

УДК 621.316

Г.А. КОНДУЛЕВИЧ, студент гр. ЭЛб-221 (КузГТУ)
Научный руководитель В.А. СЫТНИК, старший преподаватель (КузГТУ)
г. Кемерово

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТКОМ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

В связи с естественным развитием электрических сетей, вызванным ростом числа участников производства, транспорта и потребления электрической энергии, возрастают электрические потери, которые напрямую зависят от протекающих по сети потоков мощности [1].

Для управления режимом сети можно использовать компенсацию реактивной мощности в узлах электрической сети [1].

Необходимость компенсации реактивной мощности обусловлена следующими факторами:

- сетевые компании обязаны обеспечить передачу энергии с лучшими технико-экономическими показателями и поддержание параметров качества электрической энергии на уровне, соответствующему ГОСТу 32144-2013, который устанавливает требования к качеству электроэнергии, включая нормы по коэффициенту мощности;

- уменьшение потерь в линиях: компенсация реактивной мощности снижает потери в линиях электропередачи, что приводит к снижению потерь на транспорт электроэнергии;

- повышение стабильности сети: снижение реактивной мощности повышает стабильность напряжения в сети и минимизирует риск аварийных ситуаций;

- увеличение пропускной способности: снижение реактивной мощности позволяет передавать больше активной мощности по сети, что увеличивает ее пропускную способность;

- возможность выполнить договорные обязательства по уровню $\cos \varphi$: многие сетевые компании устанавливают штрафы за низкий коэффициент мощности ($\cos \varphi$), чтобы стимулировать потребителей к компенсации реактивной мощности. Компенсация реактивной мощности позволяет потребителю поддерживать заданный уровень $\cos \varphi$, избегая штрафов от сетевых компаний;

- снижение затрат на электроэнергию: понижение реактивной мощности снижает потери в сети предприятия, что приводит к уменьшению потребления электроэнергии и, соответственно, к сокращению затрат на нее.

С этими задачами поможет справиться СТАТКОМ [2].

СТАТКОМ – это устройство статической компенсации реактивной мощности, предназначенное для регулировки реактивной мощности в широком диапазоне, обеспечения симметрии нагрузки в фазах, минимизации гармонических составляющих тока и напряжения, а также поддержание стабильного напряжения в точке подключения.

В упрощенном виде «СТАТКОМ» представляет собой систему, построенную на основе управляемых полупроводниковых элементов силовой электроники (тириستоров или транзисторов).

Внутренняя структура силовой части СТАТКОМ представлена на рисунке 1.

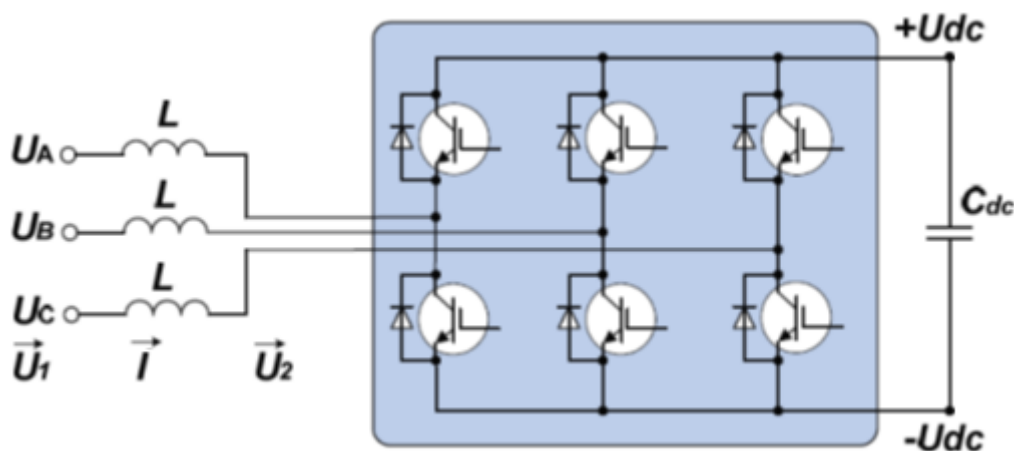


Рис. 1. Внутренняя структура силовой части СТАТКОМ

Силовая часть СТАТКОМ состоит из мощных полупроводниковых преобразователей, таких как:

- IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor). Это основной элемент силовой части. IGBT сочетает в себе преимущества как биполярных транзисторов, так и MOSFET, обеспечивая высокую скорость переключения и низкие потери энергии. Они используются для преобразования постоянного тока в переменный и для управления величиной реактивной мощности;
- MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor). В некоторых случаях могут использоваться MOSFET, особенно в системах, где требуется высокая частота переключения;
- Конденсаторы. Используются в качестве звена постоянного тока для накопления и выдачи мощности.

Эти компоненты обеспечивают преобразование и управление электрической мощностью. Силовая часть отвечает за генерирование и поглощение реактивной мощности, что позволяет компенсировать её недостаток или избыток в сети.

СТАТКОМ может выполнять следующие функции:

- 1) динамическая компенсация реактивной мощности;
- 2) поддержание заданного уровня напряжения;
- 3) приведение параметров сети к симметричной синусоидальной системе;
- 4) устранение колебаний системы.

В данной статье мы остановимся на рассмотрении процесса компенсации реактивной мощности. Для понимания процесса рассмотрим схему подключения СТАТКОМ в сеть, представленную на рисунке 2 [3].

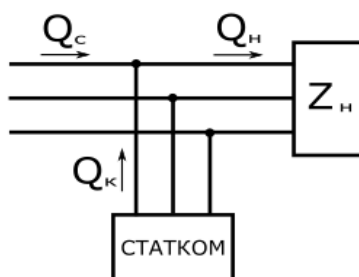


Рис. 2. Схема подключения СТАТКОМ в сеть

Чтобы уменьшить реактивную мощность, проходящую по сети Q_c , нужно увеличить реактивную мощность СТАТКОМа (Q_k).

$$Q_c = Q_n - Q_k \quad (1)$$

где Q_c – реактивная мощность потребляемая из сети; Q_n – реактивная мощность потребляемая нагрузкой; Q_k – реактивная мощность компенсации СТАТКОМ;

Для сравнения работы сети со СТАТКОМ и без него, рассмотрим векторные диаграммы. На рисунке 3 можно увидеть, наглядную, схему подключения нагрузки без СТАТКОМа. Векторная диаграмма сети с нагрузкой без СТАТКОМа, показана на рисунке 4.

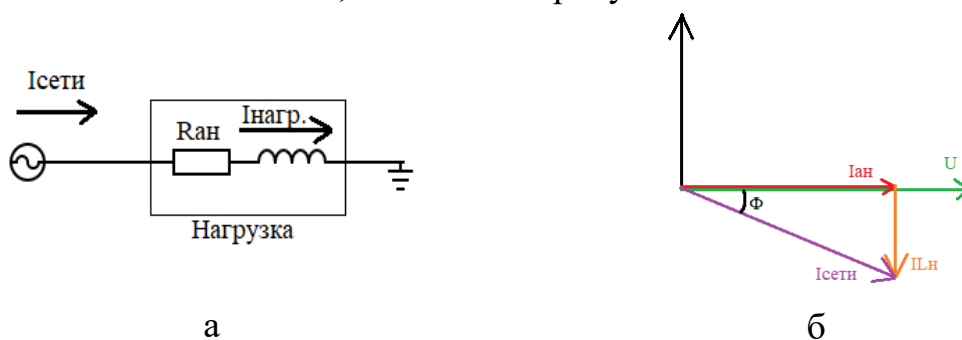


Рис. 3. Схема подключения нагрузки (а) и векторная диаграмма (б) без СТАТКОМ: $I_{сети}$ – ток сети, $R_{ан}$ – активное сопротивление нагрузки, $I_{нагр}$ – ток нагрузки

$I_{\text{сети}} = I_{\text{нагр}}$ – ток сети и ток нагрузки равны, так как участок сети и нагрузка фактически являются одной ветвью.

