

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

Диссертационный совет Д 05.09.381

*На правах рукописи
УДК 681.518.3:004.3-4*

КУЛАНБАЕВА ТУРАР ТОКТОБЕКОВНА

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
И УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ**

Специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление и
обработка информации

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бишкек – 2011

Работа выполнена в Институте автоматики и информационных технологий Национальной академии наук Кыргызской Республики

Научный руководитель: академик НАН КР,
заслуженный деятель науки КР
Шаршеналиев Жаныбек

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор
Исмаилов Бактыбек Искакович

кандидат технических наук,
доцент
Бакасова Айна Бакасовна

Ведущая организация: КНТЦ «Энергия»

Защита состоится 25 марта 2011г. в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 05.09.381 при Институте автоматики и информационных технологий Национальной Академии Наук Кыргызской Республики по адресу: 720071, г. Бишкек, пр. Чуй, 265, ауд. 118.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Национальной академии наук Кыргызской Республики.

Автореферат разослан 25 февраля 2011г.

Ученый секретарь
диссертационного совета к.т.н., с.н.с.

В.И. Замай

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время уровень коммерческих потерь электроэнергии в Кыргызской Республике достиг недопустимых размеров для устойчивого функционирования энергетической отрасли. Широкое распространение случаев искажения показателей фактически потребленной электроэнергии за счет уменьшения показаний электросчетчиков снижают прибыль от поставки электроэнергии потребителям.

Известны различные подходы к решению указанных проблем. В некоторых районах Республики осуществлен вынос электросчетчиков на фасады частных домов, а ввод производится с использованием изолированных проводов, исключающих «набросы». Эти меры позволяют снизить хищения электроэнергии, однако не исключают «человеческий фактор».

Практикуемая установка электросчетчиков на опорах линий электропередачи резко снижает производительность труда контролеров.

В отдельных районах Республики реализуется проект по замене существующих электросчетчиков на электронные счетчики с оптическим каналом съема информации. Этот метод позволит исключить «человеческий фактор», однако он является весьма затратным и не отвечающим современным требованиям к учету потребления электроэнергии, поэтому вряд ли будет иметь широкое распространение.

Поэтому предлагается концепция реорганизации системы учета электроэнергии, основанная на использовании современных микропроцессорных средств и информационных технологий. На основе этой концепции разрабатывается автоматизированная дистанционная система контроля и учета электроэнергии (АДСКУЭ), которая позволяет получать точную и достоверную измерительную информацию, повышает эффективность управления энергетической отраслью, дает возможность создавать реальные балансы электроэнергии для оценки текущих режимов энергопотребления и оформления экономических и финансовых документов на всех уровнях энергосистемы страны [1-3].

Цель и задачи исследования. Цель заключается в разработке автоматизированной дистанционной системы контроля и учета электроэнергии на основе анализа существующей организации учета электроэнергии, исследовании каналов передачи информации и особенностей передачи данных по каналам связи.

Указанная цель определяет следующие задачи диссертационной работы:

- анализ существующей системы организации учета электроэнергии, выявление ее недостатков и изучение путей устранения выявленных недостатков системы;
- анализ структуры потерь электроэнергии;

- анализ видов каналов связи, изучение характеристик каналов связи и на основе этого выбор канала связи для дистанционной передачи данных;
- анализ влияния помех в канале связи и усовершенствование алгоритмов повышения надежности передачи данных в системах передачи информации;
- усовершенствование действующей системы учета электроэнергии на основе применения микропроцессорных средств и информационных технологий;
- разработка автоматизированной дистанционной системы контроля и учета электроэнергии.

Объект исследования. Существующая система учета электроэнергии.

Предмет исследования. Каналы связи, характеристики каналов связи, помехи в каналах связи и особенности прохождения сигналов по каналу связи с целью создания автоматизированной дистанционной системы контроля и учета электроэнергии для модернизации существующей системы учета электроэнергии.

Методы исследования. При решении поставленных задач в работе использованы пакет μ Vision2 фирмы Keil Software Inc - интегрированная среда разработки программного обеспечения для однокристальных микроконтроллеров семейства MCS51, средства системы управления базами данных Visual FoxPro®, средства объектно-ориентированного программирования с использованием таких языков как: Borland Delphi®, Microsoft Visual C++®, а также средства языка нижнего уровня – Assembler.

Информационная база исследования: научные источники в виде данных и сведений из книг, журнальных статей, научных докладов и отчетов, материалов научных конференций, а также результаты собственных научных исследований.

Научная новизна исследования.

На основе анализа существующей системы учета электроэнергии в Кыргызской Республике, с учетом экономической ситуации в стране и в энергетической отрасли предложена новая концепция реорганизации системы учета электроэнергии путем модернизации функционирующих у потребителей парка электросчетчиков.

Практическая значимость полученных результатов:

- полученные научно – технические результаты использованы для создания опытного образца автоматизированной дистанционной системы контроля и учета электроэнергии, который был апробирован в производственных условиях в ОАО «Северэлектро» и внедрен в ОАО «Востокэлектро»;
- разработанные программы и алгоритмы могут быть использованы в других отраслях народного хозяйства (для учета расхода газа, воды) при наличии необходимости дистанционного съема

информации с большого количества территориально - распределенных объектов.

Экономическая значимость полученных результатов. Разработанная система, представленная в диссертационной работе, позволяет значительно увеличить доходы энергокомпании за счет снижения коммерческих потерь электроэнергии. Кроме того, внедрение данной системы позволит уменьшить расходы по оплате труда за счет сокращения штата, так как увеличивается количество одновременно обслуживаемых одним контролером абонентов.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- результаты анализа существующей системы учета электроэнергии;
- пути усовершенствования системы учета электроэнергии;
- обоснование выбора канала связи для дистанционной передачи информации;
- алгоритмы повышения надежности передачи информации;
- автоматизированная дистанционная система контроля и учета электроэнергии.

Личный вклад автора. Все научно-технические результаты диссертационной работы получены автором под руководством научного руководителя.

