



УДК 621.313.333.2:519.876.5

## ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ТА ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ТЕПЛОВУ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ

Овчаров В.В., д.т.н.,

Овчаров С.В., к.т.н.,

Телюта А.В., інж.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.: 0619-42-32-63

**Анотація** – в роботі аналізуються добові графіки навантаження об'єднаної енергетичної системи України, пропонується варіант системи живлення та перетворення електричної енергії в теплову в агропромисловому комплексі.

**Ключові слова** – добовий графік навантаження, об'єднана енергетична система України, електроопалення, системи живлення та перетворення електричної енергії, електронагрівач води.

*Постановка проблеми.* В структурі генеруючих потужностей і виробництва електроенергії в Україні провідна роль належить тепловим та атомним електростанціям. В добових графіках навантаження об'єднаної енергетичної системи спостерігаються нічні провали, які неможливо ефективно вирівнювати за рахунок зупинки енергоблоків. Тому єдиним вагомим резервом розширення користувачів нічного провалу залишаються групи побутового навантаження, зокрема шляхом використання електрообігріву.

*Аналіз останніх досягнень.* Цьому питанню присвячено ряд наукових робіт. Розроблена енергоощадна технологія електротеплоаккумуляційного обігріву в житлово-комунальному та аграрно-промисловому комплексах України [1]. Але залишаються невирішеними питання ефективного живлення та перетворення електричної енергії в теплову.

*Формулювання цілей статті.* Тому ціллю статті є розробка шляхів енергозберігаючих режимів живлення та перетворення електричної енергії в теплову в агропромисловому комплексі.

*Основна частина.* Електрична енергія є зручним й найбільш універсальним видом енергоносія, який від інших енергоносіїв відрізняється у кращій бік – екологічністю, технологічністю, спроможністю

практично миттєво передаватися на великі відстанні і перетворюватися в інші види енергії, зручністю обліку, контролю та управління, надійністю постачання. Тому електроенергія знайшла широке застосування у численних індустріальних і агропромислових технологічних процесах. Електрифікація побуту, зокрема електрообігрів, завдяки його високим споживчим характеристикам, комфортності і зручності, теж вважається привабливими.

В структурі генеруючих потужностей і виробництва електроенергії України провідна роль належить потужним тепловим (з енергоблоками одиничною потужністю 200 - 800 МВт) і атомним (з енергоблоками одиничної потужності головним чином 1000 МВт) електростанціям, які працюють в базовому режимі. Оскільки участь потужних теплових і атомних електростанцій у процесі регулювання графіка навантажень вважається неприпустимим, то при знижених можливостях маневрування внаслідок нерівномірності добового графіка навантажень і домінування у складі об'єднаної енергетичної системи України базових потужностей у функціонуванні енергетики країни виникають певні труднощі.

Негативною властивістю електроенергії, як товарного продукту, залишається неможливість виробництва електроенергії «про запас», тобто «складування» або акумулювання її тимчасових надлишків. Причиною цього явища є одномоментність генерації і споживання електроенергії. Добова і сезонна нерівномірність попиту на електроенергію зумовлюють залежність її виробництва від часу доби та пори року.

З наведених даних по добовому графіку навантаження можна одержати оцінки ресурсу впровадження акумуляційного електрообігріву, Мінпаливенерго України встановило усереднену оцінку потенціалу впровадження електроопалення в Україні. Вона складає приблизно п'яту частину від показників зимового режимного дня і оцінюється величиною 1100 МВт. У цілому з оброблених даних видно, що найбільший потенціал за абсолютним показником упровадження електрообігріву має м. Київ, далі йдуть області: Донецька, Харківська, Дніпропетровська, Одеська, Луганська, Київська, Запорізька, Львівська, Вінницька, Полтавська, Миколаївська та АР Крим.

Чотири області - Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Луганська мають показники нерівномірності графіка навантаження об'єднаної енергетичної системи вищі, ніж середній для України. Ці відносно високі показники стабілізації графіка навантаження електромережі досягаються за рахунок споживання електроенергії на підприємствах металургії (головним чином), машинобудування, паливної, хімічної та нафтохімічної галузей промисловості. На виправлення добового графіка навантаження впливають, насамперед, промислові споживачі, що

розраховуються за тарифами, диференційованими за періодами часу. Споживачі інших (непромислових) груп практично не залучалися до розрахунків за диференційованими тарифами.

Отже, майже єдиним вагомим резервом розширення кола користувачів нічного провалу і зменшення користувачів у часи піків добового графіка навантажень в Україні залишається група побутового навантаження, зокрема електрообігріву.

