

ПРИМЕНЕНИЕ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НОВОГО КЛАССА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕВЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ УСТРОЙСТВ

Козлова С.А.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Фурсанов М.И.

В настоящее время в мире особое внимание уделяется развитию “интеллектуальных” энергосистем [1]. Важным элементом “интеллектуальных” энергосистем являются устройства управляемых систем электропередачи переменного тока, основным свойством которых является возможность изменения параметров ВЛ. Это позволяет существенно снизить влияние неоднородности параметров ВЛ различных классов напряжения на потокораспределение и тем самым уменьшить потери мощности и повысить пропускную способность сети и качество напряжения.

Рассмотрим четыре типа распределенных управляемых сетевых устройств: распределенные статические компенсаторы последовательного включения (DSSC), распределенные реакторы последовательного включения (DSR), распределенные конденсаторы последовательного включения (DSC), концентрированные статические компенсаторы последовательного включения (TRU)[2-5].

Преимуществами устройств D-FACTS являются:

- меньшая стоимость и сложность по сравнению с традиционными устройствами FACTS;

- отсутствие затрат на обустройство землеотвода на подстанции;
- установка на проводах ВЛ без нарушения их целостности вблизи опор или на них.

В качестве областей применения распределенных управляемых сетевых устройств рассматриваются:

- увеличение эффективности использования существующих сетей;
- управление контурными потоками мощности;
- повышение адаптации энергосистем к подключению электростанций, использующих возобновляемые источники энергии;
- обеспечение возможности задержки или отказа от строительства новых ЛЭП;
- фазовая балансировка;
- повышение статической и динамической устойчивости; снижение риска нарушения устойчивости энергосистемы в виде лавины напряжения;
- повышение способности энергосистемы противостоять аварийным возмущениям.

Степень и характер изменения сопротивления ВЛ зависит от количества установленных на ней модулей DSSC и характера их работы. Исходное индуктивное сопротивление ВЛ может быть увеличено посредством включения N модулей DSSC на величину $N \cdot X_L$ или же уменьшено за счет внесения в нее N модулями DSSC емкостного сопротивления $N \cdot X_C$. При этом в работе могут находиться как все установленные на ВЛ модули DSSC, так и их часть. [2-10].

Применение в модулях D-FACTS инверторов с широтно-импульсной модуляцией позволяет осуществлять плавное регулирование реактивного сопротивления, вносимого в линию электропередачи, в том числе с изменением характера реактивного сопротивления (с индуктивного на емкостное и наоборот).[2-5]

Применение модуля DSR может обеспечить увеличение реактивного сопротивления ВЛ на 0,015 Ом, а величина вносимого одним модулем TRU реактивного сопротивления может достигать ± 2 Ом, что позволяет оказывать большее влияние на индуктивное сопротивление ВЛ [11,12].

Модульное выполнение устройств D-FACTS обеспечивает высокую надежность и небольшое время ввода в действие (например, среднее время установки одного модуля DSR на ВЛ 161 кВ энергокомпании Tennessee Valley Authority, США, составило примерно 15

мин.). Также модули D-FACTS при необходимости могут быть относительно просто перенесены на другие ВЛ.

В качестве примера оценки эффективности применения устройств D-FACTS в энергосистемах за рубежом можно указать два исследования:

1. Исследование целесообразности применения устройств D-FACTS в энергосистеме Бразилии, выявившее экономию в затратах на развитие электрической сети до 30 млн.долл. США[9].
2. Исследование по оптимизации режимов работы энергообъединения Восточного побережья США, показавшее, что установка 3000 модулей D-FACTS на 6 ВЛ позволит уменьшить полные затраты на 1,4 % и снизить среднюю узловую маржинальную стоимость электроэнергии на 6,1 % [10].

Анализ возможности применения устройств D-FACTS в энергосистемах России показал:

- наличие потенциально возможных ЛЭП 110-220 кВ для установки модулей D-FACTS;
- применение модулей DSR на ВЛ 220 кВ может рассматриваться как средство перераспределения мощности между ВЛ при наличии перегрузки одной или более ВЛ при электроснабжении потребителей от закольцованной сети 220 кВ, работающей параллельно с сетью 500кВ;
- применение модулей DSC может рассматриваться как средство перераспределения потоков мощности и повышения пропускной способности ЛЭП 220 кВ в энергосистемах, где сети 220 кВ выполняют системообразующие транзитные функции (энергосистемы Республики Коми, Архангельской и Сахалинской обл., Республики Саха и др.) [13].

Литература

1. В.И. Кочкин, Ю.Г. Шакарян. Применение гибких (управляемых) систем электропередачи переменного тока в энергосистемах. М.: Топус Пресс.2011.
2. D. Divan. Distributed Intelligent Power Networks – A New Concept for Improving T&D System Utilization and Performance// T&D Workshop. CMU. Dec. 15-16, 2004.
3. D. Divan. Improving Power Line Utilization and Performance with D-FACTS Devices: <https://web.fe.up.pt>
4. D. Divan, W.E. Brumsickle, R.S. Schneider, B. Kranz, R.W. Gascoigne, D.T. Bradshaw, M.R. Ingram, I.S. Grant, A. Distributed Static Series Compensator System for Realizing Active Power Flow Control on Existing Power Lines // IEEE Trans. on Power Delivery.2007. V. 22. No 1.
5. D. Divan, H. Johal. Distributed FACTS Devices – A New Concept for Realizing Grid Power Control // IEEE Trans. Power Electronics. 2007. V. 22. Is. 6.
6. H. Johal, D. Divan. Design Consideration for Series – Connected Distributed FACTS Converters // IEEE Trans. Industrial Applications. 2007. V. 43. Is. 6.
7. A. Sadikovic. Power Flow Control for the Grid. Smart Wire Grid, Inc. January 22,2013: <http://www.powerworld.com>
8. Smart Wires Impact: Case Studies.2015: smartwires.com
9. Technology Solutions for Increasing Capacity and Reliability of Transmission Grid / Smart Wire Grid, Inc. Oakland, CA: smartwires.com
10. M. Laufenberg. D-FACTS Devices in Power World Simulator. 2014: www.powerworld.com
11. В.Г. Холмский. Расчет и оптимизация режимов электрических сетей. М.: Высшая школа. 1975.
12. Н.А. Мельников, С.С. Рокотян, А.Н. Шеренцис. Проектирование электрической части воздушных линий электропередачи 330-500 кВ. М.: Энергия.1974.
13. В.А. Баринов, А.С. Маневич, А.С. Мурачев. Применение в энергосистемах нового класса распределенных сетевых управляемых устройств // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2016. №3.