УДК 628.93.001

О.Ю. Волкова, В.В. Момот, В.Ф. Рой

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ОБСЯГУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ТРИФАЗНИХ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖАХ ЗА НЕСИМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ СТРУМІВ НАВАНТАЖЕННЯ

Визначення дійсного значення обсягу спожитої електроенергії у разі виникнення функціональної відмови елементів вимірювального комплексу, може бути здійснено шляхом компенсації похибки вимірювання за період функціональної відмови вимірювального комплексу відповідними корегуючими коефіцієнтами. Запропонована математична модель визначення коригуючих коефіцієнтів, необхідних для компенсації похибки вимірювання, дозволяє визначити їх значення для різних типів та засобів вимірювання електроенергії та різних варіантів їх функціональних відмов в системах електропостачання.

Ключові слова: *електроенергія, система електропостачання, засоби вимірювання, система обліку електроенергії.*

Вступ

Визначення дійсного обсягу електроенергії (ЕЕ) в системах електропостачання залежить від ступені точності вимірювання її на всіх ділянках і рівнях виробництва, передачі та споживання. Поточна інформація відносно обсягів ЕЕ отримується шляхом використання сучасних методів та засобів вимірювання (ЗВ), а її достовірність визначається функціональною надійністю цих засобів. Система обліку електроенергії (СОЕ) являє собою вимірювальний комплекс (ВК), який є сукупністю обладнання та засобів вимірювальної техніки, з'єднаних між собою за встановленою схемо [1, 2]. В процесі експлуатації такої складної системи визначити ймовірність її безвідмовної роботи і появи прихованої функціональної відмови (ФВ) у даних ЗВ за визначений проміжок часу досить проблематично. Деякі типі відмов систем обліку не можуть бути виявлені безпосередньо в момент їх виникнення, що призводить до значних збитків постачальників (споживачів) ЕЕ внаслідок отримання недостовірної інформації щодо її обсягів. Вирішенню цієї проблеми сприяє впровадження у складі СОЕ сучасних електронних лічильників електроенергії (ЛЕ), які наділені функцією контролю наявності ФВ системи у процесі вимірювань. Отже необхідно проведення досліджень процесів вимірювання ЕЕ у трифазних електромережах (ЕМ) електронними ЛЕ з метою забезпечення достовірності показників СОЕ, у разі виникнення функціональної відмови ВК.

Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є можливість здійснення компенсації похибки вимірювання ЕЕ, спричиненою відмовою ЗВ,− використанням відповідних коригуючих коефіцієнтів (КК), за допомогою яких можна уточнити результати вимірювання показників ЕЕ за період ФВ системи [3,4]. Функціональні можливості СОЕ при цьому повинні бути достатніми як для вимірювання обсягу наданої ЕЕ із заданою точністю, так і можливістю визначення моменту виникнення ФВ системи.

Похибка вимірювання обсягу ЕЕ, визначається, насамперед, точністю функціональних елементів ВК – трансформаторів струму (ТС) та напруги (ТН), лічильників ЕЕ, а також засобів захисту вторинних кіл струму і напруги, втратами напруги в з'єднувальних проводах, схемами ввімкнення приладів обліку і будь-яке зростання похибки вимірювальних елементів ВК, призведе до зростання похибки СОЕ в цілому. Оскільки функціональна надійність ЗВ суттєво залежить від стабільності роботи його елементів, то використання КК дає змогу підвищити функціональну надійність ВК шляхом зменшення коефіцієнтів впливу найбільш нестабільних елементів ВК. Використання коригуючих коефіцієнтів дає можливість з певною достовірністю визначити обсяг ЕЕ, що був виміряний СОЕ за період дії ФВ шляхом умовної компенсації похибки вимірювання ЕЕ, спричиненою параметричною відмовою одного з елементів ВК.

Для визначення КК, необхідно, насамперед, чітко ідентифікувати тип ВК та характер його відмов, викликаний параметричною відмовою відповідного елементу комплексу [5]. Розраховані КК для СОЕ, що застосовуються для вимірювання ЕЕ 3-фазного змінного синусоїдального струму у 3-провідних ЕМ (СОЕ високої напруги) та у 4-провідних ЕМ (СОЕ низької напруги) за симетричної системи струмів навантаження наведені нами в [6]. Але необхідно також розглянути можливість визначення КК і для несиметричної 3-фазної системи струмів, що виникає за наявності не симетрії струмів та напруг в лінійних 3-фазних колах. [7].

