

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.396

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАНАЛА НА РАСПОЗНАВАЕМОСТЬ СИГНАЛОВ В PLC-СЕТЯХ

© 2022 В. В. Жилин

Воронежский государственный технический университет (Воронеж, Россия)

В работе предложена методика исследования влияния параметров канала на распознаваемость сигналов в сетях передачи данных по силовым линиям электроснабжения. Методика актуальна при изучении в рамках вузовской дисциплины процессов распознавания сигналов в сетях, использующих в качестве канала связи силовые электролинии.

Ключевые слова: PLC-сети, FSK, OFDM, методика исследования, Simulink MATLAB.

Системы мониторинга и управления в сфере потребления электроэнергии становятся все более интеллектуальными и разветвленными. В последнее время широкое распространение получают новые виды информационного обмена, используемые в устройствах автоматизированного учета и управления потребляемой электроэнергией.

Технология передачи данных по сетям электропитания (PLC – power line communications) позволяет вести автоматизированный учет и управление в системе энергопотребления конечного пользователя. При этом минимизируются затраты на разработку и реализацию проекта инфраструктуры, поскольку не требуется прокладка дополнительных сетей передачи данных.

Производство и эксплуатация PLC-систем регламентируется стандартами: IEC 61334, PRIME, G3 и местными регуляторными требованиями (CENELEC, FCC и т. д.).

PLC-технология позволяет организовать передачу данных от датчиков

охранной сигнализации, пожарной сигнализации, средств учета потребления электроэнергии, воды, газа, тепла и т. п. Актуальна PLC-технология и для электромобилей. Развитие PLC-технологии сделало возможным использование в качестве «последней мили» в сетях доступа Интернет.

Однако силовым сетям электроснабжения свойственно наличие высокого уровня помех и большое затухание высокочастотного сигнала. Кроме того, параметры силовой линии существенно изменяются во времени в зависимости от текущей электрической нагрузки. Силовые линии относятся к одной из наихудших сред для передачи данных, причиной чему являются следующие факторы, негативно влияющие на прохождение сигнала:

- линии не экранированы,
- участки линии разделены трансформаторами (на подстанциях),
- большое количество помех, возникающих в силу работы многочисленных энергопотребителей,
- низкое качество и изношенность электропроводки в многоквартирных домах старой постройки,
- алюминиевые провода (в старых постройках), обладающие меньшей

Жилин Владимир Васильевич – Воронежский государственный технический университет, старший преподаватель, e-mail: v_zhilin@list.ru.

электропроводностью по сравнению с медными,

– скрутки проводов, которые часто имеются в домашней проводке, приводящие к затуханию сигнала.

Наибольшее влияние на качество сигнала оказывают импульсные помехи, возникающих при работе электродвигателей, сварочного оборудования и СВЧ-печей. Разрешить проблему качественной передачи сигнала позволяют методы кодирования данных, защита от несанкционированного доступа обеспечивается шифрованием.

Подготовка специалистов в области разработки сетей передачи данных предполагает знание принципов работы сетей кабельного и беспроводного доступа, в том числе PLC-сетей. Возможность применения существующих каналов связи для управления потребителем и для обратной связи с потребителем обусловлена технологиями физического и канального уровней. Поэтому исследование влияния параметров канала связи на распознаваемость сигналов в сетях электроснабжения видится актуальной учебной целью.

Современные средства моделирования работы технических систем облегчают процесс изучения тех или иных технологических явлений: зачастую не требуется длительного изучения теорий (формализованных представлений) процессов, поскольку их формализация реализована в программных средствах моделирования.

Предлагаемая методика исследования распознаваемости сигналов, передаваемых по линиям электроснабжения, при различных состояниях канала связи апробирована в ходе преподавания дисциплины «Технологии телекоммуникационных систем», и может найти применение при изучении других дисциплин.

Исследование осуществляется моделированием структурных единиц системы передачи информации в PLC-сети. Моделирование осуществляется в среде блочного имитационного моделирования Simulink MatLab.

Построение сети абонентского доступа на базе PLC-технологии для передачи показаний электросчетчиков представлено на рисунке 1.

