

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЕЛЕКТРООПАЛЕННЯ СПОРУД

Однією з проблем проектування систем теплоаккумуляційного електроопалення є відсутність методики розрахунків споживання ними електроенергії з розподілом по тарифних зонах. В зв'язку з цим в процесі проектування немає можливості коректно розрахувати завантаження електромережі, особливо при великих обсягах використання електроопалення, а також визначити витрати палива, необхідні для забезпечення електроенергією таких систем. Це робить неможливою оцінку енергетичної ефективності впровадження теплоаккумуляційного електроопалення. Крім того, неможливість розрахунків річної вартості спожитої електроенергії призводить до некоректності техніко-економічних розрахунків, і тому рішення про використання такого опалення приймаються замовником на підставі неповної, або недостовірної інформації.

Економічна, а також енергетична ефективність систем теплоаккумуляційного електроопалення в значній мірі залежить від величини її теплової ємності. Велика ємність дає можливість споживати електроенергію виключно в періоді провалу. При цьому поточні витрати на опалення низькі, але капіталовкладення в таку систему опалення – великі. Зменшення ємності забезпечує зниження капіталомісткості системи опалення, проте призводить до зниження енергоефективності процесу електроопалення та зростання поточних витрат споживача. Критерій вибору величини теплової ємності системи теплоаккумуляційного електроопалення до цього часу не визначений. Вибір величини теплової ємності, проведений з урахуванням можливостей чи потреб замовника, або вміння проектувальника, призводить до вводу в експлуатацію системи опалення з ненормованими розподілом споживання електроенергії по періодах навантаження об'єднаної енергосистеми залежно від температури зовнішнього повітря. При значних обсягах впровадження теплоаккумуляційного електроопалення ненормований перерозподіл потужностей по зонах навантаження може створити серйозні проблеми для виробників та постачальників електроенергії. І тому проблема нормування величини теплової ємності системи теплоаккумуляційного електроопалення вимагає свого розв'язання.

Кожна опалювальна система має теплову ємність, яка в процесі опалення заряджається, акумулюючи тепло, або розряджається, віддаючи його. І тому, в загальному випадку, потужність теплопостачання при опаленні споруди та потужність тепловтрат під впливом кліматичних факторів не збігаються по величині. Ці величини зв'язані між собою співвідношенням:

$$P_{mn} = P_{mc}(\theta) + P_{ma}(t), \quad (1)$$

де P_{mn} – потужність теплопостачання системи опалення споруди;

$P_{mc}(\theta)$ – потужність споживання тепла спорудою під впливом кліматичних факторів, функція температури;

$P_{ma}(t)$ – потужність споживання енергії тепловим акумулятором, від'ємна чи додатна величина, функція часу.

При незначному впливі теплової акумуляції на процес опалення споруди складову $P_{ma}(t)$ не враховують. Але у випадку значного або визначального впливу теплової акумуляції на процес

опалення споруди потужність споживання енергії тепловим акумулятором $P_{ma}(t)$ суттєво впливає на поточну інтенсивність витрат палива при опаленні споруди. Її величина, визначена як маса палива, спожитого для підтримання в приміщеннях нормативної температури за одиницю часу, становить

$$m_{mac} = \frac{P_{mn}}{q\eta(t)} = \frac{P_{mc}(\theta) + P_{ma}(t)}{q\eta(t)} = \frac{R_{cn}^{-1}(\theta_{вн} - \theta_{зн}) + P_{ma}(t)}{q\eta(t)}, \quad (2)$$

де q – теплотворна здатність палива;

$\eta(t)$ – коефіцієнт корисної дії процесу виробництва та транспортування енергії, який в загальному випадку є функцією часу;

R_{cn} – тепловий опір споруди, що опалюється;

$\theta_{вн}$ – нормативна температура всередині приміщень споруди;

$\theta_{зн}$ – поточна температура повітря поза спорудою.

З формули (2) видно, що інтенсивність споживання палива залежить не тільки від параметрів клімату чи споруди, а також від поточної величини потужності теплового акумулятора, тобто від того, в якій стадії, зарядки чи розрядження, протягом цього часу він знаходиться.

