

КОМПЛЕКСНЫЕ МЕРЫ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ КАК ОСНОВА СОВРЕМЕННОЙ КОНЦЕПЦИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

А.В. Белоусов, Ю.А. Кошлич, А.Г. Гребеник

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород

В статье выполнен обзор подходов к решению задачи повышения энергоэффективности на промышленных объектах путем проведения ряда технологических и организационных мероприятий, целью которых служит уменьшение затрат на тепло- и электроснабжение и, как следствие, повышение рентабельности производства за счет экономии денежных средств. Как мощный инструмент для разработки и проведения мероприятий по повышению энергоэффективности рассматривается внедрение автоматизированной системы диспетчерского управления, позволяющей в режиме реального времени осуществлять мониторинг и оперативное управление технологическими параметрами, что само по себе в значительной мере способствует повышению энергоэффективности и, как следствие, энергобезопасности. В статье на реальном примере рассмотрен принцип построения подобной системы, внедренной и функционирующей в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова. Реализация приведенных в статье комплексных мероприятий и постепенная модернизация производства позволят добиться требуемых показателей потребления электроэнергии, минимизации тепловых потерь и повышения качества электроэнергии. Рассмотренные подходы применимы как для объектов промышленности, жилищно-коммунального хозяйства и учебных заведений.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, автоматизированная система диспетчерского управления (АСДУ), мероприятия по энергосбережению.

ВВЕДЕНИЕ

На данный момент одним из основных направлений инновационного развития страны является повышение энергоэффективности и уменьшение негативного воздействия на природную среду и здоровье населения. Наиболее существенным представляется стимулирование мероприятий по повышению энергоэффективности и энергосбережения в жилом фонде, на предприятиях и транспорте. Это обусловлено возможностью реализации рентабельных механизмов и дополнительным социокультурным эффектом от их внедрения.

Объекты тяжелой промышленности потребляют огромные объемы тепло- и электроэнергии, так как используют для производства большое количество высокомоощного оборудования и покрывают немалые площади, требующие обогрева и освещения. Большинство промышленных объектов нашей страны было основано еще в середине прошлого столетия и в настоящее время постепенно переходит на новое оборудование, обеспечивающее лучшие показатели по энергопотреблению и вырабатываемым мощностям, но, тем не менее, требует дальнейшей модернизации с целью повышения КПД и увеличения прибыли. Немаловажную роль в формировании затрат играет потеря тепловой энергии из-за износа строительных конструкций, что обусловлено их возрастом.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Современная концепция энергоэффективности формируется на базе трех основных составляющих:

- экономия ресурсов (которая подразумевает минимизацию первичных энергоресурсов, получаемых традиционными способами);
- экономия энергозатрат (которая заключается в оптимизации энергетических затрат на процессы управления в автоматических и автоматизированных системах технологическими процессами);
- энергобезопасность.

Мероприятия по повышению энергетической эффективности можно классифицировать на две группы: организационные и технологические. В ходе внедрения организационных методов основную роль играет административный ресурс. К организационным методам можно отнести меры по контролю за состоянием работы электроприборов (например, дополнительных электрообогревательных приборов), систем освещения, организацию работ, направленных на улучшение теплоизоляционных свойств конструкций. Технологические мероприятия подразумевают внедрение энергосберегающих инженерных систем – систем, использующих возобновляемые источники энергии, энергоэффективные системы управления жизнеобеспечением и др [1].

В связи с этим можно выделить ряд мероприятий, призванных уменьшить энергозатраты, тем самым

повысив рентабельность производства за счет снижения затрат на финансирование:

1) замена ламп накаливания на светодиодные или энергосберегающие, позволяющие в 5 раз снизить потребление электроэнергии по сравнению с имеющимися лампами, а также увеличит срок службы осветительных приборов в 8–15 раз; рекомендуется разбить большие помещения на световые зоны с отдельными для каждой зоны выключателями; внедрение интеллектуальных систем освещения с использованием адаптивной задержки включения/выключения для уменьшения износа осветительного оборудования;

2) в рамках реализации организационных методов рекомендуется проведение инструктажа с кадровым составом на тему повышения энергоэффективности, назначение ответственных за освещение в цехах, в обязанности которых входит отключение осветительных приборов при ненадобности (например, в ночное время). Кроме того, нужно максимально продуктивно использовать естественное освещение, для чего необходимо следить за чистотой окон.

