

ОБ ОПТИМИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Куланбаева Т.Т.
ИАИТ НАН КР, E-mail: sviweliz@yandex.ru

Введение. Известно, что проектирование системы или устройства состоит из двух основных этапов [1]: 1) обоснование исходных данных для проектирования; 2) проектирование системы для сформулированных исходных данных. Система, удовлетворяющая совокупности исходных данных называется допустимой. Допустимая система, удовлетворяющая совокупности ограничений называется строго допустимой. И основной задачей проектирования является отыскание из всех строго допустимых систем оптимальной системы, которая обладает наилучшими показателями качества, т.е. оптимизация системы. Оптимизация системы включает в себя оптимизацию как собственно самой системы, так и процесса ее разработки. Обе эти стороны оптимизации взаимно связаны. Показатели качества системы существенно зависят от степени оптимальности процесса разработки и от отпущенных на нее времени и средств. В свою очередь время и средства, затрачиваемые на разработку системы, и сам процесс разработки в значительной степени определяются структурой системы и значениями ее параметров. Однако задача одновременной оптимизации самой системы и процесса ее разработки весьма сложна. В данной работе рассматривается оптимизация собственно системы.

Постановка задачи. Рассмотреть вопрос об оптимизации разрабатываемой автоматизированной дистанционной системы контроля и учета электроэнергии.

Оптимизация системы осуществляется обычно как на этапах эскизного проекта, так и на всех последующих этапах. Однако необходимо осуществить оптимизацию в возможно большей степени на самых ранних этапах разработки, так как при этом она может быть наиболее радикальной и требует меньших экономических затрат. В дальнейшем отыскание оптимальной системы для краткости будем называть синтезом системы.

Синтез системы включает решение следующих основных задач:

1. Синтез оптимальной структуры системы, т.е. отыскание оптимальных принципов построения системы (видов радиопередающих и радиоприемных устройств и характера их взаимодействия, формы несущих колебаний, способов модуляции и демодуляции и т.п.). Для краткости эту задачу можно назвать синтезом структуры.

2. Выбор оптимальных значений параметров системы (рабой длины волны, числа передающих и приемных устройств, мощностей передатчиков и чувствительностей приемников и т.п.) или оптимизация параметров.

3. Выбор оптимального варианта построения системы, иначе дискретный выбор системы.

Таким образом, синтез системы включает синтез структуры, оптимизацию параметров и дискретный выбор системы.

В данной работе решение задачи синтеза структуры заключается в выборе элементной базы для каждого устройства системы. К оптимизируемым параметрам системы относятся частота, скорость передачи данных, выходная мощность передатчика. При оптимизации параметров системы приходится сравнивать несколько различных вариантов построения

системы, соответствующих различным значениям оптимизируемых параметров и выбор наилучшего из них является задачей дискретного выбора.

Выбор элементной базы системы. Разработанная автоматизированная система учета электроэнергии основана на использовании современных микропроцессорных средств и информационных технологий. Она состоит из однофазных электронных или индукционных счетчиков, адаптеров, принимающих и передающих информацию, переносного малогабаритного пульта сбора информации, устройства ввода и компьютерного центра [2,3].

Основными элементами каждого устройства, входящего в систему являются микроконтроллер и приемопередающий радиомодуль (трансивер).

Микроконтроллер является основным элементом всей системы и управляет работой всех остальных устройств, таких как трансивер, микросхема памяти, индикатор, клавиатура и т.д. и представляет собой микросхему, изготовленную в определенном корпусе. В основном применяются микросхемы, изготовленные в DIP и SO корпусах [4,5].

При разработке системы на этапе синтеза структуры предпочтения были отданы микросхемам, изготовленным в SO корпусах и программируемым в системе в силу ряда причин:

- 1) относительно малые габариты микросхемы;
- 2) отсутствие необходимости специальных колодок для вставки микросхем;
- 3) отсутствие необходимости для покупки соответствующего программатора, программирующего микросхемы в DIP-корпусе данного типа или марки. Программирование микросхем внутри системы предполагает наличие внутрисистемного программатора, разработка которого требует некоторых финансовых и временных затрат, но несмотря на это выигрывает по стоимостным показателям.

- 4) Экономия времени на процесс *отключение питания устройства – снятие микропроцессора с колодки – вставка микропроцессора в программатор- программирование микропроцессора – вставка микропроцессора в колодку.*

- 5) Уменьшение риска повреждения микропроцессора.

Для построения схемы адаптера и устройства ввода-вывода выбран внутрисистемно программируемый микроконтроллер AT89S4051, имеющий 4 Кбайт Flash памяти программ, 256 байт внутреннего ОЗУ, 15 программно управляемых двунаправленных линий ввода/вывода, два 16-битных счетчика таймера.

