

sourcing. The dynamics of accumulation process and charges of thermal energy in the investigated object is studied.

Heat accumulator , heat-accumulating material, heat transfer processes, phase transformations, charging and discharging of accumulator.

УДК 621.365

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРІВ ІНДУКЦІЙНОГО ТИПУ В ЗАМКНЕНИХ СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ

***І.П. Кондратенко, доктор технічних наук
А.О. Березюк, аспірант****

Проведено огляд існуючих схем теплопостачання та обґрунтовано запропоновану схему замкненої системи опалення садибного будинку з використанням електричного теплогенератора індукційного типу.

Замкнена система опалення, теплогенератор, індукційний нагрів.

Існують різні види котлів для опалення залежно від виду палива: газові, на мазуті, вугіллі, відходах деревини, електричні (ТЕН, індукційні) та комбіновані.

Нині в Україні функціонує більш ніж 100 тис. котелень різного цільового використання, переважна більшість з яких є промислового та автономного призначення. Технічний стан обладнання більшості котелень є незадовільним і потребує суттєвої реконструкції або заміни. Основним паливом для таких котелень є природний газ 52-58 % (мазут – 12–15 %, вугілля – 27–36%).

Таким чином, створюються економічні передумови для використання електричної енергії як основного джерела теплоти замість природного газу чи іншого мінерального палива в промислових та побутових системах теплопостачання.

Нині в Україні існує гнучкий тариф на електричну енергію, що дає змогу значно зменшити витрати на опалення. Зменшення витрат можна досягти, вмикаючи електроспоживачі в період нічного тарифу, при якому ціна на електроенергію дешевша, ніж у період денного споживання, та накопичення нагрітого теплоносія (води) в теплоізованих ємностях з подальшим використанням протягом доби за потребою.

Мета досліджень – обґрунтування схеми теплопостачання садибного будинку з використанням електричного теплогенератора індукційного типу.

Матеріали та методика досліджень. Серед електричних нагрівачів можна виділити індукційні нагрівачі теплоносіїв [1], які на відміну від відо-

мих калориферів резистивного нагріву (ТЕН), де використовуються дроти чи штаби з високотемпературних сплавів, таких як ніхром тощо, набагато безпечніші та надійніші у використанні.

Відомо, що для обладнання нагріву теплоносіїв важливим є розгалужена поверхня теплообміну. В зв'язку з особливостями конструкції резистивних нагрівачів їх переважно виконують з невеликою площею тепловіддачі. Тому, для нагріву теплоносія потрібно збільшувати температуру на поверхні теплообмінника, через що погіршуються їх енергетичні показники. Збільшення площі теплообміну в таких теплогенераторах призводить до ускладнення конструкції нагрівача, збільшення його ваги та розмірів.

Таким чином як теплогенератор для замкненої системи опалення пропонується використовувати електричний генератор тепла індукційного типу. Для симетричного навантаження мережі живлення, можуть застосовуватися три однакові індуктори з включенням кожного на окрему фазу. Як теплообмінний апарат у таких теплогенераторах можуть використовуватись сталеві труби загальнопромислового призначення, площа тепловіддачі яких набагато більша ніж у ТЕНів.

Для збільшення ефективності тепловіддачі для генератора тепла індукційного типу запропоновано як завантаження використовувати багатотрубну систему [2], при якій, на відміну від однотрубної, збільшується поверхня теплообміну, а теплоносій (вода), знімає теплоту як з внутрішньої, так і з зовнішньої поверхні труби.

Передбачається, що теплогенератор працюватиме в період нічного тарифу.

Зазначимо, що індукційні теплогенератори мають ряд переваг:

- пожежо- та вибухобезпечність;
- висока надійність;
- простота підключення, експлуатації та обслуговування;
- простота конструкції;
- високий ступінь готовності;
- процес нагріву є екологічно безпечним;
- високий ККД.

Потрібно також зауважити, що проектування систем опалення будівель починається з теплотехнічного розрахунку їх тепловтрат. Метою розрахунку втрат теплоти є визначення необхідної потужності системи опалення. Вирішення цієї задачі здійснюється на основі рівняння теплового балансу для кожного з опалювальних приміщень будівлі.

