

5. Carriere, L. A. Economics of switching fluorescent lamps [Text] / L. A. Carriere, M. S. Rea // IEEE Transactions on Industry Applications. — 1988. — Vol. 24, № 3. — P. 370–379. doi:10.1109/28.2884
6. Tetri, E. Daylight linked dimming: effect on fluorescent lamp performance [Text] / E. Tetri // Lighting Research and Technology. — 2002. — Vol. 34, № 1. — P. 3–10. doi:10.1191/1365782802li020oa
7. Bodart, M. Performances of Compact Fluorescent Lamps with Integrated Ballasts and Comparison with Incandescent Lamps [Text] / M. Bodart, B. Roisin, P. D'Herdt, A. Kerpens, P. Hanselaer, W. R. Ryckaert, D. G. Arnaud // Light & Engineering. — № 2. — 2010. — P. 83–99.
8. Кожушко, Г. М. Дослідження споживних властивостей компактних люмінесцентних ламп процесі їх строку служби [Текст]: Матеріали 1-ої Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 26–27 лютого 2014 р.). / Г. М. Кожушко, Ю. О. Басова, В. І. Давиденко, С. Г. Кислиця // Сучасне матеріалознавство та товарознавство: теорія, практика, освіта. — Полтава: ПУЕТ, 2014. — С. 134–139.
9. Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for non-directional household lamps [Electronic resource]: COMMISSION REGULATION (EC) No 244/2009 of 18 March 2009. — Available at: \www/URL: http://gisee.ru/upload/244-2009.pdf — 10.10.2014 г.
10. Уэймаус, Д. Газоразрядные лампы [Текст]: пер. с англ. / Д. Уэймаус; под ред. Г. Н. Рохлин, М. И. Фугенфиров. — М.: Энергия, 1977. — 344 с.
11. Рохлин, Н. Г. Розрядные источники света [Текст] / Н. Г. Рохлин. — М.: Энергоиздат, 1991. — 720 с.
12. Варфоломеев, Л. П. Электронные пускорегулирующие аппараты для люминесцентных ламп. Новости светотехники [Текст] / Л. П. Варфоломеев; под ред. Ю. Б. Айзенберга. — М.: Дом Света, 1999. — Вып. 1(13). — 12 с.
13. Варфоломеев, Л. П. Электронные пускорегулирующие аппараты и системы управления освещением. Новости светотехники [Текст] / Л. П. Варфоломеев; под ред. Ю. Б. Айзенберга. — М.: Дом Света, 2002. — Вып. 1(36). — 13 с.
14. Self-ballasted lamps for general lighting services — Performance requirements [Electronic resource]: CEI IEC 60969:2001. — Available at: \www/URL: http://webstore.iec.ch/preview/info_iec60969%7Bed1.2%7Db.pdf. — 10.10.2014 г.
15. Басова, Ю. О. Показники якості компактних люмінесцентних ламп [Текст]: тези Всеукр. наук.-практ. конф., 24–25 листопада 2009 р., м. Луцьк / Ю. О. Басова // Проблеми якості вітчизняних товарів. — Луцьк: ЛНТУ, 2009. — С. 26–29.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕСУРСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПАКТНЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП ПРИ ФОРСИРОВАННЫХ РЕЖИМАХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В статье представлены результаты ресурсных испытаний компактных люминесцентных ламп в режиме частых включений. На основе среднего количества включений до отказов предложена методика прогнозирования средней продолжительности горения этих ламп. С использованием методики проведена оценка ресурсных параметров компактных люминесцентных ламп разных торговых марок, представленных на рынке Украины.

Ключевые слова: лампа компактная люминесцентная, продолжительность горения, ресурсные испытания.

Кожушко Григорій Методійович, доктор технічних наук, професор, кафедра товарознавства непродовольчих товарів, Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», Україна, e-mail: kgm46@rambler.ru.
Басова Юлія Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра товарознавства непродовольчих товарів, Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», Україна, e-mail: basovay@mail.ru.
Кислиця Світлана Григорівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра автоматики та електроприводу, Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка, Україна, e-mail: kislicacv@ukr.net.

Кожушко Григорій Методієвич, доктор технічних наук, професор, кафедра товароведения непродовольственных товаров, Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», Украина.
Басова Юлия Александровна, кандидат технических наук, доцент, кафедра товароведения непродовольственных товаров, Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», Украина.
Кислиця Светлана Григорьевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра автоматики и электропривода, Полтавский национальный технический университет им. Ю. Кондратюка, Украина.

