

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАДЕЖНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ ПО ЛИНИЯМ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

АНАТОЛИЙ КОНДРАТЬЕВ, консультант, «ИД Электроника»

Технология PLC (power-line-communication) использует линии высокого напряжения в качестве транспортной среды. Данные передаются по той же линии электропередачи, что обеспечивает подачу электричества в дома или автомобили, избавляя от необходимости использовать дополнительные провода. Технология PLC все чаще применяется во многих приложениях, в т.ч. в интеллектуальных энергосистемах, управлении солнечными панелями, счетчиках энергии, домашних сетях для передачи видео и электромобилей.

Стремление многих стран мира перейти на энергосберегающие технологии подразумевает необходимость рационального производства и потребления энергии. PLC обеспечивает уникальный метод использования уже имеющейся инфраструктуры для быстрого внедрения технологии интеллектуального энергоуправления. В отличие от беспроводных методов, PLC не имеет ограничений, связанных с зоной прямой видимости и дальностью передачи. Кроме того, это эффективная и легко реализуемая технология для многих приложений.

В состав любой системы связи входят передатчик, приемник, транспортная среда и сигнал. В типовой PLC-системе передатчик модулирует и вводит сигнал в линию электропередачи (см. рис. 1). Приемник на другом конце линии связи демодулирует сигнал и извлекает из него данные. Импеданс линии электропередачи ослабляет сигнал по мере его прохождения от передатчика к приемнику. Любой шум в среде также искажает сигнал при его распространении по линии. К числу факторов, которые влияют на характеристики и надежность PLC-системы, относятся уровень передаваемого сигнала, шум в линии электропередачи, импеданс сети, используемый протокол и чувствительность приемника.

ПЕРЕДАЧА СИГНАЛА

Сигналы высокой интенсивности менее подвержены искажениям из-за

шума в линии электропередачи и распространяются на большие расстояния. Интенсивность передаваемого сигнала также влияет на потребление узла PLC, т.к. он потребляет больше энергии при поступлении в сеть сигнала большой мощности.

В идеальном случае разработчикам следует увеличить сигнал передатчика таким образом, чтобы обеспечить наилучшие характеристики и энергопотребление в линии электропередачи. Однако такие организации как FCC (Federal Communications Commission — Федеральная комиссия связи) в Северной Америке и CENELEC в Европе строго следят за тем, чтобы передаваемый сигнал не превышал определенного уровня. Кроме того, эти организации установили уровень гармоник, которым характеризуется основной сигнал передатчика, поступающий в линию электропередачи. Эти правила предотвращают взаимное искажение сигналов различных частот.

При выборе PLC-устройства необходимо, чтобы оно удовлетворяло требованиям к уровню передаваемого сигнала для того или иного типа приложения. Кроме того, следует обеспечить совместимость этого устройства со стандартами FCC и CENELEC. В идеальном случае усиление в режиме передачи должно настраиваться таким образом, чтобы можно было регулировать уровень сигнала в зависимости от остальной части системы. Кроме того, необходимо определить, какую энер-

гию потребляет PLC-узел, чтобы установить оптимальный уровень сигнала в соответствии с требованиями FCC и CENELEC.

ШУМ В ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

После поступления сигнала передатчика в линию электропередачи его целостность зависит от количества шума в этой линии: чем он больше, тем в большей мере искажается сигнал. Шум генерируют многие источники. Проще говоря, шум в линии можно разделить на импульсный и непрерывный. Импульсный шум непредсказуем и имеет пульсирующий характер (см. рис. 2). Этот тип шума возникает, например, при включении блендера на кухне. Трудно построить систему, которая могла бы справиться с непредсказуемым и подчас большим импульсным шумом, не потеряв в скорости передачи данных. Этот тип шума часто приводит к уничтожению пакетов данных в линии. Непрерывный шум имеет более предсказуемый характер, чем импульсный шум (см. рис. 3).

Как правило, непрерывный шум зависит от качества монтажа линии электропередачи. Следует помнить, что изначально электросеть предусматривается для передачи энергии, а не данных, поэтому при создании линии электропередачи вопросам снижения шума уделяется мало внимания. Допустимый уровень шума также зависит от того, в каком регионе мира функционирует система.

Для обеспечения надежной связи по линии электропередачи отношение сигнала к шуму (SNR) должно быть выше определенного порогового значения. Если в PLC-системе возникает непрерывный шум с высокой амплитудой, следует изолировать его от PLC-приемников или воспользоваться блокирующим дросселем, установленным на источник питания того оборудования, которое генерирует шум.

