

РАСЧЕТНАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ БИЛЛИНГОВЫХ СИСТЕМАХ

И.Н. ФОМИН

аспирант кафедры прикладной информатики и программной инженерии,
Международный факультет прикладных информационных технологий,
Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина
Адрес: 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77
E-mail: ignik16@yandex.ru

Н.В. СЕРДЮКОВА

аспирант кафедры прикладной информатики и программной инженерии,
Международный факультет прикладных информационных технологий,
Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина
Адрес: 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77
E-mail: serdukova@orgcentr.com

В статье рассматривается задача построения расчетной модели измерения электроэнергии (*calculated measurement model of electric power*) в информационных системах для автоматизированного ценообразования на розничном рынке электроэнергии РФ. Объект исследования — розничный рынок электроэнергии (*the retail electricity market*) и бизнес-процессы энергосбытовых предприятий, предмет исследования — массивы данных об энергопотреблении различного рода потребителей (*consumption habits*).

Цель исследования — построение концепции и модели информационной системы, позволяющей рассчитывать розничную цену и стоимость потребленной электроэнергии.

Решенными задачами в исследовании явились:

- ◆ определение сущностей, которые являются параметрами для расчета цены и стоимости электроэнергии;
- ◆ классификация и определение критериев классификации учетных (*user data*) и расчетных показателей (*estimates data*), участвующих в автоматизированном ценообразовании;
- ◆ подбор различных вариантов интеграции этих параметров;
- ◆ моделирование структуры базы данных, которая формирует расчетную модель измерений электроэнергии.

В статье даны определения учетных и расчетных показателей, которые являются элементами отраслевых корпоративных информационных систем, описаны принципы формирования модели измерения электроэнергии (*calculated measurement model of electric power*) при создании и внедрении биллинговых информационных систем (*meter to cash systems*), а также даны определения различных терминов электроэнергетики с точки зрения информатики и информационных технологий.

Ценообразование на розничном рынке электроэнергии рассмотрено как некий социально-экономический процесс, к которому были применены методы математического моделирования и системного анализа. Предложенные критерии классификации и правила построения связей в структуре базы данных обладают устойчивыми связями элементов и организацией, что проявилось в выявленном снижении энтропии системы в целом по сравнению с системообразующими элементами и факторами.

Выявленные и описанные связи могут помочь на практике в задачах отраслевой программной инженерии и параметрической адаптации при разработке биллинговых информационных систем.

В описанном исследовании произведено моделирование структуры базы данных, формирующей расчетную модель измерений электроэнергии, позволяющую оперировать различными договорными и техническими параметрами электроснабжения (*contractual input*), а также определять розничную цену и стоимость потребленной электроэнергии.

Теоретические и аналитические исследования позволили создать авторам инновационный продукт в виде программы для ЭВМ «АС Энерго.УПЭЛ», зарегистрированной Свидетельством о госрегистрации № 2013615624 (опубликовано 17.06.2013), который успешно апробировался на предприятиях энергетической отрасли в нескольких регионах РФ.

Ключевые слова: ценообразование, розничный рынок электроэнергии, расчетная модель измерений электроэнергии, учетные показатели, расчетные показатели, информационные биллинговые системы, энергосбытовые компании.

1. Введение

Важным условием достижения экономической и энергетической эффективности в электроэнергетике является степень внедрения информационных технологий. Энергосбытовая деятельность (retail power agency) – одна из тех областей, где информационные технологии (ИТ) играют ключевую роль. Оптимальная структура ИТ способна сделать компанию конкурентоспособной и эффективной, и наоборот, неправильно структурированные ИТ могут стать тормозом на пути ее развития [1].

Основой автоматизации производственных процессов в электроэнергетике является обработка и хранение данных об энергопотреблении. Над этой задачей работали американский ученый Ральф Кимбалл (Ralph Kimball), который определил практические приемы построения хранилищ данных и ключевые концепции многомерных моделей данных (multidimensional data model), используемых при хранении данных об объемах энергопотребления [2], и немецкий исследователь Харальд Орламюндер (Harald Orlamünder), который построил новую ролевую модель участников розничного рынка электроэнергии [3], которая может служить основой для разработки информационных систем с функциями автоматизированного ценообразования.

