

ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИЛОВЫХ СЕТЯХ

Липский Р.Н.

Северо-Кавказский Государственный Технический Университет, г. Ставрополь

Тема данной статьи - связь по силовым электрическим распределительным сетям. В статье даны основные свойства силовой сети, описываются сложности при передаче по ней информации и возможный путь решения. Разработан модем для передачи информации по силовым сетям от счетчиков электроэнергии.

Введение

В настоящее время в связи с переходом предприятий электроэнергетики к рыночным отношениям, все чаще применяются автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ). Одной из основных является проблема построения каналов связи между компонентами автоматизированных систем. До сих пор остается открытым вопрос "последней мили" связи в автоматизации средств учета и контроля энергоресурсов непосредственно у потребителей. В качестве "последней мили" в традиционно используются проводные цифровые интерфейсы RS-485, CAN-Bus, проводная или GSM модемная связь и т.д. Однако вышеупомянутые средства связи довольно дороги, требуют прокладки дополнительных проводов, что зачастую весьма затруднительно. Поэтому большой интерес представляют такие каналы связи как радиосвязь и связь по силовым сетям.

1. Распределительная силовая сеть как среда передачи информации

Большим преимуществом связи по силовым сетям является то, что в каждой учетной точке уже существует коммуникационный канал. Проблемы связи по силовым сетям возникают из-за того, что они разрабатываются для распределения электроэнергии, а не для передачи информации. Наше исследование направлено на силовую сеть как коммуникационную.

Силовая сеть подвергается множеству воздействий. Они вызывают большое количество ошибок в канале передачи информации. Для их уменьшения применяется специальный метод модуляции и коррекции ошибок.

Сопrotивление цепи силовой сети увеличивается с увеличением частоты. Сопrotивление силовой сети варьируется от 1 до 100 Ом на частоте 100 кГц. Существует практическое решение, показанное в [3], где силовая сеть моделируется сетью с распределенными параметрами R, L, C.

Одним из главных недостатков существующих систем связи по силовым сетям является непредсказуемость значений их помехоустойчивости в различных реальных условиях применения. Частотные, фазовые характеристики нелинейные и изменяются с течением времени.

Для связи по силовым сетям требуется коммуникационный метод, который должен обеспечивать приемник сигналом достаточно большой энергии, такой что алгоритм принятия решения приемника мог эффективно бороться с помехами. В нашем решении передатчик и приемник адаптируются к характеристикам канала. Характеристики канала постоянно оцениваются и изменяются параметры коммуникационной системы.

В мире существует множество технических решений по передаче информации по силовым сетям. Силовая сеть является достаточно заманчивым решением для построения АСКУЭ. Основные задачи, решаемые в этом случае АСКУЭ следующие:

- сбор информации о потребляемой электроэнергии;
- сбор информации о состоянии счетчиков;
- управление тарифными расписаниями;
- управление потреблением электроэнергии;
- дополнительная функциональность для конкретных автоматизированных систем.

Средства связи по силовым сетям подразделяются на два типа: связь по сетям низкого напряжения (0,4 кВ) и связь по сетям среднего напряжения (6-10 кВ). Наиболее технологически сложной является связь по низковольтным сетям, так как эти сети являются наиболее сложными для реализации средств связи по ним.

Типовая АСКУЭ с передачей информации по силовой сети состоит из управляющего контроллера (НС), расположенного в трансформаторной подстанции и множества счетчиков электроэнергии с модулями силового модема, соединенных друг с другом и управляющим контроллером через силовую сеть (рис. 1). Типичное количество счетчиков в сети от 500 до 3000, длина сети от 200 до 2000 м.

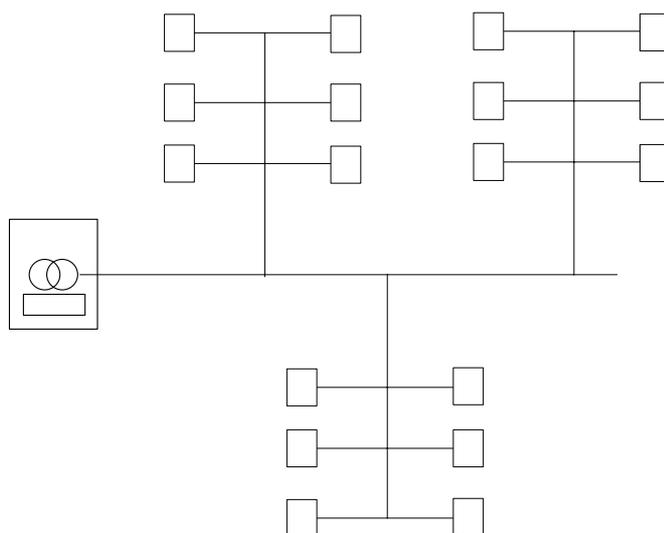


Рис. 1. Типовая структура сети АСКУЭ с передачей информации по силовой сети

АСКУЭ дает возможность построения районной и городской автоматизированной системы учета энергопотребления. Для этого достаточно оснастить счетчики электроэнергии модемами для передачи информации по силовой сети, с которых информация по сети 0,4 кВ передается в ближайшую трансформаторную подстанцию, а далее по сети 6 - 10 кВ - на центральный диспетчерский пункт.

