

УДК 681.3

В. И. БАРСОВ, докт. техн. наук, профессор, декан факультета компьютерных технологий в управлении и обучении, заведующий кафедры систем управления технологическими процессами и объектами.

Е. А. СОТНИК, аспирант

Украинская инженерно-педагогическая академия, г. Харьков

## **КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕМ ФУНКЦИОНИ- РУЮЩЕЙ В МОДУЛЯРНОЙ СИСТЕМЕ СЧИСЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

*Рассмотрена концепция создания отказоустойчивой и быстродействующей автоматизированной системы контроля и управления электропотреблением функционирующей в модулярной системе счисления на основе использования технологии распределённых grid вычислений.*

*Розглянута концепція створення відмовостійкої і швидкодіючої автоматизованої системи контролю і управління електроспоживанням, що функціонує в модулярній системі числення на основі використання технології розподілених grid обчислень.*

### **Постановка проблемы.**

Одно из перспективных направлений технической политики развития энергетического рынка Украины заключается в поиске решений обеспечивающих рациональное использование энергии и сырья, что тесно связано с повышением эффективности работы автоматизированных систем контроля и управления электропотреблением (АСКУЭ). Преимущества организации учета, контроля и управления электропотреблением при помощи автоматизированных систем общеизвестны – такие системы многие годы применяются как за рубежом, так и в Украине. Основным экономический эффект от применения этих систем состоит:

- для потребителя в уменьшении платежей за используемую энергию и мощность;
- для энергокомпаний – в снижении пиков потребления и уменьшении капиталовложений на наращивание пиковых генерирующих мощностей.

В тоже время необходимость периодического массового списания показаний счетчиков требует:

- содержания большого штата контролеров энергосбытовых компаний;
- обеспечение попадания самих контролеров к местам установки, используемых повсеместно, электромеханических счетчиков электрической энергии, которые просто фиксируют потребленную энергию за определенный промежуток времени и не исключают возможность несанкционированных действий (отмотки показаний);
- необходимости сведения к минимуму искажений показаний счетчиков самими контролерами в результате самопроизвольных ошибок или преднамеренных действий.

В связи с вышеизложенным следует отметить, что на современном этапе развития АСКУЭ становятся актуальными следующие научно-технические задачи, связанные с:

- организацией дистанционного считывания показаний счетчиков;
- установкой цены в зависимости от времени;
- фиксацией потребленной электрической энергии на конкретный момент времени;
- информированием о состоянии энергосети;
- удаленным включением и выключением нагрузки;
- ограничением либо остановкой подачи электрической энергии при наличии задолженности и неуплате;

- защитой от возможных хищений энергии;
- получением и обработкой значительных объёмов разнообразной информации, связанной с контролем расхода и учетом потребления электроэнергии в реальном времени без искажений и потери информации;
- надёжное хранение информации исключающее её потерю и искажение, в том числе умышленное.

Поэтому, с целью реализации разработанной на Украине в 2000 году Концепции построения АСКУЭ в условия энергорынка, видется своевременным и перспективным решение указанных научно-технических задач связанных с повышением эффективности функционирования таких систем. В частности, актуальными направлениями совершенствования АСКУЭ являются: увеличение точности и достоверности учёта электроэнергии, уменьшение времени сбора и обработки данных, поступающих от многочисленных датчиков информации путём применения технологии распределённых вычислений и повышения производительности и отказоустойчивости систем обработки информации и управления (СОИУ) АСКУЭ.

Предлагаемая для применения сетевая технология распределённых grid вычислений, позволяет организовывать и создавать беспрецедентные по своей мощности инструментарию обработки научной, производственной и другой информации в реальном времени. Данная технология, являясь в целом разновидностью параллельных вычислений, основывается на использовании, стандартных компьютерных систем (со стандартными процессорами, устройствами хранения данных и т. д.) подключенных к сети (локальной или глобальной) при помощи стандартных протоколов. Являясь географически распределённой инфраструктурой технология grid позволяет объединять множество ресурсов разных типов (процессоры, долговременная и оперативная память, хранилища и базы данных, сети), доступ к которым пользователь может получить из любой географической точки, независимо от места их расположения (рис. 1).

