

СВЯЗЬ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ БЫТОВОГО КОНДИЦИОНЕРА С ТЕМПЕРАТУРОЙ И РАБОТОЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ В ПЕРИОД 2008-2009 ГОДЫ (по результатам цифровой регистрации)

В статье предлагается конструкция цифрового регистратора электрического тока и температуры. Рассмотрены результаты измерений электропотребления бытового кондиционера на длительном интервале времени в связи с изменениями температуры внешнего воздуха и работы системы центрального водяного отопления.

Ключевые слова: регистратор цифровой, микропроцессор, AVR Butterfly, LabView, последовательный интерфейс, ток, энергопотребление, температура помещения, бытовой кондиционер, температура внешнего воздуха, центральное водяное отопление, охлаждение, нагрев, тепловой насос, эффективность, тепловая мощность, суточные изменения температуры, тепломер.

У статті запропоновано конструкцію цифрового реєстратора електричного струму і температури. Розглянуто результати вимірів електроспоживання побутового кондиціонера на тривалому інтервалі часу у зв'язку із змінами температури зовнішнього повітря і роботи системи центрального водяного опалення.

Ключові слова: реєстратор цифровий, мікропроцесор, AVR Butterfly, LabView, послідовний інтерфейс, струм, енергоживлення, температура приміщення, побутовий кондиціонер, температура зовнішнього повітря, центральне водяне опалення, охолодження, нагрів, теплової насос, ефективність, теплова потужність, добові зміни температури, тепломір.

The construction of digital data recorder for electric current and temperature is proposed. Some results of household conditioner power consumption in relation with outdoor temperature and hot-water heating is considered along long term of observations.

Key words: digital logger, microprocessor, AVR Butterfly, LabView, serial interface, current, energy consumption, indoor temperature, household air-conditioner, outdoor temperature, central water heating, cooling, heating, heat pump, effectiveness, heat rating, daily temperature variations, calorimeter.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В настоящее время широкое распространение получили промышленные и бытовые электроприборы, работающие по достаточно сложной временной диаграмме. Это такие приборы как бойлеры, электропечи, термостаты, электрокамины, кондиционеры, тепловые насосы и многие другие электроприборы. Режим работы таких приборов зависит от параметров внешней среды и от целевых параметров (прежде всего температуры) в контролируемом объеме. Для контроля и оптимизации параметров системы, включающей в себя такой прибор, необходимо непрерывное наблюдение, как за работой прибора, так и за изменением параметров в системе на достаточно продолжительных интервалах времени. Непосредственный ручной контроль работы таких приборов затруднен длительностью циклов включения-выключения. Обычные интегрирующие счетчики электроэнергии не позволяют отслеживать динамику

энергопотребления и одновременно фиксировать параметры окружающей среды. Поэтому возникла задача разработки недорогого цифрового регистратора для фиксации энергопотребления и параметров среды.

В работе приводится описание устройства регистратора энергопотребления и температуры, приводятся результаты анализа работы бытового кондиционера на длительном интервале наблюдения в период с июля 2008 по октябрь 2009.

ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА РЕГИСТРАТОРА

Общий вид регистратора показан на рис.1.

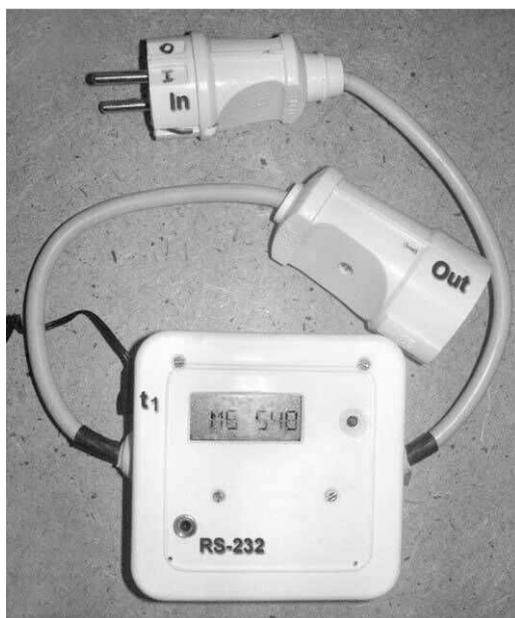


Рис. 1. Регистратор электро-энергопотребления и температуры

Регистратор собран в небольшом корпусе с сетевой вилкой на входе и розеткой на выходе, и подключается в качестве переходника между исследуемым устройством и силовой сетью электропитания. На корпусе регистратора имеются гнезда для подключения выносных датчиков температуры. На фотографии регистратора отмечены: вилка – In и розетка – Out сети электропитания; вход кабеля внешнего сенсора температуры – t_1 ; гнездо интерфейса с ПК – RS-232.

Данный регистратор изготовлен на базе платы AVR Butterfly. Возможности AVR Butterfly в качестве регистратора подробно рассмотрены в работе [1].

Регистратор фиксирует изменения напряжения в сети, тока нагрузки и температуры. Результаты измерений записываются во Flash-память устройства с темпом одно измерение в 10 секунд и периодически, примерно раз в 3 недели, сбрасываются по последовательному интерфейсу на персональный компьютер [2].

Укрупненная структурная схема регистратора показана на рис. 2.

