

ТОМ 11

**Електроенергетика,
електротехніка та
електромеханіка**

UDC 620.91

Svirsa V.I. student gr. TN-17-1

Scientific adviser: Nakashidze L.V., Ph.D., Senior Researcher, Director of the Research Institute of Energy*(Dnipro National University n.a. O. Gonchar, Dnipro, Ukraine)*

SELECTION OF THE TYPE OF A GELIOPLECTOR FOR CLIMATIC CONDITIONS OF THE DNIPRO REGION

Solar collectors are common as an alternative device for providing hot water and supporting heating systems using solar energy. Depending on the purpose of the application, the area of the heat sink, energy consumption for each enterprise or private farm, the collector is chosen exclusively individually. In addition to nonbasic types, they can be classified in two groups: flat and tubular vacuum, which with completely different performance in a given application can be suitable for different environmental conditions. In practice, in the domestic sector, all types of such equipment are required to perform the same tasks, but each has its own nuances in operation. The correct choice of the solar collector in many respects affects the efficiency of the entire system, so it is necessary for the area in which it is involved.

To do this, it is necessary to designate criteria describing the general quality characteristic of the type of installation. The decisive factor in the assessment is – along with the availability of space for installation and installation conditions – the expected difference between the collector temperature and the outdoor temperature [1]. To select the type of collector, the performance of the solar system is also of great importance, for its assessment it is necessary to take into account the climatic data of the area and the expected period of operation of the collector (seasonal or year-round operation) [2]. These data will determine the expected temperature difference between the collector temperature and the outdoor temperature.

When choosing a collector, it is also important to know the price / performance ratio. If you make a choice, giving preference to the efficiency of technology, then the solution will always be in favor of the evacuated tubular collector [3]. However, flat collectors are more attractive than vacuum tubular ones at a price and provide a good price / performance ratio, especially to cover the load on hot water.

Thus, from the theoretical characteristics of different types of solar collectors, you can select a suitable option for individual use, but the best solution is to combine the advantages and disadvantages of such types with their working conditions. Then it is not obvious which of the collectors is more effective in the case when they are located under the influence of the climate characteristic of the Dnipro region.

The subjective assessment of a flat collector includes the ease of installation and its appearance. Such collector, when installing the solar system, requires an exact orientation to the south, as well as a certain angle of inclination relative to the surface (this should be the roof of the building) [4]. During adverse weather conditions, the collector may be torn from the bindings, as its large area has a high windage.

The vacuum collector is more than suitable for temperate latitudes. In addition, it can be transported in the form of individual elements that are assembled directly at the installation site, which ensures the best preservation. Replacing the vacuum tubes in the event of damage does not cause much difficulty, and does not require a full stop and drain the entire system. However, the cost of restoring the installation, as well as the initial cost of the entire project will be quite high [5].

A practical example could be the study of solar collector technologies for comparing their effectiveness in different periods of the year, under the same operating conditions, described in [6]. As a result of the comparison, data were obtained that the actual performance for the entire period of time and by month for flat collectors is greater than for vacuum ones. In the period of time with an outdoor temperature of 0 ° C and below, because of the freezing on the vacuum tubes or snow cover, the vacuum

collector was in working condition for insignificant periods of time, due to the high effective vacuum insulation, which significantly increases the freezing time and descent of the snow cover. Thawing of the snow was also difficult due to the fact that it was clogged between glass tubes. In addition, a sufficiently large number of additional factors influenced the total heat generation of a solar installation.

On the territory of Dnipro region, most of the precipitation often falls during the cold period, as a result of which a permanent snow cover is formed. The climatic situation throughout Ukraine has significant regional fluctuations in temperature and precipitation, as well as their distribution throughout the year [7]. The greatest amplitudes of precipitation are characteristic of the south of the country. In this area, pipes with a coolant of vacuum collectors are much more often covered with snow during the cold period than flat collectors. Thus, they do not generate heat when it is most needed. Cold periods are very short, but bring a large amount of precipitation and, at least, fog. On cold days, coating the pipes with a layer of small ice crystals is noticeable, forcing them to produce little useful heat.

For Dnipro region, both (flat and vacuum) types of collectors are suitable. The most common option in the residential sector is a combined heliosystem. The main advantages here will be a full cycle of hot water supply, reduction of energy costs of heating, as well as safety and cost-effectiveness of maintenance. In spite of this fact, for the Dnieper region, the flat solar collectors perform their functions independently, more efficiently and effectively.

Bibliography

1. Markin A. Proizvoditelnost gelikollektora pri razlichnykh rezhimakh ekspluatatsii / A. Markin, A. Myslivec // Akva-Term — 2012.— № 1.— p. 5. (in Russian)
2. Veissmann M. Kniga o «solnce»: rukovodstvo po proektirovaniyu sistem solnechnogo teplosnabzheniya / M. Veissmann.— № 1.— K. «Zlato-graf», 2010.— 194 p. (in Russian)
3. Kakoj vybrat tip kollektora dlya sistemy solnechnogo goryachego vodosnabzheniya [electronic resource]. https://studopedia.ru/13_114255_kak-vibrat-tip-kollektora-dlya-sistemi-solnechnogo-teplosnabzheniya.html (05.11.2018).
4. Harchenko N. V. Individualnye solnechnye ustanovki: uchebnoe posobie / N. V. Harchenko.— № 1.— M.: Energoatomizdat, 1991. - 208 p. (in Russian)
5. Sravnitel'naya tablica dostoinstv i nedostatkov vakuumnykh i ploskix solnechnykh kollektorov [electronic resource]. http://solar-rnd.ru/stati/st_04.html (05.11.2018).
6. Realnye vozmozhnosti vyrabotki teplovoj energii solnechnymi kollektorami raznykh tipov v usloviyakh ukrainy [electronic resource]. http://www.adeptamasa.com/geleokollektor_in_ukraine.html (5.11.2018).
7. Prixotko G. F. Klimat Ukrainy: uchebnyk dlya bakalavrov / G. F. Prixotko.— № 1.— I.: Gidrometeoizdat, 1967. — 414 p. (in Russian)

УДК 621-926

Науковий керівник: Бородай В.А. доцент, Боровик Р.О. асистент
Халаїмов Т.О. студент 141-16-4, Шихов С.К. студент 141-16-5

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Обґрунтування методів підвищення енергоефективності подрібнювальних систем

Одним із напрямів підвищення ефективності барабаних млинів є удосконалення подрібнення, а також використання сучасних систем електропривода.

Як відомо, технологія подрібнення передбачає наступні методи руйнування корисних копалин [1]: подрібнення шляхом тертя, удару, та комбінованим способом. Реалізація зазначених методів в барабаних млинах відповідно створюється при каскадному, каскадно-водоспадному та водоспадному режимі його роботи (рис.1).

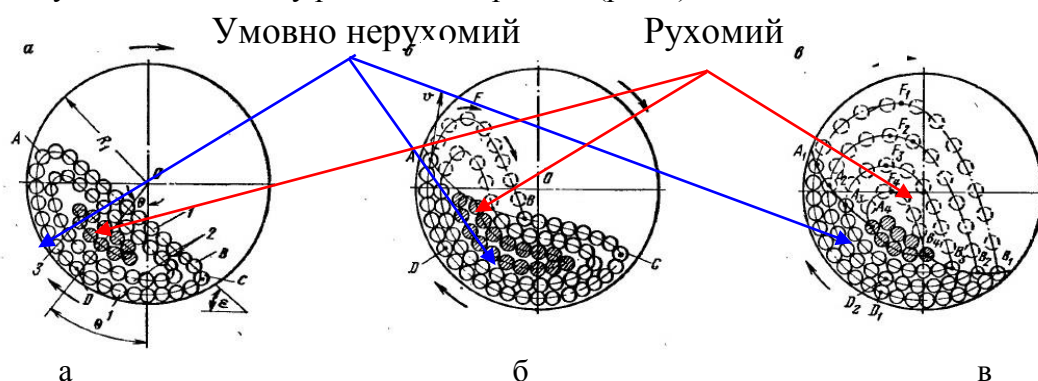


Рис.1. Методи подрібнення в барабаних млинах:

а) – касадний спосіб; б) – касадно-водоспадний; в) – водоспадний.

З точки зору енергетики, подрібнення тертям є найбільш витратним процесом, наступний комбінований, а останнім у переліку – ударний спосіб. Підвищити ефективність роботи млина значить створити умови, які б дозволили за умови мінімуму енерговитрат на подрібнення отримати максимум продуктивності. Зрозуміло, що для різних видів вхідного матеріалу необхідно регулювати співвідношення режимів роботи млина, які залежать від швидкості обертання барабану.

Другий спосіб підвищення ефективності барабаних млинів – це залучення до складу механізмів такого класу приводу із кращими енергетичними показниками. До таких відносять привод, що будується на основі синхронних двигунів. Такі його переваги, як підвищене значення ККД, можливість компенсації реактивної потужності, значний повітряний зазор та можливість побудови безредукторного приводу, ставлять його на перший щабель у порівнянні із іншими електричними машинами.

