

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ВЫБОРА РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ

Н. В. Сердюкова, Т. Э. Шульга

Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.

Поступила в редакцию 24.10.2017 г.

Аннотация. Выполнена декомпозиция процесса выбора расчетных моделей электропотребления на функциональные подсистемы, с детализацией, необходимой для формализации данного процесса и его реализации в системах поддержки принятия решений промышленных предприятий.

Ключевые слова: электропотребление, расчетная модель, технико-экономические показатели, системный анализ.

Annotation. Decomposition process of selection analysis models of electricity consumption per functional subsystems, with details necessary for the formalization of this process and its implementation in the systems of decision support for industrial enterprises.

Keywords: power consumption, the analysis model technical and economic indicators, system analysis.

ВВЕДЕНИЕ

В качестве одного из путей уменьшения затрат на электроэнергию в настоящее время выделяют выбор расчетной модели электропотребления, минимизирующей стоимость затрат на него, и, соответственно, снижающей себестоимость производимой промышленными предприятиями продукции.

Расчётная модель – это описание электроэнергетической системы, предназначенное для построения математической модели процесса производства, передачи и потребления электрической энергии и мощности, с помощью которой рассчитываются реализуемые в этой электроэнергетической системе объемы производства и потребления электрической энергии и мощности и соответствующие им цены [1].

Под расчетной моделью в данном исследовании понимаются правила определения затрат на электроэнергию, соответствующие определенному набору значений характеристик потребителя, определяющих технико-экономические условия электроснабжения.

Расчет стоимости потреблённой электроэнергии для каждого объекта учета зависит от большого количества расчётных и учётных показателей, которые взаимозависимы некими функциями (1)–(3), параметрами которых являются наборы данных о ценах C и объемах энергопотребления V , которые в свою очередь зависят от соответствующих данному объекту набора значений характеристик P_S , определяющих технико-экономические условия электропотребления.

$$f_V : X_V \rightarrow V, \quad (1)$$

$$f_C : X_C \rightarrow C, \quad (2)$$

$$f_S : X_S \rightarrow S, \quad (3)$$

Среди данного множества P_S можно выделить множество характеристик, определяющих алгоритмы расчета величин электропотребления P_f , а также множество характеристик P_X , определяющих в соответствии с [2] значения аргументов в функциях расчета величин электропотребления (рис. 1).

В множестве P_f можно также выделить множество постоянных признаков $P_{F,const}$ и множество переменных признаков $P_{F,var}$.

Именно оперируя значениями переменных признаков можно определить наилуч-



Рис. 1. Классификация характеристик потребителя, определяющих различные расчетные модели

шую для потребителя расчетную модель электропотребления, соответствующую минимальным затратам посредством проведения соответствующих расчетов стоимости по разным наборам значений признаков, определяющих в совокупности ту или иную расчетную модель.

Таким образом для каждого потребителя электроэнергии можно выделить конечное множество наборов Y_s значений характеристик, определяющих различные расчетные модели электропотребления, из которых лишь один набор Y_o определяет наиболее экономически выгодную для данного потребителя расчетную модель.

Для промышленных потребителей выгодность расчетной модели является величиной непостоянной и зависящей в первую очередь от изменяющегося графика электропотребления предприятия, который в свою очередь зависит от объемов и видов выпускаемой продукции. Для того, чтобы не столкнуться с увеличением стоимости электроэнергии, необходимо каждый месяц проводить анализ условий энергопотребления предприятия и при необходимости вносить корректировки. Таким образом, решение этой задачи требует регулярного подхода.

Решение потребителем задачи выбора наиболее выгодной модели для расчетов с энергосбытовыми организациями требует наличия соответствующих систем поддержки принятия решений с функциями анализа и расчета технико-экономических показателей электропотребления по различным наборам значений характеристик потребителя.

