

УДК 621

## ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВ СТАТКОМ

Егоров А.Н., студент гр. ЭПмз-191, I курс

Научный руководитель: Воронин В.А., старший преподаватель  
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

В сегодняшних, рыночных условиях появляется необходимость в увеличении надежности электроснабжения, увеличении пропускной способности электрических сетей, а также в гибком и постоянном управлении режимами работы энергосистемы.

Одним из методов удовлетворения данных потребностей, может быть применение гибких систем электропередач Flexible Alternative Current Transmission System – FACTS.

Основную часть устройств FACTS составляет силовая электроника на базе различных разновидностей преобразователей напряжения, которые содержат управляемые полупроводниковые вентили.

Среди устройств FACTS выделяются: статический компенсатор реактивной мощности (СТК), стационарный последовательный конденсатор с тиристорным управлением, шунтирующие реакторы, устройства продольной компенсации (УПК), синхронный статический компенсатор (СТАТКОМ), компенсатор реактивной мощности на базе преобразователя напряжения, асинхронизированный синхронный компенсатор (АСК), фазовращательный трансформатор (ВФТ), объединенный регулятор потоков мощности (ОРПМ) и так далее [1].

Среди всего многообразия устройств FACTS мы рассмотрим подробнее СТАТКОМ.

СТАТКОМ основан на запираемых транзисторах Gate Turn-off Thyristor, Integrate Gate Commutated Thyristor и мощных биполярных транзисторах с изолированным затвором Insulated Gate Bipolar Transistors с быстродействующими диодами. Принцип работы основан на формировании необходимых мгновенных значений токов и напряжений, которые в свою очередь потребляются на входе устройства, за счет векторного управления и широтно-импульсной модуляции [2].

Применение СТАТКОМ значительно увеличивает пропускную способность линий электропередач, а так же поддерживает уровень качества электроэнергии [3].

На данный момент СТАТКОМ уже применяется в ряде стран мира, в России применяются только пилотные проекты. Разберем пару примеров этого устройства.

В качестве первого примера рассмотрим установку устройств FACTS, включая СТАТКОМ в Чили.

В 2011 году в Чили компанией АВВ была установлена система FACTS, включающая СТАТКОМ. Целью установки было увеличение пропускной способности системы электроснабжения за счет повышения стабильности системы в условиях статической устойчивости, а также в случае неисправностей в сети.

Центральная взаимосвязанная система электроснабжения снабжает электроэнергией 90 % населения страны. Компания Transelec SA, основной оператор передающей сети, который управляет объектами электросетевого хозяйства в диапазоне напряжений от 500 кВ до 66 кВ.

Рост производства электроэнергии в Чили, как правило, не сопровождается соответствующим увеличением пропускной способности сетей. В Чили, как и в других странах мира, строительство новой энергетической инфраструктуры встречает все больше противодействия.

Установленная система включает в себя устройство СТАТКОМ, расположенный на подстанции Cerro Navia 220кВ с реактивной мощностью в диапазоне -65/+140 Мвар.

Установленные устройства FACTS выполнили следующие общие задачи:

- регулирование и контроль напряжения сети 220 кВ в условиях нормальной статической устойчивости, а также в случае неисправностей в сети;
- осуществление динамического экстренного регулирования реактивной мощности после нарушений работы системы, таких как короткие замыкания в сети, отключения линий или генераторов, особенно в периоды максимальных перетоков мощности;
- увеличение пропускной способности сети [4].

Следующим примером будет проект Holly, Texas.

В 2005 году государственная энергокомпания Austin Energy, обслуживающая г. Остин, штат Техас, и его окрестности, использует в своей системе электропитания 138 кВ поставленное АВВ устройство СТАТКОМ. СТАТКОМ с диапазоном реактивной мощности -80/+110 Мвар заменил электростанцию на жидком топливе, построенную в 1960-х — начале 1970-х годах. В связи с возрастом электростанции и сокращением ее использования, наличием более рентабельных источников электроэнергии и озабоченностью жителей близлежащих районов шумом и другими экологическими факторами компания Austin Energy решила закрыть электростанцию.

