В.А.РЫБАК[1], И.М.РИМАРЕВ[2]

АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЫРАБОТКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЗАГОРОДНОГО ДОМА

[1]Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь, заведующий кафедрой, кандидат технических наук, доцент

[2]Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи», г. Минск, Республика Беларусь, преподаватель

Развитие технологий позволяет повышать эффективность в различных областях жизнедеятельности человека. В проводимых исследованиях авторы проектируют и реализуют систему для обеспечения удаленного загородного дома электрической и тепловой энергией. Важной задачей при этом является создание автоматизированной системы управления, которая позволит управлять поступлением и потреблением энергии с минимальным участием человека.

В разрабатываемой системе обеспечения энергией загородного удаленного дома используются плоские остекленные коллекторы. Конструкция: абсорберы с селективным покрытием, трубки с теплоносителем, теплоизоляция корпуса и прозрачное стеклянное покрытие. Преимуществами данного типа являются: проверенная и распространенная технология; хорошая годовая выработка для горячего водоснабжения; прочная конструкция; выгодное соотношение цены, долговечности и производительности.

Первая версия предложенной системы была представлена раздельной подсистемой фото панелей и солнечных тепловых коллекторов. В последующем было принято решение реализовывать гибридные решения – когда один модуль сочетает фотоэлектрический слой сверху и тепловой абсорбер сзади. Теплоноситель при этом отбирает тепло, одновременно снижая рабочую температуру солнечных панелей.

Для круглогодичной работы проработана эффективная система, состоящая из солнечных батарей, теплового насоса и солнечного коллектора. Первая – вырабатывает электричество для компрессора теплового насоса, а солнечный коллектор снижает потребность в другой энергии, нагревая буфер горячего водоснабжения (ГВС).

В предложенном решении предусмотрено два типа накопителей энергии для устойчивой работы системы – бак ГВС и аккумулятор электричества. При этом поддерживается принцип приоритетов: сначала удовлетворить текущую нагрузку, затем зарядить наиболее дешевый и эффективный накопитель, после чего использовать гибкие нагрузки.

Для управления такой системой разрабатывается автоматизированное решение, задачи которого: максимизировать полезный отбор солнечной энергии без перегрева, замерзания и лишнего потребления насосов; обеспечить заданную температуру горячей воды и комфорт в помещениях; распределять вырабатываемую солнечными батареями электроэнергию между нагрузкой дома, аккумулятором, тепловым насосом и сетью; снижать пиковую мощность и стоимость энергии; диагностировать неисправности (отсутствие циркуляции, перегрев, утечка, неверные показания датчиков, аварийное давление).

Минимальный и достаточный набор датчиков представлен следующими категориями: температура (установлены в коллекторе, верх/низ бака, подача/обработка отопления, наружный воздух, помещение; служат для дифференциального управления насосом, защита, погодозависимое регулирование), гидравлика (датчик давления, расходомет, датчик протечки; для контроля циркуляции, обнаружения утечки, диагностики), электричество (счетчик солнечных батарей, счетчик на вводе, ток/напряжение аккумулятора; баланс мощности, ограничение экспорта/импорта, безопасный заряд), погода (солнечная радиация, температура, облачность из прогноза; для прогнозного управления и оценки ожидаемой генерации), исполнители (насосы, трехходовые клапаны, сервоприводы, вентиляторы, реле, инвертор; для реализации команд контроллера).

Для автоматизации функционирования системы разработаны следующие базовые алгоритмы управления тепловым коллектором:

1. Дифференциальный термостат: включить циркуляционный насос, если температура коллектора выше температуры нижней зоны бака на заданную разницу ΔT; выключить насос, когда разница уменьшится до меньшего порога. Разные пороги включения и выключения создают гистерезис и предотвращают частые пуски.
2. Защита от замерзания: при опасно низкой температуре применяют незамерзающий теплоноситель в закрытом контуре, сливную (drainback) схему либо кратковременную циркуляцию — выбор зависит от конструкции и климата.
3. Защита от перегрева: остановка/ограничение отбора при достижении предельной температуры, отвод тепла в бассейн или дополнительный теплообменник, ночное охлаждение бака при допустимости, использование аварийных клапанов и правильно подобранного расширительного бака.
4. Антилегионеллезный режим ГВС: периодический нагрев бака до санитарно требуемой температуры должен выполняться безопасно и с учетом смесительного клапана.
5. Контроль качества работы: если насос включен, но перепад температур/расход не соответствует ожидаемому, система формирует предупреждение о завоздушивании, засоре, отказе насоса или датчика.

При этом упрощенно логику управления энергией можно описать следующим образом:

1. Солнечные панели в первую очередь покрывают текущую электрическую нагрузку дома.
2. При избытке энергии заряжается аккумулятор до заданного целевого уровня заряда, с соблюдением установленных лимитов.
3. Далее избыток направляется на гибкие тепловые нагрузки: тепловой насос для нагрева ГВС/буфера, затем – ТЭН как резервный «утилизатор» избытка при необходимости.
4. Если прогноз обещает солнечный день, допускается оставлять часть емкости аккумулятора свободной или откладывать нагрев бака; если прогноз плохой — заранее подогреть бак в экономически выгодное время.
5. При дефиците поступления от солнечных панелей приоритет получают критические нагрузки; тепловой насос и ТЭН ограничиваются по мощности или переносятся, если это не нарушает комфорт и санитарные требования.

Также важно учитывать ключевые инженерные риски и предложить пути их снижения:

– Перегрев в солнечные периоды при малом водоразборе: предусмотреть корректный объем бака, аварийный отвод тепла, режимы стагнации, термостойкие компоненты.

– Замерзание: использовать закрытый контур с подходящим теплоносителем или drainback; не полагаться только на электропитание насоса.

– Неправильная гидравлика: применять обратные клапаны, воздухоотводчики, предохранительные клапаны, расширительный бак, балансировку и теплоизоляцию труб.

– Низкая отдача из-за затенения и неверной ориентации: до монтажа оценить тени по сезонам; для солнечных панелей особенно критично локальное затенение.

– Завышенные ожидания зимой: солнечная выработка сезонна; система должна иметь резервный источник тепла и реалистичный расчет по местному климату.

– Недостаточная пожарная и электрическая безопасность: разъединители постоянного напряжения, защита от перенапряжений, заземление, правильно подобранные кабели и монтаж по действующим нормам.

Выводы

– Для частного дома солнечный коллектор целесообразно рассматривать как источник тепла, а не как прямой источник электричества.

– Наиболее универсальны плоские остекленные и вакуумные трубчатые коллекторы: первые часто дают лучший баланс стоимости и производительности, вторые выгодны при холоде, ветре или дефиците площади.

– Для одновременной выработки тепла и электричества применяют солнечные панели и гелиоколлекторы, но во многих проектах практичнее раздельная архитектура «солнечные панели + тепловой коллектор + накопители».

– Связка солнечных панелей с тепловым насосом и тепловым аккумулятором позволяет гибко превращать солнечную электроэнергию в полезное тепло.

– Автоматика – не дополнительная опция, а центральный элемент: она управляет потоками энергии, защищает систему от замерзания/перегрева и повышает долю собственного потребления.

– Итоговая эффективность определяется не только видом коллектора, но и теплоизоляцией дома, накопителями, гидравлической схемой, качеством монтажа, затенением и алгоритмами управления.