

Приведен обзор способов и технических решений по аккумулированию энергии в бытовом секторе для определения технических возможностей решения задачи выравнивания графика нагрузки энергосистемы посредством бытовых потребителей-накопителей энергии

УДК 621.316

А.П. Лазуренко, к.т.н., проф.,
 Г.И. Черкашина, аспир.,
 Национальный технический университет
 «Харьковский политехнический институт»

АККУМУЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГИИ В БЫТОВОМ СЕКТОРЕ

Введение. Постоянное повышение тарифов на услуги электро- и, особенно, теплоснабжения, в отдельных случаях некачественность этих услуг или их отсутствие в бытовом секторе привело к появлению в отдельных квартирах автономных систем отопления и горячего водоснабжения. Вид топлива, на котором работают установки зависит от выбора и пожеланий владельцев квартир и в большинстве случаев не согласовываются с техническими условиями жилых домов по сечению подводящего кабеля в доме, давлению в газопроводе, требуемому уровню вентиляции и вытяжки отходящих газов.

В период с 2000 по 2006 гг. в Украине было куплено более 300 тыс. единиц электроводонагревателей (ЭВН). На рис.1 представлена статистика и прогнозируемый объем продаж ЭВН в нашей стране [1].

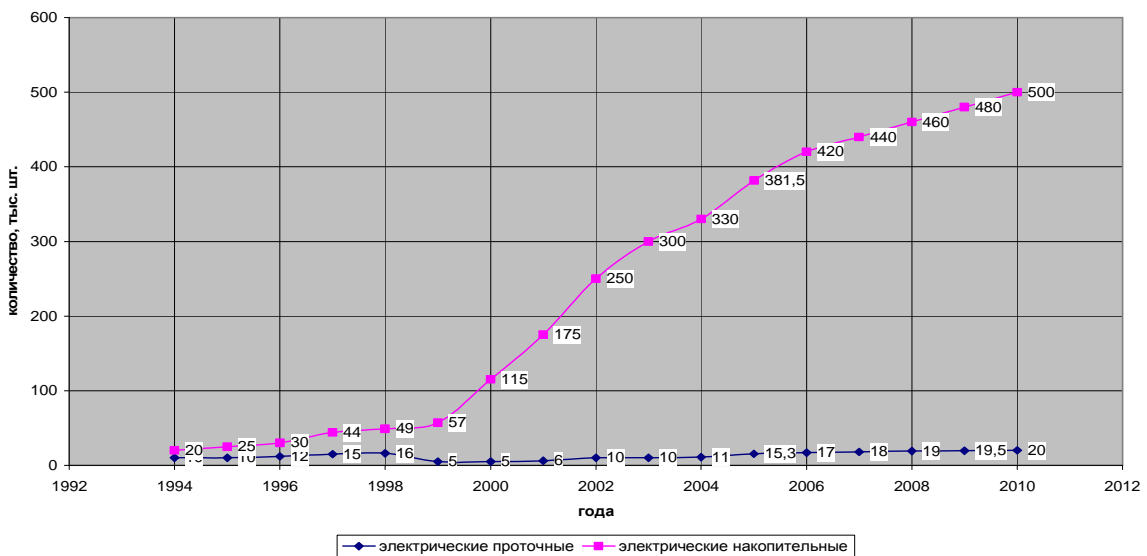


Рис. 1. Статистика и прогнозируемый объем продаж водонагревателей в Украине

Таким образом, в период с 2000 по 2006 гг. только за счет ЭВН нагрузка в бытовом секторе увеличилась на 3974,75 кВт, учитывая, что установленная единичная мощность ЭВН проточного типа, распространенного среди населения – 20 кВт, накопительного типа – 1,5 кВт.

В свою очередь, сегодня доля потребления электрической мощности бытовым сектором в общей структуре потребления составляет около 35%. В качестве примера рассмотрим структуру потребления электрической мощности по Украине в зимний режимный день измерений на 18.00 [2]

<i>ГРУППЫ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ</i>	<i>Мощность, МВт</i>	<i>Удельный вес, %</i>
Потребление электрической мощности (брутто)	26171	
Потребление электрической мощности потребителями (нетто)	19260	100
1 Промышленность всего,	8839	45,9
в том числе		
– топливная	1273	6,6
– металлургическая	4179	21,7
– химическая и нефтехимическая	819	4,3
– машиностроительная	1087	5,6
– строительных материалов	283	1,5
– пищевая	442	2,3
– другие	756	3,9
2 Строительство	70	0,4
3 Транспорт	1290	6,7
4 Сельское хозяйство	592	3,0
5 Коммунальное хозяйство	1117	5,8
6. Освещение, бытовая нагрузка, другие потребители	7351	38,2

Вышеизложенное позволяет говорить о том, что энергосистема (ЭС) больше не может относиться к бытовому потребителю электрической энергии (ЭЭ) как к пассивному звену в своей структуре. Уровень и график потребления бытового сектора позволяет разработать перспективные технические мероприятия, направленные на увеличение эффективности работы ЭС.

