

Радиотехника

А.С.ТЕРГЕУСИЗОВА

(Алматинский университет энергетики и связи, г.Алматы)

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО ЛИНИЯМ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Аннотация

В докладе рассмотрены особенности широкополосной технологии передачи данных по электросети. Для достижения высокой пропускной способности и приемлемой достоверности данных в этой технологии применяются многие из тех решений, которые используются в других проводных и беспроводных технологиях, в т.ч. метод модуляции с мультиплексированием и ортогональным частотным разделением, современные высокоэффективные алгоритмы помехоустойчивого кодирования данных, что, несмотря на множество существующих проблем, позволяет, в конечном счете, обеспечить надежный прием/передачу данных.

Ключевые слова: PLC технология, искажение сигнала, затухание сигнала, помехи, ортогональное частотное разделение, модуляция с мультиплексированием, помехоустойчивое кодирование, скремблирование, коррекция сигнала.

Кілт сөздер: PLC технология, сигналдың бұрмалануы, сигналдың өшуі, бөгет, ортогональдық жиілік бөлінуі, мультипликация жасаумен модуляция, бөгеуілге тұрақты кодтау, скремблирлеу, сигналды түзетуі.

Keywords: PLC technology, signal distortion, signal attenuation, noise, orthogonal frequency division multiplexing modulation, error control coding, scrambling, the correction signal.

Введение. Надежность, качество и скорость передачи информации на протяжении всей истории развития информационно-коммуникационных технологий являлись основными критериями при разработке и создании телекоммуникационных систем. В настоящее время в результате оптимизации технологий построения телекоммуникационных сетей по критерию достижения максимальной экономической эффективности сформировалась следующая структура сегментирования телекоммуникационных сетей по типу используемой среды передачи сигнала: линейные

части магистральных сетей и центральных сегментов сетей городского масштаба строятся на основе волоконно-оптических линий по технологиям SDH, Metro Ethernet, PON. На локальном же уровне, обеспечивающем непосредственный доступ к сети пользовательских устройств, в качестве среды передачи информации в подавляющем большинстве случаев используются проводные линии связи и беспроводные каналы. Причем для организации телекоммуникационных сетей могут использоваться существующие кабельные линии, в том числе линии электропитания при передаче информации по технологии PLC, область приложений которой распространяется от задач телеметрии и мониторинга до организации широкополосного доступа. Объединение линейных частей сетей электропитания и сетей связи позволяет реализовать максимальную экономическую эффективность их использования. Однако любой физической среде передачи информации свойственны искажения сигнала, вызванные неравномерностью АЧХ канала, нелинейностью ФЧХ и различными неоднородностями среды передачи, приводящими к многолучевому распространению сигнала. В особенности перечисленные искажения характерны для сетей электропитания, используемых при передаче сигнала по технологии PLC. В результате возникает эффект межсимвольной интерференции (МСИ), приводящий к росту вероятности ошибки при приеме сигнала и снижающий пропускную способность линии. К тому же в реальных условиях телекоммуникационным системам приходится функционировать в сложных условиях электромагнитной интерференции со стороны различных устройств беспроводной связи и прочего электронного оборудования. В этих случаях помехи характеризуются спектральной плотностью, сосредоточенной в определенных частотных интервалах [1].

По многим хорошо известным причинам параметры линий электропередачи (затухание сигнала, частотные и фазовые искажения и др.) изменяются во времени в зависимости от текущего уровня энергопотребления, числа подключенного оборудования и т.д., в то время как для традиционных физических сред передачи данных эти параметры сохраняются более или менее стабильными. Поэтому при использовании электросети для высокоскоростной передачи данных требуются различные методы компенсации ошибок, возникающих в канале передачи, помехоустойчивые методы обработки сигналов и кодирования данных. При передаче высокочастотного сигнала по электрическим сетям приходится сталкиваться со многими проблемами, основными из которых являются:

- искажение сигнала вследствие многолучевого распространения;
- затухание сигнала;
- большие помехи и межсимвольная интерференция.

Все эти проблемы накладывают существенные ограничения при практическом использовании технологии передачи данных по электросети [2].

