

**ЗАСТОСУВАННЯ ЛІЧИЛЬНИКІВ НА НАПРУГУ 220 В ДЛЯ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ У ВИСОКОВОЛЬТНИХ МЕРЕЖАХ**

**Сотнік О. В., Лисиченко М. Л., Вітренко М. М.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*Показано, що використовуючи спеціальні схеми з'єднань однофазних вимірювальних трансформаторів та обмоток напруги лічильників, можливо застосування лічильників напругою 220 В в мережах високої напруги.*

**Постановка проблеми.** Контрольно-вимірювальні прилади і реле захисту на трансформаторних підстанціях вмикають через вимірювальні трансформатори струму і напруги. У трифазних установках необхідно заміряти напругу між фазами (лінійну) і напругу фаз по відношенню до землі. Лінійна напруга необхідна для живлення вимірювальних приладів і реле, а також для контролю стану ізоляції в установках з незаземленою нейтраллю. Для таких вимірів, крім трифазних вимірювальних трансформаторів напруги, застосовують два однофазні трансформатори напруги.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При використанні двох однофазних трансформаторів напруги їх вторинні обмотки з'єднують у відкритий трикутник [1]. Однофазні трансформатори напруги затискачами А вмикають до тих проводів мережі у які увімкнені трансформатори струму, а затискачі Х з'єднують між собою і загальним проводом із вільним проводом мережі. Така схема дає можливість заміряти всі три лінійні напруги. Вольтметри і обмотки напруги електричних лічильників у такій схемі вмикають на вторинні обмотки трансформаторів напруги, напруга яких 100 В.

**Мета статті.** Розширення меж вимірювання по нарузі лічильниками електричної енергії.

**Основні матеріали дослідження.** Якщо обмотки однофазних трансформаторів напруги з'єднати за схемою показаною на рис.1, то напруга між крайніми затискачами вторинних обмоток буде в  $\sqrt{3}$  рази більша за напругу вторинної обмотки трансформатора. Це видно зі схеми з'єднання однофазних трансформаторів, а також із їх векторних діаграм первинних обмоток (рис.2, а) і вторинних обмоток (рис.1, б). Напругу між крайніми затискачами трансформаторів напруги (рис.1) знайдемо з рівняння складеного за II законом Кірхгофа [2]:

$$\underline{U}_{a1x2} = \underline{U}_{a1x1} - \underline{U}_{a2x2} \quad (1)$$

Тобто, напруга дорівнює геометричній різниці вторинних напруг однофазних трансформаторів:

$$\underline{U}_{a1x2} = U_2 e^{j30^\circ} - U_2 e^{-j90^\circ} = U_2 (e^{j30^\circ} - e^{-j90^\circ}) = \sqrt{3} U_2 e^{j60^\circ} \quad (2)$$

При номінальному значенні вторинній напруги трансформаторів напруги 100 В напруга між крайніми затискачами вторинних обмоток буде дорівнювати 173 В. При такому з'єднанні обмоток однофазних трансформаторів напруги і паралельному з'єднанні обмоток напруги трифазного лічильника можна за-

стосувати для обліку електричної енергії лічильники, обмотки напруги яких розраховані на номінальну напругу 220 В [3].

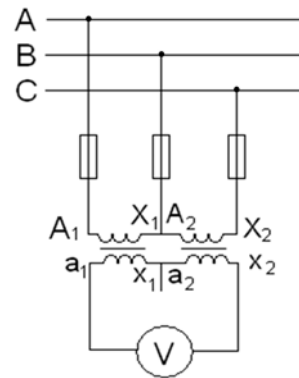


Рисунок 1 - Схема з'єднання обмоток однофазних трансформаторів напруги

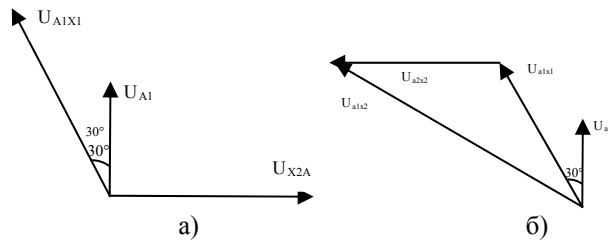


Рисунок 2 - Векторні діаграми однофазних трансформаторів напруги: а - первинних обмоток; б - вторинних обмоток

Схему роботи лічильника напругою 220 В, увімкненого через два трансформатори напруги (рис. 3) проаналізуємо за допомогою векторної діаграми (рис. 4):

$$\underline{U}_{a1x2} = \sqrt{3} U_2 e^{j60^\circ}; \underline{U}_{a1x1} = U_2 e^{j30^\circ}; \quad (3)$$

$$\underline{U}_{a2x2} = U_2 e^{j90^\circ}; \underline{I}_a = I_{a2} e^{-j\varphi_a}; \underline{I}_c = I_{c2} e^{j(120^\circ - \varphi_{\bar{a}})}; \quad (4)$$

$$I_{a2} = I_{c2} = I_2; \varphi_a = \varphi_{\bar{a}} = \varphi; \underline{I}_a = I_2 e^{-j\varphi}; \quad (5)$$

$$U_2 = U_{л} / K_{Т.л}; I_2 = I_{л} / K_{Т.с.}, \quad (6)$$

де  $\underline{U}_{a1x1} = U_2$  і  $\underline{U}_{a2x2} = U_2$  – напруги вторинних обмоток однофазних вимірювальних трансформаторів напруги;