В работах [1,3,6,9] Шаршеналиеву Ж.Ш. принадлежит постановка задачи модернизации существующей системы учета электроэнергии на базе микропроцессорных средств и информационных технологий.

Эралиев К.Э. и Шабловский В.И. [1,9] принимали участие в проектировании и разработке аппаратной части автоматизированной дистанционной системы контроля и учета электроэнергии.

Реализация результатов: результат диссертационной работы в виде действующего макета аппаратно-программного комплекса был апробирован в производственных условиях на трансформаторной подстанции на территории ОАО «Северэлектро» и был внедрен в ОАО «Востокэлектро».

Апробация результатов диссертации. Результаты диссертационной работы были представлены на:

- Международной конференции Института автоматики Национальной Академии Наук Кыргызской Республики «Проблемы управления и информатики», Бишкек, 2007г.;
- Международной конференции Института автоматики и информационных технологий Национальной Академии Наук Кыргызской Республики «Проблемы управления и информационных технологий», Бишкек, 2010г.

Также результаты работы докладывались в лаборатории «Оптимальные и цифровые системы управления» Института автоматики и информационных технологий НАН КР, 2005 – 2010 гг.

Публикации. Основные научные результаты, полученные в диссертации, опубликованы в 8 печатных работах и 1 свидетельстве в соавторстве (от Кыргызпатента) на разработанное программное обеспечение.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Содержание работы изложено на 130 страницах компьютерного текста, имеются 31 рисунок, копия свидетельства на разработанное программное обеспечение, копия письма, свидетельствующая об апробации аппаратно-программного комплекса системы, копия акта о внедрении, список литературы, содержащий 79 наименований печатных изданий и 26 наименований электронных источников информации.

Диссертантом выражается искренняя признательность научному руководителю – академику НАН КР, заслуженному деятелю науки КР Шаршеналиеву Ж.Ш. за полезные советы и рекомендации.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационной работы, сформулированы ее цели и задачи, научная новизна, научная и практическая значимость, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, дано обоснование практического внедрения полученных результатов исследования.

В первой главе проведен анализ и охарактеризовано современное состояние проблемы исследования и выявлено, что существующая организация системы учета электроэнергии имеет следующие недостатки:

- огромный парк индукционных счетчиков в Кыргызской Республике не удовлетворяют современным требованиям и, естественно, требуют замены на более совершенные системы учета;

- одновременность снятия показаний счетчиков, произвольные округления показаний, несвоевременная оплата потребленной энергии значительно искажают показатели потерь отпуска и потерь электроэнергии;

- существующие для большинства потребителей одноставочные тарифы не интересуют потребителей в улучшении режима потребления мощности и сглаживании пиков суточного графика нагрузки, что приводит к дополнительным затратам энергетического производства.

Анализ показал, что перечисленные недостатки организации учета приводят к тому, что даже при отсутствии потери электроэнергии появляются значительные небалансы электроэнергии по всем структурным подразделениям энергосистемы. Но в любой энергосистеме передача и распределение электроэнергии сопровождается потерями в электрических сетях, поэтому была рассмотрена структура потерь электроэнергии, которая укрупненно имеет четыре составляющие:

- Технические потери электроэнергии;

- Расход электроэнергии на собственные нужды подстанций;
- Потери электроэнергии, обусловленные инструментальными погрешностями;
- Коммерческие потери электроэнергии.

Известно, что основная причина роста потерь – увеличение коммерческой составляющей. Поэтому для принятия мер по сдерживанию роста и снижения потерь исследована структура коммерческих потерь электроэнергии (рис.1) [6-10].

В общем случае составляющие коммерческих потерь электроэнергии объединяются в следующие в три группы:

- 1) Коммерческие потери электроэнергии, обусловленные погрешностями измерений отпущенной в сеть и полезно отпущенной электроэнергии потребителям;
- 2) Коммерческие потери, обусловленные занижением полезного отпуска из-за недостатков энергосбытовой деятельности и хищения электроэнергии.
- 3) Коммерческие потери, обусловленные задолженностью по оплате за потребленную электроэнергию – финансовые потери.



Рис.1. Структура коммерческих потерь электроэнергии

Кроме того, выделены четыре дополнительные составляющие коммерческих потерь:

1) потери, обусловленные умышленным занижением сумм платежей со стороны потребителей.

2) потери, связанные с затратами энергоснабжающего предприятия на выполнение мероприятий по истребованию долгов и выявлению фактов хищения электроэнергии (судебные, транспортные расходы и др.).

3) потери, вызванные действиями диспетчерского персонала компании (оптового поставщика электроэнергии) и связаны с введением режима ограничения потребляемой мощности для энергоснабжающего предприятия.

4) потери, вызванные нарушением качества электроэнергии и законным отказом потребителя от полной оплаты некачественной электроэнергии или дополнительными затратами энергоснабжающей организации на ликвидацию последствий нарушения качества электроэнергии.

На основе анализа существующей организации учета электроэнергии и рассмотренной структуры коммерческих потерь электроэнергии были сформулированы основные направления совершенствования системы учета электроэнергии, одним из которых является создание автоматизированной дистанционной системы контроля и учета электроэнергии (АДСКУЭ).

При разработке вышеуказанной системы возникли научно-технические задачи, связанные с выбором канала связи, по которому будет осуществляться передача информации и с выбором методов повышения надёжности и достоверности передачи информации.

Во **второй** главе проведен анализ видов каналов связи в зависимости от различных признаков классификации. Рассмотрены основные характеристики линий связи.

При передаче по каналу связи, амплитуда сигнала на выходе линии связи по сравнению с амплитудой на ее входе относительно уменьшается, т.е. затухает. Затухание представляет собой одну точку из амплитудно-частотной характеристики линии. Очень часто вместо амплитуды анализируется такой параметр сигнала, как его мощность.