Искажения. Структура электросетей и, в частности, домашней электропроводки изначально не предназначалась для высокоскоростной передачи данных. В ней содержится множество электрических розеток, переключателей, разделительных трансформаторов и устройств защиты от перегрузки по току (предохранителей). Путь прохождения сигнала от передающего устройства к приемному зависит от многих факторов. В первую очередь – от топологии электросети (т.е. пути прокладки проводов в конкретной квартире или офисе). Во-первых, из-за разветвленности сети всегда существует несколько путей распространения сигнала от источника к приемнику. Во-вторых, из-за наличия многочисленных неоднородностей в электрической сети в точку приема поступает не только прямой сигнал, но и многочисленные задержанные во времени отраженные сигналы (явление многолучевого отражения). Поскольку неоднородности в линии имеют разные коэффициенты отражения, задержанные сигналы в точке приема имеют разную амплитуду, а т.к. спектр передаваемого сигнала достаточно широк, фазы принимаемых отраженных сигналов также сильно различаются.

Затухание. При распространении сигнала по линии электросети вследствие затухания происходит снижение его уровня. Еще одной причиной, вызывающей существенное уменьшение сигнала, является наличие в структуре реальной электросети коммутационных элементов. Как правило, электрическая цепь содержит разного рода рубильники, выключатели и низкочастотные (50 Гц) трансформаторы, которые являются основным препятствием для прохождения ВЧ-сигнала.

Помехи. Источниками помех в обычных квартирах и помещениях офисов могут быть стандартные устройства для зарядки аккумуляторов мобильных телефонов, регуляторы яркости свечения галогенных ламп, а также другие бытовые приборы. В результате работы приборов уровень помех в электросети в полосе частот 4...21 МГц увеличивается примерно на 25 дБ по сравнению с уровнем теплового шума проводов [2].

Существующие подходы. Для компенсации МСИ в цифровых сигналах возможно применение коррекции в приемнике и коррекции в передатчике, либо комбинации данных подходов. Линейные методы компенсации искажений сигнала на приемной стороне (коррекция с форсированием нуля – zero-forcing linear equalization, коррекция по критерию минимума среднеквадратичной ошибки – MMSE linear equalization [3]) отличаются наиболее простой реализацией, но обладают общим недостатком, который заключается в совместной обработке принятого полезного сигнала и наложенной на него помехи. Исключить влияние помехи при компенсации МСИ на приеме и получить пропускную способность канала, приближающуюся к максимальной согласно формуле Шеннона, позволяет применение коррекции с решающей обратной связью (decision-feedback equalization [3]). Однако практическая эффективность данных методов ограничена высокой вероятностью распространения ошибки при неверном приеме символа, а также сложностью их использования совместно с методами помехоустойчивого кодирования, поскольку для коррекции требуется оценка принятого символа без задержки.

Наиболее эффективными методами компенсации искажений являются предкодирование Томлинсона-Харашимы (Tomlinson-Harashima precoding, ТНР) и гибкое предкодирование (flexible precoding) [3]. Данные методы при незначительном повышении мощности передаваемого сигнала позволяют получить на входе решающего устройства отношение передатчика. Однако методы предкодирования предполагают зависимость реализации прекодера от схемы модуляции – от количества сигнальных точек и формы граничной области в случае ТНР, или от расстояния между точками в случае гибкого предкодирования. К тому же предкодирование требует обратного преобразования сигнала

на приеме, что усложняет реализацию приемника, особенно в случае гибкого предкодирования.