Значительная часть (60 %) в общем энергодолге систем энергоснабжения, как правило, приходится на теплоснабжение. Большинство теплопотерь происходит через фасад здания, поэтому вполне логично позаботиться об эффективной теплоизоляции (утеплении фасада), вместо приобретения дополнительных отопительных приборов и значительного увеличения расходов на обогрев.

Наружный способ утепления является наиболее эффективным и позволяет:

- защитить стену от различных атмосферных воздействий, например, промерзания и оттаивания;

- сдвинуть точку росы во внешний теплоизоляционный слой, препятствуя увлажнению несущей конструкции;

- исключить появление трещин в результате циклического изменения температуры в несущей конструкции, ведущего к замораживанию/оттаиванию избыточной влаги.

- обеспечить необходимую паропроницаемость конструкции;

- сформировать благоприятный микроклимат в помещении;

- улучшить внешний вид фасадов.

С целью уменьшения потерь тепловой энергии в холодное время года рекомендуется осуществить реконструкцию зданий, заменить старые деревянные окна современными пластиковыми (со стеклами, покрытыми низкоэмиссионным покрытием на основе серебра или оксида олова, с заполнением инертным газом – криптоном или аргоном, что позволит снизить потери тепла через окна с $5 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ до $0,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$), осуществить ремонт фасадов зданий, целью которого будет служить устранение трещин, возникших в процессе эксплуатации и утепление стен. Эти мероприятия позволяют в значительной мере (на 30–40 %) сни-

зить теплопотери, в связи с чем снизятся затраты на отопление помещений, а также, в случае использования в качестве дополнительных средств отопления электрических обогревателей, уменьшится нагрузка на электросети.

Уменьшение нагрузки на электросети является одним из способов стабилизации напряжения в сети, что приводит к улучшению показателей работы оборудования. С целью еще большего повышения этих показателей необходимо осуществить внедрение стабилизаторов напряжения и фильтров, так как промышленные зоны наиболее подвержены резким колебаниям напряжения из-за коммутации мощной нагрузки (высоковольтные импульсные всплески напряжения), а также его циклическим суточным изменениям и общей зашумленности сети из-за частотных инверторов и коллекторных двигателей, когда вместо синусоиды форма напряжения может принять вид, изображенный на рис. 1.