Разработка систем связи по силовым сетям должна оптимизироваться под среду силовой сети. В этой среде содержится:

- импульсные помехи от различных источников;
- фоновый шум;
- частотно зависимое ослабление сигнала меняющееся во времени;
- отражения от нетерминированных точек силовой сети [1].

По характеру воздействия помехи классифицируются на помехи естественного происхождения (атмосферные, грозовые и т.д.) и промышленные помехи (коммутации в сети, работающие электроприборы).

Характеристика канала зависит от времени суток и места, где расположена сеть. Надежное коммуникационное решение должно иметь информационный протокол с коррекцией ошибок, повторными передачами и специальный режим адресации точек с ретрансляцией. В этом случае передатчик способен адаптироваться для сетей с низким отношением сигнала к шуму и несколько бит информации может быть повреждено.

Частотно зависимое ослабление компенсируется модуляцией с расширенным спектром. Пути информационных потоков должны непрерывно изменяться в связи с изменениями характеристик среды. Необходимы адаптивные методы для выбора путей передачи информации и промежуточных передатчиков, способных выполнять функции ретрансляции. Следовательно каждый силовой передатчик должен быть способен выбирать оптимальный путь передачи сигнала.

Каждая часть силовой сети моделируется как система с потерями $S(t)$, во время t доступен канал со скоростью V . В зависимости от уровня помех, могут быть доступны от 0 до S_{max} коммуникационных каналов. Сигнал на входе приемника является суммой сигнала передатчика с учетом затухания канала и шума в сети, причем функция шума нелинейная с изменениями по времени, мощности и частоте.

Передача с расширенным спектром - это метод модуляции сигнала, где передаваемый сигнал занимает частотный диапазон значительно больший, чем необходим для передачи информации. Сигнал условно подвергается вторичной модуляции с использованием широкополосного сигнала.

Модем для передачи по силовым сетям

Был разработан модем для передачи информации по силовым сетям, в основу которого положен цифровой сигнальный процессор фирмы Motorola. Процедуры модуляции и демодуляции полностью реализованы в программном обеспечении DSP. Центральный модуль модема располагается в электрическом счетчике. В модеме применен метод расширенного спектра прямой последовательности. Применение программой модуляции имеет несколько преимуществ: уменьшено количество электронных компонентов и соответственно цена модема, спектр сигнала может выбираться наиболее оптимальным для каждой конкретной силовой сети путем программной настройки. Частотный диапазон, используемый модемом, соответствует стандарту CENELEC EN 50065-1. Программное обеспечение модема состоит из двух основных модулей:

- PL с подпрограммами модуляции и демодуляции, корреляции, коррекции ошибок;

- СОММ, содержащий процедуры обмена данными с электрическим счетчиком или управляющим контроллером по последовательному интерфейсу.

В зависимости от характеристик сети передатчик и приемник модема может адаптировать под сеть некоторые свои характеристики.

1. Адаптивный метод привязки передаваемых пакетов данных к характеристическим точкам синусоиды напряжения сети. Модем начинает передачу в виде коротких фрагментов в окне с фазой напряжения – $\pi/12 \dots +\pi/12$. В случае успешного обмена в процедурах следующего обмена окно каждый раз расширяется на $\pi/6$ пока не достигает величины полуволны синусоиды π . Всего существует 6 размеров окон $\pi/6$, $\pi/3$, $\pi/2$, $2\pi/3$, $5\pi/6$, π . Если на каком-либо этапе передача была неуспешной, то величина окна сужается к предшествующей величине. После успешной передачи окно снова расширяется и т.д.

2. Адаптивная подстройка скорости передачи информации - скорость снижается с ухудшением характеристик канала.

3. Адаптивная подстройка спектра передаваемого сигнала - в случае наличия повышенного уровня помех в некоторых точках частотного спектра, спектр передаваемого сигнала может сдвигаться в более чистую от помех часть спектра.

Каждый счетчик в сети имеет свой уникальный адрес. Каждый счетчик может также служить ретранслятором для других счетчиков, причем сигнал от каждого счетчика может передаваться как напрямую управляющему контроллеру, так и через несколько ретрансляторов-счетчиков (до нескольких десятков). Маршрут передачи автоматически определяется передатчиком модема и может изменяться при изменении характеристик сети.

Для уменьшения вероятности появления ошибок используется избыточность по времени, когда одна и та же информация передается несколько раз в различные промежутки времени и частотная избыточность, когда одна и та же информация передается в нескольких зонах частотного спектра.

Технология связи по силовым сетям существует уже множество лет. Однако, до сих пор эта технология широко не адаптирована для обмена информацией в АСКУЭ из-за низкой надежности, высокой стоимости и небольшой скорости передачи информации.

Заключение

В статье дано описание модема для передачи по силовым сетям для АСКУЭ. Результатом исследования является дешевый интерфейс для обеспечения связи со счетчиками электроэнергии через силовую сеть.

Литература

1. Michael Propp, Ph.D., David Propp and John Gitelman. Adaptive Networks. Newton, MA, USA, 2001.
2. Begain K. Modeling of a PLC network. Dresden University of Technology, 2002.
3. Montoya L. Power line communications. Performance overview of the physical layer of available protocols. University of Florida, 1998.