Для построения схемы пульта выбран программируемый 8-разрядный микроконтроллер W78LE58, который имеет внутрисистемно программируемое FLASH ПЗУ для обновления программы. W78LE58B содержит 32 КБ основного FLASH ЭППЗУ и 4 КБ вспомогательного FLASH ЭППЗУ, которое позволяет содержимое 32 КБ основного FLASH ЭППЗУ обновлять при помощи программы загрузчика размещенной в 4КБ вспомогательного FLASH ЭППЗУ; 512 Байт встроенного вспомогательного ОЗУ (AUX-RAM); четыре 8-разрядных двунаправленных и поразрядно адресуемых порта ввода-вывода; дополнительный 4-разрядный порт P4; три 16-разрядных таймер/счетчика; последовательный порт. Эти периферийные устройства содержат восемь двухуровневых источников прерывания.

Приемопередающий радиомодуль обеспечивает прием-передачу информации по радиоканалу между устройствами системы. На рынке электронных компонентов есть много популярных среди разработчиков радиочастотных модулей, стоимость которых лежит в диапазоне \$5-\$15. Наша задача - выбрать из доступных компонентов такое решение, чтобы, с одной стороны, решить поставленную задачу, а с другой стороны, не переплачивать за ненужные параметры или функции.

В различных радиочастотных модулях [6] используются различные виды модуляции. Известно, что частотная модуляция является более эффективной по сравнению с

амплитудной модуляцией, т.к. обладает хорошей помехозащищенностью, что позволяет работать с большими скоростями передачи данных - до 100 кБит/сек. Но, с другой стороны, этот вид модуляции требует более сложной схемы приемника и передатчика, и, соответственно, модуль получается дороже.

Поэтому, в разработанной автоматизированной системе контроля и учета электроэнергии для надежного приема и передачи данных по каналу связи используется радиомодуль с частотной модуляцией, а именно радиомодуль DP1203 на основе трансивера XE1203 с двух уровневой FSK модуляцией [7].

Известно, что эффективность и надежность работы автоматизированных систем дистанционного контроля и управления во многом зависят от помехоустойчивости каналов связи.

Канал связи искажает передаваемые сигналы из-за того, что ее физические параметры отличаются от идеальных параметров. Поэтому для надежной и быстрой передачи данных необходимо использовать соответствующие алгоритмы улучшения надежности канала связи.

На этапе синтеза структуры было рассмотрено множество алгоритмов улучшения надежности каналов связи. В результате анализа каждого из них с точки зрения трудоемкости программной реализации и обеспечения необходимой надежности канала связи были выбраны следующие алгоритмы [8]:

- **Манчестерский код** позволяет избежать длительных последовательностей нулей и единиц в передаваемых данных, что значительно улучшает надежность сигнала при передаче по радиоканалу. Недостатком использования манчестерского кодирования является фактическое увеличение передаваемых данных в два раза.

- **Forward Error Correction (FEC)** представляет собой вероятностный способ устранения ошибок при передаче данных по ненадежному каналу связи. Суть данного алгоритма заключается в трехкратном повторении передаваемого байта. Это позволяет приемнику среди принятых искаженных данных побитово статистически определить изначальное значение.

- **Защита на уровне пакетов.** В системе передаваемые данные дробятся на небольшие пакеты, которые легче обрабатывать на приемной стороне. К каждой порции передаваемых данных добавляется небольшое количество служебных данных (преамбула, стартовый байт, контрольная сумма, идентификатор приемника), которые облегчают манипулирование пакетами и защищают данные от искажений. Служебные данные удлиняют пакет и увеличивают время передачи.

Ряд ограничений, накладываемых на структуру и важнейшие параметры системы, носит дискретный характер. Это требует проведения в процессе проектирования не только синтеза структуры и оптимизации параметров, но и дискретного выбора системы. Например, приходится сравнивать несколько различных вариантов построения системы, соответствующих различным значениям оптимизируемых параметров. При этом сравнению различных вариантов и выбору наилучшего из них (т.е. дискретному выбору) предшествует оптимизация каждого варианта, осуществляемая путем синтеза его структуры и оптимизации его параметров.

При разработке системы суть задачи оптимизации параметров заключается в выборе приемопередающего устройства, который обеспечивает прием и передачу данных по каналу радиосвязи. При этом мы могли пойти по одному из следующих путей:

- 1) использовать готовый радиомодуль,
- 2) самостоятельно разработать приемопередающее устройство.

Рассмотрев преимущества и недостатки готовых радиомодулей по сравнению с радиопередающими системами на основе дискретных элементов, было принято решение об использовании готового радиомодуля, а именно радиомодуля DP1203 на основе трансивера XE1203 фирмы Xemics. Отсюда следует, что суть задачи оптимизации параметров системы заключается в выборе оптимальных рабочих параметров радиомодуля.

Пропускная способность канала, дальность связи, стоимость элементной базы и вопросы лицензирования - все эти параметры имеют четкую зависимость от используемой частоты, так как с изменением частоты меняются условия распространения радиосигнала. Используемый в системе однокристалльный трансивер XE1203 предназначен для работы в диапазоне частот ISM (433МГц / 868МГц / 915МГц). При этом если требования к пропускной способности и дальности связи не высоки, но, в то же время, существенным является вопрос цены и требование безлицензионного применения изделия, то разумным выбором будет использование диапазона 433 МГц.