Kozhushko Gregory, Poltava University of Economics and Trade, Ukraine, e-mail: kgm46@rambler.ru.
Basova Julia, Poltava University of Economics and Trade, Ukraine, e-mail: basovay@mail.ru.
Kyslytsia Svetlana, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Ukraine, e-mail: kislicacv@ukr.net

УДК 001.51: 620.91:658.26

DOI: 10.15587/2312-8372.2014.30017

Доценко С. И.

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ДИАЛОГОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ

В статье предложен метод диалогового управления деятельностью по обеспечению рационального использования энергоресурсов. Метод основан на методологии стандартов ISO 9001 и ISO 14001. Показано, что в случае формирования системы энергоменеджмента в форме автоматизированной системы управления, ее следует классифицировать как диалоговую систему управления, или же, как систему поддержки принятия решений управляемую моделью.

Ключевые слова: модель, энергоресурс, деятельность, энергоменеджмент, система.

1. Введение

Рациональному использованию энергетических ресурсов предприятиями промышленности, жилищно-ком-

мунального сектора и сельского хозяйства Украины уделяется первостепенное значение. Методологической основой решения данной задачи на предприятиях должна стать система энергетического менеджмента (СЭМ).

Принципы ее формирования определены международным стандартом ISO 50001:2011 «Системы энергетического менеджмента» [1]. В Европейском Союзе принят стандарт EN 16001:2009 [2], основой для которого послужил аналогичный британский стандарт. Кроме этого в Европейском союзе действует программа экологического менеджмента и аудита EMAS III [3], а также стандарты серии ISO 14000, которые также могут быть основой для формирования системы энергетического менеджмента.

Деятельность в данных стандартах основана на восьми принципах, которые положены в основу их формирования. Следует отметить, что существует ряд аналогичных принципов формирования деятельности систем управления качеством, предложенных другими авторами [4].

Основными принципами являются принцип процессного подхода и основанный на нем принцип системного подхода. Важным также является принцип постоянного улучшения.

Принцип процессного подхода теоретически обоснован в форме временного процесса. В тоже время, процесс следует рассматривать также и с организационной точки зрения, как это показано в [5].

Поэтому актуальной становится задача разработки метода формирования системы энергетического менеджмента с учетом ее физической и организационной сущностей.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Методологической основой стандарта ISO 50001:2011 являются принципы деятельности, заложенные в стандартах ISO 9001 и ISO 14001.

Примеры внедрения международных стандартов ISO 50001:2011 и EN 16001:2009 в практику энергетического менеджмента рассмотрены в работах [6–8]. В данных работах не рассматриваются методы формирования СЭМ в форме автоматизированной системы управления показателями энергетической эффективности.

В тоже время на основе методологии стандартов ISO 9001 и ISO 14001 в Украине разработаны стандарты ДСТУ 4472:2005 [9] и ДСТУ 4715:2007 [10]. При этом в ДСТУ 4715:2007 к системе энергетического менеджмента предъявлено требование разработки ее как автоматизированной системы управления по требованиям стандарта ГОСТ 24.104-85 [11]. Однако практическое применение требований данного стандарта к формированию системы энергетического менеджмента на предприятии вызывает затруднения в связи с несогласованностью ряда его положений с методологией стандартов ISO 9001 и ISO 14001.

Автоматизированная система по определению предполагает включение в ее состав людей, на которых возлагаются задачи, в том числе, и принятия решения в режиме диалога. Такие автоматизированные системы принято классифицировать как системы диалогового управления. Их также классифицируют как системы поддержки принятия решений (Decision Support System (DSS)). Следовательно, возникает проблема определения класса системы поддержки принятия решений.

3. Цель и задачи исследования

Целью исследования является совершенствование модели системы диалогового управления энергетичес-

кой эффективностью (системы энергетического менеджмента).

Для достижения поставленной цели необходимо:

1. Определить *класс* системы диалогового управления энергоэффективностью.
2. Обосновать *архитектуру* системы диалогового управления энергоэффективностью.
3. Определить форму *управляющей модели* для системы диалогового управления энергоэффективностью.

4. Результаты обоснования методов диалогового управления энергоэффективностью

Примером реализации подхода к формированию СЭМ, изложенного в [9, 10] является модель СЭМ, предложенная в работе [12] (рис. 1).

