

ВИЗНАЧЕННЯ ДІЙСНОГО ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПРИ ПОМИЛКАХ У СХЕМАХ ВКЛЮЧЕННЯ ЛІЧИЛЬНИКІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Калюжний Д. М.

Харківська національна академія міського господарства

В статті запропоновано метод визначення дійсного електроспоживання при помилках у схемах включення контрольно-вимірвальних пристроїв, який враховує якість електричної енергії та може використовуватися в масштабі реального часу.

Постановка проблеми. Для вирішення деяких задач електроенергетики таких, як фінансові відносини між постачальником та споживачем електричної енергії (ЕЕ), складання балансів, прогнозування електроспоживання та інших завдань необхідно достовірно знати кількість ЕЕ відпущеної та спожитої в системі електропостачання. Для цього використовують данні лічильників ЕЕ.

Як показує практика, під час обліку ЕЕ досить часто зустрічаються випадки помилок у схемах включення лічильників ЕЕ. При цьому постає питання визначення дійсного електроспоживання в точці її контролю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Залежно від помилок у схемах включення лічильників [1] облік ЕЕ може проводитись або частково, за окремими елементами, або повністю помилково. Як у першому, так і другому випадку для визначення дійсного електроспоживання може бути використаний розрахунковий коефіцієнт K , помноження якого на помилкове значення врахованої кількості ЕЕ дає відповідь на поставлене питання [2, 3]. Недоліками цього підходу, який орієнтований на використання індукційних лічильників, є залежність коефіцієнта K від характеру навантаження ($\varphi_{\text{нав}}$), якості ЕЕ [4] та невизначеності при нульовому обліку, що не дозволяє його використовувати для більш точного визначення дійсного електроспоживання в реальному масштабі часу за допомогою сучасних вимірвальних пристроїв.

Аналіз функціональних можливостей цифрових лічильників ЕЕ показав, що визначення дійсного електроспоживання цими пристроями можливе тільки при простих помилках у схемах включення, що характеризуються відсутністю інформації про значення напруги чи струму, а також зворотному напрямку чергування фаз. При більш складних помилках у схемах включення дійсне електроспоживання залишається невизначеним.

Таким чином, з урахуванням важливості завдань, для рішення яких використовуються данні лічильників ЕЕ та недоліків існуючих методів і засобів визначення дійсного електроспоживання при помилках у схемах включення контрольно-вимірвальних пристроїв, проблема, що розглядається, є актуальною.

Мета статті - розробка методу визначення дійсного електроспоживання в реальному масштабі часу з урахуванням якості ЕЕ при помилках у схемах включення контрольно-вимірвальних пристроїв.

Основні матеріали дослідження. Як відомо, по-

тужність, яка контролюється в електричній мережі, визначається відповідними струмами та напругами [5]. При цьому помилковий облік ЕЕ можливий за рахунок неточностей у схемах включення лічильників як окремо, так і спільно по вимірвальним ланцюгам. Таким чином, для визначення дійсного електроспоживання в умовах помилкових схем включення контрольно-вимірвальних приладів необхідно точно знати реальні струми та напруги в електричній мережі. Це можливо вирішити шляхом ідентифікації схеми включення лічильника ЕЕ з подальшим використанням цієї інформації для визначення дійсних параметрів режиму роботи мережі (рис. 1). Виконуючи ці операції в режимі постійного моніторингу струмів та напруг за допомогою цифрових мікропроцесорних вимірвальних пристроїв [6], визначення дійсного електроспоживання можливе в реальному масштабі часу без фізичного корегування схеми включення лічильника ЕЕ.

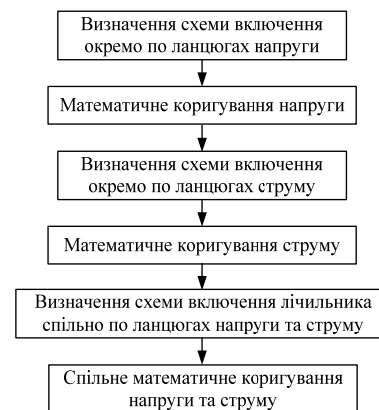


Рисунок 1 – Блок-схема методики визначення дійсного електроспоживання

Розглянемо більш детально методику визначення дійсного електроспоживання (рис. 1). Як зазначено в роботі [1], найвірогідніші можливі схеми включення лічильників ЕЕ складаються з обмеженої кількості геометрично різних комбінацій, що характеризуються унікальними векторними діаграмами струмів та напруг (табл. 1). З одного боку це дозволяє визначити схему включення (ВСВ) лічильника ЕЕ [7-9], а з іншого – математично відкоригувати помилково виміряні параметри режиму роботи мережі без фізичних змін у схемі включення лічильника [7-9] та визначити дійсне електроспоживання у точці контролю.

