

СИМЕТРУВАННЯ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Забезпечення високої якості електричної енергії є критично важливим для ефективної роботи електрообладнання, а також для запобігання різних коротких замикань. Серед показників якості важливий рівень посідає несиметрія напруг в електричних мережах.. Несиметрія напруг негативно впливає на роботу споживачів асинхронних двигунів освітлення конденсаторні установки тощо. До Симетрування напруг в мережі зводиться до компенсації струму і напруги зворотної послідовності. При стабільному графіку навантажень зниження систематичної несиметрії напруг в мережі може бути досягнуте вирівнюванням навантажень фаз шляхом перемикавання частини навантаження з перевантаженої фази на недовантажену. Раціональний перерозподіл навантажень не завжди дозволяє знизити коефіцієнт несиметрії напруг до допустимого значення (наприклад, коли частина потужних однофазних електроспоживачів працює за умовами технології не весь час, а також при профілактичних і капітальних ремонтах). У цих випадках необхідно застосовувати спеціальні симетрувальні пристрої. Відоме значне число схем симетрування пристроїв, частина з них виконується керованими залежно від характеру графіка навантаження.

Ключові слова: симетрування, контроль, аналіз, діагностика.

Abstract

Ensuring high quality electrical energy is critical for the efficient operation of electrical equipment, as well as for preventing various short circuits. Among the quality indicators, voltage asymmetry in electrical networks occupies an important level. Voltage asymmetry negatively affects the operation of consumers of asynchronous motors, lighting, capacitor units, etc. Balancing voltages in the network is reduced to compensation of the negative sequence current and voltage. With a stable load schedule, reducing the systematic asymmetry of voltages in the network can be achieved by equalizing the phase loads by switching part of the load from the unbiased phase to the underbiased one. Rational load redistribution does not always allow reducing the voltage asymmetry coefficient to an acceptable value (for example, when some of the powerful single-phase electrical consumers operate under the conditions of the technology not all the time, as well as during preventive and major repairs). In these cases, it is necessary to use special balancing devices. A significant number of device balancing schemes are known, some of which are implemented by controllers depending on the nature of the load graph.

Keywords: balancing, control, analysis, diagnostics

Вступ

Забезпечення якості електричної енергії – одне з найголовніших завдань енергетики України. Вимогам якості електричної енергії відповідно до стандарту фазна напруга має перебувати в діапазоні 209-231В у відхиленні до 5% та в частоті 49.8-50.2 Гц а коефіцієнт несинусоїдальності не повинен перевищувати 5%. Частота може відхилятися на 5 Гц від номінального значення.

Зменшення середньоквадратичної величини напруги в точці електричної системи електропостачання нижче ніж визначений стартовий поріг. Застосування: у межах цього стандарту стартовим порогом провалу вважають 90 % від величини опорної напруги.

Проблеми вироблення, зберігання та забезпечення якості електроенергії дуже актуальні і на сьогоднішній день. Параметри встановлені нормованими значеннями такі як: відхилення частоти, коефіцієнт кривої напруги, коефіцієнти прямої і послідовності напруг. Всі ці параметри мають вплив саме на якість і стабільність і можуть спричинити порушення енергосистеми країни і можуть призвести до аварійних ситуацій. Сучасний розвиток локальних мереж в енергосистемі значно збільшується

Буває багато методів регулювання напруг які давно рекомендовані що вони є надійними, але вони не вирішують проблеми які виникають у електричних мережах тому саме оптимізація забезпечує якість електричної енергії і розвиток. Зазвичай під час розроблення електроприладів не потрібно забезпечувати необхідність витримувати ширший допуск для змінень напруги. Визначення «особливо віддаленого користувача мережею» може розрізнятися від країни до країни, унаслідок неоднакових характеристик національних електричних мереж, наприклад,

обмеження потужності в точці приєднання та/чи коефіцієнта потужності. Тому одиничне швидке змінення напруги швидко в електропостачанні і спричиняє змінами величини навантаги в устаткованні користувачів електромережею, перемиканням у системі чи аваріями.

Результати дослідження

Якщо проводити збирання статистичних даних, можна сказати що якість електричної енергії можна віднести до властивостей електричної енергії які відповідають встановленим стандартам. Згідно стандартів використовується напруга для трифазних чотирипровідних та трипровідних мережах 220 В. і не повинна перевищувати 10% від величини номінальної напруги. Для симетрування однофазних навантажень застосовується схема, що складається з індуктивності і ємності (див. рис. 1). Навантаження і увімкнена паралельно їй ємність вмикаються на лінійну напругу. На дві інших лінійних напруги вмикаються індуктивність і ще одна ємність.