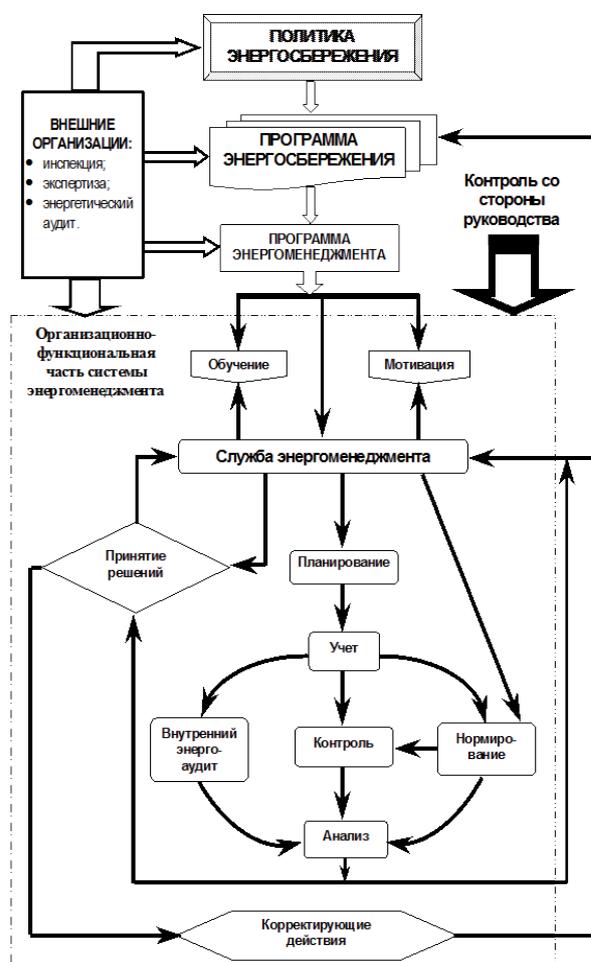


Рис. 1. Модель системы энергетического менеджмента согласно [11]

Следует отметить, что данная модель впервые опубликована в 2004 г., т. е. за семь лет до принятия стандарта ISO 50001:2011.

В этой модели организационно-функциональная часть системы основана на классическом цикле менеджмента (Деминга-Шухарта) и предполагает последовательную реализацию следующих функций (рис. 1):

- планирование;
- учет;
- внутренний аудит;

- контроль;
- нормирование;
- анализ;
- принятие решения;
- корректирующие действия.

Согласно данной модели *деятельность* по формированию *политики* энергосбережения, *программы* энергосбережения и *программы* энергоменеджмента *исключена* из состава процессов реализуемых в организационно-функциональной части СЭМ. Следовательно, задачи реализации цикла менеджмента в автоматизированном режиме по ГОСТ 24.104-85 возлагаются на организационно-функциональную часть СЭМ.

В тоже время, *деятельность* по формированию *политики* энергосбережения, *программы* энергосбережения и *программы* энергоменеджмента *предопределяет* метод формирования организационно-функциональной части СЭМ. Следовательно, эти формы деятельности также должны быть включены в состав форм деятельности, реализуемых в режиме диалога в СЭМ. Отсюда следует возможность интеграции СЭМ в состав автоматизированной системы управления предприятием (АСУ П) и выделения двух уровней ее организации, а именно:

- на уровне автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП);
- на уровне автоматизированной системы управления аспектами энергетической деятельности (АСУ Э).

Возникает вопрос, к какому классу диалоговых систем управления следует отнести рассматриваемую СЭМ? В зарубежной литературе диалоговые системы управления определяются как системы поддержки принятия решения (Decision Support System (DSS)). В работе [13] рассмотрены следующие типы систем поддержки принятия решения:

- Model-driven DSS (управляемые моделью);
- Data-driven DSS (управляемые данными);
- Communications-driven DSS (управляемые коммуникациями);
- Document-driven DSS (управляемые документами);
- Knowledge-driven DSS (управляемые знаниями).

В работе [14] указано, что диалоговое управление производством подразумевает: «...взаимообусловленную, функционально и информационно взаимосвязанную иерархическую систему диалоговых задач, предназначенных для формирования такого поведения объекта управления (предприятия), при котором достигаются в пределах имеющихся ресурсов желаемые цели».

Синтез таких систем предлагается выполнять с помощью архитектурного подхода к разработке автоматизированных систем диалогового управления производством (АСУП) [14, с. 12]: «архитектурная разработка базируется на глубоком неформальном анализе и изучении свойств и закономерностей, присущих предприятию как объекту управления».

