

**ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КАНАЛА СВЯЗИ СОГЛАСНО  
СТАНДАРТУ G3-PLC**

Д.Р. Уразаев, А.Н. Клименко, И.Ю. Поляков

Научный руководитель: к.т.н. Д.Д. Зыков

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: [udr@csp.tusur.ru](mailto:udr@csp.tusur.ru)

**RESEARCH OF COMMUNICATION QUALITY ASSESSMENT ALGORITHM ACCORDING TO  
THE STANDARD G3-PLC**

D.R. Urazayev, A.N. Klimenko, I.Yu. Polyakov

Scientific Supervisor: Ph.D. D.D. Zykov

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,

Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: [udr@csp.tusur.ru](mailto:udr@csp.tusur.ru)

***Abstract.** PLC technology provides an opportunity to reduce operating costs in the construction of new telecommunications networks. PLC is used to transfer information between various devices through AC power lines located inside buildings. There are various approaches for the transmission of information through the power line. Distinction of these approaches is caused by the demands made by standard applications, which is using PLC as the data transmission channel. Accordingly, all PLC systems can be divided into two groups: 1) narrowband systems, with a data transfer rate of up to 100 kb/s; 2) broadband systems with a data transfer rate of more than 2 MB/s.*

**Введение.** PLC-технология предоставляет возможность снизить эксплуатационные расходы при построении новых телекоммуникационных сетей. PLC используется для передачи информации по сети переменного тока между различными устройствами расположенных внутри зданий. Имеются различные подходы для передачи информации по линии электросети. Различие данных подходов обусловлено требованиями, выдвигаемыми типовыми приложениями, использующих PLC в качестве канала передачи данных. Соответственно все PLC системы можно разделить на две группы:

- узкополосные системы, со скоростью передачи данных до 100 кб/с;
- широкополосные системы со скоростью передачи данных свыше 2 Мб/с [1].

**Материалы и методы исследования.** Основной проблемой использования электрических сетей в качестве канала связи для передачи информации заключается в том, что существующие электросети изначально не предназначались для передачи данных. Они отличаются высоким уровнем помех и большим затуханием высокочастотного сигнала, а также тем, что параметры линии, зачастую постоянные для традиционных физических сред передачи, данных, существенно изменяются во времени в зависимости от текущей нагрузки. В связи с этим показатели скорости и надежности связи по электрическим сетям зачастую зависят от выбора типа модуляции [2]. Для канала связи энергосети можно определить следующие характеристики:

- затухание сигнала;
- импеданс;
- фазо-частотные характеристики.

Другой проблемой организации связи с использованием электрических сетей является наличие шума в канале передачи данных. По сравнению с другими телекоммуникационными каналами, канал энергосети не является каналом только лишь с аддитивным гауссовским белым шумом. Основные типы шумов в электробытовой сети:

- окрашенный фоновый шум;
- узкополосный шум;
- импульсный шум.

**Результаты.** Стандарт G3-PLC поддерживает участок спектра между 35,9 кГц и 90,6 кГц полосы частот CENELEC-A. Для адаптации линии связи используется оценка канала. На основании качества принятого сигнала, приемник должен передать обратно предложенную схему модуляции для использования передающей станцией в последующих пакетах, передаваемых на тот же приемник. Кроме того, система различает поднесущие с недостаточным соотношением *signal-to-noise ratio* (SNR) и не передает сведения на них. Имеющаяся полоса пропускания разделена на несколько подканалов, которые могут рассматриваться как множество независимых поднесущих с PSK-модуляцией и разными не мешающими (ортогональными) частотами [3]. Сверточное кодирование и кодирование по методу Рида-Соломона обеспечивают избыточные биты, позволяя приемнику восстановить биты, потерянные из-за фонового и импульсного шума. Для уменьшения корреляции принимаемого шума на входе декодера используется схема частотно-временного перемежения, обеспечивающая разнесение сигналов [4].

Рассмотрим передачу сигнала в канале с аддитивным гауссовским белым шумом (AWGN). В ходе эксперимента была промоделирована передача сигнала в канале AWGN без использования манипуляций и с использованием PSK манипуляций. Модели систем передачи сигналов представлены на рис. 1.

Также были исследованы зависимости выходных сигналов от типа используемых манипуляций. Для сравнения использовали передачу сигнала в зашумленном канале без применения манипуляций. Результаты представлены на рис. 2.