Вывод из эксплуатации электростанции без запуска надежного динамического источника реактивной мощности имел бы пагубные последствия для стабильности напряжения системы электропередачи. Так как в этом регионе действует множество высокотехнологичных потребителей электроэнергии. Поэтому возможность оперативного реагирования при посадках напряжения стала основным требованием Austin Energy. Решением была установка СТАТКОМ компании АВВ, также известный как SVC Light®, в котором используются силовые полупроводники на основе биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT) [5].

В Китае так же установили устройства СТАТКОМ в области дельты реки Перл с диапазоном  $-200/+200$  Мвар. Пуск был произведен в 2011 году [6].

В России существуют проекты устройств СТАТКОМ, среди них можно выделить функциональные испытания образца, включающего два устройства СТАТКОМ компании АО "Нидек АСИ ВЭИ" на напряжение 35 кВ и номинальную мощность  $\pm 100$  Мвар, дали следующие результаты:

- быстродействие в режиме малого сигнала. Время отклика (задержки) на ступенчатое изменение уставки не превышает 4 мс;

- резервирование силовой части. Полное восстановление работы СТАТКОМА происходит через 0,26 сек после пробоя любого моста.

- высшие гармоники. Суммарный уровень высших гармоник до 50 порядка в выходном токе составил около 1,2%.

- потери. Суммарные потери не превысили 2,1 МВт или 1,05% от полной реактивной мощности установки [7].

Во Франции из-за увеличения количества железнодорожного транспорта и скорости движения поездов, наблюдается снижение качества электроэнергии. В основном, это выражается в несимметрии напряжения, создаваемой однофазным присоединением железнодорожных подстанций к национальной трехфазной сети передачи и распределения электроэнергии.

Анализ ситуации показал, что необходимо такое решение, которое станет эффективным и рентабельным инструментом балансировки тяжелых и сильно изменяющихся во времени однофазных нагрузок, а также активной фильтрации высших гармоник в результате работы поездов. SVC Light (СТАТКОМ) отвечает всем этим требованиям. Такая система обладает способностью генерировать напряжение любой амплитуды и фазового угла. Напряжение можно регулировать как по амплитуде, так и по фазе и частоте. Так же есть возможность синтезировать напряжения обратной последовательности, что необходимо для балансировки нагрузок

Установка SVC Light (СТАТКОМ) обеспечила соответствие требованиям по допустимым колебаниям напряжения, асимметрии фаз и гармоническим искажениям [8].

Система SVC Light (СТАТКОМ) компании АВВ на 13,2 кВ, 0-64 Мвар, была установлена на заводе в Шарлотте, Северная Каролина, США, на котором используется электродуговая печь непрерывной загрузки для производства стали. Печи получают электроэнергию от сети питания 100 кВ. Регулирование, осуществляемое SVC Light (СТАТКОМ) с высоким быстродействием, позволит улучшить качество электроэнергии, а именно снизить уровень генерируемого фликера. Система станет ценным источником других преимуществ, таких как повышение производительности и сокращение удельных затрат на эксплуатацию. Устройство было установлено компанией АВВ и введено в эксплуатацию в конце 2006 года [9].

Следующим случаем применения устройством СТАТКОМ является установка системы SVC Light (СТАТКОМ) компании АВВ на производстве в г. Чжанцзягн, Китай.

Система SVC Light (СТАТКОМ) 35 кВ, была установлена на новом сталелитейном производстве компании Zhangjiagang Pohang Stainless Steel Co в Восточном Китае, на котором используется очень мощная электродуговая печь (ЭДП) для производства нержавеющей стали. ЭДП 35 кВ, 0-164 МВА получает питание от электросети общего пользования 220 кВ. К величине фликера в точке общего присоединения к сети предъявляются очень строгие требования. По этой причине пуск и эксплуатация завода были невозможны без корректирующих мер, которые обеспечивали бы соответствие электросетевым нормативам при работе ЭДП. Во время работы SVC Light удается достичь коэффициента уменьшения фликера  $> 5$  [10].