Рис.2. Амплитудно-частотная характеристика

Максимально возможная скорость передачи данных характеризуется таким параметром как пропускная способность линии связи. Пропускная способность зависит не только от ее характеристик, таких как амплитудно-частотная характеристика, но и от спектра передаваемых сигналов. Если значимые гармоники сигнала попадают в полосу пропускания линии, то такой сигнал будет хорошо передаваться данной линией связи и приемник сможет правильно распознать информацию, отправленную передатчиком (рис.3,а). Если же значимые гармоники выходят за границы полосы пропускания, то сигнал будет значительно искажаться, приемник будет ошибаться при распознавании информации, а значит, информация не сможет передаваться с заданной пропускной способностью (рис.3, б).

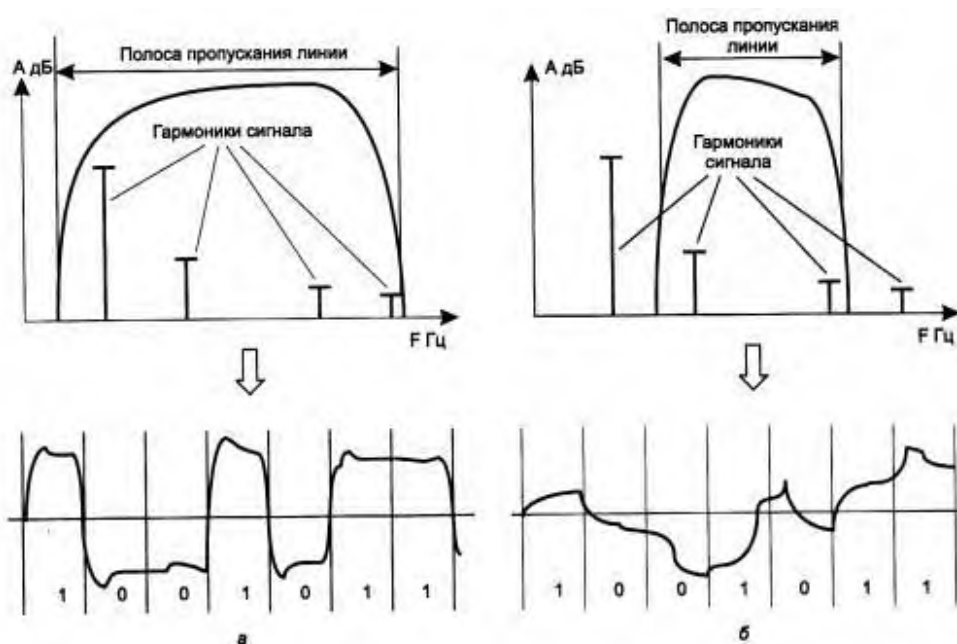


Рис.3. Соответствие между полосой пропускания линии связи и спектром сигнала

Полоса пропускания - это непрерывный диапазон частот, при котором сигнал передается по линии связи без значительных искажений.

Достоверность передачи данных характеризует вероятность искажения для каждого передаваемого бита данных. Искажения бит происходят как из-за наличия помех на линии, так и по причине искажений формы сигнала ограниченной полосой пропускания линии. Поэтому для повышения достоверности передаваемых данных нужно повышать степень помехозащищенности линии, снижать уровень перекрестных наводок в кабеле, а также использовать более широкополосные линии связи.

Рассмотренные выше характеристики линий связи учитываются при выборе оптимальных параметров работы приемопередающих устройств.

Любой реальный канал связи подвержен внешним воздействиям, а также в нем могут происходить внутренние процессы, в результате которых искажаются передаваемые сигналы и, следовательно, связанная с ними информация. Известно, что если уровень помех оказывается соизмеримым с интенсивностью несущего сигнала, то передача информации по каналу оказывается вообще невозможной. Однако и при

относительно низких уровнях шумов они могут вызывать искажения передаваемых сигналов и, следовательно, частичную потерю связанной с ними информации. Поэтому при построении систем передачи информации основной задачей является защита информации от помех, с этой целью в работе тщательно проанализированы помехи в канале связи.

Проектирование автоматизированной дистанционной системы контроля и учета электроэнергии неизбежно связано с выбором каналов связи, с этой целью в работе проведен анализ преимуществ и недостатков видов каналов связи. На основе результатов проведенного анализа был выбран канал радиосвязи, так как применение современных методов борьбы с помехами и исключение сбоев в принятых сообщениях, а также введение дублирования делают использование радиоканалов надежным средством связи. Использование радиоканала для передачи цифровых данных, т.е. применение беспроводных средств контроля, позволяет повысить надежность работы системы передачи и приема информации, получить новые возможности управления технологическими установками.

Автоматизированная дистанционная система контроля и учета электроэнергии является, по сути, системой передачи информации, поэтому **третья глава** посвящена исследованию особенностей систем передачи информации.

Приведена структура системы передачи информации (рис.4), которая отражает действия, которые должны выполняться над информацией в процессе ее передачи от источника к потребителю.