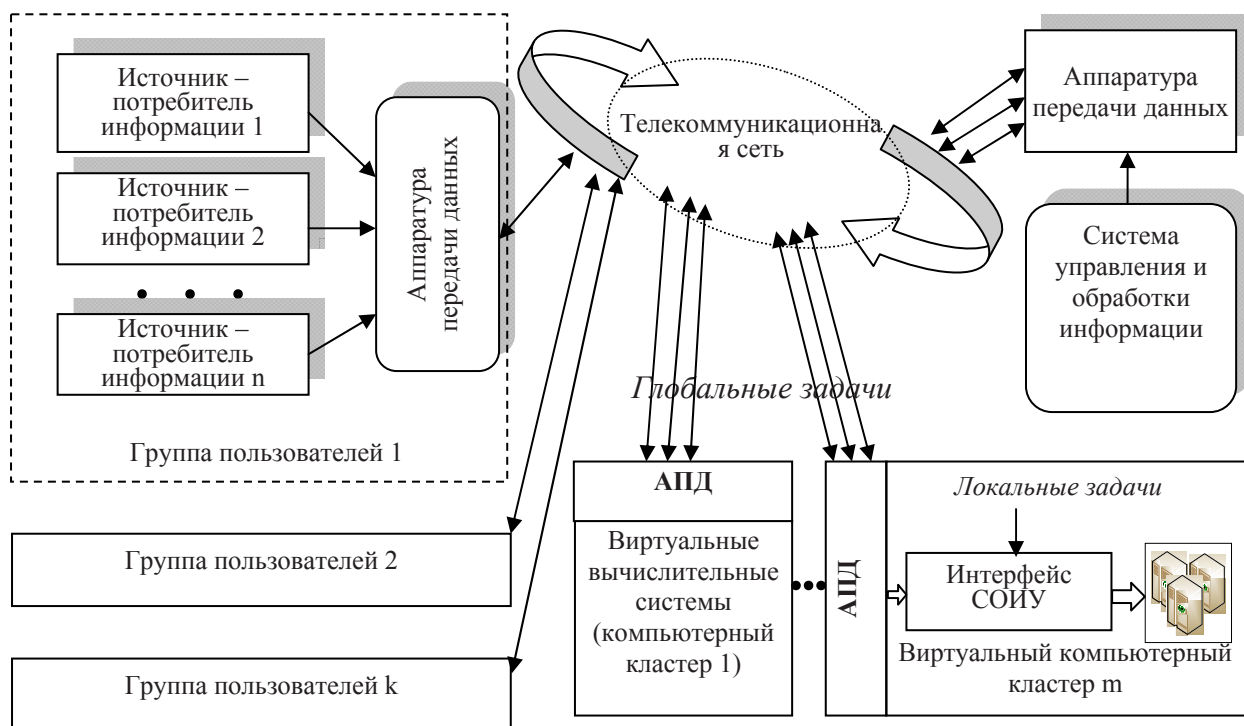


Рис. 1. Структура распределенной вычислительной сети

Основным преимуществом распределённых вычислений является то, что отдельная ячейка вычислительной системы, являющаяся неспециализированным средством персональной

вычислительной техники, может обеспечить практически те же вычислительные мощности, что и суперкомпьютер, при меньших затратах. Исключается необходимость улучшать аппаратную составляющую персональной вычислительной техники для поддержки высокой производительности, настраивать достаточно сложное программное обеспечение и покупать дорогие программные продукты.

Следовательно, можно предположить, что АСКУЭ целесообразно и перспективно развивать, основываясь на принципах построения grid технологии. Такое предположение обусловлено, в первую очередь тем, что технология создания инфраструктуры grid предполагает объединение не только специализированных вычислительных центров, но и организацию повсеместной распределенной инфраструктуры глобального масштаба.

Конечно, для широкого распространения такая технология, требуют решения ряда научно-технических задач обусловленных следующими аспектами:

- grid технология предполагает использование множества разнородных по своей природе ресурсов, которые могут пересекать многие административные границы;
- размер grid структуры может возрастать до миллионов единиц ресурсов, что порождает проблему потенциального уменьшения производительности по мере увеличения числа абонентов;
- необходимость решения проблемы безопасности, достоверности и аутентификации;
- повышенные требования к надёжности ресурсов grid структуры.

