

УДК 321.317

¹А.М. Попенака
¹М. О. Петрише
²С.Л. Крутов**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИЧНОЇ ПОХИБКИ ПОВІРКИ ЛІЧИЛЬНИКІВ БЕЗ
ГАЛЬВАНІЧНОГО РОЗДІЛЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ**¹Одеська державна академія технічного регулювання та якості²ДП «Укрметрестандарт»

Теоретично обґрунтовано наявність методичної похибки, що виникає при груповій повірці лічильників електричної енергії. Дано її кількісну оцінку за певних умов.

Ключові слова: гальванічне розділення, повірка, методична похибка.

Вступ

Для обліку електричної енергії в сучасних умовах провідні приладобудівні підприємства серійно виготовляють лічильники електричної. Для зменшення економічних витрат та підвищення обсягів актуальними питаннями залишається автоматизація випробувань, зокрема, розробка та вдосконалення автоматизованих повірочних установок, що забезпечують виконання вимог чинних нормативних документів встановлення випробувальних режимів та параметрів та критеріїв повірки.

Аналіз публікацій

Основні принципи, за якими виготовляються автоматизовані повірочні установки викладено в [1], [2]. До складу таких установок входять джерело фіктивної потужності, еталонний лічильник (ЕЛЕ), пристрої для визначення метрологічних характеристик та персональний комп'ютер. Метод повірки заснований на одночасному проходженні однакової фіктивної потужності та енергії через лічильники, що повіряються, (ЛЕ) та ЕЛЕ.

В останній час широке застосування знайшли лічильники без гальванічного розділення кіл струму та напруги, основні переваги яких наведено в [3]. В роботах [2] та [4] визначено, що для групової повірки таких ЛЕ необхідно використовувати проміжні пристрої для компенсації виникаючої методичної похибки.

Метою статті є аналіз методичної похибки, що виникає при груповій повірці лічильників без гальванічного розділення кіл струму та напруги.

Постановка завдання

Необхідно оцінити казану методичну похибку в умовах повірки ЛЕ серійного виготовлення.

Теоретичне оцінювання впливу з'єднаних кіл ЛЕ на похибку повірки

Неможливість розділення кіл струму та напруги викликає наявність методичної похибки при груповій повірці. Ця методична похибка зумовлена підвищенням струму за рахунок струму споживання колами напруги та втратами напруги в послідовних колах. В цьому випадку напруга на n-ому лічильнику U_n визначається за формулою

$$U_n = U_1 - \sum_{i=2}^N \Delta_{U_{i-1}}, \quad (1)$$

де U_1 – напруга на першому лічильнику (напруга джерела фіктивної потужності); Δ_{U_i} – втрати напруги на i -му лічильнику, N – загальна кількість ЛЕ.

Враховуючи, що втрати напруги на в послідовних колах лічильників можна прийняти однаковими формула (1) приймає наступний вигляд

$$U_n = U_1 - (n-1)\Delta_U. \quad (2)$$

Враховуючи, що втрати напруги є чисто активними (в колі струму наявні лише резистивні елементи), та не враховуючи основну похибку робочого еталону модель вимірювання електричної енергії робочим еталоном приймає вигляд

$$(W_{PE} + \Delta_W) = K \cdot (U_1 - \Delta_U) \cdot I \cdot \cos \varphi, \quad (3)$$

де W_{PE} – кількість активної енергії, виміряна робочим еталоном, Δ_W – абсолютна похибка вимірювання електричної енергії робочим еталоном, викликана втратами напруги Δ_{U_i} , K – коефіцієнт, що враховує інтеграцію у часі потужності, що проходить через робочий еталон; I , $\cos \varphi$ – сила струму та коефіцієнт потужності відповідного режиму навантаження.

З урахуванням

$$\Delta_W = \frac{dW_{PE}}{dU_1} \Delta_U,$$

та з переходом до відносних похибок, методична похибка вимірювання електричної енергії, викликана втратами напруги визначається за формулою

$$\delta_W = -\delta_U. \quad (4)$$

Ще однією фактором, що викликає появу методичну похибку є споживання колами напруги.

Оскільки споживання колами напруги має зазвичай активно-емнісний характер, то результуючий струм I_n в колі струму ЛЕ_n визначається як сума встановленого струму в останньому ЛЕ I та струму споживання I_c за формулою

$$I_n = I + \sum_{i=n+1}^N I_{ci}. \quad (5)$$

Для попередніх розрахунків споживання колами напруги можна прийняти однаковим. В цьому разі формула (5) приймає вигляд

$$I_n = I + (N - n) \cdot I_c. \quad (6)$$

Враховуючи теорему косинусів, сила струму I_n розраховується за формулою

$$I_n = \sqrt{I^2 + ((N - n) \cdot I_c)^2 - 2 \cos(180 - \alpha)}, \quad (7)$$

де α – кут між векторами встановленого струму відповідно до режиму навантаження та струмом споживання.

Зсув фази результуючого струму відносно струму I_n визначається за формулою

$$\beta = \arcsin((N - n) \cdot I_c \sin(180 - \alpha) / I_n). \quad (8)$$

Використання формул (7) та (8) можна показати на наступному прикладі. Для лічильника класу точності 1 стандартом [5] встановлюються границі споживання активної P та повної S потужностей при номінальній напрузі $U_{ном} = 2$ Вт та 10 В·А. Розрахуємо методичну похибку при груповій повірці двох лічильників $U_{ном} = 220$ В, $I_{ном} = 5$ А для режиму повірки $0,05I_{ном}$, $\cos \varphi = 1$.