Річне споживання палива на опалення споруди з використанням теплоакумуляції становитиме

$$M_{ma} = \frac{S}{R_{cn}q\eta_{(cp)}} + \frac{\sum_{t_n}^{t_{kc}} P_{ma}(t)}{q} = M + M_a, \quad (3)$$

де $S = \Delta t \sum_{t_{nc}}^{t_{kc}} (\theta_{вн} - \theta_{зн})$ – інтегральний показник часу дії різниці температур всередині та поза

опалюваними спорудами протягом сезону опалення, визначений в градусо-добах та унормований для території України [1];

t_{nc} – час початку опалювального сезону;

t_{kc} – час закінчення опалювального сезону;

Δt – протяжність часу усереднення вимірів температури зовнішнього повітря (доба);

$\eta_{(cp)}$ – середнє значення протягом опалювального сезону коефіцієнта корисної дії процесу виробництва та транспортування енергії;

M – річне споживання палива на опалення споруди, визначене кліматичними факторами місцевості та конструктивними факторами споруди;

M_a – зміна річного споживання палива на опалення споруди, зумовлена застосуванням акумуляції тепла. Величина цієї добавки може бути як від'ємною, так і додатною, залежно від режимів використання теплового акумулятора.

Аналіз формули (3) дає можливість зробити висновок, що при теплоакумуляційному опаленні витрати палива залежать від режимів роботи теплового акумулятора, і, в загальному випадку, не можуть бути визначені за показниками теплового опору споруди та градусо-діб місцевості її розміщення. Рівняння (3) не має єдиного рішення у випадку, коли коефіцієнт корисної дії процесу виробництва та транспортування енергії суттєво залежить від часу, а зміни потужності теплової акумуляції в часі не визначені. В зв'язку з цим виникає потреба в пошуках іншого показника, який однозначно відобразить вплив погодних умов на витрати палива при теплоакумуляційному опаленні споруди.

В процесі електроопалення споруди енергія палива передається від місця її виробництва у вигляді електроенергії з наступним перетворенням її в тепло в системі опалення. При цьому коефіцієнт корисної дії процесу виробництва та транспортування енергії $\eta(t)$ суттєво залежить від часу та є періодичним в межах доби. І тому добове постачання електроенергії здійснюється за тарифними зонами, які приблизно відповідають періодам різної ефективності виробництва електроенергії.

Споруда як термодинамічна система постійно взаємодіє з навколишнім середовищем, обмінюючись з ним енергією. І тому в процесі енергопостачання її слід розглядати у взаємодії з навколишнім середовищем з урахуванням всіх важливих аспектів та параметрів цієї взаємодії [2]. При теплоакумуляційному електроопаленні споруди споживають електроенергію за алгоритмом мінімізації витрат на опалення шляхом зміщення в межах добового циклу, в періоди часу з

низьким значенням коефіцієнта корисної дії $\eta(t)$, в періоди з його вищим значенням, які є періодами споживання з вищим пріоритетом. Для цього протяжність акумуляційного циклу повинна дорівнювати протяжності циклу змін коефіцієнта корисної дії процесу виробництва та транспортування енергії. І тому мінімальний період часу, протягом якого можливе коректне визначення витрат на опалення споруди палива чи фінансів, дорівнює протяжності циклу. Тобто розподіл споживання електроенергії по зонах з різною вартістю чи ефективністю її виробництва має кореляцію з витратами теплової енергії на опалення споруди в межах однієї доби.

Для спрощення аналізу впливу погодних умов на енергоефективність електроопалення тепловтрати при акумуляції тепла не враховуються. По-перше, вплив погодних умов на теплообмін між поверхнею зовнішнього теплового акумулятора та навколишнім середовищем, вимагає урахування дії великої кількості факторів. А по-друге, ці тепловтрати відносно невеликі, а у випадку розміщення теплових акумуляторів всередині приміщень, відсутні.

Оскільки тепловий акумулятор системи опалення забезпечує, в межах циклу акумуляції, можливість довільного зміщення потужності споживання енергії з електромережі між періодами з різним коефіцієнтом корисної дії виробництва та постачання електроенергії, то в процесі реалізації алгоритму мінімізації витрат на опалення виникає залежність середньодобового значення коефіцієнта корисної дії $\eta(t)$, а також середньодобового тарифу на електроенергію, від середньодобової температури зовнішнього повітря. Тому показник градусо-діб S втрачає властивість математичної асоціативності відносно показників тарифу та коефіцієнта корисної дії $\eta(t)$ і стає непридатним для визначення фінансових витрат та витрат палива на теплоакумуляційне електроопалення споруди протягом опалювального сезону.

