

ТЕРМОРЕЗИСТОРНИЙ ІНДИКАТОР ПОТОКУ ВОДИ

Досліджено можливість використання терморезисторів для побудови електронного індикатора потоку води у системах охолодження дифузійних насосів установок ВУП-4.

It is researched the possibility of utilization of the thermistors for construction of the electron detector of the stream of water in the cooling systems of the diffusive pumps of plants ВУП-4.

У промислових і наукових установках з водяним охолодженням є пристрої, які контролюють величину її потоку. Основна функція цих пристроїв – видача певного електричного сигналу при зменшенні потоку охолоджуючої рідини відносно певного значення. Фактично такі пристрої вимірюють механічні величини: швидкість або тиск, пов'язані з кількістю рідини, яка пройшла через поперечний переріз труби системи охолодження. Такі перетворювачі виготовляються на основі механічних пристроїв: турбіни, датчиків тиску. Зокрема, на установці ВУП-4 для контролю режиму охолодження дифузійного насоса датчиком є гідрореле тиску води у системі охолодження. Гідрореле, як правило, розміщується після дифузійного насоса. Забивання зливних патрубків після нього не дає можливості потоку води за нормального тиску у системі охолодження, який ним і фіксується. Отже, цей пристрій є датчиком присутності води в системі охолодження і не завжди контролером величини достатньої циркуляції води, крім того осадження розчинених у воді речовин на стінки пружної мембрани частіше приводить до її фіксації у положенні нормального тиску у системі охолодження. Для забезпечення оптимального теплового режиму дифузійного насоса потрібно, щоб водопровідна система забезпечувала проходження через сорочку охолодження не менше 1–1,2 л води за хвилину.

Виходячи з вищесказаного, пропонується розроблений терморезисторний електронний індикатор потоку води, який не має вказаних недоліків механічного гідрореле. Застосування терморезисторів пов'язано з необхідністю виділення значної потужності на термоанемометрі [1] – для нашого випадку приблизно 250–300 мВт. Він контролює потік води у системі охолодження і видає позитивний сигнал напруги при наявності

потоку води. Якщо потоку води не має, індикатор видає на виході від'ємний сигнал напруги. Первинний перетворювач індикатора має найбільшу чутливість при витратах до 3 л/хв.

Конструкція пристрою

Розроблений нами індикатор розрахований на роботу у системі охолодження дифузійного насоса установки ВУП-4. Тому конструктивні особливості поста були враховані при проектуванні датчика, адже він встановлювався у посадочне місце замість гідрореле. Основа датчика – водопровід із металеві тонкостінної трубки (рис.1), зовнішній діаметр якої $D=12$ мм, що забезпечує його підключення до охолоджуючої системи дифузійного насоса.

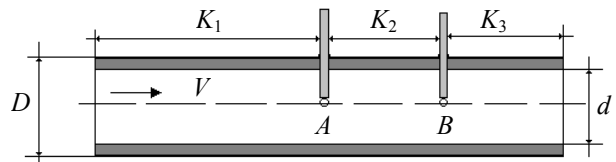


Рис. 1. Конструкція датчика потоку: *A* – термометр, *B* – термоанемометр. *V* – напрям потоку води

Конструкція датчика розрахована для забезпечення ламінарного потоку води в області розміщення терморезисторів (позиції *A*, *B* рис.1). Для забезпечення ламінарного потоку води необхідно, щоб прямолінійні ділянки руху води K_1 і K_3 задовольняли співвідношенням [2]:

$$K_1/d \geq 5,$$

$$K_3/d \geq 2.$$

Виходячи з розміру внутрішнього діаметра трубки $d=9$ мм, довжина ділянок труб $K_1=45$ мм, $K_3=18$ мм. Оскільки один із терморезисторів працює у режимі термометра (*A*) а інший – в режимі термоанемометра (*B*), то для виключення взаємо впливу терморезистори рознесені між собою на