Таблиця 1 - Найвірогідніші геометрично різні схеми включення лічильників електроенергії

Тип лічильника ЕЕ	Кількість схем включення по ланцюгам		
	напруги	струму	спільно
Трьохелементний	40	20	6
Двоелементний	8	6	6

Слід зазначити, що однозначне рішення задачі ВСВ лічильників електроенергії та відповідно дійсного електроспоживання існує при обмеженнях, які визначаються якістю ЕЕ. Так для трьохелементного лічильника ЕЕ повинні виконуватися наступні умови [7, 8]:

$$\begin{cases} K_{2U}^* + K_{0U}^* < \sin \left[15 - \arcsin \left(K_{2U}^* \right) \right]; \\ K_{2I}^* + K_{0I}^* < \sin(15); \\ \delta U_{y-}^* > \frac{1 + \sqrt{3}}{2 \cdot \left(\sqrt{3} - \sqrt{3} K_{2U}^* \right)} - 1; \\ \delta U_{y+}^* < \frac{1 + \sqrt{3}}{2 \cdot \left(1 + K_{2U}^* + K_{0U}^* \right)} - 1, \end{cases} \quad (1)$$

де K_{2U}^* , K_{0U}^* - коефіцієнти несиметрії напруг по зворотній та нульовій послідовності у відносних одиницях;

K_{2I}^* , K_{0I}^* - аналогічні коефіцієнти несиметрії струмів;

δU_{y-}^* , δU_{y+}^* - стале відхилення напруги по нижній та верхній границям.

Для двоелементного лічильника ЕЕ при обліку в мережах з ізольованою чи компенсованою нейтраллю:

$$\begin{cases} K_{2U}^* < 1/4; \\ K_{2I}^* < \sin(30); \\ \delta U_{y-}^* > \frac{3}{4 \cdot \left(1 - K_{2U}^* \right)} - 1; \\ \delta U_{y+}^* < \frac{3\sqrt{3}}{4 \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot K_{2U}^* \right)} - 1. \end{cases} \quad (2)$$

При деяких помилкових схемах включення можлива похибка визначення реальних струмів, напруг та дійсного електроспоживання, яка також залежить від якості ЕЕ [10].

Зауважимо, що правильне рішення задачі визначення дійсного електроспоживання буде характеризуватися деякою вірогідністю [11] у зв'язку з необхідністю використання значення кута навантаження $\varphi_{нав}$, який переважно є випадковою величиною.

Адекватність методу визначення дійсного електроспоживання, що розглядається, підтверджена експериментальними дослідженнями, результати яких наведено в роботі [12].

Реалізація даного методу визначення дійсного електроспоживання виконана у вигляді програмного забезпечення "Лабораторія обліку електроенергії: Енергоінспектор" [13], яке можливо використовувати як незалежно, так і спільно з різними вимірювальними пристроями.

Розглянемо на наступному прикладі роботу методу визначення дійсного електроспоживання, що пропонується. На рис. 2 наведені векторні діаграми струмів та напруг трьохелементних лічильників електроенергії, який контролює електроспоживання на введенні промислового підприємства напругою 380 В.

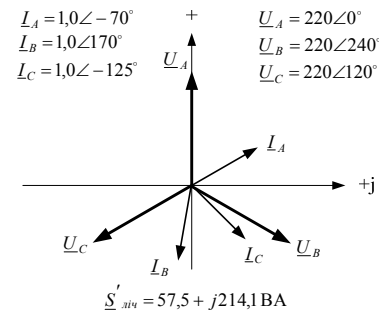


Рисунок 2 - Векторна діаграма струмів і напруг

1. Аналіз схеми включення даного лічильника ЕЕ окремо по ланцюгам струму показав, що струм по фазі С вимірюється в протифазі. Це відповідає зустрічному включенню відповідного вимірювального елемента. При проведенні математичного коригування струмів лічильника ЕЕ, відповідно до ідентифікованої схеми включення, їх реальні значення без прив'язки до напруги складатимуть: $I_A^p = 1,0\angle 0^\circ$ А;

$I_B^p = 1,0\angle 240^\circ$ А; $I_C^p = 1,0\angle 125^\circ$ А.

2. За ланцюгами напруги лічильник ЕЕ включено вірно: $U_A^p = 220\angle 0^\circ$ В; $U_B^p = 220\angle 240^\circ$ В; $U_C^p = 220\angle 120^\circ$ В.

3. При аналізі схеми включення даного лічильника ЕЕ спільно по ланцюгам струму і напруги за I_A^p , I_B^p , I_C^p , U_A^p , U_B^p , U_C^p та з урахуванням характеру навантаження ($\varphi_{нав} \approx -25^\circ$) визначено, що всі струми лічильника ЕЕ знаходяться у протифазі з одночасним їх зсувом на 120° відносно напруг. Математичне коригування параметрів режиму роботи мережі на даному етапі дає наступні значення реальних струмів з прив'язкою їх до напруги: $I_A^{pc} = 1,0\angle -10^\circ$ А;

$I_B^{pc} = 1,0\angle 235^\circ$ А; $I_C^{pc} = 1,0\angle 110^\circ$ А. При цьому дій-

сне значення електроспоживання складатиме $S'_д = 652,5 + j95,6$ ВА, а остаточна схема включення лічильника має наступний вигляд (рис. 3): струмові вимірювальні елементи лічильника ЕЕ по фазам А і В включено зустрічно з одночасним їх зсувом на 120° відносно ланцюгів напруги.