Потреба в тепловій енергії на опалення протягом циклу акумуляції, тобто добові витрати енергії на опалення становлять:

$$Q_{cn}^{доб} = \frac{\Delta t \sum_{доба} (\theta_{вн} - \theta_{зн})}{R_{cn}} = \frac{T(\theta_{вн}^{cd} - \theta_{зн}^{cd})}{R_{cn}}, \quad (4)$$

де T – період акумуляції (доба);

$\theta_{вн}^{cd}$ – середньодобова температура всередині приміщень;

$\theta_{зн}^{cd}$ – середньодобова температура поза приміщеннями.

В період споживання з найвищим пріоритетом, за рахунок споживання енергії з електромережі, забезпечується компенсація поточних тепловтрат споруди в період провалу та, одночасно, акумулювання енергії для опалення споруди поза періодом провалу. Оскільки періоди пріоритетного споживання та інші періоди чергуються в добових циклах теплоакумуляційного електроопалення, то

$$t_1^n + \overline{t_1^n} = T, \quad (5)$$

де t_1^n – протяжність в добовому циклі часу періоду найвищого пріоритету споживання електроенергії;

$\overline{t_1^n}$ – протяжність часу періодів всіх інших пріоритетів споживання електроенергії в добовому циклі.

При споживанні електроенергії виключно протягом періоду з найвищим пріоритетом тепловий баланс між енергопостачанням в цьому періоді і тепловтратами протягом доби забезпечується до настання граничної середньодобової температури зовнішнього повітря, при якій теплострижки опалення дорівнюють сумі акумульованої енергії та енергії, використаної в періоді споживання з найвищим пріоритетом для безпосередньої компенсації тепловтрат:

$$Q_{cp} = \frac{\Delta t \sum_{t_1^n} (\theta_{вн} - \theta_{зн})}{R_{cn}} + \frac{\Delta t \sum_{\overline{t_1^n}} (\theta_{вн} - \theta_{зн})}{R_{cn}} = \frac{T(\theta_{вн}^{cd} - \theta_{зн}^{cd, cp})}{R_{cn}}, \quad (6)$$

де $\theta_{зн}^{cd, cp}$ – гранична температура зовнішнього повітря для забезпечення акумуляційного електроопалення споруди;

Q_{cp} – кількість енергії, що необхідна для опалення приміщення до настання граничної середньодобової температури зовнішнього повітря.

При граничній температурі зовнішнього повітря для енергозабезпечення опалення спруди протягом доби за рахунок споживання електроенергії в періоді з найвищим пріоритетом потужність теплопостачання, тобто потужність електронагрівальних приладів системи теплоакумуляційного електроопалення, повинна становити:

$$P_{mn} = \frac{Q_{cp}}{t_1^n} = \frac{T(\theta_{zn}^{cd} - \theta_{zn}^{cd,sp})}{R_{cn} t_1^n} \quad (7)$$

Потужність теплопостачання, якщо не врахувати енергетичні втрати і витрати при зберіганні та транспортуванні теплової енергії, дорівнює електричній потужності нагрівальних приладів системи опалення.

При температурах зовнішнього повітря, відмінних від $\theta_{zn}^{cd,sp}$, виникає дефіцит або надлишок (від'ємний дефіцит) акумуляованої енергії:

$$Q_{def} = Q_{cn}^{oob} - Q_{cp} = \frac{T(\theta_{zn}^{cd,sp} - \theta_{zn}^{cd})}{R_{cn}} \quad (8)$$

Виникнення надлишку акумуляованої енергії запобігається за рахунок зменшення часу споживання електроенергії в періоді з найвищим пріоритетом, дефіцит покривається за рахунок споживання електроенергії в інші періоди з різною величиною коефіцієнта корисної дії процесу виробництва та транспортування енергії $\eta(t)$. Час споживання електроенергії при покритті дефіциту теплової енергії:

$$t_{def} = \frac{Q_{def}}{P_{mn}} = \frac{T(\theta_{zn}^{cd,sp} - \theta_{zn}^{cd})}{P_{mn} R_{cn}} \quad (9)$$

Для запобігання виникненню надлишку акумуляованої енергії зменшення часу споживання в періоді з найвищим пріоритетом становить

$$t_1 = t_{def} + t_1^n; \quad t_1 = t_1^n, \quad (10)$$

$t_{def} < 0$ $t_{def} > 0$

де t_1 – час споживання електроенергії в періоді найвищого пріоритету;

t_1^n – протяжність часу періоду найвищого пріоритету споживання електроенергії.

