

УДК 658.26.003.13:621.31.004.18:061.1

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОХОЗЯЙСТВА БЮДЖЕТНОЙ СФЕРЫ

М. Н. Волжан

Комсомольская городская больница
ул. Мира, 10, г. Комсомольск, 39801, Украина. E-mail: masha1414@e-mail.ua

А. Л. Перекрест

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: wey77@mail.ru

Представлена принципиальная схема реконструкции тепловых пунктов и системы вентиляции зданий бюджетной сферы путем использования регулируемого электропривода, систем автоматизации процессов и применения альтернативных источников энергии (солнечной энергии и источников низкопотенциального тепла). Разработан алгоритм взаимодействия и работы отдельных блоков в рамках единой системы для обеспечения рационального режима работы. Отмечено, что предложенная схема является универсальной и может быть использована для любого здания с учетом особенностей и условий внедрения разработки.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии, система отопления.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОГОСПОДАРСТВА БЮДЖЕТНОЇ СФЕРИ

М. М. Волжан

Комсомольська міська лікарня
вул. Миру, 10, м. Комсомольськ, 39801, Україна. E-mail: masha1414@e-mail.ua

А. Л. Перекрест

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: wey77@mail.ru

Надано принципову схему реконструкції теплових пунктів та систем вентиляції будівель бюджетної сфери шляхом використання регульованого електроприводу, систем автоматизації процесів та застосування альтернативних джерел енергії (сонячної енергії та джерел низкопотенційного тепла). Розроблено алгоритм взаємодії та роботи окремих блоків у рамках єдиної системи. Відзначено, що запропонована схема є універсальною й може бути використана для будь-якої будівлі з урахуванням особливостей та умов упровадження розробки.

Ключові слова: альтернативні джерела енергії, система опалення.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Реальное энергосбережение в бюджетной сфере, как правило, считается малозначимым сектором экономии энергоресурсов ввиду того, что проблема является многоплановой и не является прямой быстрокупаемой инвестицией. Хотя бюджетная сфера достаточно энергоемкая: по доле затрат на энергоресурсы и воду себестоимость услуг объектов бюджетной сферы превышает машиностроение, строительство, сельское хозяйство и даже цветную металлургию. Наряду с вышесказанным, энергоемкость бюджетной сферы увеличивается с каждым годом в связи с практически восьмидесятипроцентной изношенностью инженерных сетей. Бюджетная сфера финансируется из бюджета Украины, с каждым годом цифра отчислений увеличивается, также будет увеличиваться и финансовая «дыра», что впоследствии приведет к краху всей финансовой системы страны либо к парализации работы бюджетных учреждений. Для модернизации всех объектов бюджетной сферы, включая меры по повышению эффективности использования коммунальных ресурсов, необходимы значительные денежные средства. Государство не способно выделить такой объем денежных средств на

эти цели. Однако потребность в них может быть существенно снижена при запуске механизмов, в которых модернизация может быть произведена за счет экономии.

На данный момент энергозатратность зданий очень велика. Во времена СССР энергоэффективность (рентабельность) инженерных систем не учитывалась в связи с дешевизной энергоресурсов (в частности, газа). Ситуацию усугубляет еще и тот факт, что цена на топливо с каждым годом увеличивается, поэтому наиболее эффективно внедрять в систему отопления и горячего водоснабжения, наряду с основными дорогостоящими энергоресурсами, также альтернативные энергосберегающие источники, такие, как энергия солнца, ветра, грунта, воды и т.п. В условиях недостаточного бюджета нашей страны использование этих энергосберегающих технологий позволяет эффективно решать задачи по снижению затрат на обогрев и кондиционирование помещений, подогрев воды, а также одновременно повышать комфортность помещений.

С учетом сказанного, целью данного исследования является представление работы единой интегральной системы, состоящей как из основных (традиционных) источников энергии, так и из альтернативных (нетрадиционных), таких, как солнечная энергия и энергия низкопотенциальных источников (грунта, воды, сточных вод и т.п.).

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. При изучении вопроса выбора источников альтернативной энергии как с точки зрения эффективности, так и себестоимости внедрения, а, соответственно, и окупаемости, было определено, что самыми эффективными и относительно быстро окупаемыми являются установки, основанные на работе по преобразованию солнечной энергии и энергии низкопотенциальных источников, на основании чего была разработана принципиальная схема работы, приведенная на рис. 1.

Как видно из рис. 1, узел запитан от трех источников тепловой энергии, а именно: источника низкопотенциального тепла (тепловой насос), солнечной энергии (солнечный коллектор) и традиционного источника энергии (централизованного теплоносителя), которые снабжают тепловой энергией три инженерные системы здания – систему отопления, систему горячего водоснабжения и систему вентиляции. Блок питания узла запитан через автоматический ввод резерва (АВР) от двух источников электроэнергии: основного (сети здания) и аварийного (солнечной батареи). Рассмотрим работу каждой подсистемы.