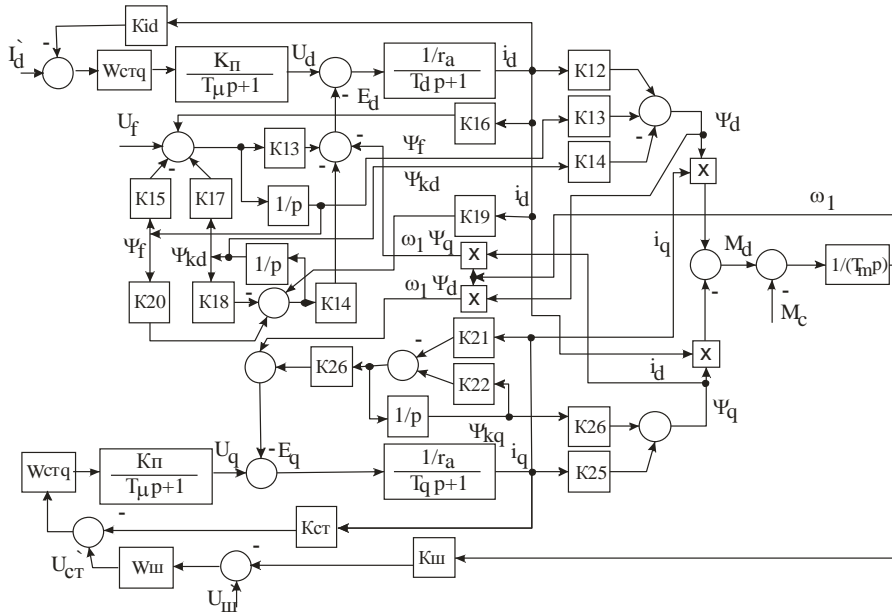
Традиційно синхронний привод барабаних млинів налагоджують на раціональну швидкість обертання для умов подрібнення корисних копалин конкретного родовища. Як наслідок це не передбачає керування швидкості протягом усього терміну роботи не зважаючи на зміни властивостей вхідного продукту, які мають місце у різних зонах видобутку.

Беручи до уваги сучасні економічні виклики та вимоги щодо підвищення ефективності млинів актуальність створення систем автоматичного керування швидкості синхронного приводу барабаних млинів не може ставитися під сумнів.

Реалізація вище означених режимів роботи барабанного млина фактично регулюється в діапазоні $(0,5...0,8) \omega_{кр}$ швидкостей, де $\omega_{кр} = \sqrt{2g/D_0}$ – критична швидкість, яка відповідає центрифугуванню внутрішньо барабанного завантаження, c^{-1} ; D_0 – внутрішній діаметр барабана, м; g – прискорення вільного падіння, m/c^2 .

Таким чином, необхідний діапазон регулювання швидкості становить 50% від максимального значення, що дає підстави стверджувати – частотне управління задовольняє вимогам такого технологічного процесу. Крім того, сучасна стратегія керування перетворювачем може додатково дозволити заощадити електроенергію.

Згідно останнього висновку та при використанні вхідної оригінальної моделі синхронного двигуна [2, 3], попередня структурна схема моделі привода млина має вигляд рис.2, де параметри регуляторів поперечного і повздовжнього струму якоря та швидкості розраховуються за класичними методами теорії автоматичного керування.



Регулятори: $W_{стд}$, $W_{стq}$ – струму якоря, $W_{ш}$ – швидкості.
Коефіцієнти підсилення зворотного зв'язку:
 K_{id} , $K_{ст}$ – повздовжнього та поперечного струму якоря;
 $K_{ш}$ – швидкості.

Рис.2. Структурна схема моделі електропривода

За результатами виконаної роботи слід зробити наступні висновки:

- Існуючі економічні виклики спонукають промисловість до підвищення ефективності подрібнювального обладнання;
- До способів підвищення продуктивності обладнання пропонуються – вдосконалення технології подрібнення шляхом безперервного підбору швидкісного режиму барабану в залежності від твердості вхідного матеріалу подрібнення та залучення більш енергоощадного типу привода, який базується на синхронному двигуні;
- Додатковий спосіб заощадження електроенергії в запропонованій системі електропривода може бути забезпечений шляхом енергозберігаючої стратегії управління, яка передбачає підбір потрібного значення напруги в залежності від завантаження двигуна.

Список використаної літератури

1. Пивняк Г.Г., Кириченко В.И., Пилов П.И., Кириченко В.В., Бородай В.А. Создание энергонапряженной барабанной мельницы нового поколения / Метал-лургическая и горнорудная промышленность, – Днепропетровск: Укрметаллургинформ, 2013 №04. – С. 72-74
2. Бородай В.А. Компенсация різко-змінного струму якоря потужних синхронних приводів засобами автоматичної системи збудження із нестандартним алгоритмом керування [Текст] / В.А. Бородай, Р.О. Боровик, О.Ю. Несторова //Електротехніка та електроенергетика. – 2018. – № 1 – С. 72-80. DOI 10.15588/1607-6761-2018-1-8.
3. Шевченко І.С. Спеціальні питання теорії електропривода. Динаміка синхронного електропривода [Текст] : навч. посіб. / І.С. Шевченко, Д.І. Морозов. – К. : Кафедра, 2014. – 267 с.

УДК 621.548

Борщ І.О. студент гр. 141м-17-3

Науковий керівник: Циценков Д.В., к.т.н., доцент кафедри відновлюваних джерел енергії (Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

ОГЛЯД ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЬОВИХ ВІТРОГЕНЕРАТОРІВ В УКРАЇНІ

Розглянуто основні роботи українських підприємств з теоретичних і експериментальних досліджень та створення натурних зразків вертикально-осьових вітроустановок з Н-ротором Дар'є.

В кінці 1980-х років в Україні виникла нова галузь науки і техніки - вітроенергетика. З самого початку розвиток вітроенергетики пішло по двох напрямках. Перший напрямок, що полягає в розробці і виробництві вітчизняних вітроустановок, було для України, яка має високим науковим, технічним та виробничим потенціалом, природним шляхом розвитку нової техніки. Основним принципом другого напрямку було виготовлення на українських підприємствах зарубіжних ліцензійних вітроустановок. У 1993 році в Україні були побудовані перші вітрові електростанції з горизонтально-осьовими вітроустановками: Акташська ВЕС на базі вітчизняних вітроустановок КБ «Південне» АВЕ-250 потужністю 200 кВт і Донузлавська ВЕС на базі ліцензійних вітроустановок USW 56-100 американської фірми «Kenetech Windpower» потужністю 100 кВт, виробництва ПО «Південний машинобудівний завод» [2]. Після введення в 2009 році «зеленого тарифу» в країні почався новий етап розвитку вітроенергетики. У 2011 році в Україні були реалізовані перші приватні проекти промислових вітрових електростанцій, в основному, на базі німецьких горизонтально-осьових вітроустановок «Fuhrlander» потужністю 2,5 МВт.

У 1994 році вертикально-осьової вітроенергетичної тематикою почало займатися підприємство «Енергетичні системи та обладнання» (ЕСО), м. Дніпропетровськ, основним напрямком діяльності якого були розробка, виготовлення, будівництво і експлуатація вітроустановок для різних споживачів: від дрібних фермерських господарств та житлових будинків до великих промислових вітроелектростанцій. Стартовим проектом була обрана автономна вітроелектрична установки з Н-ротором Дар'є потужністю 20 кВт «ЕСО-0020» з відносно невеликим терміном розробки і низькою вартістю[7]. Для розробки і виготовлення обладнання вітроустановки були залучені спеціалізовані організації та підприємства України. У 1995 році дослідно-промисловий зразок вітроустановки пройшов сертифікаційні випробування в ЦАГІ. Проведені випробування показали, що динамічні характеристики та характеристики міцності конструкції забезпечують надійну працездатність вітроустановки в робочому діапазоні вітрів і достатню міцність при буревіях, енергетичні характеристики вітроустановки на 10-14% вище розрахункових, коефіцієнт потужності вітроустановки у всьому робочому діапазоні вітрів складає 0,4-0,43, ресурс вітрової турбіни дорівнює 18,9 років, а ресурс опорної конструкції - 23 роки, коефіцієнт встановленої потужності для районів із середнім вітровим потенціалом складає не менше 0,28 [3]. Вітроустановки «ЕСО-0020» були побудовані в Росії і Україні для електропостачання промислових і побутових споживачів.

З 2004 року роботи по вертикально-осьовим вітроустановкам з Н-ротором Дар'є з широким діапазоном потужностей проводяться Інститутом транспортних систем і технологій НАН України «Трансмаг», м. Дніпропетровськ в рамках проекту Міжнародної науково-промислової корпорації «ВЕСТА» «Розроблення і виробництво новітніх автономних інтегрованих систем електропостачання з використанням сонячних електричних систем, вітроенергоустановок та енергонакопичувачів», прийнятого Постановою Кабінету Міністрів України від 27 серпня 2002 року №1244. Фахівці інституту «Трансмаг» займаються дослідженнями питань аеродинаміки, міцності, динаміки, управління і розробкою методик розрахунків характеристик і проектування вертикально-осьових вітроустановок з Н-ротором Дар'є. Окремим напрямком діяльності інституту «Трансмаг» є теоретичні та експериментальні

дослідження і розробка вертикально-осьових вітроустановок з ротором на магнітному підвісі. Вітроустановка малої потужності з ротором Савоніуса на магнітному підвісі відрізняється конструктивною простотою і підвищеними характеристиками за рахунок застосування принципу магнітної левітації ротора. Вітроустановка «WESTA-20» потужністю 20 кВт є більш ефективною модифікацією моделі «ЕСО-0020» за рахунок принципово нової системи генерування електроенергії і конструктивного виконання ротора. Нова вітроустановка «WESTA-30» потужністю 30 кВт розроблена з урахуванням недоліків моделі «ЕСО-0020», виявлених при більш ніж 10-річній її експлуатації в різних умовах, що дозволило в 1,5 рази зменшити вартість 1 кВт встановленої потужності. Вітроустановка мегаватного класу розробляється із застосуванням нових технічних рішень, що дозволяють в повній мірі реалізувати переваги схеми Н-ротора Дар'є. Окремим напрямком робіт інституту є дослідження в області створення на базі автономного вертикально-осьового вітроагрегату «WESTA-20» спеціалізованих промислових установок для опріснення води, збору і переробки водоростей річок і озер, плаваючої автономної вітро-сонячної системи електропостачання.