Как известно, к мероприятиям по повышению эффективности использования энергии у потребителя относят переход на более совершенные и менее энергоемкие технологии, использование вторичных энергетических ресурсов, а также выравнивание временных несоответствий между производимой энергией и потребностями в ней посредством аккумулирования энергии [3].

Данная статья посвящена обзору существующих способов и установок аккумулирования энергии, а также возможности применения их в бытовом секторе.

1 Существующая классификация систем аккумулирования энергии [4]:

1. Электрические системы аккумулирования:

- электростатическая система (емкостной накопитель);
- индуктивная система.

2. Химические системы аккумулирования:

- электрохимические батареи или комбинация электрохимических батарей.

В настоящее время электрические и химические системы достаточно дороги и не приспособлены для использования в бытовых условиях.

3. Механические системы аккумулирования энергии предназначены для эксплуатации на уровне электрических станций:

- гидроаккумулирующие станции;
- газоаккумулирующие станции (аккумулирование энергии в виде механической энергии сжатых газов, в частности водорода);
- маховые колеса;

4. Аккумуляторы тепловой энергии:

По природе аккумулирования:

- теплоемкостные;
- аккумуляторы с фазовым переходом;

- термохимические аккумуляторы.

По уровню рабочих температур:

- низкотемпературные (до 100 °С);
- среднетемпературные (от 100 до 400 °С);
- высокотемпературные (свыше 400 °С).

По продолжительности периода заряда-разряда:

- краткосрочные (до 3-х суток);
- среднесрочные (до 1 месяца);
- межсезонные (до полугода).

Накапливать электрическую энергию в бытовых условиях «напрямую», не затрачивая значительных средств, на современном этапе развития науки и техники не представляется целесообразным[4]. Следовательно, следует искать пути так называемого «косвенного» накопления электрической энергии. Одним, из них может быть аккумулирование тепловой энергии, полученной посредством конвертирования электрической энергии в ЭВН и электроотопителях (ЭО). Это даст возможность превратить бурный рост нагрузки за счет массовой установки ЭВН (рис.1) в мощный рычаг управления энергопотреблением для целей выравнивания графиков нагрузки энергосистемы Украины и, как следствие, повышение эффективности функционирования ЭС.

2 Технические решения, связанные с возможностью аккумулирования тепловой энергии в быту

Будем рассматривать технические решения с точки зрения удовлетворения соответствующих энергетических и эксплуатационных показателей, а именно: удельная мощность, удельная энергия, удельная стоимость накопителя энергии, время заряда-разряда, срок службы, КПД, саморазряд, безопасность, простота обслуживания, вид вырабатываемой и потребляемой энергии.

Использование зонных тарифов направлено на выравнивание графика электрической энергии на протяжении суток. Таким образом, нас будет интересовать краткосрочное аккумулирование. Условиям безопасности и реализуемости в условиях индивидуальных хозяйств наилучшим образом соответствуют:

- по уровню рабочих температур – низкотемпературное аккумулирование;
- по природе аккумулирования – теплоемкостное и использующее тепловые эффекты обратимых фазовых переходов[4].

2.1 Теплоемкостное аккумулирование тепла

2.1.1 Электроводонагреватели

Простейшим и наиболее распространенным сегодня устройством аккумулирования тепла за счет теплоемкости может служить ЭВН, где в качестве аккумулирующей среды используется вода. Сохранение тепловой энергии, накопленной водой, осуществляется за счет изолирующих свойств стенок водонагревателя. Запасая электрическую энергию ночью, в период провала ее потребления можно уменьшить или даже исключить необходимость расходовать ее на нужды горячего водоснабжения днем. Такой вариант реализации аккумулирования электрической энергии, посредством ее преобразования в тепловую, может быть осуществлен путем переноса времени включения ЭВН с дневного на ночное, а также увеличение емкости ЭВН до 120 л, что покроет дневные потребности среднестатистической семьи в горячей воде[5].