1. Тепловой насос (ТН) – это термодинамическая установка, которая осуществляет обратный термодинамический цикл, в котором рабочее тело отбирает тепло от среды с низкой температурой и передает его теплоносителю с более высокой температурой. При работе теплового насоса используется физическая закономерность: испаряющееся вещество имеет свойство поглощать тепло, а вещество, которое конденсируется, – отдавать его. В качестве такого вещества используется газ – хладагент. Использование газа (а не жидкости) обусловлено другим физическим принципом: при увеличении давления температура вещества повышается, а при снижении – понижается.

Тепловой насос состоит из трех контуров:

- 1) внешний «холодный контур» (источник низкопотенциального тепла);
- 2) внешний «теплый контур» (потребитель высокопотенциального тепла);
- 3) непосредственно сам тепловой насос (низкопотенциальный теплообменник, компрессор, высокотемпературный теплообменник и терморасширительный клапан).

Работу теплового насоса можно разделить на четыре физических составляющих, а именно: испарение, сжатие, сжижение, снятие давления (декомпрессия).

Испарение. Жидкий хладагент поступает с низким давлением и низкой температурой в низкотемпературный теплообменник (испаритель). Температура хладагента ниже, чем источника низкопотенциального тепла. Вследствие такого перепада температуры течет тепловой поток, передающий тепло от низкопотенциального источника хладагенту, который начинает испаряться (в связи с низкой температурой кипения) и образует насыщенный пар.

Необходимое для этого процесса тепло (латентное) забирается у источника тепла, который тем самым охлаждается и возвращается к низкопотенциальному источнику тепла, образуя замкнутый внешний «холодный контур».