Модель структуры информационной системы должна повторять модель

производственного процесса на предприятии и соответствовать объектной, функциональной, организационной, технической структурам, а также структуре управления, которые относительно легко могут быть отображены в любую систему баз данных [3].

С целью разработки методов и алгоритмов анализа расчетных моделей электропотребления согласно поставленным задачам исследования, требуется

- произвести необходимую для формализации декомпозицию процесса определения расчетных моделей на инвариантные блоки с сохранением целостного представления о нём;
- определить состав базовых функций процесса, как некой технической системы, найти закономерности взаимодействия базовых

вых блоков и функций между собой и внешними источниками и приёмниками информации;

- разработать эффективные модели и алгоритмы, обеспечивающие расчёт технико-экономических показателей электропотребления и анализ расчетных моделей;
- определить единое информационное пространство и организационно-технические средства реализации функций, реализуемых системой.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ВЫБОРА РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ

Процесс определения наиболее экономически выгодных для предприятия расчетных моделей электропотребления можно рассматривать как процесс управления организационно-техническими системами, а, следовательно, он может быть представлен в виде совокупности взаимосвязанных отображений на теоретико-множественном уровне [4]:

$$f_n : \{A \times C \times M \times I_{\text{вх.}}\} \rightarrow I_{\text{вых.}}, \quad (4)$$

$$n = \overline{1, N}, \quad N = 7,$$

где A – блок базовых функций расчета и анализа; C и M – соответственно блоки всевозможных сочетаний базовых условий и механизмов реализации функций; I – блок всевозможных сочетаний базовых информационных потоков, состоящий из множеств входных и выходных информационных потоков.

В процессе выбора расчетных моделей электропотребления на промышленных предприятиях базовые блоки имеют следующее содержание:

1. *Блок базовых функций:* a_1 – формирование базы данных (БД) расчетных моделей электропотребления; a_2 – учет данных о параметрах расчетных моделей; a_3 – учет расхода электроэнергии; a_4 – расчет стоимости электроэнергии; a_5 – учет данных о производстве; a_6 – планирование графика электропотребления; a_7 – выбор расчетной модели электропотребления.

2. *Блок базовых условий реализации функ-*

ций: C_1 – требования отраслевого законодательства; C_2 – условия договора электроснабжения; C_3 – схема и топология электроэнергетической системы промышленного предприятия; C_4 – поддержка в актуальном состоянии базы данных (БД).

3. *Блок базовых механизмов реализации функций:* M_1 – система поддержки принятия решений (СППР) и её база данных; M_2 – АСКУЭ и её база данных; M_3 – приборы учёта; M_4 – ERP-система промышленного предприятия; M_5 – лицо, принимающее решение.

4. *Блок базовых информационных потоков:* I_1 – объекты учета электропотребления (объекты электроснабжения, точки учета, точки поставки, приборы учета); I_2 – характеристики объектов учета; Y_s – множество наборов значений характеристик, определяющих расчетные модели электропотребления; P_o – данные об объектах учета и приборах учета; I_3 – данные с приборов учета; I_4 – данные для расчета цен с сайта Администратора торговой системы (АТС); I_5 – данные с сайта АТС для расчета мощности; I_6 – данные Системного оператора (СО) о плановых часах пиковой нагрузки; I_7 – расшифровки расчета предельных уровней цен с сайтов энергосбытовой организации (ЭСО); I_8 – постановления об установлении бытовых надбавок; I_9 – постановления об установлении тарифов на передачу; I_{10} – данные о технологическом процессе производственного предприятия; $V_{\text{э,факт}}$ – данные о фактических объемах электропотребления; $V_{\text{э,план}}$ – данные о плановых объемах электропотребления; H_{co} – плановые часы расчета мощности; I_4 – составляющие расчета предельных уровней цен на электроэнергию (мощность); $H_{ко}$ – часы пиковой нагрузки в Субъекте РФ; $V_{p,план}$ – плановые объемы выпускаемой продукции; $V_{p,факт}$ – фактические объемы выпускаемой продукции; G – графики работы предприятия; S – значения стоимости электроэнергии и мощности по различным расчетным моделям; S_{min} – минимальные значения стоимости электроэнергии и мощности в расчетном периоде; Y_o – принятое решение по выбору расчетной модели электропотребления.

