

СИМЕТРУВАННЯ НАПРУГИ (СТРУМІВ) З ПРІОРИТЕТНИМ ВИКОРИСТАННЯМ КУ СП ДЛЯ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В МЕРЕЖАХ ЕНЕРГОПОСТАЧАЛЬНИХ КОМПАНІЙ

Терешкевич Л. Б.¹, Бандура І. О.²

¹Вінницький національний технічний університет,

²Луцький національний технічний університет

Розроблено алгоритм визначення вектору керування, який забезпечує максимальну ефективність використання потужностей КУ СП.

Постановка проблеми. Склад електроприймачів, під'єднаних до мереж електропостачальних компаній, такий, що режими, які там створюються, характеризуються як несиметрією, так і низьким коефіцієнтом потужності [1]. Якщо взяти до уваги, що в таких мережах встановлених засобів компенсації реактивної потужності недостатньо [2], то симетрування напруги має виконуватись одночасно із компенсацією реактивної потужності з використанням для цього симетруючих пристроїв (СП) на базі конденсаторних установок (КУ), які крім симетрування електричного режиму генерують реактивну потужність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо ряд наукових робіт, де вирішується задача симетрування електричного режиму та компенсації реактивних навантажень [1,3-5]. Такі наукові напрацювання стосуються розв'язків в неперервних [4] та в дискретних [5] змінних. Відомі підходи, коли задачам симетрування та компенсації реактивної потужності надаються певні пріоритети [5] та коли таких пріоритетів немає [1,4]. Згадані роботи дозволяють прийняти обґрунтовані рішення, але не охоплюють всіх випадків, які можуть скластися в системі електропостачання.

Дослідження, результати яких можна покласти в основу розробки заходів керування електричними режимами за допомогою КУ СП, забезпечуючи при цьому їх комплексне використання як для симетрування режиму, так і для компенсації реактивних навантажень, дозволяють сформулювати такі висновки.

1. Сумарна потужність СП, необхідна для повного симетрування режиму, визначається величиною ΔP_2^H , де ΔP_2^H - додаткові втрати активної потужності, обумовлені несиметрією режиму при вимкненому СП.

2. Можливі режими, повне симетрування яких за допомогою СП, вимагає $Q^{СП} > Q$, де $Q^{СП}$ - реактивна потужність СП, що потрібна для симетрування режиму; Q - те саме, навантаження. Це приведе до появи зворотних перетоків реактивної потужності від вузла навантаження несиметричних споживачів в розподільні мережі підприємства або в мережі енергосистеми. У такому разі повне симетрування може бути або економічно не вигідним, або навіть технічно недопустимим.

3. При незначній величині природної несиметрії режиму, яка може скластися на момент прийняття керуючого рішення, необхідні невеликі потужності СП, при яких $Q^{СП} \ll Q$. При цьому може залишатися невикористаною частина потужностей конденсаторних батарей величиною $Q_{вст}^{СП} - Q^{СП}$, де $Q_{вст}^{СП}$ - встанов-

лена потужність СП.

Мета статті. Розробки, що виконані в даній роботі, спрямовані на використання потужності $Q_{вст}^{СП} - Q^{СП}$, яка може залишатися за результатами прийняття рішення із симетрування режиму.

Основні матеріали дослідження. Звернемо увагу, що секції СП, які залишилися не реалізованими, можуть дозволити здійснювати включення за симетричною схемою. Умовимося ту частину СП, яку можна включати за симетричною схемою, називати системою симетричних елементів.

В загальному випадку можливі ситуації:

а) секції СП, що залишилися не ввімкнутими, утворюють систему керованих симетричних елементів, використання яких дозволить отримати додатковий ефект з компенсації реактивних навантажень;

б) секції СП, що залишилися не ввімкнутими, не утворюють жодного симетричного елемента, але їх ввімкнення дозволяє здійснити додаткову компенсацію реактивних навантажень при зменшенні ефекту, досягнутого при симетруванні режиму;

в) ситуація, що поєднує одночасно випадки а) і б).

Для впорядкування процесу оперативного керування СП необхідно застосувати алгоритм, який би забезпечив максимальну ефективність використання СП.