Разработчики прибегают и к другим методам борьбы с помехами. К ним относится использование двунаправ-

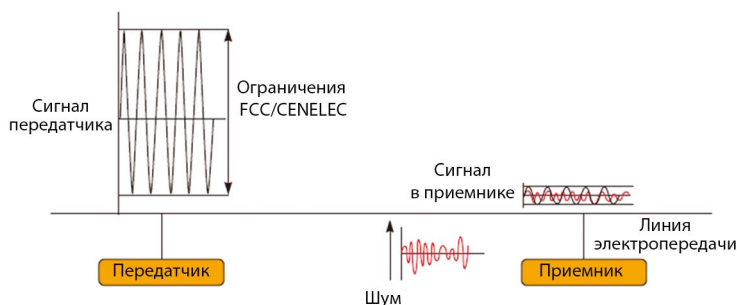


Рис. 1. Импеданс линии электропередачи, а также шум в ней существенно ослабляют передаваемый сигнал

КОМПЛЕКТНЫЕ ПОСТАВКИ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

www.zolshar.ru

Actel
Agilent
Technologies
Aimtec
Altera
Golledge
Analog Devices
Degson
Epcos
Bourns

Epson
Fujitsu
Allegro
Bomar
Linear
Cree
Cypress
Micron
Honeywell
IDT

Microsemi
Fairchild
Bolymin
Bright Led
Electronics
NXP
Hitachi Aic
Hitano
Rochester
Electronics

Seme Lab
STM
Murata
Avago
Intersil
Xilinx
Yageo
Micron
AMD
Samsung

Kemet
Infineon
Kingbright
Kyocera
Integra
Ligitek
CapXon
Maxim
Microchip
Edison

Molex
Semicron
Lattice
National
Semiconductor
Harting
Philips
Jamicon
Mini- Circuits
Intel

ВЗПП-С
Восход
Исеть
Интеграл
Кремний
Кулон
Мезон
НЗПП
Светлана
Элеконд

ATC
Atmel
AVX
Bergquist
Holt
Huber+suhner
Samtec
Vishay
Wima
IRF



Рис. 2. Импульсный шум в линии электропередачи непредсказуем и может привести к уничтожению любых совпадающих пакетов данных

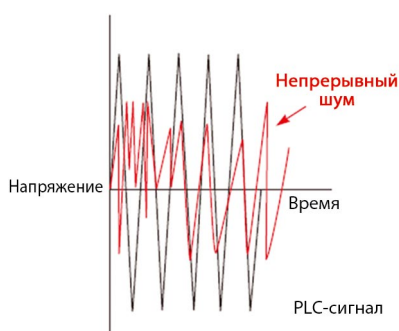


Рис. 3. Непрерывный шум в линии электропередачи более предсказуем и, следовательно, с ним легче бороться

ленной связи, повторные попытки установления связи, обнаружение ошибок и автоматическая регулировка усиления (АРУ). В случае односторонней линии связи передающая сторона не знает, насколько успешно связь установлена. Этот недостаток был одной из самых больших проблем использования однонаправленной PLC-технологии X10. В системе двунаправленной связи приемник отправляет подтверждение об успешном приеме данных. В противном случае передатчик может выполнить корректирующую операцию.

При двунаправленной связи подтверждение о ее установлении происходит с помощью механизма подтверждения. Если интеллектуальный передатчик не получает ответа от приемника, он повторно отправляет пакеты данных. Встроенная функция повторных попыток является мощным средством установления надежной связи по линии электропередачи. Даже после успешного получения приемником пакета данных он должен проверить их на искажения шумом. Контроль циклическим избыточным кодом (cyclic redundancy check, CRC) позволяет приемнику обнаружить любые ошибки в пакетах данных. При обнаружении приемником ошибочно-

го пакета он либо просит передатчик повторно отправить этот пакет, либо не подтверждает получение данных, вынуждая передатчик автоматически повторить попытку переслать пропущенный пакет.

Для борьбы с непрерывным шумом в некоторых PLC-устройствах реализовано АРУ. С помощью этой функции приемник динамически настраивает свою чувствительность выше порогового шума, чтобы эффективнее отличить данные от помех. Очевидно, что чем лучше метод борьбы с шумом, тем надежнее система. Таким образом, наиболее надежной системой передачи данных является двунаправленная связь с функцией повторных попыток, контролем с помощью циклического избыточного кода и получением подтверждений.