Исходя из выше сказанного, следует, что является актуальным и целесообразным исследование путей, позволяющих устранить или уменьшить влияние вышеперечисленных аспектов на эффективность повсеместного применения grid вычислений, в частности для создания эффективной, быстродействующей и отказоустойчивой АСКУЭ.

Анализ перспективных направлений развития СОИУ позволил сделать вывод, что новые возможности в области совершенствования и дальнейшего развития таких систем напрямую связаны с переходом к реализации параллельных вычислений в реальном времени [1–5]. Поиск и исследование путей повышения производительности обработки информации СОИУ реального времени без снижения отказоустойчивости показал, что с одной стороны в пределах позиционной системы счисления (ПСС) этого добиться практически невозможно, без существенного ухудшения основных характеристик СОИУ. Очевидно, что достоинством ПСС является компактность записи чисел, возможность сведения арифметических операций над операндами к аналогичным действиям над их цифрами. В тоже время следует отметить, что ПСС обладает и существенным недостатком – наличием межразрядных связей, которые не позволяет кардинально улучшить основные характеристики вычислительных систем, и в первую очередь, такие как производительность, достоверность и отказоустойчивость. Также наличие межразрядных связей является причиной невозможности распараллелить решаемые алгоритмы на уровне элементарных операций и значительно увеличивает длительность выполнения арифметических операций из-за алгоритмической зависимости содержимого двоичных разрядов. Таким образом, можно сделать вывод, что развитие СОИУ, использующих ПСС, не всегда позволяет удовлетворять темпы развития современных информационных технологий и затрудняет создание grid – структуры, удовлетворяющей возрастающим требованиям к производительности, безопасности и достоверности обработки информации в реальном времени, без снижения надёжности функционирования АСУЭ.

Исследования, проведенные в направлении развития теории и практики непозиционного кодирования и использования его для построения сверхпроизводительных и высоконадежных СОИУ, как отечественными, так и зарубежными учеными (Валах М., Свобода А., Сабо Н., Акушский И. Я., Юдицкий Д. И., Глушков В. М., Синьков М. В., Брюхович Е. И., Амербаев В. М., Евдакимов В.С., Евстигнеев В. Г., Инютин С. А., Коляда А. А., Краснобаев В. А., Пак. И. Т., Червяков Н. И., Blum T., Paar C., Kawamura S., Ko Ae M., Sano F., Shimbo A., Paulier P., Thornton M.A., Dreschler R., Miller D.M. и др.) показали, что использование в качестве системы счисления для СОИУ непозиционной модулярной системы счисления (МСС), может положительно

решить рассматриваемые научно-технические задачи, с существенно меньшим, чем в ПСС, дополнительно вводимым количеством оборудования [1-3]. Следовательно, использование МСС для создания распределённой grid структуры АСКУЭ реального времени, позволяет с новых позиций подойти к процессу развития специализированных информационных технологий, открывающих большие перспективы и парировать недостатки присущие СОИУ функционирующим в ПСС.

### Цель статьи

Показать эффективность применения технологии распределённых grid вычислений и модулярной системы счисления при создании производительной и отказоустойчивой АСКУЭ.

### Основные материалы исследования

В общем виде АСКУЭ можно представить, как совокупность средств измерительной техники, приспособлений сбора, обработки и хранения информации, средств связи, средств синхронизации времени, функционально объединенных для обеспечения коммерческого учета электроэнергии.

Функционально можно выделить следующие основные три части АСКУЭ:

- система дистанционного учета электроэнергии, представленной совокупностью интеллектуальных счетчиков (ИС) и объединяющих их концентраторов – модемов;
- системы автоматического сбора, концентрации и передачи данных (САСКПД) от концентраторов в центр обработки информации и управления (ЦОИУ), промежуточной обработки анализа и хранения данных, передачи управляющих сигналов от ЦОИУ на ИС;
- центр обработки информации и управления.

В качестве коммуникационной среды для передачи информации предполагается использовать стандартные телекоммуникационные средства общего пользования (телефонные, радиоканалы, интернет и др.).

Одним из основных элементов перспективной АСКУЭ, использующей технологию распределённых вычислений, является интеллектуальный счетчик, поведение которого изменяется динамически в зависимости от различных факторов связанных с учетом использованной электрической энергии (рис. 2) [5].