Архитектурный подход в отличие от структурно-функционального подхода позволяет структурировать деятельность по форме управляющих параметров (стратам управляющих параметров) [14, с. 13]. При этом также удается сформировать единую для всех страт управляющих параметров функциональную структуру управляющей системы [14, с. 54, рис. 1.6].

Выполненные автором данной статьи исследования в работе [15] показали, что данная функциональная структура решающей системы соответствует архитек-

туре функциональной системы предложенной академиком П. К. Анохиным для субъектов живой природы организменного уровня организации [16].

Методологически все рассмотренные подходы к организации деятельности систем управления в конечном итоге предполагают решение задачи обеспечения соответствия (задачи удовлетворения по М. И. Месаровичу [17]).

В работе [18], предложено представлять деятельность по рациональному использованию энергоресурсов в форме балансного отношения:

$$T \Leftrightarrow X, \quad (1)$$

где T — матрица, каждый член которой соответствует требованию к показателю эффективности использования соответствующего энергетического ресурса для определенного энерготехнологического процесса; X — матрица, каждый член которой соответствует реальному показателю эффективности использования энергетического ресурса для определенного энерготехнологического процесса; \Leftrightarrow — знаки «больше», «меньше» и «равно».

Согласно (1) перед СЭМ ставится задача *обеспечения соответствия* текущих показателей энергоэффективности (X) требованиям к этим показателям (T) для соответствующего периода времени. Причем, эта модель, в отличие от моделей со структурно-функциональным подходом, может быть применена для моделирования деятельности по организации, как процессов энергетической деятельности, так и организационной деятельности самой СЭМ.

В данной модели деятельности в явной форме введена модель проекта будущего результата в форме матрицы T . Следовательно, вводится принцип управления на основе *модели*. Этому подходу соответствуют системы поддержки принятия решения управляемые моделью (Model-driven DSS).

На рис. 2 приведена детализированная модель предлагаемой СЭМ, первоначально предложенная в [19].

В предложенной модели выделены три блока деятельности СЭМ, а именно:

- блок формирования требований к показателям энергетической эффективности, эффективности корректирующих действий, эффективности деятельности СЭМ, формирование которых реализуется на основе факторной модели деятельности (T и ТП), рассмотренной нами в [20]. В данном блоке также выделены два типа энерготехнологических процессов, а именно:

- текущий процесс;
- перспективный процесс;
- блок мониторинга показателей энергетической эффективности, для реализованных энерготехнологических процессов (X), эффективности корректирующих действий D_1 и D_2 , и показателей эффективности деятельности СЭМ;
- блок анализа и коррекции, обеспечивающий формирование корректирующих действий по обеспечению эффективности текущего процесса или деятельности (D_1) и перспективного процесса или деятельности (D_2).

Факторная модель позволяет представить деятельность по обеспечению рационального использования энергоресурсов в форме проекта будущего результата, который описан в координатах:

- процессных факторов технологической и организационной деятельности;

лиц возможна дальнейшая деятельность по повышению эффективности энерготехнологических процессов.

5. Обсуждение результатов обоснования метода диалогового управления энергоэффективностью

Таким образом, обоснован метод диалогового управления энергоэффективностью в форме многоуровневой взаимообусловленной, функционально и информационно взаимосвязанной иерархической системы диалоговых задач, решение которых обеспечивает заданный уровень эффективности использования энергоресурсов.

В данной модели также предусмотрены два механизма обеспечения соответствия показателей эффективности: — для текущих энерготехнологических процессов, корректирующих действия и деятельность СЭМ ($T = X$); — для перспективных, реформируемых энерготехнологических процессов, корректирующих действия и деятельность ($ВП = ХП$).

Данная модель позволяет реализовать все этапы жизненного цикла СЭМ, начиная от этапа ее формирования и заканчивая ее реформированием.

Фундаментальной особенностью данной модели является ее независимость от средств ее реализации. Она может быть реализована, например, в форме наставления по СЭМ, как это предписано в стандартах ISO 9000. Она может быть также реализована в форме автоматизированного рабочего места специалиста по СЭМ, как это предусмотрено стандартом ДСТУ 4715:2007.

6. Выводы

1. Существующий метод формирования СЭМ на основе стандарта ISO 50001:2011 не позволяет сформировать ее как автоматизированную систему управления, действующую в реальном масштабе времени. Поэтому возникла необходимость определить тип системы диалогового управления энергоэффективностью. Обоснована возможность формировать ее как систему поддержки принятия решения управляемую моделью (Model-driven DSS).