Постановка задачі

В даній роботі були поставлені та вирішені такі задачі:

− проведено аналіз схем обліку ЕЕ та розроблена класифікація СОЕ з урахуванням характеру несиметричного навантаження та варіанту ФВ;

− досліджено процес вимірювання активної та реактивної ЕЕ електронними 2- та 3- елементними лічильниками електроенергії (ЛЕ) різного типу у 3- та 4-провідних ЕМ за наявності не симетрії струмів навантаження;

− досліджено процес вимірювання активної та реактивної ЕЕ електронними 2- та 3- елементними ЛЕ різного типу у 3- та 4-провідних ЕМ у разі функціональної відмови СОЕ за несиметричного навантаження;

− удосконалена математична модель визначення коригуючих коефіцієнтів (КК) для компенсації похибки вимірювання ЕЕ за різних варіантів функціональних відмов СОЕ за несиметричного навантаження.

Основна частина

В роботі використовувалися методи графічної побудови векторів та розкладання несиметричних трифазних систем на симетричні складові, а аналіз результатів здійснювався із застосуванням методу автоматизованої цифрової обробки інформації в програмному комплексі «MATLAB», програмному середовищі «Exel», «MathCad». Розроблена структурно-імітаційна модель СОЕ дозволяє розрахувати КК для компенсації відносної похибки вимірювання ЕЕ у 3- та 4-провідних ЕМ за наявності струмів прямої та зворотної послідовностей у разі несиметричних трифазних систем. Похибка вимірювання обсягу ЕЕ визначалася за формулою:

$$\delta = \pm 1{,}1\sqrt{\delta_{ЛЕ}^2 + \delta_{ТС}^2 + \delta_{ТН}^2 + \delta_{кут} + \delta_{лін} + \sum_1^n \delta_{ЛЕ_i}},\% \quad (1)$$

де $\delta_{ЛЕ}, \delta_{ТС}, \delta_{ТН}$ – допустима похибка вимірювання ЛЕ, та допустимі відносної похибки для ТС та ТН, %;

$\delta_{кут}$ – сумарна похибка, обумовлена кутовими похибками ТС та ТН;

$\delta_{лін}$ – допустимі згідно ПУЕ втрати напруги в проводах, що з′єднують ЛЕ та ТН, %.

Похибка вимірювання ЕЕ, внаслідок функціональної відмови СОЕ у відносних одиницях становить

$$\delta_E = \frac{E_{ФВ} - E_{дійсн}}{E_{дійсн}}, \quad (2)$$

де $E_{дійсн}$ – обсяг електроенергії, виміряний за справного стану ВК, кВт·г.

$E_{ФВ}$ – обсяг електроенергії, виміряний за умови відмови ВК, кВт·г.

$E_{дійсн}$ визначається розрахунковим шляхом за параметрами струму та напруги трифазної електромережі змінного струму.

відмові ВК. При цьому, величина КК за умови $\delta_E \neq 0$ становить:

$$K_{кор} = \frac{E_{дійсн}}{E_{фв}} \quad (4)$$

Дійсний обсяг ЕЕ, виміряний ВК за умови його функціональної відмови:

$$E_{дійсн} = E_{ФВ} \cdot K_{кор} \quad (5)$$

Методи розрахунку режимів в лінійному електричному колі, де струми і напруги е синусоїдальними функціями часу, пов’язані з находженням окремих рішень неоднорідних диференційних рівнянь, записаних на основі законів Кірхгофа, що є достатньо трудомісткими. Цю процедуру можна значно спростити заміною алгебраїчних розрахунків над синусоїдальними функціями − геометричними операціями над зображуючими їх векторами. Це досягається заміною синусоїдальних функцій часу комплексними числами $\dot{A}$, оскільки кожне комплексне число містить в собі модуль А та аргумент ψA при показовій формі запису: $\dot{A} = e^{j \cdot F}$, або дійсну $a_1 = A\cos\psi_A$, або уявну $ja_2 = jA\sin\psi_A$, що складають при алгебраїчній та тригонометричних формах запису:

$$\dot{A} = a_1 + ja_2 = A\cos\psi_A + jA\sin\psi_A, \quad (6)$$

де $j = \sqrt{-1}$, а «е» – основа натуральних логарифмів.