Якщо величина часу покриття дефіциту акумуляованої енергії перевищує протяжність часу другого пріоритету споживання, то залишок дефіциту покривається споживанням електроенергії в періоді третього, ... k -го пріоритету:

$$t_j = t_{def} - t_2^n \dots - t_{j-1}^n, \quad (11)$$

$0 \leq t_j \leq t_j^n$ $t_{def} > 0$

де t_j – час споживання електроенергії в періоді j -го пріоритету для покриття дефіциту акумуляованої енергії;

t_j^n – протяжність часу періоду j -го пріоритету споживання електроенергії.

Добове споживання електроенергії в періоді j -го пріоритету становить:

$$Q_j^{oob} = t_j P_{mn}, \quad (12)$$

а споживання палива для виробництва цієї електроенергії:

$$M_j^{oob} = t_j \frac{P_{mn}}{q\eta_j}, \quad (13)$$

де η_j – коефіцієнт корисної дії процесу виробництва та транспортування енергії в періоді j -го пріоритету споживання.

Для систем теплоакумуляційного електроопалення споруд формулами (6-13) встановлено однозначну залежність кількісно-вартісних показників електроенергії та палива, спожитих протягом доби в періоді будь-якого пріоритету споживання та за добу в цілому, від величини середньодобової температури зовнішнього повітря, теплового опору споруди, що опалюється, та граничної температури зовнішнього повітря, забезпеченої акумуляційним опаленням. Визначення цих показників для опалювального сезону проводиться з урахуванням його протяжності та статистичної частоти кожної середньодобової температури опалювального сезону, встановленої через заданий інтервал.

Споживання електроенергії системою теплоакмуляційного електроопалення протягом опалювального сезону в період j -го пріоритету

$$Q_j^{oc} = N \sum_{\theta_{\min}}^{\theta_{\max}} p(\theta) Q_j^{\theta ob} = P_{mn} N \sum_{\theta_{\min}}^{\theta_{\max}} f(\theta) t_j = P_{mn} N t_j^{cco}, \quad (14)$$

де $f(\theta)$ – відносна частота [3] в опалювальному сезоні днів з середньодобовою температурою θ ;

N – протяжність опалювального сезону, днів;

t_j^{cco} – середньосезонний добовий час споживання електроенергії в період j -го пріоритету:

$$t_j^{cco} = \sum_{\theta_{\min}}^{\theta_{\max}} f(\theta) t_j. \quad (15)$$

З використанням формули (15) можливе визначення будь-яких енергетично-вартісних показників роботи системи теплоакмуляційного електроопалення протягом року. Наприклад, річне споживання палива для забезпечення електроенергією системи теплоакмуляційного електроопалення споруди визначається з сумарного річного споживання електроенергії в періодах всіх k пріоритетів:

$$M^{pic} = \sum_k \frac{Q_j^{oc}}{q \eta_j} = \frac{P_{mn}}{q} N \sum_k \frac{t_j^{cco}}{\eta_j}. \quad (16)$$

Функція

$$f(\theta) = p(\theta) \quad (17)$$

необхідна для розрахунку t_j^{cco} , відносно кожної температури опалювального сезону через інтервал в один градус встановлена для Хмельницької області шляхом аналізу метеорологічних даних за 12 років, наданих Кам'янець-Подільською гідрометеостанцією та наведена на діаграмі, рис. 1.