Корректное построение структуры биллинговых систем заключается в построении структуры хранения различных параметров учета энергопотребления в моделях, позволяющих оперировать различными договорными и техническими параметрами электроснабжения для периодических расчетов цены и стоимости потребленной электроэнергии на розничном рынке электроэнергии (РРЭ). В периодической отраслевой литературе имеется описание опыта автоматизации энергосбытовой деятельности компаний регионального и городского уровня, таких как МОЭК, «Волгоградэнергосбыт», «Мосэнергосбыт» и других предприятий, где использовались различные зарубежные программно-аппаратные платформы (SAP, Oracle E-Business Suite, Oracle CC&B). Концепции перечисленных СУБД (DBMS) включают в себя клиентское аналитическое приложение и набор инструментов, предназначенных для извлечения, анализа и представления информации из хранилища данных для нужд специалистов предприятия. Такого рода инструменты, как правило, не имеют прикладной ориентации и требуют от специалистов деятельность, связанную с построением запросов к хранилищу данных и визуализацией текстовых (linguistic evidence) и числовых данных (numerical data), при которой используются многомерные модели данных.

К сожалению, коммерческие организации не публикуют результаты своих исследований, в том числе в научных журналах. Авторы статьи участвовали в постановке технических задач и внедрении отечественных информационных биллинговых систем российских разработчиков в компаниях «Арктик–энерго» (Мурманская область), «Оборонэнергосбыт» (Москва), во множестве региональных энергосбытовых организаций Волгограда, Владивостока, Ярославля, Самарской и Саратовской областей. Анализируя результаты проектов, можно сделать вывод, что применение в энергосбытовой деятельности биллинговых информационных систем дает значительные положительные эффекты как оперативного, так и стратегического характера на долгосрочную перспективу, в интересах субъектов энергетического рынка. При этом информационные биллинговые системы для энергосбытовых организаций (retail power enterprises) на розничном рынке электроэнергии строятся интуитивно, концепции построения отраслевых информационных систем и структур баз данных в литературе не описаны.

2. Модели измерения электроэнергии

Построение модели информационной системы, позволяющей определять розничную цену и стоимость потребленной электроэнергии, оперируя различными договорными и техническими параметрами электроснабжения, предполагает параметрическую адаптацию программного обеспечения (ПО). В процессе электроснабжения (electric power supply) потребителей происходят различные технические (specifications subject to change) и договорные изменения, которые, как следствие, приводят к изменениям параметров расчетной модели. При этом параметрическая адаптация подразумевает изменение переменных, определяющих поведение программы. При таком подходе можно менять параметры или заставить приложение следовать какой-либо иной из имеющихся стратегий [4]. Параметры адаптации приложений или информационных систем определяются для каждой точки поставки (supply point) электроэнергии.

Расчетная модель измерения электроэнергии (РМИ) (calculated measurement model of electric power, СММ) – это модель, описывающая (или отражающая в информационной системе) правила и методы обработки информации о ценах и стоимости потребляемой электроэнергии. Расчетная модель измерения отражает экономические условия электроснабжения и определяет структуру базы данных, в которой хранятся данные, необходимые

для расчета цен и стоимости потребленной энергии. Задачей расчетной модели измерений является формирование корректных учетных и расчетных показателей [5].

Учетные показатели — это количественные величины, которые требуется хранить в базе данных информационной системы для проведения расчетов или анализа данных. Эти данные снимаются с приборов учета электроэнергии, вводятся вручную, загружаются из внешних систем, реже — находятся расчетным путем. В общем случае, учетными показателями можно назвать значения функций с определенным набором аргументов, которые в дальнейшем участвуют в каких-либо расчетах или используются в отчетах информационной системы. С помощью учетных показателей реализуются учетные функции специализированного программного обеспечения.

Расчетные показатели — это различные показатели, сформированные в автоматизированной системе в результате применения расчетных функций [6].