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара в середині 1980-х років одним з перших в Україні почав займатися дослідженнями вертикально-осьових роторів Дар'є. В цей час було видано монографію з аеродинаміки вітродвигунів, в якій були розглянуті основні відомі на той час методи аеродинамічного розрахунку вертикально-осьового ротора Дар'є. В ДНУ ім. О. Гончара були розроблені інженерні методики розрахунку проектних параметрів вертикально-осьової вітроустановки з ротором Дар'є [1; 9].

У 1980-х роках Національний аерокосмічний університет ім. Н. Е. Жуковського приступив до досліджень аеродинаміки і систем генерування енергії вертикально-осьових вітроустановок з ротором Дар'є. В рамках цих робіт досліджувалися питання вибору оптимальних розмірів, енергетичних і регулювальних характеристик, вдосконалення конструкції лопатей ротора Дар'є. На моделях в аеродинамічній трубі проводилися експериментальні дослідження характеристик вертикально-осьового ротора, а також були розроблені методики аеродинамічного розрахунку ротора Дар'є, прогнозування потужних і моментних характеристик вертикально-осьового ротора з різними аеродинамічними профілями лопатей. У 2011 році підручнику «Невичерпна енергія» НАУ ім. М. Є. Жуковського, в якому дві книги присвячені вітроенергетиці, була присуджена Державна премія України в галузі науки і техніки [8].

У 1990-х роках в Сумському державному університеті проводилися дослідження вертикально-осьових роторів, які до 1994 року сформувалися в два основних напрямки: дослідження аеродинаміки Н-ротора Дар'є і розробка вітроустановок з Н-ротором малої потужності [6]. В рамках першого напряму проводилися теоретичні та експериментальні дослідження з визначення оптимальних геометричних параметрів Н-ротора, ефективних профілів, числа, подовження, кута установки і інших параметрів лопатей. Аеродинамічні дослідження виконувалися як в аеродинамічній трубі і гідробасейні, так і в натурних умовах. Було отримано ряд цікавих рішень принципово нового незамкнутого профілю КН-6 з демпфером відривних течій, що дозволяє істотно поліпшити аеродинамічну якість лопатей [4]. Велика серія дослідів підтвердила ефективність нового профілю. За другим напрямком досліджень проводився пошук раціональної схеми і основних конструктивних елементів вертикально-осьових вітроустановок малої потужності. Розроблялися нові методи експериментальних досліджень моделей, в тому числі вимірювання обертаючого моменту ротора, візуалізації течій в околиці ротора, управління частотою обертання ротора. Створювалися і випробовувалися експериментальні зразки вітроустановок потужністю до 10 кВт.

В Інституті гідромеханіки НАН України починаючи з кінця 1990-х років проводяться теоретичні і експериментальні дослідження питань підвищення ефективності Н-ротора Дар'є шляхом управління кута лопатей при їх русі по круговій траєкторії, а також вишукування по розробці і реалізації в повномасштабних вертикально-осьових вітроустановках алгоритмів і механізмів нахилу лопаті [5].

Висновки. У 1980 - 1990-х роках в Україні проводилися масштабні роботи по створенню принципово нових конструкцій вертикально-осьових вітроустановок, завдяки чому створено

широку кооперацію наукових, проектних і промислових підприємств - розробників і виробників вертикально-осьових вітроустановок. Створені в Україні вертикально-осьові вітроустановки з Н-ротором Дар'є потужністю 20, 30 і 420 кВт за своїми техніко-економічними характеристиками не поступаються закордонним аналогам, а при експлуатації в різних кліматичних умовах показали надійну і ефективну роботу.

Список літератури

1. Абрамовский Е. Р. Расчетный анализ параметров ветродвигателей, предназначенных для использования в застроенной зоне городов / Е. Р. Абрамовский, С. В. Тарасов, И. Ю. Костюков // Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки: сб. наук. праць ДНУ. – Т. XIII. – Д.: Пороги, 2012. – С. 3–15.
2. Бордюгов В. Мифы и реалии украинской ветроэнергетики / В. Бордюгов, В. Подгуренко // Зеркало недели. – 2002. – № 17.
3. Виброусталостные испытания опорной башни ветроэнергетической установки ЭСО-0020: научно-технический отчет / ЦАГИ им. Н. Е. Жуковского; рук. Стучалкин Ю. А.; исполн. Нестеренко Г. И. – 1996. – 41 с.
4. Волков Н. И. Влияние демпфера отрывных течений на аэродинамические характеристики лопасти ортогонального ветродвигателя / Н. И. Волков // Вісн. Сум. держ. ун-ту. – 1994. – № 2. – С. 43–46.
5. Гринченко В. Т. Исследование и оптимизация рабочих характеристик ветроротора с вертикальной осью вращения с механизмом управления лопастями / В. Т. Гринченко, В. П. Каян, В. А. Кочин // Доповіді НАН України. – 2008. – № 12. – С. 62–68.
6. Коваленко В. М. Исследования по ветроэнергетике в Сумском государственном университете / В. М. Коваленко // Вісн. Сум. держ. ун-ту. – 1994. – № 1. – С. 84–89.
7. Костюков И. Ю. Вертикально-осевая ветроустановка мощностью 20 кВт / И. Ю. Костюков, В. А. Михайлов, П. Г. Капля, О. Л. Перфилов // Энергетик. – 1997. – № 10. – С. 14.
8. Кривцов В. С. Невичерпна енергія. Книга 1. Вітроелектрогенератори / В. С. Кривцов, О. М. Олейников, О. І. Яковлев. – Х.: ХАІ, 2005. – 396 с.
9. Тарасов С. В. Расчетный анализ аэродинамических и энергетических характеристик ветродвигателей мегаваттного класса, предназначенных для размещения на мелководных акваториях Украины // С. В. Тарасов, И. Ю. Костюков, Е. Р. Абрамовский, Н. Н. Лычагин // Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки: сб. наук. праць ДНУ. – Т. XIV. – Д.: Пороги, 2012. – С. 97–108

УДК 621.316.727

Дикий В.П. студент гр. 141м-17-3

Научный руководитель: Красовский П.Ю., к.т.н., доцент кафедры возобновляемых источников энергии

(Национальный технический университет "Днепропетровская политехника", г. Днепр, Украина)

КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НАПЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В.

В сетях на предприятиях напряжением до 1кВ подключается большая часть электроприемников, потребляющих реактивную мощность, нагрузка которых обычно не превышает 0,7–0,8. При этом сети 380–660 В удалены от источников питания местных ТЭС. Из-за этого передача реактивной мощности в сеть до 1кВ приводит к повышенным затратам на увеличение сечений проводов и кабелей, повышению мощности трансформаторов, потерям активной и реактивной мощности трансформаторов. Эти затраты можно уменьшить и даже устранить, если обеспечить компенсацию реактивной мощности непосредственно в сети до 1кВ.

Источниками компенсации реактивной мощности могут быть синхронные двигатели (СД) 380–660 В и конденсаторные батареи (КБ). А также реактивная мощность может передаваться в сеть до 1кВ со стороны сети 6/10 кВ от СД, КБ, генераторов местной электростанции или из сети энергосистемы [1,2]. Для определенных случаев существуют следующие способы компенсации реактивной мощности:

Групповая компенсация – нерегулируемые КБ мощностью не менее 30 кВАр устанавливаются, в цехах у силовых шкафов или присоединяются к магистральному шинопроводу.

Индивидуальная компенсация – возможна, с помощью КБ выгодна лишь у крупных электроприемников напряжением 0,4–0,69 кВ.

Централизованная компенсация – установка КБ напряжением до 1кВ в помещении трансформаторной подстанции или на головном участке магистрального шинопровода.

Комбинированная компенсация – сочетание индивидуальной компенсации с групповой или централизованной. Способы компенсации реактивной мощности показаны на рисунок 1.

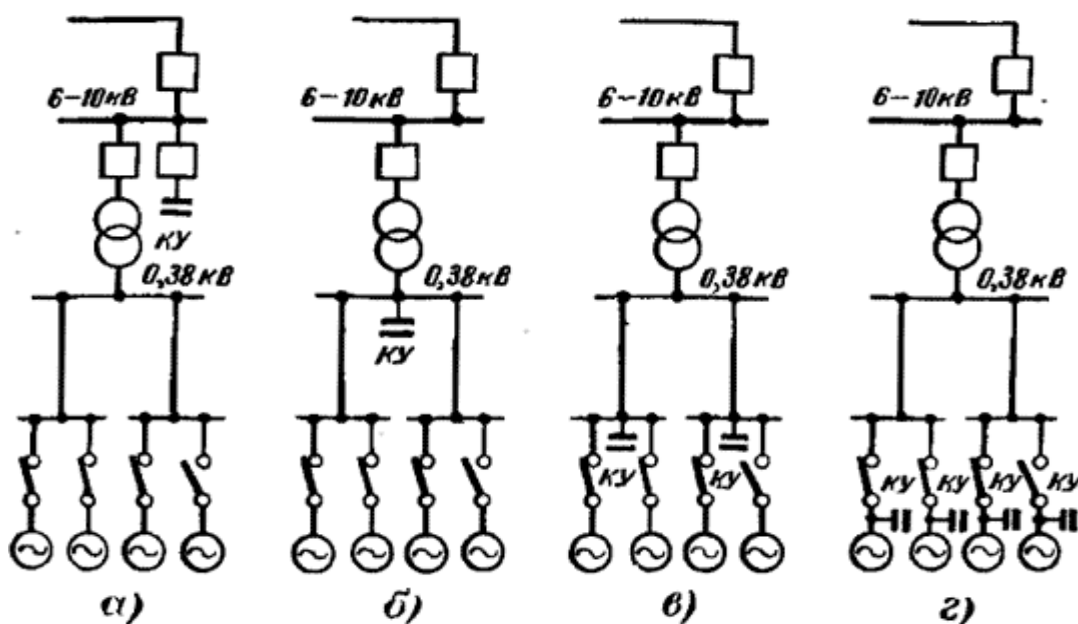


Рисунок 1 – а) централизованная на стороне высшего напряжения; б) централизованная на стороне низшего напряжения; в) групповая; г) индивидуальная.

