Поспелов А.С.
Pospelov A.S.

*бакалавр, студент кафедры
«Автомобильного транспорта,
строительных и дорожных машин»
(АТСиДМ), строительный институт,
Тюменский индустриальный университет,
г. Тюмень,
Российская Федерация*

Дмитриев А.А.
Dmitriyev A.A.

*кандидат технических наук,
доцент кафедры «Автомобильного
транспорта, строительных и дорожных
машин» (АТСиДМ), строительный
институт, Тюменский индустриальный
университет,
г. Тюмень,
Российская Федерация*

УДК 681.58

DOI:

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЗАГОРОДНОГО ДОМА ИЛИ КОТТЕДЖА

В статье рассмотрен вопрос снижения финансовых затрат на оплату электроэнергии в типовом частном загородном доме. В публикации приводится анализ затрат электроэнергии по каждой системе жизнеобеспечения частного дома, таких как электроотопление, электроподогрев воды, освещение жилых помещений, кроме того, рассмотрен вопрос утечки электроэнергии при эксплуатации бытовых приборов. В каждой системе жизнеобеспечения выявлены случаи нерационального использования электроэнергии.

В статье приводится краткое описание методов по решению данной проблемы.

Для оптимизации затрат на потребление электроэнергии предлагается концепция модели системы автоматизированного электроснабжения. Для эффективного электроснабжения система реализует в себе методы экономии электроэнергии, которые исследуются в работе. Приводится концептуальное описание её архитектуры, маркетинговая часть проекта и обоснование срока окупаемости проекта.

В конце статьи приводятся выводы о результатах работы с указанием базы, в качестве которой может послужить данная работа, для других исследований схожего класса проблем.

Ключевые слова: электроснабжение, электроэнергия, частный дом, умный дом, автоматизированная система управления, открытая архитектура систем.

IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE POWER SUPPLY SYSTEM OF A COUNTRY HOUSE OR COTTAGE

The article deals with the issue of reducing the financial cost of electricity in a typical private country house. The publication provides an analysis of the cost of electricity for each life support system of a private house, such as electric heating, electric water heating, lighting of residential

premises, in addition, the issue of electricity leakage in the operation of household appliances. In each system of life support cases of irrational use of the electric power are revealed.

The article provides a brief description of the methods to solve this problem.

To optimize the cost of electricity consumption, the concept of a model of an automated power supply system is proposed. For efficient power supply, the system implements methods of energy saving, which are studied in the work. The conceptual description of its architecture, marketing part of the project and justification of the payback period of the project are given.

At the end of the article the conclusions about the results of the work with the indication of the base, as which this work can serve, for other studies of a similar class of problems are given.

Key words: power supply, electricity, private house, smart house, automated control system, open architecture of systems.

Развитие коттеджной и поселковой застройки в последние годы приобретает все более массовый характер. Законодательная возможность получения прописки в частном доме, построенном в границах любого населенного пункта, льготные тарифы на коммунальные услуги привлекают в этот сегмент все большее количество желающих. Однако не всегда данные районы обеспечены всей необходимой инженерной инфраструктурой: централизованным газо- и теплоснабжением. В случае отсутствия таких ресурсов им на замену приходит электроэнергия. Именно такие дома, не имеющие стационарной газификации, а только лишь электроснабжение, и являются предметом проводимого в данной статье исследования.

Для массовой и централизованной застройки применяются различные расчетные нормативы, определяющие расчетную мощность, потребляемую одним частным домом. В случае, когда речь идет об индивидуальном частном доме, установленная электрическая мощность для него выше, по сути ограничена формально рамками льготного технологического присоединения – 15 кВт [1]. При этом собственник частного дома устанавливает то количество энергопринимающих устройств, которое считает комфортным для своего проживания. В таких домах часто электроэнергия расходуется на электроподогрев воды и электроотопление, на освещение дворовой территории, подсобных построек, автоматический полив газона и т.д. Как результат, потребитель частного дома повышает количество потребляемой электроэнергии, что при ежегодном росте тарифов приводит к увеличению стоимости содержания и эксплуатации такого дома.

Для снижения расходов на оплату потребляемой электроэнергии уже существуют некоторые решения: от использования энергосберегающих бытовых и осветительных приборов до комплексных систем домашней автоматизации (системы «Умный дом») [2]. Использование энергосберегающих приборов отчасти помогает решить проблему, а вот внедрение и эксплуатация комплексных систем «Умный дом», как правило, является весьма дорогостоящим, т.к. предлагается в виде комплексного инженерного решения «под ключ».

Для решения данной проблемы предлагается автоматизированная система электроснабжения, которая сочетает в себе принципы архитектуры «Умный дом», при этом являясь бюджетным решением поставленной проблемы, доступной среднестатистическому потребителю [3].

Низкая стоимость системы обеспечивается за счет открытой архитектуры и использования простых, но функциональных и качественных компонентов.