Учетные и расчетные показатели в базах данных отраслевых информационных систем хранятся в виде измерений. Согласно концепции Ральфа Кимбалла, измерение — это интерпретация факта (facts for measurements) с некоторой точки зрения в реальном мире, содержащая учетные и расчетные показатели, которые связаны по смыслу между собой. Обычно измерения представляются как оси многомерного пространства, точками которого связывают определенные факты реального мира с числовыми или лингвистическими показателями, характеризующими эти факты. В отраслевых информационных системах эти лингвистические показатели являются разрезами аналитического учета (incisions analytical accounting). В многомерной модели каждый учетный или расчетный показатель связан с одной или несколькими осями — измерениями. Измерения — это ключевая концепция многомерных баз данных. Многомерное моделирование (dimensional modeling (DM) предусматривает использование измерений для предоставления максимально возможного контекста для измеряемых фактов (facts for measurements) [2]. Хранение данных, для целей расчета стоимости, должно производиться согласно сформированной в информационной системе расчетной модели измерений.

Используя теорию множеств и теорию графов, расчетную модель измерений можно задать как конечное множество Y , состоящее из n элементов, определяющих расчетные показатели для j -той точки учета

$$Y_j = \{1, 2, \dots, n\},$$

которые и формируют вершины ориентированного графа, и множество дуг (set of edges) подмножества

(subset) $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, при этом $P \subseteq Y$. В реальных информационных системах базы данных формируют набор таблиц, которые отражают данные по составляющим, используемым при расчете цен и стоимости. Количество и иерархия элементов определяется расчетной схемой для потребителя, а также задачами ценообразования (формирования расчетной модели измерения). Расчетная модель измерения электроэнергии в биллинговых информационных системах формируется для целей определения цены и стоимости, путем связи объектов или справочников и может отображаться в древовидной форме. Элементами этих множеств являются множества, содержащие данные об объектах электроснабжения (power supply objects) потребителей и связях между ними (P^O), параметрах расчета объемов (P^V), и данные о параметрах расчета цен и стоимости по объектам электроснабжения (P^C). Таким образом, $P = \{P^O, P^V, P^C\}$. Такое представление дает возможность использовать теорию множеств для классификации учетных и расчетных показателей и разработки структуры базы данных информационных биллинговых систем.

3. Классификация учетных и расчетных показателей

Опираясь на учетными и расчетными показателями можно автоматизировать процесс ценообразования на розничном рынке электроэнергии.

Ценообразование в автоматизированной биллинговой системе — это автоматический или полуавтоматический расчет цены на электроэнергию с использованием динамически изменяющихся учетных или расчетных показателей.

Основными задачами процесса автоматизированного ценообразования являются:

- ◆ определение различных учетных показателей, участвующих в формировании цены и отслеживание изменений этих показателей;
- ◆ ввод и хранение данных об учетных показателях согласно модели измерения электроэнергии и отслеживание изменений модели;
- ◆ получение новых расчетных показателей, участвующих в расчете цен и стоимости электроэнергии.

В процессе исследования для поиска технических решений описанных выше задач к каждой группе потребителей электроэнергии (каждому объекту электроснабжения на РПЭ) был подобран набор атрибутов, необходимых для выполнения расчетных операций. Выделяют четыре группы потребителей: базовые потребители, население, прочие потребители, организации, оказывающие услуги по пере-

даче электроэнергии и приобретающие ее в целях компенсации потерь [7]. Основными критериями, по которым подвергались классификации атрибуты объектов, расчетные и учетные показатели, стали:

- ◆ конечный набор объектов и классов;
- ◆ возможность хранения показателей, характеризующих объекты, в реляционных базах данных;
- ◆ соответствие отраслевому законодательству.

Также при классификации были выделены параметры и атрибуты, определяющие цену для каждого объекта учета, метод ее расчета и условия использования данной цены при расчете стоимости. Упомянутая выше неоднозначность использования элементов РМИ при классификации сущностей для целей ценообразования предполагает возможность использования этих элементов как объектов либо как классов в зависимости от степени их характерности.