Расчет компенсации реактивной мощности выполняется в несколько этапов. Первоначально предприятие, состоящее из совокупности отдельных зданий, может быть разбито на несколько комплектных трансформаторных подстанций (КТП) одинаковой мощности. В пределах каждой группы все трансформаторы должны иметь одинаковый коэффициент загрузки и один вид компенсирующих устройств, которые предполагается использовать. Предварительно необходимо определить нагрузки трансформаторов, учитывая предельные возможности передачи мощности по линиям до 1кВ.

Для каждой цеховой трансформаторной подстанции рассматривается возможность распределения мощности конденсаторов до 1кВ в ее сети. Критерий целесообразности такого распределения – дополнительное снижение затрат. Технические данные КБ принимаются в соответствии с данными завода-изготовителя. Полученную величину мощности батарей рекомендуется округлять до ближайшей стандартной мощности КБ [5].

Суммарная мощность КБ ниже 1кВ распределяется между всеми отдельными трансформаторами цеха. Минимальное число цеховых трансформаторов одинаковой мощности, необходимое для питания наибольшей активной нагрузки [6,7].

При выборе числа и мощности КТП для питания сети ниже 1кВ учитывают, что при повышении мощности подстанций 6–10/0,4 кВ выше 1000 кВ·А резко растет их стоимость. По технико-экономическим соображениям номинальная мощность трансформатора не должна превышать 1000 кВ·А. Применение трансформаторов 1600 и 2500 кВ·А возможно только по техническим требованиям и условиям в других случаях это приведет к дополнительному повышению затрат. Для вспомогательных цехов следует выполнить расчет числа и выбор типа и мощности КТП отдельно от основных цехов по их общей нагрузке. Питание вспомогательных цехов приводит к удорожанию сети низкого напряжения и к росту потерь мощности и напряжения. Для вспомогательных цехов принято применять КТП небольшой мощности (до 400 кВ·А) с учетом плотности нагрузки в этих цехах [8].

Компенсация реактивной мощности – одно из наиболее эффективных средств рационального использования электроэнергии.

Вывод: Поскольку к сетям с напряжением до 1кВ промышленных предприятий подключают значительную часть электроприемников, потребляющих реактивную мощность. Поэтому передача реактивной мощности в сеть напряжением до 1кВ приводит к повышенным затратам на увеличение сечений проводов и кабелей, на повышение мощности трансформаторов, на потери мощности. Эти затраты можно уменьшить, если обеспечить компенсацию реактивной мощности непосредственно в сети напряжением до 1кВ.

Перечень ссылок.

1. Копытов Ю. В. Чуланов Б. А. Экономия электроэнергии в промышленности. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 112 с.
2. Иванов В.С. Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. - М.: Энергоатомиздат, 1987. – 336 с.
3. Радкевич В.Н. Проектирование систем электроснабжения.- Минск: НПООО "Пион", 2001.-292с.
4. Инструкция по системному расчету компенсации реактивной мощности в электрических сетях // Промышленная энергетика.-1991.-№7.-С.50-55.
5. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 224 с.
6. Указания по компенсации реактивной мощности в распределительных сетях. – М.: Энергия, 1974. – 72 с.: ил
7. Справочник по проектированию электрических сетей/ Под редакцией Д.Л. Файбисовича. – М.: Изд-во НИЦ ЭНАС, 2006. – 320 с.
8. Розанов М.Н. Надежность электроэнергетических систем. – М.: Энергия, 1974. – 176 с.

УДК 621.91:551.5

Кізь А.М. студент гр. 141м-17-3.

Науковий керівник: Циценков Д.В., к.т.н., доцент кафедри відновлюваних джерел енергії (Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

АНАЛІЗ МЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕТЕОСТАНЦІЙ ДЛЯ СИСТЕМ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Для оценки и измерения погодных условий существуют специальные сооружения – метеостанции. Метеостанция представляет собой совокупность измерительных приборов для метеорологических измерений. Обычно их размещение регулируется особенностями ландшафта. Такие станции лучше размещать на отдаленных от близлежащих препятствий мест (деревья, здания, стены и т.д.), она должна быть легкодоступна для обслуживания отчистки и ремонта, при размещении следует придерживаться определенных норм, правил и стандартов для отдельных измерительных приборов и оборудования. При соблюдении всех условий по размещению и установке можно добиться положительных результатов и получить более точные, а главное правильные данные о погодных условиях.

Обычно классические метеостанции имеют ряд стандартных приборов для измерения характеристик погодных условий. Рассмотрим это оборудование на примере обычной современной метеостанции университета Reutlingen Hochschule города Ройтлинген, Федеративной Республики Германия.

Метеостанция выполнена на алюминиевом каркасе из специального прочного профиля и крепится к крыше, специальными крепежами на стальную балку. Датчик температуры и влажности закреплен на затененной части крыши для обеспечения высокой точности измерения (рис. 1).

Датчики интенсивности солнечного излучения (пиранометры) были установлены согласно правилам и стандартам установки данного вида оборудования. Метеостанция имеет в наличии два пиранометра (рис. 2), пиранометр общей солнечной иррадиации и пиранометр с затеняющим кольцом.



Рис. 1.3 – Внешний вид метеостанции



Рис. 2 – Пиранометры

Кроме этого метеостанция включает в себя набор датчиков, а именно:

- датчик скорости ветра;
- датчик направления ветра;
- датчик атмосферного давления;

- датчик температури и влажности;
- датчик интенсивности солнечного излучения;
- датчик дождя;

Рассмотрим их особенности.

Анемометр – прибор для определения изменения скорости движения воздушных масс (скорости ветра) [единица измерения – м/с²]. По принципу действия можно выделить механические анемометры, которые используют кинетическую энергию ветра для выполнения вращения специального чашечного колеса, тепловые – используют изменение температуры измерительной проволоки от движения воздуха, а также ультразвуковые, которые определяют скорость ветра по средству изменения скорости звука в газе. Внешний вид приведен на рис.3.

Для точных выходящих данных датчик необходимо размещать на расстоянии в 10 раз большем, чем близлежащие препятствия. Характеристики датчика приведены в [1, 2].

Флюгер – или как еще его называют анеморумбометр – прибор для определения направления ветра [единица измерения – 1°]. В классическом виде он представляет собой изделие из различного материала, закрепленного на оси для его вращения под действие сил движения воздушных масс. На метеостанции используется более новые флюгеры, которые работают по принципу передачи электрического сигнала, при их вращении. Внешний вид приведен на рис. 4. Характеристики датчика приведены в [3, 4].

Барометр – устройство измерения атмосферного давления. На метеостанциях используются барометры мембранного типа, принцип действия которых основан на свойстве мембранной анероидной коробки деформироваться при изменении атмосферного давления. Линейные перемещения мембран преобразуются в электрический сигнал, который поступает на компьютерную плату, которая преобразовывает этот сигнал в значение равное атмосферному давлению. Внешний вид приведен на рис. 5. Данный датчик не имеет особых требований к размещению. Характеристики датчика приведены в [5].



Рис. 3 – Чашечный анемометр



Рис. 4 – Флюгер



Рис. 5 – Барометр

Термогигрометр –предназначен для измерения влажности воздуха окружающей среды [единица измерения – 1%]. Различные типы гигрометров работают, контролируя изменения определенных параметров, таких как точка росы, емкость и электрическое сопротивление, чтобы выяснить фактическую влажность. Выгоднее и намного целесообразнее устанавливать датчики влажности совместно с датчиками температуры (рис. 6). Такой тип гигрометров своим принципом работы берет за основу использование емкости и электрического сопротивление что дает: высокую степень рабочей стабильности, практически линейные и точные характеристики измерения, хорошая динамичность режима работы, стабильность точки росы, низкие температурные коэффициенты и низкий уровень гистерезиса. Обычно такие датчики оснащены защитным экраном или защитным фильтром (рис. 7) от прямого попадания ультрафиолетового излучения, осадков или внешних возможных источников повреждения, в зависимости от модели также имеет небольшую охлаждающую систему в виде электрического куллера или

вентилятора, который осуществляет циркуляцию нагретого воздуха между фильтром и самим датчиком. Данный датчик не имеет особых требований к размещению. Характеристики датчика приведены в [6, 7].