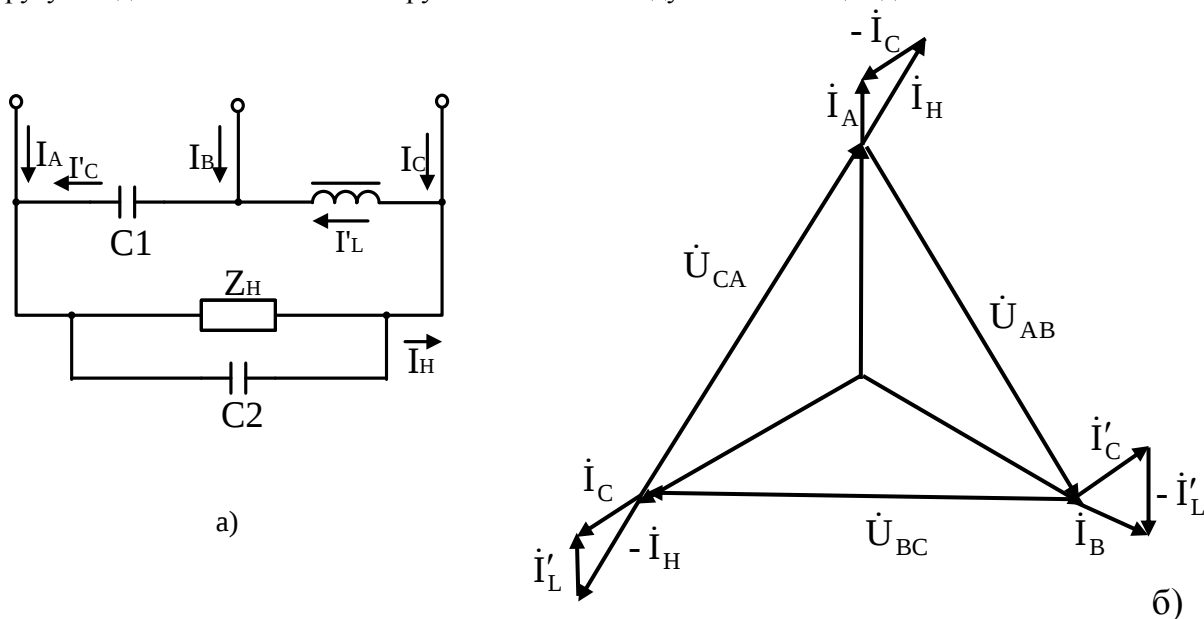


Рис. 1. а) Симетрувальний пристрій за схемою Штейнметца
б) і його векторна діаграма

Для симетрування дво- і трифазних несиметричних навантажень застосовується схема з неоднаковими потужностями БК, увімкненими в трикутник (див. рис. 2). Іноді застосовують симетрувальні пристрої з спеціальними трансформаторами і автотрансформаторами. Оскільки симетрувальні пристрої складаються з БК, доцільно застосовувати такі схеми, в яких одночасно симетрується режим і генерується реактивна потужність з метою її компенсації. Пристрої для одночасного симетрування режиму і компенсації реактивної потужності перебувають у стадії розроблення.

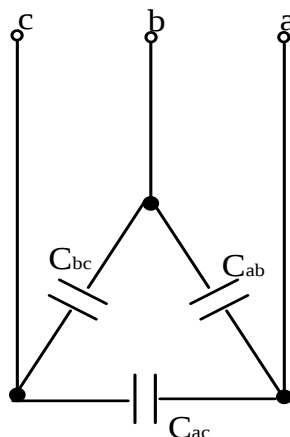


Рисунок 2 – Симетрувальний пристрій на основі конденсаторів

Зниження несиметрії в чотирипровідних міських мережах 0,38 кВ можна здійснювати шляхом

зменшення струму нульової послідовності I_0 і зниження опору нульової послідовності Z_0 в елементах мережі. Зменшення I_0 в першу чергу досягається перерозподілом навантажень. Вирівнювання навантажень досягається використанням мереж, в яких все або частина трансформаторів працюють паралельно на стороні НН. Зниження Z_0 можна легко здійснити для повітряних ліній 0,38 кВ, які звичайно споруджуються в районах з малою щільністю навантаження. Доцільність зменшення Z_0 для кабельних ліній, тобто збільшення перерізу нульового проводу, повинна бути спеціально обґрунтована відповідними техніко-економічними розрахунками.

Нерівномірне навантаження фаз не тільки збільшує втрати електроенергії у фазах на підставі нерівності

$$I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 \geq 3I_{\text{сер}}^2,$$

але й створює додаткові втрати за рахунок проходження струму по нульовому проводу (рисунок 4).