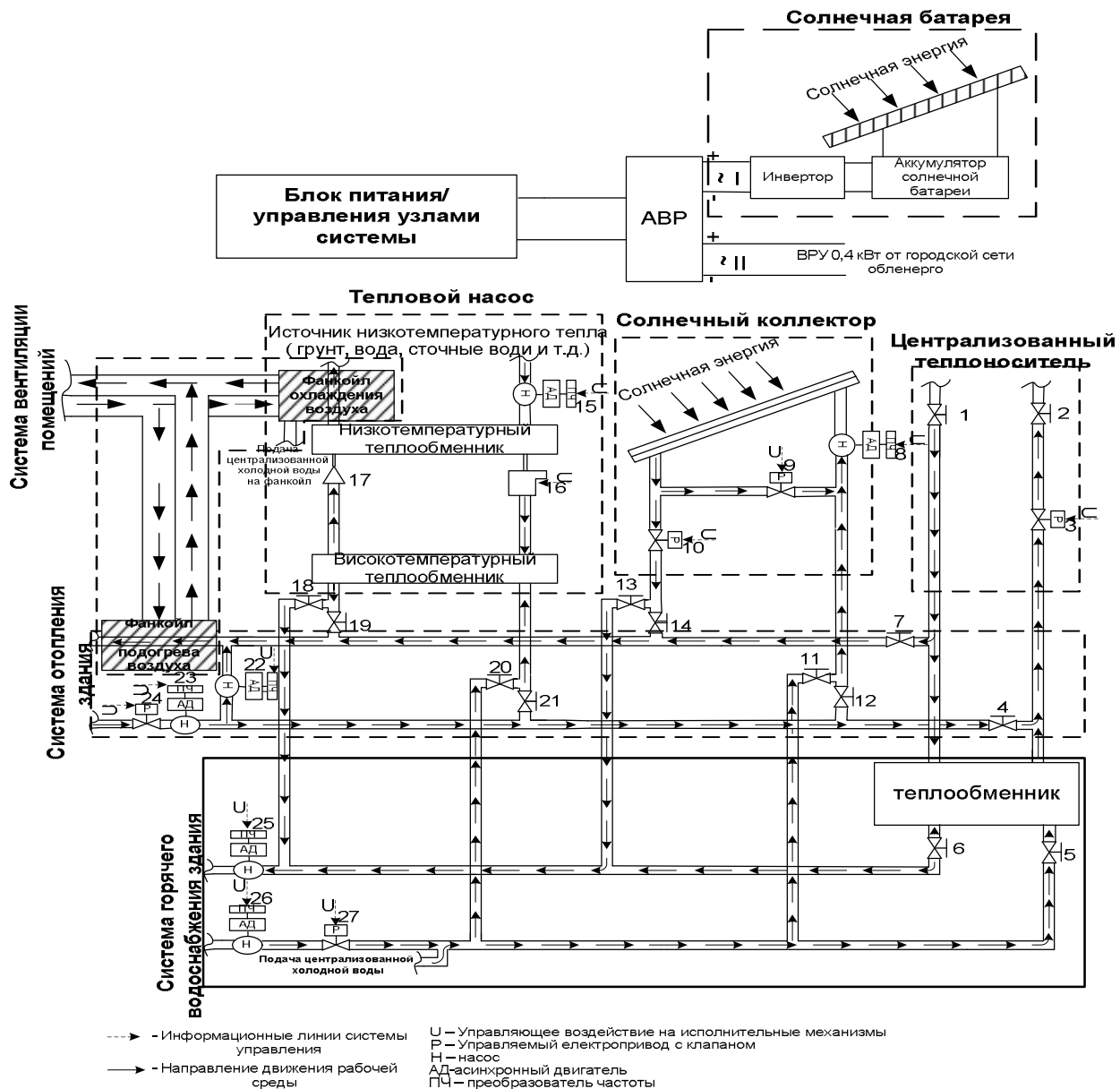


Рисунок 1 – Принципиальная схема теплового узла:

- 1, 2, 4–7, 11–14, 18–21 – нерегулируемая запорная арматура;
 3, 9, 10, 24, 27 – управляемый электропривод с клапаном; 8, 15, 22, 23, 25, 26 – насос;
 16 – компрессор; 17 – терморасширительный клапан

Сжатие. Парообразный хладагент всасывается и сжимается компрессором (уплотнителем), тем самым давление парообразного хладагента поднимается. Следствием возникшего повышения давления является повышение температуры хладагента в несколько раз.

Сжижение. Доведенный до высокой температуры и находящийся под давлением пар хладагента нагнетается в высокотемпературный теплообменник (конденсатор). Хладагент отдает свою впитанную энергию в виде полезного тепла в систему отопления либо горячего

водоснабження корпусу. Снижение температуры пара ведет к изменению агрегатного состояния. Пар хладагента конденсируется и переходит в жидкое состояние. Также снижается и температура. Давление остается при этом, не учитывая небольшие потери, постоянным.

Снятие давления (декомпрессия). Расположенный между низкотемпературным и высокотемпературным теплообменником терморасширительный клапан замыкает собой контур хладагента. Через клапан, находящийся под высоким давлением, сжиженный хладагент проходит операцию понижения давления и опускается на более низкий уровень давления. При этом температура хладагента будет снижаться, пока не достигнет исходной температуры. Хладагент снова готов к приему тепла, образуя таким образом закрытый цикл теплового насоса.

В качестве источника низкопотенциальной энергии могут быть использованы источники, которые имеют стабильную температуру больше +3 °С на протяжении всего года. Самыми распространенными источниками для тепловых насосов являются:

– *теплота приповерхностных слоев грунта.* Способ основан на извлечении тепла из приповерхностных слоев грунта глубиной до двух метров. Для реализации такого способа используют горизонтальный коллектор из полиэтиленовых труб диаметром 32–40 мм, расположенных на глубине. В коллекторе циркулирует не замерзающая до температуры -15 °С жидкость. Обычно это 25-процентный водный раствор гликоля. Раствор имеет температуру, примерно на 5 °С меньшую температуры окружающего грунта. Таким образом, для получения 10 кВт тепловой мощности необходимо проложить не менее 1000 метров трубы на участке земли размером около 20x20 метров. Преимущества такого способа – в доступности и простоте создания системы получения тепла при наличии свободной территории. К недостаткам следует отнести то обстоятельство, что участком земли с закопанным в нем горизонтальным коллектором можно пользоваться ограниченно;

– *тепло из недр земли.* Для получения тепла бурят вертикальные скважины глубиной 50–1000 метров, в которые опускают U-образные зонды из полиэтиленовых труб, и в них так же, как и в горизонтальных коллекторах, циркулирует водный раствор гликоля. Основное преимущество этого способа получения тепла – в долговременности и стабильности параметров. С одного метра такой скважины можно получать непрерывно, годами, 40–60 Вт тепла. Вертикальный грунтовый коллектор занимает мало места на поверхности земли, и срок его работы ограничен лишь долговечностью материалов самого зонда. Основной недостаток такой системы – дороговизна буровых работ;

– *водные источники тепла.* Коллектор для передачи тепла укладывают на дне или в донном грунте, где температура выше температуры земляного контура. Для получения 10 кВт тепла достаточно уложить более короткий контур (по сравнению с земляным) – 250–350 м трубы. Данный способ получения является наиболее энергоэффективным, но имеет ограничения в связи с географическим расположением объекта теплоснабжения;

– *воздушный источник тепла.* Для реализации данного варианта достаточно смонтировать сам тепловой насос и подключить его к системе отопления дома и воздухоохлаждения. Ограничение данного способа в том, что он прекращает эффективно работать, если температура воздуха опускается ниже -5 °С;

– *промышленные или бытовые стоки.* Очень эффективно также использование для работы теплового насоса тепла от промышленных или бытовых стоков (канализационный коллектор). Однако такой источник тепла больше подходит для производственных объектов как элемент общей системы отопления и приготовления горячей воды.

