

КРИТЕРІЙ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЙНОЇ ЗАДАЧІ ПІД'ЄДНАННЯ ГРУПИ ОДНОФАЗНИХ ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІВ ДО ВУЗЛА ЧОТИРИПРОВІДНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Наведені обґрунтування критерію ефективності для вирішення оптимізаційної багатокритеріальної задачі під'єднання групи однофазних електроприймачів до вузла чотирипровідної електричної мережі. Фізичний зміст даного критерію – сумарні додаткові втрати активної потужності, зумовлені несиметрією режиму в електричній мережі, які є наслідком під'єднання зазначених електроприймачів. Виконано його аналітичний опис.

Ключові слова: чотирипровідна мережа; однофазне навантаження; несиметричний режим.

Abstract

The justifications of the efficiency criterion for solving the multi-criteria optimization problem of connecting a group of single-phase electric receivers to a node of a four-wire electrical network are given. The physical content of this criterion is the total additional losses of active power caused by the asymmetry of the mode in the electrical network, which is a consequence of the connection of the specified electrical receivers. Its analytical description has been completed.

Keywords: four-wire network; single-phase load; asymmetrical mode

Вступ

Забезпечення якості електроенергії є однією із важливих задач в електроенергетиці. Серед нормованих показників якості електроенергії є показники несиметрії напруг. Несиметрія електричного режиму призводить до суттєвих збитків. При вирішенні технічної задачі симетрування електричних режимів в першу чергу мають бути використаними можливості, що не потребують суттєвих капітальних вкладень. Одним із таких способів є – оптимальне під'єднання однофазних навантажень до вузла електричної мережі. Задача оптимального під'єднання однофазних електроприймачів має місце для як для трипровідної мережі, так і для мережі чотирипровідної.

Зазначені задачі є одними з підзадач оптимізації електричної мережі і в комплексі із такими як оптимальне під'єднання відгалужувальних ліній з однофазними навантаженнями до магістралі розподільної мережі, оптимальне під'єднання магістральних ліній до збірних шин трансформаторної підстанції дозволяють зменшити нерівномірність завантаження мережі по фазах. У разі недостатності даного заходу потрібна установка додаткових пристроїв але їх потужності і, як наслідок, вартості будуть меншими.

Метою даної роботи є обґрунтування критерію ефективності для математичної моделі оптимального під'єднання однофазних навантажень до вузла чотирипровідної мережі, що дасть можливість вирішувати зазначену задачу як оптимізаційну.

Результати дослідження

Зазначена задача в термінах дослідження операцій за своєю сутністю є багатокритеріальною. Це зумовлено тим, що несиметричні електроприймачі в чотирипровідній мережі утворюють струми зворотної та нульової послідовностей. Проведені дослідження свідчать про те, що різним варіантам під'єднання однофазних навантажень відповідають різні значення цих струмів [1]. Мінімальні значення параметрів по зворотній та нульовій послідовності досягаються різними варіантами під'єднання однофазних електроприймачів до мережі. Тому технічні задачу оптимального приєднання

однофазних електроприймачів до мережі потрібно вирішувати як багатокритеріальну із суперечливими критеріями. Методологія вирішення оптимізаційних задач математичними методами передбачає розробку математичної моделі.

Серед відомих підходів до вирішення багатокритеріальних задач є метод середньозваженого критерію. Відповідно до цього підходу складається фіктивний критерій ефективності, який в загальному випадку немає фізичного змісту і являє собою ряд складових. Кожна складова є описом відповідних локальних критеріїв ефективності. В разі необхідності вагомість кожної складової середньозваженого критерію може регулюватися ваговим коефіцієнтом, значення якого обґрунтовується додатковими дослідженнями [2].

За таким критерієм можна вирішувати і задачу внутрішнього симетрування в чотирипровідній мережі [3]. Його змістом будуть сумарні додаткові втрати активної потужності, що зумовлені несиметрією режиму (струмами зворотної та нульової послідовностей).

Використовуючи закони формування струмів зворотної – \dot{I}_2 та нульової – \dot{I}_0 послідовностей в лінії живлення, можна аналітично описати додаткові втрати активної потужності лінії, що зумовлені цими струмами:

$$\Delta P_2 = 3 \left\{ \sum_{n=1}^m \sum_i^3 \dot{I}_{2ni} x_{ni} \right\}^2 \cdot r_2,$$

$$\Delta P_0 = 12 \left\{ \sum_{n=1}^m \sum_{li=1}^3 \dot{I}_{0ni} x_{ni} \right\}^2 \cdot r_0,$$

де ΔP_2 та ΔP_0 – додаткові втрати активної потужності, що зумовлені відповідно струмами зворотної та нульової послідовностей;

r_2 та r_0 – активна складова опорів струмам зворотної та нульової послідовностей;

\dot{I}_{2ni} , \dot{I}_{0ni} – вектори струмів зворотної та нульової послідовностей, що створюється навантаженням n при його під'єднанні до напруги \dot{U}_n ;

x_{ni} – булева змінна, яка описує під'єднання навантаження n до вузла електричної мережі.

Тоді критерій ефективності (сумарні активні втрати в мережі живлення, зумовлені несиметрією режиму), аналітично описується такою цільовою функцією:

$$3 \left\{ \sum_{n=1}^m \sum_{li=1}^3 \dot{I}_{2ni} x_{ni} \right\}^2 \cdot r_2 + 12 \left\{ \sum_{n=1}^m \sum_{li=1}^3 \dot{I}_{0ni} x_{ni} \right\}^2 \cdot r_0 \rightarrow \min.$$

Проведені тестові розрахунки числових прикладів підтверджують працездатність використання зазначеного критерію для вирішенні задачі оптимального під'єднання групи однофазних електроприймачів до вузла чотирипровідної електричної мережі.

Висновки

1. Критерії ефективності багатокритеріальної оптимізаційної задачі оптимального під'єднання групи однофазних електроприймачів до вузла чотирипровідної електричної мережі мають суперечливі властивості.

2. Задача внутрішнього симетрування однофазних навантажень в чотирипровідній мережі може вирішуватись за середньозваженим критерієм – сумарними додатковими втратами активної потужності, які зумовлені несиметричними електроприймачами в лінії живлення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Терешкевич Л.Б. Оптимізація режимів електроспоживання. Навчальний посібник. Вінниця, ВНТУ, 2020. – 112 с.
2. Терешкевич Л. Б. АСУ в електроспоживанні / Л. Б. Терешкевич. – Вінниця.: ВНТУ, 2016. – 136 с.
3. Милосердов В.О. Алгоритмізація оптимізаційних задач енергетики. / В.О. Милосердов, Л.Б. Терешкевич. – Вінниця.: ВНТУ, 2004. – 120 с

Руслан Вікторович Дворецький – студент групи ЕСЕ-22м, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Науковий керівник: **Леонід Борисович Терешкевич** – к.т.н., доцент, професор кафедри Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, Факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Ruslan Viktorovich Dvoretzkyi – student of the ESE-22m group, Faculty of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

Supervisor: **Leonid Borisovich Tereshkevich** – Dr. Sc. (Eng), professor, professor of the Department of Electrotechnical Systems of Power Consumption and Energy Management, Faculty of Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.