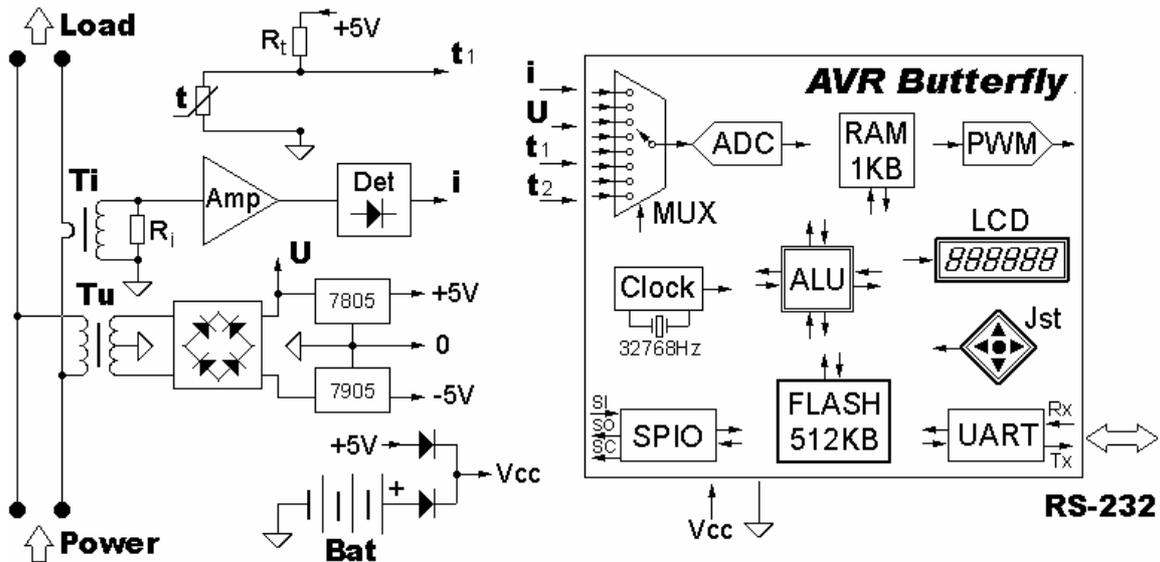


Рис. 2. Структурная схема регистратора на базе платы AVR Butterfly

На структурной схеме показаны наиболее существенные элементы регистратора:

- **Ti** – трансформатор тока. Преобразует ток нагрузки в ток эталонного резистора R_i благодаря тому, что напряжение на резисторе R_i пропорционально току нагрузки. Трансформатор намотан на кольцевом сердечнике, а первичная обмотка образована силовым проводом, пропущенным через кольцо сердечника;
- **Tu** – понижающий трансформатор. Используется для обеспечения основного питания регистратора и формирования вторичного контрольного напряжения пропорционального напряжению сети. Для выпрямления и стабилизации двухполярного напряжения питания используется диодный мост и линейные стабилизаторы 7805, 7905;
- **Amp** – усилитель сигнала датчика тока. Коэффициент усиления может дискретно переключаться в диапазоне значений 1, 2, 5, 10 (рис. 3). Это позволяет согласовать выходное напряжение усилителя с током нагрузки и контролировать как слаботочную, так и сильноточную нагрузку;
- **Det** – амплитудный детектор. Детектор собран по схеме прецизионного активного двухполярного детектора абсолютных значений с интегратором (рис. 3). Схема детектора заимствована из описания схемы цифрового мультиметра M890[3];
- **t** – резистивный (NTC) сенсор температуры. Вместе с эталонным резистором R_t образует преобразователь сопротивления датчика температуры в напряжение;
- **Bat** – резервная батарея. Обеспечивает работу часов регистратора при аварии сети электропитания;
- **Power** – вход силовой сети 220V; **Load** – исследуемая нагрузка.

На структурной схеме отмечены существенные для работы регистратора элементы платы AVR Butterfly:

- **MUX** – мультиплексор. Позволяет выбрать один из 8 измерительных каналов. Выходы датчиков тока, напряжения и температур подключены к своим измерительным каналам. Эти каналы последовательно опрашиваются с заданной периодичностью;
- **ADC** – аналого-цифровой преобразователь преобразует напряжение в измерительных каналах в 10-битный цифровой код;
- **Clock** – часы реального времени с кварцевой стабилизацией частоты. Часы обеспечивают привязку результатов измерения ко времени;
- **FLASH** – память. Именно емкость этой памяти – 512 KByte, определяет продолжительность сеанса измерений. Данная емкость позволяет записать примерно 400 тысяч 10-битных значений упакованных результатов измерений [1]. В частности, при измерениях по двум каналам с темпом 10 секунд этой емкости хватает примерно на 23 суток. Темп

измерений выбирался исходя из характерных параметров временной диаграммы работы кондиционера;

- **RS-232** – интерфейс с ПК. По заполнению памяти процесс регистрации временно прекращается. Регистратор подключается к персональному компьютеру, и данные перекачиваются на компьютер, где и осуществляется их последующая обработка. После перекачки процесс регистрации возобновляется;

- **LCD** – индикатор. Позволяет контролировать работу регистратора и помогает выбрать необходимый режим и каналы регистрации;

- **Jst** – джойстик на 5 направлений. Используется для управления регистратором.

На рис. 3 показана схема усилителя и детектора сигнала используемого в регистраторе для измерения тока.

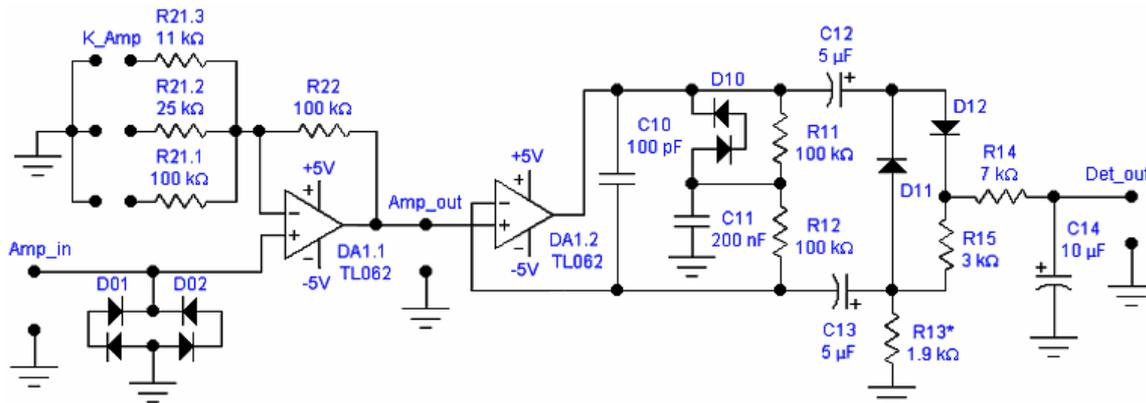


Рис. 3. Схема усилителя и детектора

Элементы схемы имеют следующее функциональное назначение:

- Операционный усилитель DA1.1 и резистивный делитель R22, R21 в цепи обратной связи образуют усилитель без инверсии. Коэффициент усиления задается положением переключки K_Amp. Диодные сборки D01, D02 защищают вход усилителя Amp_in от превышения напряжения.

