

О СОЗДАНИИ УМНЫХ СИСТЕМ ПРЯМОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОТОПЛЕНИЯ

О.М. Заславський

(Украина, ДВНЗ «Национальный горный университет», Днепр)

Постановка задачи. Одним из самых перспективных и быстроразвивающихся видов отопления является прямое электрическое отопление. В современных системах типа «Умный дом» применяется зонное управление температурой, когда пользователь дистанционно устанавливает суточный график температур в каждой комнате, а wi-fi термостаты обеспечивают выполнение этого графика. Основные преимущества прямого электрического отопления: быстрота нагрева и возможность избирательного нагрева отдельных зон, высокая мобильность источников тепла, позволяющая легко осуществлять реконфигурацию тепловых потоков, управляемость и наблюдаемость процесса отопления, экологическая безопасность. Эти и другие достоинства позволяют использовать прямое электрическое отопление в коттеджах, загородных домах, складских помещениях, на спортивных площадках, в больницах, общежитиях, квартирах многоэтажных застроек и т.п. Сравнительная диаграмма стоимости централизованного теплоснабжения и электрического отопления для разных стран Европы, включая Украину, построенная по данным опубликованным в интернете, в том числе исследований [1], показана на рис. 1

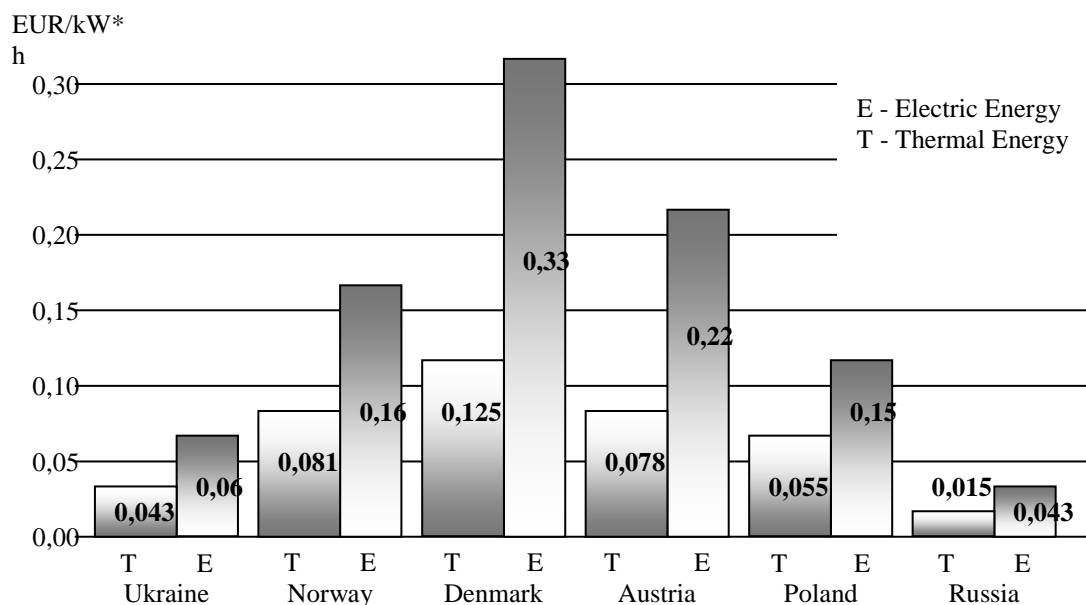


Рис. 1. Диаграмма стоимости централизованного теплоснабжения и электрического отопления

Как видно из диаграммы в странах Евросоюза стоимость электроэнергии более чем в два раза превышает стоимость тепловой энергии и при этом более

30% жилых помещений используют прямое электрическое отопление. Наименьшая относительная разница между стоимостью тепловой и электрической энергией в Украине. Это свидетельствует о том, что здесь прямое электрическое отопление является реальной альтернативой центральному теплоснабжению. Казалось бы, учитывая несомненные достоинства этого вида отопления, практически нет ограничений для его использования. Однако существенным сдерживающим фактором при внедрении электрического отопления является ограничение мощности в сети электроснабжения отапливаемого объекта на уровне, который в общем случае может быть значительно ниже суммарной установленной мощности нагревателей, необходимых для поддержания комфортного распределения температур.

