

## Лабораторна робота № 4

### Загальні теоретичні відомості

Для обліку активної енергії, яка виділяється в колах змінного струму, застосовують індукційні та електронні лічильники. Величина використаної за деякий час енергії визначається різницею показів лічильника, за цей проміжок часу.

Лічильники електричної енергії підлягають повірці у відповідності з чинними стандартами, які передбачають повірку лічильника одним з наступних методів:

1) ватметра і секундоміра, при якому визначають дійсне значення електричної енергії, яка викликала обертання диску лічильника на задану кількість обертів;

2) зразкового лічильника, при якому покази лічильника, що повіряється, порівнюють з показами зразкового лічильника.

Повірка лічильника повинна відбуватися при нормальних умовах. Для лічильників класів точності 1.0; 1,5; 2.0; 2,5; 3,0 нормальними вважаються умови, при яких відхилення лічильника від вертикального положення не перевищує 1%, відхилення температури навколишнього середовища не більше ніж на  $\pm 3\%$  від  $20^\circ\text{C}$ , відхилення напруги живлення лічильника не більше ніж на  $\pm 1\%$  номінального значення напруги живлення.

В даній роботі здійснюється неповна повірка однофазного лічильника активної енергії методом, що передбачає застосування ватметра і секундоміра.

Схеми увімкнення електровимірювальних приладів для повірки лічильника (рис. 4.2 та рис. 4.3) дозволяють перевірити лічильник на відсутність самоходу, визначити межу чутливості лічильника та похибку його при різних навантаженнях, але при одного  $\cos\varphi = 1$  (навантаження має чисто активний характер). При повній повірці лічильника визначення похибок лічильника необхідно виконувати при різноманітних навантаженнях не тільки при  $\cos\varphi = 1$ , але і при  $\cos\varphi = 0,5$ .

На відміну від звичайного електровимірювального приладу з індукційним вимірювальним механізмом рухома частина електричного лічильника має необмежений кут відхилення (обертання). За своєю конструкцією лічильник це – вимірювач потужності (ватметр) з лічильним механізмом. Такий прилад показує чисельне значення вимірюваної величини (енергії) за визначений проміжок часу.

Індукційні лічильники виготовляють різноманітних типів та призначення: активної енергії однофазні СО; трифазні трипровідні СА3 та чотирипровідні СА4; реактивної енергії – трифазні трипровідні СР3 та чотирипровідні СР4 тощо. Випускаються лічильники з електронним лічильним механізмом, наприклад, СОЕ.

## Повірка однофазного індукційного лічильника електричної енергії

Будова і схема увімкнення однофазного лічильника наведені на рис.4.1. Лічильник складається з таких основних елементів:

- а) двох просторово зміщених електромагнітів (7, 8, 10, 13);
- б) рухомого алюмінієвого диску (17), що обертається на вісі (1);
- в) лічильного механізму, зв'язаного з віссю диска за допомогою черв'ячної передачі (2);
- г) постійного магніту підковоподібної форми (3).

В зазорі між магнітопроводом (8) обмотки напруги (7) і магнітопроводом (10) струмової обмотки (13) розміщується рухомий алюмінієвий диск (17), який обертається на вісі (1). Вона вставляється в пружний підп'ятник (15) і верхню опору (5). Завдяки черв'ячній шестерні (2), що закріплена на вісі та відповідній зубчатій передачі обертання диску передається лічильному механізму. Для кріплення лічильного механізму передбачені отвори (4). Струмова обмотка (13) вмикається послідовно в коло і складається з невеликої кількості витків, що намотані проводом досить великого діаметру (відповідно до номінального струму лічильника). Обмотка напруги (7), яка вмикається паралельно в коло, складається з великої кількості витків (8000-12000), що намотані досить тонким проводом ( $d = 0,08-0,12$  мм).

При проходженні змінного струму по обмотках електромагнітів змінні магнітні потоки додаються, один з яких пропорційний прикладеній напрузі -  $\Phi_U$ , а інший – струму навантаження -  $\Phi_I$ . Ці потоки зміщені між собою в часі (за фазою) і в просторі, тому результуюче магнітне поле буде рухомим. Коли цьому полі розміщується рухомий алюмінієвий диск, то в ньому наводиться е.р.с. і виникають вихрові струми  $I_U, I_I$ . Механічна взаємодія цих струмів з рухомим магнітним полем, що їх викликало, створює обертовий момент, який пропорційний активній потужності кола:

$$M_{об} = c_1 I U \cos \varphi = c_1 P \quad (4.1)$$

Цей момент спричинює оберти диску лічильника. Під час обертання диска лічильника в полі постійного підковоподібного магніту (3) в диску індукується е.р.с. та вихрові струми. Їх взаємодія з полем постійного магніту створює гальмівний момент, що пропорційний частоті обертання диску лічильника  $n$ :