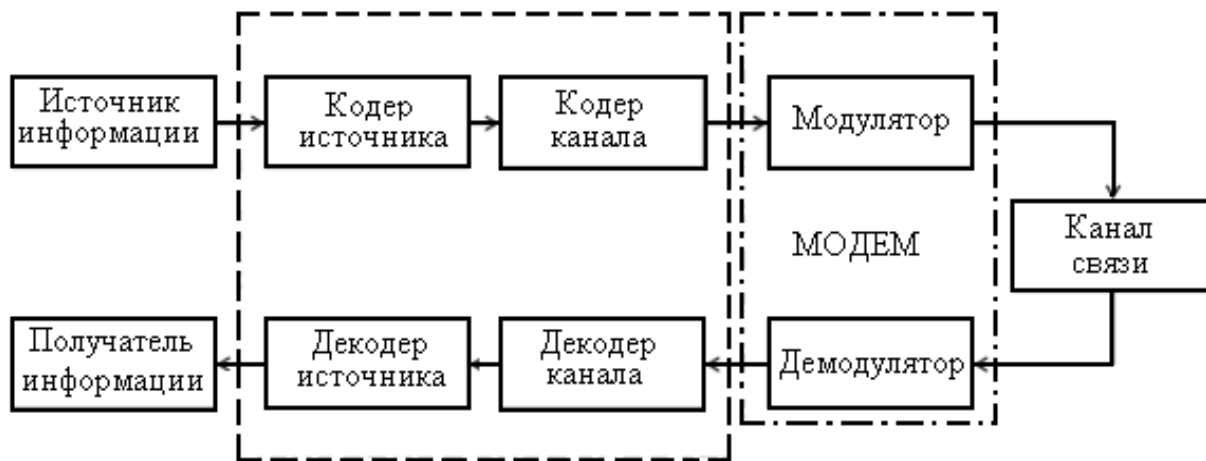


Рис.4. Структурная схема системы передачи информации

Известно, что под действием помех, возникающих в канале связи, в приемнике и передатчике соответствие между передаваемым и получаемым сообщениями нарушается. Поэтому в работе проанализированы сигналы и помехи в системах передачи информации и рассмотрено влияние помех на информационные сигналы.

Среди всего многообразия помех особое место занимают флюктуационные помехи, к которым относятся не только собственные шумы приемника, но и внешние помехи. Наиболее важной

разновидностью флюктуационных помех являются стационарные нормальные флюктуации.

В зависимости от вида спектральной плотности флюктуационные помехи делятся на широкополосные и узкополосные. Широко используемой моделью стационарной широкополосной помехи является белый шум.

В природе и технике «чисто» белый шум (то есть белый шум, имеющий одинаковую спектральную мощность на всех частотах) не встречается, однако под категорию белых шумов попадают любые шумы, спектральная плотность которых одинакова (или слабо отличается) в рассматриваемом диапазоне частот.

Используется два способа задания спектральной плотности белого шума:

$$S(\omega) = \begin{cases} N_0 & \text{при } \omega \geq 0, \\ 0 & \text{при } \omega < 0 \end{cases} \quad (1)$$

либо

$$S(\omega) = N_0/2, \text{ при любых значениях } \omega. \quad (2)$$

Корреляционная функция белого шума имеет вид

$$R(\tau) = N_0\delta(\tau)/2, \quad (3)$$

где $\delta(x)$ - дельта-функция Дирака.

Предполагается, что рассматриваемая система передачи информации линейная и характеризуется импульсной характеристикой $h(t)$, представляющей реакцию системы на дельта-импульс $\delta(t)$ и входная помеха является стационарным случайным процессом с корреляционной функцией

$$R_{\text{ex}}(\tau_1, \tau_2) = R_{\text{ex}}(\tau_1 - \tau_2) = R_{\text{ex}}(\tau) \quad (4)$$

Связь между выходом и входом линейной системы дано с помощью интеграла Дюамеля

$$u_{\text{вых}}(e) = \int_{-\infty}^t u_{\text{ex}}(\tau)h(t-\tau)d\tau = \int_0^{\infty} u_{\text{ex}}(t-\tau)h(\tau)d\tau \quad (5)$$

Корреляционная функция на выходе системы:

$$R_{\text{вых}}(t_1 - t_2) = \iint R_{\text{ex}}(\tau_1 - \tau_2 + t_1 - t_2)h(\tau_1)h(\tau_2)d\tau_1d\tau_2 \quad (6)$$

Средний квадрат напряжения помехи

$$\overline{u_{\text{вых}}^2} = R_{\text{вых}}(0) = \iint_0^{\infty} R_{\text{ex}}(\tau_1 - \tau_2)h(\tau_1)h(\tau_2)d\tau_1d\tau_2 \quad (7)$$

Как видно из (6) и (7), в установившемся режиме реакция линейной системы на стационарное входное воздействие является также стационарным случайным процессом. Если входная помеха является белым шумом, т.е.

$$R_{\text{вх}}(\tau_1 - \tau_2) = (N_0/2)\delta(\tau_1 - \tau_2), \quad (8)$$

то, проинтегрировав выражение (6) и (7) по τ_1 , получим

$$R_{\text{вх}}(t_1 - t_2) = \frac{N_0}{2} \int_0^{\infty} h(\tau)h[\tau - (t_1 - t_2)]d\tau, \quad (9)$$

$$\overline{u_{\text{вх}}^2} = \frac{N_0}{2} \int_0^{\infty} h^2(\tau)d\tau \quad (10)$$

Запишем, пользуясь (5) и (10), отношение сигнал/помеха на выходе линейной системы в момент времени t_0 . При этом будем считать, что на входе действует белый шум со спектральной плотностью $N_0/2$. Тогда

$$q(t_0) = \frac{\int_0^{\infty} u_c(t_0 - \tau)h(\tau)d\tau}{\sqrt{\frac{N_0}{2} \int_0^{\infty} h^2(\tau)d\tau}}. \quad (11)$$

При обработке сигналов в системах передачи информации стоит задача получения максимально возможного отношения сигнал/помеха (11) на входе в момент t_0 выбором импульсной характеристики $h(t)$.

В силу того, что главной задачей приема сигналов является наилучшее восстановление полезной информации по сигналу, искаженному при распространении и принимаемому совместно с помехами, то рассмотрена основная проблема оптимального приема сигналов, а именно задача оптимальной фильтрации сообщений.

