



УКРАЇНА

(19) UA (11) 92431 (13) C2  
 (51) МПК (2009)  
 H01F 38/00  
 H01F 38/20  
 H01F 38/28  
 G01R 21/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
 І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
 ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБЛІКУ І КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ВИМІРЮВАЛЬНИМ КОМПЛЕКСОМ

1

2

(21) a200913184  
 (22) 17.12.2009  
 (24) 25.10.2010  
 (46) 25.10.2010, Бюл.№ 20, 2010 р.  
 (72) БУТЕНКО ВОЛОДИМИР МИХАЙЛОВИЧ, ДУДЧЕНКО ВАСИЛЬ ІЛЛІЧ, ТЕРЬОШИН ВІКТОР МИКОЛАЙОВИЧ  
 (73) УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ  
 (56) UA 88126 C2, 10.09.2009  
 UA 63600 A, 15.01.2004  
 UA 13094 U, 15.03.2006  
 UA 6954 U, 16.05.2005  
 RU 2329515 C1, 20.07.2008  
 RU 2305290 C1, 27.08.2007  
 US 7305310 B2, 04.12.2007  
 EP 1426777 A2, 09.06.2004  
 Типовая инструкция по учету электроэнергии при ее производстве, передаче и распределении РД 34.09.101-94  
 (57) 1. Спосіб підвищення точності обліку та контролю електроенергії вимірювальним комплексом, що включає вимірювання фактичних відносних похибок в діапазоні нормованих величин кожного з вимірювальних трансформаторів та встановлення їх залежностей від навантаження первинних та вторинних кіл за допомогою мікропроцесорного

комплексу, корегування, з урахуванням отриманих похибок та залежностей, величиною навантаження вторинних кіл або витковою корекцією вимірювальних трансформаторів, з можливістю отримання протилежних по знаку похибок за умови виконання зазначених дій на місці встановлення та експлуатації вимірювального комплексу, який **відрізняється** тим, що в залежності від класу точності лічильника електроенергії домагаються виконання умов рівності фактичної відносної похибки трансформатора струму та частини фактичної відносної похибки трансформатора напруги.  
 2. Спосіб підвищення точності обліку та контролю електроенергії вимірювальним комплексом по п. 1, який **відрізняється** тим, що для лічильника електроенергії класу точності менше 1,0 домагаються виконання умов рівності фактичної відносної похибки трансформатора струму і трьох чвертей фактичної відносної похибки трансформатора напруги.  
 3. Спосіб підвищення точності обліку та контролю електроенергії вимірювальним комплексом по п. 1, який **відрізняється** тим, що для лічильника електроенергії класу точності рівного або більшого за 1,0 домагаються виконання умов рівності фактичної відносної похибки трансформатора струму і половини фактичної відносної похибки трансформатора напруги.

Винахід відноситься до електротехніки, зокрема до вимірювальних трансформаторів (ВТ) струму (ТС) і напруги (ТН), а також належить до електровимірювальної техніки. Винахід може бути використаний у вимірювальних комплексах, які здійснюють комерційний або технічний облік електроенергії у виробника, постачальника і споживача.

Відомий спосіб визначення меж допустимої відносної похибки вимірювального комплексу, який складається з вимірювальних трансформаторів

струму ТС, напруги ТН і лічильника електроенергії, які визначаються у відповідності до [Типовая инструкция по учету электроэнергии при ее производстве, передаче и распределении. РД34.09.101.94] за формулою

$$\delta = \pm 1,1 \sqrt{\delta_1^2 + \delta_U^2 + \delta_L^2 + \delta_C^2} \quad (1)$$

де:  $\delta_1$ ,  $\delta_U$ ,  $\delta_C$  - межа дозволених значень відносної похибки відповідно ТС, ТН, індукційного або електронного лічильників, %;

(11) 92431 (13) C2  
 (19) UA

$\delta_{\text{Л}}$  - межа втрат напруги в лінії при єднання лічильника до ТН, % дозволених [Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ). Станом на 01.10.2008 - Харків: Індустрія, 2009. - 424с.];

коефіцієнт 1,1 враховує особливості метрологічної перевірки приладів за допомогою еталонних пристроїв, які мають свої похибки, та інші причини.