В связи с различием в ценообразовании на РРЭ в ценовых (ЦЗ) и неценовых зонах (НЦЗ) был произведен анализ факторов, определяющих особенности формирования цен и стоимости указанных выше групп потребителей в различных зонах оптового рынка и их степени доминирования в реальных договорных условиях электроснабжения. В результате было выявлено конечное количество наборов технико-экономических условий потребления электроэнергии, позволяющих применять тот или иной вид ценообразования и способ расчета стоимости потребленной электроэнергии.

Анализ проводился с применением метода экспертной классификации, принцип которого состоит в обоснованном переносе классификационных решений, полученных для одного объекта, на некоторые другие объекты. Базой знаний для обоснования и переноса служит отношение доминирования, которое, в свою очередь, строится из отношений характерности [8].

При исследовании способов расчета цен и стоимости электроэнергии в НЦЗ был получен контекст $K_1 = (G_1, P_1, I_1)$, где G_1 – группы потребителей, соответствующие различным способам расчета цены и стоимости в НЦЗ, P_1 – множество признаков, по которым классифицировались элементы множества G_1 , а I_1 – множество значений этих признаков.

При исследовании способов расчета цен и стоимости потребителей в ЦЗ был получен контекст $K_2 = (G_2, P_2, I_2)$, где G_2 – группы потребителей, соответствующие различным способам расчета цены и стоимости в ЦЗ, P_2 – множество признаков, по которым классифицировались элементы множества G_2 , а I_2 – множество значений этих признаков.

Задача определения наиболее общих призна-

ков, определяющих способ расчета цены и стоимости, решалась методом совмещения контекстов $K_1 = (G_1, P_1, I_1)$ и $K_2 = (G_2, P_2, I_2)$, в результате которого было получена решетка $C(K)$ контекста $K = (G, P, I)$, представляющая собой множество различных наборов технико-экономических условий потребления электроэнергии, позволяющих применять тот или иной вид ценообразования и способ расчета стоимости потребленной электроэнергии.

В контексте G – группы потребителей, соответствующие различным способам расчета цены и стоимости, P – множество признаков (характеристик), по которым классифицируются элементы множества G , соответственно I – множество значений этих признаков.

Полученные наборы $C(K)$ зависят от административных и договорных условий потребления, а также от характеристик применяемых приборов учета. Эти наборы влияют на процесс ценообразования и в законодательстве РФ называются «ценовая категория».

Ценовая категория – это набор технико-экономических условий потребителя, позволяющий применять тот или иной вид ценообразования и способ расчета стоимости потребленной электроэнергии. Энергосбытовые компании в статусе гарантирующего поставщика вынуждены административно относить потребителя к одной из ценовых категорий, а независимые энергосбытовые компании технически относят потребителя к одной из ценовых категорий.

В полученном контексте каждому элементу g множества G соответствует множество признаков P и множество значений этих признаков $I_g = \varphi(g)$, соответствующих той или иной ценовой категории.

Используемый выше контекстный подход позволил выделить различные множества характеристик, участвующие в формировании реляционной модели базы данных информационной биллинговой системы. Для этого ценовая категория была выражена как конечное множество, состоящее из элементов, определяющих характеристики для j -го объекта электроснабжения:

$$K_i^C = \{p_{n1}, p_{n2}, \dots, p_{in}\}, K_{ij}^C \subset P^C,$$

где p_{jk} – k -ая характеристика, определяющая ценовую категорию для j -го объекта электроснабжения, $n = 8$ – количество характеристик, среди которых можно выделить следующие:

1. отношение потребителей к ценовым или не ценовым зонам;
2. категория потребителей (население, крупные, мелкие потребители, сетевые организации);

3. наличие факта (требования) трансляции цен электроэнергии и мощности ОРЭМ;

4. тип тарифа на энергию (одноставочный или двухставочный);

5. тип тарифа на услуги по передаче электроэнергии (одноставочный или двухставочный);

6. способ учета объемов (интегральный в целом за период, интервальный по часам, по зонам суток);

7. число зон – для способа учета объемов по зонам суток;

8. наличие факта (требования) почасового планирования.