2. Для данного класса систем показана универсальность их архитектуры для всех уровней страт управляющих параметров, а также их соответствие архитектуре функциональной системы по П. К. Анохину.

3. Предложенная *управляющая факторная модель* для системы диалогового управления энергоэффективностью обеспечивает с одной стороны интеграцию всех аспектов энергетической деятельности, а с другой стороны интеграцию всех аспектов организационной деятельности с определением для каждого из них необходимых технологических и организационных ресурсов.

Литература

- ISO/FDIS 50001:2011(E) Energy management systems – Requirements with guidance for use [Electronic resource]. – Available at: \www/URL: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=51297. – 11.11.2014.
- EN 16001:2009 Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung CEN/CENELEC [Electronic resource]. – Available at: \www/URL: <https://shop.austrian-standards.at/Preview.action?sessionId=18999037B28CD60212CC3AAE51702215?preview=&dokkey=340032&selectedLocale=en>. – 18.11.2014.
- Regulation (EC) No 1221/2009 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2009 on the voluntary participation by organisations in a Community eco-management and audit scheme (EMAS), repealing Regulation (EC) No 761/2001 and Commission Decisions 2001/681/EC and 2006/193/EC [Electronic resource]. – Available at: \www/URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L:2009:342:TOC>. – 18.11.2014.
- Момот, О. І. Економічний механізм управління якістю виробничої діяльності підприємств [Текст]: дис. ... докт. екон. наук: 08.00.04 / О. І. Момот. – Донецьк, 2008. – 424 с.
- Доценко, С. І. Процес и деятельность «единицы деятельности» – две формы проявления сущности организованного целого [Текст] / С. І. Доценко // Технологический аудит и резервы производства. – 2014. – № 5/1(19). – С. 9–12. doi:10.15587/2312-8372.2014.28079
- Chiu, T.-Y. Establishing an Integration-Energy-Practice Model for Improving Energy Performance Indicators in ISO 50001 Energy Management Systems [Text] / T.-Y. Chiu, S.-L. Lo, Y.-Y. Tsai // Energies. – 2012. – Vol. 5, № 12. – P. 5324–5339. doi:10.3390/en5125324
- Raissa, B. Energy Efficiency Policy and Energy Management at Enterprises [Text] / B. Raissa, S. Perizat // International Journal of Trade, Economics and Finance. – 2013. – Vol. 4(1). – P. 7–10. doi:10.7763/ijtef.2013.v4.251
- Jelic, D. Review of existing energy management standards and possibilities for its introduction in Serbia [Text] / D. Jelic, D. Gordic, M. Babic, D. Koncalovic, V. Sustersic // Thermal Science. – 2010. – Vol. 14, № 3. – P. 613–623. doi:10.2298/tsci091106003j
- ДСТУ 4472-2005. Энергобережения. Системы энергетического менеджменту. Загальні вимоги [Текст]. – Чинний від 2006-07-01. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 21 с. – (Національний стандарт України).
- ДСТУ 4715-2007. Энергобережения. Системы энергетического менеджменту промислових підприємств. Склад і зміст робіт на стадіях розроблення та запровадження [Текст]. – Чинний від 2007-07-01. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 10 с. – (Національний стандарт України).
- ГОСТ 24.104-85. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования [Текст]. – Действующий с 01.01.87. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 17 с. – (Межгосударственный стандарт).
- Розен, В. П. Внедрение системы энергетического менеджмента на промышленных предприятиях Украины [Текст] / В. П. Розен, А. И. Соловей, Е. Н. Иншеков, А. В. Чернявский // Вісник ХНТУСГ. Проблеми енергозабезпечення та енергобереження в АПК України. – 2004. – Вип. 27, Т. 1. – С. 189–199.
- Power, D. J. A Brief History of Decision Support Systems [Electronic resource] / D. J. Power; Editor, DSSResources.COM. – Version 4.0. – March 10, 2007. – Available at: \www/URL: <http://www.groupdecisionroom.nl/artikelen/decision-support-system.pdf>
- Мельцер, М. И. Диалоговое управление производством (модели и алгоритмы) [Текст] / М. И. Мельцер. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 240 с.
- Доценко, С. І. Архітектура функціональної системи як основа для формування моделі діяльності системи енергетичного менеджменту [Текст] / С. І. Доценко, В. А. Краснобаев // Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК. – 2014. – № 1. – С. 31–33.
- Анохин, П. К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем [Текст] / П. К. Анохин // Очерки по физиологии функциональных систем. – М.: Медицина, 1975. – 448 с.
- Месарович, М. Общая теория систем математические основы [Текст] / М. Месарович, Я. Такахара; пер. с англ. Э. Л. Наппельбаума; под ред. С. В. Емельянова. – М.: Мир, 1978. – 311 с.
- Доценко, С. І. Методологія організації процесів енергетичної діяльності підприємств АПК [Текст] / С. І. Доценко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2010. – Вип. 102. – С. 52–54.