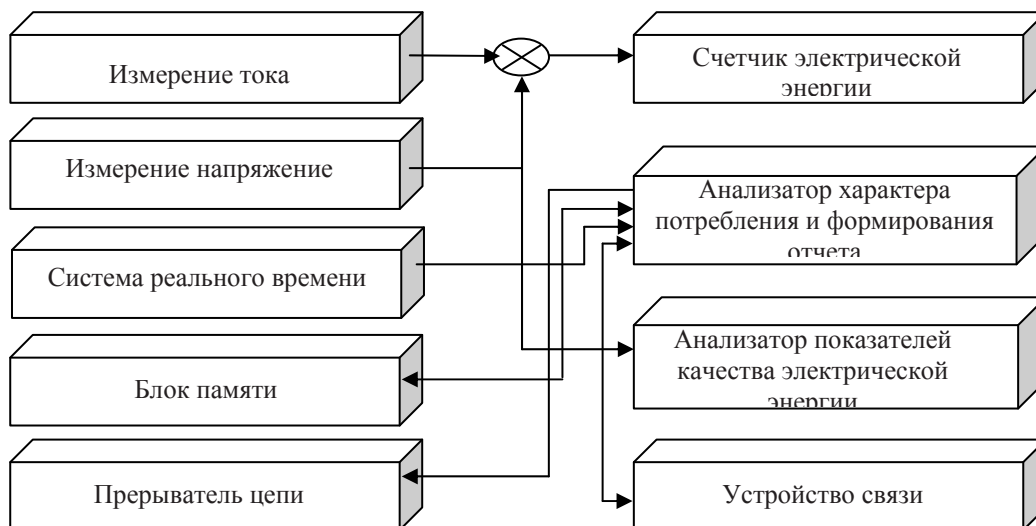


Рис. 2. Структурная схема ИС

Интеллектуальный счетчик объединяет в себе функции не только учёта электроэнергии с функцией хранения в энергонезависимой памяти промежуточных значений вычислений с привязкой к астрономическому времени, но и функции прерывания цепи и устройства связи использующего, в пределах контролируемых объектов, питающихся от одной трансформаторной подстанции, в качестве линий связи телефонные, кабельные и домовые электросети 0,4 кВ.

Алгоритм функционирования ИС должен предполагать понижение уровня оплаты, в случае если показатели качества электрической энергии не удовлетворяют установленным нормам или в случае недовыпуска электроэнергии [6].

В регламентированные моменты времени информация хранящаяся на счетчике передается на модем – концентратор, который обеспечивает передачу первичной информации как в центральную систему, так и управляющих воздействий в ИС и может быть установлен на трансформаторной подстанции 20/10/0,4 кВ. Концентратор опрашивает ИС по принципу «главный – подчиненный» и далее, посредством модемов передаёт данные, в пределах определенного района, города, области и т.д., с использованием системы удаленной связи (электросеть, телефонный канал, выделенная линия, радиоканал или интернет, с использованием стандартного протокола ТСР/IP) в САСКПД и ЦОИУ.

Система автоматического сбора, концентрации и передачи данных производит: оперативную обработку, фиксацию и учёт потребленной электрической энергии, анализ полученной информации, передачу полученной и обработанной информации в ЦОИУ, формирование и передачу управляющих сигналов от ЦОИУ на ИС. В зависимости от предоставленных полномочий и решаемых задач, данная система, может устанавливаться как в помещениях оперативно-диспетчерской службы каждого района, так и в диспетчерских службах поставщиков энергоресурсов.

Вся информация о состоянии счетов потребителей, используемой ими электроэнергией, качества получаемого электричества поступает для анализа, хранения и динамического реагирования на реальное использование потребителями поставляемых им услуг в центр обработки информации и управления. Центр обработки информации и управления представляет собой аппаратно-программный комплекс, предназначенный для регистрации, обработки, хранения и отображения информации о потребляемых ресурсах, обоснования и выработки управляющих воздействий, основу которого составляет СОИУ функционирующая в МСС. В системе обработки информации и управления ЦОИУ осуществляется обработка показаний приборов учета, расчет суммы платежей за потребленные ресурсы, учет социального статуса потребителя, поддержка мультитарифного регулирования, выписывание счетов и другие операции.

