

ОТОЗВАНА/RETRACTED 14.07.2022

УДК 519.714.2

DOI 10.52684/2312-3702-2021-38-4-65-72

BMS ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ УНИВЕРСИТЕТА

В. В. Макаров, С. С. Гусев

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, г. Москва, Россия

Управление энергией часто сводится к задаче ее экономии. Однако управление энергопотреблением является более широкой концепцией. Оно включает планирование и управление операциями подразделений производства и потребления. Другими словами, управление энергией подразумевает под собой взаимосвязь между получением, распределением и использованием энергии для нужд человека с целью экономии средств и охраны окружающей среды. В связи с этим в июне 2011 года Международная организация по стандартизации выпустила стандарт ISO 50001: 2011 для систем управления энергией – требования и руководящие принципы. Стандарт предназначен для повышения энергоэффективности. Объектом исследования является энергетическая система университета, включающая административные и учебные корпуса, где размещены учебные аудитории и лаборатории, производственные помещения, мастерские.

Ключевые слова: энергия, управление энергопотреблением, охрана окружающей среды, системы автоматического управления, энергоэффективность, алгоритм, управление зданием, расширенные функции, система управления энергией, экономический эффект.

BMS FOR UNIVERSITY POWER SUPPLY CONTROL

V. V. Makarov, S. S. Gusev

V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Energy control is often reduced to the task of saving energy. However, energy control is a broader concept. Energy control includes planning and managing the operations of production and consumption units. In other words, energy control implies the relationship between the receipt, distribution and use of energy for human needs in order to save money and protect the environment. To this end, in June 2011, the International Organization for Standardization issued the ISO 50001: 2011 standard for energy control systems – requirements and guidelines. This standard is a model for an energy management system. The object of the research is the energy system of the university, including administrative and academic buildings, where classrooms and laboratories, production facilities, workshops are located.

Keywords: energy, energy control, environmental protection, automatic control systems, energy efficiency, algorithm, building control, advanced functions, energy control system, economic effect.

Введение

Объект исследования – энергетическая система университета, включающая административные и учебные корпуса, где размещены учебные аудитории и лаборатории, производственные помещения, мастерские. В университете установлено производственное оборудование для обучения студентов, имеются административные службы и учебные аудитории. Имеются лифты и система кондиционирования воздуха. В настоящее время управление энергетической системой университета не автоматизировано. Предмет исследования – управление энергетической системой университета [1]. Цель исследования – автоматизация управления энергетической системой университета.

За основу разработки принята система управления энергией в здании. Она помогает менеджерам и работодателям использовать возможности систем управления в режиме реального времени, а также составлять подробные аналитические отчеты [2]. Система предлагает расширенные функции, такие как измерение показателей, оценку энергоэффективности и возможность контроля эффективности бизнеса – аудит результатов стратегий энергоэффективности. Применяется для удаленного управления энергообеспечением зданий, распо-

ложенных в любой точке мира. Система управления энергией в здании позволяет минимизировать затраты на электроэнергию за счет использования системы мониторинга и дополнительной информации о нагрузке. В рассматриваемой автоматизированной системе реализуются оптимальные схемы загрузки освещения, управления лифтами, централизованного кондиционирования и вентиляции, использования резервного генератора и т. д.

Система управления зданием

Система Building Management System (BMS) в основном управляет системами HVAC – Heating, Ventilation, Air Conditioning (отопление, вентиляция, кондиционирование) – технологии поддержания в заданных пределах параметров воздуха: температуры, влажности и химического состава во внутренних помещениях [3], которые являются автоматическими системами климат-контроля. Эти системы устанавливаются в таких местах здания, как большие залы, коридоры, подвалы, лифты и склады. В этой системе функция обогрева и вентиляции – это процесс контроля температуры или влажности в помещении с использованием соответствующих датчиков. Используется расходомер воздуха и датчик концентрации CO₂, а также электронное управление с помощью исполнительных механизмов, таких как вентиляторы, воздушные и водяные клапаны.