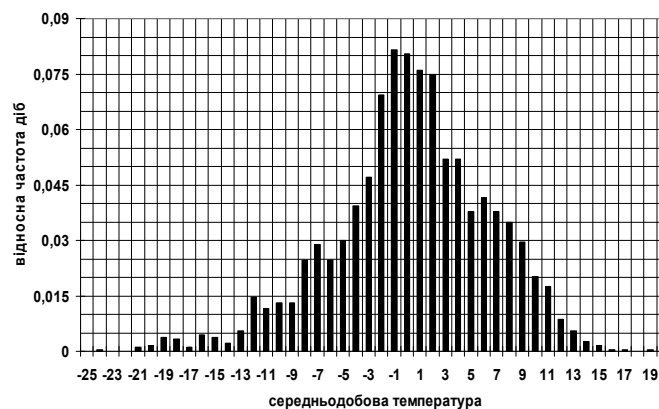


Рис. 1. Розподіл частоти днів з середньодобовою температурою в опалювальному сезоні

В загальному випадку, ця функція дійсна для місцевості та часу її визначення. Але, враховуючи, що потепління відбувається відносно невисокими темпами, і те, що клімат в Україні значно відрізняється від середнього тільки в приморських районах, наведена функція придатна протягом найближчих років для оцінки енергетичної та економічної ефективності теплоакмуляційного електроопалення на переважній частині території України.

Аналіз діаграми показує, що більше третини днів опалювального сезону мають середньодобову температуру в діапазоні $0 \pm 2^\circ\text{C}$. Причиною цього є поглинання та вивільнення великих кількостей теплоти при фазових перетвореннях води біля точки замерзання. Тобто в цьому температурному діапазоні – кліматичному діапазоні фазових перетворень води, зовнішнє середовище відіграє роль теплового акумулятора для зовнішнього повітря, температура якого визначає енергопотребителі опалення споруди.

Якщо гранична температура забезпечення акумуляційного електроопалення $\theta_{3n}^{cd,2p}$ є вищою за температури кліматичного діапазону фазових перетворень води, то тепловий акумулятор системи теплоакмуляційного електроопалення та тепловий акумулятор фазових перетворень працюють в різних періодах пріоритетності споживання. В цьому випадку тепловий акумулятор системи опалення зменшує споживання електроенергії на опалення споруди в напівпиковому періоді, а

напалювання $\kappa_{н}$, та потужність розрахункових тепловтрат споруди, що опалюється.

Використовуючи наведений вище алгоритм розрахунків, можна визначити залежність ряду параметрів теплоаккумуляційних систем електроопалення від величини граничної температури $\theta_{zn}^{cd.sp}$ акумуляційного опалення. Результати таких розрахунків для граничних температур, що змінюються в діапазоні від 18 до мінус 21°C, наведені на графіках, рис.2 та 3.

З графіків рис.2 видно, що з пониженням величини $\theta_{zn}^{cd.sp}$ сезонне споживання електроенергії в періоді пріоритетного споживання зростає (крива 1), а в інших періодах – зменшується (криві 2 та 3).

З графіків рис.3 видно, що вартість електроенергії, спожитої системою теплоаккумуляційного електроопалення споруди (крива 1), в значній мірі залежить від величини граничної температури $\theta_{zn}^{cd.sp}$. Криву 1 можна умовно поділити на дві частини. Перша частина характеризується тим, що при зменшенні величини $\theta_{zn}^{cd.sp}$ до мінус 1...3°C величина вартості зменшується практично лінійно та з значною інтенсивністю. При подальшому зниженні величини граничної температури інтенсивність зменшення вартості значно менша. Лінія 2 графіка рис.3 вказує на лінійну залежність величини потужності теплопостачання теплоаккумуляційної системи електроопалення від величини граничної температури $\theta_{zn}^{cd.sp}$. Оскільки потужність системи опалення не може бути нижчою від потужності розрахункових тепловтрат споруди, максимальна гранична температура теплоаккумуляційного електроопалення для кліматичних умов України становить 6...8°C.

При цьому дефіцит акумульованої енергії при опаленні покривається практично повністю за рахунок її споживання в періоді другого пріоритету, тобто напівпікового навантаження.

Гранична температура $\theta_{zn}^{cd.sp}$ для систем теплоаккумуляційного електроопалення, що відповідають вимогам ДБН В2.5-24-2004, згідно з наведеними вище розрахунками, складає 3,2°C.

З цього ж графіка (крива 1) видно, що сезонна вартість електроенергії, спожитої таким опаленням, приведена до кіловата розрахункової потужності тепловтрат, становить 4,5 поточної ціни однієї кіловат-години. Тобто вона в 1,38 разу менша від максимально-можливої вартості у 6,2 поточної ціни, яка характерна для системи теплоаккумуляційного електроопалення з мінімальною потужністю теплопостачання та максимальною граничною температурою акумуляційного опалення. Для систем теплоаккумуляційного електроопалення з граничною температурою мінус 2°C сезонна вартість спожитої електроенергії складає 3,4 поточних ціни, тобто нижча в 1,82 рази від максимально-можливої вартості, та складає 75% від вартості електроопалення систем, виконаних згідно з ДБН В2.5-24-2004.

