

МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ КЕРОВАНОГО ШУНТУЮЧОГО РЕАКТОРА В MATLAB

¹Вінницький Національний Технічний Університет

Анотація

У роботі розглянуто MATLAB-модель електричної мережі з керованим шунтуючим реактором. Реактор реалізовано не як сталий індуктивний елемент, а як змінний шунтуючий реактор із дискретним регулюванням параметрів. Показано, що автоматична зміна відводів дозволяє змінювати реактивну потужність реактора залежно від рівня напруги в контрольованій точці мережі. Отримані результати моделювання підтверджують можливість використання такої моделі для аналізу режимів роботи реактора та оцінювання його впливу на стабілізацію напруги.

Ключові слова: шунтуючий реактор, високовольтний реактор, MATLAB, моделювання, реактивна потужність, перемикання відводів, стабілізація напруги.

Abstract

The paper considers a MATLAB model of an electrical network with a controlled shunt reactor. The reactor is implemented not as a constant inductive element, but as a variable shunt reactor with discrete parameter control. It is shown that automatic tap switching makes it possible to change the reactive power of the reactor depending on the voltage level at the controlled point of the network. The obtained simulation results confirm the possibility of using such a model to analyze reactor operating modes and evaluate its influence on voltage stabilization.

Keywords: shunt reactor, high-voltage reactor, MATLAB, modeling, reactive power, tap switching, voltage stabilization.

Вступ

Високовольтні шунтуючі реактори є важливими елементами електричних станцій і підстанцій, оскільки забезпечують компенсацію реактивної потужності, стабілізацію напруги, зменшення перенапруг та підвищення надійності роботи електричних мереж [1, 2]. У режимах малих навантажень або холостого ходу довгі повітряні лінії можуть генерувати значну реактивну потужність, що призводить до підвищення напруги [1]. Підключення шунтуючого реактора дозволяє споживати цю надлишкову реактивну потужність і підтримувати напругу в допустимих межах [1, 2].

Метою роботи є побудова MATLAB-моделі електричної мережі з керованим шунтуючим реактором та дослідження її роботи в режимах нормального і зменшеного навантаження.

Об'єкт дослідження – високовольтні шунтуючі реактори електричних станцій і підстанцій.

Предмет дослідження – режими роботи керованого шунтуючого реактора в електричній мережі та його MATLAB-модель з автоматичним перемиканням відводів для стабілізації напруги.

Результати дослідження

Для дослідження роботи керованого шунтуючого реактора в MATLAB побудовано модель електричної мережі з лінією електропередачі напругою 420 кВ та довжиною 300 км. Основними елементами моделі є джерело живлення, П-модель лінії, навантаження, змінний шунтуючий реактор, вимірювальні блоки та система керування [4].

Шунтуючий реактор реалізовано як змінний індуктивний елемент із дискретним регулюванням параметрів [1, 4]. Для цього його подано у вигляді системи паралельних індуктивних гілок, кожна з яких відповідає окремому положенню перемикача. Система керування порівнює напругу в контрольованій точці мережі з допустимими межами та підключає відповідну гілку реактора [4]. Це дозволяє змінювати реактивну потужність реактора залежно від режиму мережі.

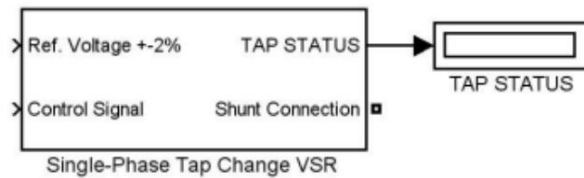


Рисунок 1 – Побудована MATLAB-модель шунтуючого реактора з автоматичною зміною відводів

На рисунку 1 наведено структурний блок керованого шунтуючого реактора. Він поєднує електричну частину, систему автоматичного перемикачання відводів та індикацію поточного положення перемикача. Така модель дає змогу відтворити ступеневу зміну реактивної потужності реактора під час регулювання напруги [1, 4].

Перевірку роботи моделі виконано для режимів нормального та зменшеного навантаження. У нормальному режимі, при навантаженні 50 МВт та 25 МВАр, напруга залишається в допустимих межах, тому система керування не змінює положення відводу. Це підтверджує, що модель не виконує зайвих перемикач за нормального режиму роботи мережі.

При зменшеному навантаженні 20 МВт та 10 МВАр ємнісна потужність лінії стає більш помітною відносно навантаження, що спричиняє підвищення напруги на шині навантаження [1]. У цьому випадку система керування послідовно перемикає відводи реактора, збільшуючи споживання реактивної потужності.