Множество ценовых категорий $K^C = \{K_i^C\}$ определяется различными комбинациями значений характеристик, определяющих ценовую категорию, но в целом данное множество конечно и содержит различные варианты ценовых категорий для ценовых и неценовых зон.

В России цены на электрическую энергию (мощность), поставляемую потребителям, не могут быть выше некоторых ее предельных уровней. В концепции, предложенной авторами настоящей публикации, предельный уровень цен в автоматизированной системе – это расчетный показатель, полученный в соответствии с порядком формирования цены, определяемым связанной с ним ценовой категорией и хранящийся в реляционной базе данных (БД) или в соответствующем регистре БД для использования в определении стоимости потребленной электроэнергии.

Расчет предельных уровней цен можно выразить как некую функцию, параметрами которой является набор показателей ХС, используемых при формировании предельного уровня цен:

$$C = f(X^C)$$

Набор элементов множества X^C различен для ценовых и неценовых зон или иными словами зависит от ценовой категории, то есть $X^C = f(K^C)$.

Для ЦЗ элементами множества X^C являются такие учетные показатели как средневзвешенные нерегулируемые цены ОРЭМ (СВНЦ) – (D_i^{ATS}), тарифы на передачу (T_i^{GRID}), тарифы на услуги инфраструктуры ОРЭМ (T_i^{INF}), сбытовые надбавки (Δ_i^C):

$$X_i^{C_pa} = \{D_i^{ATS}, T_i^{GRID}, T_i^{INF}, \Delta_i^C\}.$$

Для НЦЗ элементами множества X^C являются такие учетные показатели как: данные коммерческого оператора, влияющие на формирование розничных цен D_i^{KO} регулируемые розничные тарифы (regulated prices T_i^{REG}), удельная стоимость электроэнергии на ОРЭМ J_i :

$$X_i^{C_npa} = \{D_i^{ATS}, T_i^{REG}, J_i\}.$$

Данные учетные показатели, входящие в состав X_i^C изменяются в зависимости от того с какой группы точек поставки (ГТП) (r_1), каким субъектом ОРЭМ (энергосбытовой компанией или гарантирующим поставщиком) (r_2), по какому типу договора (r_3) осуществляется поставка электроэнергии (договор электроснабжения или договор купли-продажи). Также, учетными показателями являются сетевая организация, по сетям которой осуществляется электроснабжение (r_4), в каком регионе (r_5) и по какому уровню напряжению (r_6) производит передачу электроэнергии, к какой ценовой категории (r_7) и группе потребителей (r_8) относится объект электроснабжения. Кроме того, имеет значение такой показатель как зона суток (TOU) (r_9), для которой рассчитывается цены. Таким образом, эти наборы учетных показателей являются аргументами функции $X_i^C = f(r_i | i = 1..n)$.

Это множество представляет собой объединение нескольких множеств, определяющих структуру хранения данных о каждом из элементов множеств ХСцз, ХСнцз, которые могут соответствовать разрезам аналитического учета в информационных биллинговых системах.

Совокупность учетных показателей $\{r_i | i = 1..n\}$, от которых зависят данные о составляющих, входящих в состав предельных уровней цен, можно представить как некое конечное множество $R = \{r_i | i = 1..n\}$, состав которого зависит от ценовой категории, т.е.

$$R = f_c(K^C), R \subset X.$$

В свою очередь, каждый из элементов множества X входит в состав других множеств, представляющих собой данные о том или ином виде показателя, используемого при расчете предельных уровней цен.

$$D_i^{ATS} \subset D^{KO}, T_i^{GRID} \subset T^{GRID}, \Delta_i^C \subset \Delta^C, T_i^{REG} \subset T^{REG}.$$

Анализ законодательства и массивов данных о ценах различных энергосбытов или гарантирующих поставщиков показал, что данные о предельных уровнях цен зависят от множества учетных показателей R , определяющих их составляющие, которые участвуют в расчете этих цен. Кроме того, эти же учетные показатели, от которых зависит формирование предельных уровней цен, являются свойствами объектов электроснабжения, позволяющими использовать, при расчете стоимости, сформированные предельные уровни цен.

Совокупность учетных показателей, в разрезе которых рассчитываются предельные уровни цен,

определяет множество различных вариантов расчета предельных уровней цен.

