

## ОТЗЫВ

официального оппонента  
на диссертационную работу Дмитриева Эдгара Михайловича  
**«Формирование и обработка сигналов в системах передачи информации  
по сетям электропитания»**,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства  
телевидения.

### Актуальность темы

Диссертационная работа Дмитриева Эдгара Михайловича посвящена исследованию методов и алгоритмов формирования и обработки сигналов в системах передачи информации по сетям электропитания (Power Line Communication, PLC).

Актуальность выбранной темы, по мнению соискателя, обусловлена несколькими факторами: недостаток радиочастотного спектра, зависимость беспроводных систем связи от плотности застройки, наличие ряда перспективных технологий, которые могут улучшить качественные и количественные характеристики систем PLC. Со всеми приводимыми соискателем в работе доводами, отражающими актуальность выбранной темы, можно согласиться.

Также соискателем отмечено, что в настоящее время особенный интерес к PLC технологии проявляется в аэрокосмической отрасли, где она позволяет использовать проводные линии питания для обмена информацией между модулями космических аппаратов или воздушных судов, что приводит к уменьшению их массогабаритных показателей.

Кроме того, важно отметить, что технология PLC является неотъемлемой частью Интернета вещей (IoT), который сегодня активно развивается. В этом контексте PLC играет важную роль, обеспечивая надежную и эффективную передачу данных через уже существующую инфраструктуру электропитания. Все вышеизложенное подчеркивает **актуальность** выбранной темы и демонстрирует важность ее исследования для развития современных PLC систем.

### Общая характеристика работы

Работа состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка сокращений, списка литературы и 106 наименований и пяти приложений. Общий объем диссертации составляет 158 страниц машинописного текста, в том числе 86 рисунков, 21 таблица.

**Автореферат** диссертации написан и оформлен в соответствии с требованиями ВАК РФ, отражает содержание диссертационной работы.

Во **введении** обоснована актуальность работы, определены цель и задачи диссертационного исследования, представлены научная новизна,

теоретическая и практическая значимость, представлены положения, выносимые на защиту.

В **первом разделе** был представлен обзор существующих на данный момент стандартов PLC систем. Рассматривались протоколы как узкополосных специализированных PLC систем (анг. narrowband power line communication, NB-PLC), например, G3-PLC, PRIME или X-10, так и протоколы широкополосных PLC систем (анг. broadband power line communication, BB-PLC): HomePlug AV2, IEEE 1901.1.

Во **втором разделе** приведены результаты исследования канала передачи данных и отмечены его особенности.

В **третьем разделе** рассмотрена адаптивная модуляция в системах передачи данных по сетям электропитания, приведено описание предлагаемого метода и представлены результаты моделирования в сравнении с известным методом (Bolinth E., Grunheid R., Rohling H. A blockwise loading algorithm for the adaptive modulation technique in OFDM systems).

В **разделе четыре** рассмотрена технология полнодуплексной передачи данных в PLC системах без временного и частотного разделения, приведены примеры существующих схем реализации, а также предложен собственный цифро-аналоговый метод компенсации сигнала собственного передатчика.

В **разделе пять** рассматриваются способы обнаружения сигнала и предлагаются алгоритм реализации на программируемых логических схемах (ПЛИС). Рассмотрены реализации на ПЛИС классического корреляционного приемника (ККП), знакового корреляционного приемника (ЗКП) и предложенного варианта реализации.

В **приложениях** представлены копии документов, подтверждающих наличие патентов, свидетельства о регистрации программы на ЭВМ и акта внедрения.

### **Научная новизна**

Научная новизна диссертационной работы Дмитриева Э.М. отражена в следующих пунктах:

1. Предложен новый способ адаптивной модуляции для систем с ортогональным частотным разделением, отличающийся этапами оценки канала передачи и назначения типа модуляции, а также учётом наличия переменной составляющей в канале распространения сигнала.

2. Предложен новый способ реализации цифро-аналоговой компенсации сигнала собственного передатчика в полнодуплексных системах передачи данных по цепям питания, отличающийся наличием операций оценки передаточной характеристики приёмо-передающего тракта и предискажения компенсационного сигнала.



3. Предложен новый алгоритм реализации кадровой синхронизации с помощью корреляционного обнаружителя и его реализация на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС), отличающийся этапом предопределения положения преамбулы за счёт знакового автокоррелятора и его последующим уточнением, посредством многоканального корреляционного обнаружителя, работающего в отложенном времени.