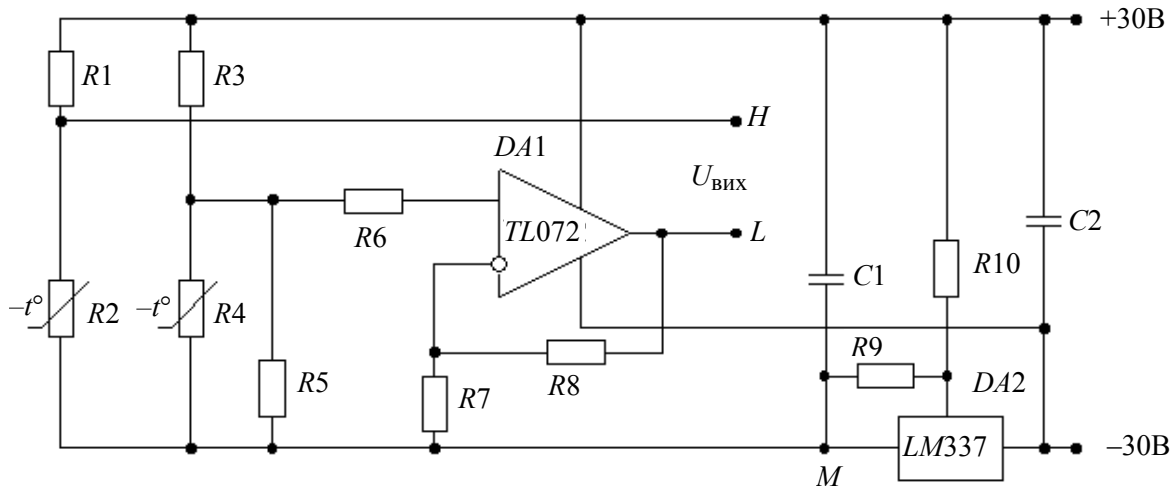


Рис. 2. Електрична схема датчика потоку. $R1=200$ Ом, $R3=7,3$ кОм, $R5=207$ Ом, $R6=R7=11$ кОм, $R8=330$ кОм, $R9=1,1$ кОм, $R10=16$ кОм, $C1=C2=0,12$ мкФ, $DA1 - TL072$, $DA2 - LM337$

відстані $K_2=10$ мм, при цьому потік води спочатку омиває термометр, а потім термоанемометр. Для поліпшення відбору тепла, електронні компоненти розміщені на вісі водопроводу, де швидкість води максимальна.

Терморезистори зафіксовані на зрізі припаяної до водопроводу трубочки діаметром 4 мм і довжиною 15 мм, через яку проведена пара дратів від терморезисторів, за допомогою суміші ебонітової смоли і порошку Al_2O_3 . Дана суміш також наноситься тонким шаром (0,1–0,3мм) на корпус терморезистора для його захисту від мікрочастинок, присутніх у воді.

Електрична схема індикатора (рис.2) побудована на основі вимірювального електричного моста. У плече моста включені два терморезистори, один із яких працює у режимі термометра $R4$ і розміщений у посадочному місці A , а інший – у режимі термоанемометра $R2$, розміщений у посадочному місці B (рис.1).

Для датчиків використані терморезистори КМТ-17В з номінальним опором 1 кОм при $t=20^\circ\text{C}$. Електрична схема індикатора (рис.2) розраховувалася з урахуванням постійних напруг, які можна отримати для її живлення від установки ВУП-4.

На $DA2$ зібрано пристрій стабілізації напруги величиною 20 В на стабілітроні $LM337$. Для підняття рівня сигналу на $R2$ і $R4$ відносно вузла M стабілізується від'ємне значення напруги. Підсилювач постійного струму $DA1$ на операційному підсилювачі $TL072$ з коефіцієнтом підсилення 31 забезпечує підняття рівня сигналу термометра $R4$ до порядку сигналу з термоанемометра $R2$. Тоді величина вихідного сигналу $U_{\text{вих}}$ залежить від

величини потоку води у системі охолодження дифузійного насоса вакуумного поста ВУП-4.

Схема вимірювання $R1-R5$ розрахована із врахуванням того, що спад напруги на термоанемометрі $R2$ при температурі води $+1^\circ\text{C}$ не перевищує 18 В. Для моделювання режимів роботи і розрахунку схеми брались початкові температурні умови навколишнього середовища (води) 20°C . Отже, при $R1=200$ Ом на термоанемометрі $R2$ буде виділятися потужність ≈ 268 мВт, достатня для реєстрації потоку води з витратою $Q \approx 1$ л/хв. Спад напруги на $R4$ дорівнює 0,56 В, що забезпечує струм через $R4$ 0,56 мА, який не приводить до його розігріву.

Для забезпечення приблизної пропорційної зміни рівнів напруг на $R2$ і $R4$ відносно вузла M , при зміні температури проточної води, резистори $R3$, $R5$ розраховувались, виходячи із таких умов:

$$\begin{cases} \frac{R3}{R5} = \frac{19,44}{0,56}, \\ \frac{R3R5}{(R3 + R5)} = R1 = 200. \end{cases}$$

При проведенні випробувань напруги індикатора, що визначали режими роботи датчиків $R2$, $R4$, знімались за допомогою цифрового вольтметра у вузлах H і L відносно M .

