

# ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ОПТИМАЛЬНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*Проведено аналіз обчислювальної ефективності симплекс методу лінійного програмування та методу динамічного програмування для знаходження оптимального варіанту увімкнення окремих секцій керованої батареї статичних конденсаторів за однією із відомих математичних моделей.*

*Показано, що оптимальний варіант реалізується мінімальною кількістю комутацій, що позитивно позначиться на роботі комутаційного обладнання, а кінцевий результат розрахунку за методом динамічного програмування можна отримати, виконавши мінімальну кількість елементарних арифметичних дій.*

**Ключові слова:** батареї статичних конденсаторів; системи електропостачання; комутації.

## *Abstract*

*The analysis of simple simplicity of the linear programming method and dynamic programming method for the optimal variant of activation of separate sections of a controlled battery of static capacitors is carried out in one of the known mathematical models.*

*It is shown that the optimal variant is implemented with a minimum number of commutations, which will positively affect the operation of the switching equipment, and the final result of the calculation by the method of dynamic programming can be obtained by executing a minimum number of elementary arithmetic operations.*

**Keywords:** static capacitors; power supply systems; switching.

## **Вступ**

Одним із найефективніших заходів зменшення активних втрат електроенергії на її передачу є компенсація реактивних навантажень шляхом установки батарей статичних конденсаторів (БСК) в мережах споживачів електроенергії. Оскільки реактивна потужність змінюється, то генерована потужність БСК також має змінюватись. Відомі математичні моделі, які дозволяють провести необхідні розрахунки та враховують при цьому всі можливі ефекти. Враховуючи, що пристрій прийняття рішення, який у відповідності з математичною моделлю проводить необхідні розрахунки, створюється на мікропроцесорній основі і має обмежені обчислювальні можливості, стає актуальною задача вибору найбільш ефективної обчислювальної процедури для вирішення задачі.

Метою роботи є обґрунтування найбільш ефективного методу для знаходження оптимальних рішень про увімкнення секцій керованої БСК для подальшої його реалізації в мікропроцесорній системі прийняття рішень.

## **Результати дослідження**

Для забезпечення поставленої мети виконано розв'язування задачі знаходження оптимального варіанту увімкнення окремих секцій керованої БСК симплекс-методом лінійного програмування, а також методом динамічного програмування. При цьому відслідковувався збіг як остаточного розв'язку, так і проміжних результатів. Висновки щодо ефективності обчислювального процесу зроблено за кількістю елементарних арифметичних дій, що довелось виконати по ітераціях та окремих етапах. Результати обчислень при розв'язуванні задачі зведені до табл.

При значно більших вимірностях задачі, що характерні для реальних систем електропостачання, а особливо для великих підприємств, ефект буде значно вагомим.

Отримані остаточні результати можна інтерпретувати у відповідності до прийнятої системи кодування. Важливим в проведеній роботі є те, що має місце збіг отриманих результатів розрахунку за двома методами.

В процесі розв'язування як за одним, так і за другим методом вибираються до реалізації найбільш ефективні рішення і тому кінцевий вектор керування реалізується увімкненням найбільш потужних секцій БСК. Це свідчить про те, що в базисі графіка реактивної потужності будуть знаходитись найбільш потужні секції. Вони тривалий час будуть увімкнені, а, отже, кількість їх комутацій буде мінімальною. Вимога мінімуму комутацій для реалізації знайденого розв'язку не описана аналітично в математичній моделі, а забезпечується алгоритмом розрахунку.

Таблиця – Процес вирішення задачі розрахунку вектора керування реактивною потужністю за однією із відомих математичних моделей

Метод лінійного програмування							Метод динамічного програмування						
Ітерація	Вектор керування – $X^T$	Кількість операцій				Кількість порівнянь	Етап	Вектор керування – $X^T$	Кількість операцій				Кількість порівнянь
		(+)	(-)	(×)	(:)				(+)	(-)	(×)	(:)	
1	(10000000000)	132	0	154	1	21	1	(10000000000)	12	0	0	0	21
2	(11000000000)	132	0	154	1	20	2	(11000000000)	12	0	0	0	19
3	(11000010000)	132	0	154	1	19	3	(11000010000)	11	0	0	0	17
4	(11001010000)	132	0	154	1	18	4	(11001010000)	10	0	0	0	15
Всього		528	0	616	4	78	Всього		45	0	0	0	72

Все це дозволяє зробити висновок про те, що розроблена математична модель керування реактивною потужністю побудована таким чином, що її аналіз класичними математичними методами забезпечує знаходження керуючих рішень, реалізація яких потребує мінімальної кількості комутацій. Крім цього, процес керування реактивною потужністю виконуватиметься з мінімальною кількістю комутацій найбільш потужних секцій БСК. Це позитивно позначиться на роботі комутаційного устаткування.

Таким чином, синтез математичних моделей керування можна здійснювати, враховуючи такі вимоги до системи керування: простота алгоритму та мінімум комутацій в пристрої керування.

### Висновки

1. Найбільш ефективним обчислювальним методом для розрахунку оптимального вектору керування, за яким здійснюється увімкнення секцій керованої БСК, є метод динамічного програмування, як такий, що дозволяє отримати кінцевий результат виконавши мінімальну кількість елементарних арифметичних дій.

2. Обчислювальна процедура методу динамічного програмування забезпечує знаходження вектора керування, реалізація якого виконується з мінімальною кількістю комутацій.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Терешкевич Л. Б. АСУ в електроспоживанні / Л. Б. Терешкевич. – Вінниця.: ВНТУ, 2016. – 136 с.
2. Милосердов В.О. Алгоритмізація оптимізаційних задач енергетики. / В.О. Милосердов, Л.Б. Терешкевич. – Вінниця.: ВНТУ, 2004. – 120 с.

**Віктор Олександрович Бушштейн** – студент групи 4Е-156, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Bukshtejn@gmail.com

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.

**Victor Oleksandrovich Bukshstejn** – student of group 4E-15b, Faculty of Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Bukshtejn@gmail.com

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.