Очевидно, що для обчислення активної та реактивної потужностей необхідно знати діючі значення напруги і струму та різницю фаз φ між ними.

Величина φ визначається як різниця початкових фаз напруги і струму: $(\varphi = \psi_A - \psi_i)$. Тому необхідно перемножувати не комплекси $\dot{U}$ та $\dot{I}$ (оскільки при цьому аргумент добутку $\dot{U}\cdot\dot{I}$ буде дорівнювати сумі $\psi_A + \psi_i$), а брати добуток комплексу $\mathring{U}$ або $\dot{I}$ однієї з цих величин на спряжений комплекс іншої величин. В результаті такої операції комплексна потужність дорівнюватиме:

$$\dot{P} = \dot{I} \cdot \dot{U} = I \cdot e^{j\psi_i} U \cdot e^{-j\psi_u} = U \cdot I \cos\varphi - jU \cdot I \sin\varphi = P - jQ, \quad (7)$$

або, відповідно,

$$\dot{P} = \breve{U} \cdot \breve{I} + U \cdot e^{j\psi_u} I \cdot e^{-j\psi_i} = U \cdot I \cos\varphi - jU \cdot I \sin\varphi = P - jQ \quad (8)$$

Дійсна частина в обох випадках дорівнює активній потужності P.

Реактивна потужність Q дорівнює ÉË коефіцієнту у першому випадку при (−j), а в другому випадку − при (+j) в уявній частині комплексної потужності. Модуль комплексної потужності дорівнює повній потужності: $S = U \cdot I$

Для розрахунку активної, реактивної та повної потужностей та побудови відповідних векторних діаграм (ВД) доцільно використовувати комплексні значення синусоїдних величин, які містять в собі як модуль, так і аргумент.

Для розрахунку несиметричних режимів в лінійних 3-фазних колах може бути використаний метод симетричних складових, оскільки від дозволяє звести складну задачу за наявності не симетрії струмів та напруг до декількох більш простих задач розрахунку того ж кола за симетричних режимів [7]. В симетричній системі, е.р.с. в окремих фазах рівні за амплітудою, але відстають одна від одної на кути, що дорівнюють $q\frac{2\pi}{m}$, де m – кількість фаз в багатофазній системі, q – будь яке ціле число (рис.1).

Для 3-фазного кола (m = 3) за q = 1 отримуємо систему трьох рівних за амплітудою е.р.с., зміщених одна відносно одної на кут 2π/3

$$e_1 = E_m \sin(\omega t + \psi); e_2 = E_m \sin(\omega t + \psi - \frac{2\pi}{3}); e_3 = E_m \sin(\omega t + \psi - \frac{4\pi}{3}) \quad (9)$$

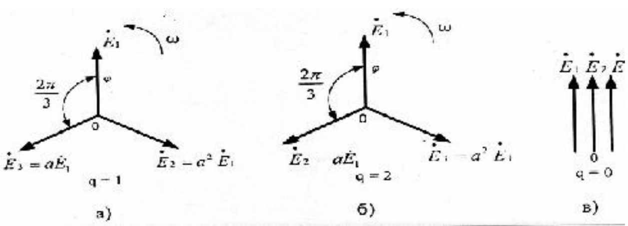

Рисунок 1. Векторні діаграми трифазної симетричної системи е.р.с.:
а) пряма послідовність; б) зворотна послідовність; в) нульова послідовність.

