

Күнді бақылауды басқарудың автоматтандырылған жүйесі келесілерді қамтамасыз етуі тиіс:

- Күн батареясының бірлік көлемінен қуаттылықты максималды алу;
- Күнді бақылаған кезде электромеханикалық атқарушы механизмдер қуатын минималды қолдану.

Фотоэлектрлік панельдерді бақылау жүйесі жоғалтуларын төмендету үшін бақылау жүйесі электрөткізгіштің сыртқы әсерлерге деген аз сезімталдығын қамтамасыз етуі тиіс. Осыған байланысты күндік фотоэлектрлік панельді автоматты бақылаудың жетілдірілген жүйесін жасау ерекше актуалды болып табылады.

Осылайша, күн батареяларын максималды эффективті ПӘК шығара отырып қолдану мүмкін деп қорытынды жасауға болады.

Бірінші шарты – күнді күн батареяларымен үздіксіз автоматты бақылау жүйесін эффективті қолдану.

Екінші шарты – күн батареяларының бетін тазалықта ұстап отыру.

Энергетикалық эффективтілікті арттырудың айтылған әдістері көптектарлы күн электрбекеттеріне де, сонымен қатар электр қуатының қосымша көзін жасау ретінде күн панельдерін алған адамдарға да келіседі.

УДК 697.34

АДАПТАЦИЯ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ИНТЕГРИРОВАНИЯ АВТОНОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОТЫ

Хамитбек Салтанат Хамитбековна

salt_92@mail.ru

Магистрант ОП 7М07352 – «Инженерные системы и сети»

ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель – М.Г.Жумагулов

Постоянно растущий спрос на отопление в различных секторах, а также более строгие правила по предотвращению выбросов парниковых газов вынудили разные страны искать новые альтернативы для отопления зданий, такие как система централизованного теплоснабжения (СЦТ). Хотя зачатки центрального теплоснабжения можно наблюдать на протяжении столетий, они не получили широкого распространения до последних двух десятилетий, когда СЦТ стали стратегией разработки более энергоэффективных способов отопления зданий. В этой статье предлагается новый подход к классификации СЦТ на основе их географического положения, масштаба, плотности тепла и спроса конечных пользователей. Кроме того, рассматриваются подходы к моделированию систем и компонентов с упором на прогнозирование нагрузки центрального теплоснабжения. Основные ограничения существующих методов также рассматриваются и обсуждаются во всестороннем обзоре недавних исследований.

К 2050 году население мира превысит 9,7 миллиарда человек [1], что приведет к увеличению числа домохозяйств примерно на 70% с 1,9 миллиарда в 2010 году до 3,2 миллиарда в 2050 году [2]. Дополнительные жилые, коммерческие здания соответственно будут потреблять очень много энергии. Около 38% и 36% выбросов двуокиси углерода (CO₂) в мире также связаны с этими зданиями. Более того, с резким ростом урбанизации связано несколько нежелательных побочных эффектов, таких как городской остров тепла [3]. Таким образом, эти статистические данные подчеркивают необходимость глобальной цели по сокращению выбросов CO₂ наполовину к 2050 году, которая описана как цель дорожной карты «Перспективы энергетических технологий на 2012 год» [4]. Это требует наращивания усилий

и освоения рынка со стороны строительного сектора для достижения амбициозной цели создания зданий с нулевым потреблением энергии (NZEB) к 2050 году, учитывая 50-процентный рост спроса на энергию, прогнозируемый текущей траекторией потребления.

Для сохранения энергии в строительном секторе были предложены различные стратегии в области производства, преобразования и спроса со стороны пользователя, т. е. повышения энергоэффективности зданий с помощью таких технологий реконструкции, как теплоизоляция, двойное и тройное остекление, солнцезащитные экраны, пустотелые стены, окна с отражающим покрытием, повышение эффективности, функциональные характеристики оборудования HVAC, интеграция стратегий возобновляемых источников энергии, таких как BIPV (строительство интегрированных фотоэлектрических систем) и солнечные коллекторы, использование естественной вентиляции. В дополнение к этим технологиям одним из жизнеспособных решений является повышение энергоэффективности зданий, чего можно достичь с помощью системы централизованного теплоснабжения (СЦТ). [5]. Другими преимуществами СЦТ являются улучшение управления ресурсами и энергопотреблением, а также снижение затрат со стороны пользователя, включая расходы на эксплуатацию, техническое обслуживание и безопасность [6]. Более того, гибкость и безопасность при выборе источника энергии, такого как биомасса и геотермальная энергия, вместо ископаемого топлива, которые доминируют на текущем рынке тепла, являются еще одним привлекательным вариантом [7].