Учитывая вышесказанное, можно утверждать, что практически нет такого здания или объекта, где недоступна установка теплового насоса. Источник рассеянного тепла есть в

любом месте, и вопрос состоит лишь в выборе самого эффективного типа теплового насоса для конкретного здания.

Эффективность тепловых насосов принято характеризовать величиной коэффициента трансформации энергии K_{mp} , определяемого для идеального цикла Карно по следующему выражению:

$$K_{mp} = T_{out} - \frac{T_{it}}{T_{out}}, \quad (1)$$

где T_{out} – температурный потенциал тепла, отводимого в систему теплоснабжения; T_{it} – температурный потенциал низкопотенциального источника тепла.

Коэффициент трансформации теплового насоса K_{mp} представляет собой отношение полезного тепла, отводимого в систему теплоснабжения потребителю, к энергии, затрачиваемой на работу теплонасосной системы теплоснабжения, и численно равен количеству полезного тепла, получаемого при температурах T_{out} и T_{it} , на единицу энергии, затраченной на привод теплового насоса. Реальный коэффициент трансформации отличается от идеального, описанного выражением (1), на величину коэффициента h , учитывающего степень термодинамического преобразования и необратимые потери энергии при реализации цикла. В общем случае степень термодинамического совершенства теплонасосных систем теплоснабжения h зависит от многих факторов, таких, как мощность компрессора, качество производства комплектующих теплового насоса и необратимых энергетических потерь, которые, в свою очередь, включают потери тепловой энергии, потери на преодоления трения в компрессоре, потери, связанные с неидеальностью тепловых процессов и теплофизических характеристик хладагентов, механические и электрические потери в двигателях и прочее.

Реальный коэффициент трансформации теплового насоса примет вид:

$$K_{mp} = \frac{T_{out} - T_{it}}{T_{out}} h. \quad (2)$$

Опираясь на вышесказанное, величина реального коэффициента должна использовать по возможности большее количество источника низкопотенциального тепла, не стремясь добиться его сильного охлаждения. При этом будет расти эффективность теплового насоса, поскольку при слабом охлаждении источника тепла не происходит значительного роста разницы температур. В связи с этим тепловые насосы необходимо рассчитывать так, чтобы низкотемпературного источника тепла было значительно больше, чем нагреваемой массы. По этой причине также необходимо увеличивать площадь теплообмена так, чтобы перепад температур между источником тепла и холодным рабочим телом, между горячим рабочим телом и холодным хладагентом, а также между нагретым хладагентом и нагреваемой средой был минимальным, что снизит затраты энергии на отопление, но приведет к росту габаритов и стоимости оборудования.

2. Солнечный коллектор (СК) – установка, в которой осуществляется преобразование солнечной радиации в тепловую энергию и передача для нагрева воды.

Солнечная радиация – это поток энергии, равномерно испускаемый Солнцем во всех направлениях. Солнечную радиацию подразделяют на прямую и рассеянную. Прямой называют ту радиацию, которая беспрепятственно проходит через атмосферу в виде пучка параллельных лучей, исходящих непосредственно от солнца, и попадает на поверхность Земли. Часть солнечной радиации, которая отражается или поглощается частицами пыли и молекулами газа, затем вновь излучается и попадает на поверхность Земли, не имея определенного направления, относят к рассеянной радиации. Совокупность излучения, попадающего на поверхность Земли, – это суммарная солнечная радиация, которая равна сумме прямой солнечной радиации и рассеянной радиации. Мощность потока солнечной энергии, достигающего атмосферы Земли, составляет для территории Украины порядка

1000–1350 Вт/м² – так называемая солнечная постоянная, что дает основание утверждать, что солнечные коллекторы эффективны на территории Украины.

Принцип работы основан на проникновении сквозь стекло видимых лучей солнца (проходит обычно 80–85 %), которые встречаются с темным дном коллектора и в значительной степени поглощаются им. Дно начинает отдавать инфракрасные лучи, которые не могут проникнуть сквозь стекло. Задержанное таким образом тепло передается теплоносителю, протекающему через коллектор.

Солнечные коллекторы условно делят на плоские и вакуумные.

Плоский коллектор является самым распространенным видом солнечных коллекторов и разработан довольно давно. Главным элементом плоского коллектора является тепловоспринимающая панель с селективным покрытием, которая обеспечивает высокий уровень поглощения солнечной энергии. Корпус коллектора чаще всего включает раму из алюминиевого профиля, а тыльная сторона зашивается алюминиевым листом. Для покрытия используют стекла специальных сортов, удовлетворяющих требованиям прочности и повышенной проницаемости для солнечных лучей. Толщина такого стекла – 3–4 мм.