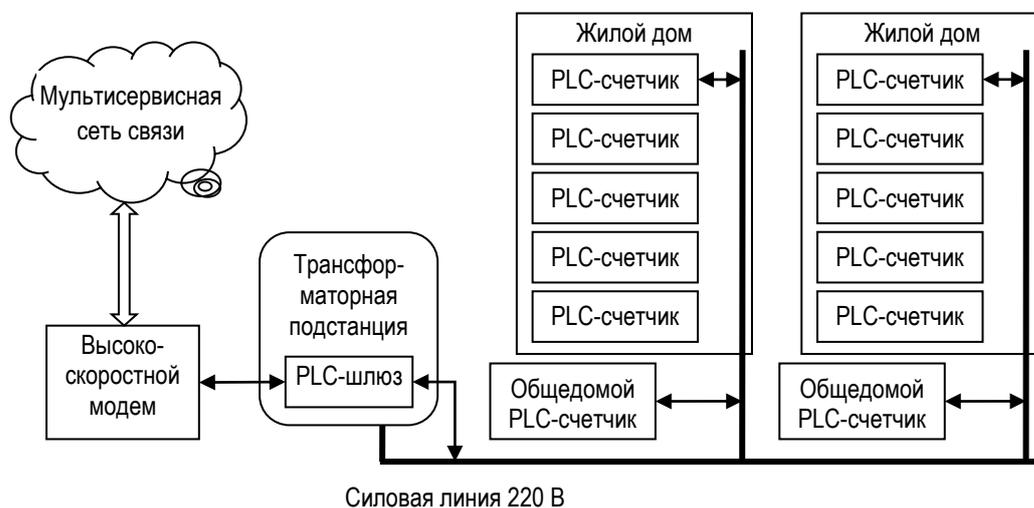


Рисунок 1. Функциональная схема сети доступа на базе PLC

PLC-системы в силу функционального применения не требуют высокой скорости передачи – от 20 кб/с до 200 кб/с. Частотный диапазон охватывает от 3 кГц до 95 кГц.

Основа PLC – модуляция напряжения силовой линии одним из методов:

– FSK (Frequency Shift Keying) –

частотная,

– S-FSK (Spread Frequency Shift Keying) – частотная с разнесенными частотами,

– BPSK (Binary Phase Shift Keying) – двоичная фазовая,

– OFDM (Orthogonal Frequency

Division Multiplexing) – ортогональное мультиплексирование с частотным разделением каналов.

Выбор метода определяется двумя критериями – эффективностью использования полосы частот и сложностью реализации, что, в свою очередь, определяет скорость передачи данных и помехоустойчивость. OFDM – наиболее скоростной и помехоустойчивый, но сложен в реализации, так как требователен к вычислительным ресурсам, в то время как BPSK и FSK легко реализуются, но обеспечивают лишь низкие скорости. Для FSK требуется синхронизация при переходе фазы через ноль, что ограничивает его использование только сетями переменного тока.

Исследование влияния параметров канала на распознаваемость сигналов в сетях передачи данных по силовым линиям электроснабжения проводится в рамках

лабораторной работы, предусматривающей:

- построение модели PLC-интерфейса;
- исследование влияния параметров канала на распознаваемость сигнала;
- исследование влияния помех в канале на распознаваемость сигнала;
- исследование влияния помех в канале на распознаваемость сигнала для различных методов модуляции;
- исследование влияния синхронизации несущей частоты на распознаваемость сигналов (для частотной модуляции).

Структурная схема исследуемого PLC-интерфейса включает (рис. 2):

- высоковольтный конденсатор, предназначенный для развязки цепей,
- согласующий трансформатор,
- схему защиты от перенапряжения,
- сигнальный интерфейс на основе микропроцессора для получения данных с электросчетчика.