Предположим, что на вход фильтра с передаточной функцией $K(j\omega)$ подается смесь сигнала $S(t)$ и помехи $n(t)$. Полагаем сигнал полностью известным, неизвестным считается лишь факт его присутствия. Известны также статистические характеристики шума (помехи). Требуется синтезировать такой фильтр (т.е. $K_{\text{опт}}(j\omega)$), который обеспечивал бы на выходе в заданный момент времени t_0 наибольшее отношение пикового значения сигнала $y(t_0)$ к среднеквадратичному шуму σ_n :

$$h_m = \frac{y(t_0)}{\sigma_n} = \max \quad (12)$$

Рассмотрим случай, когда шум на входе фильтра имеет равномерный энергетический спектр $G(\omega) = v_0^2$ (белый шум). Сигнал может быть задан своей временной функцией $S(t)$ или комплексным спектром.

$$S(j\omega) = S(\omega)e^{j\varphi_s(\omega)}$$

комплексный коэффициент передачи фильтра представим в форме:

$$K(j\omega) = K(\omega) \cdot e^{j\varphi_k(\omega)}$$

тогда для сигнала и дисперсии шума на выходе фильтра можно записать:

$$y(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} K(j\omega)S(j\omega)e^{j\omega t} d\omega \quad (13)$$

$$\sigma_n^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} v_0^2 \cdot K^2(\omega) d\omega \quad (14)$$

Примем t_0 – как некоторый фиксированный момент времени, при котором амплитуда на выходе фильтра достигает своего максимального значения. Для этого значения времени получим:

$$y(t_0) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} K(j\omega)S(j\omega)e^{j\omega t_0} d\omega \quad (15)$$

отношение квадрата пикового значения сигнала к дисперсии шума в момент времени t_0 будет равно:

$$h^2 = \frac{y^2(t_0)}{\sigma_n^2} = \frac{\left[\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} K(j\omega)S(j\omega)e^{j\omega t_0} d\omega \right]^2}{\frac{v_0^2}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} K^2(\omega) d\omega} \quad (16)$$

Дальше задача сводится к отысканию коэффициента передачи $K_{opt}(j\omega)$, обеспечивающего максимум значения h^2 . Для этого можно воспользоваться неравенством Шварца-Буняковского для комплексных функций.

$$\left[\int_{-\infty}^{\infty} f_1(j\omega) \cdot f_2(j\omega) d\omega \right]^2 \leq \int_{-\infty}^{\infty} f_1^2(\omega) d\omega \cdot \int_{-\infty}^{\infty} f_2^2(\omega) d\omega \quad (17)$$

данное неравенство превращается в равенство только при условии:

$$f_1(j\omega) \cdot f_2(j\omega) = a \cdot f_1^2(\omega) = \frac{1}{a} f_2^2(\omega), \quad (18)$$

где a – некоторая постоянная.

Подставляя неравенство (17) в (18), замечаем, что максимум величины h^2 обеспечивается при выполнении условия:

$$K(\omega) \cdot S(\omega)e^{j\varphi_s(\omega)+j\varphi_k(\omega)+j\omega t_0} = aS^2(\omega) \quad (19)$$

из последнего выражения получим:

$$K(w) = aS(w), \quad \varphi_K(w) + \varphi_S(w) + wt_0 = 0$$

Откуда находим:

$$\varphi_K(w) + \varphi_S(w) + wt_0 = 0$$

$$\varphi_K(w) = -\varphi_S(w) - wt_0.$$

Таким образом, передаточная функция оптимального фильтра должна определяться выражением:

$$K_{opt}(j\omega) = aS(\omega)e^{-j\varphi_S(\omega) - j\omega t_0} = aS^*(j\omega)e^{-j\omega t_0} \quad (20)$$

где S^* обозначает комплексно-сопряженную величину. Тогда отношение сигнал/шум в момент времени t_0 будет равно:

$$h_m^2 = \frac{1}{v_0^2 \cdot 2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S^2(\omega) d\omega = \frac{E}{v_0^2}, \quad (21)$$

где E – энергия сигнала на входе фильтра. Величина h_m^2 определяется только энергией сигнала и не зависит от его формы.

Также в этой главе проанализированы методы повышения надёжности и достоверности системы передачи информации (скремблирование, квити́рование, помехоустойчивое кодирование и т.д.), так как одними из главных проблем передачи информации по радиоканалу в режиме реального времени являются именно надёжность передачи информации и достоверность полученных данных.

Четвертая глава посвящена разработанной автоматизированной дистанционной системе контроля и учета электроэнергии.

Отмечены следующие преимущества разработанной системы учета потребляемой электроэнергии:

- сохранение существующего у потребителей парка электронных и индукционных электросчетчиков;
- объективность отсчета информации, т.к. контролеры лишаются возможности изменять показания счетчиков;
- оперативности получения информации в режиме реального времени;
- сокращение времени сбора информации;
- уменьшение трудоемкости сбора и обработки информации;
- сокращение числа промежуточных звеньев при обработке информации;
- повышения скорости обработки информации;
- возможность введения многотарифного отсчета за потребляемую электроэнергию, изменяя только программное обеспечение адаптера, без каких бы то не было монтажных работ и замены счетчиков;
- снижение коммерческих потерь электроэнергии за счет своевременного снятия показаний электросчетчиков;

– использование радиоканалов для дистанционного съема показаний электросчетчиков без входа в квартиры потребителей электроэнергии, что приводит к снижению трудоемкости снятия показаний в перерасчете на одного абонента системы;

– дистанционное отключение неплательщиков.

Приведена структурная схема разрабатываемой системы, которая предусматривает модернизацию существующей структуры энергоучета и имеет многоуровневую структуру (рис.5).