ИМПЕДАНС

Импеданс тракта, по которому распространяется сигнал, влияет на его мощность. Значение импеданса зависит от импеданса линии электропередачи и ее узлов, т.е. подключенных к ней приборов. Ее импеданс изменяется при подключении оборудования в розетку. Максимальная мощность сигнала передается в том случае, когда импеданс линии электропередачи соответствует импедансу цепи передатчика. Чем больше разница между этими двумя импедансами, тем меньше мощность передаваемого сигнала; в результате ухудшаются характеристики линии. Динамическое изменение импеданса со временем — одна из серьезнейших проблем для PLC-приложений. Необходимо предусмотреть эти изменения в линии при проектировании передатчиков и приемников, согласовать импеданс передатчика с импедансом линии связи и учесть, что высокий импеданс приемника обеспечивает минимальную потерю сигнала на приемной стороне.

СЕТЕВОЙ ПРОТОКОЛ

Надежный и безошибочный сетевой протокол, возможно, оказывает наибольшее влияние на надежность PLC-связи. Хотя при проектировании системы едва ли можно учесть такие физические факторы как шум и импеданс линии, оптимизированная реализация сетевого протокола позволяет существенно улучшить характеристики PLC-системы. Выбор сетевого протокола имеет большое влияние на ее функционирование: правильный сетевой протокол на 100% обеспечивает успешную связь, и наоборот. Следует заметить, что большинство PLC-приложений поддерживает десятки, если не сотни, узлов, которые подклю-

чаются к одной и той же линии связи. Сетевой протокол определяет передачу пакетов данных между узлами, благодаря чему все узлы совместно пользуются доступной шириной полосы. При этом ни один узел не имеет возможности монополизировать канал связи. Определение и реализации сетевого протокола также устанавливает максимальное количество PLC-узлов, подключаемых к линии.

В тех случаях, когда сетевой протокол работает с функциями подтверждения приема данных, повторных попыток и CRC, запускаемым в PLC-системе приложениям не требуется реализация этих методов. С точки зрения приложения, программное обеспечение получает только достоверные данные PLC. Некоторые PLC-устройства поставляются со встроенным сетевым протоколом, тогда как в других случаях от разработчика требуется определение, кодирование и управление их протоколами. Если протокол не может запускаться на самом PLC-устройстве, разработчик должен определить другой процессор для реализации этого протокола.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПРИЕМНИКА

В зависимости от характеристик линии электропередачи, нагрузки и длины ее сегментов распространяющиеся по сети сигналы могут существенно затухать к моменту их поступления в приемник. Приемник с высокой чувствительностью надежно принимает сигналы малой интенсивности, что увеличивает расстояние эффективной связи. Однако высокая чувствительность не во всех случаях является благом. Например, приемник с высокой чувствительностью обнаруживает не только сигналы небольшой амплитуды, но реагирует и на малые шумы в канале. Таким образом, необходимо обеспечить механизм, предотвращающий поступление в приемник искажающих шумов. Одним из таких механизмов является АРУ для динамической регуляции чувствительности поверх минимального уровня шума.

СЕТИ С НЕСКОЛЬКИМИ ЛИНИЯМИ

Во многих электросетях имеется несколько линий переменного тока, которые образуются трансформаторами, работающими на частотах 50 или 60 Гц. PLC-сигналы — высокочастотные, поэтому трансформаторы их отфильтровывают, в результате чего данные не попадают на вторичную обмотку (линию) того же дома. В этом случае PLC-сигнал не распространяется по всем розеткам одного помещения или офиса. Однако эту проблему можно решить, установив

связь между обмотками трансформатора для передачи PLC-сигнала. Для этого используются хорошо известные методы емкостной или беспроводной связи.

При емкостной связи конденсатор подключается к линиям трансформатора, обеспечивая прохождение PLC-сигнала. При этом требуется физический доступ к трансформатору, что в отдельных случаях невозможно или приводит к дополнительным расходам. В методе беспроводной связи PLC-данные передаются с одной линии на другую с помощью двух РЧ-устройств, причем каждое из них подключается к своей линии. При этом физического доступа к трансформатору не требуется.

Некоторые PLC-устройства поставляются с функцией беспроводной связи, тогда как в других случаях разработчики ищут методы соединения разных линий.