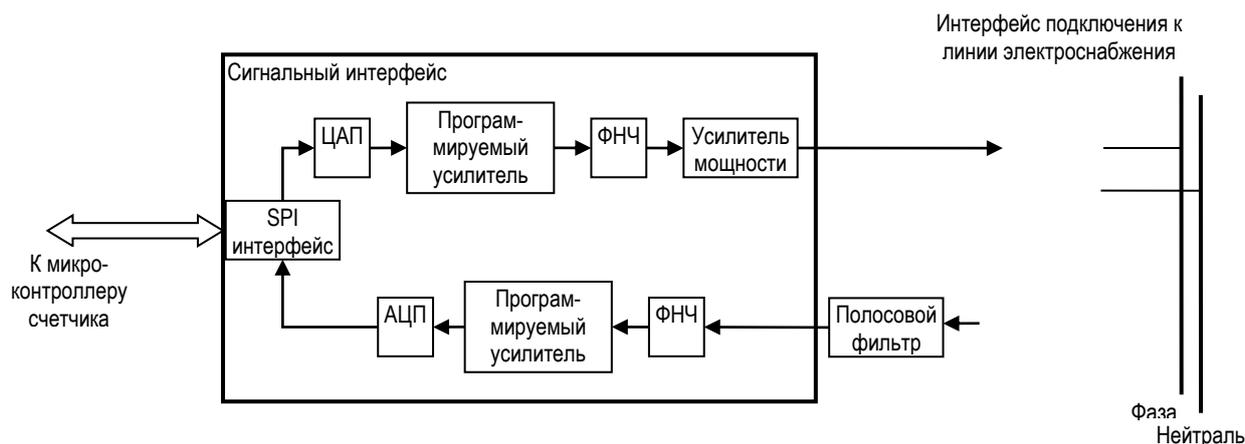


Рисунок 2. Структурная схема PLC-интерфейса

Сигнал при прохождении по линии связи подвергается искажениям: воздействию помех, затуханию, частотной и фазовой дисперсии, задержке и т. п. Указанные искажения имитируются в канале блоками:

- Amplifier – усиливает/ослабляет сигнал;
- AWGN Channel – задает отношение сигнал/шум;
- Phase/Frequency Offset – определяет фазовый и частотный сдвиги.

Для модуляции сигнала применены блоки:

- Modulator FSK – частотный

модулятор,

- Modulator S-FSK – частотная модуляция с разнесенными частотами,
- Modulator OFDM – ортогональное мультиплексирование с частотным разделением каналов.

Оценка принятого сигнала осуществляется методом подсчета количества произошедших ошибок посредством блока Error Rate Calculator. Исследование влияния параметров канала связи на распознаваемость FSK-сигналов осуществляются посредством блоков отображения глазковых диаграмм, осциллографа; OFDM сигналы – блоком

символьного созвездия.

В процессе исследования студенты выявляют:

- влияние затухания в канале на распознаваемость сигнала;
- влияние шума (помех) в канале связи на распознаваемость сигнала;
- влияние фазового сдвига в канале связи на распознаваемость сигнала.

Исследование свойств PLC-сигналов различного метода модуляции позволяет выявить и сравнить устойчивость рассмотренных модуляций к параметрам канала связи.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Жилин В. В. Технологии беспроводного доступа в

телекоммуникационных системах: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф. данные (1,98 Мб) / В. В. Жилин. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017.

2. Жилин В. В. Аспекты технологий беспроводного абонентского доступа / В. В. Жилин // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2015. – № 2 (15). – С. 56-58.

3. Жилин В. В. Исследование влияния параметров оборудования и канала связи на распознаваемость КАМ-сигналов в сетях беспроводного доступа / В. В. Жилин, Д. В. Жилин // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2019. – № 1 (28). – С. 82-85.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF CHANNEL PARAMETERS ON SIGNAL RECOGNITION IN PLC NETWORKS

© 2022 V. V. Zhilin

Voronezh State Technical University (Voronezh, Russia)

The paper proposes a methodology for studying the influence of channel parameters on the recognizability of signals in data transmission networks via power supply lines. The technique is relevant when studying signal recognition processes in networks using power lines as a communication channel within the university discipline.

Keywords: PLC networks, FSK, OFDM, research methodology, Simulink MATLAB.