$I_{\text{ан}}$ – активная составляющая тока нагрузки.

$I_{\text{Лн}}$ – индуктивная составляющая тока нагрузки.

А теперь рассмотрим сеть, в которую был включен СТАТКОМ. На рисунке 4 показана схема подключения нагрузки в сеть со СТАТКОМом.

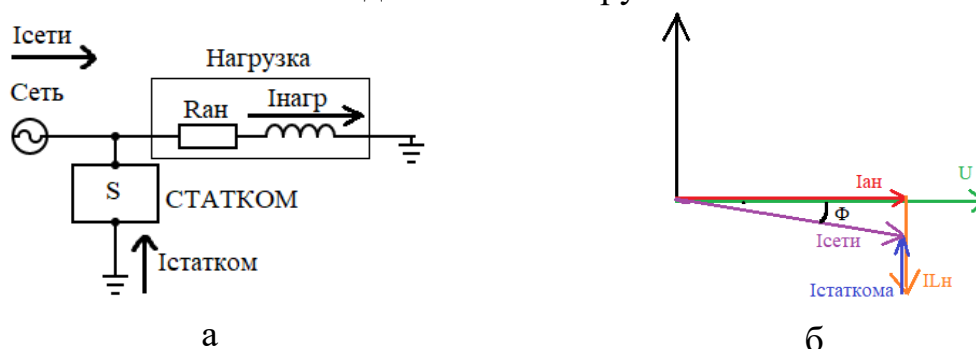


Рис. 4. Схема подключения нагрузки в сеть (а) и векторная диаграмма (б) со СТАТКОМ: $I_{\text{статком}}$ – реактивная составляющая тока СТАТКОМ

Сравнив векторные диаграммы на рисунках 3 и 4, можно заметить, что при подключении в сеть СТАТКОМ, угол ϕ , значительно уменьшился. Что говорит о том, что реактивная нагрузка уменьшилась. Чем ближе коэффициент мощности $\cos \phi$ к заданному значению, тем выше качество электроэнергии.

С одной стороны, уменьшение реактивной составляющей тока сети привело к уменьшению тока сети и как следствие снижению потерь уже активной мощности в линии, которая зависит от квадрата протекающего тока. С другой стороны, потребитель выполняет договорные обязательства по $\cos \phi$.

СТАТКОМ, как современное устройство для компенсации реактивной мощности, предлагает значительный потенциал для повышения эффективности и надежности электрических сетей.

В целом, использование СТАТКОМ представляет собой перспективное решение для модернизации систем электроснабжения и обеспечения высокого качества электроэнергии в соответствии с современными требованиями к эффективности и надежности.

Дополнительные исследования и разработки в области СТАТКОМ могут способствовать дальнейшему улучшению их характеристик и расширению области применения.

Список литературы:

1. Шакурин И.В. Регулирование напряжения в электрических сетях / Шакурин И.В., Сытник В.А. // VI Всероссийская научно-практическая конференция «Энергетика и энергосбережение: теория и практика» 8-10 декабря 2021 года. – 2021. – С. 252-1 – 252-3.

2. Моргунов В.И. Повышение качества электроэнергии на тяговых подстанциях / Моргунов В.И., Михо И.О., Осинцева В.В., Сытник В.А. // VI Всероссийская научно-практическая конференция «Энергетика и энергосбережение: теория и практика» 8-10 декабря 2021 года. – 2021. – С. 422-1 – 422-3.

3. Монастыренко Р.А. Энергосбережение на горных предприятиях / Р.А. Монастыренко Р.А., Шакурин И.В., Сытник В.А. // III Всероссийская (с международным участием) молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ» 12-14 ноября 2020 года. – 2020. – С. 242-1 – 242-4.

Информация об авторах:

Кондулевич Глеб Артемович, студент гр. ЭЛб-221, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, 212111@kuzstu.ru

Сытник Владимир Анатольевич, старший преподаватель, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, sytnikva@kuzstu.ru