Задачей системного анализа стало определение всевозможных сочетаний элементов базовых блоков, базовых функций и базовых потоков информации.

Результаты системного анализа процесса выбора наиболее экономически выгодных расчетных моделей электропотребления промышленных предприятий описываются отображениями (5) и моделью в нотации IDEF0 (рис. 2):

$$\begin{aligned}
 f_1 &: \{a_1, (I_1, I_2), (C_1, C_2), (M_1)\} \rightarrow (P_o, Y_S) \\
 f_2 &: \{a_2, (I_4, I_5, I_6, I_7, I_8, I_9), (Y_S), (M_1)\} \rightarrow \\
 &\quad \rightarrow (H_{CO}, H_{KO}, X_C) \\
 f_3 &: \{a_3, (I_3), (C_4, C_5), (M_2, M_3, M_4)\} \rightarrow (V_{ээ, факт}) \\
 f_4 &: \{a_4, (I_6, I_{12}), (C_1, Y_S), (M_1, M_5)\} \rightarrow (S, S_{\min}) \quad (5) \\
 f_5 &: \{a_5, (I_6, I_{10}, I_{11}, I_{13}), (C_5, C_7), (M_4)\} \rightarrow \\
 &\quad \rightarrow (G, V_{р, факт}, V_{р, план}) \\
 f_6 &: \{a_6, (G, V_{р, факт}, V_{р, план}, H_{CO}), (C_4, Y_o), \\
 &\quad (M_1, M_5)\} \rightarrow (V_{ээ, план}) \\
 f_7 &: \{a_7, (S, V_{ээ, факт}, V_{ээ, план}), (C_4), \\
 &\quad (M_1, M_5)\} \rightarrow (Y_o)
 \end{aligned}$$

Рассмотрим особенности выделенных компонентов (функциональных блоков) процесса выбора расчетных моделей электропотребления.

Функциональный блок a_1 . Формирование базы данных расчетных моделей осуществляется на основании входных данных из приложений действующего договора электроснабжения, постановления о функционировании розничных рынков, определяющего возможные для потребителя наборы изменяющихся характеристик, определяющих различные технико-экономические условия электропотребления и соответствующие им расчетные модели. Выходными данными являются сформированные значения параметров (характеристик объектов учета потребителя) в совокупности, определяющие правила расчета стоимости для данного объекта электропотребления, а также значения аргументов в функциях расчета величин электропотребления.

Функциональный блок a_2 . Учет данных о параметрах расчетных моделей предполагает учет всевозможных составляющих для расчета объемов, цен и стоимости потребляемой электроэнергии.

Входными данными является информация из различных источников (сайта АТС, сайта ЭСО, сайта СО), выходными данными являются записи в базе данных о соответствующих значениях параметров, достаточными для получения их в алгоритмах расчета величин электропотребления.

Функциональный блок a_3 . Учет расхода электроэнергии предполагает получение информации с приборов учета посредством импорта выгружаемых из АИИСКУ данных, ручного ввода, а также с помощью запросов к АИИСКУЭ или к приборам учета через различные протоколы обмена данными. Выходными данными являются таблицы значений, информация в которых достаточна для использования их в алгоритмах расчета стоимости.

Функциональный блок a_4 . Расчет стоимости осуществляется в соответствии со сформированными расчетными моделями электропотребления. На входе: параметры расчетных моделей (данные о составляющих расчета цен, объемов электроэнергии и мощности, стоимости электроэнергии и мощности: показания приборов учета, плановые объемы электропотребления, профили нагрузок, плановые часы пиковой нагрузки, часы пиковой нагрузки в регионе, средневзвешенные нерегулируемые цены на электроэнергию (мощность), цены небаланса на РСВ и БР, тарифы на передачу, сбытовые надбавки, плата на услуги инфраструктур, распределение тарифных зон суток по часам. На выходе: стоимость электроэнергии и мощности, соответствующая набору технико-экономических условий электропотребления.