Звідки діючі значення е.р.с. в комплексній формі можна представити у вигляді:

$$\dot{E}_1 = E_1 e^{j\psi}; \quad \dot{E}_2 = E_1 e^{-j\frac{2}{3\pi}}; \quad \dot{E}_3 = E_1 e^{-j\frac{4\pi}{\pi}}. \quad (10)$$

Позначивши $e^{j\frac{2\pi}{3}}$ через a, отримаємо:

$$a = e^{j\frac{2\pi}{3}} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}; \quad a^2 = e^{j\frac{4\pi}{3}} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2};$$

$$a^3 = a^{j2\pi} = 1; \quad a^4 = a; \quad 1 + a + a^2 = 0 \quad (11)$$

Відповідно, симетричну 3-фазну систему е.р.с. можна записати у вигляді:

$$\dot{E}_1; \quad \dot{E}_2 = a^2 \cdot \dot{E}_1; \quad \dot{E}_3 = a \cdot \dot{E}_1 \quad (12)$$

З рис. 1а видно, що е.р.с. за фазами проходять через максимум в порядку за номерами фаз (1, 2, 3). Така система е симетричною системою прямої послідовності. Прийнявши q = 2, отримаємо симетричну систему зворотної послідовності (рис.1,б). в який е.р.с. проходить через максимум у зворотному порядку номерів фаз (1, 3, 2), що можна представити у вигляді:

$$\dot{E}_1; \quad \dot{E}_2 = a \cdot \dot{E}_1; \quad \dot{E}_3 = a^2 \cdot \dot{E}_1 \quad (13)$$

Прийнявши q = 0, отримаємо симетричну систему нульової послідовності (рис. 2,в), у якій усі е.р.с. проходять через максимум одночасно, тому її можна записати у вигляді:

$$\dot{E}_1 = \dot{E}_2 = \dot{E}_3. \quad (14)$$

Що до симетричної системи з прямою чи зворотною послідовністю сума е.р.с. у всіх фазах дорівнює нулю:

$$\sum_{k=1}^{m} \dot{E}_к = 0. \quad (15)$$

Несиметричні – це багатофазні системи, що не відповідають вищезазначеним умовам симетрії. Будь-яку несиметричну 3-фазну систему е.р.с., напруг або струмів можна записати у вигляді суми трьох симетричних 3-фазних систем: нульової, прямої та зворотної послідовностей, які е симетричними складовими даної несиметричної 3-фазної системи. Така несиметрична 3-фазна система е.р.с. $\dot{E}_A, \dot{E}_B, \dot{E}_C,$ представлено на рис.2 де фази позначено літерами A, B, C, а цифрові індекси 0, 1, 2 позначають симетричні складові. Представимо е.р.с. $\dot{E}_A, \dot{E}_B, \dot{E}_C$ в кожній фазі у вигляді суми трьох складових та введемо умову, що перші з них утворили в трьох фазах симетричну нульової послідовності ($\dot{E}_0, \dot{E}_0, \dot{E}_0$), другі – симетричну систему прямої послідовності ($\dot{E}_1, a^2\dot{E}_0, a\dot{E}_0$), а треті – симетричну систему зворотної послідовності ($\dot{E}_2, a^2\dot{E}_0, a\dot{E}_0$). В результаті отримаємо систему рівнянь:

$$\dot{E}_A = \dot{E}_0, +\dot{E}_1 + \dot{E}_2; \ \dot{E}_B = \dot{E}_0, +a^2\dot{E}_1 + a\dot{E}_2;$$
$$\dot{E}_C = \dot{E}_0, +a\dot{E}_1 + a^2\dot{E}_2. \qquad (16)$$

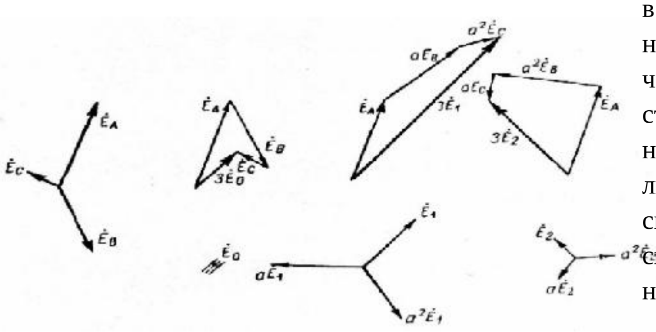

Рис.2. Метод графічної побудови векторів Ē0, Ē1, Ē2 симетричних складових за заданими векторами ĒA, ĒB, ĒC несиметричної системи.

