-вторых, широкополосная модуляция, которая широко используется в беспроводных системах.

II. МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕ С ОРТОГОНАЛЬНЫМ ЧАСТОТНЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ (OFDM)

Метод OFDM-модуляции и его модификации: OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access - ортогональное частотное

разделение с мультиплексированием доступа) и SOFDMA (Scalable OFDMA - масштабируемое OFDMA), - основаны на разделении потока входных данных на множество параллельных потоков, каждый из которых передается на своей несущей (ортогональной) частоте. Это обеспечивает высокие скорость и помехоустойчивость передачи информации, в частности, по отношению к провалам в спектре передаваемых сигналов, так как узкополосное затухание может исключить только одну или несколько несущих частот из их большого числа (сотни - тысячи). Поскольку модуляция OFDM использует для передачи ортогональные несущие колебания, то возможна демодуляция модулированных сигналов даже в условиях частичного перекрытия полос отдельных несущих. Наличие большого числа несущих не позволяет реализовать модуляцию OFDM непосредственно, т.е. с использованием нескольких тысяч синтезаторов несущих колебаний и нескольких тысяч модуляторов. Поэтому для уменьшения объема оборудования учитывают, что модуляция OFDM представляет собой обратное преобразование Фурье, а демодуляция - прямое преобразование Фурье, и применяют быстрые алгоритмы этих преобразований, допускающие более простую аппаратную реализацию по сравнению с непосредственной реализацией алгоритмов модуляции OFDM.

Было проведено несколько исследований, чтобы найти подходящие реализации OFDM для сетей PLC. Для того чтобы избежать сильного затухания OFDM сигнала по каналу передачи, вызванного селективными замираниями, был предложен способ управления мощностью поднесущих [1]. Это решение состоит в управлении мощностью передачи каждой поднесущей OFDM сигнала, чтобы максимизировать среднее ОСШ (отношение сигнал/шум) каждой поднесущей принимаемого сигнала. Это управление настолько гибкое, что общая передаваемая мощность не увеличивается. Дальнейшее совершенствование такого управления возможно осуществить за счет распространения параллельных подпотоков на выходе последовательно-параллельного преобразователя.

III. ШИРОКОПОЛОСНАЯ МОДУЛЯЦИЯ

Одним из методов устранения влияния интерференции волн и узкополосных помех является применение широкополосной модуляции. Используются два метода: широкополосная модуляция с прямым расширением спектра (DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum) и с перескоком с одной несущей на другую (FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum).

Смысл метода расширения спектра прямой псевдослучайной последовательностью (DSSS) заключается в приведении узкополосного спектра сигнала к его широкополосному представлению, что позволяет увеличить устойчивость передаваемых данных к помехам. К примеру, в беспроводной связи при использовании метода широкополосной модуляции с прямым расширением спектра диапазон 2400-2483,5 МГц делится на 14 перекрывающихся или три неперекрывающихся канала с промежутком в 25 МГц. Фактически это означает, что разное оборудование может параллельно использовать три канала, при этом, не мешая друг другу работать. Для пересылки данных используется всего один канал. При использовании метода широкополосной модуляции со скачкообразной перестройкой (FHSS) частотный диапазон 2400-2483,5 МГц делится на 79 каналов шириной по 1 МГц. Данные передаются последовательно по разным каналам, создавая некоторую схему переключения между каналами. Всего существует 22 такие схемы, причем схему переключения согласовывают отправитель и получатель данных. Схемы переключения разработаны таким образом, что шанс использования одного канала разными отправителями минимален. Переключение между каналами происходит очень часто, что обусловлено малой шириной канала (1 МГц). Поэтому метод FHSS в своей работе использует весь доступный диапазон частот, а значит, и все каналы.

Техника широкополосной модуляции с прямой последовательностью или скачкообразной перестройкой частоты была исследована для реализации в ПЛК физическом уровне. Например, предлагается цифровой приемопередатчик DSSS низкой сложности, основанный на автоматической подстройке по задержке для восстановления тактового сигнала [2]. Однако главным недостатком широкополосной модуляции является относительно низкая скорость передачи, по сравнению с системами OFDM. Это делает решение о выборе модуляции для PLC системы слож-

нее. Помимо высокой скорости передачи, OFDM системы также показывают высокую устойчивость к канальным искажениям, гибкость и оптимальное использование полосы пропускания. Главным преимуществом широкополосной модуляции является её электромагнитная совместимость благодаря слабому излучению электромагнитных полей в окружающую среду.

IV. ВЫБОР МЕТОДА МОДУЛЯЦИИ

В ходе исследования было выявлено, что широкополосная модуляция имеет преимущество в устойчивости к узкополосным помехам, возможность для реализации CDMA (множественный доступ с кодовым разделением) и работу с низкой спектральной плотностью мощности уменьшая проблемы с электромагнитной совместимостью. Тем не менее, она обладает низкой эффективностью использования спектра и низкочастотных характеристик, а также чувствительностью к частотно-селективным замираниям. Таким образом, существует необходимость в комплексном выравнивании сигнала в каждом разветвлении в зависимости от длины участка.

С другой стороны, OFDM модуляция позволяет значительно упростить канальный эквалайзер и увеличить устойчивость к канальным искажениям. Особенность OFDM селективно использовать спектр частот позволяет избежать частотных диапазонов с узкополосными помехами и обойти критические частоты, заданные регуляторами. Ортогональность, предусматриваемая OFDM, позволяет за счет перекрытия спектра добиться значительной эффективности, в два раза лучше широкополосных систем с одной несущей. Кроме того, методы загрузки бит, применительно к OFDM поднесущим, делают возможным достичь мощности очень близкой к теоретическому пределу передающей среды. По этой причине OFDM рассматривается как основной кандидат для применения в PLC сети.

1. S. Nomura, T. Shirai, M. Itami, K. Itoh, A study on controlling transmission power of carriers of OFDM signal, Proceedings of the 5th International Symposium on Power-Line Communications and its Applications (ISPLC), Malmö, Sweden, April 4–6, 2001.
2. M. Ferreiro, M. Casheda, C. Mosquera, A low complexity all-digital dsss transceiver for powerline communications, Proceedings of the 7th International Symposium on Power-Line Communications and its Applications (ISPLC), Kyoto, Japan, March 26–28, 2003.

Егоров Андрей Дмитриевич, аспирант кафедры систем управления БГУИР, A.D.Yegorov@gmail.com

Научный руководитель: Шиллин Леонид Юрьевич, декан факультета информационных технологий и управления БГУИР, доктор технических наук, профессор, dekfitu@bsuir.by.