Система кондиционирования воздуха обеспечивает охлаждение, вентиляцию и сушку в определенной зоне. Система BMS (рис. 1) представляет собой онлайн-мультимедийную многопользовательскую систему обработки в реальном времени, состоящую из центральных

микропроцессоров со всем компьютерным программным и аппаратным обеспечением, устройствами ввода и вывода, а также периферийных микропроцессоров, датчиков, контроллеров [4], управляющих устройств электроавтоматики.

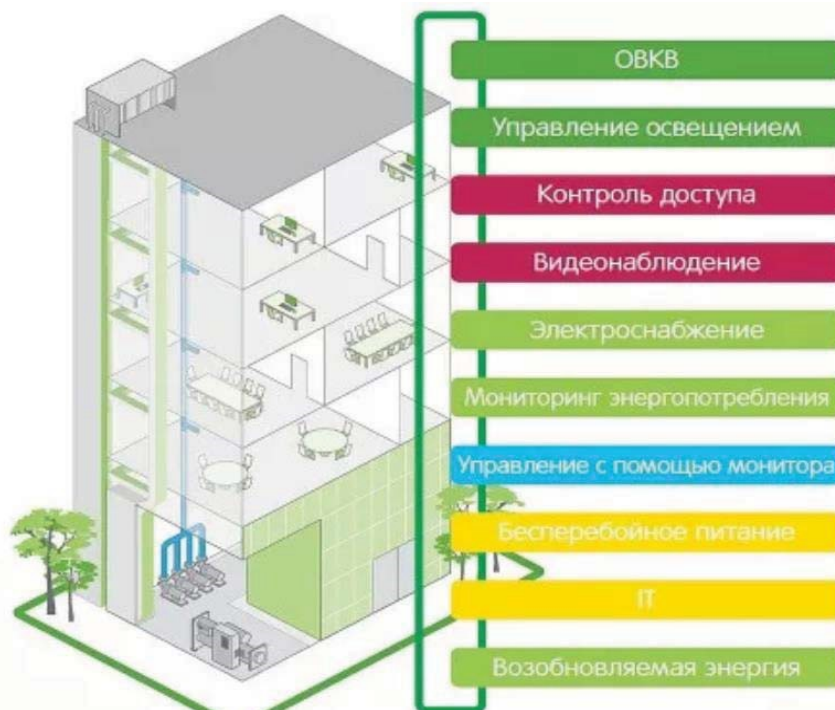


Рис. 1. Модель системы управления зданием BMS

Интеллектуальная система управления зданием собирает, хранит и обрабатывает информацию для многих типов оборудования в здании, помогает операторам проводить инспекции, техническое обслуживание [5] и выставлять счета за потребление энергии, помогает пользователям экономить денежные средства. Управление расходами денежных средств – это дополнительная возможность программного обеспечения для расширения поддержки управления устройствами, операциями и расписанием, а также для учета и выставления счетов.

Система BMS управляет всей электрической системой здания и связями между зданиями, экономит электроэнергию, снижает эксплуатационные расходы. В этой системе выполняется мониторинг, предупреждение, хранение и обмен данными, такими как рабочее состояние, часы работы каждого устройства, балансировка работы, контроль для обеспечения долговечности оборудования, график своевременного технического обслуживания и ремонта.

Система BMS собирает входные данные от датчиков, исполнительных механизмов на полевом уровне и затем использует входную информацию для принятия управляющих решений на рабочих станциях, в микропроцессорах и ПЛК.

Рабочие станции соединены друг с другом в единую сеть для передачи и обмена информацией.

Затем данные обрабатываются и анализируются на уровне управления в центральном устройстве и выводятся на периферийные микропроцессоры, которые формируют сигналы включения или выключения и которые подключены к рабочим станциям в здании.