Керування СП необхідно здійснювати в єдиному комплексі з керуванням компенсуючими пристроями за єдиним алгоритмом, який припускає проведення оцінки ситуації, що склалася на момент прийняття рішення, і звернення в залежності від цього до відповідних математичних моделей.

Розроблено алгоритм визначення вектору керування, який забезпечує максимальну ефективність використання потужностей конденсаторних батарей. Алгоритм можна рекомендувати для випадків, коли потужності СП пріоритетно використовуються для компенсації реактивних навантажень. При цьому забезпечується генерація реактивної потужності необхідної величини і максимально можливий (за даних умов) ефект від симетрування навантажень. Основні ідеї алгоритму:

1) визначається вектор керування СП, виходячи із міркувань симетрування навантажень – $\mathbf{X}_1^{СП}$;

2) при наявності симетричних елементів СП, визначається вектор керування для них – $\mathbf{X}_2^{СП}$ (за умови реалізації $\mathbf{X}_1^{СП}$), інакше виконується перехід до кроку 3;

3) розглядаються можливі увімкнення окремих секцій, рішення по яких не прийнято за кроками 1 і 2, для забезпечення основної вимоги – отримання необхідної реактивної потужності СП. В результаті формується вектор $X_3^{СП}$.

Остаточний вектор, що приймається до реалізації – $X^{СП}$, визначається:

$$X^{СП} = X_1^{СП} + X_2^{СП} + X_3^{СП} \quad (1)$$

Блок – схема розробленого алгоритму представлена на рис.1



Рисунок 1- Блок-схема алгоритму розрахунку вектора керування $X^{СП}$

Можливі ситуації, коли розрахунки вектора керування припиняються на проміжних кроках (першому або другому) в разі, якщо вимога з компенсації реактивної потужності забезпечена. Це вимагає наявності математичних моделей для знаходження рішення по симетруванню режиму, управлінню симетричним

елементом СП та увімкненню окремих секцій, рішення по яких не прийнято за кроками 1 і 2, для забезпечення основної вимоги – отримання необхідної реактивної потужності СП. Різні схеми СП вимагають розробки відповідних математичних моделей з врахуванням особливостей їх схемної реалізації.

Приклад, що ілюструє ефективність розробленого алгоритму в умовах реальної схеми електричної мережі.

На момент прийняття керуючого рішення в лінії 0,4кВ, яка живить групу несиметричних електроприймачів, склався режим:

$$I_A = 127,8 A; \quad \cos \varphi_A = 0,756;$$

$$I_B = 146,7 A; \quad \cos \varphi_B = 0,578;$$

$$I_C = 189,3 A; \quad \cos \varphi_C = 0,845.$$

До вузла навантаження приєднано КУ з такими параметрами секцій по напругах трифазної системи; табл. 1.

Таблиця 1-Технічні характеристики КУ

Параметри секцій, які під'єднуються до напруги U_{AB}		Параметри секцій, які під'єднуються до напруги U_{BC}		Параметри секцій, які під'єднуються до напруги U_{CA}	
№ секції, к	ΔQ_i , квар	№ секції, к	ΔQ_i , квар	№ секції, к	ΔQ_i , квар
1	5	6	5	11	5
2	5	7	5	12	5
3	5	8	5	13	5
4	5	9	5	14	5
5	5	10	5	15	5

Даний режим характеризується споживанням реактивної потужності, $Q' = 66,89$ квар, і струмами в координатах симетричних складових:

- струм прямої послідовності, $\dot{I}_1 = 150 e^{-j45^\circ} A$;
- струм зворотної послідовності, $\dot{I}_2 = 18 e^{-j75^\circ} A$;
- струм нульової послідовності, $\dot{I}_0 = 42 e^{-j109,5^\circ} A$.

Знайти вектор керування для СП, який забезпечує мінімальне значення струму зворотної послідовності в лінії живлення та компенсацію реактивних наванта-

жень 65 квар. Як пріоритетною для даного стану є задача компенсації реактивних навантажень.

Для порівняння в табл. 2 наведені результати, отримані для умов розглянутого прикладу за розробленим та відомим [4] підходами до вирішення даної задачі.

