

# ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*Роботу присвячено дослідженню компенсації реактивної потужності в розподільних мережах.*

**Ключові слова:** компенсуючі пристрої, розподільна електрична мережа, компенсація реактивної енергії, якість електроенергії.

## *Abstract*

*The report is devoted to the study of reactive power compensation in distribution networks.*

**Keywords:** compensating devices, distributive electric network, reactive power compensation, electric power quality.

## Вступ

Одним з основних питань, пов'язаних з підвищенням якості електроенергії в мережах, розв'язуваних як на стадії проектування, так і на стадії експлуатації систем, є питання про компенсації реактивної потужності, що включає вибір доцільних джерел, розрахунок і регулювання їх потужності, розміщення джерел в системі електропостачання.

Раціональна (оптимальна) компенсація реактивної потужності в розподільних електромережах включає в себе широкий комплекс питань, спрямованих на підвищення економічності роботи електроустановок, поліпшення якості споживаної електроенергії, включає методи вибору і розрахунку компенсуючих пристроїв, виходячи з умов виконання завдань енергосистеми. Важливими і до кінця не вирішеними є питання визначення місця установки компенсуючих пристроїв (КП) і вибору їх виду, раціональної та безпечної експлуатації та захисту.

Вибір раціональної компенсації реактивної потужності призводить до зниження втрат потужності через її перетоки, до забезпечення належної якості споживаної електроенергії за рахунок регулювання і стабілізації рівня напруги в електромережах, досягненню високих техніко-економічних показників роботи електроустановок.

## Результати дослідження

Вирішення проблем керування реактивною потужністю має значний вплив на надійну та ефективну роботу електроенергетичних систем. Генерування реактивної потужності безпосередньо вимагає порівняно низьких витрат на виробництво, однак має відчутний вплив на вартість виробництва електроенергії в цілому завдяки зменшенню втрат на транспортування електроенергії.

Чинні методики компенсації реактивної потужності та її оптимального розподілу між ДРП мають за мету мінімізацію втрат електроенергії та зниження собівартості електроенергії з урахуванням технічних обмежень: потужностей ДРП, вузлових напруг, зсуву фаз, положень відпайок регулювальних трансформаторів та ін. Ці обмеження формують задачу оптимального керування реактивною потужністю, способи розв'язку якої постійно вдосконалюються у працях багатьох авторів [1].

Одним з проблемних місць експлуатації ЕМ є забезпечення їх енергоефективності в умовах постійної зміни споживання та генерування електроенергії. Відомо, що найбільш дієвим заходом для зменшення втрат електроенергії в ЕМ є запровадження заходів з оптимізації перетікань реактивної енергії. Однак для оптимізації розміщення додаткових джерел реактивної потужності необхідно розв'язувати задачі нелінійної багатофакторної оптимізації, що пов'язано з низкою проблем.

Для оптимізації розміщення ДРП доцільно використовувати результати моделювання «ідеальних» режимів ЕМ за реактивною потужністю з використанням заступних схем з активними

опорами. Економічні витрати, пов'язані з встановленням та експлуатацією ДРП, запропоновано перераховувати у відповідні економічні опори заступної схеми ЕМ.

Застосування принципу найменшої дії [2], на відміну від класичних методів, істотно скорочує тривалість розрахунків та дозволяє отримати розв'язок, наблизений до глобального мінімуму виробничих витрат. Обчислювальна ефективність та надійність підходу забезпечується зведенням задачі багатофакторної оптимізації перетікань реактивної енергії у проектній постановці до ітеративного розрахунку «ідеального» режиму ЕМ за відповідними заступними схемами та навантаженнями.

Використовуючи моделювання ідеальних режимів можна підібрати вузли розподільної електричної мережі для яких встановлення ДРП буде максимально ефективним та підібрати потужність КП, що забезпечить максимальний ефект зменшення втрат електроенергії за певний проміжок часу. Визначальною умовою у даному випадку є відсутність суттєвих змін схеми ЕМ протягом певного проміжку часу. Неможливість останнього у реальних умовах експлуатації розподільних ЕМ призводить певних ускладнень у методі вибору місць встановлення та оптимальних потужностей ДРП і вимагає проведення низки імітаційних розрахунків з можливими змінами нормальної схеми ЕМ.

Виходячи з наведеного вище, для вибору місць встановлення ДРП доцільно розглядати три підходи:

– розстановка компенсуювальних пристроїв за принципом мінімального ризику, коли потужність і місце встановлення додаткових джерел реактивної потужності обирається лише для компенсації реактивного споживання окремих трансформаторних підстанцій (ТП) 10/0,4 кВ. При цьому незалежно від комутацій у електричних мережах буде забезпечено постійний ефект зменшення втрат та підвищення рівнів напруги;

– розстановка компенсуювальних пристроїв за принципом максимального ефекту, коли потужність і місця встановлення підбираються урахуванням ефекту компенсації не лише власного навантаження ТП 10/0,4 кВ, але й суміжних ТП. При цьому ефект зменшення втрат електроенергії є вищим, але залежить від комутацій у схемі електричних мереж, тобто для досягнення стійкого ефекту вимагається оснащення КУ засобами автоматичного керування;

– розстановка компенсуювальних пристроїв на мінімальній кількості ТП 10/0,4 кВ з забезпеченням максимального ефекту зменшення втрат електроенергії. При цьому зменшується не лише видаткова складова на компенсацію втрат електроенергії, а й складова, пов'язана витратами на облаштування ДРП, а також їх ремонт та обслуговування.

## Висновки

Процес оптимізації режимів електричної мережі за реактивною потужністю та напругою може здійснюватися з використанням принципу найменшої дії. При цьому джерела реактивної потужності в розрахунковій моделі ЕМ представляються економічними опорами. Значення опорів, якими моделюється фіктивні втрати потужності, визначаються у відповідності до вибраного критерію оптимальності функціонування окремих ДРП і в залежності від того, чи є джерело реактивної потужності на балансі енергопостачальної компанії.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. A. Zecchino, M. Marinelli, C. Træholt and M. Korpås, "Guidelines for distribution system operators on reactive power provision by electric vehicles in low-voltage grids", *CIREN - Open Access Proceedings Journal*, vol. 2017, no. 1, pp. 1787-1791, 10, 2017. doi: 10.1049/oap-cired.2017.0377

2. Принцип найменшої дії в електротехніці та електроенергетиці [П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик, В. В. Нетребський, В. В. Тептя]: Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2014. – 212 с. – ISBN 978-966-641-576-2.

**Волкотруб Євгеній Андрійович** — студент бакалаврської підготовки, кафедра електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**Volkotrub Yevhenii A.** — Student of Bachelor's Degree, Chair of Power Stations and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.