Проте, як відомо, потужність опалювальної системи конкретного приміщення залежить від його тепловтрат [4]. Втрати теплоти приміщенням опалюваного будинку визначаються за формулою:

$$Q_1 = Q_{ог} + Q_B, \quad (1)$$

де $Q_{ог}$ – тепловтрати через огорожуючі конструкції, Вт; Q_B – втрати теплоти на нагрівання холодного повітря, яке надходить у приміщення через нещільності огорожуючих конструкцій, Вт.

Тепловтрати будівлі через огорожуючі конструкції потрібно визначати як суму втрат теплоти через окремі компоненти (вікна, двері, стіни тощо)

Втрати теплоти приміщеннями через огорожуючі конструкції умовно поділяють на основні Q_O та додаткові Q_D , які приймають в частках від основних:

$$Q_{ог} = Q_O + Q_D = Q(1 + S_{bi}), \quad (2)$$

де S_{bi} – частка додаткових тепловтрат.

Крім того, також потрібно визначити теплову потужність системи опалення. Для цього складається розрахунковий тепловий баланс на зимовий період:

$$Q_{с.о.} = Q_1 \cdot b_1 \cdot b_2 + Q_2 - Q_3, \quad (3)$$

де Q_1 – розрахункові тепловтрати опалюваного будинку, Вт; b_1 – коефіцієнт, який враховує збільшення теплового потоку опалювальних приладів внаслідок округлення їхньої поверхні тепловіддачі, залежить від типорозміру опалювального приладу; b_2 – коефіцієнт, яким враховуються додаткові тепловтрати так званих “зарадіаторних ділянок” при встановленні опалювальних приладів біля зовнішніх огорожень; величина коефіцієнта b_2 залежить від рівня теплового захисту зовнішнього огороження, біля якого розміщений опалювальний прилад. $Q_2 = Q_{ТР} + Q_{МАТ}$ – втрати теплоти трубопроводами $Q_{ТР}$, прокладеними у холодних приміщеннях; та витрати теплоти на нагрівання холодних матеріалів $Q_{МАТ}$, які надходять у приміщення Вт; Q_3 – теплонадходження у приміщення від електроприладів, освітлення, матеріалів, Вт.

Разом з тим, також потрібно враховувати тепловтрати, безпосередньо, самих котлів. Основну частку тепловтрат у котлах, в яких для створення гарячого теплоносія використовується відкрите полум’я, становлять втрати теплоти з газами, що викидаються.

На відміну від таких котлів, у яких відбувається горіння того чи іншого мінерального палива, у котлів індукційного типу виключаються втрати теплоти, які пов’язані з газами, що викидаються.

Виходячи з норм споживання електроенергії на опалення приміщень [3] прийнято, що тепловіддача з 1 кВт потужності індукційного котла дозволяє обігріти 13 м² площі. Таким чином, щоб обігріти будинок загальною площею, наприклад 200 м², необхідно встановити індукційний котел потужністю, як мінімум 15 кВт. Враховуючи те, що котел працюватиме 8 год. на добу (в період нічного тарифу), отримаємо необхідну добову кількість теплоти Q , яка становитиме 1300 МДж. Для визначення необхідної кількості води в накопичувальному резервуарі системи опалення скористаємось відомою формулою розрахунку теплової потужності:

$$Q = C_p m \Delta t, \quad (4)$$

де C_p – теплоємність води ($C_p=4180$ Дж/кг·К); Δt – різниця температур, ($\Delta t = 30$ °С); m – маса, кг. У результаті встановлено, що об’єм накопичувального резервуара повинен становити 10м³, а температура води в ньому – 85 °С, і відповідно до цього пропонується використання схеми

замкненої системи опалення (рис.1) з трифазним теплогенератором індукційного типу.