В табл. 1 сведены места и дата рассмотренных устройств СТАТКОМ.

Таблица 1.

Устройство	Мощность	Место установки	Производитель	Дата установки
SVC Light (СТАТКОМ)	-65/+140 Мвар	Подстанция Cerro Navia 220кВ, Чили	ABB (Швеция)	2011
SVC Light (СТАТКОМ)	-80/+110 Мвар	г. Остин, штат Техас, США	ABB (Швеция)	2005
СТАТКОМ	-200/+200 Мвар	Область дельты реки Перл, Китай	CSG и Rongxin Power Electronic Co.(Китай)	2011
СТАТКОМ	(-100/+100 Мвар)	China Southern Power Grid, Китай	АО "Нидек АСИ ВЭИ" (Россия)	2011
SVC Light (СТАТКОМ)	Нет данных	Франция	ABB (Швеция)	2010
SVC Light (СТАТКОМ)	0-64 Мвар	Северная Каролина, США	ABB (Швеция)	2006
SVC Light (СТАТКОМ)	0-164 Мвар	г. Чжанцзяган, Китай	ABB (Швеция)	2011

Сегодня на рынке СТАТКОМ предлагают такие компании как ABB, Siemens, Merus Power, Нидек АСИ ВЭИ и другие.

Таким образом, устройство СТАТКОМ и остальные устройства FACTS являются перспективным средством решения установленных проблем. На сегодня применение устройств FACTS является одним из приоритетов в развитии энергетики в мире. В нашей стране на данный момент единичны случаи применения данных устройств, в отличие от Европы, но ведутся разработки и испытания устройств, которые не уступают зарубежным аналогам.

## Список литературы

1. Шакарян, Ю.Г. Методика оценки технико-экономической эффективности применения устройств FACTS в ЕНЭС России. /Ю.Г. Шакарян. – Москва: открытое акционерное общество «федеральная сетевая компания единой энергетической системы», 2009. – 35 с.
2. «Сильные сети» на базе FACTS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://studme.org/138522/tehnika/silnye\\_seti\\_baze\\_facts](https://studme.org/138522/tehnika/silnye_seti_baze_facts) (дата обращения 03.03.2020).
3. Тухватуллин, М.М. Анализ современных устройств FACTS, используемых для повышения эффективности функционирования электроэнергетических систем России. /М.М. Тухватуллин. – Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2015. – 6 с.
4. Проект Cerro Navia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://new.abb.com/facts/ru/vypolnennye-proekty/proekt-cerro-navia> (дата обращения 10.03.2020).
5. Проект Holly, Texas [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://new.abb.com/facts/ru/vypolnennye-proekty/proekt-holly-texas> (дата обращения 16.03.2020).
6. China Installs STATCOM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tdworld.com/digital-innovations/article/20963304/china-installs-statcom> (дата обращения 19.03.2020).
7. Статический генератор реактивной мощности (СТАТКОМ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nidec-asi-vei.ru/produksiya/statkomi-dlya-nuzhd-promishlennosti-i-energetiki/> (дата обращения 20.03.2020).
8. Проект Evron, France [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://new.abb.com/facts/ru/vypolnennye-proekty/proekt-evron> (дата обращения 21.03.2020).
9. Производство Gerdau в г. Шарлотт, США [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://new.abb.com/facts/ru/vypolnennye-proekty/proekt-gerdau> (дата обращения 21.03.2020).
10. Производство в г. Чжанцзяган, Восточный Китай [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://new.abb.com/facts/ru/vypolnennye-proekty/proekt-zhangjiagang> (дата обращения 22.03.2020).