

УДК 621.317.7

М.О. Петрище

## ПЕРЕВІРКА ПОРОГА ЧУТЛИВОСТІ ТА РОБОТИ БЕЗ НАВАНТАЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ

Інститут інформаційно-діагностичних систем НАУ, e-mail: qqq000@rambler.ru

*Проведено аналіз вимог діючого в Україні міждержавного стандарту на електронні лічильники активної енергії змінного струму (класів точності 1 і 2) щодо перевірки порога чутливості та відсутності самоходу. Розроблено рекомендації щодо усунення недоліків цих вимог, методу перевірки відсутності самоходу, що дозволяє значно скоротити час цього випробування.*

### Вступ

Ситуація в сфері комерційного обліку електричної енергії склалась таким чином, що на сьогоднішній день в Україні потрібно замінити близько 19 млн індукційних лічильників, що морально застаріли та фізично вичерпали свій ресурс.

Недооблік електроенергії для деяких зразків лічильників становить до 15 %.

Альтернативою індукційним лічильникам є електронні (статичні), що мають ряд кращих технічних і метрологічних характеристик.

Серед переваг електронних лічильників перед індукційними можна навести такі:

- відносна простота конструкції (відсутність прецизійних механічних вузлів), наслідком якої є простота збірки, що зумовлює зменшення часових затрат при випуску продукції;

- простота калібрування;

- лінійність навантажувальної кривої;

- більший діапазон робочих струмів;

- менший поріг чутливості, яким є струм запуску  $I_m$ , при якому лічильник запускається та здійснює облік електроенергії;

- відсутність необхідності усунення самоходу при настройці.

Під терміном “самохід” розуміється нарахування лічильником енергії при роботі без навантаження.

В електронних лічильниках самохід усувається в перетворювачі потужності в частоту шляхом запису цифрового коду певного струму, нижче якого вхідна потужність дорівнює нулю.

Регулювання кожного вимірювального елемента відбувається за допомогою двох потенціометрів, одним з яких коригується похибка вимірювання за коефіцієнтом потужності, що дорівнює одиниці, іншим – за коефіцієнтом потужності, що дорівнює 0,5 при індуктивному навантаженні.

Деякі крупні споживачі однофазних лічильників наразі висувають вимоги до струму запуску на рівні 12,5 мА. Таку вимогу особливо складно задовольнити в індукційних лічильниках.

У зв'язку з підвищеною увагою споживачів до таких характеристик, як поріг чутливості та відсутність самоходу, розробнику слід приділяти значну увагу перевірці цих характеристик при типових і приймальних випробуваннях.

Оскільки електронні лічильники мають незаперечні переваги перед індукційними, то надалі розглядатимемо лише цей вид лічильників.

### Аналіз публікації

Вимоги випробувань електронних лічильників активної енергії змінного струму класів точності 1, 2 встановлено ГОСТ 30207–94 [1].

Перевірку порога чутливості відповідно до цього стандарту потрібно проводити за номінальною напругою  $U_n$  на кожному вимірювальному елементі при струмі запуску  $I_m$  не більше 0,5 % від номінального, та коефіцієнті потужності  $\cos \varphi = 1$ .

ГОСТ 30207–94 також установлює граничний час  $t_{\max}$  перевірки порога чутливості не більше 10 хв. За цей час на випробувальному виході лічильника має з'явитися не менше одного імпульсу. При виконанні вимог споживачів до струму запуску можна визначити мінімальне значення сталої лічильника  $K$ , що задовольняє наведений у стандарті [1] час  $t_{\max}$ , зі співвідношенням:

$$K = \frac{N}{W}, \quad (1)$$

де  $W$  – активна енергія, що нарахована лічильником за час  $t_{\max}$ , кВт·год;  $N = 1$  – кількість імпульсів випробувального виходу, що необхідне для перевірки порога чутливості згідно зі стандартом [1].

Енергію, нараховану лічильником, можна визначити також зі співвідношення

$$W = P_{\min} \frac{t_{\max}}{60}, \quad (2)$$

де  $P_{\min}$  – найменша потужність, за якої лічильник має запускатись і продовжувати облік елект-

ричної енергії, кВт; 60 – множник, що дозволяє перерахувати час  $t_{\max}$  за 1 год.

Потужність  $P_{\min}$  в кіловатах визначається за формулою

$$P_{\min} = 10^{-3} U_n I_m \cos \varphi, \quad (3)$$

де  $U_n = 220$  В – номінальна напруга більшості однофазних лічильників, що виробляються в Україні;  $I_m = 12,5 \cdot 10^{-3}$  А – струм запуску, що вимагається зараз споживачами;  $\cos \varphi = 1$  – коефіцієнт потужності, що встановлюється стандартом при перевірці порога чутливості.

