

ПРИСТРОЇ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Світайло В.П., студент, Кирик В.В., д.т.н., проф.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

Вступ. Відомо, що реактивна електроенергія (потужність) супроводжує всі технологічні процеси, які відбуваються в електроенергетичній системі: генерація, передача, розподіл та споживання. Власне саме існування такої складової як реактивна енергія погіршує роботу електроенергетичної системи в цілому: збільшує витрати палива на електростанціях, збільшує витрати електроенергії при передачі та спад напруги в розподільних мережах.

Існує зв'язок між трьома елементами потужності: повною потужністю (кВА), активною потужністю (Вт) та реактивною потужністю (ВАР), який можна представити трьома сторонами прямокутного трикутника (Рис.1).

Очевидно, що величина реактивної потужності в об'ємі повної потужності залежить від фазового зсуву або фазового кута ϕ . Отже, якщо $\cos \phi$ дорівнює 1, то відповідно реактивна потужність буде рівнятися нульовому значенню.

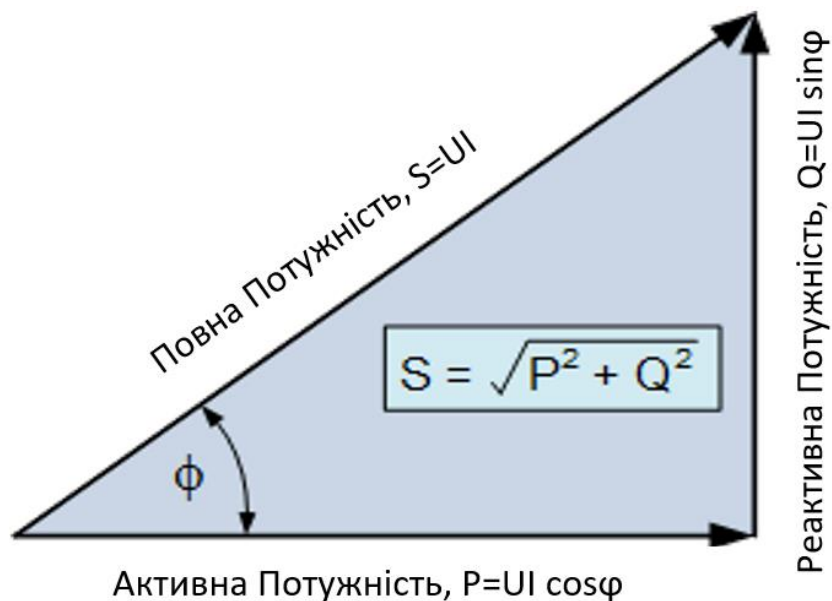


Рисунок 1 – Графічне зображення зв'язку між трьома елементами потужності

Мета роботи. Проаналізувати різноманітні пристрої компенсації реактивної потужності та представити їхні переваги та недоліки.

Матеріали і результати досліджень. Існує ряд засобів зменшення споживання реактивної енергії з мережі. Це застосування конденсаторних установок (КУ) різної номінальної напруги, використання синхронних генераторів (СГ), синхронних компенсаторів (СК), шунтувальних реакторів та інше.

Синхронний компенсатор (СК) являє собою синхронний двигун, з полегшеним ротором, який завдяки регулюванню струму збудження може виробляти реактивну потужність в діапазоні від нуля до номінальної потужності, або споживати реактивну потужність в діапазоні від нуля до 60% номінальної потужності.

Основними перевагами синхронних компенсаторів є:

1. широке регулювання реактивної потужності;
2. можливість швидкого регулювання в імпульсному режимі;
3. більш компактна установка в порівнянні з конденсаторною батареєю;
4. не потрібне закриття приміщення при водневому охолодженні.

Недоліки синхронних компенсаторів:

1. наявність частин, що обертаються;
2. значні втрати активної потужності;
3. складні умови пуску при великих потужностях.

На промислових підприємствах застосування синхронних компенсаторів доцільне лише при значних реактивних навантаженнях напругою 6-10 кВ, особливо при змінному графіку навантаження, включаючи різко-змінний режим роботи (прокатні стани, дугові електропечі, інше).

Шунтувальні реактори призначені для споживання надлишку реактивної потужності в енергосистемах. Найбільш розповсюдженими місцями розташування шунтувальних реакторів є розподільчі пристрої напругою 500 кВ і вище, для яких є характерною наявність значних обсягів ємнісної потужності, яка стікає з повітряних ліній електропередавання (ПЛЕП). Недоліком шунтувальних реакторів є залежність спожитої потужності, яка визначається режимом його роботи. З метою забезпечення можливості керування споживаною потужністю реактора застосовують керовані шунтувальні реактори, здатні змінювати в певних межах свою індуктивність.

Для *синхронних генераторів* (СГ) розглядають три режими роботи в яких СГ виступає джерелом виключно реактивної потужності.