Проблема електрообігріву має два аспекти. Перший включає розгляд структури і кількісну оцінку ємності ринку електроопалення, другий - аналіз існуючої технічної бази для задоволення потреб цього ринку. Обсяг впровадження електрообігріву не тільки не може перевищити можливості електроенергетики України, але має залишатись у рамках техніко-економічної доцільності. Розвиток електроопалення не повинен нести загрозу енергобезпеці країни, зокрема, порушувати її електроенергобаланс, руйнувати ринок електроенергії.

З іншого боку наявність численних типів електронагрівачів, складність їх асортименту, велика кількість регіональних виробників, швидкий технічний прогрес зумовлюють труднощі вибору і надання рекомендацій щодо конкретного типу електронагрівача для даного об'єкту або кластеру об'єктів електроопалення.

За офіційними даними, значення нижньої межі розвитку систем електроопалення в Україні не перевищує кількох десятих чи сотих відсотка. У міжсезонні періоди кількість систем електроопалювання різко зростає. Ці, переважно нелегітимні, споживачі обліку не піддаються. Але їх наявність свідчить, що електроопалення, як окремий вид опалення, є життєздатним явищем у масштабах країни і фактично вирішує проблеми теплопостачання населення, коли ще не працює система централізованого теплопостачання і до того ж, навіть у такій вульгарній формі, воно вже котрий рік поспіль не руйнує об'єднану енергетичну систему України.

Є кілька категорій потенційних користувачів електрообігрівом, які характеризуються різним пріоритетом. Можна вважати, що найбільший пріоритет має населення сільських пунктів, газифікацію яких не передбачено найближчим часом. На сьогодні рівень газифікації житлового фонду в містах складає близько 77 %, а в сільській місцевості - 32 %.

Іншим джерелом оцінки масштабів упровадження електроопалення можуть бути відомості про так звані проблемні та кризові будинки, у яких відсутні теплопостачання та гаряча вода через місце їх розташування. Такі будинки переважно знаходяться на околицях міста, отже, значно віддалені (понад 1 км) від котельні або від основних тепломереж. Є також категорія нерентабельних для теплового господарства будинків. Відключення таких будинків особливо актуальне в тих

регіонах, де рівень втрат у теплових мережах найвищий (близько 30 %), а також таких будинків, у яких на сьогодні понад 25% мешканців вже відключилися від центрального опалення та самостійно перейшли на індивідуальну систему тепlopостачання.

Виробництво теплової енергії як засіб створення необхідних комфортних умов виникло в найдавніші часи й з тих пір є супутником людини на шляху цивілізованого розвитку. Тому однією з найбільш важливих і складних проблем у розвитку економіки є проблема енергозбереження, підвищення ефективності виробництва теплової енергії. У цей час гаряче водопостачання й обігрів житлових і промислових приміщень у великих містах і промислових центрах здійснюється за допомогою таких джерел теплової енергії, як ТЕЦ, у невеликих містах і селищах - за допомогою котелень і грубого опалення. Особливо гостро стоїть проблема одержання тепла в невеликих населених пунктах і фермерських господарствах, вилучених від тепломагістралі житлових будинків. Традиційні джерела теплової енергії мають ряд істотних недоліків: низький ККД, певні складності в доставці тепла споживачеві і тому подібні. Необхідність будівництва ТЕЦ і котелень у безпосередній близькості від споживача погіршує екологічну обстановку в житлових мікрорайонах. Тому представляє значний інтерес одержання гарячої води й безпосередній обігрів таких об'єктів за допомогою електронагріву, реалізація якого не вимагає значних капіталовкладень, будівельних робіт і постійного обслуговуючого персоналу.

Найпоширенішими типами електронагрівальних пристроїв є установки, виконані на основі трубчастих нагрівальних елементів (ТЕН), електродні електроводонагрівачі, електроводонагрівачі з відкритими тепловиділяючими елементами й установки індукційного нагрівання. Основними недоліками цих видів електроприладів є їхня низька надійність і недостатній рівень безпеки в експлуатації. Усунення зазначених недоліків може бути досягнуте шляхом використання електронагрівальних пристроїв трансформаторного типу. Вони являють собою понижувальний трансформатор, первинна обмотка якого підключена до мережі, а вторинна обмотка замкнута накоротко і є тепловиділяючим елементом.

