

КЕРОВАНІ ПІДМАГНІЧУВАННЯМ ШУНТУЮЧІ РЕАКТОРИ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Спінул Л.Ю., доц.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра теоретичної електротехніки

Сергієнко А.С., аспірант

ЗНТУ, кафедра електричних та електронних апаратів

Гриценко В.Є., студент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Керований шунтуючий реактор є відносно новим типом пристроїв FACTS (Flexible Alternative Current Transmission System - кероване обладнання для електричних мереж змінного струму). Аналіз технічних характеристик та функціональних можливостей цих пристроїв показав, що керовані підмагнічуванням шунтуючі реактори є унікальним комплексом стабілізації напруги, компенсації реактивної потужності, зменшення втрат, покращення якості електричної енергії та підвищення надійності експлуатації магістральних та розподільчих мереж [1]. Застосування керованих шунтуючих реакторів (КШР) відкриває принципово нові можливості керування режимами роботи енергосистем.

Мета роботи: дослідити складові комплексу КШР та принципи роботи шунтуючого реактора, виявити основні переваги та недоліки впровадження керованих підмагнічуванням шунтуючих реакторів в електроенергетичні комплекси.

Оскільки реактивна потужність лінії є різницею потужностей електричного та магнітного полів:

$$Q = Q_E - Q_M = 3\omega l (CU_\Phi^2 - LI^2),$$

де C, L – питомні ємність та індуктивність лінії;

U_Φ, I – фазні напруга та струм навантаження лінії;

ω, l – кругова частота та довжина лінії відповідно,

а потужність магнітного поля лінії пропорційна квадрату струму навантаження лінії, то прилад, що компенсує реактивну потужність лінії, повинен мати можливість регулювати свою потужність[1].

Основною функцією керованих шунтуючих реакторів є стабілізація заданого рівня напруги в точці підключення. Але окрім цього існує широкий діапазон як технічних, так і економічних проблем, для вирішення яких застосовують керовані реактори.

Завдяки можливості змінювати потужність реактора, стає можливим не тільки підтримувати напругу в мережі на необхідному рівні, але й керувати цим рівнем. Окрім цього застосування КШР дозволяє задовольнити й інші потреби енергосистем:

- збільшення пропускну́ї здатності лінії електропередачі;
- приведення коефіцієнта потужності споживачів до нормативних значень;
- усунення порушень в роботі синхронних і асинхронних двигунів при різких стрибках напруги, що викликані комутаціями статичних компенсуючих пристроїв, короткими замиканнями тощо;
- поліпшення умов експлуатації та продовження терміну служби високовольтного обладнання за рахунок скорочення кількості комутацій вимикачів і перемикачів пристроїв РПН.

Основний технологічний принцип, що закладений в розробку керованого реактора, полягає в тому, що цей реактор є трансформаторним пристроєм, що додатково виконує функції напівпровідникового ключового приладу за рахунок роботи магнітних стрижнів реактора в області насичення. Магнітна система фази такого реактора складається з обмотки керування та силової обмотки. Спрощена схема фази реактора показана на рис 1.

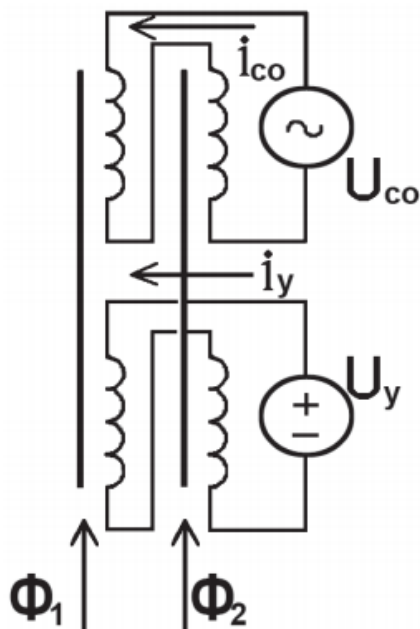


Рисунок 1 – Принципова схема фази КШР

При підключенні до обмоток керування керованого джерела постійної напруги відбувається зростання потоку підмагнічування. Оскільки на потік підмагнічування накладається змінний потік силової обмотки (СО), то результуючий потік зміщується в область насичення сталі стрижнів магнітопроводу. У свою чергу, насичення стрижнів магнітної системи призводить до виникнення струму в силевій обмотці. При вводі або виводі енергії з контуру керування виникає перехідний процес, в результаті якого збільшується або зменшується струм мережі і відповідно рівень реактивної потужності, що споживається реактором.

На рис. 2 представлена осцилограма набору потужності КШР [2].

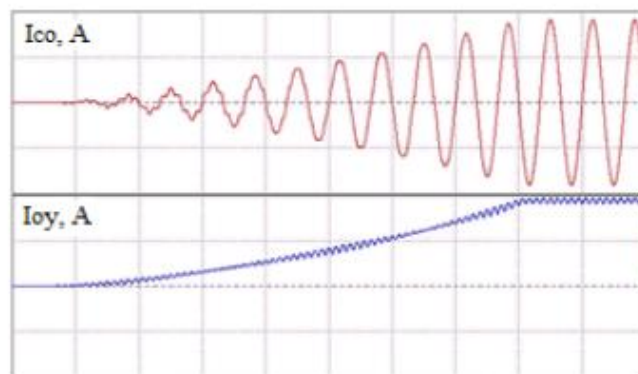


Рисунок 2 – Осцилограма набору потужності КШР

Сучасний керований шунтуючий реактор є комплексом, що складається з основних пристроїв [1]:

- реактор – електромагнітна частина комплексу;
- пристрої підмагнічування – перетворювальний трансформатор;
- системи автоматичного керування та захисту;
- допоміжні пристрої, що мають забезпечити надійну роботу КШР.