В качестве основной цели исследования выступает разработка прототипа системы автоматизированного электроснабжения частного дома для снижения расходов на электроэнергию. В ходе данного исследования решается ряд задач, таких как: разработка методов экономии электроэнергии, разработка проекта программно-аппаратной архитектуры прототипа системы, тестирование разработанного прототипа и обоснование его экономической эффективности.

Для проведения исследования был принят типовой частный загородный одноэтажный дом коттеджного типа общей площадью

помещений: 177,4 м² (в том числе погреб: 14,6 м²; терраса 18,2 м²). Высота потолка: 2,7 м, число жилых помещений – 10, система отопления помещений – электрическая, источники освещения – светодиодные светильники, горячее водоснабжение – с помощью электронагревателей.

Изначально был проведен анализ информации о принципах работы, энергопотреблении и архитектуре построения каждой домовой системы жизнеобеспечения, таких как электроотопление, электроподогрев воды, освещение жилых помещений, сбор информации о построении архитектуры систем «Умный дом».

Дальнейший расчет показателей электрообеспечения систем жизнеобеспечения позволил сформировать структуру финансовых затрат, на основе которой был сделан вывод, какую из домовых систем целесообразно подвергать оптимизации потребления энергоресурсов.

После определения первичного бюджета проекта необходимо запроектировать и реа-

лизировать прототип системы автоматизированного электрообеспечения [4].

В ходе дальнейших исследований планируется организация анкетирования потребителей частных домов с целью корректировки бюджета проекта и наполнения его необходимым функционалом.

В ходе исследования были выявлены следующие системы жизнеобеспечения, которые целесообразно подвергать автоматизации с целью сокращения объема потребления электроэнергии. Такими системами являются: 1) система электроотопления; 2) система электроподогрева воды для целей горячего водоснабжения; 3) система освещения; 4) система электрообеспечения бытовых приборов.

В результате расчета потребления электроэнергии в типовом расчетном коттедже были выявлены доли объема потребления электроэнергии домовыми системами жизнеобеспечения (рис. 1).

Рисунок 1. Объем потребления электроэнергии различными системами, кВт*ч

Данные результаты отображают месячный объем потребления электроэнергии (кВт*ч) в холодное время года. В этот период счета на оплату электроэнергии для потребителя будут самыми высокими [5].

Из представленной диаграммы видно, что самой энергозатратной является система электроотопления.

При анализе статистики работы электрических систем отопления в частных домах

было установлено, что часть энергии в такой системе тратится впустую: 1) системы отопления, как правило, не отключают на период отсутствия людей в доме; 2) в электродкотлах часто отсутствует настройка сценарного режима управления отоплением [6].

При реализации предлагаемых нами методов экономии электроэнергии для системы отопления будет преобладать сценарный алгоритм управления, в основе которого

лежит заранее предписанная совокупность действий, выполняемая при наступлении определённых условий. Так, например, в вечернее время суток система будет повышать температуру отопления, а в дневные часы – снижать.

Аналогичный тип управления подразумевается у системы электроподогрева воды.

Энергоэффективность системы освещения любого дома имеет значительный недостаток – человеческий фактор. Часто потребители

оставляют светильники включенными в помещениях, в которых данный момент не находятся, забывают отключить освещение, уходя из дома.

Для определения необходимого количества устанавливаемых в помещениях светильников была выполнена трехмерная модель коттеджа, впоследствии на которой в программном обеспечении «DIALux Evo» производились расчеты (рис. 2).

Рисунок 2. Сцена освещения кухонного помещения коттеджа

В результате расчетов были получены следующие параметры светильников, рекомендуемых к эксплуатации в типовом расчетном коттедже: 1) тип светильников: панельные; 2) тип источника света: светодиодный; 3) мощность каждого светильника: 42 Вт.

На основе полученных результатов в программе «DIALux Evo» был произведен расчет и получены данные об оптимальном расходе электроэнергии на освещение жилых помещений типового расчетного коттеджа (рис. 3).

Рисунок 3. График оптимального электропотребления по месяцам года на освещение в типовом расчетном коттедже

Полученные расчеты служат ориентиром в реализации алгоритма управления системой освещения коттеджа. Расчетная экономическая эффективность должна незначительно превышать стоимость освещения по месяцам в условиях, используемых в расчетах.

При анализе системы электроснабжения и эксплуатации бытовых приборов было выявлено, что потребители почти всегда оставляют электроприборы в режиме ожидания. Это означает, что прибор не отключают от

сети питания, при этом электроприбор не выполняет своих функций. Так, например, все электроприборы, в которых имеются трансформаторы, будут потреблять электроэнергию в режиме ожидания.

В ходе анализа потребления электроэнергии приборами в режиме ожидания были получены доли расходов электроэнергии на данный режим (рис. 4).

Рисунок 4. Расход электроэнергии бытовыми приборами в режиме ожидания, Вт

Данные расходы составляют приблизительно 5 % от общего объема энергопотребления, но с целью повышения энергоэффективности всей системы электроснабжения такие непроизводительные потери необходимо устранить. Это возможно с помощью сценарного управления электроснабжением.

