

## СИНТЕЗ ВТОРИННОЇ ОБМОТКИ ІНДУКЦІЙНИХ ЕЛЕКТРОНАГРІВАЧІВ

<sup>1</sup>Чумак В.В., к.т.н., доц., <sup>2</sup>Святненко В.А., ст. викл., <sup>1</sup>Манжура Т.М., студентка

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, <sup>1</sup>кафедра електромеханіки, <sup>2</sup>кафедра теоретичної електротехніки*

**Вступ.** Електронагрівачі текучих середовищ призначені для нагріву води і суміші води з етиленгліколем в замкнутих системах теплопостачання. Вони належать до нагрівачів індукційного типу непрямого нагріву, в якому для отримання гарячої води використовується тепло що виділяється при протіканні індукованого електричного струму в стінках труб водонагрівача.

При виготовленні оптимальних конструкцій нагрівача можна максимально збільшити експлуатаційний термін його використання.

**Мета роботи.** Синтез нових більш конструкційно ефективних обмоток індукційних електронагрівачів для покращення їх технологічних властивостей. Здобуття максимальної технологічної простоти, покращення механічних гідравлічних та масо-габаритних властивостей у порівнянні з класичним варіантом.

**Матеріали та результати синтезу.** Склад електронагрівача представляє собою магнітопровід з розміщеними на ньому обмотками та теплообмінник. Теплообмінник виконує функцію вторинної обмотки. Класична вторинна обмотка водонагрівача виконана з вигнутих в кільця труб, у верхній і нижній частині об'єднаних колекторами у вигляді прямих відрізків труб в середині яких проходить теплоносій. Недоліками є складність конструкції, збільшені габаритні розміри і нерівномірний процес нагріву рідини. Складність конструкції зумовлена великою кількістю кілець і зварних швів, збільшенні габаритні розміри через наявність колекторів. У зв'язку з тим, що кільця теплообмінника приєднані до колекторів паралельно, в процесі роботи можливий нерівномірний нагрів за рахунок різного гідравлічного опору в окремих групах кілець і різної швидкості потоку рідини. На основі аналізу недоліків системи було запропоновано такі варіанти:

1) Вторинна обмотка або теплообмінник, виконана в вигляді щонайменше одновиткової спіралі, кожен виток якої складається з послідовно з'єднаних прямої і зворотної хвилі, які мають рівну кількість півхвиль і направлені зустрічно з переходом одна в іншу на крайньому стрижні магнітопроводу, місця перетину хвиль як витка, так і спіралі з'єднані між собою.

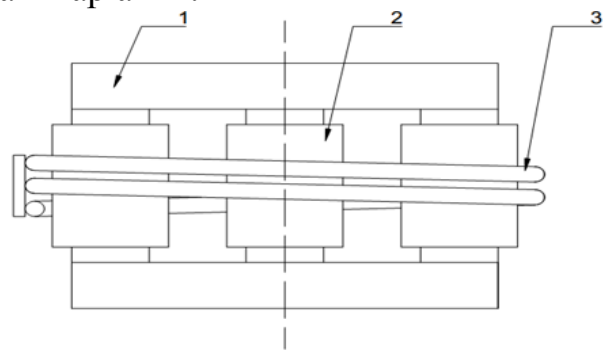
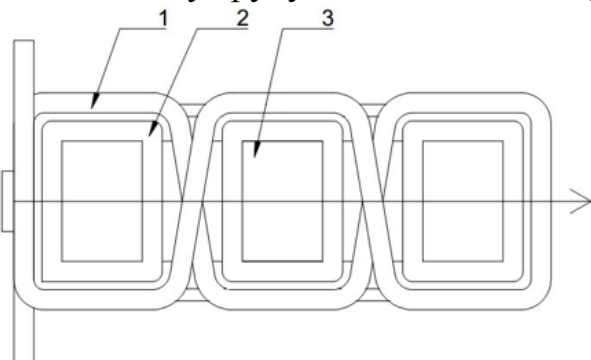


Рис. 1.1 — Загальний вигляд

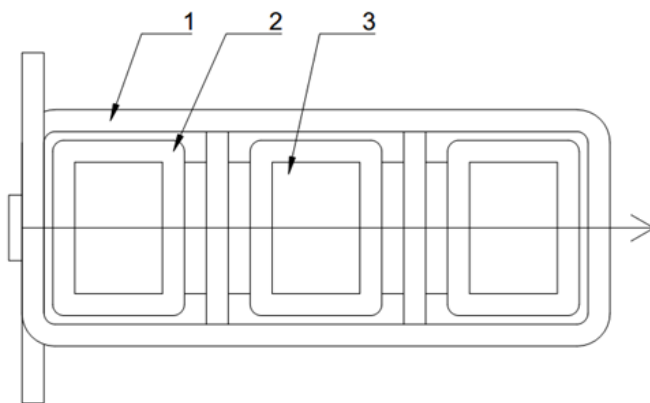
1 - магнітопровід, 2 - первинна обмотка, 3 - теплообмінник.

Хвилі з'єднані перемичками за рахунок яких утворюються короткозамкнені витки. Таким чином, використання нагрівача в вищезазначеному вигляді дає можливість значно спростити конструкцію за рахунок намотки теплообмінника цільною трубою, зменшити габаритні розміри через відсутність колекторів, використовуючи при цьому для підвода теплоносія саму трубу теплообмінника ("Вхід", "Вихід").