Сравнительно недавно появились солнечные коллекторы другого типа – вакуумные. Они состоят из набора герметических стеклянных (обычно – из боросиликатного стекла) колб, внутри которых помещены медный плоский абсорбент с покрытием, обеспечивающим высокую степень поглощения солнечных лучей, а также канал для циркуляции теплоносителя. Вакуумные коллекторы являются более эффективными, т.к. в них вырабатывается температура теплоносителя более 50 °С.

Солнечные коллекторы устанавливаются в основном на крыше здания, реже – на стенах или на грунте. Для оптимизации восприятия коллекторами энергии они ориентируются в направлении Солнца. Критерием ориентации является угол наклона и азимут.

Угол наклона α – это угол между горизонталью и коллектором. Наибольшее количество энергии воспринимается поглотителем коллектора при расположении его плоскости под прямым углом к направлению инсоляции. Поскольку угол инсоляции зависит от времени суток и года, ориентацию плоскости коллектора следует выполнять в соответствии с высотой Солнца в период поступления наибольшего количества солнечной радиации. На практике угол наклона зависит от сезона эксплуатации установки и может составлять 25–70 °.

Азимут описывает отклонение плоскости коллектора от направления на юг; если плоскость ориентирована на юг, то азимут = 0 °.

3. Централизованный теплоноситель. В роли традиционного источника тепловой энергии выступает централизованный теплоноситель, который подается, как правило, от городской котельни. Теплоноситель представляет собой нагретую техническую воду с добавлением реагентов для улучшения качества и уменьшения агрессивности воды. Температура теплоносителя зависит от температуры наружного воздуха согласно разработанной таблице, применимой к региону, и варьируется от 47 до 97 °С. Подача осуществляется по проложенным от котельни магистральным трубопроводам.

4. Система отопления здания имеет замкнутый контур. В основном системы подразделяются на два вида: с нижней и верхней подачей теплоносителя. При верхней подаче один общий трубопровод поднимается на технический этаж здания и, проходя по периметру, разделяется на возвратные трубопроводы, которые опускаются вниз непосредственно уже через радиаторы, установленные в помещениях. Данный вид позволяет равномерно разделить тепловую нагрузку по помещениям, но он является энергозатратным из-за прохождения трубопровода по техническому этажу (чердаку). При нижней разводке подающий и обратный трубопроводы разделяются на разборной гребенке в подвале и через радиаторы помещения проходят оба трубопровода, закольцовываясь на радиаторе верхнего

этажа. Данный способ более энергоэффективный, но капиталовложения при монтаже гораздо выше предыдущего в связи с увеличением количества трубопровода.

При разработке схемы было предложено установить на обратный трубопровод, а также на переемы подающего и обратного трубопроводов насосы с асинхронным двигателем, управляемые преобразователями частоты через систему управления узлом. Насосы устанавливаются с целью увеличения циркуляции в системе, а также циркуляции смешивания. Также устанавливается управляемый электропривод с клапаном. Данные средства автоматизации дадут возможность выбрать максимально эффективный способ работы отопительной системы как при максимальной тепловой нагрузке, так и минимальной, а также обеспечить выполнение часового графика включения и отключения системы отопления.

5. Система горячего водоснабжения имеет разомкнутый контур и характеризуется неравномерным разбором воды в течение суток в пределах от максимума потребления до нуля. Система выполняется по средствам трубопровода с постоянно циркулируемой средой. Для обеспечения наиболее экономичного использования горячей воды без нарушения комфортности потребления в систему предлагается установить на подающий и обратный трубопровод насосы с асинхронным двигателем, управляемые преобразователями частоты через систему управления узлом и управляемый электропривод с клапаном.

6. Система вентиляции. Вентиляция – процесс удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным. Вентиляция обеспечивает санитарно-гигиенические условия воздушной среды в помещении, благоприятные для здоровья и самочувствия человека, а также отвечающие требованиям санитарных норм и технологических процессов.

Вентиляционная система – совокупность устройств для обработки, транспортирования, подачи и удаления воздуха – по способу побуждения движения воздуха делится на естественную и механическую. При естественной вентиляции воздухообмен осуществляется из-за разницы давления снаружи и внутри здания. В вентиляционных системах с естественной вентиляцией теплый воздух выходит через воздухопроводы, а приточный наружный воздух подается внутрь за счет естественной конвекции. В отличие от систем с принудительной вентиляцией (механическая система), для работы такой системы не требуется электроэнергия, но естественная вентиляция является причиной лишнего расхода тепловой энергии. Дело в том, что вместе с удаляемым воздухом из помещения уходит тепло. Поэтому вместо того, чтобы отапливать здание, отапливается наружный воздух. Более высокой энергетической эффективностью обладают системы с принудительной приточно-вытяжной вентиляцией, в которой воздухообмен происходит за счет разности давления, создаваемого вентилятором. Но наибольшей энергетической эффективностью обладает система принудительной вентиляции с встроенным фанкойлом.

Фанкойл – это теплообменное устройство, которое предназначено для охлаждения или нагревания воздуха внутри помещения. Основной функцией фанкойла является регулирование температуры воздуха.