Зазвичай як  $\delta_1$ ,  $\delta_{\text{У}}$ ,  $\delta_{\text{С}}$  використовуються класи точності приладів, а вони визначають граничні значення похибок і те лише у зонах номінальних навантажень або близьких до них. Імовірність того, що в реальних системах похибка буде на рівні максимальних значень, мала. При змінненні навантаження фактичне значення похибки ТС і ТН змінюється.

Недоліком цього способу вимірювання електроенергії вимірювальним комплексом є його мала точність, так як по (1) визначається, гранично-допустима похибка всього комплексу, а не його фактична похибка. З точки зору вимог до системи обліку ця ситуація не може вважатися допустимою, так як при визначенні структури звітних втрат електропостачаючої або електроспоживаючої організації важливо знати саме фактичні втрати.

Найбільш близьким по технічній суті та результату, що досягається, є спосіб підвищення точності обліку та контролю електроенергії вимірювальним комплексом, що включає вимірювання фактичних відносних похибок у діапазоні нормованих величин кожного з вимірювальних трансформаторів та встановлення їх залежностей від навантаження первинних та вторинних кіл за допомогою мікропроцесорного комплексу, з урахуванням отриманих похибок та залежностей коригують величини навантаження вторинних кіл або за допомогою виткової корекції вимірювальних трансформаторів, з можливістю отримання рівних за величинами та протилежних по знаку похибок за умови виконання зазначених дій на місці встановлення та експлуатації вимірювального комплексу [Пат. №88126 UA МІЖ<sup>9</sup> Н01F38/00, 38/20, 38/28. Спосіб підвищення точності обліку і контролю електроенергії вимірювальним комплексом / Бутенко В.М., Блинджок В.С., Гаєвський В.В., Дудченко В.Л., Терьоптин В.М. та ін.; заявник і власник Українська державна академія залізничного транспорту. -№а2009 03412; заявл. 09.04.2009; опубл. 10.09.2009, Бюл. №17, 2009 - 10 с: ил.; УДК 681.5.08:621.317].

Недоліком такого обліку електроенергії є те, що він має недосконалі умови досягнення точності. У відповідності до цього способу гранично-допустима похибка всього комплексу буде визначатися

$$\delta = \pm 1,1 \sqrt{(\delta_1 + \delta_{\text{У}})^2 + \delta_{\text{Л}}^2 + \delta_{\text{С}}^2}, \quad (2)$$

де  $\delta_1$  і  $\delta_{\text{У}}$  - фактичні похибки відповідно ТС і ТН.

В ідеальному випадку ( $-\delta_1 = \delta_{\text{У}}$ ), тобто

$(\delta_{\text{У}} + \delta_1) = 0$  і тоді фактична похибка обліку електроенергії всього комплексу буде визначатися

$$\delta = \pm 1,1 \sqrt{\delta_{\text{Л}}^2 + \delta_{\text{С}}^2} \quad (3)$$

В основу винаходу поставлено завдання удосконалення способу підвищення точності та контролю електроенергії вимірювальним комплексом з трансформаторами ТС і ТН, у якому за рахунок корекції ТС і ТН забезпечується зменшення сумарної алгебраїчної похибки вимірювання

$$\delta = (\delta_1 + \delta_{\text{У}} + \delta_{\text{Л}}) \quad (4)$$

до рівня нижче за похибку вимірювання кожним з них окремо та за рахунок цього підвищується точність обліку та контролю електроенергії вимірювальним комплексом, що містить лінію зв'язку, лічильник електроенергії, ТС і ТН, згідно винаходу корекцію ТС і ТН вимірювального комплексу проводять спільно по місцю його встановлення та експлуатації.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю істотних ознак винаходу і технічного результату, який досягається, полягає в наступному. Похибка лінії зв'язку ТН з лічильником  $\delta_{\text{Л}}$ , обумовлена втратою напруги у вторинному колі ТН, завжди менше за нуль і відповідно до ПУЕ складає певну частину від  $\delta_{\text{У}}$  у залежності від класу точності лічильника  $\delta_{\text{С}}$ .