Зниження вартості електроенергії, спожитої системою, виконаною згідно з ДБН В2.5-24-2004, досягається при збільшенні потужності теплопостачання в 1,3 разу (лінія 2), а подальше зниження за рахунок залучення природного акумулювання тепла – при її збільшенні в 1,75 разу. Тобто, до величини граничної температури теплоаккумуляційного електроопалення мінус 2...3°C, збільшення потужності теплопостачання системи опалення пропорційно компенсується зниженням вартості електроенергії, спожитої цією системою.

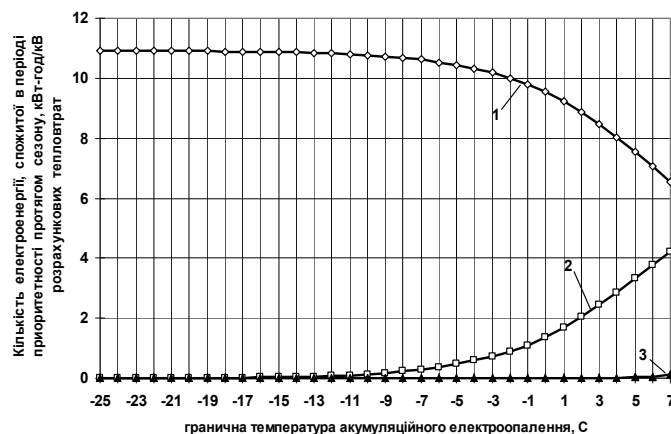


Рис.2. Залежності сезонного середньодобового споживання електроенергії системою теплоаккумуляційного електроопалення в періоді провалу (1), в напівпіковому (2) та в піковому (3) періодах навантаження від величини граничної температури $\theta_{zn}^{cd.sp}$ акумуляційного опалення. Всі показники приведені до 1 кВт розрахункової потужності тепловтрат

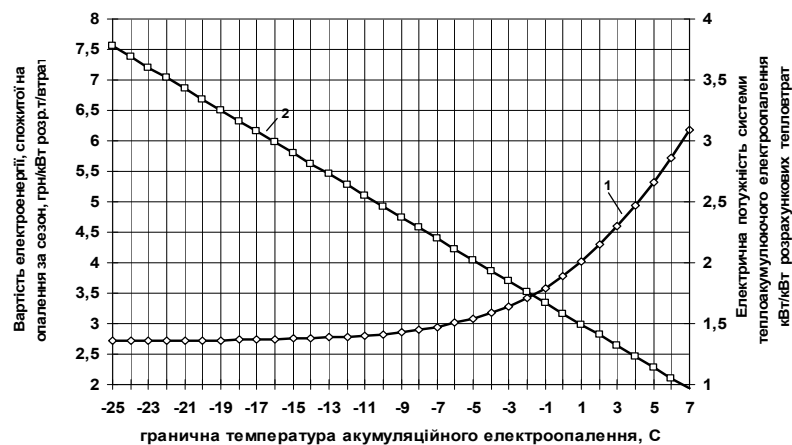


Рис.3. Залежності вартості електроенергії, спожитої за сезон (1), та величини потужності теплопостачання (2) від величини граничної температури θ_{zn}^{co-zp} акумуляційного опалення. Всі показники приведені до 1 кВт розрахункової потужності тепловтрат та до ціни електроенергії в 1 грн за 1 кВт-год

Оскільки вартість системи теплоакумуляційного електроопалення зростає з темпом, нижчим від темпу зростання її потужності, то і її збільшення також компенсується зниженням вартості спожитої електроенергії. Враховуючи прискорене зростання вартості енергоресурсів порівняно з іншими ресурсами, таке збільшення вартості окупиться протягом невеликого часу.

Середньодобові температури рівні або вищі за мінус 2...3°C характерні для переважної більшості діб опалювального сезону. І тому, для систем електроопалення з граничною температурою, нижчою від цієї величини, частка споживання електроенергії поза періодом першого пріоритету становить 5...7% проти 20% для систем опалення з граничною температурою 3,2°C. Така система електричного опалення, споживаючи електроенергію поза періодом провалу навантаження вкрай рідко та в невеликих обсягах стає ефективним стабілізатором навантаження в об'єднаній енергосистемі.

