

НЕБАЛАНС ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ДВОХЕЛЕМЕНТНІЙ СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАННЯ: ЛІНІЯ-СИЛОВИЙ ТРАНСФОРМАТОР

Гончар М. І.¹, Котляр О. А.¹, Шаповалов К. Є.²

¹Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка,

²Акціонерна компанія "Харківобленерго"

Отримано математичне співвідношення коефіцієнтів обліку електричної енергії послідовно встановлених лічильників.

Постановка проблеми. Облік електроенергії в системі електропередавання встановлюється в відповідних місцях, обумовлених ПУЕ [1]. Облік призначений для фіксації обсягу виробленої, переданої і спожитої електроенергії. Обсяги фіксуються лічильниками електроенергії різних типів. Маючи інформацію про обсяги електроенергії система електромереж отримує інформацію для розрахунку балансу електроенергії. Баланс електроенергії пов'язаний з оплатою за передану або спожиту електроенергію зафіксовану електрولیчильником. В загальний обсяг можуть бути включені складові балансу: технічні втрати і технологічні витрати електроенергії. Передавання електроенергії пов'язано з технічними втратами обумовленими перетворенням її в другі види енергії: теплову, електромагнітну, та іншу. Найбільш вагомою складовою за величиною є втрати електроенергії на перетворення в теплову, яка розраховується з використанням закону Джоуля-Ленца. Такі втрати називаються технічними розрахунковими втратами електроенергії (ТРВЕ) [2]. Методи розрахунку ТРВЕ, по своїй природі, допускають значні відхилення від реальних. Інформацією для розрахунку ТРВЕ є параметри лінії електропередавання, силового трансформатора, та змінні по часу активне і реактивне навантаження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Похибка в обсягах витрат складових електробалансу, відповідним чином впливає на економічну оцінку діяльності всієї електричної галузі в якій є процеси закупівлі первинного палива (газу, нафти, вугілля), робота теплових електростанцій, транспортування електроенергії до споживачів, які оплачують за відповідними тарифами обсяги спожитої електроенергії. Неточність в обсягах складових електробалансу, при розрахунках, веде до незбігу грошових балансів відповідних відділів і структур управління енергосистеми. Основна увага в нормативних на наукових працях [1] приділялась появі вторинних електричних кіл обліку, а первинні залишались по заувагою.

Мета статті. Аналіз складових небалансу в системі обліку електроенергії первинних кіл.

Основні матеріали дослідження. Проаналізуємо процес обліку електроенергії між двома встановленими послідовно на зазначеній відстані лічильниками.

На рис.1 наведені криві, функціональної залежності ($W=f(t)$) [4], характеризуючі процес фіксації електроенергії лічильниками PI_1 і PI_2 .

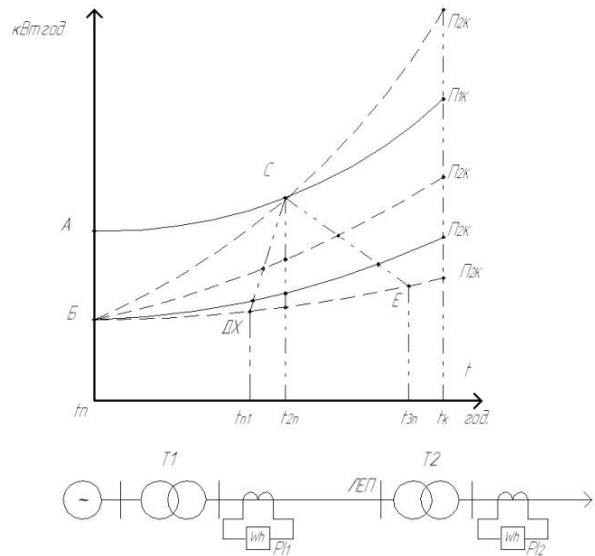


Рисунок 1 – Криві, що характеризують небаланс показання лічильників PI_1 і PI_2 та пояснююча схема електропередавання двохелементної системи: лінія – силовий трансформатор;

де $PI_{1н}, PI_{2н}$ – приведені до первинного кола за допомогою коефіцієнтів обліку початкові показання лічильників PI_1 і PI_2 ; $PI_{1к}$ – приведені до первинного кола кінцеві показання лічильника PI_1 ; $PI_{2к}, PI'_{2к}, PI''_{2к}, PI'''_{2к}$ - можливі кінцеві показання лічильника PI_2 .

