

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12542234>

АНАЛИЗ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Пахратдинов Асаматдин¹

a_paxratdinov@nkski.uz

Мухаммеддинова Умида¹

muxammeddinovaumida@gmail.com

Набиева Наргиза¹

nabievanargiza441@gmail.com

Нукус кончилик институти¹

АННОТАЦИЯ

Компенсация реактивной мощности играет важную роль в поддержании стабильности напряжения и повышении эффективности работы энергосистем. В данной статье представлен подробный анализ методов компенсации реактивной мощности, включая использование батарей конденсаторов, синхронных компенсаторов, статических компенсаторов реактивной мощности (SVC) и силовых электронных преобразователей. Обсуждаются теоретические основы, математические модели и практические реализации, поддержанные иллюстрациями и формулами.

ВВЕДЕНИЕ

Реактивная мощность необходима для стабильности и эффективности работы электрических систем переменного тока (АС), так как она помогает поддерживать уровни напряжения, необходимые для работы индуктивных нагрузок. В данной статье рассматриваются различные методы компенсации реактивной мощности для повышения производительности энергосистем.

Теоретические основы

Реактивная мощность в системах переменного тока

Реактивная мощность Q — это мощность, которая колеблется между источником и реактивными компонентами (индукторами и конденсаторами) в системе. Она измеряется в вольт-амперах реактивных (ВАР) и определяется по формуле: $Q = UI \sin \gamma$ где U — напряжение, I — ток, а $\sin \gamma$ — угол сдвига фаз между ними.

Коэффициент мощности и реактивная мощность

Коэффициент мощности (P_F) измеряет, насколько эффективно используется электрическая мощность. Он определяется как отношение активной мощности P к полной мощности S : $P_F = \frac{P}{S} = \cos \gamma$.

Методы компенсации реактивной мощности

1. Батареи конденсаторов

Батареи конденсаторов обеспечивают опережающую реактивную мощность, компенсируя отстающую реактивную мощность, потребляемую индуктивными нагрузками. Реактивная мощность, предоставляемая батареей конденсаторов Q_c , определяется по формуле:

$$Q_c = V^2 \omega C$$

где V — напряжение, ω — угловая частота, а C — емкость.

2. Синхронные компенсаторы

Синхронные компенсаторы — это синхронные машины, работающие без механической нагрузки. Регулируя возбуждение, они могут генерировать или поглощать реактивную мощность. Реактивная мощность Q , генерируемая или поглощаемая синхронным компенсатором, определяется по формуле:

$$Q = VI_f \sin \gamma$$

где I_f — ток возбуждения.

3. Статические компенсаторы реактивной мощности (SVC)

SVC — это силовые электронные устройства, обеспечивающие динамическую компенсацию реактивной мощности. Они состоят из управляемых тиристорами реакторов (TCR) и переключаемых тиристорами конденсаторов (TSC). Реактивная мощность Q SVC может динамически регулироваться, изменяя углы включения тиристорov.

4. Силовые электронные преобразователи

Силовые электронные преобразователи, такие как инверторы, могут использоваться для управления потоком реактивной мощности в системах, где генераторы постоянного тока (DC) подключены к сетям переменного тока. Стратегия управления включает регулировку угла фазы и амплитуды выходного напряжения.

Анализ стратегий компенсации реактивной мощности

Батареи конденсаторов

Батареи конденсаторов являются простым и экономичным решением для компенсации реактивной мощности в стационарных условиях. Однако они менее эффективны в динамических ситуациях из-за своей статической природы.

Синхронные компенсаторы

Синхронные компенсаторы обеспечивают динамическую компенсацию реактивной мощности и могут быстро реагировать на изменения нагрузок. Они сложнее и дороже по сравнению с батареями конденсаторов, но предлагают лучшую производительность.

Статические компенсаторы реактивной мощности (SVC)

SVC обеспечивают быструю и непрерывную компенсацию реактивной мощности. Они особенно эффективны в системах с частыми и значительными колебаниями нагрузок, поддерживая стабильность напряжения и улучшая надежность системы.

Силовые электронные преобразователи

Силовые электронные преобразователи обеспечивают точный контроль над потоком реактивной мощности, что делает их идеальными для подключения

генераторов постоянного тока к сетям переменного тока. Передовые алгоритмы управления повышают их производительность, делая их наиболее адаптируемым решением для компенсации реактивной мощности.