#### **Научная значимость**

Научная значимость работы Дмитриева Э.М. заключается в представлении решения задачи повышения спектральной эффективности систем передачи данных через сети электропитания, а также в снижении вычислительной сложности алгоритмов кадровой синхронизации.

#### **Достоверность результатов**

Достоверность результатов диссертационной работы основывается результатами проводимых моделирований и экспериментов предлагаемых методов и алгоритмов.

По результатам исследований соискателем опубликовано 17 работ: 2 статьи в журналах из перечня ВАК, 1 статья в журнале индексируемом в базах Scopus, WoS (второй квартиль), 10 докладов в трудах международных конференций, 7 из которых проиндексированы в наукометрических базах Scopus и Web of Science, 4 РИД, из которых один патент на изобретение, два на полезную модель и одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

#### **Практическая значимость**

Практическая значимость работы состоит во внедрении предложенного автором метода адаптивной модуляции, который способствует увеличению спектральной эффективности PLC систем. В результате сравнения с уже существующим методом было показано, что предложенный метод превосходит его в эффективности.

Более того, предложенный метод успешно интегрирован в устройство передачи данных по сетям электропитания совместно с НПК «Техника дела», г. Томск, что демонстрирует его применимость и перспективность в реальных условиях.

Дополнительно, разработанный автором метод цифро-аналоговой компенсации сигнала собственного передатчика в полнодуплексной системе позволяет эффективно подавлять сигнал собственного передатчика при организации полнодуплексной связи без временного и частотного разделения, что содействует увеличению спектральной эффективности. Этот результат подтвержден как результатами моделирования, так и экспериментом.

Кроме того, в ходе исследования было разработано программное обеспечение, реализующее предложенный алгоритм корреляционного обнаружения для программируемых логических интегральных схем, что подтверждено наличием свидетельства о регистрации программы на ЭВМ.

### **Замечания по диссертационной работе**

К диссертационной работе можно отнести следующие замечания:

1. В пункте 3.4 не представлена методика расчёта порога  $p$ , по которому выполнялось назначение индексов модуляции в предлагаемом методе.

2. В таблице 3.1. защитный интервал указан как «200 отсчетов (10%) от размерности БПФ», однако 200 отсчетов составляют около 20% от размерности преобразования Фурье, значение которого в той же таблице указано равным 1024.

3. В разделе 4 используются термины – «сигнал помеха» и «полезный сигнал», однако данным терминам соискателем не даны определения в тексте работы.

4. На рисунке 3.4 представлена структура кадра, однако нет данных о длительности кадра и каждого из OFDM символов.

5. По оформлению работы:

5.1. На странице 101 соискатель ссылается на рисунок 20, однако рисунка с таким номером в тексте не представлено.

5.2. Рисунок 3.17 не читается, обозначения на рисунке не расшифрованы в тексте работы.

5.3. На страницах 48, 56 и 136 используется ошибочный термин «OFDM модуляция».

Выявленные замечания не уменьшают теоретической и практической значимости проведенных, в рамках представленной Дмитриевым Э.М. диссертационной работы, исследований.

### **Заключение**

Диссертационная работа представляет собой полноценное научное исследование в области систем передачи информации по цепям питания. В работе решены поставленные задачи и достигнута цель. Результаты диссертации достоверны, обоснованы и опубликованы в печатных изданиях. Автореферат диссертации соответствует её содержанию.

Содержание диссертационной работы соискателя соответствует пп. 5 и пп. 10 паспорта специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Диссертационная работа соответствует требованиям п.9 «Положения» о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 11.09.2021), «О порядке присуждения ученых степеней», а её автор Дмитриев Эдгар Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по



специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

**Официальный оппонент**

доктор технических наук по специальности 05.12.13,  
профессор по кафедре радиосвязи

Федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования «Сибирского государственного  
университета телекоммуникаций и информатики» (СибГУТИ),  
630102, Сибирский федеральный округ,

Новосибирская область, г. Новосибирск, ул. Кирова, д. 86,

сл. т. +7 (3822) 69-82-54

e-m: nvi@sibguti.ru

*Носов*



Владимир Иванович Носов

«26» мая 2024 г.

*личную подпись удостоверяю*

*и.о. начальника отдела кадров Елизавета Еришенина А.В.*