- Операционный усилитель DA1.2 и элементы обвязки образуют прецизионный детектор абсолютных значений. Цепочка R11, R12 емкость C11 обеспечивают положение рабочей точки детектора. Диодная сборка D11 облегчает возврат детектора в рабочий режим после перегрузки. Максимальное напряжение на выходе детектора определяется падением напряжения на диодах D11. Емкости C11, C12 эффективно подавляют постоянную составляющую входного сигнала. Минимальные частоты детектирования определяются постоянной времени емкостей C11, C12 и резисторов R13-R15. Значения резисторов R13-R15 подобраны так, чтобы выходное напряжение на выходе детектора соответствовало эффективному значению синусоидального сигнала на входе.

- Цепочка резистор R14 и емкость C14 образуют фильтр низких частот для подавления пульсаций на выходе детектора. Чем больше постоянная времени этой цепочки, тем меньше уровень пульсаций, но при этом увеличивается инерционность схемы. Поэтому параметры цепочки выбирались из компромисса между пульсациями и инерционностью.

ОПИСАНИЕ ПОМЕЩЕНИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ КОНДИЦИОНЕРА И ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ.

Исследуется бытовой кондиционер Ferrolì, имеющий режим обогрева (режим теплового насоса). Максимальная мощность в режиме охлаждения 900 W, в режиме нагрева – 800 W. Заявленная изготовителем производительность в режиме охлаждения 2600 W, в режиме нагрева – 2800 W.

Кондиционер установлен под окном большой комнаты (площадь 17 м²) двухкомнатной квартиры (общая площадь 50 м²), расположенной на 9 этаже 9-тиэтажного дома (силикатный кирпич). Окна квартиры выходят на Юг. Над квартирой расположено чердачное помещение, бетонный потолок которого является крышей дома.

Датчик внешней температуры воздуха установлен вверху большого окна в непосредственной близости от внешней поверхности стекла в нише оконного проема таким образом, чтобы защитить его от прямых солнечных лучей. Фактически датчик регистрирует температуру воздуха на внешней поверхности дома. Поэтому его показания могут отличаться от значений температуры вдали от застройки.

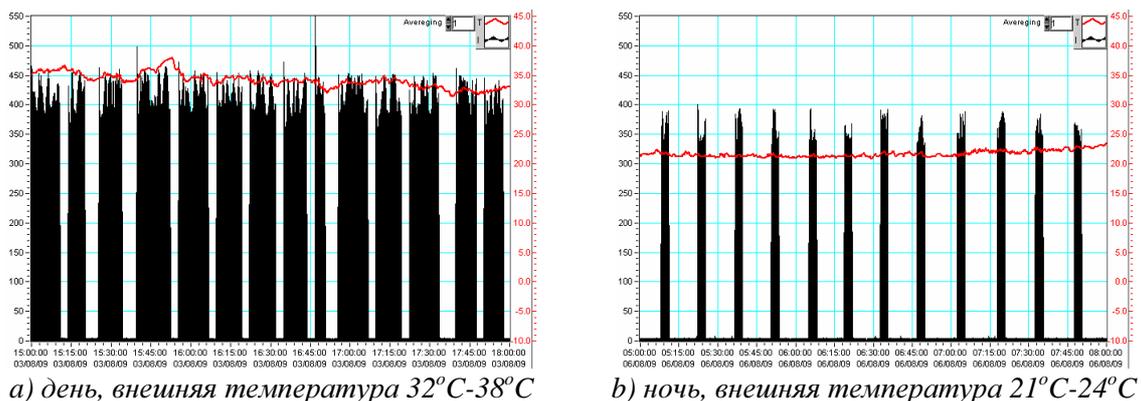
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

Приводятся зависимости энергопотребления в зависимости от температуры внешнего воздуха, условий отопления и целевого значения температуры в помещении в период с июнь 2008 по октябрь 2009 года.

Примеры графиков зависимости тока потребления в разных режимах и температуры внешнего воздуха в разных условиях и интервалах времени приведены на рис. 4-7.

РЕЖИМ ОХЛАЖДЕНИЯ

На рис. 4. показаны примеры изменения тока потребления кондиционера во времени на 3-часовых интервалах наблюдения (сплошная заливка, масштаб условный – единицы АЦП) и изменений температуры внешнего воздуха (ломанная кривая, градусы Цельсия).



а) день, внешняя температура 32°С-38°С

б) ночь, внешняя температура 21°С-24°С

Рис. 4. Диаграммы изменений тока потребления кондиционера в режиме охлаждения летом днем и ночью и изменений температуры внешнего воздуха

Здесь для кондиционера задан режим поддержания целевой температуры помещения 27°С. Кондиционер включается и выключается и днем и ночью со средней периодичностью около 15 минут. Днем, при высокой температуре внешнего воздуха, кондиционер включается на более продолжительное время, чем ночью, когда температура внешнего воздуха ниже. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что ночью температура внешнего воздуха ниже целевого значения температуры в помещениях, но кондиционер продолжает работать. Это связано с тем, что днем само здание нагрелось и ночью отдает тепло в помещение.

Зависимости потребления тока кондиционера приобретают более наглядный вид при усреднении на интервале большем, чем периодичность включений кондиционера. Такая зависимость для усреднения на часовом интервале (360 10-секундных отсчетов) приведена на рис. 5.

Здесь, как и для случая рис. 4, задан режим поддержания целевой температуры помещения 27°С. Верхняя кривая соответствует изменениям температуры внешнего воздуха. Нижняя – среднечасовому току потребления кондиционера. Изменения температуры внешнего воздуха имеют колебательный характер: максимум в послеполуденное время и минимум в послеполуночное время (ближе к 4 часам утра). Размах суточных изменений температуры внешнего воздуха определяется облачностью. В условиях облачности максимум дневной

температуры становится ниже. Т. е. амплитуда суточных изменений температуры может использоваться для косвенных оценок степени облачности.

Как видно из приведенной на рис. 5 зависимости, суточные изменения усредненных значений тока потребления кондиционера повторяют суточные изменения внешней температуры. Более того, прослеживается тесная связь между среднесуточными значениями температуры внешнего воздуха и среднесуточным током кондиционера. Детальнее зависимости среднесуточного энергопотребления в зависимости от температуры внешнего воздуха будут рассмотрены в специальном разделе данной работы.