Внутри фанкойла находится радиатор (теплообменник) и вентилятор с электродвигателем. Вентилятор нагнетает воздух из помещения на теплообменник, в котором он либо охлаждается, либо подогревается, и затем возвращается в помещение. Изменяя скорость вращения вентилятора, регулируется температура внутри помещения. При достижении в помещении заданной температуры отключается только вентилятор, а поток теплоносителя через фанкойл не изменяется, что тем самым существенно не влияет на работу системы, к которой подключен теплообменник фанкойла. В фанкойлах устанавливают один или два радиатора. В первом случае фанкойл называется двухтрубным, во втором – четырехтрубным. Двухтрубные фанкойлы могут работать только с одним

теплообменником, т.е. либо нагревают, либо охлаждают поток воздуха. Четырехтрубные (с двумя теплообменниками) способны одновременно справляться с обеими функциями.

Выполнив привязку теплообменника четырехтрубного фанкойла к вентилятору приточной вентиляции здания, решается задача, с одной стороны, централизованного качественного кондиционирования воздуха на протяжении всего года, с другой – система приведет к экономии тепловой энергии в осенне-зимний период и экономии электроэнергии в весенне-летний период, потребляемой локальными кондиционерами.

7. Блок питания узла подключен через АВР от двух источников: основного – сети здания и дополнительного (аварийного) – солнечных батарей.

Для осуществления подключения от основной сети производится расчет мощности оборудования всего узла и выбор места подключения, ориентированного на отдельную группу вводного распределительного устройства здания.

8. Солнечная батарея состоит из множества фотоэлектрических преобразователей (фотоэлементов), которые превращают солнечную энергию в электрическую. Преобразование энергии в фотоэлектрических преобразователях основано на фотовольтаическом эффекте, который возникает в неоднородных полупроводниковых структурах при воздействии на них солнечного излучения.

Принцип работы солнечной батареи можно пояснить на примере преобразования с р-п-переходом. Электронно-дырочный переход создается путем легирования пластинки монокристаллического полупроводникового материала с определенным типом проводимости примесью, обеспечивающей создание поверхностного слоя с проводимостью противоположного типа. Концентрация легирующей примеси в этом слое должна быть значительно выше, чем концентрация примеси в базовом (первоначальном монокристалле) материале, чтобы нейтрализовать имеющиеся основные свободные носители заряда и создания проводимости противоположного знака. У границы п- и р-слоев в результате переходов зарядов образуются обедненные зоны с нескомпенсированным объемным положительным зарядом в п-слое и объемным отрицательным зарядом в р-слое. Эти зоны в совокупности и образуют р-п-переход.

Возникший на переходе потенциальный барьер (контактная разность потенциалов) препятствует прохождению основных носителей заряда, т.е. электронов р-слоя, но беспрепятственно пропускают неосновные носители в противоположных направлениях. Это свойство р-п-переходов и определяет возможность получения фото-ЭДС при облучении фотоэлектрического преобразователя солнечным светом.

Созданные светом в обоих слоях фотоэлектрического преобразователя неравновесные носители заряда (электронно-дырочные пары) разделяются на р-п-переходе: неосновные носители (электроны) свободно проходят через переход, а основные (дырки) задерживаются. Таким образом, под действием солнечного излучения через р-п-переход в обоих направлениях будет протекать ток неравновесных неосновных носителей заряда – фотоэлектронов и фотодырок, что как раз и нужно для работы фотоэлектрического преобразователя. Если замкнуть внешнюю цепь, то электроны из п-слоя, совершив работу на нагрузке, будут возвращаться в р-слой и там рекомбинировать (объединяться) с дырками, движущимися внутри фотоэлектрического преобразователя в противоположном направлении. Для сбора и отвода электронов во внешнюю цепь на поверхности полупроводниковой структуры фотоэлектрического преобразователя имеется контактная система. На передней, освещенной поверхности преобразователя контакты выполняются в виде сетки или гребенки, а на тыльной могут быть сплошными.

Как известно, солнечные батареи работают лишь при наличии солнечного света. Для полноценной работы установки в период отсутствия солнечного света необходимо

накапливать в аккумуляторной батарее электрическую энергию, вырабатываемую солнечными модулями в течение светового дня.