Целью исследования является разработка структуры, алгоритмов и математической модели максимально гибкой децентрализованной системы распределения электрической мощности между электрическими нагревательными устройствами, которые могут произвольным образом располагаться в пространстве контролируемого объекта для достижения наиболее комфортного распределения температур.

Основные результаты. Принцип децентрализованного автоматического распределения энергии между электрическими нагревательными устройствами опирается на теорию коллективного поведения автоматов [2] и сводится к следующим положениям:

1. Подключение нагревательного устройства к сети электроснабжения осуществляется не непосредственно, а через «умный» конектор – смарткон, который в конструктивном отношении представляет собой устройство двустороннего разъёмного соединения, включаемое между розеткой сети электропитания и нагревательным устройством.

2. Смартконы являются системообразующими элементами, которые обмениваясь информацией, например, по силовым цепям электроснабжения контролируемого объекта, принимают решения о подключении или отключении соответствующих нагревательных устройств, добиваясь, с одной стороны, безусловного выполнения ограничения мощности, которая может быть использована для отопления, а с другой – наиболее эффективного использования этой мощности с учётом приоритетов, задаваемых при настройке желаемого распределения температур.

3. Регулирование температуры нагревательного устройства в зоне его размещения осуществляется его собственным термостатом. Смарткон лишь подключает нагревательное устройство к сети электроснабжения. Включение нагревательного устройства в работу и отключение при достижении заданной температуры осуществляется его собственным встроенным термостатом.

4. Сетевой контроллер в децентрализованной системе осуществляет лишь функции измерения суммарной потребляемой объектом мощности, суммирование запросов на ресурс электрической мощности, требуемой нагревателям, а также суммирование уровней приоритетов нагревателей,

которые в данной системе имеют смысл платы за ресурс, предлагаемой каждым смартконом.

На основании этих данных вычисляется средневзвешенная цена ресурса. Необходимым (но не достаточным) условием подключения нагревателя к сети электропитания является превышение предложенной смартконом платы за ресурс над стоимостью этого ресурса, вычисленной согласно средневзвешенной цене и требуемого количества ресурса (мощности). Окончательное решение относительно подключения нагревателя к сети электропитания (или отключения от неё) смарткон принимает после проверки дополнительных условий, гарантирующих выполнение ограничений мощности и отсутствие неиспользованного ресурса, превышающего минимальную потребность в нём среди числа участников распределения. Если же эти условия не соответствуют предварительно принятому решению, смарткон возвращается в число участников розыгрыша ресурса. Итерационная процедура розыгрыша ресурса повторяется до тех пор, пока все смартконы не переведут соответствующие нагреватели в состояние «включить» или «выключить».

Результаты моделирования «умного» электрического отопления 3-х комнатной квартиры общей площадью 60 кв.м с учётом случайно изменяющегося лимита мощности, используемой на обогрев, в пределах от 2,3 кВт до 3,5 кВт при температуре наружного воздуха -20°C и 0°C , показали, что система обеспечивает поддержание комфортных температур ($20^{\circ}\text{C} \dots 22^{\circ}\text{C}$) во всех комнатах.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Geletukha H., Zheleznaya T., Bashtovoy A. Analysis of tariffs in the sector District heating of the European Union. *Analytic note BAU(Bioenergy Association of Ukraine) №14, 09.02.2016.* URL:[http:// www.uabio.org/activity/uabio-analytics](http://www.uabio.org/activity/uabio-analytics) (date of the application: 26.10.2016).
2. Варшавский В.И. Коллективное поведение автоматов, М.: Наука, 1973, 408 с.