В большинстве случаев при реализации коррекции используется T -интервальный подход, при котором частота дискретизации и цифровой обработки сигнала равна частоте следования символов сигнала $1/T$. Общим случаем с точки зрения тактовой частоты цифровой обработки сигнала является дробно-интервальная коррекция (fractionally spaced equalization, FSE [4-10]), предполагающая частоту дискретизации $1/\tau$ большую, чем частота следования символов. T -интервальный подход является наиболее простым с точки зрения реализации корректора, поскольку предполагает минимальные требования к скорости и объему вычислений. Однако данный подход приводит к высокой чувствительности эффективности коррекции к ошибкам синхронизации корректора с полезным сигналом, поскольку минимальное достижимое значение СКО представляет собой функцию фазы дискретизации [4; 6; 10]. Ограничения эффективности компенсации МСИ при обработке сигнала с частотой следования символов наиболее очевидны при ее рассмотрении в частотной области [5-6]. При T -интервальной коррекции полоса частот, внутри которой возможна компенсация, согласно теореме Котельникова, лимитирована интервалом $[f_0 - 1/2T, f_0 + 1/2T]$, где f_0 – несущая частота. Причем если АЧХ и ФЧХ канала у нижнего края данной полосы значительно отличаются от характеристик у верхнего края, компенсация искажений при T -интервальной коррекции становится нереализуемой [4]. При дробно-интервальной коррекции в общем случае интервал между отсчетами равен $\tau = MT / N$, где M и N – целые числа и $N > M$. Таким образом, возможна коррекция входного сигнала на заданном частотном интервале. Причем компенсация искажений будет эффективна при любой фазе дискретизации. Анализ эффективности дробно интервальных корректоров впервые представил G. Ungerbock [6], в последующих работах [7-9 и др.] были получены результаты моделирования, демонстрирующие более высокие значения отношения сигнал-шум после применения FSE по сравнению с результатами T -интервальной коррекции при аналогичных условиях.

Дробно-интервальный подход предъявляет значительно более высокие требования к производительности элементной базы, поскольку предполагает большой объем вычислений при определении коэффициентов фильтра, а также требует высокого быстродействия от самого корректора, осуществляющего цифровую обработку сигнала (ЦОС) в реальном масштабе времени. Однако текущий уровень развития элементной базы устройств ЦОС, сопровождаемый снижением стоимости вычислительных ресурсов интегральных схем, позволяет производить дискретизацию и обработку сигнала с тактовой частотой, достаточной для применения дробно-интервальной коррекции в сетях широкополосного доступа. Наибольшего быстродействия позволяет достичь аппаратная реализация ЦОС на основе интегральных схем программируемой логики FPGA. Таким образом, возникает целесообразность и актуальность применения дробно-интервального подхода при разработке методов коррекции цифровых сигналов, который позволил бы оптимизировать процесс компенсации МСИ и, следовательно, повысить эффективность использования каналов связи.

Дробно-интервальная предварительная коррекция сигнала. Для компенсации линейных искажений в каналах связи, приводящих к МСИ, предлагается производить дробно-интервальную предварительную коррекцию цифрового сигнала $f_0(t)$ на выходе

передатчика [11], при которой частота дискретизации и цифровой обработки полезного сигнала $1/\tau \gg 1/T$. В результате обработки сигнала предполагается получение на входе приемника сигнала $f_i(t)$, который по форме стремился бы к неискаженному полезному сигналу $f_0(t)$. Поскольку в общем случае параметры канала неизвестны, вычисление коэффициентов предкорректирующего цифрового фильтра должно осуществляться в результате тестирования канала некоторым сигналом $g_0(t) = L^{-1} \{G_0(p)\}$. Источником информации о передаточной функции канала $K_c(p)$ в этом случае является сигнал $g_i(t)$, получаемый на его выходе в результате тестирования, дискретизируемый с некоторой частотой $1/\delta \geq 1/\tau$ и аппроксимируемый для получения функции принятого тестирующего сигнала $G_i(p)$ в операторной форме.

Поскольку для корректного детектирования сигнала приемником не требуется полной компенсации затухания в канале, достаточно лишь скомпенсировать неравномерность АЧХ и обеспечить отношение сигнал-шум, необходимое для достижения требуемого порога вероятности ошибки. Поэтому для описания амплитуды передаваемого сигнала $y_0(t)$ введем коэффициент λ , определяемый как:

$$\lambda = \frac{\max_{t \in [t_0 + \Theta_0, t_0 + \Theta_0 + T]} |f_i(t)|}{\max_{t \in [t_0, t_0 + T]} |f_0(t)|}, \quad \lambda < 1,$$

где Θ_0 – временной интервал, который равен сумме времени, затрачиваемого на предкоррекцию сигнала, и времени пробега передаваемого сигнала по каналу связи; t_0 – произвольный момент времени.