$$M_{пр} = c_2 n \quad (4.2)$$

## Повірка однофазного індукційного лічильника електричної енергії

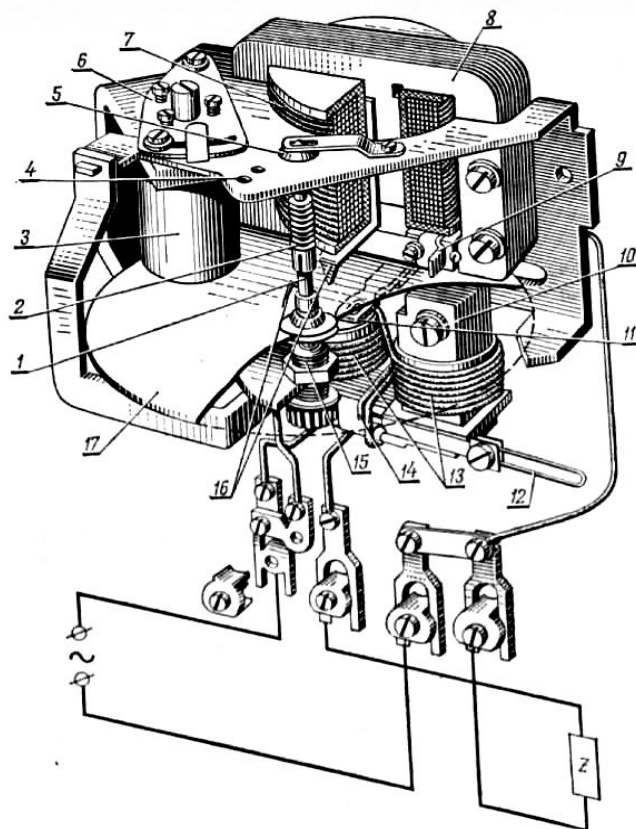


Рисунок 4.1 – Однофазний індукційний лічильник електричної енергії:

1 - вісь; 2 – черв'ячна шестерня; 3 - постійний магніт підковоподібної форми; 4 – отвори для кріплення лічильного механізму; 5 – верхня опора; 6 – рухома пластина кріплення постійного магніту, що дозволяє регулювати гальмівний момент; 7 – обмотка напруги; 8, 10 – магнітопровід; 9 - протиполіус; 11 – пластина, що регулює компенсаційний момент; 12 – контактна скоба (для регулювання кута  $\beta$ ); 13 – струмова обмотка; 14 – короткозамкнені витки на осерді струмового магнітопроводу; 15 – пружний підп'ятник; 16 – протисамохідний пристрій; 17 – рухомий алюмінієвий диск.

При усталеній частоті обертання диска обертовий момент зрівноважується протидіючим гальмівним моментом, тобто:

$$M_{об} = M_{пр}, \text{ або } c_1 P = c_2 n, \text{ звідки: } n = \frac{c_1}{c_2} P. \quad (4.3)$$

Отже, частота обертання диска лічильника  $n$  пропорційна активній потужності кола.

Кількість обертів  $N$ , які здійснює диск за час  $t$ , пропорційна енергії  $W$ , яка отримується струмоприймачами від джерела електричної енергії за цей час:

## Повірка однофазного індукційного лічильника електричної енергії

$$N = nt = \frac{c_1}{c_2} Pt = \frac{c_1}{c_2} W \quad \text{або} \quad W = \frac{c_2}{c_1} N = C_D N, \quad (4.4)$$

де:  $C_D$  – дійсна постійна лічильника, чисельно дорівнює енергії, що використана в колі за один оберт диску.

Оскільки лічильник, як і будь-який інший електровимірювальний прилад, має якусь похибку, то зареєстрована енергія звичайно не дорівнює використаній. Постійна лічильника  $C_H$ , що дорівнює енергії, зареєстрованій лічильником за один оберт та називається номінальною постійною. Дійсна постійна і номінальна постійна лічильника виражаються [ $Вт \cdot с / об$ ].

Кількість обертів диска лічильника  $N_H$ , що відповідає одиниці енергії зареєстрованої лічильником, називають передавальним числом. Воно вказується в паспорті лічильника у вигляді:  $1 \text{ кВт} \cdot год = N_H$  обертів диска (для лабораторії  $1 \text{ кВт} \cdot год = 400$  обертів). За передаточним числом визначають номінальну постійну :

$$C_H = \frac{1000 \cdot 3600}{N_H} = \frac{1000 \cdot 3600}{400} = 9000 \frac{\text{Дж}(Вт \cdot с)}{\text{обертів}}. \quad (4.5)$$

Внаслідок похибки, покази лічильника можуть не відповідати використаній енергії, визначеної за допомогою постійної  $C_D$ . Цю постійну визначають за допомогою зразкового ватметра і секундоміра за формулою:

$$C_D = \frac{W}{N} = \frac{Pt}{N}, \quad (4.6)$$

де  $P$  – потужність, яка виміряна зразковим ватметром,  $Вт$ ;  
 $N$  – кількість обертів диска за час  $t$ .

Чим менша різниця постійних  $C_D$  і  $C_H$ , тим більш точні покази лічильника. Відносна похибка лічильника від дійсної витрати енергії (у відсотках):

$$\gamma = \frac{W_D - W}{W} 100\% = \frac{C_H - C_D}{C_D} 100\%. \quad (4.7)$$

Для індукційних лічильників при активному навантаженні і при струмах, що дорівнюють  $10 \div 100\%$  номінального струму, чинний стандарт допускає відносну похибку не більше  $2,5\%$ .

## Повірка однофазного індукційного лічильника електричної енергії

Чутливістю  $G$  (межею чутливості) лічильника називається відношення мінімального струму  $I_{min}$ , при якому диск лічильника починає обертатися, до його номінального струму  $I_H$  при підведеній напрузі, яка те ж дорівнює номінальній:

$$G = \frac{I_{min}}{I_H} 100\% \quad (4.8)$$

Номінальний струм лічильника вказується на його шкалі. Чутливість лічильника не повинна перевищувати 1%.