Уровни BMS:

1) первый уровень – устройства умного дома работают независимо друг от друга и взаимодействуют между собой с помощью физических соединений;

2) второй уровень – различные подсистемы интеллектуального здания взаимодействуют между собой с помощью контроллеров системы;

3) третий уровень – позволяет получить доступ к информации, передаваемой между подсистемами с помощью локальной сети (проводной или беспроводной);

4) четвертый уровень – все устройства и подсистемы объединяются между собой на основе общей системной шины (EIB/KNX, LonWorks, BACnet).

Система управления зданием контролирует следующие подсистемы (рис. 2):

- электrorаспределительную станцию;
- резервный генератор;

- осветительную систему;
- систему кондиционирования и вентиляции;
- внутреннюю систему водоснабжения;
- пожарную сигнализацию;
- систему пожаротушения;
- лифтовую систему;
- систему контроля доступа.



Рис. 2. Функциональные блоки использования энергии в зданиях

Рассмотрим разработку структурной схемы системы автоматизации управления электро-снабжением. Данная схема [6], приведенная на

рисунке 3, включает устройства управления, контроллеры, датчики и приводы.



Рис. 3. Компоненты и подсистемы

SCADA система SIMATIC WinCC является системой оперативного отслеживания и управления технологическими процессами и производ-

ственными линиями во всех отраслях производства. Система имеет возможность создания од-номестных станций операторов, а также слож-

ных распределенных многоместных компьютерных систем с серверами и Web-клиентами. В системе предусмотрен интерфейс для связи с процессами. Система высокопроизводительная, поддерживает резервированные структуры управления, работает со всеми системами автоматизации SIMATIC, имеет возможность защиты, хранения и архивирования данных.

SCADA система выступает в роли информационного центра [7] для поддержания принципа вертикальной интеграции всей компании. Система универсальна и может применяться при построении систем управления различных отраслей. Для отдельных областей производства разрабатываются специальные решения на основе дополнительного программного обеспечения. Базовый пакет WinCC отвечает требованиям промышленных стандартов и осуществляет поддержку подтверждения приема сигналов, архивирования сообщений и значений параметров технологических процессов, обеспечивает регистрацию данных и параметров конфигурации, управляет пользовательским доступом и визуализацией.

WinCC работает с любым компьютером, имеющим необходимые системные требования. При работе с промышленными компьютерами SIMATIC Panel IPC и/или SIMATIC Rack IPC имеется возможность создания высокопроизводительных систем [8, 9], непрерывно работающих в производственных условиях. В сетевой системе

управления зданием используются решения промышленной сети связи: Profibus, Ethernet, BacNet.

Рассмотрим сетевые протоколы BACnet, OPC, Modbus, Lontalk. Общим сетевым протоколом для других систем, взаимодействующих с BMS, должен быть BACnet, Modbus или OPC, работающий по Ethernet и соответствующий ASHRAE BACnet 135-1995, 135-2004. Как правило, связь применяется с системами безопасности (Card Access, CCTV), интеллектуальными [10] адресными системами пожарной сигнализации, системами кондиционирования и передатчиков. Эти системы должны предоставлять интерфейсные порты в соответствии с сервером BACnet TCP/IP, Modbus или OPC, чтобы иметь возможность обмениваться данными с BMS по Ethernet TCP/IP.

Сеть связи интеллектуальной системы управления зданием BMS способна интегрировать всю систему, включая IP-сеть BACnet, Lontalk, Modbus или OPC.

Для сетевого взаимодействия между клиентскими компьютерами и серверами используется протокол HTTP для передачи текста высокого уровня.

Сеть BACnet IP используется для соединения между каждым системным сервером и контроллером высокого уровня. Интернет-протокол версии 4 (IPv4) или версии 6 (IPv6) используется в зависимости от технических требований (рис. 4).