Вариант расчета предельного уровня цен – это элемент расчетной модели, относящий использование одной и той же ценовой категории и определяющей метод расчета цен или предельных уровней цен с различными учетными показателями для схожих по набору свойств объектов электроснабжения.

Исходя из множества вариантов расчета цен и предельных уровней цен (дифференциация по уровням напряжения, зонам суток, группам потребителей, типам договоров, ГТП), можно объединить некоторые показатели, одинаковые для различных ГТП участников ОРЭМ, в так называемые тарифные группы и определить взаимозависимость учетных показателей. Говоря языком теории множеств можно выделить в множестве R подмножество $G^T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$, где $G^T \subset R$. Элементами множества G^T являются такие учетные показатели как ценовая категория, уровень напряжения, вид потребителя, тип договора. Очевидно, что при этом уменьшится количество показателей $\{r_i | i = 1..n\}$, от которых зависят данные о составляющих предельных уровней цен и данные о предельных уровнях цен, поскольку вместо элементов, входящих в множество G^T , можно использовать один элемент, определяющий данный набор.

Тарифная группа (G^T) – это совокупность технико-экономических условий потребителя, позволяющая определять тот или иной вариант расчета цен или предельных уровней цен для той или иной ценовой категории потребителя. Тарифная группа в данной концепции, включает в себя ценовую категорию, задающую метод расчета цены и стоимости для ГТП либо совокупности ГТП, к которой относятся потребители данной тарифной группы. Эти совокупности являются основными показателями, определяющими параметры расчета цен и стоимости для объектов электроснабжения на РРЭ, находящиеся в данной тарифной группе и в данной ГТП.

Соответственно, для j -го объекта электроснабжения можно выделить еще одно свойство G_j^T , определяющее отношение данного объекта к тарифной группе, причем $G_j^T \in G^T$. Поскольку тарифная группа включает в себя ценовую категорию ($K^C \subset G^T$), то можно утверждать, что отношение объекта электроснабжения к тарифной группе определяет также и его отношение к ценовой категории, либо определяет способ расчета цены и стоимости для данного объекта.

Расчет стоимости для j -го объекта электроснабжения, а также расчет цен и расчет уровней цен

можно выразить как некую функцию f_s , параметрами которой являются наборы данных о ценах C_j и объемах энергопотребления V_j , которые, в свою очередь, зависят от соответствующих данному объекту электроснабжения параметров расчета цены P_j^C и параметров расчета объемов P_j^V .

$$S_j = f_s(C_j, V_j), C_j = f_c(X_j^C) = f_c(f_{X_j}(P_j^C)), V_j = f_v(P_j^V).$$

На основе проведенного исследования можно утверждать, что набор данных о характеристиках, определяющих алгоритм расчета цены и стоимости P_s для данного объекта электроснабжения, должен содержать такие учетные показатели как субъект ОРЭМ (гарантирующий поставщик или энергосбытовая организация, по ценам которой производится расчет стоимости), ГТП субъекта ОРЭМ, тарифная группа и сетевая организация, чьи тарифы применяются при определении стоимости услуг по транспорту электроэнергии.

4. Моделирование базы данных информационной системы

При моделировании базы данных с помощью ER-диаграмм данное множество P_s было представлено в виде ассоциативной сущности «Параметры расчета цен и стоимости объектов электроснабжения на РРЭ», определяющей связи между тремя различными объектами информационной системы: «Объекты электроснабжения», «ГТП» и «Тарифные группы». Данная связь является базой, определяющей, по каким тарифным группам и для каких ГТП субъектов ОРЭМ следует рассчитывать цены и предельные уровни цен, а также определяет, предельные уровни какой тарифной группы и какого субъекта ОРЭМ следует использовать при расчете стоимости для конкретного объекта электроснабжения. Представленная на рис. 1 модель отражает основные учетные показатели, определяющие параметры расчета цен и стоимости для объектов электроснабжения, их атрибуты, а также устанавливает взаимосвязи между этими показателями.