Задача предкоррекции сигнала предполагает обращение причинно-следственных связей, поэтому в общем случае данная относится к классу некорректных задач [12]. Некорректность обратных задач, описываемых интегральными уравнениями типа свертки, проявляется в неустойчивости решения из-за стремления к нулю ядра уравнения на бесконечно высоких частотах [13]. В результате попытка поиска неизвестной функции может приводить к ложному решению, содержащему неопределенно большие, быстро осциллирующие компоненты. С другой стороны, физическая специфика задачи предкоррекции сигнала предполагает ограничение его частотного диапазона, поскольку при оптимальном приеме сигнал обязательно подлежит фильтрации для ограничения мощности белого шума. Кроме того, частотный диапазон, на котором решается обратная задача, ограничивается, с точки зрения теоремы Котельникова, поскольку реализация предкоррекции сигнала осуществляется в результате цифровой обработки, а тестирующий сигнал на выходе канала при измерении подлежит дискретизации с частотой $1/\delta$. Таким образом, необходимо ограничить ширину полосы, внутри которой производится предкоррекция, некоторой частотой ω_m удовлетворяющей условию $\omega_m \leq \pi/\tau$.

Для тестирования канала также предполагается применение дробно-интервального подхода, то есть дискретизация и измерение значений тестирующего сигнала на выходе канала с частотой $1/\delta \gg 1/T$. При этом может быть получена информация о передаточной функции канала в частотном диапазоне $[\omega_0 - \pi/\delta; \omega_0 + \pi/\delta]$, где ω_0 – частота несущей. Тогда

для извлечения информации о передаточной функции канала достаточно одного тестирующего импульса. Поэтому при выполнении ряда условий в качестве тестирующего сигнала может использоваться импульс непосредственно из информационного потока без вставки тестирующих последовательностей в его структуру.

Далее все сигналы в общем случае будем считать нормированными комплексными функциями, представляя действительные модулированные сигналы как эквивалентные низкочастотные сигналы на комплексной плоскости [5].

На основании данных тестирования канала может быть получена функция $u_0(t) = L^{-1}\{U_0(p)\}$, описывающая форму предварительно скорректированного сигнала для тестирующего импульса $g_0(t)$. Запишем следующую систему уравнений в операторной форме, в которой первое уравнение описывает процесс передачи тестирующего импульса, а второе – условие получения требуемого сигнала на входе приемника при использовании предкоррекции:

$$\begin{cases} K_c(p)G_0(p) = G_l(p), \\ K_c(p)U_0(p) = \lambda G_0(p)e^{-p\Theta}, \end{cases}$$

(1)

где Θ – временная задержка, необходимая из условия физической реализуемости предкоррекции и равная времени пробега сигнала по линии связи.

Поскольку реакция канала на тестирующий сигнал до момента его прихода в точку приема при нулевых начальных условиях будет равна 0, обозначив как $g_l(t)$ сигнал на выходе канала, сдвинутый влево по оси времени на Θ , получим

$$g_l(t) \equiv \tilde{g}_l(t - \Theta) = L^{-1}\{\tilde{G}_l(p)e^{-p\Theta}\}.$$

(2)

Поскольку $g_0(t)$ и $g_l(t)$ известны с погрешностью, можно ставить лишь задачу о нахождении приближенного регуляризованного решения $u_0(t)$ обратной задачи предварительной коррекции сигнала. Подставив (2) в (1) и исключив $K_c(p)$, получим:

$$u_0(t) = L^{-1}\left\{\frac{\lambda G_0^2(p)}{\tilde{G}_l(p)} f(p, \alpha)\right\},$$

(3)

где $f(p, \alpha)$ – стабилизирующий множитель; α – параметр регуляризации.

В выражении (3) изображение по Лапласу тестирующего сигнала $G_0(p)$ может быть получено аналитически, а изображение тестирующего сигнала на выходе канала $G_1(p)$ – в результате его аппроксимации суммой функций Хэвисайда [14] или некоторым интерполяционным полиномом, и преобразованием по Лапласу полученной функции [15].