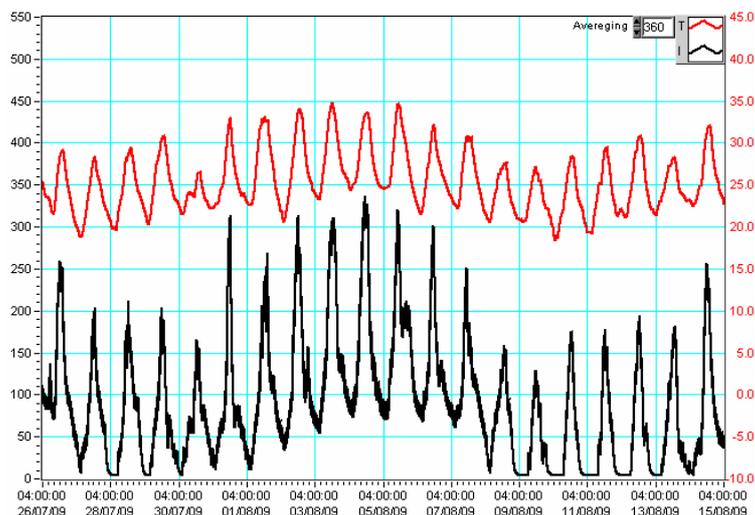
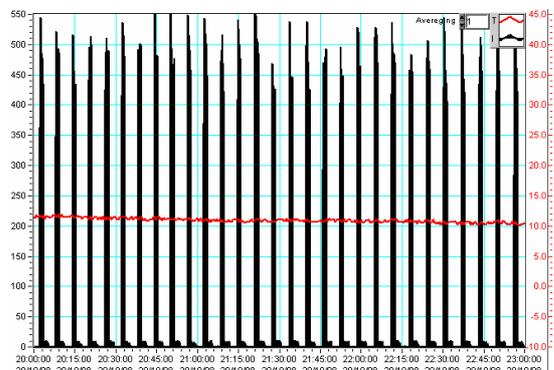


Рис. 5. Диаграммы изменений усредненных значений тока потребления кондиционера в режиме охлаждения летом и изменений температуры внешнего воздуха

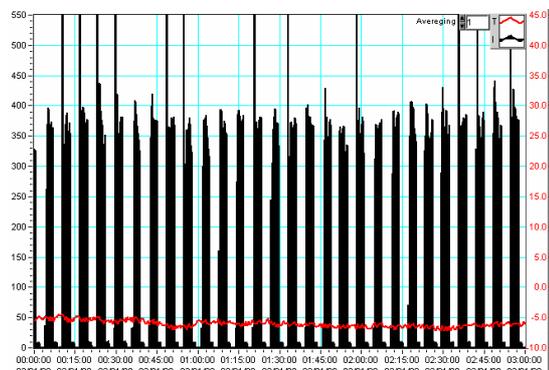
РЕЖИМ НАГРЕВА

В режиме нагрева кондиционер отбирает тепло от внешнего воздуха и перекачивает это тепло в помещение. Такой режим достигается реверсированием потоков теплоносителя в контуре кондиционера. Этот режим называется режимом теплового насоса. За счет перекачки внешнего тепла тепловая производительность может в несколько раз превышать мощность, потребляемую от электросети.

На рис. 6 показаны примеры изменения тока потребления кондиционера во времени на 3-часовых интервалах наблюдения (сплошная заливка) и изменений температуры внешнего воздуха (ломанная кривая) для условий положительной и отрицательной температуры внешнего воздуха.



a) осень, внешняя температура 10°C - 12°C



b) зима, внешняя температура -7°C - -5°C

Рис. 6. Диаграммы изменений тока потребления кондиционера в режиме нагрева при положительных (осень) и отрицательных (зима) значениях температуры внешнего воздуха

Здесь для кондиционера был задан режим поддержания целевой температуры помещения 22°C. Если в режиме охлаждения кондиционер включался со средней периодичностью

15 минут, то в режиме нагрева кондиционер включается и выключается со средней периодичностью около 5 минут. Зимой, при более низкой температуре внешнего воздуха, кондиционер включается на более продолжительное время, чем осенью.

Следует отметить, что работа кондиционера в условиях пониженных температур сопровождалась повышенным шумом компрессора, а процесс запуска имел сложный характер. На рис. 7. показан фрагмент регистрации тока потребления кондиционера зимой в условиях отрицательных температур внешнего воздуха (температура ниже -5°C).