19. Доценко С. І. Удосконалення моделі системи енергетичного менеджменту [Текст] / С. І. Доценко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. — 2012. — Вип. 130. — С. 16–18.
20. Доценко, С. І. Формування факторної моделі діяльності по забезпеченню раціонального використання енергоресурсів [Текст] / С. І. Доценко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. — 2014. — Вип. 154. — С. 15–16.
21. Доценко, С. І. Порівняльний аналіз ефективності методологій формування системи енергетичного менеджменту [Текст] / С. І. Доценко // Енергозбереження енергетика енергоаудит. — 2013. — № 9(115). — С. 3–9.
22. Liu, M. Continuous Commissioning Leading Energy Project Process — An Industry Approach [Text] / Mingsheng Liu, Jinrong Wang, Ken Hansen, Ann Selzer // Proceedings of the Fifth International Conference for Enhanced Building Operations, Pittsburgh, Pennsylvania, October 11–13, 2005. — P. 1–14.

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДА ДІАЛОГОВОГО УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЮ ЕФЕКТИВНІСТЮ

У статті запропоновано метод діалогового управління діяльності щодо забезпечення раціонального використання енерго-

ресурсів. Метод засновано на методології стандартів ISO 9001 та ISO 14001. Показано, що у разі формування системи енергоменеджменту у формі автоматизованої системи управління, її слід класифікувати як діалогову систему управління, або ж, як систему підтримки прийняття рішень керовану моделлю.

Ключові слова: модель, енергоресурс, діяльність, енергоменеджмент, система.

Доценко Сергій Ільич, кандидат технічних наук, доцент, кафедра електропостачання та енергетичного менеджменту, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, Україна, e-mail: sirius_2k2@mail.ru.

Доценко Сергій Ільич, кандидат технічних наук, доцент, кафедра електропостачання та енергетичного менеджменту, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, Україна.

Dotsenko Sergiy, Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, Ukraine, e-mail: sirius_2k2@mail.ru

УДК 629.423.1

DOI: 10.15587/2312-8372.2014.33726

Саблін О. И.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКУПЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА ПРИ ОГРАНИЧЕННОМ ТЯГОВОМ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИИ

В работе выполнен анализ возможности регулирования напряжения на шинах тяговых подстанций для расширения зоны рекуперации электротранспорта в условиях ограниченного тягового электропотребления. С учетом существующих ограничений это позволит снизить количество срывов рекуперативного торможения и расход электроэнергии на тягу поездов.

Ключевые слова: электротранспорт, тяговое электропотребление, электрическое торможение, рекуперация, электроэнергия, избыточная, регулирование напряжения.

1. Введение

Электрический транспорт является единственным видом транспорта, обладающим способностью частичного возобновления затраченной на тягу энергии путем ее рекуперации. При рациональных режимах движения транспортных средств рекуперация в разных системах электротранспорта позволяет на 30...50 % уменьшить энергоемкость перевозочного процесса, однако вследствие особенностей тягового электропотребления показатель рекуперации энергии в электросетях существующих систем электротранспорта сегодня не превышает 5...10 % [1]. В этой связи развитие методов и принципов, повышающих эффективность использования энергии рекуперации в системе неавтономного электротранспорта является актуальным направлением научных исследований.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Максимальное количество электроэнергии, которое может быть сгенерировано транспортным средством (электропоездом) при рекуперативном торможении для остановки, снижения или стабилизации скорости движения определяется уменьшением его кинетической и потенциальной энергий и равно [2]:

$$\max W_{\text{рек}} = (0,01073(1+\gamma)Q(v_{\text{н}}^2 - v_{\text{к}}^2) - 2,725Q(\omega_0 \pm i_{\text{эКВ}})S)\eta_{\text{рек}}, \quad (1)$$

где Q — масса поезда; $(1+\gamma)$ — коэффициент инерции вращающихся масс поезда; $v_{\text{н}}$, $v_{\text{к}}$ — скорость соответственно в начале и конце торможения; ω_0 — основное удельное сопротивление движению поезда при средней