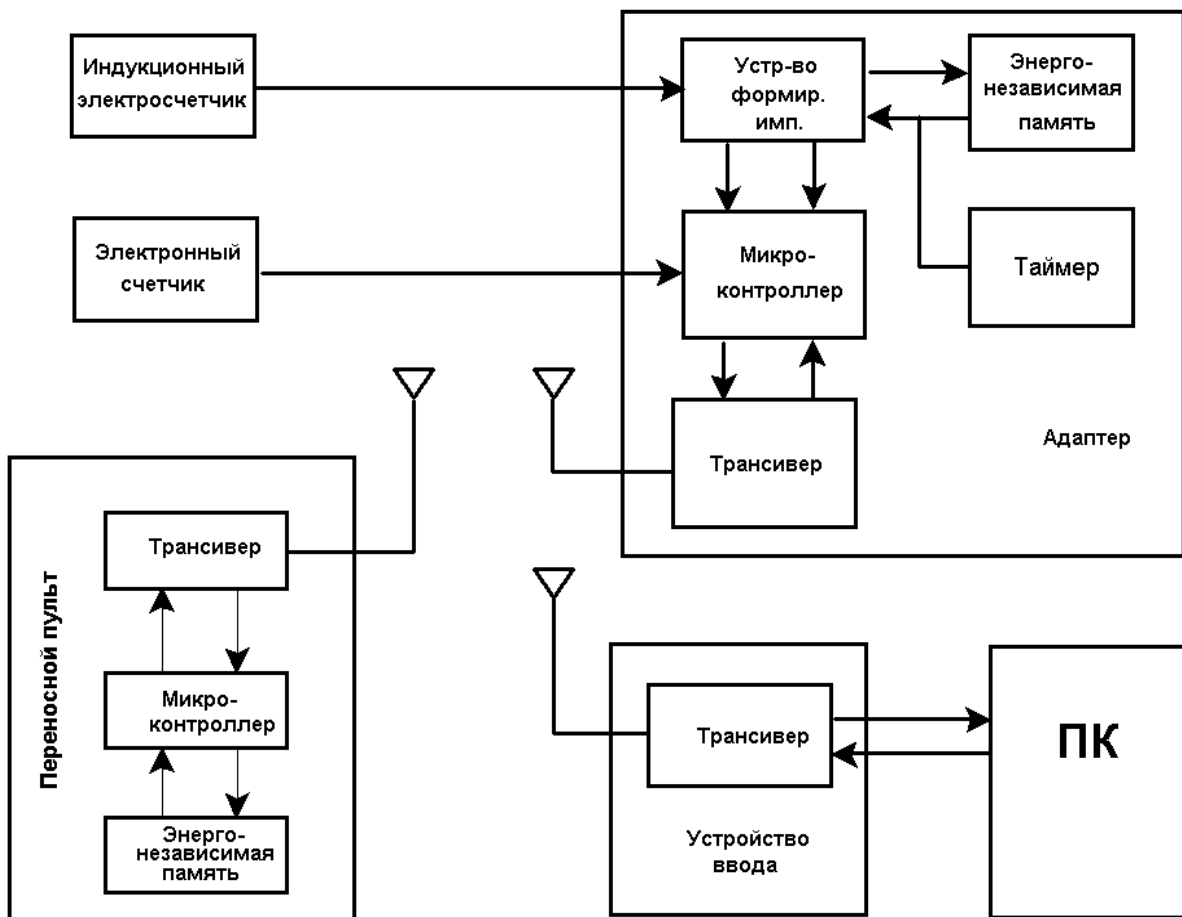


Рис.5. Структурная схема АДСКУЭ

Нижний уровень содержит счетчики (индукционные и электронные) и адаптеры, которые являются составной частью счетчика и служат для приема и передачи информации от устройств среднего уровня. Средний уровень содержит переносные малогабаритные пульты сбора данных, которые служат для сбора и хранения информации, считанной из счетчиков электрической энергии, ввод ее в компьютер, а также для управления и настройки счетчиков. На верхнем уровне находится компьютерный центр – основной интеллектуальный элемент всей системы.

Адаптер не является самостоятельным устройством, встраивается в электросчетчик и является его составной частью.

Адаптер выполняет следующие функции:

– хранит параметры счетчика;

- осуществляет подсчет количества импульсов при потреблении электроэнергии;
- преобразует подсчитанное количество импульсов в кВт/часы;
- возможность фиксации дневного и ночного потребления электроэнергии;
- возможность хранения архива показаний;
- передает показания счетчика в пульт сбора данных.

Пульт сбора данных служит для считывания показаний или архива показаний со счетчиков электрической энергии, передачи накопленной информации в компьютер, а также для управления и настройки адаптеров.

Пульт представляет собой микропроцессорный блок, обеспечивающий управление всеми узлами устройства, ведения календаря, хранения, просмотра и поиска учетной информации в базе данных пульта.

Функциональные возможности пульта:

- Радиопоиск по номеру счетчика;
- Снятие показаний электросчетчиков по радиоканалу;
- Просмотр архива показаний;
- Прием информации от компьютерного центра;
- Загрузка данных о снятых показаниях электросчетчиков в компьютер.
- Хранение принятой информации при выключенном питании (со встроенными элементами питания пульта);
- Выполнение технологических функций (программирование в счетчиках нового тарифного расписания, коррекция времени, установка и сброс показаний электросчетчика, установка коэффициента для электросчетчика и т.д.).

Устройство ввода-вывода используется для реализации процесса обмена информацией между пультом и компьютерным центром, подключается к компьютеру через коммуникационный порт (COM порт). Устройство ввода-вывода транслирует сигналы, передаваемые компьютером, в радиоканал и не является самостоятельным устройством.

Компьютерный центр является основным интеллектуальным элементом всей системы и предназначен для выполнения следующих функций:

- Хранение базы данных абонентов;
- Реализация всех функций по управлению и работе с базой данных (поиск, просмотр, подготовка базы о необходимых абонентах для загрузки в пульт, размещение данных, полученных от пульта в базе и проведение всех операций по расчету потребленной электроэнергии, выписка квитанций к оплате и т.д.);
- Осуществление функций обмена данными между пультом сбора данных и компьютером через устройство ввода-вывода. Система предусматривает отдельный программный модуль, который в зависимости от конкретной ситуации переводит трансивер в

искаженных данных побитово статистически определить изначальное значение. Например, если приемник принимает биты 0, 0 и 1, то наиболее вероятно, что исходный бит был равен 0.

Пример использования алгоритма FEC изображен на рисунке (рис.8).