Логически программное обеспечение ЦОИУ можно подразделить на две части: во первых программное обеспечение реализующее оперативную связь с САСКПД и ИС, во вторых программное обеспечение реализующее обработку поступающей информации, обоснование и выработку управляющих воздействий. При этом данное программное обеспечение предполагает возможность контроля целостности энергосети и защиты от возможной попытки хищения с последующим удаленным отключением нарушителя от подачи энергоресурса.

Информационную технологию, реализуемую СОИУ АСКУЭ, использующую модулярную систему счисления можно представить как совокупность взаимосвязанных информационных процессов, каждый из которых содержит определённый набор процедур, реализуемых с помощью методов и алгоритмов обработки информации в МСС. Вариант структурной схемы СОИУ реального времени функционирующей в МСС можно представить в виде набора трактов обработки информации (ТОИ), функционирующих независимо и параллельно во времени, причем каждый по своему определенному модулю  $m_i$ . (рис. 3), что определяется основными свойствами МСС (малоразрядности, равноправности и независимости остатков МСС). Анализ содержания указанных выше свойств МСС позволяет говорить о возможности реализации в АСКУЭ одновременно трёх основных видов резервирования: структурного, информационного и функционального [1–4].

В соответствии с исходным заданием  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_X\}$ , представляющим набор процедур реализуемых СОИУ, используя совокупность принципов, моделей, методов и алгоритмов  $F = [f_1, f_2, \dots, f_M]$  реализации операций обработки информации, операций контроля, диагностики и исправления ошибок в МСС, происходит переработка первичной информации  $x(t)$  с целью получения информационного продукта  $X(k)$ .

При этом в соответствии с программой функционирования АСКУЭ, по управляющим сигналам  $u(t)$  осуществляется организация обменных операций между точностью и достоверностью выполнения процессов обработки информации, с использованием совокупности моделей, методов и алгоритмов  $\hat{U}=(\hat{u}_1, \dots, \hat{u}_n)$ . Данное свойство определяет характерную особенность функционирования СОИУ в МСС – одна и та же система обработки информации, в зависимости от предъявляемых требований может иметь, в динамике процесса обработки информации, различную надёжность, точность вычислений и быстродействие. Переход к вычислениям с меньшей точностью позволяет повысить быстродействие СОИУ.

При возникновении ошибок информации, по сигналам коррекции ошибок  $z(t)$ , осуществляется коррекция информации  $X(k)$ . В результате данной процедуры получаем откорректированный информационный продукт  $X'(k)$ . При обнаружении аппаратных отказов ТОИ, в соответствии с заданной программой, с использованием множества методов и алгоритмов  $O=(o_1, \dots, o_k)$  осуществляется реконфигурация структуры СОИУ в динамике процесса обработки информации.