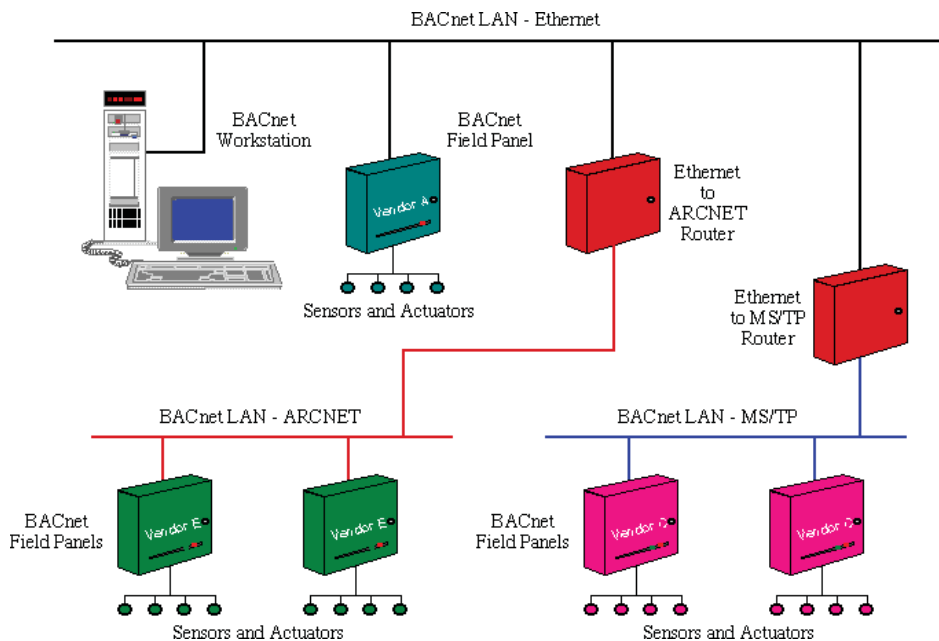


Рис. 4. Пример трех разных локальных сетей BACnet, связанных между собой «маршрутизаторами»

Протокол Modbus

Протокол Modbus используется для связи между измерителями мощности и контроллерами в соответствии со стандартом RS485. Технология OPC используется для интеграции системы с BMS. На компьютерах с платформой сервера OPC BMS может подключаться к другим системам путем

преобразования протокола BACnet в протокол, который может взаимодействовать с OPC.

Протокол Lontalk

Протокол Lontalk (рис. 5) используется для связи между высокоуровневыми контроллерами и цифровыми контроллерами, например, для многоцелевых контроллеров.

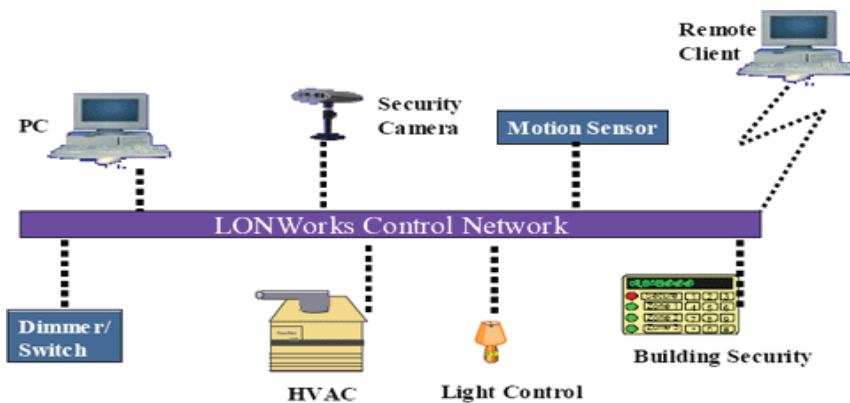


Рис. 5. Протокол LonTalk

Протокол Modbus используется для связи между измерителями мощности и контроллерами в соответствии со стандартом RS485.

Протокол Profibus (технологическая полевая шина)

Profibus – система полевых шин, разработанная в Германии в 1987 году и установленная в качестве стандарта IEC 61158 в 2000 году. В настоящее время Profibus считается надежным и стандартным решением во многих приложениях. Эта система шин используется для подключения полевых устройств к контроллерным устройствам. Это система с несколькими главными шинами (многоадресная передача), которая позволяет распределенным устройствам ввода-вывода, интеллектуальным измеритель-

ным устройствам, устройствам управления подключаться к одной шине.