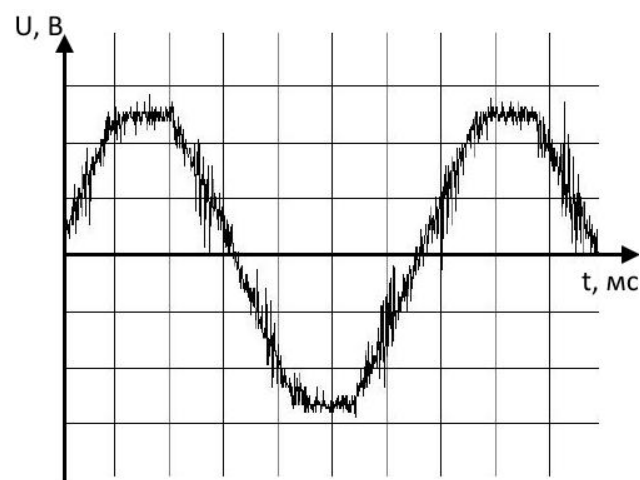


Рис. 1. Искажение сигнала

Данное явление способно привести к выходу из строя дорогостоящего производственного оборудования, автоматизированных (роботизированных) технологических линий, станков с ЧПУ, телекоммуникационного оборудования, файловых серверов и персональных компьютеров, а также постоянно приводит к простоям оборудования и периодическому повышению нагрузки на сеть в моменты пуска двигателей. Примерами таких стабилизаторов могут являться *Oberon IP54* (для внутренней установки) и *Oberon IP54 OUT* (для уличной эксплуатации), а также стандартные помехоподавляющие фильтры и конденсаторы для подавления помех и компенсации индуктивных реактивных токов, конденсаторы для цепей 400В, 10 кВ.

Как правило, промышленные объекты обладают рядом особенностей, которые необходимо учитывать при выработке подходов к автоматизации. Среди них можно обозначить следующие:

1) технологические объекты автоматизации являются распределенными (включают в своем составе множество отдельных зданий, сооружений и комплексов);

2) наличие большого числа потребителей [2], [3].

Поэтому, при автоматизации систем энергоснабжения и энергораспределения промышленного объекта необходимо построить автоматизированную систему диспетчеризации и управления (АСДУ), учитывающую особенности распределенных объектов, обеспечивающую динамический баланс и позволяющую рационализировать распределение энергоносителей. АСДУ осуществляет контроль и управление распределенными инженерными системами жизнеобеспечения зданий, систем безопасности, систем технического и коммерческого учета потребляемых ресурсов, информатизации, систем связи и передачи данных.

Неотъемлемой частью энергоэффективности является энергобезопасность. Поскольку речь идет о системах, направленных как на жизнеобеспечение людей, так и на энергообеспечение объектов капитального строительства, необходим системный подход к решению вопросов энергетической безопасности АСДУ распределенными технологическими объектами, то есть необходимо построить комплекс систем безопасности путем модернизации существующих систем и внедрения современного энергоэффективного оборудования. В комплекс систем безопасности входят системы контроля и управления доступом, системы охранной и пожарной сигнализации, охранного и технологического видеонаблюдения, пожаротушения, оповещения о возникновении нештатной ситуации (несанкционированное проникновение, попытка проникновения, возгорание, нажатие кнопки тревоги и т.д.) на контролируемой территории и в охраняемых помещениях.

Объектами АСДУ распределенными энергоресурсами промышленного объекта могут являться precisely-вытяжные установки, энергоэффективные тепловые узлы, системы электроснабжения производственных цехов и административных зданий. Автоматизированная система диспетчерского управления позволит с рабочего места диспетчера эффективно управлять энергоресурсами промышленного объекта, при этом позволяя достичь три основные цели:

– комфорт в помещениях – температурный режим в производственных помещениях и административных зданиях поддерживается в нужном диапазоне автоматически;

– экономия энергоресурсов за счет исключения явления перетопа в «переходные сезоны» года;

– повышение уровня электробезопасности и снижение электропотребления за счет наличия системы мониторинга и анализа электропотребления в режиме реального времени.

Примером технологических мероприятий по повышению энергоэффективности служит разработка АСДУ на базе Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова.

Структура системы является иерархической и объединяет в себе несколько локальных САУ (температуры, давления и т.п.). По функциональному назначению в структуре АСДУ можно выделить три уровня:

– нижний уровень – непосредственно контролируемые объекты (электросчетчики, оборудование ИТП и ПВУ, счетчики воды и т.д.);

– средний уровень представлен коммуникационными контроллерами и предназначен для сопряжения устройств нижнего и верхнего уровней;

– верхний уровень – диспетчерский пункт, оборудованный серверами, предназначенными для обработки и предоставления в наглядной форме полученной от коммуникационных контроллеров информации (рис. 2) [4].