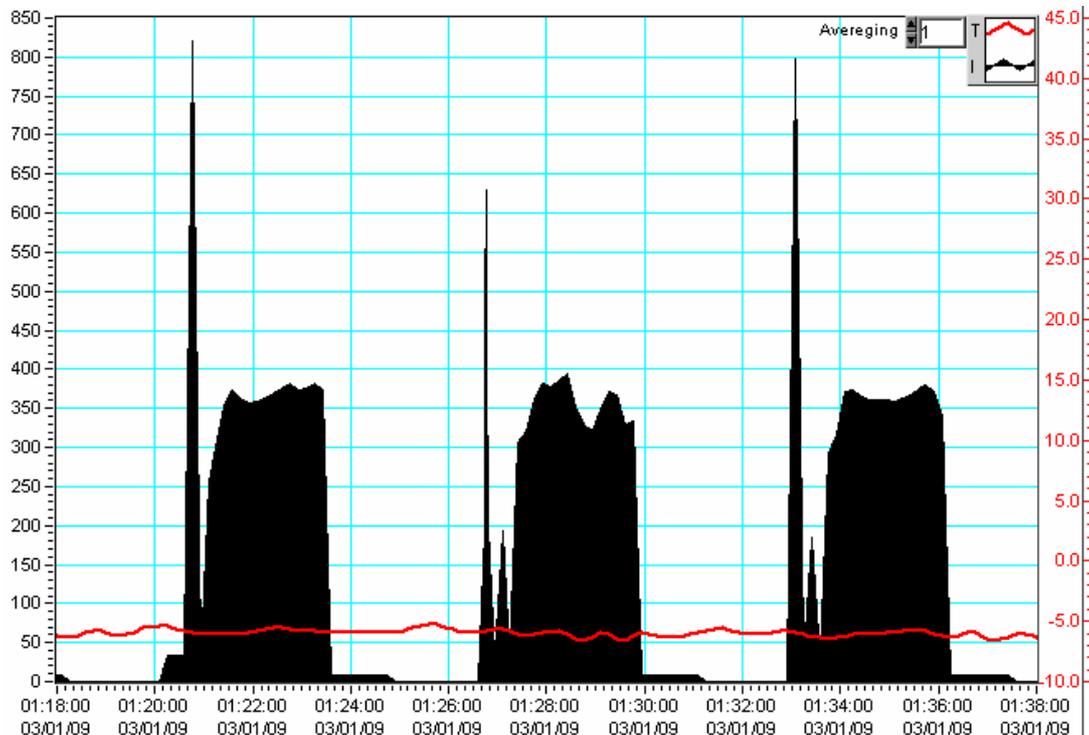


Рис. 7. Диаграммы изменений тока потребления в условиях отрицательных температур

При пуске кондиционер включался – начальный всплеск повышенного тока, и сразу же выключался, и только потом включался в нормальном режиме. Можно предположить, что в момент пуска хладагент в системе становился слишком густым, резко увеличивалась нагрузка на компрессор и срабатывала тепловая защита электродвигателя. Вероятнее всего, это свидетельствует о том, что конкретная модель не предназначена для работы при внешних температурах ниже -5°C .

Как видно из приведенных зависимостей параметры энергопотребления, а именно частота и длительность интервалов включения и выключения сильно зависят от внешних условий. Для описания энергопотребления удобно перейти к усредненному энергопотреблению на часовом интервале или на суточном интервале. Соответствующие зависимости для среднесуточного потребления приведены в последующих разделах.

На работу кондиционера в отопительный сезон существенное влияние оказывает работа системы централизованного водяного отопления. Поэтому для более детального анализа привлекались данные цифрового тепломера системы централизованного отопления СВТУ-10М.

ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ РАБОТЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Тепломер СВТУ-10М регистрирует энергопотребление на вводе системы центрального водяного отопления в 144-квартирный дом. Для расчета энергопотребления используются значения температур и объемов воды на вводе и выводе домовой системы отопления. Данные цифровой регистрации тепломера были скачаны в персональный компьютер по последовательному интерфейсу RS-232 с помощью специализированного программного обеспечения Sempal DM3 [4].

Программа Sempal формирует ежемесячные текстовые протоколы с указанием ежесуточных значений параметров системы центрального отопления, а именно, следующих параметров: Дата; Длительность регистрации в данных сутках (при аварии электропитания длительность меньше 24 часов); Температуры воды на входе и на выходе из системы; Масса воды на входе и на выходе из системы, и дефицит массы; Суточное энергопотребление в гигакалориях.

Данные протоколов программы Sempal были импортированы в программу обработки, реализованную в инструментальном пакете LabView. Эти данные обрабатывались совместно с результатами измерений описанного ранее регистратора тока и температур.

Следует отметить, что отопительный сезон в 2008 году начался 29.10.2008, а тепломер системы центрального водяного отопления был включен на 3 недели позже – 20.11.2008. Это обстоятельство следует учитывать при анализе результатов измерений, что отмечено на графиках среднесуточных зависимостей.

РЕЗУЛЬТАТЫ СУТОЧНОЙ РЕГИСТРАЦИИ

На рис. 8 приведены результаты регистрации изменений среднесуточной температуры внешнего воздуха T_{air} (верхний график) и энергопотребления кондиционера P (нижний график). Энергопотребление кондиционера приведено относительно максимальной мощности P/P_{max} : потребление в режиме охлаждения P_{cool} обозначено положительными значениями, а в режиме нагрева P_{heat} – отрицательными.

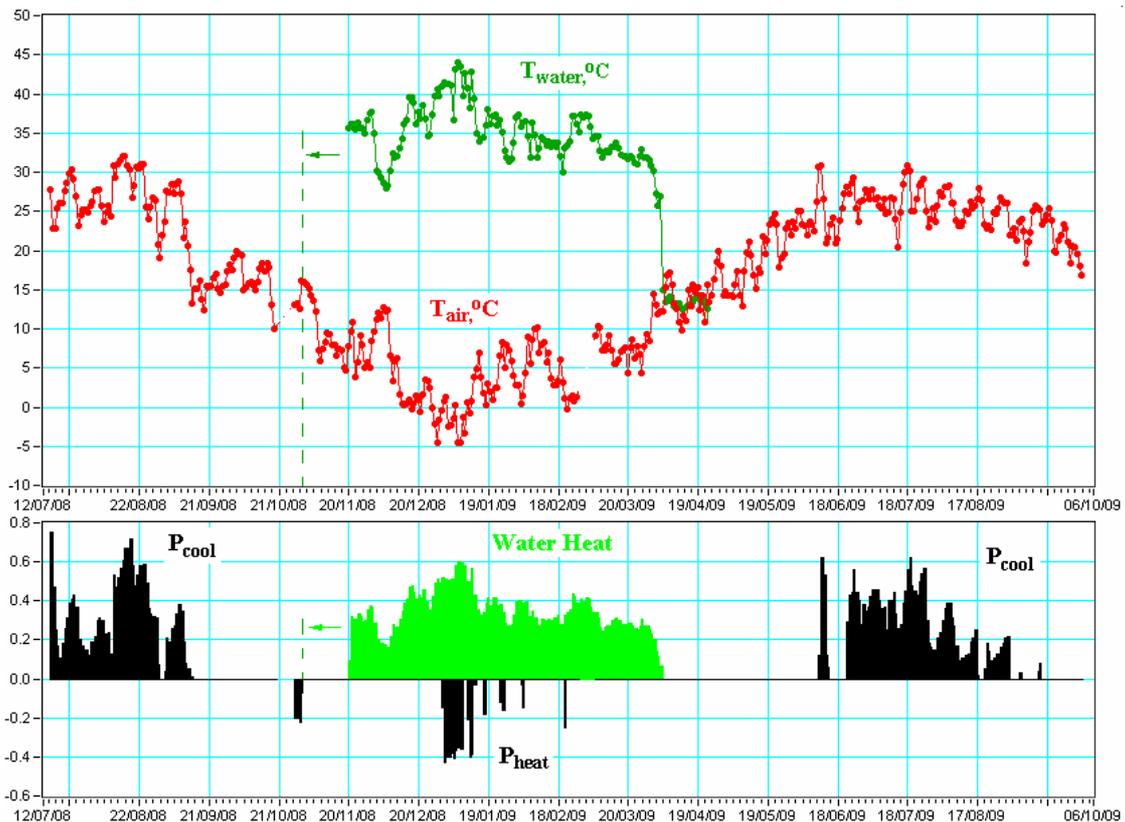


Рис. 8. Ежесуточные изменения средней температуры воздуха – T_{air} за окном, температуры воды на выходе из отопительной системы – T_{water} ; средней мощности кондиционера в режиме охлаждения – P_{cool} , обогрева – P_{heat} и мощность центрального отопления – $Water\ Heat$

На этих же графиках приведены параметры работы системы центрального водяного отопления: температура воды на выходе из дома T_{water} (верхний график) и изменения мощности потребления тепла в условных единицах.