Відповідно до формул (1), (2), (3) мінімальне значення сталої  $K$  однофазного лічильника, в імпульсах на кіловат-годину (імп./кВт·год), що може забезпечити час на проведення випробування  $t_{\max}$ , при струмі запуску 12,5 мА (за відсутності похибки вимірювання електричної енергії) визначається за формулою:

$$K = \frac{N}{10^{-3} U_n I_m \cos \varphi \frac{t_{\max}}{60}}; \quad (4)$$

$$K = \frac{1}{10^{-3} \cdot 220 \cdot 12,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot \frac{10}{60}} =$$

$$= 2182 \text{ імп./кВт·год.}$$

Значна кількість типів лічильників має сталу меншу ніж та, що отримана за формулою (4), і відповідно час на перевірку порога чутливості 12,5 мА більше ніж 10 хв, наприклад, ЛМ-1Т (ВАТ «Термінал», м. Вінниця) – 2000 імп./кВт·год, ЦЭ 6807Б (НПО «Квант», Росія) – 2000 імп./кВт·год, (ЛЕО («Элві», м. Краснодар) – 1600 імп./кВт·год).

Експериментально встановлено, що лічильники вказаних типів потрібний поріг чутливості забезпечують. Проте цю важливу метрологічну характеристику не можна вказати в нормативних документах, оскільки перевірка цієї характеристики займає більше часу ніж дозволено стандартом. Це впливає на зменшення конкурентно-спроможності лічильників на ринку не тому, що вони мають гірші метрологічні характеристики, а тому, що стандарт має необґрунтовану вимогу щодо обмеження часу на перевірку порога чутливості.

Приклад 1. Для трифазного електронного лічильника активної енергії змінного струму класу точності 1 зі сталою  $K = 800$  імп./кВт·год, порогом чутливості  $I_m = 40$  мА (0,5 % від найчастіше використовуваного номінального струму, що дорівнює 10 А), номінальною напругою

$U_n = 3 \cdot 220$  (380) В за відсутності похибки вимірювання електричної енергії час, що потрібен на перевірку порога чутливості,  $t_1$  визначається з формул (1) та (2):

$$t_1 = \frac{N}{10^{-3} U_n I_m \cos \varphi \frac{K}{60}};$$

$$t_1 = \frac{1}{10^{-3} \cdot 3 \cdot 220 \cdot 40 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot \frac{800}{60}} = 2,84 \text{ хв.}$$

Оскільки  $t_1 < t_{\max}$ , то лічильник відповідає вимогам, встановленим у стандарті. Але за таких умов час на проведення перевірки на відсутність самоходу  $t_s$  в хвилинах згідно зі стандартом [1] має бути не менше ніж

$$t_s = \frac{60000}{K}; \quad (5)$$

$$t_s = \frac{60000}{800} = 75 \text{ хв.}$$

З прикладу 1 видно, що перевірка порога чутливості займає набагато менше часу ніж перевірка відсутності самоходу, тому немає сенсу обмежувати цей час у стандарті.

Однак доцільно розглянути можливість для зменшення часу на перевірку відсутності самоходу, оскільки з виразу (5) видно, що час проведення саме цього випробування є визначальним при проведенні приймально-здавальних випробувань і найбільше впливає на обсяги виробництва.

**Метою** статті є розробка менш тривалої в часі методики перевірки відсутності самоходу зі збереженням кількісних характеристик, що вимагаються стандартом при роботі лічильника без навантаження.

### Постановка завдання

У наявності є електронний лічильник активної енергії зі сталою  $K$  та номінальною напругою  $U_n$ . Необхідно запропонувати методику перевірки відсутності самоходу, яка порівнянно зі стандартною дозволяє скоротити час цього випробування.

### Методика для перевірки відсутності самоходу електронних лічильників активної енергії

Суть вимоги стандарту [1] щодо перевірки лічильників на відсутність самоходу полягає в наступному: при напрузі, що дорівнює 115 % від номінальної  $U_n$ , та відсутності струму в колах струму на випробувальному виході лічильника має з'явитися не більше одного імпульсу за час

$t_s$ , що визначається за формулою (5). Отже, лічильник має самохід, якщо на його випробувальному виході за час  $t_s$  з'явилося не менше двох імпульсів. У такому разі критерій наявності самоходу можна визначити як певну потужність  $P_s$ , інтегрування якої на часовому інтервалі  $t_s$  призводить до появи двох імпульсів на випробувальному виході:

$$P_s = \frac{W_s}{t_s}, \tag{6}$$

де  $W_s$  – енергія, еквівалентна двом імпульсам на випробувальному виході лічильника.