Рис. 6 – Термогигрометр



Рис. 7 – Защитный экран для термогигрометра

Пиранометр – радиометрический прибор, специально разработанный для измерения суммарной солнечной энергии в диапазоне длин волн от 300 до 3000 нанометров (нм), поступающей на плоскую поверхность (рис. 8) [единица измерения – Вт/м²]. Для обеспечения требуемых спектральных и угловых характеристик пиранометры используют датчики на основе набора термопар, защищенные стеклянным или кварцевым полусферическим колпаком. Так же, на примере пиранометра компании Kipp & Zonen снабжены встроенными пузырьковыми уровнями и регулируемые по высоте опорами. Характеристики датчика приведены в [8]. Требования к размещению: расстояние от препятствий в 10 раз больше высоты препятствий.

Дождемер (плювиометр) С помощью этого устройства непрерывно регистрируют количество жидких и твердых осадков и их интенсивность с привязкой по времени, к примеру, от начала дождя до времени его окончания. Они бывают различных типов, основные из которых это датчик дождя (рис. 9). Требования к размещению: 1 м над землей на стальной трубе с бетонным основанием, расстояние от препятствий как минимум в 4 раза больше их высоты. Характеристики датчика приведены в [9].

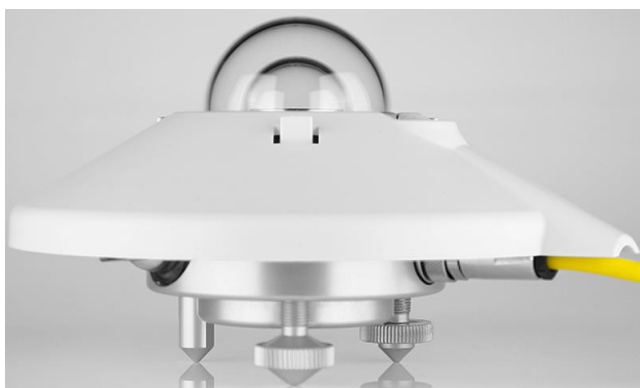


Рис. 8 – Пиранометр



Рис. 9 – Датчик дождя

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Thies Clima, "Wind Transmitter - compact 4.3129.xx.140... 961," 37083 Göttingen, 2010.
2. Thies Clima, "Windsensor compact," [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://thiesclima.com/windsensor_compact.html.

3. Thies Clima, "Wind Direction Transmitter - compact 4.3129.xx.xxx," 37083 Göttingen, 2014.
4. Thies Clima, "Windrichtungssensor Compact," [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://thiesclima.com/windrichtungssensor_compact.html.
5. Lufft, "Drucksensor | Druck - Lufft," [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.lufft.com/de/produkte/druck/drucksensor-835503>.
6. Thies Clima, "Hygro-ThermoTransmitter-compact 1.1005.54.xxx 1.1005.64.xxx," 37083 Göttingen, 2013.
7. Thies Clima, "Hydro - Thermogeber compact," [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://thiesclima.com/hydro-thermogeber.html>
8. KippZonen, "Pyranometer" [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.kippzonen.com/Product/12/CMP6-Pyranometer#.XCDJ-iNzCCo>
9. B+B sensors, "Operation manual Rain Detector REGME model 12 V AC/DC or 24 V AC/DC," D-78166 Donaueschingen, 2016.
10. Richard Perez, Sergey Kivalov, James Schlemmer, Karl Hemker Jr., David Renn and Thomas E. Hoff, "Validation of short and mediumterm operational solar radiation forecasts in the us," Solar Energy, pp.2161-2172, 2010.
11. F. Nomiya, J. Asai, T. Murakami and J. Murata, "A study on global solar radiation forecasting using weather forecast data," IEEconference, 978-1-61284-857-0/11, 2011.

УДК 681.518.54

Белєвич О.С. студент 141м-17-3.

Науковий керівник: Гребенюк А.М., к.т.н., доцент кафедри відновлюваних джерел енергії (Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ АДМІНІСТРАТИВНО-ПОБУТОВОГО КОМПЛЕКСУ ШАХТИ

Основною метою роботи є розробка заходів по теплопостачанню адміністративно-побутового комплексу шахти «Тернівська» з використанням відновлювальних джерел енергії. Визначення собівартості розглянутих проектів та вибір найбільш привабливого з точки зору терміну окупності.

ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» найбільше вугледобувне підприємство України, займається розробкою в Західному Донбасі (Дніпропетровська область). До складу підприємства входить 10 шахт, 23 структурних підрозділи, 57 об'єктів соціальної сфери. Колектив підприємства нараховує понад 26 тис. чоловік. ВАТ «Шахта «Тернівська» входить до виробничо-структурного підрозділу «Шахтоуправління Павлоградське» та розташована у місті Тернівка, Дніпропетровської області. Максимальна глибина ведення гірничих робіт 265 м., а протяжність підземних виробок складає більше 90 км. Шахта розробляє пласти вугілля с8, с6, с5, с4 потужністю 0,78-1,6 м. з кутами падіння до 3о.

На даний час розробка заходів по використанню відновлюваних джерел енергії є актуальною практичною задачею, вирішення якої спрямовано на підвищення ефективності гірничого виробництва, зниження собівартості та підвищення конкурентоспроможності продукції гірничопромислових підприємств.

При виконанні дипломного проекту бакалавра був виконаний аналіз можливості використання відновлюваних джерел енергії для зниження рівня споживаних енергоресурсів в умовах ВАТ «Шахта «Тернівська». Було виділено три основні джерела відновлюваної енергії - вентиляційні установки шахти, потік води в гірських виробках і низькопотенційне тепло шахтних вод.

В процесі розгляду цих джерел було виділено наступне:

1) на використання вітрогенератора в шахтній системі вентиляції накладається велика кількість обмежень - установка вітрогенератора безпосередньо у вентиляційному стовбурі не може бути виконано за вимогами техніки безпеки через часткове перекриття перетину і збільшення опору повітряного потоку, а винесення генератора за межі вихідного отвору вентилятора призведе до різкого зменшення повітряного потоку, причому тим більше, чим більше відстань від вихідного патрубку до генератора;

2) при невеликому ухилі гірничих виробок потік води має низьку швидкість і як наслідок малу кінетичну енергію, а спорудження проміжних накопичувачів води вимагає істотних витрат на виконання гірських робіт і дотримання всіх вимог безпеки. Таким чином отримання значної кількості електроенергії з використанням засобів малої гідроенергетики є неможливим;

3) основним джерелом низькотемпературного тепла на шахті «Тернівська» є шахтні підземні води, що подаються з горизонтів шахти і мають температуру 12-14 °С.

Грунтуючись на виконаному аналізі, було проведено уточнення вихідних даних для розрахунку теплового насоса, призначеного для забезпечення адміністративно-побутового комплексу шахти гарячою водою. Розрахунок вівся для добового споживання гарячої води на шахті 143 м³. Температура гарячої води - 45 °С, початкова температура чистої води, що нагрівається для системи гарячого водопостачання в літній час - 18 °С, в зимовий час - 5 °С. Розрахунок для найбільш несприятливих зимових умов і найбільшого споживання показав, що необхідна потужність теплового насоса становить 370 кВт. Найбільш раціонально буде використовувати два модуля ТНУ теплопродуктивністю по 190 кВт кожен. В цьому випадку в холодну пору року в роботі будуть знаходитися два модуля з сумарною теплопродуктивністю 380 кВт, а в теплу

пору року буде працювати один модуль. Для запропонованого теплового насоса був виконаний розрахунок теплообмінника шахтних вод і пластичатого теплообмінника чистої води.

В якості альтернативного джерела гарячої води була також розглянута можливість застосування сонячних колекторів. Був проведений аналіз основних видів сонячних колекторів, які найбільш поширені в даний час - вакуумні і плоскі колектори. На підставі проведеного аналізу діючої системи гарячого водопостачання можна виділити наступні основні переваги вакуумних колекторів в порівнянні з плоскими:

- більш низькі тепловтрати;
- простота монтажу і заміни трубок;
- можливість використання при значно низьких температурах;
- велика механічна міцність.

Таким чином для використання в системі гарячого водопостачання шахти «Тернівська» були прийняті вакуумні сонячні колектори SOLARDUAL A-30 в кількості 38 шт. Також були обрані резервуар-теплообмінник Harwood B1, термостатичний змішувальний клапан T70, виробництва Watts Industries Deutschland GmbH і системний контролер для сонячних водонагрівальних систем. Однак реалізація системи гарячого водопостачання з використанням сонячних колекторів має один істотний недолік - це істотне зниження їх продуктивності в зимову пору року, коли потреба в гарячій воді на шахті навпаки зростає практично вдвічі.

Економічні розрахунки показали, що система гарячого водопостачання адміністративно-побутового комплексу шахти «Тернівська» з використанням теплових насосів більш приваблива через менший термін окупності і більш низьких експлуатаційні витрати.

Перелік посилань

1. Смирнов А.Д., Антипов К.М. Справочная книжка энергетика. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 568с.

2. Методичні вказівки до проектування теплонасосних установок для утилізації викидного тепла на гірничих підприємствах для студентів спеціальності 7(8).05030101 „Розробка родовищ та видобування корисних копалин” спеціалізації „Енергомеханічні комплекси гірничого виробництва” / Ю.І. Оксень, О.С. Савенчук, В.І. Самуся. – Д. : Національний гірничий університет, 2014. – 40 с.

3. Методичні рекомендації, завдання та приклади розрахунку теплообмінних апаратів теплоенергетичних установок для студентів спеціальностей „Нетрадиційні та відновлені джерела енергії”, „Електромеханічні системи геотехнічних виробництв”; „Розробка родовищ та видобування корисних копалин” спеціалізації „Енергомеханічні комплекси гірничого виробництва” / О.С. Савенчук, Ю.І. Оксень, О.П. Трофимова. - Д. : Національний гірничий університет, 2015. - 93 с.