Profibus включает в себя: Profibus – FMS, Profibus – DP и Profibus – PA: Profibus FMS (спецификация сообщений полевого уровня) – универсальный протокол. Используется для обмена данными между сетевыми устройствами (контроллерами, компьютерами/программаторами, системами человеко-машинного интерфейса) на полевом уровне. Предполагает высокоскоростную связь между контроллерами и компьютерами верхнего уровня. Скорость передачи данных до 12 Мбит/с.

Алгоритм работы системы

Алгоритм работы системы представлен на рисунке 6.

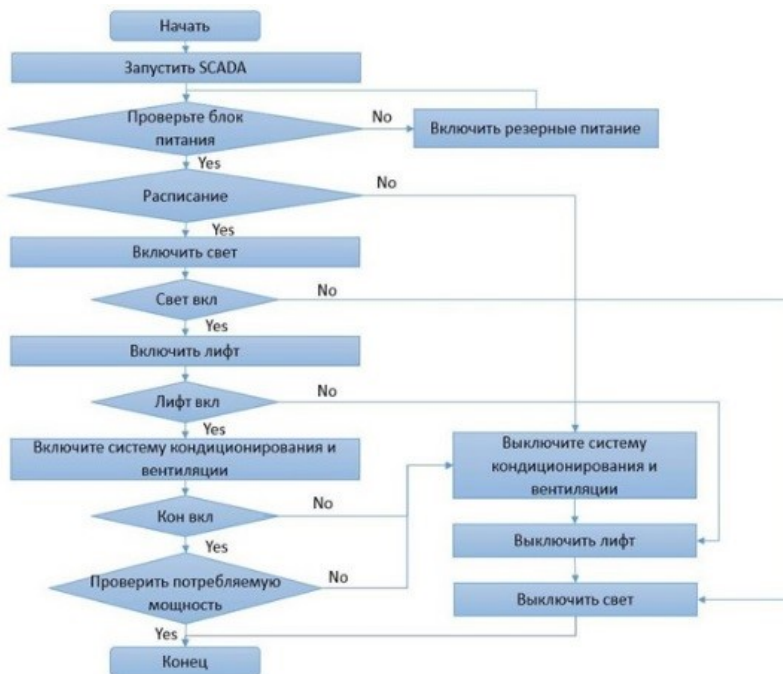


Рис. 6. Блок-схема алгоритма работы системы управления электроснабжением

На рисунке 7 представлена UML-диаграмма последовательности системы управления электроснабжением лифта.

На основе разработанного алгоритма были разработаны UML-диаграммы для описания последовательности работы подсистем, входящих в систему управления электроснабжением.