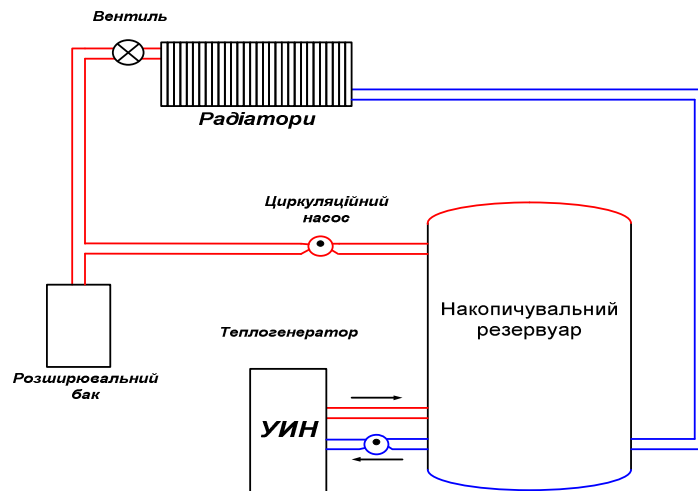


Рис.1. Схема замкненої системи опалення з теплогенератором індукційного типу

Результати досліджень. Таким чином, відповідно до визначених норм теплопостачання, користуючись методикою розрахунку енергетичних характеристик циліндричного індуктора [2] встановлено, що однофазний індукційний теплогенератор матиме такі геометричні та електричні параметри: довжина індуктора – 1 м; діаметр індуктора – 0,3 м; діаметр труби завантаження – 0,032 м; кількість труб в завантаженні – 34; кількість витків обмотки індуктора – 58; напруга – 220 В; частота живлення – 50 Гц; струм індуктора – 360 А; повна потужність індукційної установки – $3 \times 15 = 45$ кВт; ККД – 93%.

Використання індукційного теплогенератора є альтернативою резистивним нагрівачам калориферного типу. Регулювання потужності нагрівачів зі значною встановленою потужністю потребує організації керування. Вмикання та вимикання значних потужностей, як це зроблено на багатьох нагрівачах невеликої потужності (1 – 2 кВт), не цілком прийнятне для більш потужних установок. У такому разі, одним із найприйнятніших способів регулювання потужності теплогенератора може бути регулювання величини вхідної напруги, як це робиться в потужних промислових електротермічних установках. Але в зв'язку з тим, що параметри індукційного обладнання нелінійно залежать від прикладеної напруги, цей спосіб регулювання потребує окремого вивчення.

Так, на прикладі індукційного теплогенератора, який наведено вище, в роботі виконано розрахунки потужності індукційного теплогенератора залежно від зміни напруги. Порівняння результатів ефективності регулювання потужності у випадку резистивного нагрівача (де зміна потужності відбувається за квадратичним законом $P = \frac{U^2}{R}$) з індукційним нагрівачем аналогічних діапазонів потужності показує, що діапазон регулювання потужності індукційного нагрівача виявляється більш широким (крива «а»

рис.2). Діапазон регулювання розширюється на 8,5 %, а регулювання є більш плавним.