Якщо клас точності лічильника  $\delta_{\text{С}} \geq 1,0$ , то  $\delta_{\text{Л}} = -0,5\delta_{\text{У}}$ . Якщо  $\delta_{\text{С}} < 1,0$ , то  $\delta_{\text{Л}} = -0,25\delta_{\text{У}}$ . У цьому випадку у відповідності до формули (2) граничнодопустима похибка всього вимірювального комплексу з лічильником, класу точності більше або рівного 1,0, тобто  $\delta_{\text{С}} \geq 1,0$  буде визначатися

$$\delta = \pm 1,1 \sqrt{(\delta_1 + 0,5\delta_{\text{У}})^2 + \delta_{\text{С}}^2}, \quad (5)$$

а для лічильника електроенергії класу точності менше 1,0, тобто  $\delta_{\text{С}} < 1,0$  у відповідності до формули (2) граничнодопустима похибка всього вимірювального комплексу буде визначатися

$$\delta = \pm 1,1 \sqrt{(\delta_1 + 0,75\delta_{\text{У}})^2 + \delta_{\text{С}}^2}, \quad (6)$$

Враховуючи, що  $\delta_1$  і  $\delta_{\text{У}}$  мають протилежні знаки, то проводячи спільно виткову корекцію або корекцію вторинних кіл ТН або ТС по місцю установки та експлуатації вимірювального комплексу обліку та контролю електроенергії можна досягти рівності похибок ТС, ТН і лінію зв'язку, тобто

$(\delta_1 + 0,5\delta_{\text{У}}) = 0$  для лічильника класу точності

$\delta_{\text{Л}} \geq 1,0$  або  $(\delta_1 + 0,75\delta_{\text{У}}) = 0$  для лічильника

класу точності  $\delta_{\text{Л}} < 1,0$ .

У цьому випадку систематична похибка всього комплексу  $\delta$  визначатиметься похибкою тільки лічильника електроенергії  $\delta_C$ . У (5) і (6)  $\delta_1$ , і  $\delta_U$  - це фактичні похибки ТС і ТН відповідно.

Суть винаходу пояснюється кривою розподілу струму фактичної похибки  $\delta_1$ , ТС від коефіцієнта

завантаження його первинного кола  $K_{11} = \frac{I_1}{I_{1H}}$ , де

$I_{1H}$  - номінальний струм первинного кола ТС для двох коефіцієнтів завантаження, вторинного кола ТС  $K_{12} = 0$  (залежність 1) та  $K_{12} = 0,25$  (залеж-

ність 2) Фіг.1  $K_{12} = \frac{S_{12}}{S_{12\text{НОМ}}}$ , де  $S_{12\text{НОМ}}$  - номіна-

льна потужність вторинного кола ТС). Залежності 1 і 2 на Фіг.1 наведені за даними державної метрологічної атестації ТС (тип ТПОЛ - 10,  $S_{12\text{НОМ}} = 10\text{ВА}$ ,  $I_{1H} = 600\text{А}$ ,  $I_{2\text{НОМ}} = 5\text{А}$ , клас точності 0,5) згідно технічного протоколу випробувань. На Фіг.2 подана залежність фактичної похибки ТН  $\delta_U$  (тип НТМИ-6-66У3,

$S_{U2} = 75\text{ВА}$ ,  $U_{1\text{НОМ}} = 6000\text{В}$ ,  $U_{2\text{НОМ}} = 100\text{В}$ , клас точності 0,5) від коефіцієнта завантаження

вторинного кола ТН  $K_{U2} = \frac{S_{U2}}{S_{U2\text{НОМ}}}$ , де  $S_{U2\text{НОМ}}$  - номінальна потужність вторинного кола ТН в ВА.

Залежність  $\delta_U(K_{U2})$  для ТН отримана за даними перевірки згідно технічного протоколу. Залежності

$\delta_1(K_{11})$  і  $\delta_U(K_{U2})$ , наведені на Фіг.1 та Фіг.2, отримані після виткової корекції ТС по місту встановлення і експлуатації вимірювального комплексу.

Суть винаходу полягає в наступному.