Функциональный блок a_5 . Учет данных о производстве осуществляется при помощи ручного, автоматического ввода данных о графиках работы промышленного предприятия, объемах и видах выпускаемой продукции, нормах расхода на электроэнергию, по-

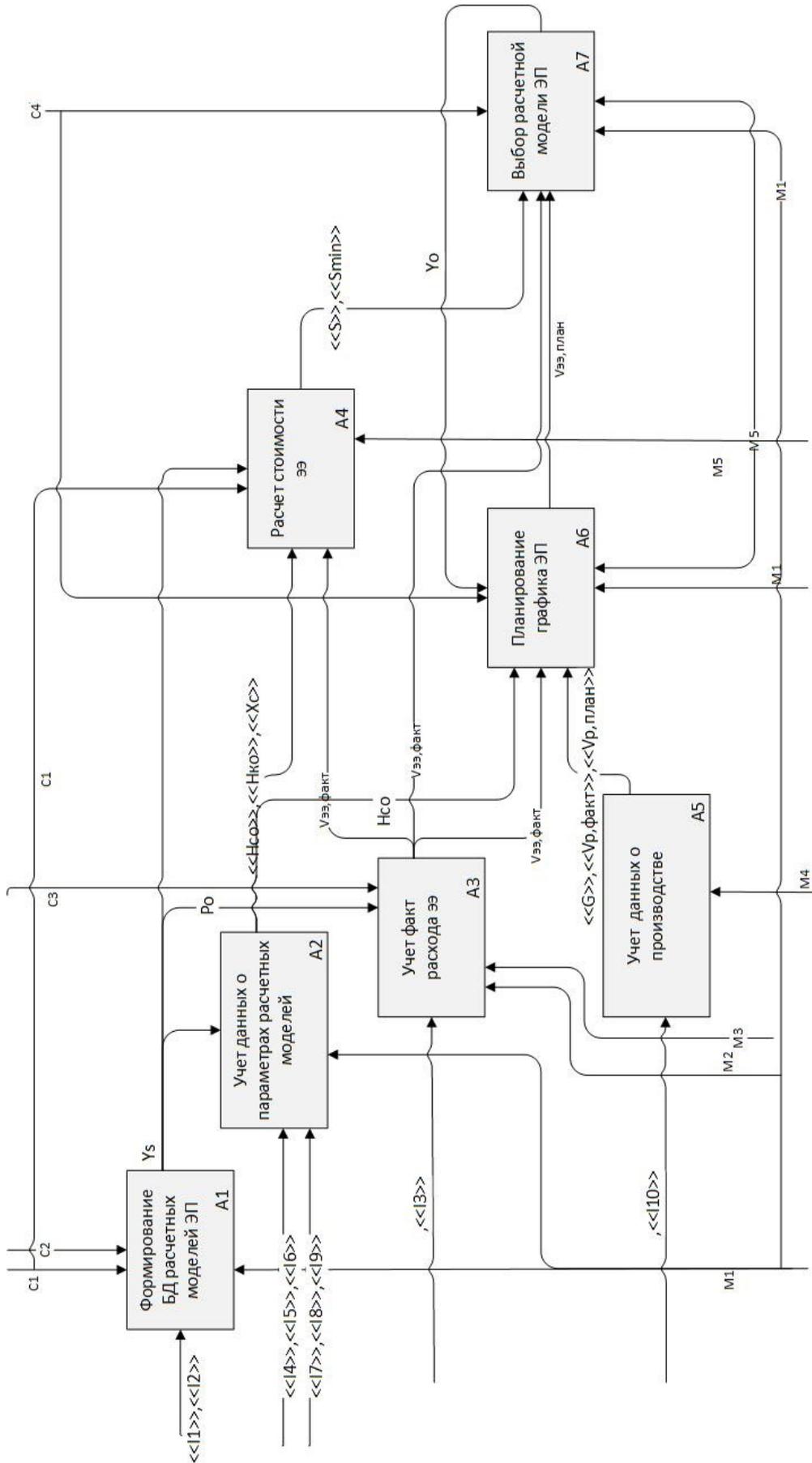


Рис. 2. Визуальное представление результатов системного анализа процесса выбора расчетных моделей электропотребления в нотации IDEF0

следовательности выполняемых операций. На выходе: структурированные данные о технологических процессах производственного предприятия, достаточные для использования их в алгоритмах планирования графика электропотребления и выбора расчетной модели потребителя электроэнергии.

Функциональный блок a_6 . Планирование графика электропотребления осуществляется с учетом норм расхода электропотребления, плановых и фактических объемов и видов выпускаемой продукции, плановых часов пиковой нагрузки, фактических объемах электропотребления. На выходе – плановые объемы электропотребления.

Функциональный блок a_7 . Выбор расчетной модели электропотребления осуществляется с учетом данных о стоимости электроэнергии и мощности, соответствующей различным наборам характеристик объектов учета потребителя, соответствующих различным технико-экономическим условиям электроснабжения, плановых и фактических графиках электропотребления. На выходе – набор характеристик, определяющих технико-экономические условия электропотребления, соответствующие наиболее экономически выгодной расчетной модели потребителя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате проведенного исследования был определен состав базовых функций процесса выбора расчетной модели электропотребления, описаны закономерности взаимодействия базовых блоков и функций между собой и внешними источниками и приёмниками информации. Выделение этапов производственного процесса выбора расчет-