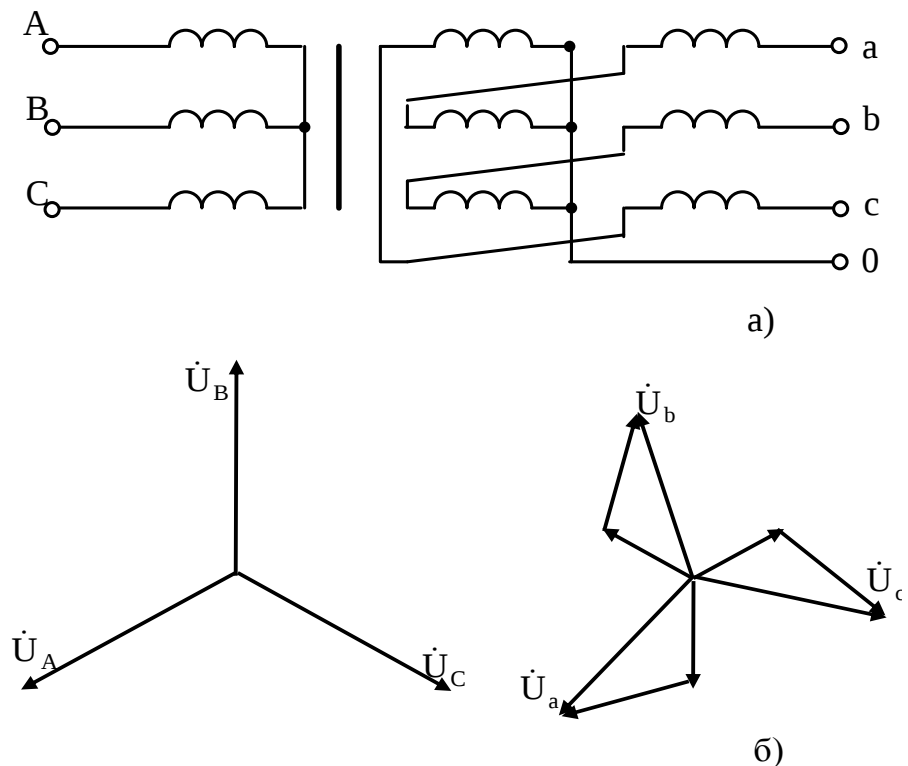


Рисунок 3 – а) з'єднання обмоток трансформатора зірка/зигзаг з виведеною нульовою точкою б) векторна діаграма напруг

Зниження втрат електроенергії за рахунок усунення систематичної несиметрії (нерівномірного розподілу навантажень по фазах) δW у мегават-годинах визначається за формулою:

$$\delta W = \Delta W \cdot m \cdot (K_{n1} - K_{n2}),$$

де ΔW – втрати електроенергії в електричній мережі за рівномірного завантаження фаз, МВт-год; K_{n1} , K_{n2} – коефіцієнти систематичної несиметрії до і після симетрування; m – кількість проводів у фазі.

Квадрат коефіцієнта нерівномірності навантаження фаз й ділянки дорівнює:

$$N_i^2 = \frac{I_{Ai}^2 + I_{Bi}^2 + I_{Ci}^2}{3I_{\text{сер}i}^2},$$

де I_A , I_B , I_C – середні значення струмів фаз за період з 17 до 23 год (не менше трьох вимірів);

$I_{\text{сер}}$ – їхнє середнє значення. Застосування цього випадку не призводить до збитків надійності системи які істотно впливають на втрати потужності.

Висновки

Хорошу якість електроенергії можна визначити як постійну напругу живлення, яка залишається в межах заданого діапазону, постійну частоту змінного струму, близьку до номінального значення, і плавну форму кривої напруги. Термін використовується для опису електроенергії, яка приводить в дію електричне навантаження, і здатності навантаження функціонувати належним чином. Без належного живлення електричний пристрій (або навантаження) може працювати несправно, передчасно вийти з ладу або взагалі не працювати. Існує багато причин, через які електроенергія може бути низької якості одна з них це провали напруг.

Наявність провалів напруги в електричній мережі призводить до стрибків фазового кута напруги і, як наслідок, до появи похибки вимірювання параметрів завдяки невідповідності встановленої частоти дискретизації та реальної частоти в електричній мережі. Для зменшення цієї похибки необхідно враховувати значення дійсного фазового кута основної гармоніки напруги за якого відбувається основне її відновлення після провалу. Для знаходження дійсного значення фазового кута потрібно знаходити точне значення тривалості провалу напруги, тобто необхідне визначення так званих точок на хвилі початку провисання і на хвилі відновлення напруги (фазовий кут основної хвилі напруги).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ EN 50160:2014 (EN 50160:2010, IDT). Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах « Вплив нестабільності частоти електромережі на точність векторних вимірювань струму та напруги,».
2. EN 50065-1:2001 Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz Part 1; General requirements, frequency bands and electromagnetic disturbances ' CLC/TR 50422:2003 Guide for the application of the European Standard EN 50160 EN 61000-2-2:2002 Electromagnetic compatibility – Part 2-2: Environment Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signaling in public low-voltage power supply systems EN 61000-2-4:2002
3. Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-15: Testing and measurement techniques – Flickermeter – Functional and design specifications (IEC 61000-4-15:1997 +A1:2003)
4. EN 61000-4-34:2005 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-34: (IE C 61000 - 4 - 34 : 2005)

Гарматюк Владислав Олегович-студент групи ІЕСМ-216, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця e-mail.com: vladgarmatyuk24@gmail.com

Garmatyuk Vladyslav Olehovych - student of group ІЕСМ-216, faculty of electric power engineering and electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia e-mail.com: vladgarmatyuk24@gmail.com