УДК 681.518.54

Прокопенко М.Б. студентка 141м-17-3.**Науковий керівник: Ципленков Д.В., к.т.н., доцент кафедри відновлюваних джерел енергії (Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)**

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМБІНОВАНОЇ АВТОНОМНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ УМОВ М. НОВА КАХОВКА

Основною метою роботи є розробка системи електропостачання приватного будинку з використанням відновлюваних джерел енергії для мінімізації залежності від традиційного електропостачання та зниження витрат на оплату використовуваних енергоресурсів.

Наприкінці 2015 року в Парижі відбулася Конференція з питань клімату, результатом якої стало підписання «Паризької угоди про зміну клімату». Яка, по суті, є «дорожньою картою» кроків, що дозволяють скоротити викиди і зміцнити стійкість до зміни клімату. Країни-учасниці кліматичної угоди зобов'язуються вжити заходів, що сприятимуть обмеженню зростання загальносвітової температури на рівні 1,5-2 градуси.

Згідно ряду експертних прогнозів, потреби людства в енергії, що становлять нині близько 13 ТВт, зростуть до середини нинішнього століття до 30, а до його кінця - до 46 ТВт. Такі потреби в енергії можуть бути задоволені тільки за рахунок переважного розвитку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) і, перш за все, за рахунок набагато більш масштабного виробництва сонячної і вітрової енергії, яке особливо прискорилось за останні роки.

Україна володіє значними ресурсами вітрової енергії і завдяки своїм природно-кліматичним характеристикам може вийти на одне з провідних місць в світі по використанню енергії вітру. Енергія вітру розподілена по території країни вкрай нерівномірно, причому вітропотенціал на півдні країни значно вище, ніж на півночі. З точки зору використання енергії вітру на суші, найбільш сприятливими регіонами є Крим, Карпати (Львівська, Івано-Франківська, Закарпатська, західна частина Чернівецької області), узбережжя Чорного та Азовського морів (Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька і Донецька області), а також Луганська область.

Швидкими темпами розвивається в нашій країні і сонячна енергетика. У 2017 році, за даними Держенергоефективності, загальна потужність введених в експлуатацію сонячних електростанцій (СЕС) склала 211 МВт. А з 2011 року в нашій країні побудовано і введено в експлуатацію СЕС на 742 МВт. Сонячна енергетика України розвивається настільки високими темпами завдяки привабливому тарифом з продажу зеленої енергії. Поточна ставка «зеленого тарифу» для фотоелектричних комерційних станцій становить приблизно 0,15 євро за 1 кВтг електроенергії. Цей тариф діє для станцій, які будуть запущені в 2017-2019 роках.

Таким чином реалізація проектів по впровадженню відновлюваних джерел енергії в Україні є привабливою не тільки з точки зору екологічних параметрів, а й економічно. Використання зеленого тарифу дозволяє значно скоротити терміни окупності проектів по впровадженню ВДЕ, як для великих інвесторів, так і для дрібних індивідуальних господарств.

У моїй магістерській роботі розглянута можливість впровадження ВДЕ на прикладі приватного будинку розташованого в Херсонській обл., м. Нова Каховка, вул. Історична, будинок 126.

Для умов даного домоволодіння найбільш раціонально буде застосування гібридної СЕС, яка дозволяє не тільки забезпечити безкоштовною електроенергією, а й отримувати додатковий економічний ефект за рахунок продажу надлишків за «зеленим тарифом».

Використовуючи дані мешканців будинку про тривалість роботи електроприладів і зіставляючи їх з рівнем електроспоживання згідно приладів обліку був проведений розрахунок споживаної потужності. За результатами розрахунку середнє добове споживання будинку складає 24,3 кВт·год, на місяць відповідно виходить 727,6 кВт·год, що збігається із середнім рівнем споживання згідно приладів обліку 700-750 кВт·год/місяць. За виконаними розрахунками

був обраний гібридний сонячний інвертор SILA 2000P, який є багатофункціональним пристроєм і поєднує функції інвертора, контролера заряду акумуляторів від сонячних батарей і зарядного пристрою акумуляторних батарей від мережі 220 В для забезпечення безперебійної подачі живлення, з можливістю вибору пріоритетів зарядки і навантаження.

Для визначення необхідної кількості сонячних батарей потрібно знайти кількість пікових сонце-годин на день для заданої місцевості. Для цього середньомісячне надходження сонячного випромінювання в кВт·год/місяць на майданчик, що має той же кут нахилу, що і сонячні батареї, необхідно розділити на кількість днів місяця. У зв'язку з наявністю резервного джерела живлення розрахунок проводився за середньорічним значенням пікових сонце-годин. Це дозволило скоротити витрати на фотоелектричну систему. У літню пору року вироблювана енергія може передаватися в загальну мережу, а в зимовий відповідно забиратися з мережі або від резервного джерела живлення.

В результаті були обрані сонячні батареї Solar CS6P-260 загальною кількістю 34 шт. Установка сонячних елементів планується на південному схилі даху будинку загальною площею 92 м².

Коли енергії, що виробляється сонячними батареями, буде недостатньо, планується використовувати вітро-дизельну установку, що дозволяє виробляти електроенергію саме у вечірні години і взимку, коли рівень сонячної інсоляції істотно знижується. Таким чином, в магістерській роботі був також проведений розрахунок вітрогенератора потужністю 2,0 кВт і обрана вітроустановка WINDER T20 розроблена спеціально для областей з низькою середньорічною швидкістю вітру. Установка дозволяє виходити на номінальну електропродуктивність вже при швидкості вітру 9м/с. В якості резервного джерела електроенергії був прийнятий дизельний генератор потужністю 4,5 кВт FORTE FGD6500E, оснащений 4-х тактний дизельним двигуном, потужністю в 4500 Вт.

Перелік посилань

1. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Проектирование и расчет/ А. С. Овчеренко, М. Л. Рабинович, В. И. Мозерский, Д. И. Розинский. – К.: Техника, 1985. – 279 с., ил. – Библиогр.: 273 – 275 с.

2. Методическое пособие для дипломного проектирования «Расчет системы автономного энергоснабжения с использованием фотоэлектрических преобразователей» для студентов специальностей 6.090504 «Нетрадиционные источники энергии», 6.050701 «Электротехника и электротехнологии», составители: Бекиров Э. А., Воскресенская С. Н., Химич А. П. – Симферополь: НАПКС, 2010 г

3. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями: учебное пособие1 Б.В. Лукутин, И.О. Муравлев, И.А. Плотников - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. - 128 с.

Парфілко А.Д. студент гр.ТН-15-1

Науковий керівник: Накашидзе Л.В., к.т.н., с.н.с., директор НДІ енергетики
(Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м Дніпро, Україна)

СТАБІЛІЗАЦІЯ ЕНЕРГІЇ, ЩО ГЕНЕРУЄТЬСЯ СОНЯЧНИМИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯМИ, ЗА ДОПОМОГОЮ КОМБІНУВАННЯ ЇХ З ВІТРОУСТАНОВКАМИ

Під час експлуатації сонячних електростанцій споживачі стикаються з такими проблемами: їх даремність вночі, також взимку станція не здатна видати заявлену кількість енергії. Це пов'язано з тим, що в холодний період року сонячний день значно менший ніж влітку. До того ж майже весь час спостерігаються хмари, ця залежність наочно проілюстрована на рис. 1.

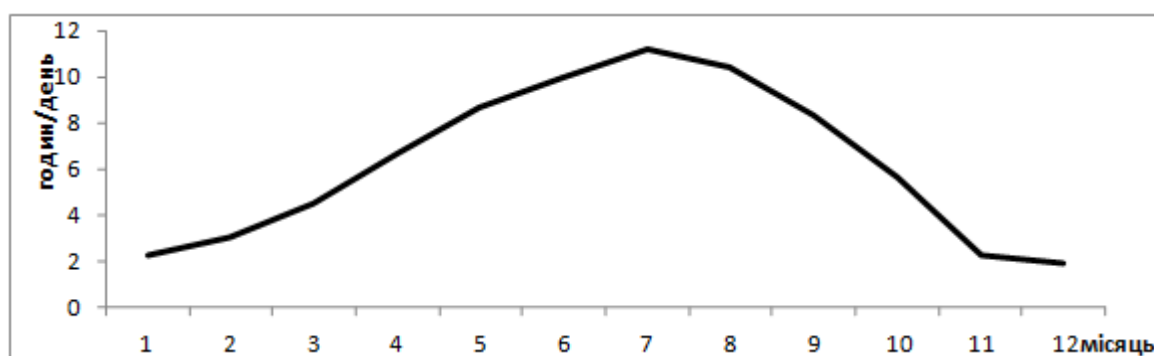


Рисунок 1— Залежність кількості сонячних годин на день від місяця в Одесі [1]

Сьогодні інженери здатні вирішити проблему стабілізації видачі енергії в різний час доби встановлюючи акумулятори, які в денний час заряджаються надлишком енергії, а в вночі віддають накопичене, тим самим стабілізуючи нічні енергетичні провали.

Аналогічним шляхом неможливо стабілізувати провали енергії взимку через низку причин пов'язаних з ціною та особливостями використання акумуляторів. Одним з варіантів вирішення проблеми є вітроенергетика.

