

УДК621.318.1

Кривогузов М.М.

студ. гр. Е-914м НУ «Запорізька політехніка»

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СТАТИЧНОГО КОМПЕНСАТОРА РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ В ЕНЕРГОСИСТЕМАХ

Сучасні енергосистеми стикаються з викликами, пов'язаними з підтримкою стабільності та якості електроенергії. Зростання навантажень, інтеграція відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та необхідність забезпечення високої якості електроенергії роблять регулювання напруги критично важливим. Коливання напруги, спричинені змінним навантаженням та генерацією ВДЕ, можуть призвести до нестабільності системи та пошкодження обладнання. Промислові підприємства з їхніми потужними та змінними навантаженнями особливо чутливі до коливань напруги. У цьому контексті статичні компенсатори реактивної потужності (SVC) виступають ефективним рішенням. Вони забезпечують швидке та ефективне регулювання напруги, компенсуючи реактивну потужність у реальному часі.

SVC є економічно вигідною альтернативою традиційним синхронним компенсаторам, особливо для промислових мереж. Вони дозволяють покращити стабільність системи, зменшити втрати потужності та підвищити якість електроенергії.

Методологія дослідження. Дослідження спрямоване на розробку математичної моделі SVC для систем високої напруги (500 кВ, 50 Гц, 3000 МВА). Для цього використовується програмний комплекс MATLAB з пакетами Simulink та SimPowerSystems. Моделювання в MATLAB дозволяє застосовувати фазорне моделювання для аналізу стаціонарних режимів та отримувати точні результати для складних енергосистем.

Модель розроблена для системи високої напруги, що відповідає реальним умовам електропередачі, що забезпечує практичну застосовність результатів. Використання програмного комплексу MATLAB з пакетами Simulink та SimPowerSystems забезпечує потужний інструмент для моделювання енергосистем. Це особливо важливо для складних енергосистем, де необхідно враховувати велику кількість компонентів та їхню взаємодію.

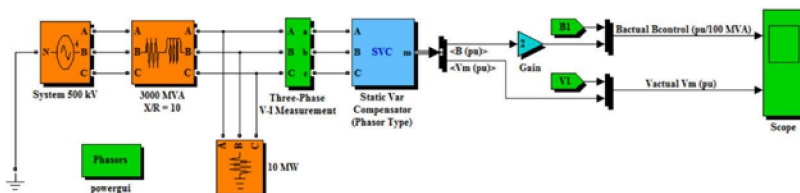


Рисунок 1 - Графічне представлення математичної моделі SVC

Архітектура SVC та принципи роботи Тиристорні комутатори ємнісних батарей (TSC) та керовані реактори (TCR) забезпечують швидке перемикання реактивної потужності.

Це дозволяє SVC реагувати на зміни напруги в реальному часі. Блоки вимірювання параметрів мережі забезпечують точну інформацію про стан системи. Інтелектуальний регулятор визначає необхідну величину реактивної потужності для підтримки напруги на заданому рівні. Генератор імпульсів керування забезпечує синхронізоване та точне керування тиристорами.

Математична модель та результати досліджень. Вольт-амперні характеристики SVC відображають залежність реактивного струму (I_{SVC}) від напруги (V) в точці підключення SVC. Ці характеристики показують здатність SVC регулювати напругу шляхом зміни реактивного струму. Формула для розрахунку реактивної потужності SVC (Q_{SVC}) дозволяє визначити необхідний реактивний струм для підтримки заданої напруги:

$$Q_{SVC} = V_2 / X_{SVC}, \quad (1)$$

де V - напруга в точці підключення SVC, В;

X_{SVC} - реактивний опір SVC, який регулюється тиристорними комутаторами.

Аналіз впливу параметрів регулятора на стабільність системи. Регулятор SVC визначає величину реактивного струму, необхідного для підтримки заданої напруги. Параметри регулятора, такі як коефіцієнт підсилення та час інтегрування, впливають на стабільність системи. Неправильний вибір параметрів регулятора може призвести до коливань напруги та нестабільності системи.

Дослідження динаміки перехідних процесів. Перехідні процеси виникають при швидких змінах напруги або навантаження. Дослідження динаміки перехідних процесів дозволяє оцінити швидкодію SVC та його здатність реагувати на швидкі зміни напруги. Для аналізу перехідних процесів, можна використовувати математичні моделі, які описують динамічну поведінку SVC. Наприклад, можна використовувати диференціальні рівняння, які описують зміну реактивного струму SVC в часі. Аналіз перехідних процесів дозволяє визначити час відгуку SVC та його здатність підтримувати стабільність системи при швидких змінах напруги.

Дослідження підтверджує ефективність SVC для підтримки напруги відповідно до вимог ДСТУ. SVC може бути використаний для інтеграції ВДЕ, забезпечуючи стабільність системи при змінній генерації. SVC може бути використаний для оптимізації роботи промислових енергосистем, зменшуючи втрати потужності та підвищуючи якість електроенергії.