В концепции реляционной модели данных, изображенный на рис. 1 элемент расчетной модели для целей автоматизированного ценообразования отражает основные таблицы, связанные с формированием цен для объектов электроснабжения, их структуру (поля) и связи между таблицами. Таблица ПАРАМЕТРЫ_РАСЧЕТА (calculation_Options) в модели отражает взаимосвязи между различными учетными и расчетными показателями, описываемыми множеством P^C . Таблицы, объединенные в группы «Составляющие ПУЦ для ЦЗ» и «Состав-

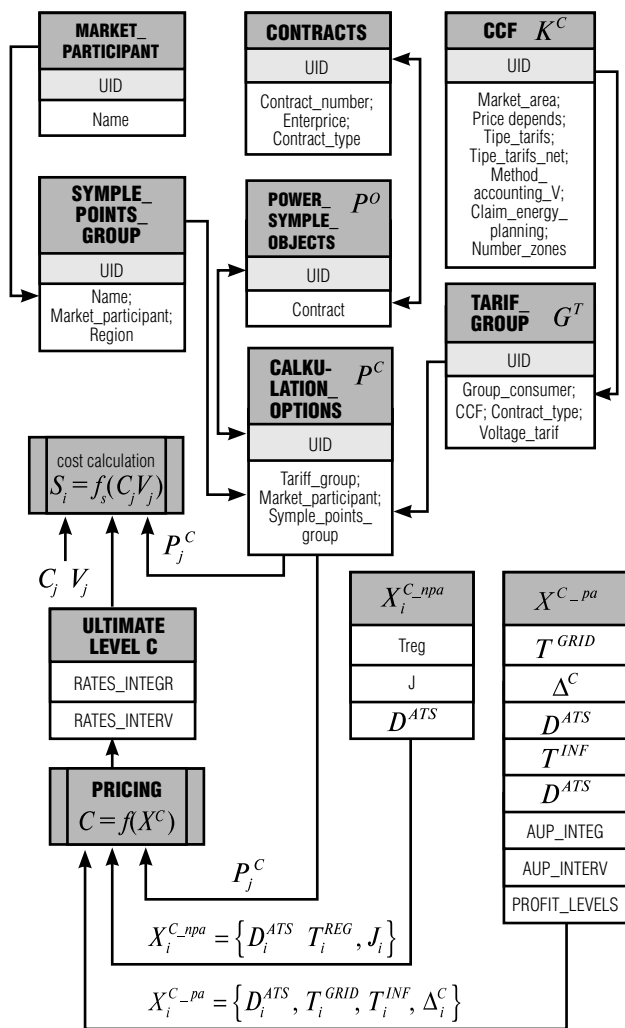


Рис. 1. Схема расчетной модели измерения электроэнергии для задач автоматизированного ценообразования

ляющие ПУЦ для НЦЗ», представляют собой описанные выше элементы множеств X^{C-ppa} и X^{C-ppa} соответственно. Множество R в базах данных реальных информационных систем является одной из осей измерений и используется как разрезы аналитического учета, определяя структуру хранения данных, используемых для расчета цен и предельных уровней цен.

Получение данных этих таблиц при расчете предельных уровней цен может быть организовано посредством соответствующих запросов, которые можно выразить функцией $f_X(P_j^C)$.

5. Заключение

Предложенная модель классификации учетных и расчетных показателей, участвующих в процессе автоматизированного ценообразования, наглядно показывает, в каких разрезах следует хранить показатели, участвующие в расчете цен, а также чем могут определяться параметры расчета цен и стоимости для объектов электроснабжения потребителя.