Аккумулятор – устройство для накопления энергии с целью ее последующего использования. Аккумуляторные батареи для фотоэлектрических систем должны соответствовать определенным требованиям, а именно: низкий уровень самозаряда, способность работать в режимах глубокого разряда, с малыми токами заряда, при отрицательных температурах (для системы круглогодичного использования) и иметь минимальные требования по обслуживанию. Такими качествами обладают так называемые аккумуляторные батареи глубокого цикла, которые могут выдерживать большое число циклов заряда/разряда. Для обеспечения необходимого резервирования электроэнергии необходима установка блока аккумуляторных батарей. Единый аккумуляторный блок составляется по средствам последовательного соединения батарей, избегая по возможности параллельного соединения аккумуляторов. Если батареи все же соединены между собой параллельно, то общая емкость будет равна сумме емкостей отдельных батарей, а общее напряжение не изменится. Для увеличения общего напряжения батареи их соединяют последовательно, т.е. «+» одной батареи с «-» другой и т.д. При этом общее напряжение будет равно сумме напряжений отдельных батарей, а общая емкость не изменится, но за счет повышения напряжения мощность, выделяемая на нагрузке, увеличится пропорционально количеству соединённых аккумуляторных батарей.

Завершающим элементом фотоэлектрической системы является инвертор. Инверторами называются комплексные источники бесперебойного питания, преобразующие постоянное напряжение в переменное (220 В). В задачу инвертора входит преобразование постоянного тока аккумуляторной батареи в переменный ток, если среди потребителей нагрузок имеются рассчитанные на такой тип напряжения. По типу выходного сигнала инверторы можно разделить на две основные группы. Первая – это инверторы с чисто синусоидальным выходным сигналом, имеющим на экране осциллографа плавно изгибающуюся кривую, описываемую синусоидой. Вторая группа – это генерирующие широтно-модулируемый сигнал. Такой сигнал имеет на экране осциллографа резкий передний и задний фронты, а также полюсную вершину. Первая группа инверторов дает сигнал, который почти полностью повторяет форму напряжения сети, а вторая группа имеет сигнал практически прямоугольной формы, и он подходит не всем потребителям.

Использовать энергию, генерируемую солнечными батареями, можно так же, как и энергию других источников питания. Каждый из них, являясь источником тока, поддерживает определенную силу тока при заданном напряжении. Но, в отличие от стандартных источников тока, мощностные характеристики солнечного элемента очень сильно зависят от интенсивности солнечного излучения. Облачность может уменьшить выходную мощность более чем на 50 %. Следует заметить, что напряжение холостого модуля мало зависит от освещенности, в то время как ток короткого замыкания, а, соответственно, и рабочий ток прямо пропорциональны освещенности. Кроме того, отклонения в технологических режимах влекут за собой небольшой разброс выходных параметров элементов одной партии. Кремневые фотоэлектрические преобразователи имеют нелинейные характеристики, и их нельзя описать формулой закона Ома. Вместо нее для описания характеристик фотоэлемента можно использовать семейство простых для понимания кривых – вольтамперных характеристик.

Несмотря на все достоинства солнечных батарей и перспективность будущей конкурентоспособности по стоимости с основным источником электроэнергии, коэффициент полезного действия составляет 15–20 %, что на сегодняшний день является нерентабельным с точки зрения установки солнечных батарей как основного источника питания электроэнергии. Но они позволяют решить вопрос работы узла в аварийном режиме при

отключении основного источника. При этом мощность солнечной батареи рассчитывается на мощность управляемых электроприводов с клапаном (средняя мощность такого привода составляет 3,5 ВА) и мощности питания самой системы управления, а время работы рассчитывается, исходя из времени реагирования и перехода системы в аварийный режим.

Источники тепловой энергии, приведенные на рис. 1, могут работать в параллельном режиме. Но одновременная работа всех трех элементов системы лишена смысла экономического подхода. Наиболее выгодна последовательная работа, которая в схеме решается установкой электроприводов с клапанами, а также установкой насосов с преобразователями частоты. Возникает вопрос выбора алгоритма работы, который даст наибольший экономический эффект. Построение алгоритма работы основывается на выборе источника, имеющего наименьшую себестоимость. Проанализировав среднюю стоимость производства 1 кДж энергии, было определено, что наиболее дешевым источником энергии является солнечный коллектор, т.к. необходимы затраты электроэнергии только на работу циркуляционного насоса. Вторым по сравнительной себестоимости является тепловой насос, для которого необходимы затраты электроэнергии на работу циркуляционного насоса низкопотенциального источника и компрессора. Соответственно, наиболее дорогим является источник централизованного теплоносителя.

Также при построении алгоритма взаимодействия работы источников тепловой энергии необходимо учесть следующее:

- режим потребления горячей воды, график работы отопительной системы и системы кондиционирования;
- параметры выходных показателей, в частности, температура;
- ограничение работы солнечного коллектора, который работает только при световом потоке;
- расчет оборудования альтернативных источников энергии целесообразнее проводить на среднюю тепловую нагрузку, т.к. при расчете на пиковую необходимо использовать оборудование со значительной избыточной мощностью, что сопряжено с нерациональным капиталовложением. При этом пиковая нагрузка покрывается основным источником тепловой энергии.

На рис. 2 представлен стандартный алгоритм работы схемы.