Значительное влияние на дальность связи оказывает также выходная мощность передатчика. Дальность связи пропорциональна четвертой степени из мощности (для увеличения дальности в 2 раза необходимо увеличить мощность в 16 раз). Но эта зависимость справедлива лишь при условиях «чистого» эфира. При наличии в канале связи сигналов мешающих радиостанций и (или) промышленных помех выигрыш по дальности от увеличения мощности будет более серьезным.

Однако, при детальном рассмотрении эта зависимость не столь существенна. В диапазонах радиоволн, в которых работают средства профессиональной мобильной радиосвязи, сигнал распространяется прямолинейно вплоть до границы радиовидимости, за которой он резко затухает. Поэтому, если мощности передатчика достаточно для обеспечения связи на обслуживаемой территории, то дальнейшее увеличение мощности передатчика нецелесообразно, так как практически не приведет к расширению зоны связи.

В разработанной автоматизированной системе не стоит задача передачи данных на очень дальние расстояния. Кроме того, экспериментальные данные показали, что качество связи при выходных мощностях 5 дБм, 10 дБм и 15 дБм (при этом максимальная разрешенная мощность передатчика в приемопередающем радиомодуле DP1203 составляет 15 дБм) приблизительно одинаковое. Так как увеличение выходной мощности передатчика приводит к значительному увеличению энергопотребления, при разработке системы оптимальной выбрана выходная мощность в 5 дБм.

Тем более что согласно «Перечню радиоэлектронных средств, для которых не требуется разрешений на использование», устройства дистанционного управления охранной сигнализации и оповещения в диапазоне 433,075-434,79 МГц (433,92 МГц $\pm 0,2\%$) с выходной мощностью до 10 мВт могут эксплуатироваться без специальной регистрации.

На качество связи также влияет ширина полосы пропускания. Приемопередающий радиомодуль DP1203 имеет ограниченную полосу пропускания. Согласно технической документации [7] ширину полосы канального фильтра можно устанавливать равной в 200кГц или в 600 кГц. Уменьшение полосы пропускания приводит к ухудшению качества связи, поэтому при выборе оптимальных параметров трансивера ширину полосы пропускания взяли равной 600 кГц.

Трансивер XE1203 обеспечивает связь со скоростью передачи до 152,3 кБод и может быть использован для приложений высокоскоростной передачи данных. Возможность программирования скорости передачи позволяет в зависимости от приложения либо увеличить скорость передачи до значений, позволяющих передавать звук без искажений, либо уменьшить ее, и за счет этого увеличить дальность связи. Экспериментальные данные

показали, что скорость передачи равная 9600 Бод обеспечивает необходимые качество и дальность связи.

Заключение. В этой работе рассматривался вопрос об оптимизации автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии, которая состоит из следующих задач: синтез структуры системы, оптимизация параметров системы и дискретный выбор системы.

Решением задачи синтеза является выбор внутрисистемно программируемого микроконтроллера (AT89S4051 для адаптера и устройства ввода- вывода, W78LE58 для пульта) и радиомодуля DP1203 на основе трансивера XE1203 фирмы Xemics.

Суть задачи оптимизации параметров заключалась в выборе оптимальных рабочих параметров радиомодуля, таких как диапазон частот, выходная мощность передатчика, ширина полосы пропускания, скорость передачи. На основе вопроса цены, требования безлицензионного применения изделия и экспериментальных данных задача оптимизации параметров системы была решена.

При этом в результате сравнения различных вариантов построения системы с различными оптимальными параметрами выбран наилучший из них, т.е. осуществлен дискретный выбор системы.

Литература

1. Гуткин Л.С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества. Москва, «Советское радио», 1975.
2. Шаршеналиев Ж., Эралиев К.Э., Шабловсий В.И., Куланбаева Т.Т. Автоматизированная система учета электроэнергии на основе современных информационных технологий. «Проблемы автоматики и управления», Бишкек, 2006г.
3. Шаршеналиев Ж.Ш., Куланбаева Т.Т. Разработка автоматизированной системы дистанционного контроля и учета электроэнергии // ВЕСТНИК КАЗНТУ им. К.И. Сатпаева. №4 (67), 2008, с. 108-113.
4. Сташин В.В., Урусов А.В., Мологонцева О.Ф. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах. Москва, «Энергоатомиздат», 1990.
5. Куланбаева Т.Т. Внутрисистемное программирование микросхем в системе АСКУЭ.
6. Куланбаева Т.Т. Анализ функционирования приемопередающих радиомодулей (трансиверов) в информационных системах // «Известия Академии Наук». №4, 2007.
7. Горюнов Г.В. Техническое описание XE1203. Перевод с англ., Switzerland, 2003.
8. Шаршеналиев Ж., Куланбаева Т.Т. О проблеме улучшения помехоустойчивости каналов связи автоматизированной системы дистанционного контроля и управления.

Публикация докладов произведена по представленным материалам авторов без редактирования.

Компьютерная верстка В.П. Алексеева

Подписано к печати 14.05.2010г. Формат 70/108 1/8

Печать офсетная. Объем 32,5 п.л. Тираж 150 экз.

720071, Бишкек, проспект Чуй, 265