Відповідно (11) через «а» позначимо комплексний множник $a = e^{-j\frac{2}{3®}} = \frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$, множення на який комплексного числа відповідає збільшенню аргументу цього числа на величину 2π/3, тобто збільшенню початкової фази відповідної синусоїдальної величини на кут 2π/3.

Оскільки термін «симетричні складові» стосується не тільки симетричних систем $\dot{E}_0, \dot{E}_0, \dot{E}_0, \dot{E}_1, a^2\dot{E}_1, a\dot{E}_1$ та $\dot{E}_2, a\dot{E}_2, a^2\dot{E}_2$, але й основних комплексів $\dot{E}_0, \dot{E}_1, \dot{E}_2$ даних систем, на які розкладається е.р.с. $\dot{E}_A$ в фазі А, то відповідно отримаємо систему рівнянь:

$$\dot{E}_0 = \frac{1}{3}\left(\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C\right), \dot{E}_1 = \frac{1}{3}\left(\dot{E}_A + a\dot{E}_B + a^2\dot{E}_C\right),$$
$$\dot{E}_2 = \frac{1}{3}\left(\dot{E}_A + a^2\dot{E}_B + a\dot{E}_C\right) \qquad (17)$$

Формули (16), використаємо для знаходження симетричних складових $\dot{E}_0, \dot{E}_1, \dot{E}_2$ за відомими е.р.с. $\dot{E}_A, \dot{E}_B, \dot{E}_C$ несиметричної системи.

Формули (17) дають змогу знайти несиметричну систему е.р.с. $\dot{E}_A, \dot{E}_B, \dot{E}_C$, якщо відомі її симетричні складові $\dot{E}_0, \dot{E}_1, \dot{E}_2$.

На рис. 2 представлено метод графічної побудови векторів $\dot{E}_0, \dot{E}_1, \dot{E}_2$ симетричних складових за заданими векторами $\bar{E}_A, \bar{E}_B, \bar{E}_C$ несиметричної системи.

Аналогічний підхід можна використати і стосовно несиметричних систем напруг та струмів. Із ВД на рис.2 видно, якщо сума синусних величин усіх трьох фаз дорівнює нулю, то нульова складова в цьому випадку буде відсутня і тому система лінійних напруг не містить нульової складової. Аналогічно не містить нульової складової система лінійних струмів за відсутності нейтрального проводу. За наявності нейтрального проводу по ньому протікає лише потроєна нульова складова несиметричної системи лінійних струмів. В 3-фазній симетричній системі е.р.с. фазні напруги джерела енергії дорівнюють, відповідно:

$$\acute{U}_{AN} = \acute{U}_{ф} e^{j0}; \quad \acute{U}_{BN} = \acute{U}_{ф} e^{-j120}; \quad \acute{U}_{CN} = \acute{U}_{ф} e^{+j120}. \qquad (18)$$

При цьому значення міжфазних (лінійних) напруг становить:

$$\acute{U}_{AN} = \sqrt{3}\acute{U}_{ф} e^{+j30}; \ \acute{U}_{BN} = \sqrt{3}\acute{U}_{ф} e^{-j90}; \ \acute{U}_{CA} = \sqrt{3}\acute{U}_{ф} e^{+j150}; \qquad (19)$$

Тому, у разі несиметричного режиму навантаження, в загальному вигляді КК можна визначити наступним виразом:

$$K_{кор} = \frac{P_{дійсн}}{P_{МВ}} = \frac{U_A \cdot I_A \cdot \cos\varphi_A + U_B \cdot I_B \cdot \cos\varphi_B + U_C \cdot I_C \cdot \cos\varphi_C}{U_A \cdot I_A \cdot \cos\varphi_A + U_B \cdot I_B \cdot \cos\varphi_B + U_C \cdot I_C \cdot \cos\varphi_C} =$$
$$= \frac{\dot{P}_{A0} + \dot{P}_{A1} + \dot{P}_{A2} + \dot{P}_{B0} + \dot{P}_{B1} + \dot{P}_{B2} + \dot{P}_{C0} + \dot{P}_{C1} + \dot{P}_{C2}}{\dot{P}_{A0} + \dot{P}_{A1} + \dot{P}_{A2} + \dot{P}_{B0} + \dot{P}_{B1} + \dot{P}_{B2} + \dot{P}_{C0} + \dot{P}_{C1} + \dot{P}_{C2}}, \qquad (20)$$