Архитектура автоматизированной системы управления электроснабжением строится по типу системы «Умный дом». Управляющим элементом такой системы является контрол-

лер управления, в роли которого выступает одноплатный компьютер «Raspberry Pi3». Контроллер собирает информацию с датчиков, которые регистрируют физическое воздействие (например, температуру воздуха в помещении, освещенность от естественного освещения) и на основе полученной информации производит управляющее воздействие на исполнительные механизмы (рис. 5).

Рисунок 5. Архитектура управляющего компонента системы

Интерфейсом управления и сбора информации в такой системе выступает персональный компьютер (веб-сервер). Контроллер управления передает данные, характеризующие текущее состояние системы электрообеспечения, на веб-сервер. Клиентское приложение, получив данные, интерпретирует их в мнемосхему, по которой потребитель сможет увидеть текущее состояние работы той или иной системы жизнеобеспечения. Потребитель также может производить настройки системы, после чего данные о настройках передаются на контроллер.

Возможно отслеживание состояния системы как напрямую через веб-сервер, так и удаленно – через любое устройство, имеющее доступ в сеть Интернет.

Прототип системы автоматизированного электрообеспечения должен позволять позиционировать реальную систему на рынке как комплект для самостоятельной сборки с воз-

можностью привлечения квалифицированных специалистов.

Стоимость готового решения должна позволить окупить финансовые расходы не больше, чем за 5 лет. Выбор такого срока окупаемости был произведен с учетом окупаемости европейских аналогов, что обеспечивает конкурентоспособность предлагаемой системы «Умный дом».

Исследовательская часть данной работы позволяет получить методы экономии электроэнергии, которые пригодны в реализации автоматизированных систем управления (АСУ).

Разработанная архитектура системы управления электрообеспечением будет являться базой для примеров работ по проектированию бюджетных АСУ с открытым типом архитектуры.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 27.12.2004 N 861 (ред. от 21.12.2018). «Об утверждении Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам администратора торговой системы оптового рынка и оказания этих услуг и Правил технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям» // СПС Консультант Плюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51030/ (дата обращения: 21.01.19).

2. Бадьин Г.М. Строительство и реконструкция малоэтажного энергоэффективного дома. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 432 с.: ил. + CD-ROM – (Строительство и архитектура).

3. Тесля Е.В. «Умный дом» своими руками. Строим интеллектуальную цифровую систему в своей квартире (+CD). – СПб.: Питер, 2010. – 219 с.: ил.

4. Грачева М.В., Бабаскин С.Я. Управление проектами: учеб. пособие. – М.: Экономический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 2017. – 148 с.

5. Мусин А.Х., Мозоль В.И. Сбыт электроэнергии: учебное пособие для бакалавров. – Электрон., дан. и прогр. – Барнаул: МЦ ЭОР, 2016.

6. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: руководство для практических расчетов. – М.: ЭНАС, 2010. – 456 с.: ил.

References

1. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 27.12.2004 N 861 (red. ot 21.12.2018). "Ob utverzhdenii Pravil nediskriminacionnogo dostupa k uslugam po peredache elektricheskoy energii i okazaniya etih uslug, Pravil nediskriminacionnogo dostupa k uslugam po operativno-dispatcherskomu upravleniju v elektroenergetike i okazaniya etih uslug, Pravil nediskriminacionnogo dostupa k uslugam administratora torgovoj sistemy optovogo rynka i okazaniya etih uslug i Pravil tehnologicheskogo prisoedinenija energoprimajushhih ustroystv potrebitelej elektricheskoy energii, obojektiv po proizvodstvu elektricheskoy energii, a takzhe objektov elektrosetevogo hozjajstva, prinallezhashhih setevym organizacijam i inym

licam, k elektricheskim setjam" // SPS Konsul'tant Pljus. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51030/ (data obrashhenija: 21.01.19).

2. Bad'in G.M. Stroitel'stvo i rekonstrukcija maloetazhnogo energoeffektivnogo doma. – SPb.: BHV-Peterburg, 2012. – 432 s.: il. + CD-ROM – (Stroitel'stvo i arhitektura).

3. Teslja E.V. «Umnyj dom» svoimi rukami. Stroim intellektual'nuju cifrovuju sistemu v svojej kvartire (+CD). – SPb.: Piter, 2010. – 219 p.: il.

4. Gracheva M.V., Babaskin S.Ja. Upravljenje proektami: ucheb. posobie. – M.:

Ekonomicheskij fakul'tet MGU im. M.V. Lomonosova, 2017. – 148 p.

5. Musin A.H. Sbyt elektroenergii: uchebnoje posobie dlja bakalavrov / A.H. Musin, V.I. Mozol'. – Elektron., dan. i progr. – Barnaul: MC JeOR, 2016.

6. Zhelezko Ju.S. Poteri elektroenergii. Reaktivnaja moshhnost'. Kachestvo elektroenergii: Rukovodstvo dlja prakticheskikh raschetov. – M.: JeNAS, 2010. – 456 p.: il.