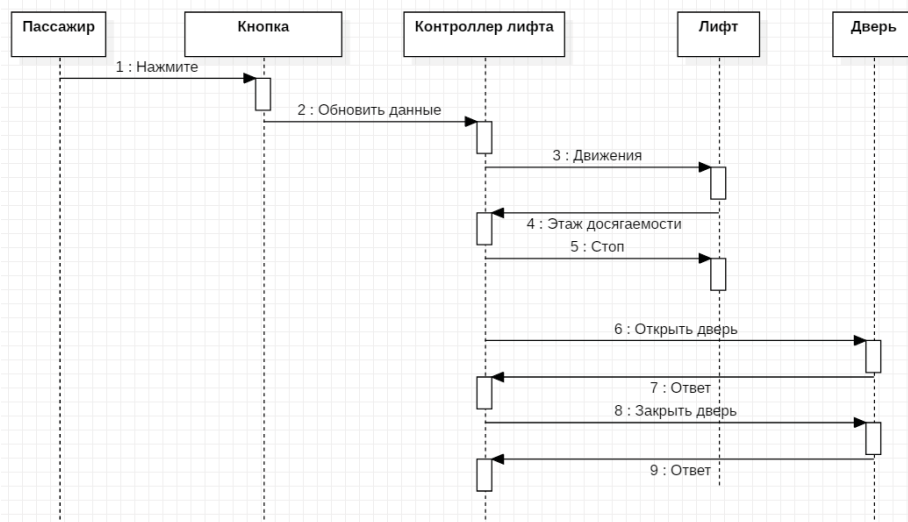


Рис. 7. Диаграмма последовательности системы управления электроснабжением лифта

На рисунке 8 представлена UML-диаграмма последовательности для системы управления электроснабжением кондиционирования и вентиляции.

В данном разделе статьи разработан алгоритм работы системы управления электроснабжением здания, составлены схемы для описания последовательности работы подсистем, входящих в эту систему.

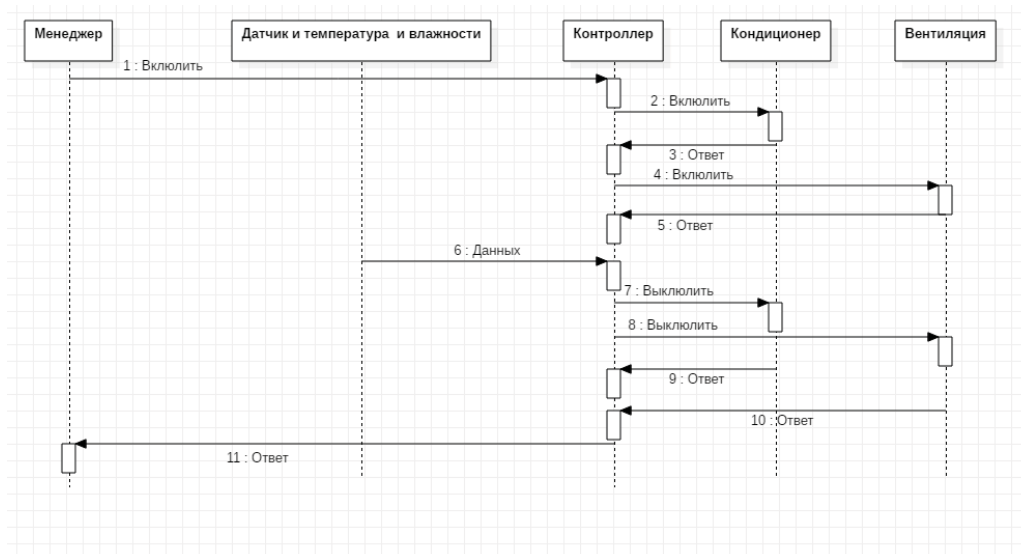


Рис. 8. Диаграмма последовательности для кондиционирования и вентиляция

Вентиляционная система кондиционирования

HVAC – это система, работающая по принципам термодинамики, механики жидкости и теплообмена. В настоящее время HVAC стал промышленным стандартом для строительства со многими приложениями, такими как системы кондиционирования и вентиляции в высотных зданиях, коммерческих центрах, в производстве, на электростанциях, в самолетах, космических кораблях, в комнатах и др.

Обычная система кондиционирования воздуха (рис. 9) будет разделена на контрольные кластеры мониторинга:

- чиллеры: подключены к системе BMS по высокоуровневым протоколам напрямую через IP

Bacnet, Lonbus или через конвертер Modbus/Bacnet;

- система градирни: бак для воды подключен через датчики, контроллер в шкафу обеспечивает рабочее состояние;
- системы AHU, PAU и FCU (кондиционеры, чиллеры и фанкойлы соответственно) также подключаются через датчики, контроллер в шкафу обеспечивает рабочее состояние;
- контроль над бустерными системами, дымоудалением в случае инцидентов.

Чиллеры используются для выработки охлажденной или холодной воды, которая перекачивается по всему зданию для кондиционирования воздуха путем сбора нежелательного тепла.