Из графиков на рис. 8 видно, что имеется тесная связь между энергопотреблением кондиционера и температурой внешнего воздуха.

Ниже рассмотрены особенности работы кондиционера и системы центрального отопления в различных условиях.

ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ КОНДИЦИОНЕРА В РЕЖИМЕ ОХЛАЖДЕНИЯ

Режим работы кондиционера зависит от целевого значения температуры в помещении. В качестве целевого значения комнатной температуры для кондиционера в режиме охлаждения преимущественно задавалась температура 27°C.

На рис. 9 приведены регрессионные зависимости среднесуточного энергопотребления кондиционера в зависимости от суточных значений внешней температуры: T_{\min} – минимальной, T_{avr} – средней, T_{\max} – максимальной.

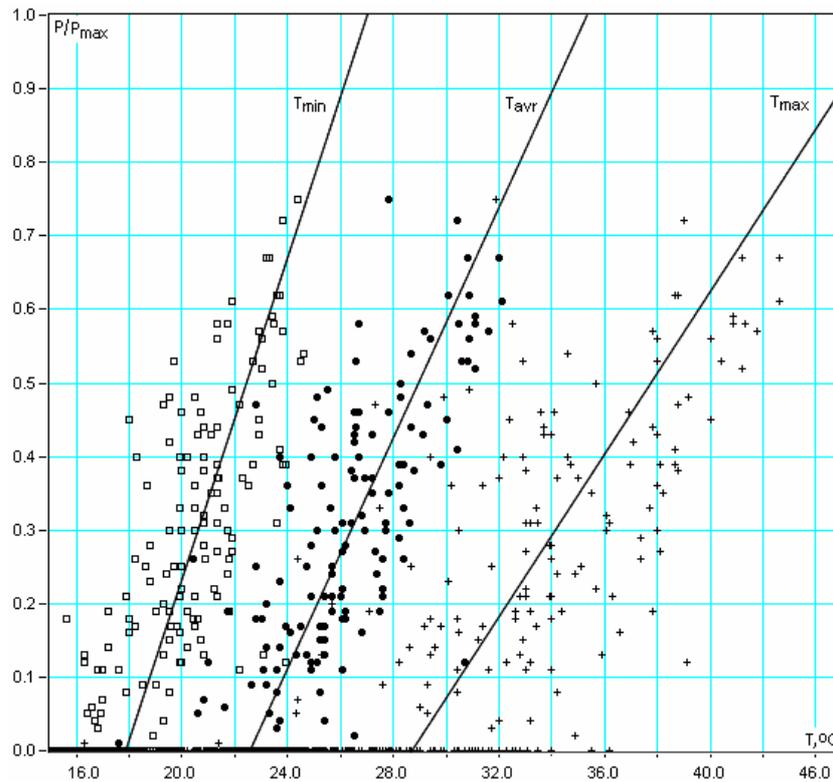


Рис. 9. Зависимость среднесуточной относительной мощности потребления кондиционера P/P_{\max} в режиме охлаждения от значений внешней температуры воздуха: T_{\min} – минимальной, T_{avr} – средней, T_{\max} – максимальной

Так как в качестве целевого значения температуры преимущественно задавалась 27°C, то кондиционер практически не потреблял энергии в условиях, когда максимальная дневная внешняя температура была ниже 28°C.

Из зависимости на рис. 3 видно, что увеличение максимальной внешней температуры на каждый градус увеличивает энергопотребление примерно на 6 % относительно максимального значения.

Среднесуточное энергопотребление кондиционера лучше всего описывается среднесуточным значением внешней температуры:

$$P/P_{\max} = (T_{\text{air}} - T_0) \cdot K; \quad T_0 = 23^\circ\text{C}; \quad K = 1/12^\circ\text{C}.$$

В условиях наблюдения средняя внешняя температура не поднималась выше 32°C, соответственно, максимальное среднесуточное энергопотребление практически не поднималось выше 0,7 от максимального значения.

Зависимость от минимальных ночных значений внешней температуры становится значимой, когда ночная температура поднимается выше 23°C.

На энергопотребление кондиционера влияет как внешняя температура, так и целевая температура помещения. При этом изменение целевой температуры на один градус меняет энергопотребление примерно на 8 % от максимального энергопотребления.

ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ КОНДИЦИОНЕРА В РЕЖИМЕ НАГРЕВА

На рис. 10 приведена укрупненная диаграмма энергопотребления кондиционера для периода отопительного сезона. По сравнению с зависимостью на рис. 8 здесь добавлен диапазон суточных изменений температуры около среднего значения – заштрихованная область на верхнем графике. Как отмечалось ранее, при обсуждении зависимостей на рис. 5, диапазон изменений температуры (T_{\min} – минимальная – T_{\max} – максимальная) позволяет оценить степень облачности: широкий диапазон – отсутствие облачности; узкий диапазон – облачность.