2.1.2 Электроаккумуляционное отопление

В таких системах энергия накапливается посредством передачи тепла от ЭО аккумулятору в часы «провала» нагрузки ЭС непосредственно, либо при помощи промежуточной среды, например воды. В качестве аккумулирующей среды могут использо-

ваться твердые теплоаккумулирующие материалы (ТАМ): металлы (низколегированная сталь, чугун медь, алюминий); неметаллы (клинкер (огнеупорная глина), Al_2O_3 (90%), MgO (90%), феолит, скальные породы, песок, грунт). По месту расположения теплонакопитель может быть стационарным, располагаться, например, под зданием, путем встраивания его в подвальное пространство (рис. 2),

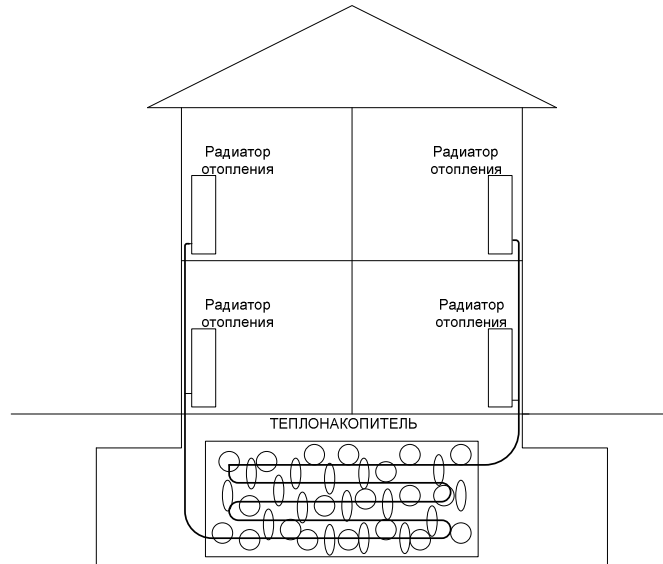


Рис. 2. Электроаккумулирующее отопление со стационарным ТАМ [6] или переносным (меньшего объема), расположенным внутри здания (рис. 5).

2.1.3 Энергосберегающая конструкция зданий

Воздух в жилом помещении и конструкции жилых зданий также являются емкостными накопителями тепловой энергии. Существуют уже реализованные проекты «энергопассивных» зданий, где нет необходимости иметь систему отопления как постоянно функционирующую в отопительный период [6]. Для этого стены зданий утепляют материалами с низкой теплопроводностью (например, прессованная солома, торфоблоки, материалы на основе базальта, вспененного стекла и глины или обычный пенопласт).

2.2 Аккумуляторы, использующие тепловые эффекты обратимых фазовых переходов

Данное направление активно разрабатывается ввиду того, что аккумуляторы такого типа характеризуются более высокой плотностью теплового потока при малом объеме ТАМов. Причем фазовый переход используется не только для аккумуляции тепла, но и для накопления холода. Таким образом, возможно циклирование, т.е. эффективное двойное использование системы аккумуляции в климатических зонах, где нагрузки на охлаждение в летнее время сопоставимы с нагрузками на отопление зимой.

2.2.1 Электроаккумуляционное отопление с накопителем тепла на фазовых переходах[7]

Процесс зарядки накопителя тепла осуществляется в период ночного провала потребления электроэнергии. Нагретый теплоноситель первого контура поступает в теплообменник 7, нагревает теплоноситель зарядного контура до температуры, превышающей температуру плавления материала сердечника в накопителе тепла 1. Нагретый теплоноситель поступает в зарядные трубки 2 накопителя тепла 1, а после охлаждения - на вход в насос 6 и после насоса вновь в зарядный теплообменник 7. В теплообменнике

7 количество тепла, передаваемое из I (II) контура в зарядный контур, регулируется расходом теплоносителя в зарядном контуре, задаваемым насосом 6.