Енергія  $W_s$  визначається за формулою

$$W_s = \frac{N_s}{K}, \tag{7}$$

де  $N_s = 2$  – мінімальна кількість імпульсів на випробувальному виході, що свідчить про самохід лічильника.

З формул (5), (6), (7) випливає, що потужність  $P_s$  в кіловатах визначається за формулою

$$P_s = \frac{N_s}{60000};$$

$$P_s = \frac{2}{60000} = 3,3(3) \cdot 10^{-5} \text{ кВт.}$$

Результат інтегрування потужності  $P_s$  протягом часу  $t_s$  наведено у вигляді кривої 3 (див. рисунок).

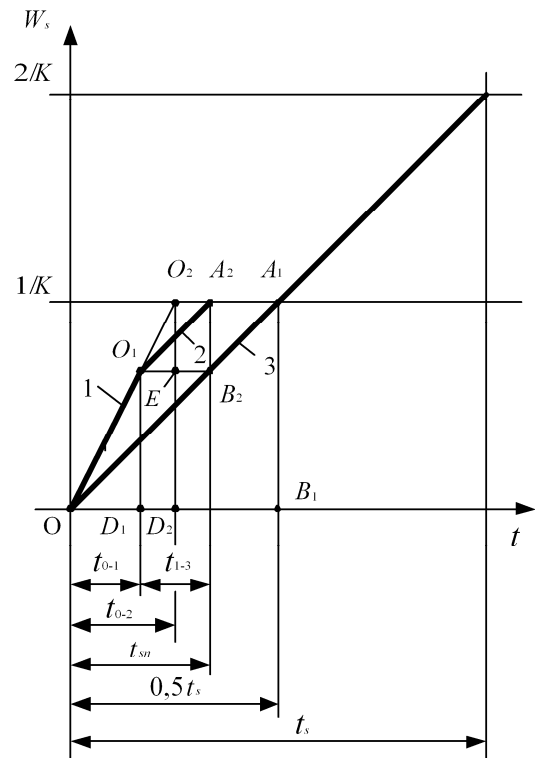
Перевірка відсутності самоходу відповідно до запропонованої методики відбувається за два такти. У першому такті (крива 1) на проміжку часу  $t_{0-1}$  відбувається накопичення енергії при підключенні деякого навантаження, за якого імпульси на випробувальному виході з'являються з періодичністю  $t_{0-2}$ . У другому такті (крива 2) протягом часу  $t_{1-3}$  відбувається накопичення енергії при  $U_s = 1,15U_n$  та відсутності навантаження, тобто за умов, прийнятих для кривої 3.

Якщо протягом часу  $t_{1-3}$  на випробувальному виході лічильника з'явиться хоча б один імпульс (див. рисунок), то лічильник має самохід. У іншому випадку лічильник слід вважати таким, що витримав випробування.

Час на перевірку відсутності самоходу за запропонованою методикою  $t_{sn}$  (див. рисунок) визначається як

$$t_{sn} = t_{0-3} = t_{0-1} + t_{1-3}.$$

Інтервал часу  $t_{1-3}$  можна визначити з подібності трикутників  $OA_1B_1$  і  $O_1A_2B_2$  та  $O_1O_2E$  і  $OO_2D_2$  (див. рисунок). З подібності трикутників  $OA_1B_1$  та  $O_1A_2B_2$  випливає:



Графік накопичення енергії лічильником при перевірці відсутності самоходу:

1, 2 – відповідно 1-й та 2-й такти запропонованої методики перевірки відсутності самоходу; 3 – накопичення енергії при випробуванні за методикою, що описана в стандарті [1]

$$\frac{OB_1}{O_1B_2} = \frac{A_1B_1}{A_2B_2}, \tag{8}$$

а з трикутників  $O_1O_2E$  та  $OO_2D_2$ , що

$$\frac{O_2E}{O_2D_2} = \frac{O_1E}{OD_2}. \tag{9}$$

Ураховуючи, що  $O_2D_2 = A_1B_1$ ,  $O_2E = A_2B_2$ ,  $OB_1 = 0,5t_s$ ,  $OD_2 = t_{0-2}$ ,  $O_1E = OD_2 - OD_1 = t_{0-2} - t_{0-1}$  із співвідношень (8), (9) випливає, що

$$t_{1-3} = \frac{0,5t_s \cdot (t_{0-2} - t_{0-1})}{t_{0-2}}. \tag{10}$$

Для аналізу виграшу в часі при використанні нової методики розглянемо такий приклад.

