

РОЗРОБКА МЕТОДУ РІВНОВАЖНОГО БАЛАНСУВАННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ УСТАЛЕНОГО РЕЖИМУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано метод рівноважного балансування потужності електричної системи, який на відміну від існуючих, дозволяє провести розрахунок електричної мережі без виділення балансуєчого вузла в схемі мережі. Даний метод дозволяє підвищити ефективність та точність розрахунку завдяки застосуванню підходу визначення середньозваженого вектору струмів.

Ключові слова: метод рівноважного балансування, матриці інцидентності, розрахунок режимів електричної мережі.

Abstract

The method of equilibrium power balancing of the electrical system is proposed. In contrast to the existing ones, it allows the calculation of the electrical network without allocating a balancing node in the network diagram. This method allows to increase the efficiency and accuracy of the calculation by applying the approach of determining the weighted average vector of currents.

Keywords: equilibrium balancing method, incidence matrix, calculation of electric network modes.

Вступ

Традиційний підхід до розрахунку режимів роботи електричної мережі базується на визначенні одного балансуєчого вузла серед вузлів схеми, через який відбувається компенсація небалансу задаючих струмів у вузлах. Це призводить до суттєвих спотворень розрахункових струмів у вітках залежно від вибору балансуєчого вузла. Тому актуальним є пошук альтернативного методу розрахунку балансування потужності, який дозволить підвищити його точність та швидкодію.

Об'єктом даного наукового дослідження є процес розрахунку усталеного режиму роботи електроенергетичної системи. Предметом наукового дослідження постає метод рівноважного балансування потужностей. Метою даної роботи є підвищення ефективності розрахунку усталеного режиму за умови небалансу генерованої та спожитої потужності електроенергетичної системи.

Метод рівноважного балансування

Класичний метод розрахунку, який передбачає введення балансуєчого вузла в розрахункову схему мережі забезпечує підтримку рівноважності потужностей між генерацією та споживанням [1, 2]. В [3] наведено розрахунок усталеного режиму електричної мережі за методом Ньютона без балансуєчого вузла, проте він має похибку ітераційного методу.

Тож в [4] запропоновано метод рівноважного балансування для розрахунку електроенергетичних схем без вибору балансуєчого вузла, що базується на додаванні рівноважного струму балансування в кожний вузол схеми. Це дозволяє на основі одного розрахунку визначити середнє значення струму у вітках аналогічно виконанню серії розрахунків режимів за умови почергового вибору різних балансуєчих вузлів.

Сформуємо повну матрицю інцидентності рівноважного балансування шляхом додавання справа стовбця, заповненого одиницями коефіцієнтів струму рівноважного балансування відповідно до Першого закону Кірхгофа:

$$\mathbf{Ms} = [\mathbf{M} \ \mathbf{1}].$$

Оскільки струми рівноважного балансування не входять до жодного контуру схеми, матриця контурних опорів доповнюється справа стовбцем з нулями:

$$\mathbf{Zs} = [\mathbf{N} \cdot \mathbf{Z}_B \ \mathbf{0}].$$

Узагальнене рівняння стану з урахуванням цих зрівноважених матриць матиме наступний вигляд:

$$\mathbf{As} \cdot \mathbf{is} = \begin{bmatrix} \mathbf{Ms} \\ \mathbf{Zs} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{I} \\ \mathbf{I}_g \end{bmatrix} = \mathbf{F}.$$

Струм у вітках з урахуванням зрівноважених матриць визначається з виразу:

$$\mathbf{is} = \begin{bmatrix} \mathbf{I} \\ \mathbf{I}_g \end{bmatrix} = \mathbf{As}^{-1} \cdot \mathbf{F}.$$

Алгоритмізація методу рівноважного балансування

На рис. 1 представлена алгоритмічна реалізація методу розрахунку усталеного режиму роботи електричної системи за методом рівноважного балансування.