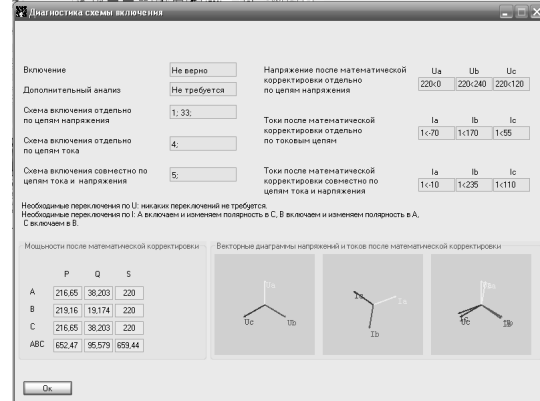
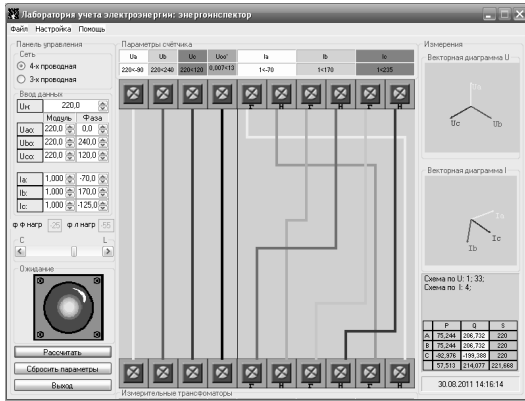


Рисунок 3 – Результаты анализа схемы включения трехэлементного лічильника ЕЕ

Висновки. Розроблено метод визначення дійсного електроспоживання у випадку помилок у схемах включення лічильників, який враховує якість ЕЕ та забезпечує вирішення цього завдання у реальному масштабі часу.

Список використаних джерел

1. Калюжный Д. Н. Анализ схем подключения счетчиков электрической энергии / Д. Н. Калюжный // Світлотехніка та електроенергетика. – 2007. – № 3-4. – С. 58 – 63.
2. Вострокнутов Н. Г. Электрические счетчики и их эксплуатация / Н. Г. Вострокнутов – М. :- Госэнергоиздат, 1959. – 280 с.
3. Момот В. В. Визначення дійсного значення спожитої активної електроенергії у разі порушення системи обліку в мережах напругою понад 1000 В / В. В. Момот, В. Ф. Рой // Світлотехніка та електроенергетика. – 2008. – № 3. – С. 57 – 61.
4. Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения : ГОСТ 13109 - 97 – [Действующий с 01.01.1999]. – К. : Госстандарт Украины, 1999. – 31 с. – (Национальный стандарт Украины).
5. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники / Л. А. Бессонов – М. : "Висш. школа", 1973. – 752 с.
6. Функциональные требования к измерителям показателей качества электрической энергии / Д. В. Бородин, О. Г. Гриб, А. И. Колбасин [и др.] // Наукові праці V міжнародної науково-технічної конференції "Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія-2006)" у 2-х томах. Т. I. – Харків: ННЦ "Інститут метрології", 2006. – С. 193 – 196.
7. Калюжный Д. Н. Методика и алгоритм определения схемы включения систем учета электроэнергии по токовым цепям / Д. Н. Калюжный // Наукові праці Донецького Національного технічного університету. Серія "Електротехніка і енергетика". - Донецьк: ДонНТУ. – 2009. – Випуск 9 (158). – С. 116–120.
8. Методика и алгоритм определения схем включения систем учета электроэнергии по цепям напряжения с учетом качества электроэнергии / В. И.

Васильченко, О. Г. Гриб, Д. Н. Калюжный [и др.] // Промислова електроенергетика та електротехніка. – Київ: ВАТ Інститут "Київпромелектропроект". – 2009. – № 5. – С. 57 – 62.

9. Калюжный Д. Н. Определение схем включения счётчиков совместно по цепям тока и напряжения с учётом качества электрической энергии / Д.Н. Калюжный // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2010. – №7(77). – С. 13 – 19.

10. Калюжный Д. Н. Оценка погрешности определения действительного электропотребления при ошибках включения счетчиков электрической энергии с учетом ее качества / Д. Н. Калюжный // Наукові праці Донецького Національного технічного університету. Серія "Електротехніка і енергетика". - Донецьк: ДонНТУ. – 2011. – Випуск 11 (186). – С. 170–173.

Аннотация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ОШИБКАХ В СХЕМАХ ВКЛЮЧЕНИЯ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Калюжный Д. Н.

В статье предложен метод определения действительного электропотребления при ошибках включения контрольно-измерительных устройств, который учитывает качество электрической энергии и может использоваться в масштабе реального времени.

Abstract

DETERMINATION OF REAL POWER CONSUMPTION IN CASE OF ERRORS IN SWITCHING OF ELECTRICITY METERS

D. Kalyuzhnyi

The method of determining real power consumption in case of errors when switching control and measuring devices has been proposed. The method takes into account power quality and can be used in real time.