**Рис. 1.2 — Спіральний теплообмінник**  
1 - магнітопровід, 2 - первинна обмотка, 3 - теплообмінник.

яка охоплює стрижні з обмотками, початок і кінець кожного витка з'єднані між собою, кожний виток поділений подовжньою віссю магнітопроводу на піввитки, які у вікнах між стрижнями за допомогою елементів з'єднання з'єднані між собою і утворюють при цьому фазні витки, а довжини трубчастих частин фазних витків рівні між собою, причому матеріал, перетин і довжина кожного елемента з'єднання вибрані такими, що електричний опір елемента з'єднання менший за електричний опір трубчастих частин фазного витка. Форма витка може мати різний вигляд: овал (рис. 1.3), фігурний (рис. 1.4).



**Рис. 1.3 — Овальний теплообмінник**  
1 - магнітопровід, 2 - первинна обмотка, 3 - теплообмінник.

електричному опору будуть мінімальними, не викликаючи місцевих перегрівів.

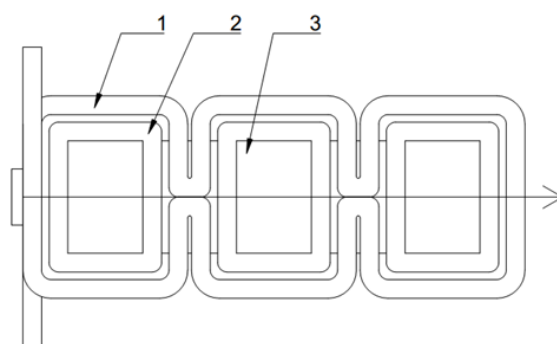
Переваги даних конструкцій можна прослідкувати при механічному розрахунку міцності труб. Сумарна величина осьових напруг дорівнює:

$$\sigma_T = \sigma_T' + \sigma_T'' + \sigma_T'''$$

Покращення процесу нагріву рідини відбувається за рахунок вирівнювання гідравлічного опору і швидкості потоку рідини, так як всі витки з'єднані послідовно, і рівномірного зняття тепла зі стінок труби.

2) Ще один варіант виконання теплообмінника полягає в тому що він виконаний у вигляді щонайменше одновиткової спіралі,

Матеріал елемента з'єднання, перетин і довжину вибирають таким чином, щоб його електричний опір був менший за електричний опір трубчастих частин фазного витка. При цьому електричні витрати у вигляді тепла, в основному, будуть виділятися в трубчастих частинах фазного витка рівномірно по фазах, нагріваючи теплоносій, а втрати в елементах з'єднання завдяки малому



**Рис. 1.4 — Фігурний теплообмінник**  
1 - магнітопровід, 2 - первинна обмотка, 3 - теплообмінник.

де  $\sigma'_T$  – напруги від згину на кривих частинах труби, де труба піддається згину. Їх величина залежить від радіусу згину труби  $\sigma'_T \sim \frac{1}{2r}$  де  $r$  – радіус згину труби, см.  $\sigma''_T$  – термічні напруги, що залежать від робочої температури трубопроводу.  $\sigma'''_T$  – внутрішні напруги від внутрішнього тиску.

Труби зі зварними швами будуть мати знижену механічну міцність. Можна виконати перевірку міцності в частинах згину труби по формулі:

$$\sigma'_T = p \cdot \frac{d_3^2 + d_B^2}{d_3^2 + d_B^2} \left( 1 + 2\omega \cdot \frac{d_3^2 + d_B^2}{d_3^2 + d_B^2} \right)$$

де

$$\omega = 2 \cdot \frac{a-b}{a+b};$$

$a$  та  $b$  – велика і мала піввісі овального перетину труби в місці згину;  
 $d_3, d_B$  – зовнішній і внутрішній діаметри трубопроводу.

З чого випливає що при зменшенні згину, та позбуття зварних швів зменшуються осьові напруги в трубі та збільшується її механічна міцність.

В місцях згину відбувається втрата натиску рідини. Зі збільшенням кута повороту  $\alpha$  збільшуються втрати натиску. Втрати натиску:

$$h = \xi \cdot v^2 / 2g$$

при  $\alpha=90^\circ$  значення  $\xi = 1$ , тобто весь швидкісний натиск втрачається. З чого випливає що при зменшенні кута згину труби можна покращити гідравлічні властивості, що і було досягнуто у розглянутих видах вторинних обмоток.

**Висновок:** Завдяки синтезу було досягнуто: 1) зменшення габаритних розмірів за рахунок зміни конструкції та усунення колекторів 2) спрощення конструкції за рахунок виконання труби теплообмінника суцільною 3) вирівнювання гідравлічного опору і швидкості потоку рідини зарахунок усунення зварних швів 4) збільшення механічної міцності та довговічності конструкції за рахунок зменшення кутів згину та усунення зварних швів.

#### Перелік посилань

1. Авторське свідоцтво № 81029 Індукційний електронагрівник / Чумак Вадим Володимирович, Барабаш В'ячеслав Андрійович, Попков Володимир Сергійович, Богаєнко Микола Володимирович.

2. Гідравліка водопостачання та каналізація Навч. посібник для будівних спец вузів / І. В. Прозоров, Г. І. Ніколадзе А. В. Мінаєв – М.: Вышш. шк., 1990. – 448 с.: ил.