Моделирование структуры базы данных, формирующей расчетную модель измерений электроэнергии, может быть использовано при проектировании информационных систем, используемых для автоматизации деятельности энергосбытовых организаций. Результаты исследования также могут быть использованы и в разработке организационной и технической концепции подбора оптимальных договорных условий энергоснабжения, что напрямую влияет на энергоэффективность отрасли. ■

Литература

1. Чернов С.С. Энергосбытовая деятельность в условиях реформирования: проблемы и перспективы // Проблемы современной экономики. 2011. № 4 (40). С. 157-164.
2. Kimball R. The Data Warehouse Toolkit: Practical Techniques for Building Dimensional Data Warehouses (Практические приемы построения хранилищ данных). New York: John Wiley & Sons, 1996.
3. Orlamünder H. Der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik in Stromnetzen – ein Nachhaltiges Energieinformationsnetz (Использование информационно-коммуникационных технологий в электрических сетях – устойчивая информационная энергетическая сеть). Stuttgart: Alcatel-Lucent, 2009.
4. Шульга Т.Э. Метод построения восстанавливающих последовательностей для систем без потери информации // Системы управления и информационные технологии. 2009. № 1.3 (35). С. 407-411.
5. Фомин И.Н. Модели измерений в информационных системах энергосбытовых организаций // Высокие технологии, исследования, финансы. СПб.: Изд. Политехнического ун-та. 2013. С. 213-217.
6. Фомин И.Н. Методика поэтапного автоматизированного расчета стоимости потребленной электроэнергии // Труды Академэнерго. 2013. № 3. С. 103-115.
7. Богачкова Л.Ю., Иншаков О.В., Москвичев Е.А. Совершенствование функционирования распределительных сетевых компаний на либерализуемых розничных рынках электроэнергии в РФ / Препринт. Волгоград: Изд. ВолГУ, 2012.
8. Соловьев С.Ю., Стельмашенко Д. Е. Применение принципов экспертной классификации для анализа формальных понятий // Бизнес-информатика. 2013. № 4(26). С. 53-57.

COMPUTATIONAL MODEL FOR MEASURING ELECTRIC POWER IN METER-TO-CASH SYSTEMS

Igor FOMIN

*Post-graduate Student, Department of Applied Informatics and Software Engineering,
International School of Applied Information Technology,
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov*

Address: 77, Politechnicheskaya Street, Saratov, 410054, Russian Federation

E-mail: ignik16@yandex.ru

Nadezhda SERDYUKOVA

*MSc Program Student, Department of Applied Informatics and Software Engineering,
International School of Applied Information Technology,
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov*

Address: 77, Politechnicheskaya Street, Saratov, 410054, Russian Federation

E-mail: serdukova@orgcentr.com

This article addresses building a computational model for measuring electric power in information systems designed to support automated pricing in the retail electricity market of the Russian Federation.

The object of this study is the retail electricity market and business processes of retail power supply enterprises. The subject of the study is arrays of energy consumption habits data.

The purpose of this study is to build a conceptual framework and an information system model enabling to calculate retail prices and costs of electric power consumed.

This study has solved the following tasks:

- ◆ *to identify entities that constitute parameters to calculate electric power prices and costs;*
- ◆ *to classify user data and estimate data involved in automated pricing, and to formulate classification criteria;*
- ◆ *to select various options to integrate these parameters;*
- ◆ *to simulate the structure of a database that forms the computational model for measuring electric power.*

This paper presents definitions of user data and estimate indicators, which are elements of industry-specific corporate information systems, describes underlying principles applied to build the computational model for measuring electric power when designing and implementing meter-to-cash systems, as well as formulates definitions of various electric power concepts from the perspective of information technologies.

Pricing in the retail electricity market has been regarded as a socio-economic process, towards which mathematical simulation and systems analysis methods have been applied. The suggested classification criteria and rules for links building in the database structure enable to ensure sustainable element links and organization that has manifested itself in revealed decrease in entropy of the system as a whole compared to the backbone elements and factors.

The detected and described links can offer practical help to address industry-specific software engineering and parametric adaptation challenges faced in development of meter-to-cash systems.

This study involves simulation of the database structure that forms the computational model for measuring electric power enabling to operate various power supply contractual and technical inputs, as well as to determine retail prices and cost of electric power consumed.

The theoretical and analytical research enabled the authors to create an innovative product – a software solution «AS Energo. UPEL» (certificate of state registration # 2013615624 issued on 17.06.2013) that has been successfully tested at power supply enterprises in several Russian regions.

Key words: pricing, electricity retail market, computational model for measuring electric power, user data, estimate data, meter-to-cash systems, retail power supply companies.