Результати вимірів і їх обговорення

Індикатор потоку при роботі дифузійного насоса може працювати в одному із трьох режимів:

- 1) у системі охолодження немає води;
- 2) немає потоку води;
- 3) необхідний потік води $\approx 1,1$ л/хв та підвищення її температури при прогріванні дифузійного насоса.

Тому випробовування індикатора були проведені з урахуванням цих умов.

Мета проведення вимірів на повітрі – перевірка працездатності датчика при відсутності води у системі охолодження. Дані виміри показують, що зміна напруги на терморезисторі R_2 (точка H) від 16,2 В (момент включення) до значення 11,3 В (режим теплової рівноваги термоанемометра) відбувається за 28 с. На виході підсилювача (точка L) величина напруги постійно дорівнювала 15,17 В. Час встановлення $U_{\text{вих}}=0$ В дорівнює 6 с. Виміри проводились при температурі повітря 17°C. Резистор R_2 при цьому не втрачав працездатність.

Виміри без потоку води проводились при температурі води 15°C. Зміна напруги у точці H з моменту включення від 16,86 В до величини 14,17 В (момент теплової рівноваги) відбувалась за час 39 с. При зміні величини напруги у точці L від 15,39 В до 15,29 В (встановлення $U_{\text{вих}}=0$ В) відбувалось за 14 с. Зміна величини напруги у точці L пояснюється прогрівом води довколо термоанемометра.

Аналіз графіків показує, що індикатор найбільш чутливий при потоці води у межах 0,33÷3 л/хв (рис.3а). В цьому випадку діапазон зміни напруги у вузлі H є 16,52–6,9 В. Як показує досвід експлуатації дифузійних насосів при потоці води 1,1–1,2 л/хв, підняття температури води після проходження системи охолодження складає 4–5 градусів відносно її величини на вході системи охолодження. На рис.3б показано, що існує достатня величина різниці потенціалів $U_{\text{вих}}$ у всьому діапазоні робочих температур охолоджувача дифузійного насосу. Після відключення води пониження напруги на R_2 і отримання $U_{\text{вих}}$ негативного значення досягається протягом 10 с.

Отже, в усіх трьох випадках умов роботи, індикатор видає необхідну величину і полярність напруги $U_{\text{вих}}$. Ця напруга може бути використана для аналогової або цифрової обробки, з метою керування режимом роботи дифузійного насосу.

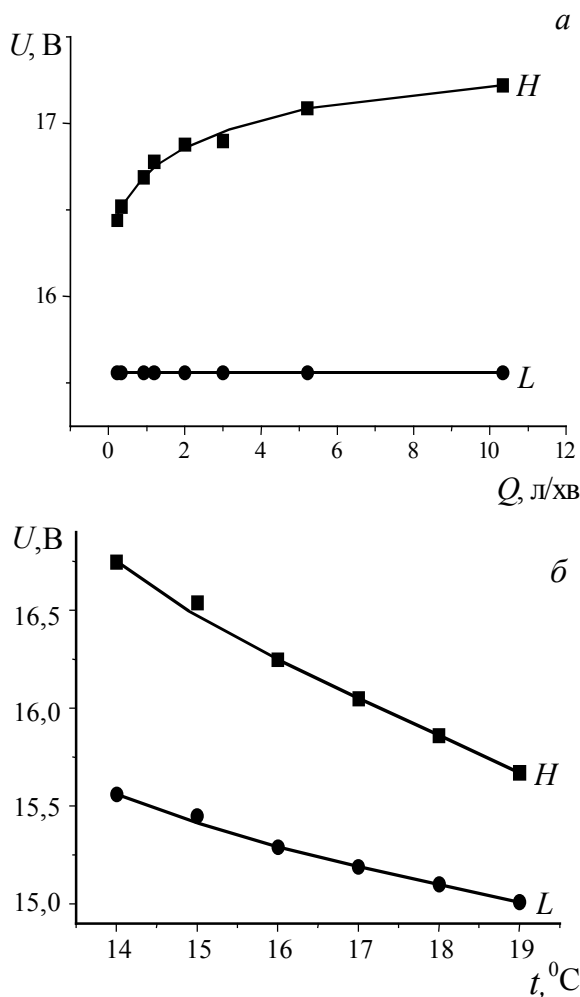


Рис. 3. Залежність значень напруг у вузлах H та L індикатора від величини потоку води, при постійній температурі проточної води $t=14^\circ\text{C}$ (а), температури проточної води при постійному потоці води $Q=1,2$ л/хв (б)

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Удалов Н.П. Полупроводниковые датчики. – М.: Энергия, 1965.
2. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества. – М.: Энергия, 1983.