Словесный алгоритм осуществления работы по взаимодействию источников тепловой энергии можно сформулировать, используя следующую последовательность:

- задание начальных параметров (температура потребляемой воды, температура воздуха внутри помещения, график работы и др.);
- при наличии светового потока включение солнечного коллектора на малый цикл, при достижении заданной температуры переход коллектора на большой цикл;
- работа коллектора до отсутствия солнечного потока либо до снижения заданной температуры в системе потребления;
- отключение систем солнечного коллектора, включение теплового насоса, опрос датчика светового потока коллектора, при наличии светового потока – включение солнечного коллектора на малый цикл;
- работа теплового насоса до заданной температуры в системе коллектора либо понижения температуры в системе потребления;
- отключение системы теплового насоса, включение солнечного коллектора либо системы централизованного теплоносителя;
- при работе централизованной системы осуществляется опрос датчика светового потока и датчиков температуры. При достижении заданных параметров централизованная система отключается и включается в работу один из альтернативных источников.



Рисунок 2 – Алгоритм работы схемы

Экономический эффект при внедрении установки составит:

$$W = \frac{Q_{1l}C_t}{\Delta Q_{1l}\Delta C_t + \Delta Q_{12}\Delta C_{12}} 100 \%, \quad (3)$$

где Q_{1l} – расход тепловой энергии до модернизации; C_t – стоимость единицы тепловой энергии; ΔQ_{1l} – суммарный расход тепловой энергии после модернизации; ΔQ_{12} – суммарный расход электроэнергии после модернизации; ΔC_t – стоимость электроэнергии.

Прогнозированный экономический эффект составляет 60–75 %.

ВЫВОДЫ. В работе рассмотрена схема реконструкции стандартного теплового узла здания бюджетной сферы, в которой наряду со стандартными подходами к энергосбережению, такими, как установка управляемых насосных установок и регулируемых клапанов в сеть отопления и горячего водоснабжения, применены также и нестандартные, такие, как установка теплового насоса и солнечного коллектора. Рассмотрен вопрос установки в систему электрообеспечения солнечных батарей как источника аварийного питания. А в перспективе повышения КПД солнечных пластин – установка их как второго основного источника питания. Также рассмотрен вопрос централизованного кондиционирования воздуха средствами совмещения стандартной вентиляционной системы с системой фанкойла. Предложен алгоритм работы источников тепловой энергии в рамках единой системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев Г.П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли. – М.: Красная звезда, 2006. – 220 с.
2. Васильев Г.П., Хрустачев Л.В., Розин А.Г., Абуев И.М. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии. – М: ГУП «НИАЦ», 2001. – 66 с.
3. Лыков А.В. Тепломассообмен: Справочник. – М.: Энергетик, 1987. – 480 с.
4. Лантух Н.М., Щербатый В.С., Агеева Г.М. Комбинированная солнечно-электрическая система теплоснабжения. – 2006. – 20 с.

WAYS TO IMPROVE ENERGY EFFICIENCY ENERGY DEPARTMENT BUDGET SPHERE

M. Volzhan

City Hospital of Komsomolsk

ul. Mira, 10, Komsomolsk, 39801, Ukraine. E-mail: masha1414@e-mail.ua

A. Perekrest

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

ul. Pervomayskaya, 20, Kremenchug, 39600, Ukraine. E-mail: wey77@mail.ru

The basic scheme of reconstruction of the heating units and ventilation systems of buildings the public sector through the use of the variable speed drive systems, process automation and the use of alternative energy sources (solar and low-grade heat sources). The algorithm of interaction and performance of individual units within a single system to ensure efficient operation. It is noted that the proposed scheme is universal and can be used for any building, taking into account the characteristics and conditions of the implementation of development.

Key words: alternative energy heating system.

REFERENCES

1. Vasiliev G.P. *Heating and cooling buildings with low-grade thermal energy of the surface layers of the Earth*. – М.: Krasnaya zvezda, 2006. – 220 p.
2. Vasiliev G.P., Hrustachev L.V., Rosin A.G., Abuev I.M. *Guidance on the application of heat pumps using secondary energy resources and renewable energy sources*. – М: GUP "NIAC", 2001. – 66 p.
3. Lykov A.V. *Heat and mass transfer: Handbook*. – М: Energetic, 1987. – 480 p.
4. Lantukh N.M., Shcherbaty V.S., Ageev G.M. *Combined solar-electric heating system*. – 2006. – 20 p.



Перекрест Андрей Леонидович,
к.техн.н.,
доцент кафедры «Системы автоматического управления и электропривод» КрНУ,
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина.
Тел. (067)5302814.
E-mail: wey77@mail.ru



Волжан Мария Николаевна,
главный энергетик Комсомольской городской больницы,
ул. Мира, 10, г. Комсомольск, 39891, Украина
Тел. (096)6200254.
E-mail: masha1414@e-mail.ua

Стаття надійшла 17.05.2013
Рекомендовано до друку:
д.техн.н., проф. Загірняк М.В.