Таблиця 2 - Варіанти керування режимом, розглянутим в прикладі, за розробленим і відомим підходами та результати їх реалізації

Метод розрахунку	Вектор керування $X_{сп}$	Струм I_2 в лінії живлення, А	Реактивна потужність, що компенсується, квар
Розроблений	(1111110011111111)	4,96	65
Відомий	(111101111111110)	25,64	65

Вектори керування $X_{сп}$ містять булеві змінні - x_i , кожна з яких описує стан відповідної секції СП. Якщо $x_i = 1$, то такий розв'язок реалізується ввімкненням i -ої секції СП, а якщо $x_i = 0$, то i -а секція має бути вимкненою.

Як видно, результати, отримані за розробленим алгоритмом, свідчать, що ефективність використання КУ СП є більш високою.

Висновки:

1. Потужності КУ СП можуть пріоритетно використовуватись як для симетрування напруги (або струмів), так і для компенсації реактивних навантажень. Розв'язки таких задач є суперечливими: мінімальне значення для показників, які оцінюють несиметрію режиму, не забезпечують оптимальну степінь компенсації реактивної потужності.

2. У випадку пріоритетного використання потужності КУ СП для компенсації реактивних навантажень вектор керування можна розрахувати як такий, що має три складові. Перша складова $X_1^{сп}$ забезпечує оптимальне симетрування електричного режиму, друга $X_2^{сп}$ передбачає використання симетричних елементів СП для компенсації реактивної потужності, третя забезпечує вимогу з компенсації реактивних навантажень, але при цьому має місце відхід від оптимуму, досягнутого при визначенні $X_1^{сп}$. В часткових випадках вирішення задачі може обмежуватись як розрахунком $X_1^{сп}$, так і $X_1^{сп}$ та $X_2^{сп}$.

3. Такий підхід до розрахунку вектора керування може бути використаний при керуванні несиметрію напруги та несиметрію струмів.

Список використаних джерел

1. Кузнецов В. Г. Снижение несимметрии и несинусоидальности напряжений в электрических сетях / В. Г. Кузнецов, А. С. Григорьев, В. Б. Данилюк. – Київ: Наукова думка, 1992. – 240с. – ISBN №5-12-002018-6.
2. Зубюк Ю. П. Современные аспекты применения конденсаторных установок среднего напряжения / Ю.П. Зубюк // Электрические сети и системы. – 2010. №1. С.30-36.
3. Кузнецов В. Г. Компенсация реактивной мощности в электрических сетях с несимметрическими нагрузками / В.Г. Кузнецов// Электричество. – 1983. – №2. – С. 64-67.
4. Аввакумов В. Г. Методы нескаллярной оптимизации и их приложения. / В.Г. Аввакумов – К.: Вища школа, 1990. – 188 с. – ISBN №5-11-001321-7.
5. Аввакумов В. Г. Техничко-экономическая оценка качества электроэнергии в промышленности / В.Г. Аввакумов, Г.Л. Багиев, Д.М. Воскобойников –Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 1977. – 132 с.

Аннотация

СИММЕТРИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ (ТОКОВ) С ПРИОРИТЕТНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КУ СП ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СЕТЯХ ЭНЕРГОСНАБЖАЮЩИХ КОМПАНИЙ

Терешкевич Л. Б., Бандура И. О.

Разработан алгоритм определения вектора управления, который обеспечивает максимальную эффективность использования мощностей КУ СП. Алгоритм можно рекомендовать для случаев, когда мощности СП приоритетно используются для компенсации реактивных нагрузок. При этом обеспечивается генерация реактивной мощности требуемой величины и максимально возможный (при данных условиях) эффект от симметрирования нагрузок.

Abstract

VOLTAGE BALANCING (CURRENT) USE OF PRIORITY FROM KU JV FOR REACTIVE POWER COMPENSATION IN THE NETWORK UTILITY COMPANIES

L. Tereshkevych, I. Bandura

The algorithm determining the vector control that ensures maximum efficiency of power of CI JV. The algorithm can be recommended for cases where the power JV priority used to compensate for reactive loads. At that the generation of reactive power required value and the maximum possible (under these conditions) the effect of load balancing.