Сам реактор (електромагнітна частина комплексу) є пристроєм, що складається з магнітної системи та може мати наступні обмотки, що виконують різноманітні функції [1]:

- силова обмотка, що при з'єднанні фаз зіркою вмикається в високовольтну мережу з приєднанням до нейтральної точки;

- обмотка керування, для здійснення підмагнічування магнітної системи постійним струмом для зміни індуктивності реактора, для чого до них під'єднаний пристрій підмагнічування;

- компенсаційні обмотки, що з'єднані в трикутник, для замикання по них струмів вищих гармонік, кратних трьом, а також для приєднання конденсаторної батареї, коли КШР працює у складі керованого джерела реактивної потужності.

Отже, керовані підмагнічуванням шунтуючі реактори є унікальним комплексом для стабілізації напруги, зменшення втрат, підвищення надійності експлуатації тощо для протяжних ліній електропередач та розподільчих мереж.

Принципова однолінійна схема такого комплексу показана на рис. 3.

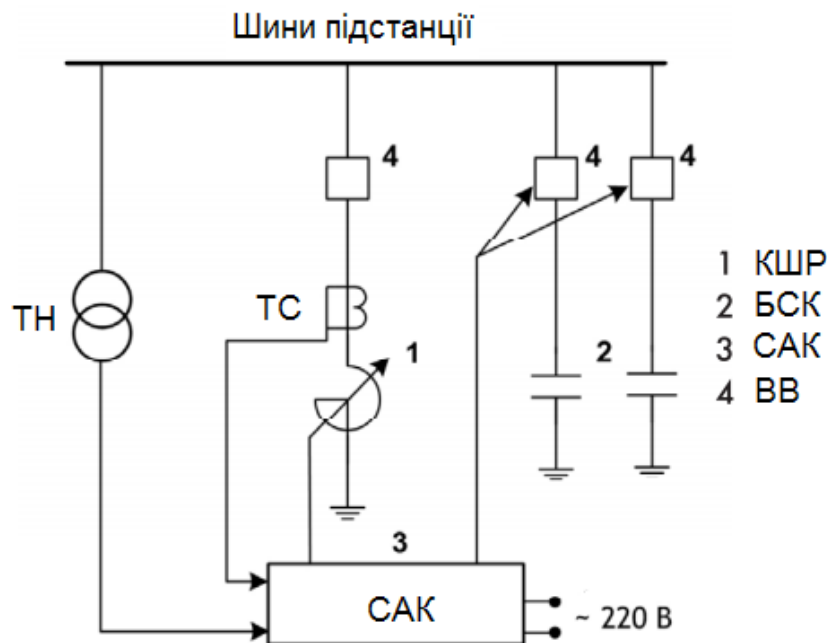


Рисунок 3 – Принципова схема статичного комплексу на базі КШР:
ТН – трансформатор напруги; ТС – трансформатор струму; САК – система автоматичного керування; БСК – батарея статичних конденсаторів;
ВВ – високовольтний вимикач.

Керовані підмагнічуванням шунтуючі реактори у порівнянні з альтернативними пристроями аналогічного призначення (статичні тиристорні

компенсатори (СТК), статичні компенсатори реактивної потужності (СТАТКОМ), комутуючі реактори та конденсаторні батареї) мають ряд переваг: зовнішнє виконання, істотно менша вартість, можливість прямого підключення до будь-якого класу напруги, відсутність перемикаючих пристроїв, широкий діапазон регулювання, більша перевантажувальна здатність, низькі експлуатаційні втрати та витрати [3]. Експлуатація КШР не потребує спеціальної підготовки обслуговуючого персоналу та створення додаткових робочих умов на підстанції. Ці апарати характеризуються відносно низьким рівнем втрат електричної енергії (близько 0.7-0.6 % від номінальної потужності) та, як і інше трансформаторне обладнання, мають можливість довготривалого перевантаження до 120-130% від номінальної потужності, а також короткотривалого перевантаження до 200%.

Додатковими перевагами КШР є можливість його підключення безпосередньо на шини високої напруги й відсутність необхідності використання трансформаторних зв'язків.

До недоліків КШР зараховують порівняно малу швидкість набору потужності відносно до класичної конструкції СТК, а також більший рівень номінальних втрат електричної енергії. При номінальній потужності втрати в КШР приблизно вдвічі перевищують втрати в некерованому реакторі. Але існують методи зменшення цих втрат. Одним з них є метод паралельного підключення до КШР конденсаторної батареї. Це необхідно в момент набору потужності КШР, тобто в момент форсировки. В момент включення реактора в мережу ємність його шунтується великим імпульсом струму СТК, імпульсний струм реактора маленький, що дозволяє застосувати обмотковий провід реактора меншим перерізом, що призводить до здешевлення виготовлення самого реактора.

Висновок: Розглянутий тип керованого обладнання для електричних мереж змінного струму має ряд переваг порівняно із пристроями аналогічного призначення, а недоліки, що були виявлені в процесі дослідження, мають способи вирішення.

Перелік посилань

1. Проектирование электрических реакторов для высоковольтных линий электропередач на постоянном и переменном токе: монография / М.А. Бики. - Днепропетровск: Изд-во «Монолит», 2014. - 164 с.
2. Кондратенко Д.В. повышение эффективности применения УШР на ЛЭП 500 кВ и ПС 110 кВ электроэнергетической системы: автореф. дис. канд. технич. наук / Денис Валерьевич Кондратенко. – Москва, 2015. - 20 с.
3. Долгополов А.Г. Этапы развития управляемых шунтирующих реакторов для электрических сетей высокого и сверхвысокого напряжения// Энергетик. 2013. №6. - С.55 - 60.