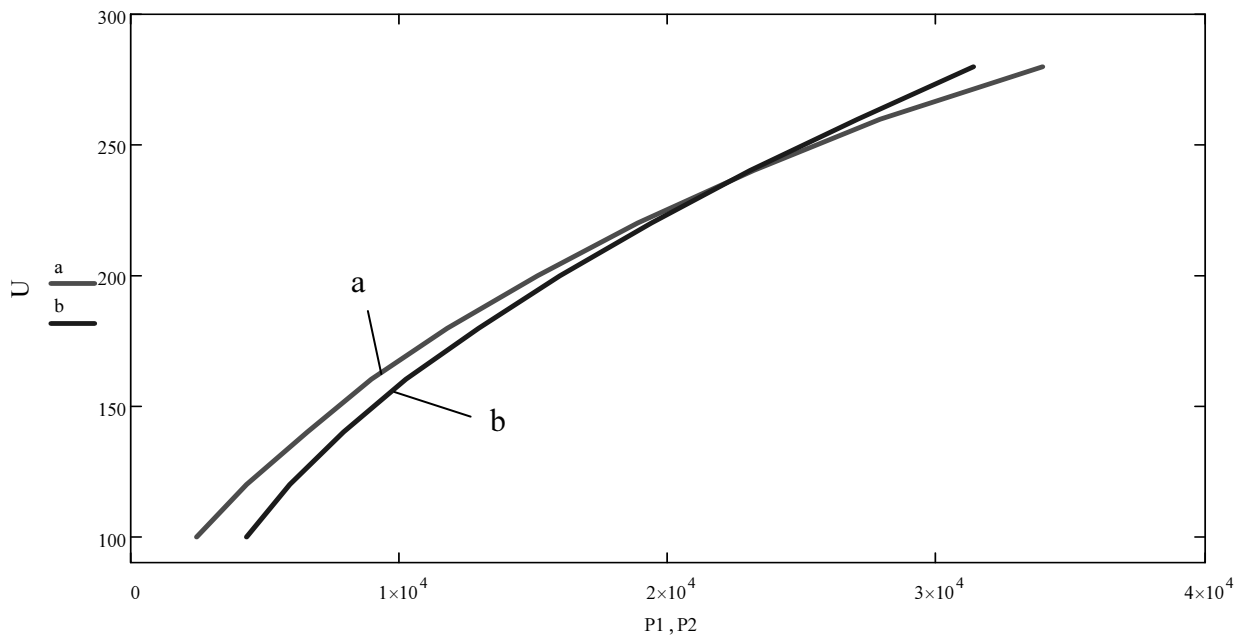


Рис.2. Потужність теплогенератора:
а – індукційного типу; б – резистивного типу

Висновки

У роботі проведено огляд існуючих систем опалення та обґрунтовано використання електричного теплогенератора індукційного типу в замкненій системі опалення садибного будинку. Встановлено, що регулювання потужності в теплогенераторі індукційного типу може виконуватись через зміну величини напруги живлення за допомогою, наприклад, пічного трансформатора. Діапазон регулювання потужності індукційного нагрівача у порівнянні з нагрівачем резистивного типу розширюється на 8,5 %

Список літератури

1. Высокоэффективная универсальная индукционная установка нагрева газожидкостных теплоносителей / Ю.М. Васецкий, И.П. Кондратенко, В.А. Крутилин, А.П. Ращепкин // Новини енергетики. - 1999. - №4. - С. 34–37.
2. Кондратенко І.П. Енергетичні характеристики і електричні параметри індукторів для нагріву пучка феромагнітних труб / І.П. Кондратенко, А.П. Ращепкін, А.О. Березюк // Вісник КДУ ім. Михайла Остроградського. – 2010. – №3, ч. 2. – С.62.
3. Отопление, вентиляция, кондиционирование: СНиП 2.04.05-91. – [Чинний від 29 грудня 1996р.]. – К.: Держкоммістобудування України, 1994. – 15 с.
4. Степанов М.В. Инженерне обладнання будівель: навч. посіб. / Степанов М.В. – К.: КНУБА, 2008. – 204 с.

Проведён обзор существующих схем теплоснабжения и обоснована предложенная схема замкнутой системы отопления загородного дома с использованием электрического теплогенератора индукционного типа.

Замкнутая система отопления, теплогенератор, индукционный нагрев.

The inspection of the current heat supply systems and substantiated the proposed closed heat system of the country-house with use of an electric induction heat generator, has been proved.

Closed heat system, heat generator, induction heating.

УДК 519.21

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ТА СИСТЕМ, КОЕФІЦІЄНТИ ЯКИХ ЗБУРЕНІ ВИПАДКОВИМИ ПРОЦЕСАМИ

***Ю.Б. Гнучій, доктор фізико-математичних наук
І.І. Ковтун, кандидат фізико-математичних наук***

Запропоновано метод знаходження перших моментів розв'язку диференціального рівняння другого порядку та системи диференціальних рівнянь першого порядку, коефіцієнти яких збурені випадковими процесами. Досліджено стійкість розв'язку.

Диференціальне рівняння, випадковий процес, збурення, математичне сподівання, коваріаційна функція, стійкість розв'язку.

Однією із найпоширеніших математичних моделей, які описують технологічні процеси, є диференціальні рівняння та їх системи. Вони описують різні процеси, що відбуваються в механіці, електротехніці, сільському господарстві, космонавтиці тощо [2], [3].

Подібні задачі виникають при:

- вивченні параметричного збурення в електричних ланцюгах з флуктуючими параметрами;
- вивченні впливу випадкових зовнішніх сил на механічну систему;
- збуреннях коефіцієнтів системи випадковими процесами.

Флуктуації або неупорядковані відхилення характеристик від середніх значень для різних систем свої, хоча їх природа різна. Але методи теоретичного дослідження таких систем однакові.

Враховувати випадкові складові важливо тому, що вплив випадкових сил може бути таким, що рух системи стає нестійким. Відбувається резонанс, який важко пояснити величинами параметрів, закладених при конструюванні агрегатів. Зміна параметрів не дає потрібних результатів.

Мета досліджень – визначення умов на параметри системи, при яких рух системи і після збурення параметрів залишається стійким.

Результати досліджень. Одновимірний броунівський рух осцилятора описується рівнянням

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \mu \frac{dx}{dt} + k^2x = f(t, \omega), \quad (1)$$