При наявності автоматичної системи контролю обліку електроенергії (АСКОЕ) зняття показання лічильників може бути одночасним. За відсутності АСКОЕ зняття показників відбувається в різні за часом години $t_{1п}, t_{2п}, t_{3п}$, що приводить до появи небалансу, див. рис. 1 трикутник СДЕ. Суцільні криві $PI_{1н}-PI_{1к}$ та $PI_{2н}-PI_{2к}$ - рис.1, характеризують ідеальну закономірність передачі електричної енергії, при відсутності небалансу в системі обліку (СО). Відрізок АБ менший від відрізка $PI_{1к}, PI_{2к}$ на величину технічних втрат електроенергії. Як показав аналіз [4, 5] в реальних умовах спостерігається випадки, коли лічильник PI_2 фіксує більший обсяг передачі електроенергії, або навпаки менший, - штрихові криві $PI_{2н} - PI'''_{2к}, PI_{2н} - PI''_{2к}, PI_{2н} - PI'_{2к}$.

Небаланс за показанням лічильників трансформаторного включення визначається:

$$\pm \delta W_{no} = (\Pi_{1k} - \Pi_{1n})K_{01} - (\Pi_{2k} - \Pi_{2n})K_{02} = \Pi_{1k} - \Pi_{1n} + \Pi_{2n} - \Pi_{2k} \quad (1)$$

де K_{01}, K_{02} , - коефіцієнт обліку лічильників PI_1 і PI_2 .

Система АСКОЕ не розкриває невизначеність величини технічних втрат складовою частиною загального небалансу. Небаланс обліку електричної енергії, зафіксований в t -й час між двома послідовно встановленими лічильниками з їх трансформаторним включенням в двохелементній системі – лінія електропередавання (ЛЕП) – силовий трансформатор (Т) рис. 2 а,б, з урахуванням [6] включає декілька складових і для схеми рис. 2 розраховується за формулою:

$$(\mp \delta W_{no})_t = (\mp \delta W_{no} \mp \delta W_{km} \mp \delta W_{kn} \mp \delta W_c - \delta W_n - \delta W_{mn} - \delta W_{ms} - \delta W_{bn})_t, \quad (2)$$

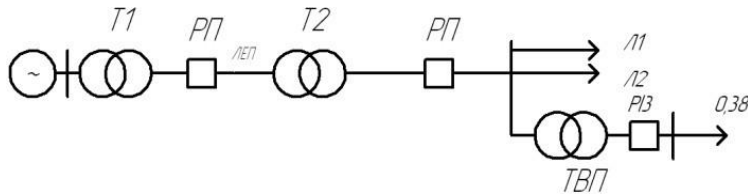


Рисунок 2 - Принципова схема місця установки лічильників обліку активної електричної енергії в двохелементній системі електропередавання:
- система, в якій технологічний обсяг споживання електроенергії впливає на загальний небаланс

Доцільно відмітити, що небаланс залежить від часу фіксації, і величини навантаження. Як показали дослідження [4, 5]. Небаланс негативний спостерігається в режимі мінімальних навантажень, а позитивний – в режимі максимальних. До такого висновку підходимо, виходячи із наступного аналізу складових (3,4).