де $\dot{P}_{A0}, \dot{P}_{A1}, \dot{P}_{A2}$ – значення активної потужності нульової, прямої та зворотної послідовності відповідно за фазою «А»;

$\dot{P}_{B0}, \dot{P}_{B1}, \dot{P}_{B2}$ – значення активної потужності нульової, прямої та зворотної послідовності відповідно за фазою «В»;

$\dot{P}_{C0}, \dot{P}_{C1}, \dot{P}_{C2}$ – значення активної потужності нульової, прямої та зворотної послідовності відповідно за фазою «С»;

Розраховані згідно запропонованої методики значення коригуючих коефіцієнтів за несиметричного навантаження дозволяють визначити дійсний обсяг спожитої електроенергії у разі функціональної відмови вимірювальних комплексів для різних типів систем обліку електроенергії.

Висновки

За результатами проведених досліджень видно, що у разі несиметричного навантаження у трифазних високовольтних електричних мережах отримані для розглянутих типів СОЕ (3-елементні ЛЕ) співвідношення дають змогу розрахувати значення коригуючих коефіцієнтів і визначити тим самим, дійсний обсяг спожитої ЕЕ для різних видів функціональних відмов ВК. Розглянута методика визначення КК може бути розповсюджена як на інші типи СОЕ, так і інші види пошкоджень елементів ВК даної СОЕ.

Література

1. Правила улаштування електроустановок – 2-ге вид., переробл. і доповн. – Х.: ІНДУСТРІЯ, 2014. – 800с.

2. Інструкція про порядок комерческого обліку електроенергії. К. МІНПАЛИВЕНЕРГІЯ.,1998.-34 с.

3. Момот В.В., Рой В.Ф. Визначення дійсного значення спожитої активної електроенергії у разі порушення системи обліку в мережах напругою понад 1000 В// Міжнародний науково-технічний журнал «Світлотехніка та електроенергетика». – Харків, 2008. – №3(15). – С.57–61.

4. Момот В.В. Удосконалення порядку визначення обсягу електроенергії у разі порушення розрахункового обліку не з вини споживача// Коммунальное хозяйство городов: научно-технический сборник. – Киев: Техніка, 2009. –№86. – С.251–260. Момот.В.В., Рой.В.Ф.

5. Підвищення точності обліку електроенергії в трифазних високовольтних електричних мережахВ.Ф.//Міжнародний науково-технічний журнал «Світлотехніка та електроенергетика». – Харків, 2016. – №3(17). – С.68–72.

6. В.В. Момот. Щодо класифікації систем обліку електроенергії // Міжнародний науково-технічний журнал «Світлотехніка та електроенергетика». – Харків, 2016. – №3(17). – С.57–61.

7. Гольдберг Г. Определение правильности схем включения счетчиков в электроустановках напряжением выше 1000 В и действительного расхода электроэнергии по счетчикам с неправильными схемами включения /Гольдберг. – Харьков: Энергосбыт.- «Харьковэнерго», 1998. – 20 с.

References

1. Pravyla ulashtuvannia elektroustanovok – 2-he vyd., pererobl. i dopovn. – Kh.: INDUSTRIIa, 2014. – 800 s.

2. Instruktsiia pro poriadok komercheskoho obliku elektroe-nerhii. K. MINPALYVENERHIIa., 1998.-34 s.

3. Momot V.V., Roi V.F. Vyznachennia diisnoho znachennia spozhytoi aktyvnoi elektroenerhii u razi porushennia sy-stemy obliku v merezhakh napruhoiu ponad 1000 V// Mizhnarodnyi naukovo-tekhnichnyi zhurnal «Svitlotekhnika ta elektroenerhetyka». – Kharkiv, 2008. – №3(15). – S.57–61.