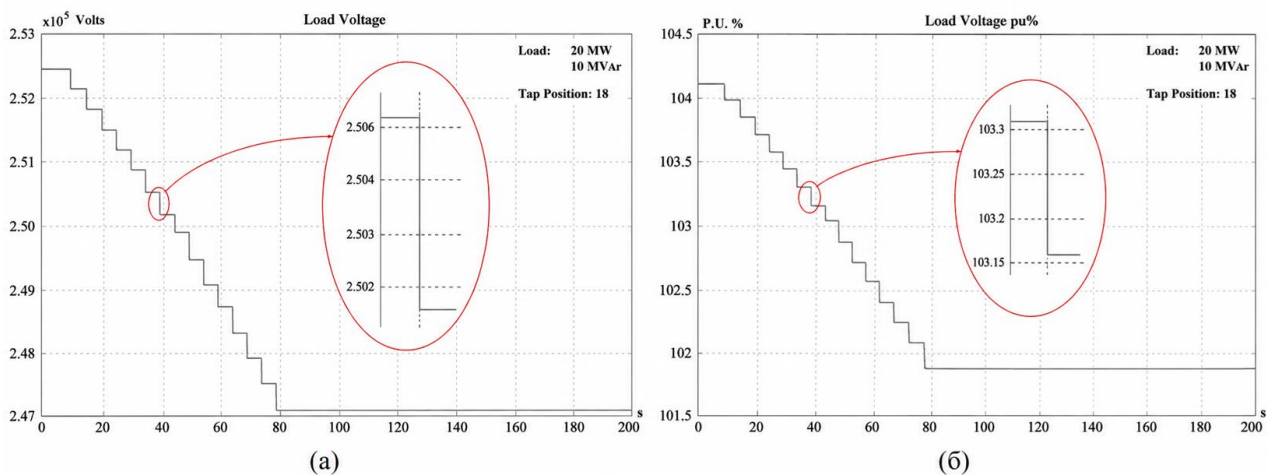


Рисунок 2 – Напруга на шині навантаження при навантаженні 20 МВт та 10 МВАр

З рисунка 2 видно, що на початку моделювання напруга перевищує допустимий рівень. Після автоматичного перемикачання відводів реактора напруга поступово знижується та стабілізується. Ступеневий характер графіка пояснюється дискретною зміною параметрів реактора відповідно до положень перемикача.

Отримані результати показують, що побудована MATLAB-модель дозволяє оцінити вплив керованого шунтуючого реактора на режим напруги в електричній мережі [4]. Невідповідність фактичної реакції реактора очікуваному режиму може свідчити про порушення роботи системи керування або відхилення параметрів реактора [3], тому така модель може використовуватися як допоміжний засіб аналізу його технічного стану [3, 4].

Висновки

Побудована MATLAB-модель дозволяє досліджувати роботу керованого шунтуючого реактора в режимах зміни навантаження та автоматичного регулювання напруги.

Встановлено, що подання реактора у вигляді паралельних індуктивних гілок дає змогу моделювати дискретну зміну його реактивної потужності відповідно до положення перемикача. При зменшеному навантаженні система керування послідовно змінює відводи реактора та знижує підвищену напругу до допустимого рівня.

Отримані результати підтверджують доцільність використання MATLAB-моделі для аналізу режимів роботи керованого шунтуючого реактора та оцінювання його впливу на стабілізацію напруги в електричній мережі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лежнюк П. Д., Рубаненко О. Є., Жук І. А. Випробування реакторів 750 кВ в умовах електричних станцій і підстанцій. Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. 2006. № 3, ч. 2. С. 68–72.
2. Bao Y., Liu K., Yang J., Zhang G., Wen D., Wang K. A Fault Analysis of 750kV Shunt Reactor and Repair Program. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 782. Article 032015. DOI: 10.1088/1757-899X/782/3/032015.
3. Кутін В. М., Ілюхін М. О., Кутіна М. В. Діагностика електрообладнання : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2013. 161 с.
4. Моделювання та аналіз електромеханічних систем в MATLAB : методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / укл. О. І. Толочко. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 235 с.

Семес Олександр Олексійович – студент групи ІЕС-22б, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: semes.sahya@gmail.com

Науковий керівник: **Комар Вячеслав Олександрович** – д-р техн. наук, професор кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kvo1976@ukr.net

Semes Oleksandr O. – student of the IES-22b group, Faculty of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: semes.sahya@gmail.com

Supervisor: **Komar Viacheslav O.** – Doct. Sc. (Eng), Professor, Head of Department of Electrical Power Plants and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: kvo1976@ukr.net