DOI: 10.17117/na.2015.11.03.113

Поступила (Received): 30.11.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.11.03.113.pdf>

До Ньы И, Нгуен Ван Куан
Исследование использования прибора FACTS-SSSC
в электрических сетях 500 кв – Вьетнама

Do Nhu Y, Nguyen Van Quan
Study of the use FACTS-SSSC in electric
networks of 500 KV – Vietnam

FACTS является одной из наиболее современных электросетевых технологий, суть которой заключается в том, что электрическая сеть из инерционного устройства передачи электроэнергии превращается в активное устройство, которое участвует в управлении режимами работы сетей электрических. Синхронный компенсатор статический, работающий без внешнего источника энергии, в качестве продольного компенсатора с независимо регулируемым выходным напряжением

Ключевые слова: FACTS-SSSC, напряжение, электрическая сеть

Нгуен Ван Куан

Кандидат технических наук
Горно-геологический университет
Вьетнам, г. Ханой

До Ньы И

Кандидат технических наук
Горно-геологический университет
Вьетнам, г. Ханой

FACTS is one of the most advanced electric grid technology, the essence of which is that the electrical network of the inertial unit of electricity transmission is converted to an active device that participates in the management modes of electrical networks. Static synchronous compensator operating without an external source of energy, as a longitudinal compensator with independently adjustable output voltage

Key words: FACTS-SSSC, voltage electrical network

Nguyen Van Quan

Candidate of Engineering Sciences
University of mining and geology
Vietnam, Hanoi

Do Nhu Y

Candidate of Engineering Sciences
University of mining and geology
Vietnam, Hanoi

Синхронный статический продольный компенсатор (SSSC) – Синхронный компенсатор статический, работающий без внешнего источника энергии, в качестве продольного компенсатора с независимо регулируемым выходным напряжением, сдвинутым по фазе на относительно линейного тока, с целью увеличения или уменьшения суммарного падения напряжения на линии, с помощью чего осуществляется управление передаваемой мощностью. Принцип действия SSSC на примере двухмашинной системы показан на рисунке 1.

Рис. 1. Компенсация с использованием синхронного источника напряжения

Из векторной диаграммы видно, что источник напряжения увеличивает значение напряжения на индуктивности, т.е. линии, и, следовательно, увеличивает значение тока, что приводит к увеличению потока мощности. Это соответствует эффекту последовательного конденсатора. Обеспечивая зависимость выходного напряжения источника напряжения от тока, можно обеспечить компенсацию, аналогичную компенсации с помощью конденсатора:

$$U_q = -jX_c I$$

X_c – реактивное сопротивление конденсатора. Однако с помощью источника напряжения можно поддерживать постоянное значение компенсирующего напряжения независимо от изменений линейного тока. Путем изменения полярности инжектируемого АС напряжения SSSC способен как увеличивать, так и уменьшать поток мощности. Схема продольной реактивной компенсации с переключающимся силовым преобразователем в качестве источника синхронного напряжения называется статическим синхронным продольным компенсатором.

SSSC инжектирует компенсационное напряжение независимо от линейного тока. Так как SSSC является реактивным источником, вектор перпендикулярен проходному (пропускному) току. Таким образом:

$$I = \frac{\bar{U}_1 - \bar{U}_q - \bar{U}_2}{jX} = \frac{1}{jX} (\bar{U}_1 - \bar{U}_2) - \bar{U}_1 \frac{(\bar{U}_1 - \bar{U}_2)}{|\bar{U}_1 - \bar{U}_2|^2} = \frac{j(\bar{U}_2 - \bar{U}_1)}{X} \left(1 - \frac{\bar{U}_q}{|\bar{U}_1 - \bar{U}_2|} \right)$$

Разность соответствует векторной (комплексной) разности между и. Без источника напряжения она будет совпадать с падением напряжения на реактивном сопротивлении. Вектор инжектируемого напряжения имеет тоже направление, что и вектор напряжения источника, определяемое членом $\frac{(\bar{U}_1 - \bar{U}_2)}{|\bar{U}_1 - \bar{U}_2|}$. Выбор вектора U_2 в качестве опорного, т.е. $\bar{U}_2 = U_2$, $\bar{U}_1 = U_1(\cos\delta + j\sin\delta)$, позволяет определить характеристику пропускания из следующего выражения:

$$P_1 = P_2 = P = \Re\{\bar{U}_1 \bar{I}^*\} = \Re\{U_2 \bar{I}^*\} = U_2 \Re\{\bar{I}\}$$

С учетом:

$$\bar{U}_1 - \bar{U}_2 = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 - 2U_1U_2\cos\delta}$$

приходим к формуле:

$$P = \frac{U_1U_2\sin\delta}{X} \left(1 - \frac{U_q}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 - 2U_1U_2\cos\delta}} \right)$$

Таким образом, передаваемая мощность зависит от инжестируемого напряжения. График зависимости передаваемой мощности от транспортного угла приведен на рисунке 2.

Рис. 2. Зависимость передаваемой мощности SSSC от транспортного угла

При равенстве напряжений $U_1=U_2=U$ сводится к выражению:

$$P = \frac{U^2}{X} \sin \delta = \frac{U}{X} U_q \cos(\delta/2)$$

Сетка питания состоит из двух генерирующих подстанций и одного крупного центра нагрузки на шины В₃. Первое поколение подстанция (М₁) имеет рейтинг 2100МВА, представляющих 6 машин 350МВА и другую (М₂) имеет рейтинг 1400МВА, представляющий 4 машины 350МВА. Нагрузка центр примерно 220МВт моделируется с помощью динамической модели нагрузки, где активный и реактивный мощности поглощается нагрузкой является функцией системы. The поколения подстанции М₁, подключенного к этой нагрузке двумя линиями передачи L₁ и L₂. Когда SSSC это байпас, поток мощности к этой большой нагрузке заключается в следующем: 664 потока МВт на L₁ (измеренная при шине В₂), 563 потока МВт на L₂ (измеренная при В₄) и 990 потока МВт на L₃ (измеряется в В₃), SSSC – расположенный на автобусной В₁, в серии с линии L₁. Это имеет рейтинг 100МВА и способен инъеционных до 10% от номинального напряжения системы.

Рис. 3. Модель электрической сети 500КВ Вьетнама на Matlab-simulink

В результате моделирования получаем следующие характеристики системы на рисунке 4.

Рис. 4. Результаты моделирования

Как видно из приведённых осциллограмм электрическое торможение с помощью статического компенсатора типа SSSC значительно повышает устойчивость системы электроснабжения.

Список используемых источников:

1. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии. М.: ЭНАС, 2009.
2. Герасименко А.А., Федин В.Т. Передача и распределение электрической энергии. Ростов на Дону: Феникс, 2006.
3. Куско А. Сети электроснабжения. Методы и средства обеспечения качества энергии. М.: Додэка-XXI, 2010.

© 2015, До Ньы И, Нгуен Ван Куан
Исследование использования прибора FACTS-SSSC в
электрических сетях 500 кВ – Вьетнама

© 2015, Do Nhu Y, Nguyen Van Quan
Study of the use FACTS-SSSC in electric networks of
500 KV – Vietnam