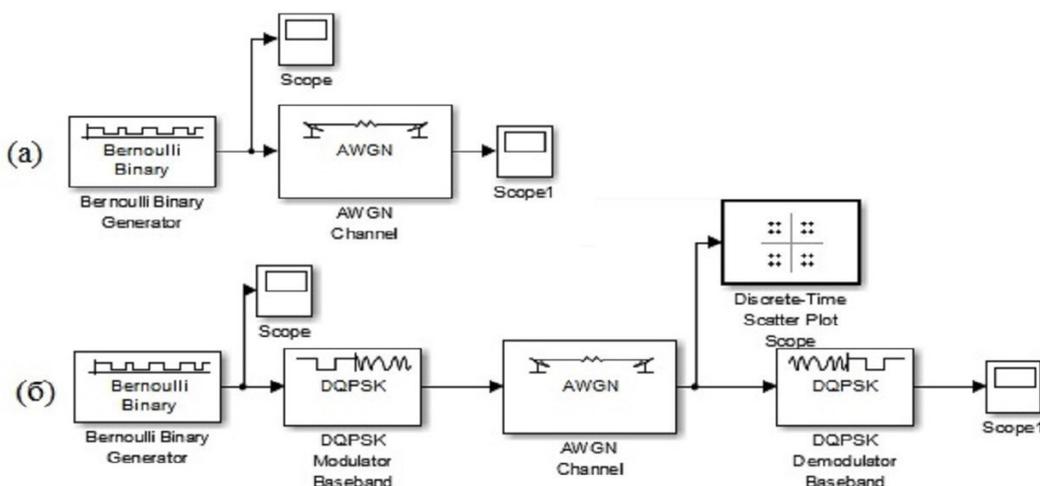


Рис.1. Моделирование передачи сигнала в AWGN канале: (а) - без применения манипуляций, (б) - с применением DQPSK манипуляций

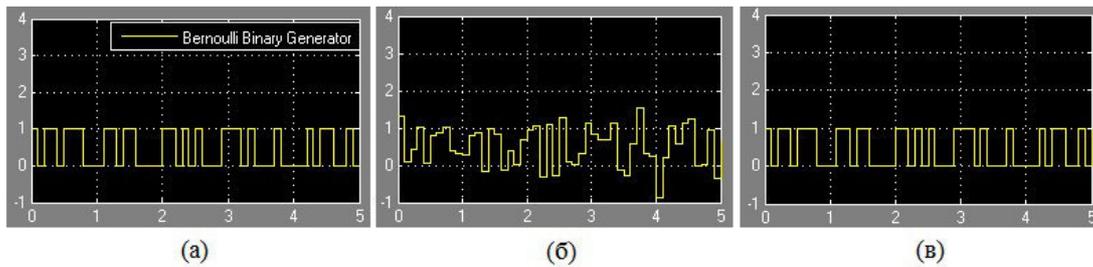


Рис.2. Результаты моделирования, где (а) - исходный сигнал, (б) - выходной сигнал без применения манипуляции, (в) - выходной сигнал с применением манипуляций

Критерием оценки качества связи в канале PLC в соответствии со стандартом G3-PLC [5] является параметр *Link Quality Indication* (LQI). LQI является целым числом в пределах от 0x00 до 0xFF, и соответствующие значения LQI равномерно распределяются между этими двумя пределами. Значение LQI равно среднему значению SNR (при усреднении, осуществляемом по всем активным и пилотным тонам (при их наличии) в частотном плане и по всем символам OFDM в принятом пакете). Активные тоны определяются как тоны, переносящие данные. Значение LQI вычисляется на *physical layer* (PHY) и передается на уровень *media access control* (MAC). Где LQI используется для определения параметров передачи, таких как режимы модуляции.

**Заключение.** Данные алгоритмы могут быть использованы при проектировании гетерогенных систем передачи данных. При использовании двух каналов передачи данных, таких как радиоканал и PLC, необходимо динамически выбирать наиболее подходящий канал передачи данных и адаптироваться к различным условиям в каждом конкретном канале. Вследствие чего для более детального анализа необходимо провести моделирование алгоритма оценки качества канала связи в G3-PLC. На основании результатов проведенного моделирования разработать собственный алгоритм, позволяющий использовать его в гетерогенных системах связи.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ по Соглашению № 14.577.21.0230. Уникальный идентификатор проекта: RFMEFI57716X0230.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шишкин Ф.Д. Технология PLC и ее применение / Ф.Д. Шишкин, С.А. Бростилов, В.А. Трусов // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2015. – № 18. – С. 402–406.
2. Lewandowski C. Performance evaluation of PLC over the IEC 61851 control pilot signal / C. Lewandowski, S. Groning, J. Schmutzler, C. Wietfeld // 5th Workshop on Power Line Communications. – 2011.
3. Nee R., Prasad R. OFDM for wireless multimedia communications. – Norwood: Artech House, Inc., 2000. – 280 p.
4. Адиев Т.И. Применение предварительной коррекции в системах с ортогональным частотным мультиплексированием (на примере PLC-систем): дис. канд. техн. наук. – Уфа. – 2015. – 124 с.
5. Razazian K. G3-PLC specification for powerline communication: Overview, system simulation and field trial results / K. Razazian, et al. // IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications. – Rio de Janeiro, Brazil, 2010. – P. 313–318.