Обратное преобразование Лапласа выражения (3) осуществляется с помощью численных методов интегрирования, например путем применения формулы Симпсона на частотном интервале $[-\omega_m; \omega_m]$. На основе дискретных значений сигналов $u_0(k\tau)$ и $g_0(k\tau)$ могут быть получены коэффициенты цифрового фильтра, реализующего предкоррекцию полезного сигнала с тактовой частотой $1/\tau$ [16]. В результате реализация предкоррекции инвариантна по отношению к используемым схемам модуляции и кодирования, а также не требует дополнительной обработки сигнала на приемной стороне.

OFDM. В основе широкополосной технологии передачи данных с использованием в качестве физической среды проводов электросети лежит метод передачи, при котором высокоскоростной поток данных разделяется на несколько относительно низкоскоростных потоков, каждый из которых передается на отдельной поднесущей. Этот метод модуляции получил название OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing — мультиплексирование с ортогональным частотным разделением). Пропускная способность системы передачи цифровой информации тем выше, чем больше мощность модулированного сигнала и шире частотный спектр.

Поэтому, чтобы достичь оптимальной пропускной способности при заданной ширине спектра, необходимо использовать эффективные способы модуляции. Если увеличение объема передаваемой информации достигается за счет роста скорости модуляции одной несущей (другими словами, за счет уменьшения длительности символов), это приводит к расширению спектра. Однако при малой длительности символов увеличивается искажение сигнала, вызванное межсимвольной интерференцией, поскольку длительность символов становится соизмеримой и даже может оказаться меньше времени задержки распространения.

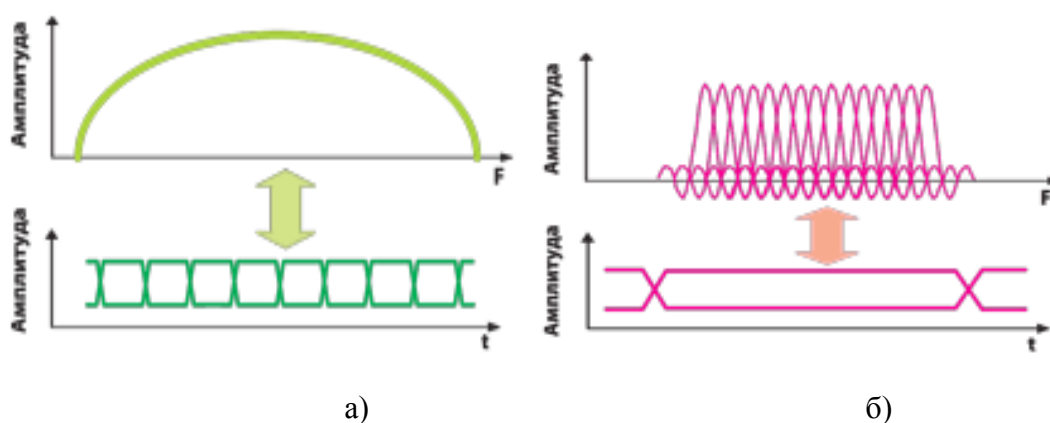


Рисунок 1 – Соотношения между шириной спектра и длительностью символов при широкополосном сигнале с одной несущей (а) и OFDM-сигнале (б)

При использовании OFDM-модуляции увеличение пропускной способности происходит не за счет сокращения длительности передаваемых символов, а благодаря существенному увеличению числа информационных каналов (поднесущих). В случае использования OFDM-модуляции длительность передаваемых на поднесущей символов увеличивается, но при этом для их передачи не требуется широкая полоса частот. Соотношения между спектрами широкополосного и OFDM-сигнала, а также длительностью передаваемых символов приведены на рисунке 1.

Выводы. Дробно-интервальная предварительная коррекция позволяет осуществлять компенсацию линейных искажений сигнала на заданном частотном интервале. В результате возможна реализация предварительной коррекции одновременно с технологией расширения спектра сигнала. При этом предкоррекция позволяет компенсировать МСИ, возникающую из-за искажений сигнала, а расширение спектра в условиях сосредоточенной по спектру помехи позволяет без увеличения мощности передаваемого сигнала повысить отношение сигнал-шум на входе решающего устройства пропорционально коэффициенту расширения. Кроме того, возникающая при расширении спектра избыточность позволяет одновременно снизить вероятность ошибки за счет применения помехоустойчивого кодирования. Необходимым условием для реализации данного метода является наличие в канале доступного частотного интервала для передачи сигнала с увеличенным по ширине спектром.