Проведено класифікацію електронагрівальних пристроїв і зроблено огляд конструкцій нагрівальних елементів (НЕ). При всьому різноманітті конструкцій варто виділити основні групи НЕ (резистивні, електродні, індукційні й трансформаторні), які знайшли найбільш широке застосування у виробництві й побуті. Встановлено, що елементи першої й другої груп володіють рядом істотних недоліків, що обмежують область застосування таких пристроїв. Цими недоліками є низький клас електробезпеки, невисока надійність і довговічність, а нагрівальні елементи індукційного типу мають низький коефіцієнт

потужності. У результаті аналізу виробництва й застосування установок електронагріву в країні й за рубежом, прогнозів розвитку теплоенергетики й тенденцій розвитку технічного рівня електронагрівників визначено розвиток розробок широкого спектра електронагрівальних приладів. Такі прилади повинні забезпечувати високий ступінь захисту від поразки електричним струмом, мати просту й технологічну конструкцію, великий термін служби, невисоку вартість, гарні експлуатаційні й масогабаритні показники, високі ККД і коефіцієнт потужності.

Одним з найбільш ефективних шляхів підвищення надійності й безпеки систем децентралізованого гарячого водопостачання й опалення невеликих промислових і сільськогосподарських підприємств і побутового сектора є застосування в якості нагрівальних елементів однофазних і трифазних трансформаторів з короткозамкненою вторинною обмоткою (КЗО), що є тепловиділяючим елементом.

Розроблено принципи побудови електронагрівальних пристроїв трансформаторного типу й сформульовані пропоновані до них вимоги. Загальна класифікація електронагрівальних пристроїв трансформаторного типу представлена на рис. 1.

За принципом побудови нагрівальні елементи пристроїв трансформаторного типу (НЕТ) можуть бути підрозділені на наступні групи:

1. За призначенням: для низькотемпературного нагрівання рідин; для низькотемпературного нагрівання газів.

2. За типом індуктора (магнітопровода із первинною обмоткою): тороїдальний; стрижневий; просторовий; з обертальним магнітним полем.

3. За взаємним розташуванням індуктора й вторинної обмотки: з розташуванням індуктора всередині вторинної обмотки; з розташуванням індуктора зовні вторинної обмотки; із вторинною обмоткою, що обертається щодо індуктора; з винесеним навантаженням.

4. За типом вторинної обмотки: короткозамкнена обмотка; обмотка з пасивним елементом.

5. За виконанням вторинної обмотки: об'ємна; трубчаста; стрічкова; хвилеподібна; гребенчата; циліндрична; кільцева.

6. За виконанням пасивного елемента вторинної обмотки: біфіляр; пасивний виток.

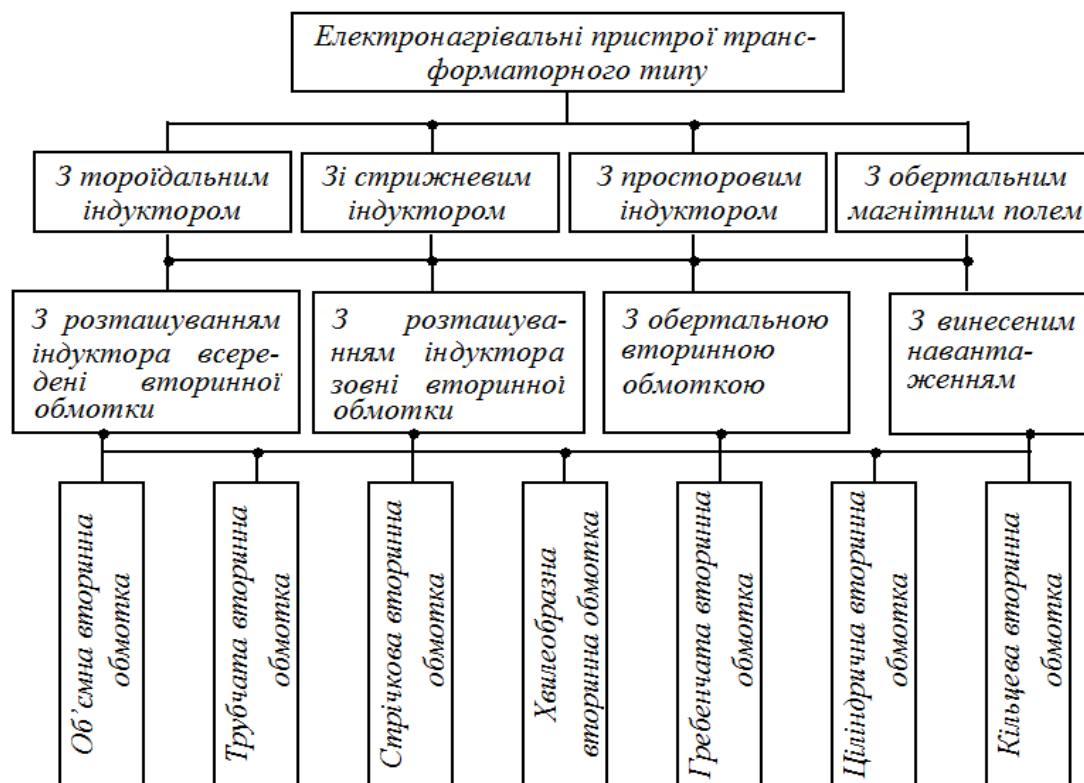


Рис. 1. Класифікація електронагрівальних пристроїв трансформаторного типу.