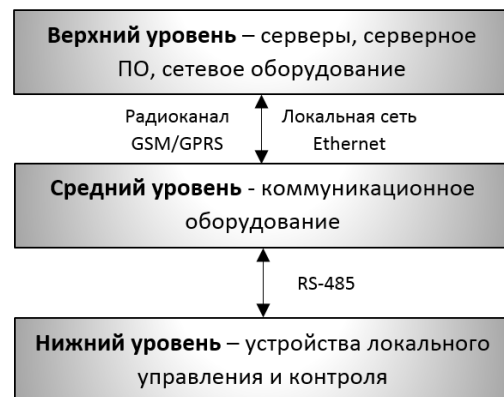


Рис. 2. Функциональные уровни АСДУ

Повышение эффективности функционирования распределенных объектов энергоснабжения и жизнеобеспечения внедрением АСДУ осуществляется в несколько этапов:

1) производятся энергетические обследования зданий, производственных помещений и др. для выявления «проблемных мест»;

2) разрабатывается проектно-сметная документация;

3) производится повышение уровня автоматизации локальных систем управления технологическими процессами энергоснабжения и жизнеобеспечения;

4) создается «ядро АСДУ»;

5) при помощи коммуникационного оборудования среднего уровня «ядро АСДУ» стыкуется с технологическим оборудованием нижнего функционального уровня локальных САУ объектами первой очереди внедрения системы диспетчеризации;

6) производится расширение АСДУ путем подключения к ядру новых объектов (второй и последующей очередей внедрения АСДУ), причем система позволяет гибко наращивать функциональность с минимальными изменениями на верхнем функциональном уровне системы.

Преимущества внедрения АСДУ распределенными объектами заключаются в том, что данное мероприятие позволяет осуществить централизацию управления распределенными энергоресурсами, что, в свою очередь, например, даст возможность динамически перераспределять тепловую энергию между функционирующими объектами, переводя тем самым объекты энергоснабжения в эффективный режим.

АСДУ позволяет производить контроль качества работы оборудования нижнего уровня и настройки регуляторов локальных систем автоматического управления. На рис. 3. в виде графика изменения температуры котла (верхний тренд) и контура горячего водоснабжения (ГВС) (нижний тренд) представлен пример некачественного функционирования оборудования автономной котельной, когда температура воды в контуре ГВС отличается периодическими изменениями от 50 до 70 °С с интервалом в 10 минут. Причины – некорректные настройки регулятора температуры контура.

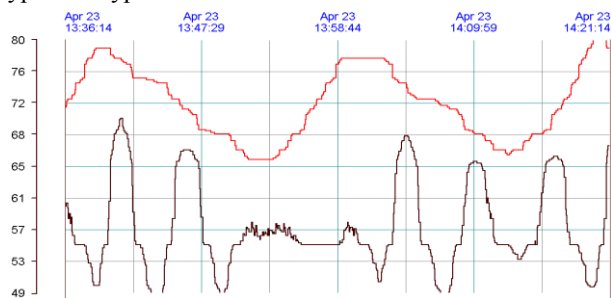


Рис. 3. График изменения температуры котла (верхний тренд) и контура горячего водоснабжения (нижний тренд)

АСДУ информирует оператора о нештатных и аварийных ситуациях на распределенных объектах,

позволяет их предотвращать и проводить подробный анализ. На рис. 4 представлены тренды изменения температуры воды и воздуха ПВУ здания, когда вследствие аварийного прерывания электропитания контроллера управления, температура воздуха упала ниже 0 °С, что привело к повреждению (разморозке) теплообменника. Причина аварии – не сработала защитная автоматика.



Рис. 4. Тренды изменения температуры воды и воздуха ПВУ здания во время аварийной ситуации

Внедрение в АСДУ технических средств контроля и учета энергоносителей: подключение счетчиков электроэнергии, расхода горячей и холодной воды, газа, тепловой энергии – то есть мониторинг затрат первичных энергоресурсов, как технологический метод, сам по себе не дает экономии, но является мощным инструментом разработки и внедрения мероприятий по повышению энергоэффективности [5]–[7]. На рис. 5 представлена экранная форма АСДУ распределенными энергоресурсами БГТУ им. В.Г. Шухова, на которой отображаются параметры электроснабжения здания.