Відповідно до табл.1 можна сказати, що у вітроенергетики є потенціал, адже в холодну пору року спостерігається збільшення швидкості вітру, а в тепле навпаки спад. Швидкість вітру і є вирішальним фактором, адже потужність вітроустановки ($P_{в.у.}$) напряму залежить від швидкості вітру, ця залежність проілюстрована в табл. 1 на прикладі СВ-6.7/1000.

Таблиця 1

Швидкість вітру в Одесі поруч з морем [1,2]

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Сред знач.
Швидкість вітру	7	7,3	6,5	6	5,7	5,8	5,2	5,2	5,6	6,5	7	7,1	6,24
$P_{в.у.}$	2,7	3	2,1	1,7	1,5	1,6	1,1	1,1	1,4	2,1	2,7	2,8	1,8
$E_{в.у.}$	64,8	72	50,4	40,8	36	38,4	26,4	26,4	33,6	50,4	64,8	67,2	43,2

Визначивши потужність вітроустановки в заданий місяць можна розрахувати енергію ($E_{в.у.}$), яку вона здатна згенерувати за добу, а також розрахуємо середнє значення для визначення орієнтовної потужності сонячної електростанції. Результати обчислень наведені в табл.1.

Середнє значення енергії вітроустановки потрібно для розрахунку орієнтовної потужності ($P_{с.с.}$) сонячної електростанції, якщо середня кількість сонячних годин для Одеси (n) дорівнює

6 годинам. Орієнтовна потужність сонячної електростанції нам потрібна для того, щоб прирівняти річні видобутки енергії, так ми зможемо порівнювати відповідні за потужністю установки.

$$P_{e.c.} = \frac{P_{в.у}}{n} = 7,2 \text{ Вт}$$

Отримавши потужність сонячної електростанції розрахуємо денний вихід енергії та зведемо дані до табл.2. Таким чином ми побачимо місяці, які здатна компенсувати вітроустановка.

Таблиця 2

Результати обчислень місячних енергій, які генеруються сонячною електростанцією потужністю 7,2 Вт

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$E_{e.c.}$	15,4	21	31,5	46,9	60,9	70	78,4	72,8	58,1	39,2	15,4	13,3

Для

наочності зведемо добові енергії вітроустановки і сонячної електростанції до рис.2, та відзначимо на малюнку добуток потужностей, бо саме за цим графіком будемо визначати здатність вітроустановки стабілізувати енергетичні провали. Ідеальним випадком буде пряма, яка буде паралельна осі «місяць», бо це буде означати, що провали повністю подолані та станція видає постійну кількість енергії.

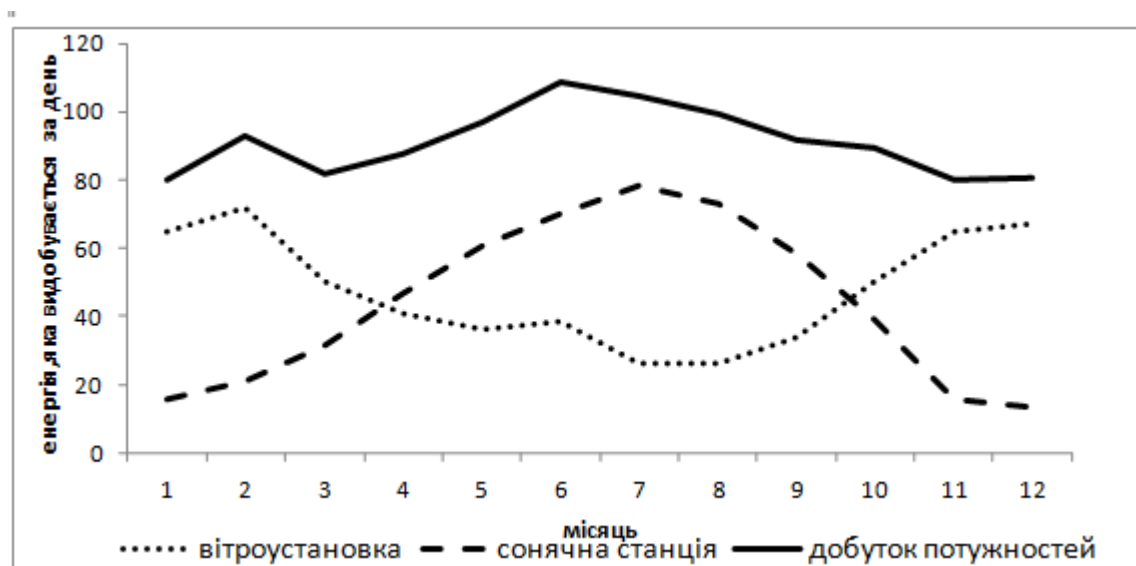


Рисунок 2— Залежність кількості видобуваної енергії за день від місяця

Згідно рис.2 вітроустановка здатна стабілізувати зміни генерації енергії, але треба враховувати співвідношення потужностей вітроустановок до сонячної станції згідно умов на місцевості.

Нажаль в Україні небагато місць з достатньо сильними вітрами отже для більшості територій країни доведеться шукати інші методи стабілізації енергетичних провалів.

Перелік посилань

1. Прихотько Г.Ф. Климат Украины: Учебн. пособ. /Редактор Г.Я. Русакова Худ. Редактор В.А. Евтихийев Техн. Редактор Г.С. Николаева Корректоры: Н.И. Оршер и К.И. Розина, 1966.— С.413
2. Ветрогенератор СВ-6.7/1000 —Режим доступа: <https://prom.ua/p62568460-vetrogenerator-671000.html>

УДК 504.062.2

Дудник М.В. студент гр. ТН-16-1, **Марченко О.Л.** ст. викладач каф. двигунобудування
ФТФ ДНУ ім. Олесь Гончара

Науковий керівник: к.т.н., с.н.с, Накашидзе Л.В., директор НДІ енергетики
(Дніпровський національний університет ім. Олесь Гончара, м. Дніпро, Україна)

ДВИГУН СТИРЛІНГА У ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ

В останні роки в світі відроджується інтерес до твердопаливних котлів. Твердопаливний котел не такий економічний та зручний у використанні, як газовий, однак, в умовах всесвітньої енергетичної кризи, цей тип перетворювачів енергії знову стає актуальним. Причиною цього є доступність і різноманіття джерел первинної енергії, які можуть використовуватися як паливо для даного типу котлів.

Незважаючи на те, що загальні принципи роботи твердопаливних котлів давно вивчені, а технологія виготовлення у деяких виробників близька до досконалості, окремі його вузли до цього часу мають недоліки.

Гравітаційна схема подачі теплоносія є вкрай незручною в будівництві. Поступово системи такого типу витісняє більш зручна схема, яка використовує циркуляційний насос для перекачування теплоносія в контурі. До переваг такої системи можна віднести те, що для її роботи потрібно менший обсяг теплоносія, трубопроводи меншого діаметру. Однак, є і недоліки, наприклад потужність циркуляційних насосів, які використовуються в сучасних котлах, становить близько 100 Вт. Це призводить до додаткових витрат. Так, в новій серії автоматичних котлів від української компанії «Liberator» потужністю від 250 до 1200 кВт електроживлення передбачено від мережі 380 В. При цьому споживання становить від 1,4 до 3,5 кВт

Для того, щоб відмовитися від електроживлення від електромережі, буде раціонально використовувати двигун Стирлінга в якості приводу циркуляційного насоса.

В ході проведення розрахунків було розглянуто дві передбачуваних схеми включення двигуна Стирлінга.

Перша схема передбачає приміщення нагрівача двигуна Стирлінга в область подачі нагрітого в котлі теплоносія, а холодильника - в область зворотної подачі теплоносія. ККД двигуна Стирлінга можна визначати за формулою ККД для циклу Карно:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

де T_1 - температура нагрівача, T_2 - температура холодильника, η - ККД двигуна.

Температура подачі теплоносія в сучасних твердопаливних котлах варіюється від 343 К до 363 К. Температура зворотної подачі повинна бути не нижче 333 К, щоб уникнути утворення конденсату. ΔT зазвичай встановлюється в межах 15 К. Прийmemo $T_1 = 353\text{К}$, $T_2 = 338\text{К}$. Тоді $\eta = 4\%$.

Друга схема установки двигуна припускає розміщення нагрівача двигуна в область топки котла, а холодильника - в область зворотної подачі теплоносія.

Температура в топці твердопаливного котла залежить від багатьох факторів, таких як тип палива, технічні характеристики котла і т.д. Для розрахунків прийmemo середню температуру $T_1 = 1073\text{К}$, $T_2 = 338\text{К}$. Тоді $\eta = 68\%$.

З вищевикладеного випливає, що друга схема включення двигуна Стирлінга в роботу твердопаливного котла набагато ефективніше першої, оскільки ККД установки багаторазово зростає.

Використовувана формула дозволяє отримати справжнє значення ККД лише для ідеальної теплової машини. Також, через вплив на систему таких факторів як тертя рухомих вузлів, гідравлічне опір рідини і теплові втрати, ККД реальних двигунів Стирлінга зазвичай не перевищує 50 %.

Такий розрахунок доцільний тільки в тому випадку, якщо крім температури в системі більше немає ніяких визначальних параметрів (система ідеальна). На практиці доводиться враховувати безліч інших термодинамічних параметрів, один з яких - коефіцієнт тепловіддачі α . Його можна визначити за формулою Ньютона-Рихмана:

$$\alpha = \frac{F \cdot \Delta T}{Q},$$

де Q - кількість теплоти, що відводиться від поверхні, що має площу F . ΔT - температурний напір (модуль різниці температур поверхні тіла і рідини).