Різниця в коефіцієнтах обліку, [6] яка вказує на небаланс електроенергії, викликаний нерівно зваженими величинами напруги і струму, визначається:

$$\Delta K_{ob} = K_{(01)} - K_{(02)} = \frac{U_1 \cdot I_1}{U_3 \cdot I_2} - \frac{U_2 \cdot I_2}{U_4 \cdot I_4} \quad (3)$$

де U_1, U_2 - первинні величини струму в місцях установки лічильників;

U_3, U_4, I_3, I_4 - вторинні величини напруги і струму;

$K_{(01)}, K_{(02)}$ – коефіцієнти обліку в місцях установки лічильників PI_1 і PI_2 .

Напруга в місцях установки лічильників, на початку і в кінці, може значно відрізнятись. Напруга в кінці відрізняється на величину втрати та добавки напруги за рахунок встановленого відгалуження силового трансформатора:

де δW_{no} – небаланс, який з'являється із-за неодноразності зняття показання лічильників;

$\delta W_{km}, \delta W_{kn}$ - небаланс спричинений неврівноваженими струмами і напруги та коефіцієнтами трансформації трансформаторів струму і напруги;

δW_c - небаланс спричинений похибками лічильників;

ΔW_n - технічні втрати електричної енергії в лінії електропередавання (ТРЕ);

ΔW_{mn} - постійна складова технічних втрат в силовім трансформаторі;

ΔW_{ms} - змінна складова технічних втрат електричної енергії в силовім трансформаторі;

ΔW_{bn} – технологічні втрати електроенергії на власні потреби, зафіксовані лічильником на шинах 0,38 кВ трансформатора власних потреб (ТВП);

t - час фіксації небалансу електроенергії.

На рис. 2 наведені схеми варіантів підключення ТВП в системі обліку електричної енергії двохелементної системи.

$$U_2 = U_1 - \Delta U_n - \Delta U_m + E_m \quad (4)$$

де ΔU_n - втрата напруги в лінії електропередавання;

ΔU_m - втрата напруги в силовому трансформаторі;

E_m - надбавка напруги за рахунок відгалуження, встановленого на трансформаторі.

Таким чином, формула (3) має вигляд:

$$\Delta K_{ob} = \frac{U_1 \cdot I_1}{U_3 \cdot I_2} - \frac{\sqrt{3}I(r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi)L}{U_4 \cdot I_4} - \frac{\sqrt{3}I(r_m \cos \varphi + x_m \sin \varphi) \pm E_m}{U_4 \cdot I_4} \quad (5)$$

де L – довжина лінії електропередавання, км.

На рис. 3б наведена пояснююча епюра зміни напруги в місцях установи системи обліку (СО) двохелементної системи.

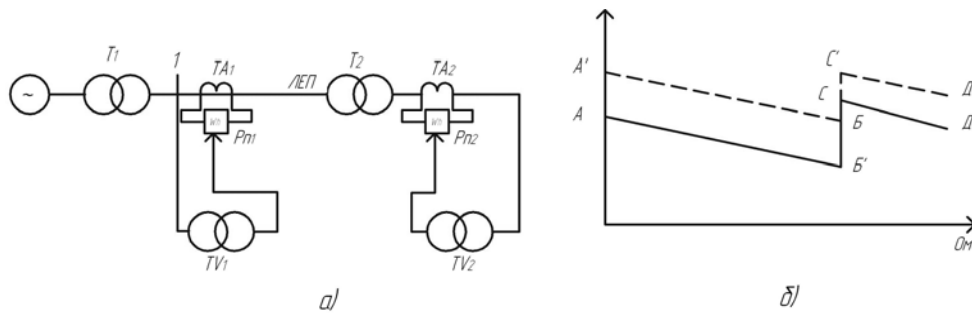


Рисунок 3 - Пояснююча а) схема та епюра б) рівня напруги в мережі з урахуванням втрат напруги та добавки напруги (BC, B'C') трансформатора за рахунок встановленого в трансформаторі Т2 відгалуження

де $T(1), T(2)$ - силові трансформатори; ЛЕП – лінія електропередавання, $TA(1), TA(2)$ – трансформатори струму, $TV(1), TV(2)$ – трансформатори напруги, A, A' - рівні напруги в місці установки лічильника PI_1 в режимах максимального і мінімального навантаження, B, B' - рівні напруги на ввіді трансформатора $T(2)$, C, C' - рівні напруги з ухваленням добавки напруги - E_m , D, D' - рівні напруг на шинах $T2$ в місці установки лічильника PI_2 в режимах максимального і мінімального навантаження.