Приклад 2. До кіл напруги трифазного лічильника прикладу 1 зі сталюю

$$K = 800 \text{ імпл./(кВт} \cdot \text{год)}$$

і номінальною напругою

$$U_n = 3 \cdot 220 (380) \text{ В}$$

прикладаються симетричні фазні напруги

$$U_s = 1,15U_n,$$

до кіл струму – симетричні струми

$$I_s = 0,3 \text{ А.}$$

Коефіцієнт потужності  $\cos \varphi = 1$ .

Період появи імпульсів на випробувальному виході ( $t_{0-2}$ ) у хвилинах у цьому випадку визначається як

$$t_{0-2} = 60 \frac{W_1}{P}, \quad (11)$$

де 60 – коефіцієнт, що дозволяє перерахувати години в хвилини;  $W_1 = \frac{1}{K}$  – енергія, урахована лічильником при появі лічильника на випробувальному виході;  $P$  – активна потужність, що подається на лічильник, кВт.

Потужність  $P$  визначається за формулою

$$P = 10^{-3} U_s I_s \cos \varphi. \quad (12)$$

Підставивши в формули (11), (12) відповідні значення параметрів, отримуємо

$$t_{0-2} = \frac{60}{10^{-3} \cdot 800 \cdot 1,15 \cdot 3 \cdot 220 \cdot 0,3 \cdot 1} = 0,33 \text{ хв.}$$

Після появи одного з імпульсів на випробувальному виході через  $t_{0-1} = 18 \text{ с} = 0,30 \text{ хв}$  слід вимкнути струм (перший такт запропонованої методики), не змінюючи значення напруг на вимірювальних елементах. За цих умов згідно із запропонованою методикою лічильник має бути витриманий протягом часу  $t_{1-3}$  (другий такт запропонованої методики), що визначається за формулою (10)

$$t_{1-3} = \frac{0,5 \cdot 75 \cdot (0,33 - 0,3)}{0,33} = 3,41 \text{ хв.}$$

Отже, виграш часу  $t_v$  становить

$$t_v = t_s - t_{sn} = t_s - (t_{1-3} + t_{0-1});$$

$$t_v = 75 - (3,41 + 0,25) = 71,34 \text{ хв.}$$

Н.А. Петрище

Проверка порога чувствительности и работы без нагрузки электронных счетчиков

Проведен анализ требований действующего в Украине межгосударственного стандарта на электронные счетчики активной энергии переменного тока (классов точности 1 и 2) к проверке порога чувствительности и отсутствия самохода. Разработаны рекомендации по устранению недостатков этих требований и методика проверки отсутствия самохода, позволяющая значительно сократить время на проведение этого испытания.

M.O. Petrischtsche

Check of a threshold of sensitivity and work without loading of static watt-hour meters

The analysis of requirements of activity of Ukraine interstate standard on static watt-hour meters for active energy of an alternating current (classes accuracy 1 and 2) to check of a threshold of sensitivity and absence of a self-feed is lead. Lacks of requirements and technique recommendations on their elimination are specified. The technique of check of absence of a self-feed, which allows reducing considerably time for carrying out of this test, is developed.

Наведена методика використовується при заводських випробуваннях АК "Росток" при перевірці відсутності самоходу для таких типів лічильників активної енергії: однофазних – СОЕ 5020, СОЕ 5020Н, СОЕ 5028В, СОЕ 5028ВН та трифазного – СА4Е 5030. Результати повністю збігаються з результатами подальших перевірок за методикою, що вказана в стандарті [1].

### Висновки

Наявність у діючому в Україні міждержавному стандарті ГОСТ 30207–94 обмеження часу на перевірку порога чутливості електронних лічильників призводить до штучного обмеження цієї метрологічної характеристики. З метою підтвердження дійсного порога чутливості доцільно встановлювати час випробування в технічних умовах виробника на лічильники конкретного типу.

Перевірка відсутності самоходу за методикою, вказаною в стандарті, вимагає значного часу, що економічно не виправдано. З метою скорочення часу на перевірку відсутності самоходу запропоновано переглянути вимоги діючого стандарту. Доцільно встановити в стандарті такі вимоги щодо перевірки відсутності самоходу: при напрузі, що дорівнює 115 % від номінальної, за відсутності навантаження лічильник має враховувати енергію не більше ніж інтегрована в часі активна потужність, що дорівнює  $3,33 \cdot 10^{-5}$  кВт. Тоді при використанні запропонованої методики економія часу на перевірку відсутності самоходу може становити до 95 %.

Запропонована методика випробувана на АК "Росток" при розробці електронних лічильників.

### Список літератури

1. ГОСТ 30207–94. Статические счетчики ватт-часов активной энергии переменного тока (классы точности 1 и 2). – К.: Госстандарт Украины. – 1994. – 52 с.

Стаття надійшла до редакції 04.06.04.