Тепловиділяючим елементом у таких конструкціях є вторинна обмотка трансформатора. Вона повинна відповідати наступним специфічним вимогам, які часто суперечать один одному:

- поверхня вторинної обмотки нагрівального елемента повинна мати досить велику площу зіткнення з нагрівальною середою для досягнення мінімального значення питомої поверхневої потужності;
- потужність, що виділяється з поверхні обмотки, що не контактує з середовищем, яке нагрівається, повинна бути мінімальною для забезпечення максимально можливої величини ККД;
- обмотка повинна бути короткозамкнена, оскільки при цьому вся активна потужність, яка споживається електронагрівачем з мережі, віддається з поверхні обмотки в нагрівальне середовище;
- конструкція вторинної обмотки повинна виключати можливість зіткнення первинної обмотки й магнітопроводу;
- індуктивність розсіювання вторинної обмотки повинна бути мінімальною для досягнення максимально можливої величини коефіцієнта потужності пристрою;
- для забезпечення необхідної безпеки при експлуатації електронагрівача електрорушійна сила фази вторинної обмотки не повинна перевищувати величину 2 - 4 В;

- матеріал, з якого виготовлена обмотка, повинен бути корозієстійким і відноситись до категорії "харчових" матеріалів (особливо для побутових електроводонагрівачів);

- конструкція й матеріал вторинної обмотки повинні забезпечувати можливість виготовлення й герметичного з'єднання деталей обмотки при використанні простих і дешевих технологій (штамбування, зварювання та ін.);

- температура поверхні вторинної обмотки електронагрівачів трансформаторного типу не повинна перевищувати значення 80-85 °С.

Особливостями досліджуваних трансформаторів є наявність короткозамкненої одновиткової обмотки з великою і нерівномірно розподіленою за довжиною витка щільністю струму. Причому режим короткого замикання є нормальним режимом роботи таких пристроїв. У короткозамкненій вторинній обмотці зосереджена більша частина втрат потужності нагрівального елемента. Обмотка має повітряне або водяне охолодження із природною або штучною конвекцією.

У класичних трансформаторах коефіцієнт корисної дії (ККД) визначається відношенням активної потужності, що віддається як навантаження до споживаної активної потужності. Для трансформаторів з короткозамкненою вторинною обмоткою використання такого поняття неприйнятно, тому що вся активна потужність, передана у вторинну обмотку, витрачається на її нагрівання, а ККД у режимі короткого замикання дорівнює нулю. Тому для розглянутого класу пристроїв доцільно використовувати поняття «електромагнітний ККД»

$$\eta_{em} = \frac{P_{em}}{P_1}, \quad (1)$$

де  $P_{em}$  – електромагнітна потужність короткозамкненого трансформатора;

$P_1$  – споживана потужність.

*Висновок.* Таким чином, розробка і впровадження електронагрівачів трансформаторного типу є перспективним напрямком як вирішення проблеми опалення житла та виробничих приміщень в агропромисловому комплексі, так і вирівнювання нічного графіка навантаження об'єднаної енергетичної системи України.

*Література.*

1. *Долінського А.А.* Сучасний стан і основні напрямки застосування електричної енергії для теплопостачання в Україні. За редакцією академіка НАНУ *А.А. Долінського, Д.Й. Розинського.* – К.: Видавництво Купріянова О.О. – 2009. – 252 с.

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ И  
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В  
ТЕПЛОВУЮ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

*Овчаров В.В., Овчаров С.В., Телюта А.В.*

*Аннотация* – в работе анализируются суточные графики нагрузки объединенной энергетической системы Украины, предложен вариант системы питания и преобразования электрической энергии в тепловую в агропромышленном комплексе.

**ENERGY SAVING SYSTEMS OF THE POWER SUPPLY  
AND TRANSFORMATIONS TO ELECTRIC ENERGY  
IN HEAT IN AGROINDUSTRIAL COMPLEX**

*V. Ovcharov, S. Ovcharov, A. Telyuta*

*Summary*

The united energy system of Ukraine daily load curve is analysed in the research, the system of the power supply and transformations electric energy to heat as a variant is offered.