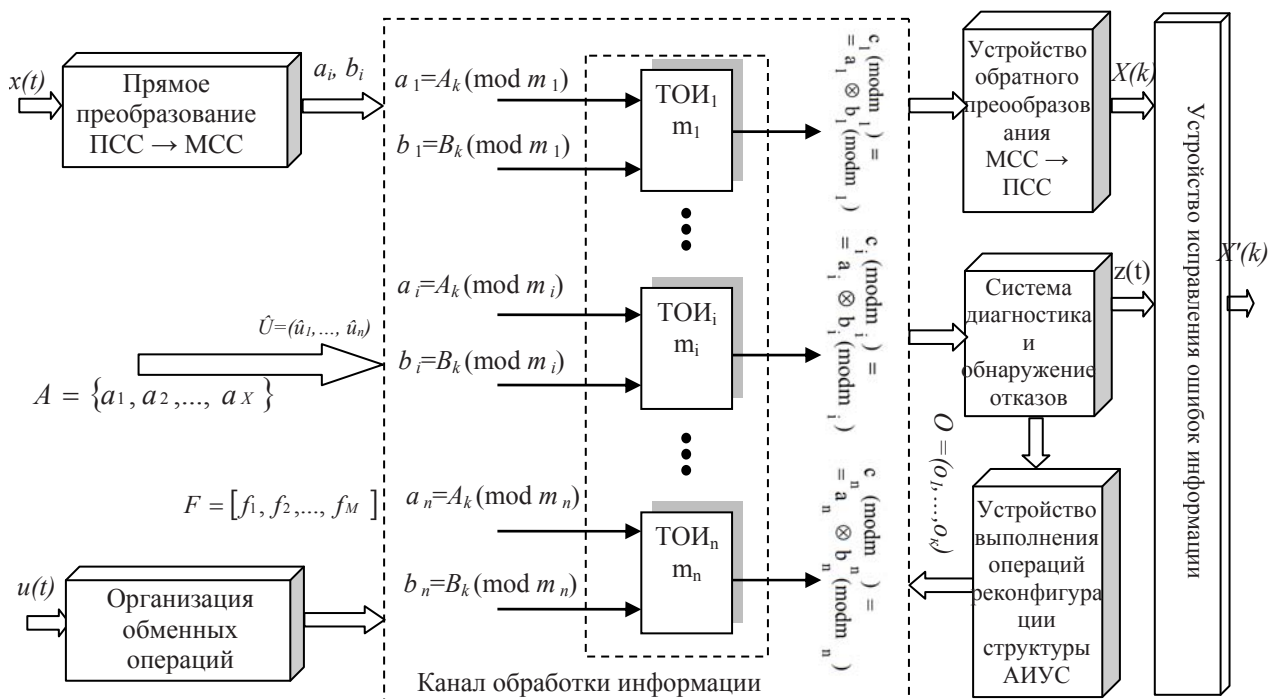


Рис. 3. Обобщенная структурная схема СОИУ функционирующей в МСС

Если упорядоченная МСС расширяется путем добавления  $l$  оснований, каждое из которых больше предыдущего основания исходной МСС, то минимальное кодовое расстояние  $d_{min}$  автоматически увеличивается на величину  $l$ . Этого же можно добиться, уменьшая число информационных оснований, т.е. переходя к вычислениям с меньшей точностью. Следовательно, между корректирующими возможностями кодов в МСС и точностью вычислений существует обратно пропорциональная зависимость.

Для защиты контролируемых технологических характеристик и циркулирующей в системе информации от несанкционированного доступа и изменения предусматривается многоступенчатый доступ к текущим данным и шифрование информации (в том числе с использованием непозиционных кодов МСС).

Предлагаемая структура АСКУЭ не требует создания дополнительных информационных магистралей, в основу архитектуры такой системы составляет «кластерная» структура. Здесь под кластером понимается группа потребителей, имеющих

разнообразные каналы связи с САСКПД и ЦОИУ, в том числе и по средством глобальной сети.

Необходимо отметить, использование технологии распределённых grid вычислений может в ближайшей перспективе способствовать созданию эффективной информационно - расчётной инфраструктуры для энергетического комплекса Украины, снизить затраты связанные с необходимостью создания, эксплуатации и обслуживания дорогостоящих мощных специализированных вычислительных центров. Это достигается, как отмечалось ранее, за счёт того, что решение производственных, инженерных и технических задач, а также развитие сетевой транспортной среды и технологий высокоскоростной передачи данных осуществляется путем использования вычислительных ресурсов, которые принадлежат отдельным организациям, в том числе и виртуальным.

Разработанная, в соответствии с вышеизложенным материалом, общая структура АСКУЭ функционирующей в МСС, реализованной с использованием информационной технологии распределённых grid вычислений представлена на рис. 4.