Знаючи середнє значення навантаження за розрахунковий період (середнє значення струму) об'єкту, на якому встановлений вимірювальний комплекс обліку електроенергії, що складається з вимірювальних трансформаторів (ТС і ТН), лічильника електроенергії і лінії зв'язку лічильника з ТН, і знаючи конкретне навантаження їх вторинних обмоток, за допомогою корекції ТС або ТН, або обопільної корекції обидва ВТ, добиваються рівності:

$$(\delta_1 + 0,5\delta_U) = 0 \Rightarrow \delta_U = -\frac{\delta_1}{0,5}, \text{ тобто } \delta_U = -2\delta_1$$

з (5), для лічильника класу точності 1,0 та ( $\delta_C \geq 1,0$ ); або  $(\delta_1 + 0,75\delta_U) = 0 \Rightarrow \delta_U = -\frac{\delta_1}{0,75}$  з

(6) для лічильника класу точності менше 1,0 ( $\delta_C < 1,0$ ).

У реальних умовах завантаження вторинних кіл ТС мало змінюється. Нехай  $K_{12} = 0,25$  (залежність 2 Фіг.1), а завантаження первинних кіл ТС нехай  $K_{11} = 0,8$  (Фіг.1). З Фіг.1 графічно отримуємо  $\delta_1 = -0,12\%$ . Тоді для лічильника комплексу класу  $\delta_C \geq 1,0$ .

$$\delta_U = -2(-0,12) = 0,24\%$$

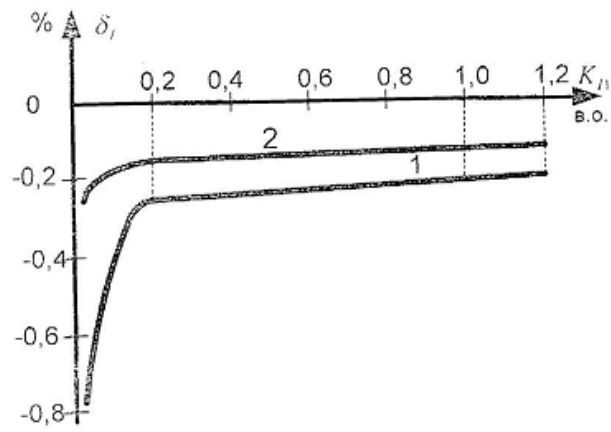
Згідно Фіг.2 фактичній похибці  $\delta_U = 0,24\%$  відповідає завантаження вторинних кіл ТН  $K_{U2} = 0,4$ . Тобто  $S_{U2} = 0,4S_{U2\text{НОМ}} = 0,4 \cdot 25 = 10\text{ВА}$  (це для однієї фази  $S_{U2\text{НОМ}} = 25\text{ВА}$ ). Мікропроцесорний комплекс встановлює завантаження

вторинних кіл ТН  $S_2 = 10\text{ВА}$  і похибка комплексу буде визначатися тільки похибкою лічильника. При зміні завантаження первинних кіл ТС з  $K_{11} = 0,8$  до  $K_{11} = 0,2$  (Фіг.1) по залежності 2 графічно отримуємо  $\delta_1 = -0,14\%$ , який відповідає

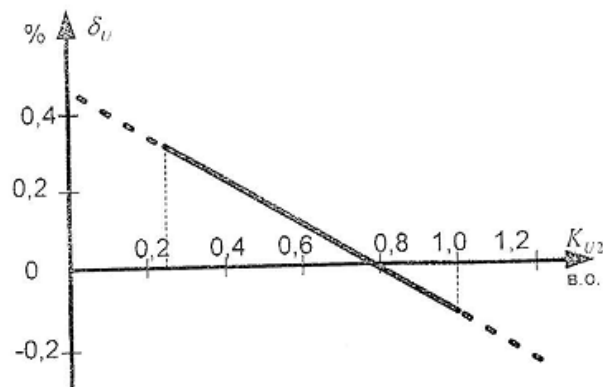
$\delta_U = -2\delta_1 = -2(-0,14) = 0,28\%$ . Згідно Фіг.2 фактичній похибці  $\delta_U = 0,28\%$  відповідає завантаження вторинних кіл ТН  $K_{U2} = 0,32$ . Тобто

$S_{U2} = 0,32 \cdot 25 = 8\text{ВА}$ . Мікропроцесорний комплекс встановлює завантаження вторинних кіл ТН  $S_{U2} = 8\text{ВА}$  і знову похибка вимірювального комплексу буде визначатися тільки похибкою лічильника електроенергії.

Подібний винахід дозволить підвищити точність обліку електроенергії у порівнянні зі способом за формулою (1) у 2,16 рази.



Фіг. 1



Фіг. 2