На практиці, для отримання найбільш точних результатів, краще буде використовувати середній коефіцієнт тепловіддачі $\langle \alpha \rangle$, обчислюючи його за формулою:

$$\langle \alpha \rangle = \frac{Q}{\Delta T \cdot F}.$$

Для знаходження температурного напору обираються середні значення температури для поверхні тіла і рідини.

Порівнюємо коефіцієнти тепловіддачі α води і повітря до поверхні нагрівача двигуна Стирлінга:

$\alpha = 300 \dots 580$ (Вт / (м² * К)) - для «спокійної» води;

$\alpha = 350 \dots 2100 \cdot (v)^{1/2}$ (Вт / (м² * К)), де v - швидкість потоку води - для води, що рухається;

$\alpha = 9,4$ (Вт / (м² * К)) - для нерухомого повітря;

$\alpha = 5,6 + 4 \cdot v$ (Вт / (м² * К)), де v - швидкість потоку повітря - для рухомого повітря (за умови теплообміну з гладкою поверхнею).

Навіть при статичному стані речовини, α (води) більше α (повітря) приблизно в 50 разів. Варто враховувати ще й те, що якщо нагрівач двигуна Стирлінга буде поміщений в робочий простір топки котла, він буде швидко забруднюється продуктами згоряння палива, такими як сажа і смоли. Не виключено також негативний вплив високих температур на деталі і вузли двигуна, що знаходяться в даному випадку включення в безпосередній близькості від джерела тепла.

Включення ж нагрівача в колектор подачі, через який підігрітий теплоносій надходить до системи опалення, навпаки дає масу переваг:

- Більший коефіцієнт тепловіддачі рідкого теплоносія;
- Неможливість сильного забруднення робочої частини нагрівача;
- Менша температура, безпечна для деталей і вузлів самого двигуна;

Таким чином, включення нагрівача двигуна Стирлінга в колектор подачі теплоносія є більш правильним, ефективним і технологічним рішенням, в порівнянні з тим, щоб поміщати нагрівач в топку котла. Використання двигуна Стирлінга в твердопаливних котлах - є можливість зробити даний пристрій абсолютно автономним і максимально автоматизованим.

Перелік посилань

1. Rajput R.K. «Internal Combustion Engine» / Laxmi Publication 2011 – 163 с.
2. Дудник М. В. «ДВИГУН СТИРЛІНГА В СИСТЕМІ ОПАЛЕННЯ» / М.В. Дудник, О.Л. Марченко О. / Енергозберігаючі технології та енергоменеджмент” с.8 VI Міжнародної науково-практичної конференції. – Д.: ЛІРА, 2018. – С.278-280.
3. ТОВ «Лібератор» «Котли на агропелетах» / AW Therm №2 березень – квітень 2017 – С. 8.

УДК: 621.577

Марченко А. Г. студент гр. ТН-16-1

Науковий керівник: к. т. н., с. н. с., директор НДІ енергетики Накашидзе Л.В.
(Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна)

ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

В наш час теплопостачання великих міст здійснюється в основному централізованими системами теплопостачання з комбінованим генеруванням електроенергії та теплоти. З технологічної точки зору, таке виробництво електроенергії і теплоти є більш ефективним, ніж роздільне виробництво електроенергії на конденсаційних теплових електростанціях і теплоти на котельнях [1].

Разом з тим застосування централізованих систем теплопостачання має недоліки, такі як: високий фізичний знос і старіння обладнання котелень і теплоелектроцентралей; високий рівень втрат теплової енергії в теплових мережах; висока вартість палива на котельнях та теплових електростанціях; високий рівень пошкодженості, а отже і витрат на експлуатацію теплових мереж; порушення гідравлічних режимів теплових мереж.

Для підвищення ефективності централізованих систем теплопостачання в цілому необхідне рішення цілого ряду завдань, таких як: зниження втрат теплоти в теплових мережах і поліпшення якості теплопостачання; а також економне витрачання енергоресурсів на енергогенеруючих установках. Для їх вирішення слід застосовувати енергозберігаючі технології для забезпечення економічності та енергоефективності централізованого теплопостачання [2]. Істотне підвищення теплопостачання досягається за допомогою теплових насосів які дозволяють трансформувати низькотемпературну відновлювану природну енергію та вторинну низькопотенційну теплоту до більш високих температур, придатних для теплопостачання. Крім того, застосування теплонасосних установок дозволяє наблизити теплові потужності до місць споживання, мінімізувати протяжність теплових мереж, розосередити викиди в регіоні та отримувати в системах опалення 3-8 кВт еквівалентної теплової енергії в залежності від температури низькопотенційних джерел, витрачаючи при цьому 1 кВт електричної енергії [3].

При використанні теплових насосів можна підвищити ефективність роботи теплоцентралі якщо знижувати температуру зворотної мережної води. Підвищена температура зворотної мережної води призводить до зниження відпуску тепла, зниження температури прямої мережної води, перевитрати палива і зниження вироблення електроенергії за рахунок вимушеної розвантаження парової турбіни через підвищення тиску в регульованому теплофікаційному відборі [4].

Крім того, при зниженні температури зворотної мережної води у відкритих системах теплопостачання, наприклад, з 60°C (максимум величини швидкості корозії) до 40°C швидкість внутрішньої кисневої корозії труб знижується майже 2 рази, що збільшує термін служби теплових мереж. Тобто нормативне та наднормативне зниженні температури зворотної мережної води в тепломагістралях централізованого теплопостачання призводить не тільки до підвищення ефективності роботи самої теплової електростанції, але і до підвищення ефективності роботи теплової мережі, так як всі експлуатаційні енергетичні характеристики (питома витрата електроенергії, питома витрата мережної води, теплові втрати, втрати мережної води) значно знижуються [4].

Застосування теплових насосів в системах централізованого теплопостачання дозволяє істотно підвищити техніко-економічні показники систем централізованого теплопостачання. Технічно можлива утилізація до 45% низькопотенційної теплоти, при цьому забезпечується:
- приріст електричної потужності (на 6...10%) від встановленої потужності теплофікаційної турбіни без витрат палива на цей приріст;

- приріст теплової потужності на величину утізованої теплоти, що викидається в систему охолодження технічної води;
- зниження втрат при транспортуванні мережної води в магістральних трубопроводах;
- зростання опалювального навантаження (на 15...20%) при тій же витраті первинної мережевої води і зниження дефіциту в мережеві воді на центральних теплових пунктах у віддалених від теплоелектроцентралі мікрорайонах;
- поява резервного джерела для покриття пікових теплових навантажень [5].

Даний спосіб теплопостачання з появою додаткового джерела можна реалізувати для теплопостачання 10 корпусу ДНУ – впровадження комбінованої системою теплопостачання на основі теплового насоса і котельні. Так як площа прибудинкової території обмежена для установки колектора ґрунтового теплового насоса то доцільно застосувати тепловий насос який використовує в якості джерела низькопотенційної теплоти повітря. Оскільки для таких теплових насосів джерелом теплоти є зовнішнє повітря то зі зміною його температури змінюються умови роботи теплового насоса. При низьких температурах потрібно буде використовувати тепловий насос з надмірною запасом потужності. Це нераціонально: наявна висока вартість самого устаткування і витрат на енергію для роботи теплового насоса. Тому в кліматичній зоні, де бувають періоди в році з температурами -15°C , пропонується поєднувати з іншим джерелом тепла, в нашому випадку це з котельні яка допоможе зменшити пікове теплове навантаження. Така організація теплопостачання корпусу реалізує бівалентний режим опалення при якій базове навантаження несе тепловий насос, а пікові навантаження покриваються допоміжним джерелом, що споживає інший енергоносіє [6, 7].

Запропонований метод використання теплового насоса в спільній роботі з котельні дозволяє заощадити загальна витрата умовного палива при оптимізації температури конденсації робочої речовини (холодоагенту) [5]. Також такий вид теплопостачання більш економічний, при існуючих тарифах на електроенергію. Ці установки являються вибухо- і пожежобезпечними і екологічними так як використовують відновлювану енергію з навколишнього середовища, витрачаючи в рази менше первинної енергії необхідного для теплопостачання ніж при прямому спалюванні палива тим самим скорочуючи викиди шкідливих речовин в атмосферу.

Перелік посилань

- 1) Басок Б. И. Оценка возможности использования сбросной теплоты водооборотных конденсационных циклов на основе теплонасосных технологий (на примере ТЭЦ-6 г. Киева)/ М. Ю. Швец, А. А. Рутенко, А. А. Барило, Т. Г. Беляева, А. А. Лунина, О. М. Недбайло // Промышленная теплотехника. – 2010. - т. 32, №6. – С. 76-83.
- 2) Шеремет Е. О. Использование тепловых насосов в системах централизованного теплоснабжения./ О. И. Обьедкова, А. С. Семиненко / 3 інтернет ресурса /<http://eprints.kname.edu.ua/38324/1/34-36.Pdf>
- 3)http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=190
- 4)http://dspace.susu.ru/xmlui/bitstream/handle/0001.74/12049/2016_203_cejzergm.pdf?sequence=1
- 5) Абильдинова С.К. Теплонасосные технологии в режиме работы централизованных систем теплоснабжения // Вестник АУЭС. – 2013. - № 1 (20). – С. 18-23. / https://aues.kz/magazine/13_120.pdf
- 6) <https://bivalent.ru/bivalentnyj-podkhod-k-otopleniyu>
- 7) <https://aw-therm.com.ua/vozdushnyj-teplovoy-nasos-vzglyad-so-storony/>