В настоящее время наибольшее распространение получили три технологии широкополосной передачи данных по электросети: HomePlug AV (HomePlug 1.0), HD-PLC и UPA. Во всех этих технологиях реализован метод OFDM-модуляции. Однако подходы и решения для реализации интерфейса на физическом уровне при использовании этих технологий существенно отличаются. Главные отличия заключаются в использовании разных методов синтеза OFDM-сигнала и применении несовместимых между собой алгоритмов помехоустойчивого кодирования. Применение в этих технологиях высокоэффективных способов модуляции и алгоритмов кодирования данных позволило достичь, по сравнению с другими проводными и беспроводными технологиями, большой скорости передачи (до 200 Мбит/с) и высокой помехоустойчивости, что, в конечном счете, и определяет постоянно растущий интерес к этим методам. Технология широкополосной передачи данных по электросети, другими словами, технология BPL (Broadband PowerLine) или PLC (Powerline Communication), — это сравнительно новая телекоммуникационная технология, вобравшая передовые достижения в области цифровой обработки сигналов и помехоустойчивого кодирования, что позволило достичь нового качественного уровня передачи данных. Благодаря такому уровню, широкополосная PLC-технология в настоящее время уже достаточно широко применяется в разнообразных приложениях и во многих из них на равных конкурирует с другими высокоскоростными проводными и беспроводными технологиями передачи данных.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Багманов В.Х., Любобытов В.С., Султанов А.Х., Тлявлин А.З., // «Инфокоммуникационные технологии. Том 10, № 3, 2012;
- 2 <http://www.russianelectronics.ru>, Широкополосная PLC-технология;

- 3 Hrasnica H., Haidine A., Lehnert R. Broadband Powerline Communications Networks. John Wiley & Sons, Chichester, 2004.
- 4 Dostert K. Powerline Communications. Prentice Hall, New Jersey, 2001.
- 5 Fischer R.F.H. Precoding and Signal Shaping for Digital Transmission. John Wiley & Sons, New York, 2002.
- 6 Adaptive Equalization / Qureshi S.U.H. // Proceedings of the IEEE. Vol. 73, № 9, September 1985. – P. 1349-1387.
- 7 Qureshi S.U.H., Forney G.D. Performance and properties of a T/2 equalizer // National Telecommunications Conference, Los Angeles, CA, December 1977. – P. 11:1.1-11:1.9.
- 8 Gitlin R.D., Weinstein S.B. Fractionally-Spaced Equalization: An Improved Digital Transversal Equalizer // The Bell System Technical Journal. Vol. 60, № 2, February 1981. – P. 275-296.
- 9 Hamid K., Stuber G.L. A Fractionally Spaced MLSE Receiver // Proc. IEEE Intern. Conf. Commun. (ICC'95), June 1995. Vol. 1. – P. 18-22.
- 10 Jingxian Wu, Yahong Rosa Zheng, Khaled Ben Letaief, Chengshan Xiao. On the Error
11 Performance of Wireless Systems with Frequency Selective Fading and Receiver Timing Phase Offset // IEEE Transactions on Wireless Communication. Vol. 6, №2, February 2007. – P. 720-729.
- 12 Sultanov A., Tlyavlin A., Lyubopytov V. Method for Linear Distortion Compensation in Metallic Cable Lines // 17th International Work-shop EUNICE 2011 «Energy-Aware Communications». Dresden, Germany, September 2011 Proceedings. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2011. – P.195-198.
- 13 Кабанихин С.И. Обратные и некорректные задачи. Новосибирск: Сибирское научное издательство, 2009. 457 с.
- 14 Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1979. – 284 с.
- 15 Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Высшая школа, 1983. – 536 с.
- 16 Анго А. Математика для электро- и радиоинженеров. Пер. с франц. М.: Наука, 1964. – 772 с.
- 17 Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. Спб.: «Питер», 2002. – 608 с.
- 18 Теория электрической связи: Учебник для вузов. Под ред. Д.Д.Кловского. М.: Радио и связь, 1999. – 432 с.