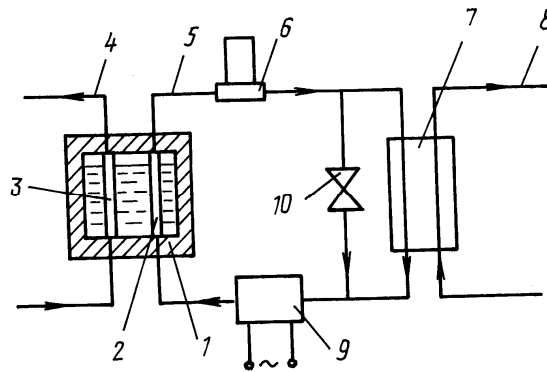


Рис. 3. Теплоэлектрическая установка с накопителем тепла на фазовых переходах

1 – накопитель тепла; 2 – трубки для прохода теплоносителя зарядного контура; 3 – 2 – трубки для прохода теплоносителя разрядного контура; 4 – разрядный контур; 5 – зарядный контур; 6 – насос; 7 – теплообменник; 9 – теплообменник для нагрева теплоносителя электрической энергией от сетей; 10 – регулирующий вентиль

2.2.1 Аккумулятор холода [8]

Схема состоит из двух контуров – первичного и вторичного. Первичный контур служит для зарядки аккумулятора холода. В этом контуре охлаждающая жидкость циркулирует с постоянным расходом и изменяющейся температурой. Во вторичном контуре охлаждающая жидкость циркулирует с постоянной температурой, но с переменным расходом (рис.4).

В теплообменнике (испарителе) водоохладителя 1 фреон испаряется и понижает температуру охлаждающей жидкости. Насосы 6 и 11 обеспечивают циркуляцию жидкости по первичному и вторичному контурам. Регулировка расхода охлаждающей жидкости по вторичному контуру осуществляется трехходовым вентилем 5.

Режим накопления холода происходит следующим образом: в период, когда не требуется охлаждать нагрузку, работает только первичный контур. Температура охлаждающей жидкости понижается до температуры, меньшей точки кристаллизации заполнителя в капсулах, которые заполняют аккумулятор холода. Фазовое состояние заполнителя изменяется, при этом абсорбируется энергия охлаждения. В этом режиме работает только насос 11, открыты клапаны 3 и 12, а трехходовой вентиль 5 закрыт полностью.

По мере кристаллизации коэффициент теплопередачи постепенно уменьшается и температура охлаждающей жидкости понижается. Понижение температуры характеризует окончание цикла зарядки. По установленной температуре термостат отключает холодильную машину.

Для использования холода аккумулятора клапаны 3, 10 и 12 закрыты, компрессор холодильной машины выключен и в теплообменник кондиционера поступает жидкость, охлаждаемая в аккумуляторе холода.

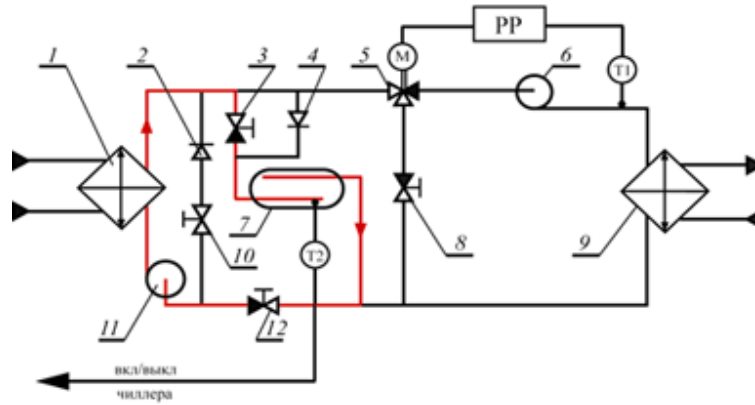


Рис. 4. Схема аккумулятора холода

1 – теплообменник водоохладителя; 2, 4 – обратные клапаны; 3, 10, 8, 12 – вентили; 5 – трехходовой вентиль; 6, 11 – насосы; 7 – аккумулятор холода; 9 – теплообменник кондиционера

3 Пример схемного решения аккумулирования тепловой энергии в быту с использованием аккумуляторов фирмы JASPI [9]

В сочетании с автономным источником теплоснабжения может быть использована следующая схема подключения аккумулятора:

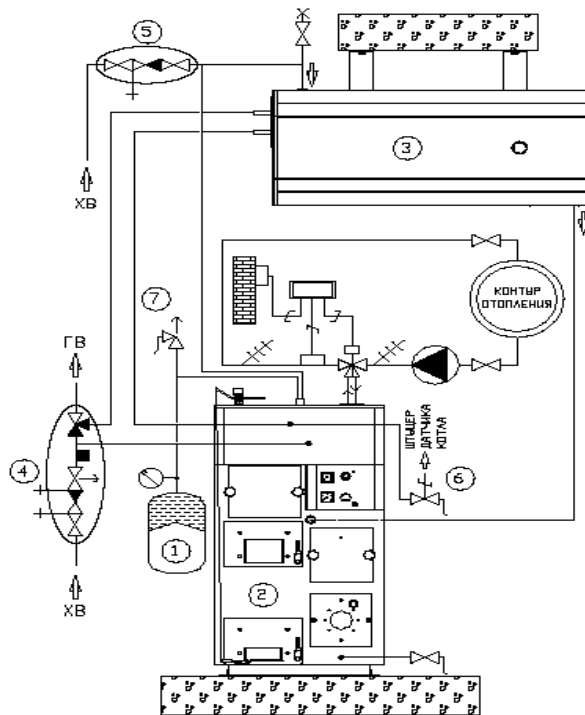


Рис. 5 Схема тепло- и горячего водоснабжения жилого дома с использованием аккумулятора энергии

1 – мембранный расширительный бак; 2 – комбинированный котел; 3 – аккумулятор энергии; 4 – смесительный термостатический клапан ГВС; 5 – клапан наполнения котловой воды; 6 – термический предохранительный клапан; 7 – предохранительный клапан 1,5 бар

Выводы. Проведенный обзор показал наличие технических решений относительно аккумулирования тепловой энергии и возможность их использования в бытовом секторе с высокой эффективностью. При этом бытовые потребители, использующие электроотопление и ЭВН, могут стать для ЭС управляемыми потребителями-регуляторами, запаасающими энергию во внепиковые часы потребления ЭЭ и использующие ее в часы максимума нагрузки, тем самым выравнивая график потребления в энергосистеме. Это позволит:

- уменьшить себестоимость производства ЭЭ, учитывая прямую зависимость между себестоимостью и коэффициентом заполнения, который характеризует равномерность суточного графика нагрузки и при этом повысится;
- косвенно управлять показателями качества ЭЭ в передающей сети и влиять на себестоимость передачи ЭЭ, а также на условия эксплуатации оборудования, участвующего в передаче ЭЭ потребителю;
- отложить на некоторое время, а также свести к минимуму необходимость строительства новых частотно-регулирующих ГЭС (ГАЭС) и газотурбинных установок;
- дать возможность существующим ГЭС и ГАЭС выполнять не только регулирующие функции с целью поддержания баланса между произведенной и потребленной электрической энергией, но и стать активным участником энергорынка.

Литература

1. Сантехника. Отопление. Кондиционирование. №6, 2006, стр. 8-12
2. Регулювання режимів споживання електричної енергії в осінньо-зимовий період 2004 – 2005 рр. // Энергетическая политика Украины. – 2004. – № 10. – С 93-94
3. Бекман Г., Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии: Пер. с англ. М: Мир, 1987г., - 272 с.
4. Н.М. Мхитарян Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. – Киев., Наукова думка, 1999. – 314 с.
5. Михайлова В.М. Опыт определения нагрузок и расхода электрической энергии при разных условиях электрификации быта городского населения. – М., Стройиздат, 1980. – 88 с.
6. Энергосбережение жилого загородного дома А.В. Надденный, П.Б. Евдокимов Центр энергоэффективных технологий, оборудования и материалов (ЦЭТОМ) ЭКОДОМПРОЕКТ // Электрика. – 2008. – № 9.– С. 34–36.
7. Патент RU (11) 2094709
8. Энергосберегающие системы кондиционирования воздуха с аккумуляцией холода. Е.С. Бондарь, П.В. Калугин// www.c-o-k.com.ua
Рекламный проспект фирмы JASPI// www.kaukora.fi.

АКУМУЛЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ У ПОБУТОВОМУ СЕКТОРІ

О.П. Лазуренко, Г.І. Черкашина

Наведено огляд можливостей та технічних рішень по акумулюванню енергії в побутовому секторі для визначення технічних можливостей рішення задачі вирівнювання графіка навантаження енергосистеми за допомогою побутових споживачів-накопичувачів енергії.

ACCUMULATION OF ENERGY IN DOMESTIK SECTOR

A.P. Lazurenko, G.I. Cherkashina

The resulted review of methods and technical decisions on the energy accumulation in a domestic sector for task decision feasibilities determination of grid loading chart smoothing by means energy domestic users-stores.