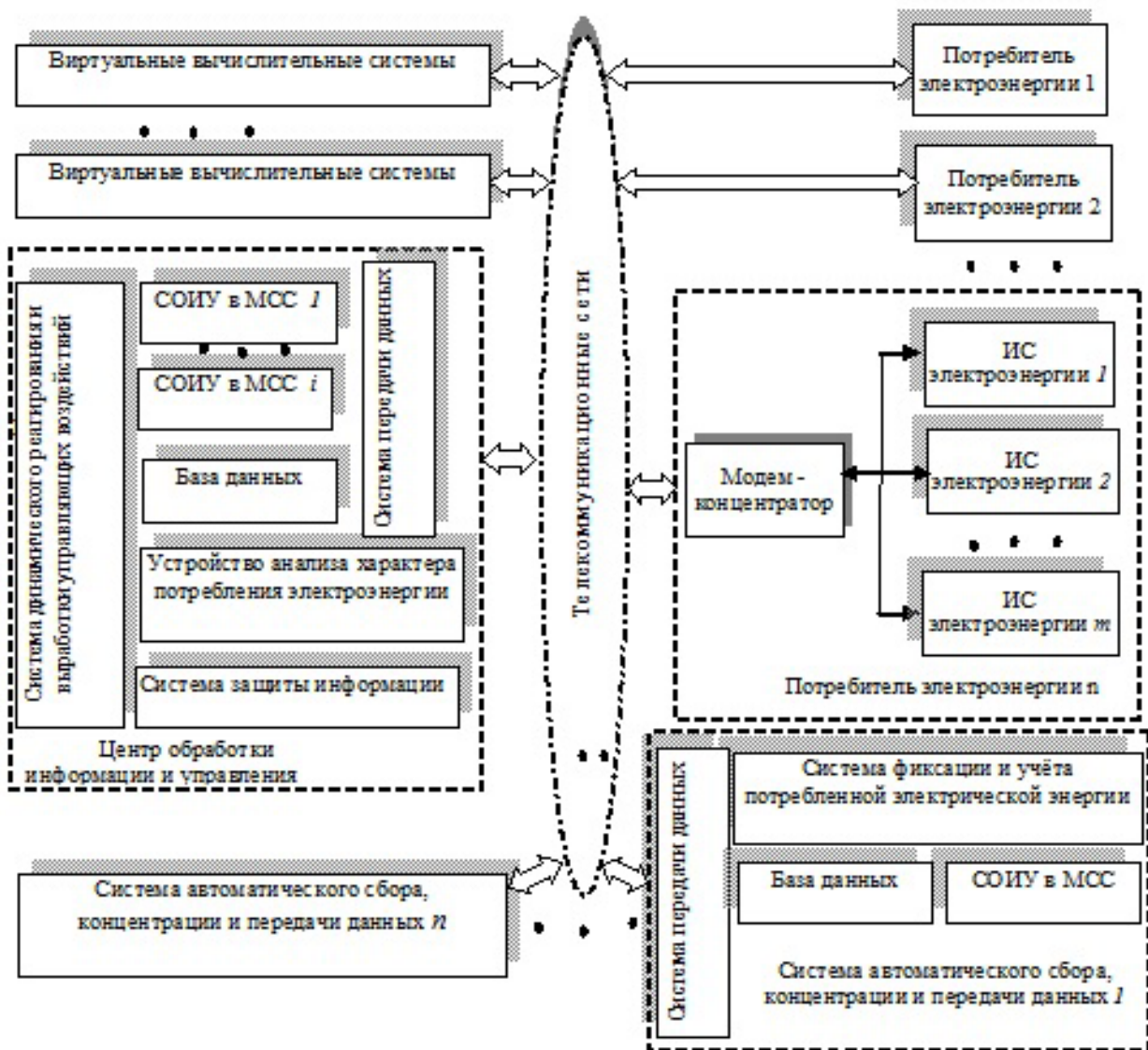


Рис. 4 Обобщённая структура распределённой АСКУЭ функционирующей в МСС

Внедрение системы может начинаться со сколь угодно малого функционально полного фрагмента сети (например, дома, группы домов, предприятия, микрорайона и т. д.). Развитие и наращивание мощности до максимального расчетного объема производится в дальнейшем только за счет монтажа периферийных устройств на объектах и, при необходимости, создания и подключения дополнительных виртуальных вычислительных ресурсов.

Также необходимо отметить многофункциональность и открытость предлагаемой системы реализующей рассматриваемую технологию, предполагается постоянное наращивание её функционального назначения. В кругах специалистов обсуждаются и получают всё более широкое развитие вопросы интегрирования предлагаемой технологии в комплексные системы диспетчерского управления жилищным хозяйством (удаленный сбор данных с телеметрических выходов счетчиков электроэнергетики, холодной и горячей воды, газа).