Несмотря на общеизвестные преимущества СЦТ, его доля на мировом рынке по-прежнему очень мала. Помимо многих социальных, экономических и технологических проблем, связанных с внедрением СЦТ во всем мире, основной причиной пренебрежения такими системами является отсутствие подходящих инструментов для их проектирования, анализа и оптимизации [8].

Помимо этих проблем, одним из основных ограничений СЦТ является более низкий тепловой комфорт, особенно в старых СЦТ, где жильцы практически не контролируют температуру воды. В более густонаселенных городских районах, в которых расширение распределительной сети СЦТ должно осуществляться в соответствии с правилами муниципалитета, существующая инфраструктура, такая как дороги, водопроводные, канализационные сети и в некоторых случаях планировка города, является обычным препятствием для оптимального расширения СЦТ.

Преимущества и ограничения СЦТ убедили сообщества перейти к реализации новых идей и стратегий в области распределения энергии и управления СЦТ. Новые стратегии в основном сосредоточены на сочетании возобновляемых источников энергии, использовании технологий хранения и установлении связи между системами отопления и электроснабжения, чтобы значительно снизить зависимость от ресурсов ископаемого топлива [9]. Одна из основных проблем при проектировании таких систем связана с отсутствием доступных инструментов, которые могут эффективно моделировать и оптимизировать СЦТ.

В этом тезисе полностью раскрыты преимущества моделирования и оптимизации СЦТ. Сначала приводятся различные определения СЦТ, а затем подходы к формированию, используемые для исследования характеристик этих систем. В конце, моделирование и оптимизация исследований СЦТ на основе различных климатических условий, масштабов, источников энергии и реализованных инструментов.

Уровень сложности систем центрального теплоснабжения. Как правило, СЦТ состоит из источника тепла, сети пользователей и распределительной сети. Сложность СЦТ варьируется в зависимости от различных параметров, как указано ниже [10]:

(a) Количество используемых технологий: одна из сложностей проектирования и оптимизации СЦТ заключается в количестве технологий, доступных для использования, в дополнение к типу системы источника тепла. Например, в СЦТ с геотермальным источником энергии система может работать с органическим потоком вместо воды [10], а в случае расположения теплоотвода близко к СЦТ более выгоден тепловой насос.

Кроме того, в СЦТ можно использовать комбинацию источников, в то время как другие возобновляемые источники энергии могут быть интегрированы в систему [11].

(b) Количество конечных пользователей: одной из основных проблем при проектировании централизованного теплоснабжения является количество и разнообразие пользователей, подключенных к системе СЦТ, расположенный в муниципальном районе, обслуживает множество жилых, коммерческих и промышленных зданий с разным уровнем спроса [12]. (c) Временной профиль: различные типы пользователей, подключенных к системе, требуют собственной рабочей температуры и профилей [10]. Например, профиль спроса на тепло для промышленных потребителей будет в меньшей степени подвержен влиянию сезонных изменений в течение года, а это означает, что их требуемая температура конечного потребления выше по сравнению с бытовыми потребителями [13].

(d) Пространственные аспекты: в дополнение к координатам всех пользователей, план города, в котором запланирована СЦТ, играет ключевую роль в проектировании распределительной сети. Например, при проектировании сети следует избегать перехвата в муниципальных инфраструктурах. Другие факторы, такие как качество почвы, топология региона и тип пользователей, могут аналогичным образом повлиять на структуру СЦТ [14].

Географические условия. Доступность источников энергии зависит от географических и геологических вариаций и, следовательно, влияет на проектные решения СЦТ. Изучение распределения различных энергетических ресурсов в разных географических точках направлено на доступность по крайней мере одного из основных источников возобновляемой энергии в любом регионе. Например, сравнение солнечной и ветровой местности показывает, что в регионах с более низкой солнечной интенсивностью скорость ветра выше, и наоборот. В частности, в скандинавском регионе наблюдается одна из самых низких интенсивностей солнечной активности, в то время как скорость ветра здесь самая высокая в Европе.

Масштаб. Масштаб СЦТ играет важную роль в производительности таких систем, поскольку влиятельный параметр на этапе проектирования изменяется в соответствии с масштабом. С пространственной точки зрения СЦТ может быть спроектирован как малая, средняя или крупная система. К маломасштабным СЦТ относятся сети пользователей, в которых расстояние от источника тепла составляет на порядок меньше нескольких сотен метров. Фактически, связанные с этим перепады температуры и давления относительно невелики из-за небольшой длины трубопроводов в распределительной системе.