СТОИМОСТЬ РЕШЕНИЯ

Несмотря на то, что определяющим фактором проектирования системы является надежность, PLC-архитектуры позволяют также минимизировать стоимость решения для обеспечения конкурентных преимуществ. При добавлении функционала PLC в систему некоторые разработчики уделяют слишком большое внимание стоимости кристаллов, игнорируя суммарную стоимость реализации PLC-функций.

Попытаемся классифицировать стоимость реализации PLC-функционала и затраты на разработку (см. рис. 5). Список материалов включает стои-



Рис. 6. В состав PLC-устройства CY8CPLC20 от Cypress входят модем физического уровня, сетевой протокол и прикладной уровень

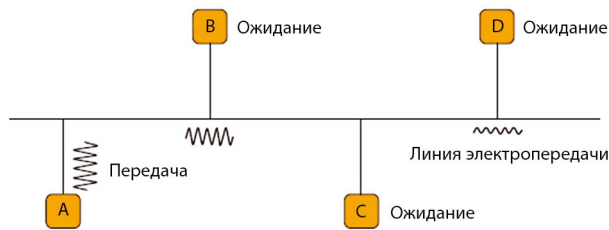


Рис. 4. CSMA-схема обеспечивает работу нескольких узлов в соответствии со стандартом CENELEC, благодаря чему они получают коллективный доступ к данным

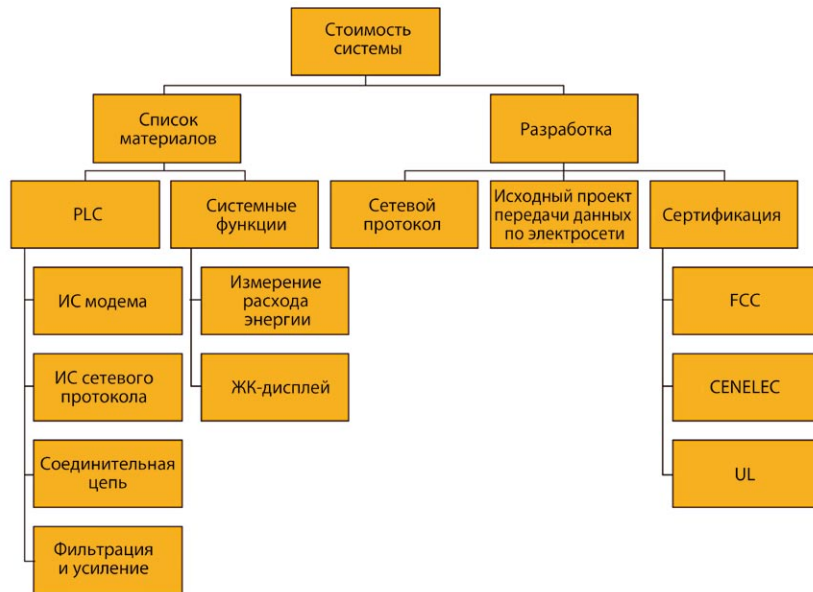


Рис. 5. Структура стоимости реализации PLC-функционала

мость всех микросхем и компонентов, входящих в состав системы, в т.ч. обеспечивающих функции PLC и другие возможности. В стоимость разработки входят затраты на реализацию, например, сетевого протокола, проектирование топологии и платы, а также расходы на сертификацию продукции в соответствии со стандартами FCC, CENELEC и UL (Underwriters Laboratories).

Суммарную стоимость системы можно снизить, распределив функции по наименьшему количеству устройств. Например, устройство, которое обеспечивает поддержку протоколов модема и сети на одной микросхеме, обойдется дешевле, чем реализация функций на отдельных ИС. Кристаллы, объединяющие такие функции как измерение расхода энергии, управ-

ление ЖК-дисплеем, измерение температуры и управление нагрузкой, также позволяют снизить стоимость системы и сложность разработки (см. рис. 6). Многие PLC-контроллеры поставляются с исходными проектами, соответствующими стандартам FCC, CENELEC и UL, что также ускоряет процесс проектирования. По сути, чем больше функций совмещает PLC-устройство, тем меньше времени и денежных средств требуется для реализации связи по линиям электропередачи.

Контрактное производство от А до Я

Официальный представитель фирмы Oriental FastAssembly Limited (KHP)

- Поставка электронных компонентов
- Производство печатных плат
- Контрактная сборка
- Контрактное производство готовых изделий

ООО "Софал"
 Россия, 630073, г. Новосибирск, микрорайон Горский, 6.
 Тел./Факс: (383) 308-00-80
 e-mail: sofal@sofal.ru
 www.sofal.ru