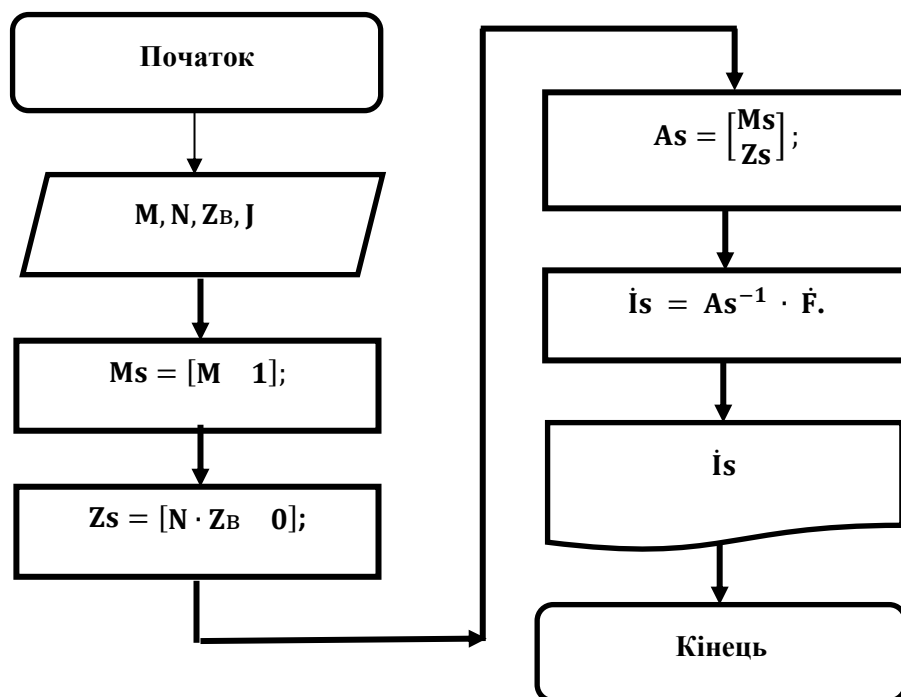


Рис. 1. Алгоритм визначення струмів у вітках за методом рівноважного балансування

За даним алгоритмом розроблено програмне забезпечення, що дозволяє автоматизувати розрахунок усталеного режиму електричної мережі за методом рівноважного балансування потужності засобами пакету прикладних програм MathCAD.

Висновок

Отже, в даній роботі розроблено новий метод рівноважного балансування потужності електроенергетичної системи, який, на відміну від існуючих проводить розрахунок усталеного режиму без врахування балансуєчого вузла. Це дозволяє рівномірно розподілити наявний у схемі небаланс потужності між усіма вузлами, а також підвищує точність та ефективність розрахунків. Перспективою подальших наукових досліджень виступає подальша розробка математичних методів та моделей, що ґрунтуватимуться на основі методі рівноважного балансування для розрахунку параметрів електроенергетичних схем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кириленко О.В., Сегеда М.С., Буткевич О.Ф., Мазур Т.А. Математичне моделювання в електроенергетиці. Підручник. Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка». – 2010. – 608 с.
2. Лежнюк П.Д., Лесько В.О., Видмиш В.А. Вплив вибору балансуєчого вузла на чутливість втрат потужності в ЕЕС. Міжнародний науково-технічний журнал. Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. № 3. – 2012. – С. 91-95.
3. Меркурьев Г.В., Шаргин Ю.М. Устойчивость энергосистем. Расчеты. Том 2. СПб.: НОУ "Центр подготовки кадров энергетики". – 2008. – 376 с.
4. Бевз С.В., Бурбело С.М., Войтко В.В. Метод рівноважного балансування та автоматизація розрахунків усталеного режиму електричної мережі // Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені генерала Макарова. – № 4 (482). – 2020. – С. 36-44.

Бевз Світлана Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри електричних станцій і систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: bevz@vntu.edu.ua.

Svitlana Bevz – **Ph.D.**, Associate Professor, Department of Power Plants and Systems, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, e-mail: bevz@vntu.edu.ua.