

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НЕСИМЕТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА РЕЖИМ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

**Черкашин В.П.**

*Науковий керівник – Охріменко В.М., канд. .техн. наук, доцент*

В системах електроспоживання міст і промислових підприємств широке розповсюдження мають чотирипровідні розподільні електричні мережі. Вони дозволяють забезпечити електропостачання як трифазних так і однофазних споживачів. Зазвичай система електропостачання забезпечує виконання вимог до якості електричної енергії, зокрема вимог до симетрії фазних напруг. Міждержавним стандартом ЕО2 ГОСТ 13109-97 встановлені нормально припустимі значення коефіцієнтів несиметрії напруги за зворотною  $K_{2U}$  і нульовою  $K_{0U}$  послідовностями 2%, та гранично припустимі значення – 4%.

Слід зауважити, що розвиток промислової і комунальної енергетики характеризується зростанням числа і потужності електроустановок з несиметричним навантаженням, що погіршує роботу інших електроприймачів. В силу зростаючої питомої ваги однофазного навантаження і його випадкового характеру, ці електроприймачі порушують симетрію трифазної системи, що призводить до додаткових втрат як в системі електропостачання, так і в системі електроспоживання. Одним з актуальних є завдання аналізу несиметричного режиму як на етапі проектування розподільних чотирипровідних мереж, так і у процесі їхньої експлуатації.

При нерівномірному навантаженні за фазами мережі симетрія напруг і струмів в окремих точках порушується. Припустимо, що до

трансформатора з симетричними напругами фаз,  $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$ , опори фаз якого малі, підключене несиметричне навантаження з опором  $|Z_1| \neq |Z_2| \neq |Z_3|$  у фазах і опором  $Z_0$  нульового проводу (рис. 1, а). Напряга між точками 0 і 0' визначається як падіння напруги на опорі  $Z_0$  за допомогою формули  $\dot{U}_0 = \dot{I}_0 Z_0$ , звідки  $\dot{I}_0 = \dot{U}_0 / Z_0 = \dot{U}_0 Y_0$ .

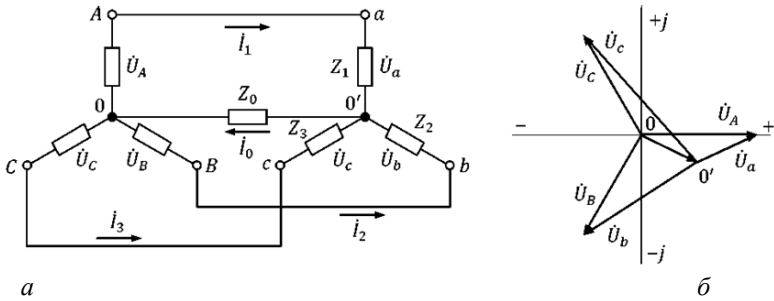


Рисунок 1 – Симетрування навантаження:

*a* – схема заміщення; *б* – векторна діаграма

Записавши опір через провідності фаз навантаження  $Y = 1/Z$ , отримаємо рівняння

$$\dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 - \dot{I}_0 = (\dot{U}_A - \dot{U}_0)Y_1 + (\dot{U}_B - \dot{U}_0)Y_2 + (\dot{U}_C - \dot{U}_0)Y_3 - \dot{U}_0Y_0 = 0,$$

з якого отримаємо вираз для напруги між нейтральними точками  $0$  і  $0'$  схеми заміщення

$$\dot{U}_0 = \frac{\dot{U}_1Y_1 + \dot{U}_2Y_2 + \dot{U}_3Y_3}{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_0} = \frac{\sum_{i=1}^3 \dot{U}_iY_i}{\sum_{i=1}^3 Y_i + Y_0}.$$

Якщо нульовий провід відсутній, тобто  $Y_0 = 1/Z_0 = 1/\infty = 0$ , напругу між нейтральними точками можна визначити за формулою

$$\dot{U}_0 = \frac{\sum_{i=1}^3 \dot{U}_iY_i}{\sum_{i=1}^3 Y_i}.$$

Як видно з векторної діаграми (рис. 1, *б*), включення несиметричного навантаження призводить до несиметрії фазних напруг на навантаженні.

Вплив несиметрії фазних напруг розглянемо на прикладі асинхронного двигуна (надалі АД). Відомо що несиметричний режим може бути проаналізовано за допомогою метода симетричних складових. Зворотна складова наводить у роторі е.р.с. подвійної частоти. Якщо врахувати що індуктивність зворотної послідовності АД в 5–7 разів менше індуктивності прямої послідовності, то незначна несиметрія напруги може призвести до значного зростання несиметрії струму. Зростання струму призводить до додаткового нагрівання обмоток. Дослідженнями встановлено, що при роботі з номінальним навантажен-

ням та при  $K_{2U} = 4\%$  термін служби ізоляції тільки з причини додаткового нагрівання зменшується приблизно у 2 рази.

Погіршується також робота трифазних вентильних мостів (випрямлячів). З огляду на відмінності величини фазних напруг значно зростає пульсація випрямленої напруги. Окрім того, несиметрія чинить негативний вплив на систему імпульсно-фазового управління тиристорними перетворювачами.

При несиметрії напруг нерівномірно завантажуються за фазами конденсаторні батареї, внаслідок чого неможливо їх повноцінне використання. При цьому батареї збільшують несиметрію навантаження, видаючи більшу реактивну потужність в тих фазах, де вище напруга, тобто менше навантаження. Освітлення працює в ненормальних умовах, так як частина ламп функціонує зі зниженим світловим потоком, а інша частина – швидко виходить з ладу, тому що перші включені на фази зі зниженою, а другі – з підвищеною напругою.

Висновки. Несиметричні навантаження чотирипровідних електричних мереж потребують на стадії проектування проведення розрахунків несиметрії напруг і їхнього впливу на роботу електроприймачів. При експлуатації мереж з несиметричним навантаженням потрібно проводити регулярні виміри фазних напруг і, у разі потреби, застосовувати пристрої симетрування.

## **ЕЛЕКТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ВОДИ**

*Кіндінова А.К., Перхун О.Л.*

*Науковий керівник – Дьяков Є.Д., канд. техн. наук, доцент*

**Постановка завдання, аналіз останніх досягнень.** Одним із зовнішніх чинників, який робить вплив на роботу електрообладнання, є вологість повітря. При температурі 20°C і нормальному атмосферному тиску 0,1 МПа в 1 м<sup>3</sup> повітря знаходиться до 17г водяної пари. Будучи сильно полярною речовиною з низким питомим опором, проникаючи в пори ізоляції, вода істотно змінює їх електричні властивості. Цей вплив посилюється при підвищенні температури електрообладнання.

У технічній літературі застосовується різні параметри, за допомогою яких можна оцінити вологість ізоляції того або іншого електроустаткування. Проте, в нормативних документах відсутні рекомендації по застосуванню конкретних параметрів, за допомогою якого слід визначати вологість ізоляції і в яких допустимих межах вона повинна знаходитись.