Существует два основных типа чиллеров: с воздушным и водяным охлаждением.

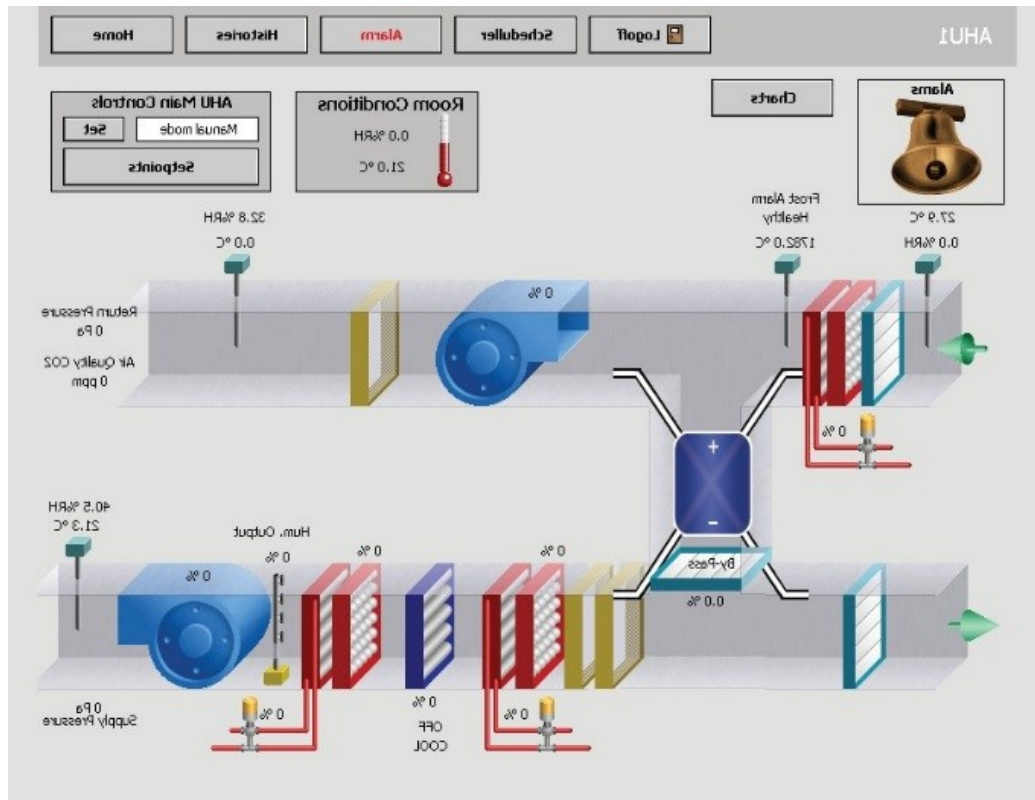


Рис. 9. Система кондиционирования воздуха (чиллеры)

Чиллеры с водяным охлаждением

Чиллеры с водяным охлаждением обычно расположены в подвале или на нижнем этаже здания. Этот тип чиллера нуждается в градирне для отвода тепла от здания. Чиллер производит охлажденную воду и проталкивает ее по всему зданию в кондиционеры (АНУ), фанкойлы (FCU) и т. д. Эти агрегаты циркулируют воздух вокруг местного пространства, а также в зданиях. Воздух проходит через теплообменники, содержащие охлажденную воду, которая извлекает нежелательное тепло до того, как воздух распределится по всему зданию.

Нежелательное тепло, которое извлекается из воздуха, накапливается в контуре охлажденной воды. Этот контур циркулирует обратно в чиллер, и как только он достигает испарителя, нежелательное тепло будет передаваться в конденсатор чиллера через контур хладагента.

Градирня будет нагнетать окружающий воздух через воду конденсатора для отвода нежелательного тепла. Вентилятор в градирне заставляет тепло выходить из системы и выбрасываться в атмосферу. В этом случае конденсатор чиллера был охлажден водой, поэтому он представляет собой чиллер с водяным охлаждением.