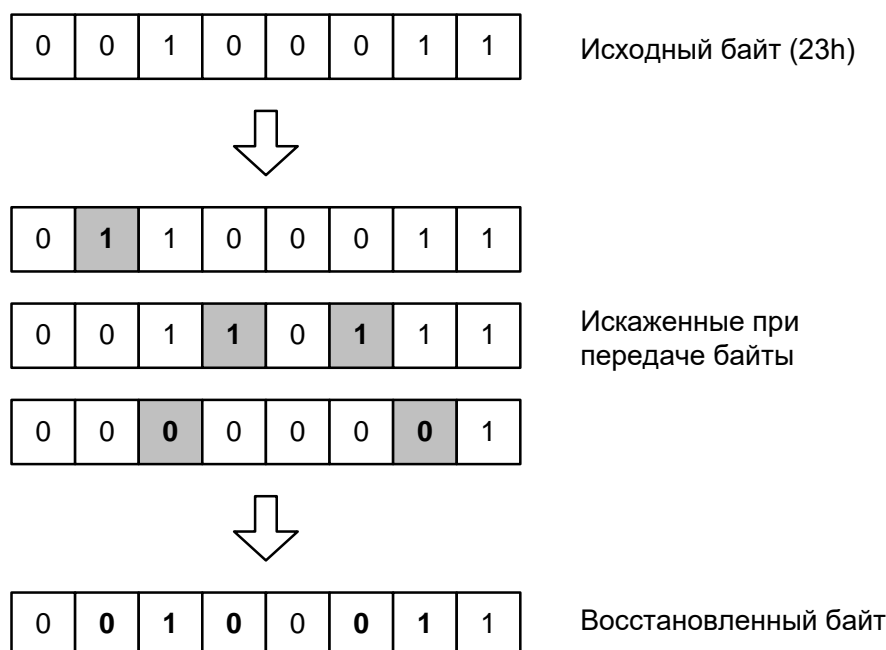


Рис.8. Пример работы алгоритма FEC

Программно передача байта осуществляется тривиально:

$$y1 = x; y2 = x; y3 = x.$$

Получение байта с применением описываемого алгоритма также достаточно просто: $x = y1 \& y2 | y1 \& y3 | y2 \& y3$.

Следует отметить, что в программе возможно включение и выключение FEC.

3) **Защита данных 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, которые облегчают манипулирование пакетами и защищают данные от искажений. Служебные данные удлиняют пакет и увеличивают время передачи.

В системе на пакетном уровне используются следующие механизмы защиты от искажений, которые реализованы в программе:

- *Преамбула* синхронизирует приемник и передатчик. Синхронизация происходит в результате чередования бит 1 и 0.

- *Стартовый байт* имеет значение 55h и является признаком начала пакета, также служит для синхронизации.

- *Контрольная сумма* требуется для проверки корректности принятых данных. Контрольная сумма вычисляется как сумма всех передаваемых байт плюс некоторое произвольное, но заведомо известное число. Контрольная сумма вычисляется передатчиком при отправке пакета данных и включается в конец пакета. Приемник при получении пакета

также вычисляет контрольную сумму и сравнивает значение с полученным из передатчика. Если контрольная сумма не совпадает, очевидно, что пакет принят неверно.

– *Идентификатор приемника* передается в заголовке пакета и позволяет приемнику исключать из обработки пакеты, адресованные не ему.

Также отмечено, что одним из лучших методов обеспечения надежности в разрабатываемой системе является использование подтверждения успешной передачи и, в случае отсутствия подтверждения, повторная отсылка данных.

Также в данной главе описано программное обеспечение системы, в котором использован модульный способ построения прикладных программ. Модульный способ является наиболее эффективным, т.к. программное обеспечение строится из отдельных программных блоков (модулей), каждый из которых реализует некоторую законченную процедуру. Взаимодействие модулей определяется исходя из общего алгоритма функционирования устройства. Этот способ наиболее эффективен, потому что предполагается дальнейшее развитие и расширение функций разрабатываемого устройства. В этом случае изменения, если они необходимы, вносятся не во всю программу, а в какой-то отдельный модуль, что происходит достаточно быстро, но при этом контролируется.

Программное обеспечение системы состоит из нескольких частей:

- программное обеспечение адаптера;
- программное обеспечение пульта сбора данных;
- программное обеспечение устройства ввода данных в компьютер.

Для разработки программного обеспечения этих устройств использовался продукт американской фирмы Keil Software Inc – пакет μ Vision2. μ Vision2 фирмы Keil Software Inc – интегрированная среда разработки (Integrated Development Environment – IDE) программного обеспечения для однокристальных микроконтроллеров семейства MCS51. Он представляет собой совокупность программных средств, поддерживающая все этапы разработки программного обеспечения от написания исходного текста программы до её компиляции и отладки и обеспечивающая простое и быстрое взаимодействие с программным отладчиком-симулятором и программатором.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В данной работе получены следующие результаты:

- 1) проведен анализ существующей организации системы учета электроэнергии и выявлены ее недостатки;
- 2) исследована структура коммерческих потерь электроэнергии;
- 3) сформулированы главные направления совершенствования системы учета электроэнергии;

- 4) предложена новая концепция реорганизации существующей системы учета электроэнергии;
- 5) рассмотрены возможные варианты построения АДСКУЭ;
- 6) на основе анализа преимуществ и недостатков видов каналов связи, характеристик каналов связи в качестве канала связи для передачи данных в разработанной автоматизированной дистанционной системе контроля и учета электроэнергии выбран радиоканал;
- 7) рассмотрена структура системы передачи информации, проанализированы сигналы и помехи в системах передачи информации и рассмотрено влияние помех на информационные сигналы;
- 8) усовершенствованы методы повышение надёжности и достоверности системы передачи информации;
- 9) разработаны структурная и принципиальная схемы автоматизированной дистанционной системы контроля и учета электроэнергии;
- 10) обоснована и выбрана элементная база системы;
- 11) разработано программное обеспечение системы;
- 12) разработан действующий образец автоматизированной дистанционной системы контроля и учета электроэнергии в виде аппаратно-программного комплекса, который был апробирован в производственных условиях на трансформаторной подстанции на территории ОАО «Северэлектро» и был внедрен в ОАО «Востокэлектро».