Запропонована методика розрахунку експлуатаційних показників систем теплоакумуляційного електроопалення вимагає проведення розрахунків в обсягах, які значно перевищують обсяги розрахунку аналогічних параметрів систем опалення без акумуляції енергії. Проте при сучасному розвитку обчислювальної техніки та технологій обробки інформації такий недолік не є суттєвим.

Ця методика адекватно відображає залежності енергетичних та економічних параметрів від конструктивних параметрів як системи теплоакумуляційного електроопалення, так і споруди, в якій вона встановлена, а також кліматичних характеристик місцевості розташування споруди. Саме тому розрахунки, проведені за цією методикою, виявили та довели необхідність підвищення теплоакумуляційних властивостей систем опалення.

Методика пройшла багаторічну перевірку практикою. З її використанням спроектовані всі системи теплоакумуляційного електроопалення, побудовані в процесі реалізації енергозберігального проекту «Програма «Електропик» [5], які протягом багатьох років експлуатації забезпечують дешеве та ефективне опалення споруд з мінімальним споживанням електроенергії поза періодом провалу навантаження.

Висновки

1. Оскільки теплоакумуляційне електроопалення передбачає оптимізацію енергопостачання протягом доби шляхом використання теплової ємності, яка здійснюється з добовою циклічністю в порядку, залежному від величини середньодобової температури, то при цьому виникає залежність ефективності енергопостачання від середньодобової температури. І тому сезонні показники роботи системи опалення можуть бути визначені тільки з урахуванням кількості діб в опалювальному сезоні з кожною середньодобовою температурою, тобто з урахуванням частотного розподілу середньодобових температур опалювального сезону.
2. Функція, що відображає частотний розподіл температур в опалювальному сезоні, має максимум в діапазоні температур $0\pm 2^\circ\text{C}$, зумовлений фазовим переходом води в навколишньому середовищі, який охоплює більше третини діб опалювального сезону і тому суттєво впливає на характер споживання електроенергії при теплоакумуляційному опаленні.

3. Опалення споруд в температурному діапазоні максимуму частотного розподілу температур опалювального сезону виключно за рахунок акумульованого тепла забезпечує підвищення ефективності теплоакумуляційного електроопалення за рахунок використання теплоакумуляційних властивостей зовнішнього середовища для переносу значних обсягів споживання електроенергії з напівпікового періоду в період провалу навантаження. Можливість забезпечення опалення споруди за рахунок акумульованого тепла в діапазоні температур кліматичного акумулювання тепла в навколишньому середовищі в результаті фазових перетворень води є однією з умов забезпечення енергетичної ефективності системи теплоакумуляційного електроопалення.
4. Для використання теплоакумуляційних властивостей зовнішнього середовища з метою переносу споживання електроенергії з напівпікового періоду в період провалу навантаження необхідно унормувати величину мінімальної температури, при якій відбувається електроопалення за рахунок електроенергії, спожитої виключно в періоді провалу навантаження, на рівні мінус 2...3°C.
5. Опалення будинків з використанням теплоакумуляційних властивостей зовнішнього середовища для зміщення споживання електроенергії з напівпікового періоду в період провалу перевірене на практиці багаторічною експлуатацією систем теплоакумуляційного електроопалення з граничною температурою опалення мінус 2°C і показало високу економічну та енергетичну ефективність.

Література

1. Строительные нормы и правила СНИП 2.04.05-91У* «Отопление и вентиляция».
2. Праховник А.В. Малая энергетика: распределенная генерация в системах электроснабжения. - К.: «Освіта України», 2007.- 464 с.
3. В.П. Сигорский. Математический аппарат инженера.-К. «Техніка», 1975. 768 с.
4. Богословський А.Н. Сканава А.Н. Отопление. Учебник для вузов.-М. Стройиздат, 1991.-735 с.
5. Петришин Б.М. Кшановський В.Й. Програма «Електропик» як фактор сталого розвитку регіону та країни. Енергоефективність.: Доповіді міжнародної науково-технічної конференції (29-30 жовтня 2002 р. Київ, Україна) – К.:Навчальна книга, 2004.- 259 с.