Кондиционеры (АНУ's)

В АНУ блок обработки воздуха содержит агрегаты, которые связаны с работой воздуховодов и

обеспечивают определенный маршрут для воздушного движения в здании. В простой форме АНУ будет использовать вентилятор для всасывания свежего наружного воздуха, который затем будет проходить через некоторые фильтры для удаления грязи и пыли. Затем он будет проходить через теплообменники охлаждающих и нагревательных змеевиков. Как только воздух пройдет над этими катушками, он будет выталкиваться в здание. Другой набор воздуховодов будет собирать теплый использованный воздух из комнат и возвращать его в АНУ через другой вентилятор. Этот вентилятор будет выталкивать воздух из кондиционера и здания.

Управление энергообеспечением лифтов

Лифты и эскалаторы являются независимыми системами управления, которые взаимодействуют с системой управления электроэнергией.

Входной сигнал системы энергетического менеджмента:

- расположение каждого лифта.
- статус каждого лифта.

Выходной сигнал: включение и выключение электропитания лифта.

Система освещения

Система освещения, представленная на рисунке 10, выполняет функции: включение, изменение яркости, управление мощностью.



Рис. 10. Система освещения

Мониторинг электрической системы

Система BMS (рис. 11) будет контролировать:

- рабочее состояние главного распределительного устройства,
- напряжение и ток, параметры сети,

- работу преобразователя напряжения,
- температуру в машинном отделении дизель-генератора, количество масла в баке, измерять время работы машины.



Рис. 11. Мониторинг электрической системы

Выводы

В статье проведен анализ системы управления зданием и определены устройства, которые контролирует система управления энергопотреблением. Предложена автоматизированная система, которая регулирует потребление энергии в зависимости от режима использования

оборудования, расписания занятий и количества людей в здании. Разработан интерфейс SCADA для управления энергопотреблением, включения электроснабжения системы освещения, вентиляции и кондиционирования, лифтовой системы.

Список литературы

1. Булатов И. С. Пинч-технология. Энергосбережение в промышленности / И. С. Булатов, – Санкт-Петербург : Страта, 2012. – 140 с.
2. Степени автоматизации ДГА (ДЭС) по ГОСТ 14228-80. – Режим доступа: <https://www.ra-nn.ru/article07/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
3. Умное здание // Википедия. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Умное здание](https://ru.wikipedia.org/wiki/Умное_здание), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
4. Общая информация о программируемых логических контроллерах ОВЕН, – Режим доступа: <http://www.owen.ru/about/13568456>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
5. Шубинский И. Б. Структурная надежность информационных систем. Методы анализа / И. Б. Шубинский. – Ульяновск, 2012. – 216 с.
6. Нимич Г. В. Современные системы кондиционирования и вентиляции воздуха / Г. В. Нимич, В. А. Михайлов, Е. С. Бондарь, – Киев : Аванпост Прим, 2003. – 626 с.
7. Управление проектом. Основы проектного управления: учебник / под ред. проф. М. Л. Разу. – Москва : КНОРУС, 2007. – 768 с.
8. Лялин А. М. Внедрение системы энергоменеджмента в организации на основе стандарта ИСО 50001 / А. М. Лялин, Н. В. Пфайфер. – 2014. – С. 1-9.
9. Цыркин М. И. Статистические и дизельные агрегаты резервного электропитания: монография / М. И. Цыркин, А. Я. Гольдинер, В. В. Головкин, С. В. Соколов. – Санкт-Петербург : Чистый лист, 2002. – 116 с.
10. Шубинский И. Б. Функциональная надежность информационных систем. Методы анализа / И. Б. Шубинский. – Ульяновск, 2012. – 296 с.

© В. В. Макаров., С. С. Гусев

Ссылка для цитирования:

Макаров В. В., Гусев С. С. BMS для управления электроснабжением университета // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. № 4 (38). С. 65–72.