REFERENCES

- 1 Hrasnica H., Haidine A., Lehnert R. Broadband Powerline Communications Networks. John Wiley & Sons, Chichester, 2004.
- 2 Dostert K. Powerline Communications. Prentice Hall, New Jersey, 2001.
- 3 Fischer R.F.H. Precoding and Signal Shaping for Digital Transmission. John Wiley & Sons, New York, 2002.
- 4 Adaptive Equalization / Qureshi S.U.H. // Proceedings of the IEEE. Vol. 73, № 9, September 1985. – P. 1349-1387.
- 5 Qureshi S.U.H., Forney G.D. Performance and properties of a T/2 equalizer // National Telecommunications Conference, Los Angeles, CA, December 1977. – P. 11:1.1-11:1.9.

- 6 Gitlin R.D., Weinstein S.B. Fractionally-Spaced Equalization: An Improved Digital Transversal Equalizer // The Bell System Technical Journal. Vol. 60, № 2, February 1981. – P. 275-296.
- 7 Hamid K., Stuber G.L. A Fractionally Spaced MLSE Receiver // Proc. IEEE Intern. Conf. Commun. (ICC'95), June 1995. Vol. 1. – P. 18-22.
- 8 Jingxian Wu, Yahong Rosa Zheng, Khaled Ben Letaief, Chengshan Xiao. On the Error
9 Performance of Wireless Systems with Frequency Selective Fading and Receiver Timing Phase Offset // IEEE Transactions on Wireless Communication. Vol. 6, №2, February 2007. – P. 720-729.
- 10 Sultanov A., Tlyavlin A., Lyubopytov V. Method for Linear Distortion Compensation in Metallic Cable Lines // 17th International Work-shop EUNICE 2011 «Energy-Aware Communications». Dresden, Germany, September 2011 Proceedings. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2011. – P.195-198.

Резюме

А.С.Тергеусизова

(Алматы энергетика және байланыс университеті)

ЭЛЕКТР БЕРІЛІС ЖОЛДАРЫ БОЙЫМЕН МӘЛІМЕТТЕРДІ ТАРАТУДЫҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫ: МӘСЕЛЕЛЕРІ ЖӘНЕ ШЕШІМДЕРІ

Бұл мақалада электр желісі бойымен мәліметтерді таратудың кең жолақты технологиясының ерекшеліктері қарастырылған. Жоғары өткізгіштік қабілетке және мәліметтердің ақиқаттығына қол жеткізу үшін бұл технологияда да басқа сымды және сымсыз технологияларда пайдаланылатын шешімдердің көпшілігі қолданылады. Мультипликациялау және ортогональды жиіліктік бөлу арқылы модуляциялау әдісі, мәліметтерді бөгеуілге тұрақты кодтаудың қазіргі аса тиімді алгоритмдары, бүгінгі күнгі көптеген қиыншылықтарға қарамастан мәліметтерді сенімді қабылдап/таратуды қамтамасыз етеді.

Кілт сөздер: PLC технология, сигналдың бұрмалануы, сигналдың өшуі, бөгет, ортогональдық жиілік бөлінуі, мультипликация жасаумен модуляция, бөгеуілге тұрақты кодтау, скремблирлеу, сигналдың түзетуі.

Summary

A.S.Tergeusizova

(Almaty University of Power Engineering & Telecommunication)

TECHNOLOGY DATA ON TRANSMISSION LINES: PROBLEMS AND SOLUTIONS

The report describes the features of broadband data transmission technology for power. To achieve high throughput and acceptable reliability of the data used in this technology, many of the decisions that are used in other wired and wireless technologies, including modulation method with multiplexing and orthogonal frequency division modern high error-correcting coding algorithms for data, which, in spite of many of the existing problems, allows, in the final analysis, to ensure reliable reception / transmission.

Keywords: PLC technology, signal distortion, signal attenuation, noise, orthogonal frequency division multiplexing modulation, error control coding, scrambling, the correction signal.

Поступила 18.03.2013 г.