4. Momot V.V. Udoskonalennia poriadku vyznachennia obsiahu elektroenerhii u razi porushennia rozrakhunkovoho obliku ne z vyny spozhyvacha// Kommunalnoe khoziaistvo horodov: nauch-no-tekhnycheskyi sbornyk. – Kyev: Tekhnika, 2009. –№86. – S.251–260. Momot.V.V., Roi.V.F.

5. Pidvyshchennia tochnosti obliku elektroenerhii v tryfaz-nykh vysokovoltnykh elektrychnykh mere-zhakhV.F.//Mizhnarodnyi naukovo-tekhnichnyi zhurnal «Svitlotekhnika ta elektroenerhetyka». – Kharkiv, 2016. – №3(17). – S.68–72.

6. V.V. Momot. Shchodo klasyfikatsii system obliku elektro-enerhii//Mizhnarodnyi naukovo-tekhnichnyi zhurnal «Svit-lotekhnika ta elektroenerhetyka». – Kharkiv, 2016. – №3(17). – S.57–61.

7. Holdberh H. Opredelenye pravylnosty skhem vkliuchenyia schetchykov v эlektroustanovkakh napriazhenyem vыshe 1000 V y deistvytelnoho raskhoda эlektroэnerhyy po schetchykam s nepravylnymi skhemamy vkliuchenyia /Holdberh. – Kharkov: Эnerhosbit.- «Kharkovэnerho», 1998. – 20 s.

Автор: ВОЛКОВА Оксана Юріївна

кандидат технічних наук, доцент кафедри електропостачання міст Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

E-mail – kasya_polish@mail.ru

Автор: МОМОТ Віталій Вікторович

інженер ПАТ «Полтаваобленерго», пошукач професор кафедри електропостачання та електроспоживання міст, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Україна

E-mail - inre03@pl/tntrgy.gov.ua.

Автор: РОЙ Віктор Федорович

доктор фіз.-матем. наук, професор кафедри електропостачання та електроспоживання міст, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Україна

E-mail – victor.roy@gmail.com

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЯМ ПРИ НЕСИММЕТРИЧНОЙ СИСТЕМЫ ТОКОВ НАГРУЗКИ

О.Ю. Волкова, В.В. Момот, В.Ф. Рой

Определение действительного значения объема потребленной электроэнергии в случае возникновения функциональной отказа элементов измерительного комплекса, может быть осуществлено путем компенсации погрешности измерения за период функциональной отказа измерительного комплекса соответствующими корректирующие коэффициенты. Предложенная математическая модель определения корректирующих коэффициентов, необходимых для компенсации погрешности измерения, позволяет определить их значение для различных типов и средств измерения электроэнергии и различных вариантов их функциональных отказов в системах электроснабжения.

Ключевые слова: *электроэнергия, система электроснабжения, способы измерения, система учета электроэнергии*

SCOPING OF THE ELECTRIC POWER IN THREE-PHASE HIGH-VOLTAGE POWER SUPPLY NETWORKS ON THE ASYMMETRICAL LOAD CURRENTS

O. Volkova, V. Momot, V. Roy

Definition of the real value of the consumed electric power in case of the functional refusal of elements of a measuring complex, can be executed by compensation of a bias during the functional refusal of a measuring complex by the corresponding corrective coefficients. In work it is carried out аналіз schemes of the accounting of the electric power and classification of systems of the accounting of the electric power taking into account the nature of the asymmetrical loading is developed, process of measurement of the fissile and jet component of the electric power is investigated, the mathematical modelyopredeleniya of corrective coefficients for compensation of a bias of the electric power is improved. Methods of graphic creation of vectors are used. The analysis of results was carried out with application of a method of the automated information processing ("MATLAB", "Exel", "MathCad"). The model given in work allows to calculate corrective coefficients for compensation of the relative accuracy of measurement of the electric power in electrical networks of a prinalichiya of currents of the direct and inverse sequence in case of the asymmetrical three-phase systems. Raschitanny corrective coefficients allow to determine the real volume of the consumed electric power in case of the functional refusal of measuring complexes for various types of systems of the accounting of the electric power.

Keywords: *electric power, system of power supply, ways of measurement, system of the accounting of the electric power*