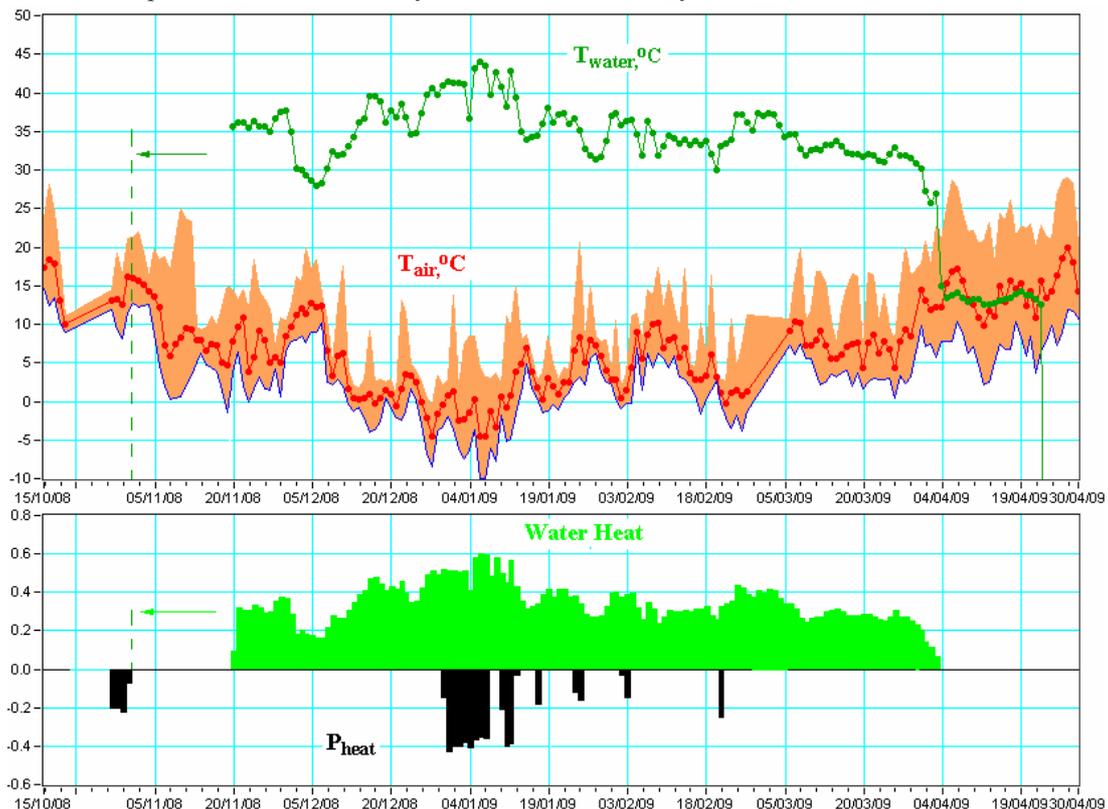


Рис. 10. Ежесуточные изменения диапазона температур воздуха – T_{air} за окном (минимум, средняя, максимум); температуры воды на выходе из отопительной системы – T_{water} ; средней мощности кондиционера в режиме охлаждения – P_{cool} , обогрева – P_{heat} и мощность центрального отопления – Water Heat в период отопительного сезона

Следует отметить, что отсутствие точек на графике среднесуточной температуры воздуха соответствует разрывам в регулярности регистрации. Такие разрывы длительностью в несколько дней имели место в конце октября 2008 и в конце февраля – начале марта 2009.

Энергопотребление кондиционера для режима обогрева обозначено отрицательными значениями P_{heat} , и приведено относительно максимальной мощности P/P_{max} .

На этих же графиках приведены параметры работы системы центрального водяного отопления: температура воды на выходе из дома T_{water} (верхний график) и изменения мощности потребления тепла в условных единицах.

Кондиционер был включен в режим отопления непосредственно перед началом работы системы центрального отопления. Ночная температура воздуха за окном при этом упала ниже 10°C.

Кондиционер дополнительно включался в режиме отопления в конце 2008 и в начале 2009 года, когда ночная температура за окном упала ниже – 5°C. В этих условиях тепла системы центрального отопления не хватало для обеспечения нормальной температуры в помещении.

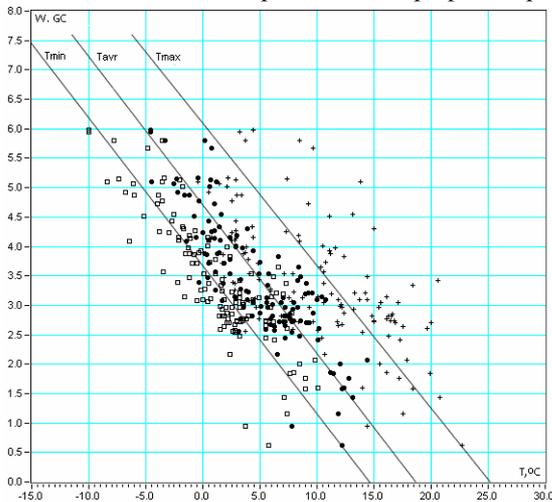
Температура в помещении в ночное время опускалась до 16°C . А кондиционер поднимал эту температуру с $16-18^{\circ}\text{C}$ до 22°C , работая на уровне 0,4 от максимальной мощности. Т. е. кондиционер потреблял около 300 W. Для получения аналогичного эффекта с обычным электронагревателем была бы нужна мощность не менее 1 KW.

Это свидетельствует об эффективности работы кондиционера в режиме теплового насоса. Однако, как уже отмечалось ранее, конкретная модель не предназначена для работы при внешних температурах ниже -5°C . Работа кондиционера в этих условиях пониженных температур сопровождалась повышенным шумом компрессора, а процесс запуска протекал с осложнениями (рис. 7).

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

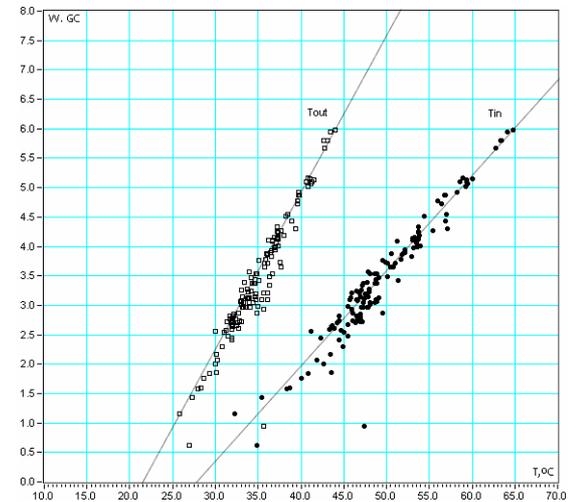
Из графиков на рис. 8 и рис. 10 видно, что параметры работы системы теплоснабжения тесно связаны с температурой внешнего воздуха. Чем ниже температура воздуха, тем больше потребление энергии W , и наоборот. Кроме того, температура теплоносителя на выходе T_{out} и входе T_{in} в систему отопления дома тесно связана с уровнем потребления энергии. Чем выше температура теплоносителя, тем больше потребление энергии.