Для аналізу впливу на величину небалансу різних факторів первинних і вторинних кіл, пов'язаних між собою в системі обліку доречним є провести дослідження залежності відношення коефіцієнтів обліку $K_{(01)}, K_{(02)}$ від вхідних параметрів:

$$m_{ko} = \frac{K_{(01)}}{K_{(02)}} = \frac{U_1 I_1}{U_2 I_2} \div \frac{U_1 I_1}{U_2 I_2} = \frac{U_1 U_4}{U_2 U_3} \cdot \frac{I_1}{I_2} \cdot \frac{I_4}{I_3} \quad (5)$$

Струми I_2, I_3, I_4 приведено до величини струму I_1 за допомогою коефіцієнтів трансформаторів струму:

$$I_2 = I_1 K_m, I_3 = \frac{I_1}{n_{1mc}}, I_4 = \frac{I_1}{n_{2mc}} = I_1 K_m \quad (6)$$

де K_m - коефіцієнт трансформації силового трансформатора T_2 ;

n_{1mc}, n_{2mc} - коефіцієнт трансформації трансформаторів струму $TA(1)$ і $TA(2)$.

Висновки. Отримано математичне співвідношення коефіцієнтів обліку електричної енергії послідовно встановлених лічильників для аналізу змінних первинних та вторинних величин напруг і струмів небалансу, спричиняємого в первинних колах системи обліку.

Список використаних джерел

1. Галузевий нормативний документ ГНД 34.09.104 – 2003. Методика складання структури балансу електроенергії в електричних мережах 0,38 – 150 кВ, аналізу його складових і нормування технологічних втрат електроенергії. – К.: ОЕП "ГРІФРЕ", 2004, - 115 с.
2. Правила улаштування електроустановок. – Х.: "Форт", 2010, - 736 с.
3. Черемісін М. М. Автоматизація обліку та управління електроспоживання / М. М. Черемісін, В. М. Зубко. – Х.: "Факт", 2005. - 192 с.

4. Гончар М. І. Математичне моделювання процесу споживання електричної енергії / М. І. Гончар, С. М. Зефіров, С. М. Дудніков // Вісник ХНТУСГ. Проблеми енергозбереження в АПК України. – 2007. - Вип. 57, т.2. – С. 16-24.

5. Гончар М. І. Визначення технічних втрат електроенергії і діючій мережі за допомогою лічильників обліку / М. І. Гончар, М. Л. Андрієнко, К. Є. Шаповалов // Вісник ХНТУСГ. Проблеми енергозбереження в АПК України. - 2006. - Вип. 43, т.2. – С. 9-16.

6. Гончар М. І. Фактори появи небалансу показу послідовно встановлених лічильників у електричних мережах / М. І. Гончар, О. В. Голуб, К. Є. Шаповалов // Вісник ХНТУСГ. Проблеми енергозбереження в АПК України. – 2008. - Вип. 56, т.2. – С. 22-44.

Аннотація

НЕБАЛАНС УЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ДВУХЭЛЕМЕНТНОЙ СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ: ЛИНИЯ - СИЛОВОЙ ТРАНСФОРМАТОР

Гончар М. И., Котляр А. А., Шаповалов К. Е.

Получено математическое соотношение коэффициентов учета электрической энергии последовательно установленных счетчиков.

Abstract

IMBALANCE OF POWER ACCOUNTING IN A TWO - ELEMENT TRANSMISSION SYSTEM: LINE - POWER TRANSFORMER

M. Gonchar, O. Kotlyar, K. Shapovalov

Mathematical correlation of coefficients of account of electric energy of the consistently set meters is got.