ных моделей электропотребления позволило в дальнейшем разработать систему поддержки принятия решений для промышленных потребителей электроэнергии, используемую для определения наиболее экономически выгодных технико-экономических условий электроснабжения предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства РФ № 1172 от 27.12.2010 г. (ред. от 29.02.2016), Об утверждении Правил оптового рынка электрической энергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам организации функционирования оптового рынка электрической энергии и мощности // Собрание законодательства РФ, 04.04.2011, № 14. – С. 1916.
2. Постановление Правительства РФ № 442 от 4 мая 2012 г., Основные положения функционирования розничных рынков электрической энергии // Собрание законодательства РФ, 04.06.2012 № 23. – С. 3008.
3. Грекул В. И. Проектирование информационных систем, учебное пособие для студентов ВУЗов, обучающихся по специальности в области информ. технологий. / В. И. Грекул, Г. Н. Денищенко. – М. : Интернет-Ун-т Информ. технологий. 2005. – 304 с.
4. Иващенко В. А. Концепция синтеза структуры системы автоматизированного управления электропотреблением промышленных предприятий / В. А. Иващенко, М. В. Колоколов, Д. А. Васильев // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2012. – № 10. – С. 43–46.

Сердюкова Н. В. – аспирант кафедры Прикладные информационные технологии, Институт прикладных информационных технологий, Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.
E-mail: nadejda.serd@yandex.ru

Шульга Т. Э. – д-р физ.-мат. наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой Информационно-коммуникационные системы и программная инженерия, Институт прикладных информационных технологий, Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А. E-mail: shulga@sstu.ru

Serdyukova N.V. – Aspirant, of the Department of Applied information technology Institute for applied information technology, Yuri Gagarin state technical university of Saratov.
E-mail: nadejda.serd@yandex.ru

Shulga T. E. – Doctor of physico-mathematical Sciences, Professor, Deputy head of Department Information and communications systems and software engineering, Institute of applied information technologies, Yuri Gagarin state technical university of Saratov.
E-mail: shulga@sstu.ru