Для визначення результуючої сили струму для першого ЛЕ за формулою (7) отримуємо значення сили струму споживання I_c

$$I_c = \frac{S}{U_{ном}} = \frac{10}{220} = 0,045 \text{ А}. \quad (9)$$

Кут α між векторами I_1 та I_c визначається за формулою

$$\alpha = \arctan\left(\frac{P}{S}\right) - \varphi, \quad (10)$$

де $\varphi = \arccos(\cos \varphi)$ – кут зсуву фаз між струмом I та встановленою напругою $U_{ном}$.

Для першого режиму кут α дорівнює

$$\alpha = \arctan\left(\frac{P}{S}\right) - \varphi = 78,7^\circ.$$

Це означає, що для першого режиму результуюча сила струму I_1 за формулою (7) дорівнює

$$I_1 = \sqrt{I^2 + I_c^2 - 2 \cos(180 - \alpha)} = \sqrt{0,25^2 + 0,04545^2 - 2 \cdot \cos(180 - 78,7)} = 0,2626 \text{ (А)}.$$

Отримане значення у відносній формі переважає силу струму на величину

$$\delta_I = \frac{I_1 - I}{I} \cdot 100 = 5,04(\%). \quad (11)$$

Отримане значення переважає допустиме за стандартом [6] (не більше 2 %), що унеможливило повірку лічильників без апаратного усунення (або зменшення) впливу споживання колами напруги на результати вимірювання, навіть за умови програмної корекції результату вимірювання.

Зсув фази результуючого струму I_1 відносно струму I визначається за формулою

$$\beta = \arcsin(I_c \sin(180 - \alpha) / I_1) = \arcsin(0,0(45) \cdot \sin(180 - 78,7) / 0,2626) = 9,76^\circ. \quad (12)$$

Отримані значення результуючої сили струму I_1 та кут між струмом

Методична похибка у відносній формі доцільно розраховується за формулою

$$\delta_I = \frac{P_1 - P}{P} \cdot 100 = \frac{UI_1 \cos(\varphi + \beta) - UI \cos \varphi}{UI \cos \varphi} \cdot 100 = \frac{I_1 \cos(\varphi + \beta) - I \cos \varphi}{I \cos \varphi} \cdot 100 = 3,52\% \quad (13)$$

Отримане значення методичної похибки перевищує є завеликим, що означає неможливістю їм знехтувати при оцінюванні параметрів та критеріїв повірки. Окрім цього, необхідно зауважити, що значення отримувалося для двох лічильників. При збільшенні кількості лічильників методична похибка зростає відповідним чином.

Для компенсації методичної похибки необхідно розробити ряд заходів. При цьому слід врахувати, що усунення методичної програмним шляхом в певних умовах (при суттєвому навантаженні кіл напруги або при збільшенні лічильників до певного рівня) неможливо через зміни випробувальних режимів, зокрема діючого значення та фази сили струму.

Висновки

1. Вплив з'єднаних кіл лічильників на похибку повірки залежить від споживання колами струму та напруги лічильників.
2. Теоретичний розрахунок методичної похибки підтверджує її суттєвість та неможливість її нехтування.
3. Програмна компенсація методичної похибки можлива лише для певної кількості лічильників або в разі внесення змін до чинних нормативних документів.

Список літературних джерел

1. Вовк В.М. Модернізація установок для повірки лічильників електричної енергії / В.М. Вовк, О.Б. Дорошенко, М.О. Петрище, С.О. Трофименко, А.Є. Шестаков // Современные информационные и электронные технологии: 7-я междунар. науч.-практ. конф., 22-26 мая 2006 р.: тезисы докл. – Одеса, 2006. – С. 89.
2. Давыдов А.С. Особенности построения автоматизированных установок для регулировки и поверки счетчиков с гальванически связанными цепями тока и напряжения / Давыдов А.С., Попенка А.Н. // Український метрологічний журнал. – 2004. – №2. – С.16-18.
3. Хомяк В.А. Новые счетчики электрической энергии АК «Росток» / В.А. Хомяк, Н.А. Петрище // Метрологічне забезпечення обліку електричної енергії в Україні: Матеріали 5-ої наук.-практ. конф., 17-18 трав. 2005 р. – К.: АВЕГА, 2005. – С. 51-52.
4. Петрище М.О. Повірка лічильників електричної енергії з гальванічно з'єднаними колами струму та напруги / М.О. Петрище, С.О. Трофименко, А.Є. Шестаков // Метрологія - 2006: Наукові праці V міжнар. наук.-технічної конф. – Харків, 2006. – С. 197-199.
5. Лічильники активної енергії змінного струму статичні (класів точності 1 та 2) (ІЕС 61036:2000, ІДТ): ДСТУ ІЕС 61036:2001. – [Чинний від 2003-07-01] – К.: Держспоживстандарт України, 2004 – 39 с. – (Національний стандарт України).
6. Метрологія. Лічильники активної електричної енергії статичні. Методика повірки. (ГОСТ 8.584-2004, MOD): ДСТУ 6100:2009. – [Чинний від 2009-07-01] – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – с. 14. – (Національний стандарт України).