Примеры и практические реализации

Промышленные применения

В промышленных условиях батареи конденсаторов и SVC широко используются для управления реактивной мощностью. Например, на производственном предприятии с переменными нагрузками динамическая компенсация, обеспечиваемая SVC, помогает поддерживать стабильность напряжения и снижать затраты на энергию.

Результаты моделирования

Исследования с использованием моделирования сравнивают производительность различных методов компенсации реактивной мощности. На рисунках 1 показаны стабильность напряжения и поток реактивной мощности в системе с компенсацией и без нее.

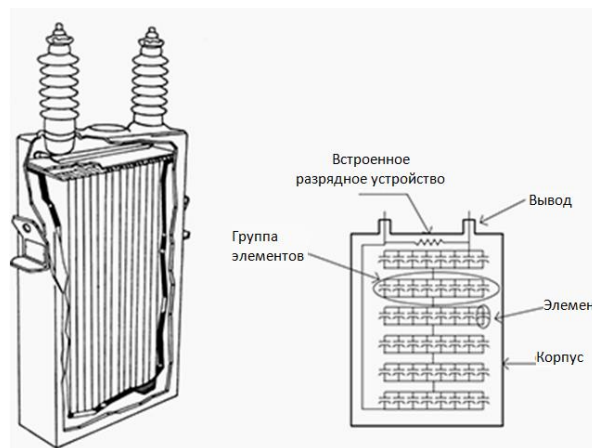


Рисунок 1: Стабильность напряжения с батареями конденсаторов

Заключение

Эффективная компенсация реактивной мощности необходима для поддержания стабильности напряжения и повышения эффективности работы энергосистем. Батареи конденсаторов, синхронные компенсаторы, SVC и силовые электронные преобразователи обладают уникальными преимуществами. Выбор метода зависит от конкретных требований системы, включая изменчивость нагрузки и

экономические соображения. В будущем исследования должны быть направлены на интеграцию передовых алгоритмов управления и гибридных решений для оптимизации управления реактивной мощностью.

Будущие исследования

Дальнейшие исследования должны сосредоточиться на интеграции новейших технологий, таких как инверторы с функцией формирования сети и алгоритмы машинного обучения для управления реактивной мощностью в реальном времени в гибридных системах АС-DC. Также важно изучить экономические последствия и затраты жизненного цикла различных стратегий компенсации для предоставления ценных рекомендаций для принятия решений.

Список литературы

- Кундур, П. (1994). *Стабильность и управление энергосистемами*. McGraw-Hill.
- Андерсон, П. М., & Фуад, А. А. (2003). *Управление и стабильность энергосистем*. Wiley-IEEE Press.
- Хингорани, Н. Г., & Гюгий, Л. (2000). *Понимание FACTS: концепции и технологии гибких систем передачи переменного тока*. Wiley-IEEE Press.
- Мохан, Н., Унделанд, Т. М., & Роббинс, В. П. (2003). *Силовая электроника: преобразователи, применения и проектирование*. Wiley.
- Rasulov A. N., Paxratdinov A. D. Modes and technological features of electrolysis consumers of electricity //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 384. – С. 01035.
- Paxratdinov A. D., Abdiramanova Z. U. ELEKTR ENERGIYA SAPASIN ELEKTR ENERGIYA ISIRAPINA TÁSIRIN ÚYRENIW HÁM HARAКTERISTIKALAW //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 1 SPECIAL. – С. 233-236.

- Gayipov I. K., Paxratdinov A. D., Kurbanbayev M. A. QUYOSH ELEKTR STANSIYALARIDA SAMARADORLIKNI OSHIRISH: BARQAROR ENERGIYA SARI YO‘L //GOLDEN BRAIN. – 2024. – Т. 2. – №. 4. – С. 201-205.
- Пахратдинов А. и др. ПРИОРИТЕТНЫЕ ПУТИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11277609> //International scientific and practical conference. – 2024. – Т. 1. – №. 2. – С. 278-281.
- Сапаров Б. и др. ПРИОРИТЕТЫ ШИРОКОГО ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТИЗАЦИИ В АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11280059> //International scientific and practical conference. – 2024. – Т. 1. – №. 2. – С. 320-323.
- Пахратдинов А. и др. ИССЛЕДОВАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ ПЛАТЫ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11272359> //International scientific and practical conference. – 2024. – Т. 1. – №. 2. – С. 225-231.
- Rakhmonov, I., Shayumova, Z., Obidov, K., & Paxratdinov, A. (2024, June). Algorithm for creating sketches to form a 3D diagram of an educational simulator in the subject of fundamentals of power supply. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3152, No. 1). AIP Publishing.