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. *Шаршеналиев Ж.Ш., Эралиев К.Э., Шабловский В.И., Куланбаева Т.Т.* Автоматизированная система учета электроэнергии на основе современных информационных технологий // Проблемы автоматизации и управления. – Бишкек: Илим, 2006. – С.102-106.
2. *Куланбаева Т.Т.* Анализ функционирования приемопередающих радиомодулей (трансиверов) в информационных системах // Известия НАН КР. – №4. Бишкек: Илим, 2007. – С.25-30.
3. *Шаршеналиев Ж.Ш., Куланбаева Т.Т.* О проблеме улучшения помехоустойчивости каналов связи автоматизированной системы дистанционного контроля и управления // Материалы международной конференции «Проблемы управления и информатики». – Бишкек: 2007. – С.226-230.
4. *Куланбаева Т.Т.* О механизме обработки информации в радиоуправляемых компьютерных системах // Проблемы автоматизации и управления. – Бишкек: Илим, 2007. – С.109-113.
5. *Куланбаева Т.Т.* Внутрисистемное программирование микросхем в системе АСКУЭ // Проблемы автоматизации и управления. – Бишкек: Илим, 2008. – С.157-161.

6. Шаршеналиев Ж.Ш., Куланбаева Т.Т. Разработка автоматизированной системы дистанционного контроля и учета электроэнергии // Вестник КазНТУ им. К.И. Сатпаева. – №4(67). Алматы: 2008. – С.108-113.
7. Куланбаева Т.Т. Создание эффективной структуры программного обеспечения системы АСКУЭ с дистанционным управлением // Вестник КазНТУ им. К.И. Сатпаева. – №6/1 (70). Алматы: 2008.– С.99-102.
8. Куланбаева Т.Т. Об оптимизации автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии // Материалы международной конференции «Проблемы управления и информационных технологий». – №1. Бишкек: 2010. – С.254-258.
9. Шаршеналиев Ж., Эралиев К.Э., Куланбаева Т.Т., Шабловский В.И., Янко Д.В. Система дистанционного сбора и компьютерной обработки потребляемой электроэнергии (СДС КОПЭ) // Кыргызпатент. Свидетельство №133 от 27 декабря 2006 года.

Куланбаева Турар Токтобековнанын
РЕЗЮМЕСИ

**Энергетикалык объекттерди контролдоо жана башкаруу боюнча
автоматикалык системаны иштеп чыгуу**

05.13.01. «Системалык талдоо, башкаруу жана маалымат иштетуу» адистиги боюнча техникалык илиминин кандидаты деген даражаны алуу учун диссертациялык эмгеги сунуш кылынат.

Негиз создору: маалымат технологиялары, электроэнергиянын жоготуулары, электр энергиясын контролдоо жана эсептоо боюнча автоматташтырылган системасы, туташсыз байланыш каналы, ишенимдуу жана ырастуу маалымат беруу.

Эмгектин максаты: электр энергиясын эсептоо боюнча иштеп жаткан системаны, электр энергиясынын жоготууларынын тузулушун, байланыш каналдарынын турлорун жана муноздомолорун, маалымат беруунун ишенимдуулугун жана ырастыгын жогорулатуу методдорун анализдоо негизинде энергетикалык объекттерди контролдоо жана башкаруу боюнча автоматикалык системаны иштеп чыгуу.

Алынган натыйжалары: электр энергиясын эсептоо боюнча иштеп жаткан системасы анализденди жана анын кемчиликтери аныкталды; электр энергиясынын жоготууларынын тузулушу изилденди; электр энергиясын эсептоо системасын жакшылатуу боюнча негизги тараптар белгиленди; АДСКУЭде байланыш каналы катары радиоканалдын тандалышы негизделди; маалымат беруу системасынын ишенимдуулугун жана ырастыгын жогорулатуу методдору анализденди; электр энергиясын контролдоо жана эсептоо боюнча автоматташтырылган системанын тузулуштук жана принципалдык схемасы иштетилди; системанын элементтик базасы тандалды; системанын программалык камтуусу иштетилди.

РЕЗЮМЕ

Куланбаева Турар Токтобековна

Разработка системы автоматического контроля и управления энергетическими объектами

Диссертационная работа представлена на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации»

Ключевые слова: информационные технологии, потери электроэнергии, автоматизированная система контроля и учета электроэнергии, беспроводные каналы связи, надежность и достоверность передачи информации.

Цель работы: разработка системы автоматического контроля и управления энергетическими объектами на основе анализа существующей системы организации учета электроэнергии, структуры коммерческих потерь электроэнергии, видов и характеристик каналов связи, методов повышения надежности и достоверности передачи информации.

Полученные результаты: проведен анализ существующей организации системы учета электроэнергии и выявлены ее недостатки; исследована структура коммерческих потерь электроэнергии; сформулированы главные направления совершенствования системы учета электроэнергии; приведено обоснование выбора радиоканала в качестве канала связи в АДСКУЭ; проанализированы методы повышения надёжности и достоверности системы передачи информации; разработаны структурная и принципиальная схемы автоматизированной дистанционной системы контроля и учета электроэнергии; обоснована и выбрана элементная база системы; разработано программное обеспечение системы.

RESUME

Kulanbaeva Turar Toktobekovna

Development of system of automatic control and management of the power objects

05.13.01 – System analysis, management and information processing

The keywords: information technology, the electric power losses, the automated system of control and account of the electric power, wireless communication channels, reliability of information transfer.

The work purpose: system engineering of automatic control and management of power objects on the basis of the analysis of existing system of the organization of the account of the electric power, structure of commercial losses of the electric power, kinds and characteristics of communication channels, methods of increase of reliability of information transfer.

The received results: the analysis of the existing organization of system of the account of the electric power is carried out and its lacks are revealed; the

structure of commercial losses of the electric power is investigated; mainstreams of perfection of system of the account of the electric power are formulated; the substantiation of a choice of a radio channel as a communication channel in ADSCME is resulted; methods increase of reliability of system of information transfer are analyzed; structural and basic schemes of the automated remote monitoring system and the electric power account are developed; the element base of system is proved and chosen; the system software is developed.

Подписано к печати _____. Формат _____ Объем _____
Бумага офсетная. Печать офсетная. Тираж _____ экз. Заказ № _____

Отпечатано _____
720000, г. Бишкек, ул. _____