Расстояние между источником тепла и потребителями в основном предполагается равным от 200 до 300 м в среднемасштабных СЦТ [15]. Как правило, эти системы представляют собой замкнутую сеть зданий, соединенных между собой системой трубопроводов. Подобно маломасштабным СЦТ, перепад давления является важным элементом конструкции таких систем, в то время как для более старых систем или систем с более высокой температурой рабочей жидкости потери тепла значительны и должны учитываться на этапе проектирования. Крупномасштабные СЦТ, в основном состоят из многих пользователей и более длинной конвейерной сети по сравнению с последними группами. Из-за большей длины труб в распределительной сети потери тепла являются значительными и составляют до 15% от общей энергии, поставляемой системой.

Источники тепла. В целом источники тепла подразделяются на постоянные и переменные. В постоянных источниках тепла выработка тепла постоянно превышает потребность сети в тепле, тогда как в переменных источниках профиль выработки колеблется во времени. В последних сценариях генерация в основном не соответствует профилю спроса пользователя, и поэтому другой источник энергии в основном интегрируется для удовлетворения пикового спроса системы, в том числе автономный.

Комбинированные источники тепла и электроэнергии, геотермальные источники и источники биомассы известны как постоянные источники [16]. С другой стороны, возобновляемые источники, преобразуемые в тепловую энергию, такие как энергия ветра и солнца, с высокой скоростью колебаний, относятся к категории переменных источников.

Кроме того, системы хранения тепла могут быть интегрированы в СЦТ для хранения излишков вырабатываемого тепла в непииковое время для последующего использования в часы пик СЦТ [17].

Спрос конечного пользователя. В жилых зданиях для отопления используются более низкие температуры конечного использования, в то время как промышленным пользователям требуются более высокие температуры теплоносителя. Это означает, что уровень требований пользователей в сети приводит к различному расположению СЦТ. Один из вариантов заключается в разработке сети на основе максимальной требуемой температуры, в то время как другой вариант заключается в использовании многоконтурной сети с разными рабочими температурами, связанными с каждой из них. Многоконтурные сети далее взаимодействуют друг с другом через наборы теплообменников. Это означает, что основной контур работает при максимальной температуре, а вторичные контуры работают при более низких температурах, чтобы удовлетворить температурные требования всех пользователей.

Профиль конечного пользователя. Точное прогнозирование профиля потребления энергии пользователями в меньших временных интервалах, например, на почасовой основе, может повлиять на эффективность сети, а также на процедуру ее оптимизации. Моделирование СЦТ сети пользователей состоит из двух уровней: понимание профилей потребностей пользователей в отоплении для определения общей нагрузки, необходимой для сети, и расчет теплообменника для каждого пользователя.

Поскольку неоднородность зданий в каждой районной системе повышена, особенно в городских условиях, и каждое здание имеет свои собственные свойства и соответствующий профиль спроса, важно определить модель, которая могла бы предсказать профиль спроса всего района с приемлемой точностью. В целом, для моделирования и прогнозирования этого спроса предлагаются различные методы. Многие из этих методов предсказывают потребность здания в энергии с точки зрения его максимальной потребности в энергии, в то время как другие предсказывают фактический профиль здания с меньшими интервалами, например, ежечасно. Независимо от используемого метода профиль потребности в отоплении каждого пользователя состоит из трех основных частей, включая физические и экологические характеристики здания (т. е. сопутствующие факторы или социальное поведение жильцов, а также случайные факторы, объясняющие неопределенность. В литературе были предложены различные методы для прогнозирования профиля спроса пользователей с учетом одного или всех вышеперечисленных факторов, включая исторические подходы, детерминированные методы и методы прогнозирования временных рядов.

Оптимизация системы центрального отопления. Алгоритмы оптимизации моделирования СЦТ состоят как из непрерывных, так и из дискретных переменных, где они, кроме того, характеризуются как смешанно-целочисленное линейное программирование (MILP), если все уравнения являются линейными, или смешанно-целочисленное нелинейное программирование (MINLP), если одно из уравнений является нелинейным. В случаях отсутствия дискретной переменной алгоритм оптимизации может решаться с помощью линейного программирования и нелинейного программирования.

Схема процесса оптимизации, служит основой для нескольких инструментов оптимизации, которые были разработаны для оптимизации СЦТ, например, наборов инструментов общей оптимизации, таких как MATLAB или GenOpt, настраиваемых инструментов оптимизации СЦТ, таких как FreeOpt.