$U_{a1x2}$  – напруга на затискачах вторинних обмоток однофазних вимірювальних трансформаторів, з'єднаних у відкритий трикутник;

$I_{a2}=I_2$  і  $I_{c2}=I_2$  струми, що проходять по струмових обмотках лічильника, тобто струми вторинних обмоток однофазних вимірювальних трансформаторів струму;

$\varphi_{\dot{a}}$ ,  $\varphi_{\dot{b}}$  – кути зсуву за фазою між струмами і лінійними напругами мережі;

$U_{\text{л}}$  – лінійна напруга мережі;

$K_{\text{т.н}}$  – номінальний коефіцієнт трансформації однофазних вимірювальних трансформаторів напруги;

$K_{\text{т.с}}$  – номінальний коефіцієнт трансформації трансформаторів струму.

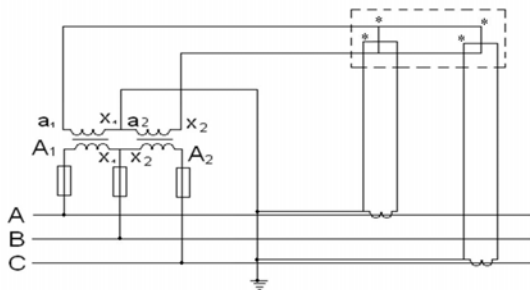


Рисунок 3 – Схема з'єднання трифазного лічильника та трансформаторів напруги

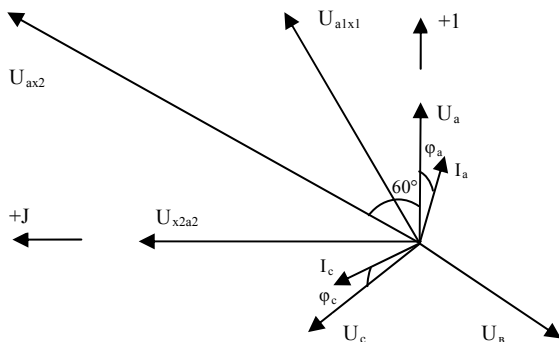


Рисунок 4 – Векторна діаграма лічильника

Обертвовий момент двоелементного лічильника пропорційний вихідній активній потужності, врахованій вимірювальними елементами. Активна потужність, пропорційна обертвовому моменту лічильника:

$$P = \sqrt{3} U_2 I_2 \cos(60^\circ + \varphi) + \sqrt{3} U_2 I_2 \cos(60^\circ - \varphi) = \sqrt{3} U_2 I_2 \cos \varphi \quad (7)$$

Відповідно активна енергія, врахована лічильником, визначається:

$$W_a = \sqrt{3} \int_{t_1}^{t_2} U_2 I_2 \cos \varphi dt, \quad (8)$$

де  $t_2-t_1$  – інтервал часу, протягом якого визначається енергія.

Дійсне значення спожитої активної енергії:

$$W = W_a K_{\text{м.н.}} K_{\text{м.с.}} \quad (9)$$

Тобто, для одержання дійсного значення спожитої активної електроенергії споживачем необхідно показ лічильника помножити на номінальний коефіцієнти трансформації трансформаторів струму і напруги. Напруга на паралельних обмотках лічильника буде на 21,2 % меншою за номінальну. При такому відхиленні напруги від номінального значення похибка лічильника не виходить за межі класу точності лічильника.

**Висновки.** Таким чином, застосувавши спеціальну схему з'єднання обмоток однофазних вимірювальних трансформаторів напруги і паралельних обмоток двоелементного лічильника, можна лічильники безпосереднього вмикання на 220 В використовувати у мережах високої напруги. При цьому, паралельні обмотки трифазного лічильника вмикаються на напругу розімкненого трикутника двох однофазних вимірювальних трансформаторів, обмотки яких з'єднані зуспротично.

#### Список використаних джерел

1. Кравцов А. В. Электрические измерения / А. В. Кравцов, Ю. В. Рыбинский. – М.: Колос, 1979. – 350 с.
2. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники / Л. А. Бессонов. – М.: Высшая школа, 1973. – 750 с.
3. Пат. України №37452. Спосіб обліку електричної енергії / Стрижак В. Д., Лугова О. В., Стрижак С. В.; Замовник та патентовласник Кременчуцький державний університет ім. М. Остроградського. - Опубл. 25.11.2008, Бюл. №22, 2008 р.

#### Аннотація

### ПРИМЕНЕНИЕ СЧЁТЧИКОВ НА НАПРЯЖЕНИЕ 220 В ДЛЯ УЧЁТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ СЕТЯХ

Сотник О. В., Лисиченко Н. Л., Витренко Н. М.

В данной статье показано, что применяя специальные схемы соединения однофазных измерительных трансформаторов и обмоток напряжения счётчиков, возможно применение счётчиков напряжением 220 В в сетях высокого напряжения.

#### Abstract

### USING COUNTER BY VOLTAGE 220 V FOR ACCOUNT OF THE ELECTRIC ENERGY IN HIGH-TENSION SET

O. Sotnik, N. Lysychenko, N. Vitrenko

This article contains the analysis of the problems the research of the aging process of structural units of synchronous machines (SM) for its description and further integration in the calculation of their reliability, as well as the formation of a common approach to incorporate the aging SM as a whole.