Рис. 5. Параметры системы электроснабжения здания

Важной особенностью данной АСДУ является возможность доступа к ней через интернет. WEB-базируемый доступ к технологической информации позволяет осуществлять мониторинг и управление с любых, в том числе мобильных устройств, имеющих возможность подключения к сети интернет. Электронный ресурс расположен по адресу <http://ntk.intbel.ru> [8].

Применение АСДУ распределенными объектами энергоснабжения и жизнеобеспечения позволяет следовать современной концепции энергоэффективности. Использование АСДУ распределенными энергоресурсами является мощным технологическим мероприятием по повышению энергоэффективности, позволяющим обеспечивать высокие показатели качества функционирования распределенных объектов и уровня энергобезопасности. При сравнительно небольших затратах на внедрение, АСДУ дает высокие показатели экономии энергоресурсов при относительно малых сроках окупаемости таких систем [4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, реализуя комплексные мероприятия и постепенно модернизируя производство, можно добиться требуемых показателей потребления электроэнергии, минимизации тепловых потерь и повышения качества электроэнергии в электрической сети. Кроме того, внедрение АСДУ в информационную структуру промышленного предприятия позволит осуществлять дистанционный контроль и управление оборудованием, автоматизировать эти процессы, что, безусловно, приведет к улучшению показателей работы оборудования и, как следствие, экономии ресурсов и увеличению прибыли. Кроме того, подобное решение позволит осуществлять исследовательскую деятельность, изучать вопросы автоматизации производства и может привести к более тесному сотрудничеству промышленных предприятий с учебными заведениями, занимающимися подготовкой кадрового состава для них, например, специалистов по автоматизации и энергоэффективности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Демонстрационная зона по энергосбережению БГТУ им. В.Г. Шухова – база для развития энергоэффективных проектов в регионе / А.В. Белоусов [и др.] // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2013. – № 10 (116). – С. 10–17.
2. Горшкова, А.С. Энергоэффективность в строительстве: вопросы нормирования и меры по снижению энергопотребления зданий / А.С. Горшкова // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 1. – С. 9–13.
3. Потапенко, А.Н., Особенности управления распределенным комплексом зданий с возможностью энергосбережения / А.Н. Потапенко, А.С. Солдатенков, А.О. Яковлев // Светотехника и электроэнергетика. – 2009. – № 1. – С. 36–41.
4. Перспективы применения современных статистических и детерминированных методов прогнозирования в системах мониторинга энергопотребления / А.В. Белоусов [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2012. – №4. – С. 192–196.
5. Белоусов, А.В. Web - диспетчеризация автоматизированных систем диспетчерского управления распределенными объектами / А.В. Белоусов, Ю.А. Кошлич, А.Г. Гребеник // Фундаментальная информатика, информационные технологии и системы управления: реалии и перспективы. ФПТМ-2014: материалы международной науч.-практич. конф. / отв. за вып. Б.В.Олейников – Красноярск: Сиб. федер. ун-т. – 2014. – С. 26–30.
6. Лангманн Р. Веб-базируемый доступ к технологической информации / Р.Лангманн, А. Тимербаев // Мир компьютерной автоматизации. – 2002. – № 5 – С. 55.
7. WEB-ориентированный доступ к технологической информации в системах мониторинга энергопотребления / А.В. Белоусов [и др.] // Системы управления и информационные технологии – 2013. – №2(52). – С. 70–73.
8. Инженерный центр «Корпоративные системы» [Электронный ресурс] // Реализованные проекты. – 2015. – Режим доступа: <http://ntk.intbel.ru>

Белоусов Александр Владимирович – кандидат технических наук, профессор, директор энергетического института, начальник управления информатизации и коммуникаций, профессор кафедры технической кибернетики, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, тел.: +7(4722)309965, e-mail: ntk@intbel.ru.