Независимо от типа алгоритма оптимизации, основной целью таких моделей является минимизация эксплуатационных расходов, инвестиционных затрат и потребности в тепле системы в дополнение к минимизации воздействия на окружающую среду, такого как выбросы CO₂.

Заключение. Одним из основных ограничений существующих работ является процедура, которую можно было бы использовать для прогнозирования загрузки всей районной сети. В целом, для моделирования и прогнозирования профиля спроса в СЦТ предлагаются различные методы. Многие из этих методов предсказывают потребность здания

в энергии с точки зрения ее максимального значения, в то время как другие предсказывают фактический профиль системы в меньшем интервале, например, на почасовой основе. Это ограничение становится более важным в случае более крупных СЦТ, в которых повышена неоднородность зданий. Был сделан вывод, что большинство используемых подходов применимы только к одному типу зданий.

Поскольку большинство существующих моделей не учитывают влияние поведения жильцов в их моделировании, точность прогноза, особенно на уровне здания, значительно ниже в предыдущих работах. Напротив, точность значительно возрастает, когда рассматривается вся СЦТ. Поскольку в прогнозировании профиля всей районной сети задействовано более одного здания, их профили спроса перекрываются и, таким образом, компенсируют накопленную ошибку в прогнозировании нагрузки; этот процесс значительно повышает точность предсказания.

Список использованных источников

1. United Nations. (2013). *World Population Prospects the 2012 Revision, Key Findings and Advance Tables*, ESA/P/WP. New York: United Nations.
2. I.E. Agency. (2012). *Pathwaysto a Clean Energy System*. Energy Technology Perspectives.
3. Mirzaei P.A. (2015). Recent challenges in modeling of urban heat island. *Sustain. Cities Soc.* 19, 200–206. doi:10.1016/j.scs.2015.04.001
4. EIA.(2011). *State Energy Consumption Database*. EIA.
5. International District Energy Association, 2014; <http://www.districtenergy.org/what-is-district-energy>
6. Rezaie B., and Rosen, M.A. (2012). District heating and cooling: review of technology and potential enhancements. *Appl. Energy* 93, 2–10. doi:10.1016/j.apenergy. 2011.04.020
7. Hepbasli, A. (2010). A review on energetic, exergetic and exergoeconomic aspects of geothermal district heating systems (GDCHTs). *Energy Convers. Manag.* 51, 2041–2061. doi:10.1016/j.enconman.2010.02.038
8. Connolly D., Lund H., Mathiesen B.V., Werner,S., Möller,B., Persson,U., etal. (2014). Heat Roadmap Europe: combining district heating with heat savings to decarbonize the EU energy system. *Energy Policy* 65, 475–489. doi:10.1016/j. enpol.2013.10.035
9. International District Energy Association, 2014; <http://www.districtenergy.org/ what-is-district-energy>
10. Weber,C., Maréchal,F., and Favrat D. (2007).“Design and optimization of district energy systems,” in 10thInternationalSymposiumonDistrictHeat- ing and Cooling, eds P. Valentin and A. Paul Serban (Hanover: Elsevier), 1127–1132.
11. Sakawa,M., Kato K., and Ushiro S. (2002). Operational planning of district heating and cooling plants through genetical gorithms formixed 0–1 linear program- ming. *Eur.J.Oper.Res.* 137, 677–687. doi:10.1016/S0377-2217(01)00095-9
12. Pirouti M., Bagdanavicius A., Ekanayake,J., Wu,J.,and Jenkins N.(2013). Energy consumption and economic analyses of a district heating network. *Energy* 57, 149–159. doi:10.1016/j.energy.2013.01.065
13. Buoro D., Pinamonti P., and Reini M. (2014). Optimization of a distributed cogeneration system with solar district heating. *Appl. Energy* 124, 298–308. doi:10.1016/j.apenergy.2014.02.062
14. Weber C., Maréchal F.,and Favrat D. (2007). “Design and optimization of district energy systems, ”in 10 th International Symposium on District Heat- ing and Cooling, eds P. Valentin and A.Paul Serban (Hanover: Elsevier), 1127–1132.
15. Weber et al., 2007; Dalla Rosa and Christensen, 2011; Ancona et al., 2014
16. Hlebnikov and Siirde, 2009; Noussan et al., 2014; Sartor et al., 2014
17. Avila-Marin et al., 2013; Nuytten et al., 2013.