Эти особенности отражены на графиках рис. 11-12.



а) зависимость от внешних температур:

T_{min} – минимальной, T_{avr} – средней,
 T_{max} – максимальной.



б) зависимость от температуры воды на входе – T_{in} и выходе – T_{out} из системы.

Рис. 11. Взаимные зависимости энергии W в системе отопления и температур.

На рис. 11 показаны регрессионные зависимости энергии потребляемой из системы центрального отопления и температур внешнего воздуха. Суточное потребление тепловой энергии 144-квартирным домом приведено в единицах гигакалория/день.

На рис. 11а показана зависимость энергии W , потребляемой из системы отопления от температур внешнего воздуха: T_{min} – минимальной, T_{avr} – средней, T_{max} – максимальной.

На рис. 11б показана зависимость потребляемой энергии W от температуры воды на входе – T_{in} и выходе – T_{out} из системы центрального отопления.

На рис. 12 показаны регрессионные зависимости для температур воды в системе центрального отопления и температур внешнего воздуха.

На рис. 12а показана связь температуры воды на выходе – T_{in} и на входе – T_{out} в системе центрального отопления.

На рис. 12б показана зависимость температуры T_{out} на выходе из системы центрального отопления от среднесуточной температуры внешнего воздуха T_{air} .

Приведенные зависимости могут использоваться при грубых оценках работы системы центрального водяного отопления и оценках ее эффективности.

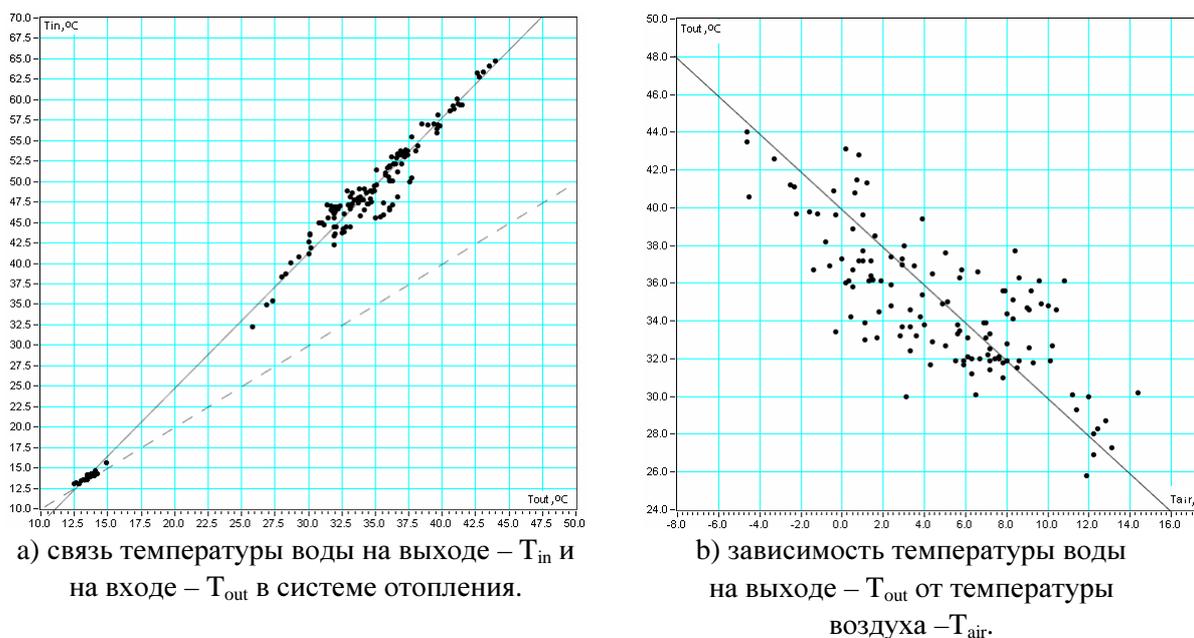


Рис. 12. Взаимные зависимости температур воды и воздуха

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Разработан регистратор тока бытовых электроприборов и температур для многодневных интервалов наблюдения на базе платы AVR Butterfly.
2. Получены результаты измерений тока потребления бытового кондиционера и температуры внешнего воздуха на интервале июль 2008 – октябрь 2009 с темпом измерения 10 секунд.
3. Установлена количественная связь энергопотребления кондиционера в режиме охлаждения с температурой внешнего воздуха. В частности показано, что изменение среднесуточной температуры внешнего воздуха или целевой температуры в помещении на 1 градус меняет энергопотребление примерно на 8 % от максимального значения.
4. Показана высокая эффективность работы кондиционера в режиме теплового насоса. Вместе с тем отмечается, что конкретная модель кондиционера малоприспособна для температур внешнего воздуха ниже -5°C .
5. Показана тесная связь параметров, характеризующих работу системы центрального водяного отопления между собой и с температурой внешнего воздуха. Это позволяет использовать сокращенный набор параметров для грубой оценки работы системы отопления и оценки ее эффективности. В частности, для оценки энергопотребления из системы отопления достаточно знать температуру воды на выходе из системы.
6. Полученные результаты по связи энергопотребления с целевой температурой помещения и температурой внешнего воздуха могут быть полезны при оценках энергозатрат и оптимизации работы бытовых кондиционеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кубов В.И. Оценка возможности построения автономного регистратора на базе AVR Butterfly для целей мониторинга // Наукові праці. Т. 49, Вип. 36. Техногенна безпека. Миколаїв: МДГУ ім. Петра Могили. – 2006. – С. 45-51.
2. Кубов В.И. Обмен данными с микроконтроллерным устройством на основе AVR Butterfly в инструментальном пакете LabView // Наукові праці. Т. 77, Вип. 64. Техногенна безпека. Миколаїв: МДГУ ім. Петра Могили. – 2008. – С. 75-79.
3. Садченков Д.А. Современные цифровые мультиметры. – Москва: СОЛОН-Пресс, 2002. – 112 с.

4. Sempal Device Manager. СЕМПАЛ Ко Лтд, 1999-2005 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sempal.com>.

Рецензенты: д.т.н., профессор Кутковецкий В.Я.;
к.т.н., доцент Сирота О.А.

© Кубов В.И., 2010

Статья поступила в редколлегию 04.11.2009 г.