Кошлич Юрий Алексеевич – ведущий инженер Управления информатизации и коммуникаций, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, тел.: +7 (909) 2004458, e-mail: koshlich@yandex.ru

Гребеник Артем Григорьевич – магистрант кафедры Технической кибернетики, инженер Управления информатизации и коммуникаций, ассистент кафедры Электроэнергетика и автоматика, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, тел.: +7(910)2281490, e-mail: iitusnik@gmail.com.

INTEGRATED ENERGY SAVING MEASURES AS THE BASIS OF MODERN CONCEPTS OF ENERGY

A.V. Belousov, Y.A. Koshlich, A.G. Grebenik

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod

The article discusses approaches to solving the problem of energy efficiency in industrial facilities through a series of technological and organizational measures aimed at is to reduce the cost of heat and electricity and as a result, increase profitability through cost savings. As a powerful tool for the design and implementation of energy efficiency measures is considered the introduction of automated dispatch control system enables real-time monitoring and operational management of technological parameters, which in itself contributes significantly to energy efficiency and, as a consequence, energy . In the article on a real example Principles of construction of such a system, implemented and functioning in the BSTU after V.G. Shukhov. The implementation given in the article of complex actions and the gradual modernization of production will achieve the required performance of energy consumption, minimize heat loss and improve power quality. The above approaches are applicable for industrial facilities, housing and communal services and educational institutions.

Index terms: Energy conservation, energy efficiency, automated dispatching control system (ADCS), energy saving measures.

REFERENCES

1. Belousov A.V., et al, "Demonstration Zone for Energy Conservation BSTU. Shukhov – the base for the development of energy efficiency projects in the region," *Energy saving. Energy. Energy audit*, vol. 10 (116), pp. 10–17, 2013.
2. Gorshkova, A.S. "Energy efficiency in buildings: the valuation issues and measures to reduce energy consumption of building," *Civil Engineering Journal*, vol. 1, pp. 9–13, 2010.
3. A.N. Potapenko, A.S. Soldatenkov, and A.O. Jakovlev, "Features of distributed complex of buildings with the possibility of energy saving," *Lighting and electricity*, vol. 1, pp. 36–41, 2009.
4. Belousov A.V., et al, "Prospects for the use of modern statistical and deterministic methods of forecasting in energy use monitoring," *Herald of BSTU. VG Shukhov*, vol. 4, pp.192–196, 2012.
5. *Engineering Center "Corporate Systems"*, accessed January 20, 2015, <http://www.ntk.intbel.ru>.
6. Belousov A.V., Y.A. Koshlich, and A.G. Grebenik, "Web - scheduling of automated supervisory systems distributed objects," *Fundamental computer science, information technology and management systems: Realities and Prospects. FIITM-2014: Proceedings of the International Scientific-Practical. Conf. / Holes. for no. B.V.Oleynikov*, Krasnoyarsk: Sib. Feder. Univ., pp. 26–30, 2014.
7. Langmann R., and A. Timerbaev, "Web-based access to process information," *The world of computer automation*, vol. 5, p. 55, 2002.
8. Belousov A.V., et al, "WEB-oriented access to technological information systems for monitoring energy consumption," *Control Systems and Information Technology*, vol. 2(52), pp. 70–73, 2013.

Belousov Aleksandr Vladimirovich – Ph.D., professor, director of the Energy Institute, Head of Department of Informatization and Communications, Professor, Department of Technical Cybernetics, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, +7 (4722) 309965, e-mail: ntk@intbel.ru

Koshlich Jurij Alekseevich – Leading Engineer of Department of Informatization and Communications, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, +7 (909) 2004458, e-mail: koshlich@yandex.ru

Grebenik Artjom Grigorevich – uppergraduate student of the Department of Technical Cybernetics, engineer of Department of Informatization and Communications, Assistant of Chair of Electric Power and Automation, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, +7 (910) 2281490, e-mail: iitusnik@gmail.com