### Выводы

1. Предложенная в статье концепция создания производительной и отказоустойчивой АСКУЭ функционирующей в МСС, реализующей технологию распределённых grid вычислений позволяет:

- построить эффективную информационно - расчётную инфраструктуру для энергетического комплекса Украины основанную на применении современных информационных технологий;
- исключить искажения показаний счетчиков в результате самопроизвольных ошибок или преднамеренных действий.
- снизить затраты связанные с необходимостью содержания большого штата контролеров энергосбытовых компаний, создания, эксплуатации и обслуживания дорогостоящих мощных специализированных вычислительных центров.

2. Проведённый анализ состояния и перспектив развития АСКУЭ показал, что проблема повышения производительности системы, без снижения надёжности функционирования не может быть эффективно решена на основе использования традиционной двоичной ПСС, без ухудшения остальных технико-экономических показателей.

Реально существует возможность проектирования и создания эффективных вычислительных структур на основе использования принципов обработки информации в МСС.

3. Представляется актуальным и целесообразным дальнейшее проведение исследований аспектов, связанных с концепцией создания отказоустойчивой и быстродействующей АСКУЭ функционирующей в модулярной системе счисления на основе использования технологии географически распределённых grid вычислений и их использования в интересах энергетического комплекса и энергосбытовых компаний Украины.

4. Предлагаемая структура АСКУЭ позволяет осуществлять интеграцию с системами комплексного диспетчерского управления жилищно – коммунальным хозяйством.

### Список литературы

1. Барсов В. И. Методология параллельной обработки информации в модулярной системе счисления: моногр. / В. И. Барсов, Л. С. Сорока, В. А. Краснобаев – Х.: МОН, УИПА, 2009. – 288 с
2. Барсов В. И. Исследование влияния основных свойств модулярной системы счисления на процесс функционирования высокоскоростных систем обработки информации и управления АСУ ТП энергоблоков./ Энергетика та електрифікація. Науково-виробничий журнал Міністерства палива та енергетики України, науково-технічної спілки енергетиків та електротехніків України. Київ. № 1. – 2011. – С. 57– 63.
3. Барсов В. И. Пути повышения производительности и отказоустойчивости автоматизированных систем контроля и управления электропотреблением на основе модулярной арифметики./ Энергосбережение • Энергетика • Энергоаудит. Общегосударственный научно-



производственный и информационный журнал. Харьков № 12 (58). – 2008. – С. 40–52.

4. Барсов В. И. Методологические основы построения процессоров автоматизированных систем контроля и управления электропотреблением функционирующих в модулярной системе счисления. / Энергосбережение • Энергетика • Энергоаудит. Общегосударственный научно-производственный и информационный журнал. Харьков № 8 (66). – 2009. – С. 10–14.

5. Гай. О. В., Козирський В. В. Розробка методів підвищення надійності забезпечення споживачів електричної енергії з використанням інтелектуальної системи контролю/Енергетика та електрифікація. Науково-виробничий журнал Міністерства палива та енергетики України, науково-технічної спілки енергетиків та електротехніків України. Київ. № 12. – 2010. – С. 72–76.

6. Тубинис В. В. Создание автоматизированной системы учета и управления потреблением электроэнергии в Италии // Электро. № 4. – 2004.

## CONCEPT DESIGN OF AUTOMATED MONITORING AND CONTROL SYSTEM ELECTRICITY CONSUMPTION FUNCTIONING IN A MODULAR RADIX DISTRIBUTED COMPUTING TECHNOLOGY-BASED

V. I. BARSOV, Dr. Sci. Tech., E. A. SOTNIK, graduate student

*The concept of creating a fault-tolerant and high-speed automated control systems operating in a power consumption of the modular system of notation based on the use of technology of distributed grid computing.*

Поступила в редакцию 17.01 2012



**Уважаемые читатели!**  
**Приглашаем Вас стать подписчиками**  
**журнала**  
**«Энергосбережение•Энергетика•**  
**Энергоаудит»**  
**на 2012 год!**  
**На страницах журнала публикуются**  
**статьи об актуальных проблемах**  
**электроэнергетики, энергорынка,**  
**теплоэнергетики, газоснабжения,**  
**водоснабжения, водоотведения и экономики.**  
**Подписка с любого месяца!**  
**Справки по телефону 8(057) 7-149-451**  
**На сайте [eee-journal.com.ua](http://eee-journal.com.ua) размещена**  
**информация об условиях подписки на журнал**