При роботі в режимі холостого ходу (ХХ) турбіна обертає генератор, завантажений виключно реактивною потужністю і розвиває момент необхідний для покриття витрат в генераторі. Режим є найменш економічним через значні втрати пари в турбіні.

При роботі в без-паровому режимі генератор обертає турбіну працюючи, як слабкозавантажений двигун, який споживає активну потужність з мережі. Подача пари на турбіну практично відсутня. Такий режим є суттєво економічнішим за режим ХХ.

Робота в режимі синхронного компенсатора (СК) з відокремленою турбіною це аналогія СК. Для потужних турбогенераторів цей режим унеможлиблюється через складнощі швидкого роз'єднання валів генератора та турбіни. Зазвичай такий режим використовують у гідрогенераторах.

Загальною негативною рисою цих режимів, в порівнянні із традиційним режимом роботи СГ, є різке зростання питомих витрат активної потужності, пов'язане з виробництвом реактивної потужності.

Однак на практиці широкого застосування набули КУ, оскільки спеціально застосовувати синхронні двигуни та синхронні компенсатори недоцільно. Адже, *конденсаторні установки* – один із найбільш простих і ефективних методів компенсації реактивної енергії.

Переваги КУ полягають в наступному:

1. невеликі питомі втрати активної потужності;
2. простота монтажу та експлуатації;
3. відносно невеликі капіталовкладення;
4. відсутність механічно рухомих частин;
5. можливість регулювання та легкість контролю;
6. можливість підключення в будь-якій точці електромережі.

Але і конденсаторні установки мають дуже великий недолік через ступінчате переключення, тобто відсутність плавного регулювання режиму компенсації.

Проте роки наукових досліджень в напрямку ефективності систем компенсації реактивної енергії дали свій позитивний результат. З появою достатньо надійних тиристорів стало можливим їх використання для плавного регулювання компенсації реактивної потужності. Такими є засоби FACTS (Flexible alternating current transmission systems) – гнучкі системи передавання змінного струму. Концепція FACTS відноситься до сімейства пристроїв на основі силової електроніки, здатних підвищувати керованість та стабільність системи змінного струму та підвищувати потужність при її передачі. Вони покращують якість електричної енергії, що передається від генерації до приватних та промислових споживачів, а також підвищують надійність мережі. Конструкція різних схем та конфігурацій пристроїв FACTS базується на комбінації традиційних компонентів енергетичної системи (таких як трансформатори, реактори, перемикачі та конденсатори) з елементами силової електроніки (наприклад, різних типів транзисторів та тиристорів). За останні роки технічне удосконалення тиристорів значно зросло, що дозволяє силовій електроніці застосовувати великі потужності до десятків, сотень і навіть тисяч МВт. Завдяки своїй швидкості та гнучкості прилади FACTS забезпечують систему передачі з суттєвими перевагами:

1. збільшення потужності передачі;
2. регулювання потоку потужності;
3. покращення перехідної стійкості;
4. затухання силових коливань;
5. стабільність напруги.

Збільшення потужності передачі до 40-50% досягається шляхом встановлення елементів FACTS, що обираються в залежності від типу пристрою для конкретного рівня напруги та локальної мережі. У порівнянні з традиційними механічними пристроями, контролери FACTS не підлягають зносу і потребують значно меншого технічного обслуговування.

Висновки.

Проаналізувавши різноманітні пристрої компенсації реактивної потужності, можна зробити наступні висновки.

Існує ряд спеціального електротехнічного обладнання для компенсації реактивної потужності, це застосування конденсаторних установок, використання синхронних генераторів та синхронних компенсаторів, шунтувальних реакторів, інше. Незважаючи на ряд технологічних переваг всі вони мають загальний суттєвий недолік. Він полягає в тому, що існуюче обладнання для компенсації реактивної потужності має вузький, специфічний спектр використання і не дає можливості універсального застосування в електроенергетичній системі. На практиці більшість з цих засобів неефективні, або технологічно неправильно використовуються, що в свою чергу призводить до небажаного результату компенсації реактивної потужності.

Рішенням цієї проблеми може бути застосування технології FACTS (Flexible alternating current transmission systems) . Вона розрахована за принципом інтеграції існуючих засобів (трансформатори, реактори, перемикачі та конденсатори) в поєднанні з новітніми елементами управління на основі силової електроніки. Головною перевагою технології є широкий спектр застосування для повздовжньої та поперечної компенсації, що забезпечує збільшення пропускної здатності мереж та покращення якості електричної енергії.

Питання складності, надійності та вартості представляють сьогодні основні перепони для впровадження цих перспективних рішень з точки зору майбутніх технологій передачі. Подальше проникнення FACTS в енергетичну галузь нашої країни буде залежати від здатності енергетичних компаній подолати ці перешкоди в умовах лібералізації ринку електроенергії України.

Перелік посилань

1. "Reactive Power". *Continental Control Systems, LLC*. Retrieved 4 April 2017
2. Proposed terms and definitions for flexible AC transmission system (FACTS), IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 12, Issue 4, October 1997, pp. 1848–1853
3. Flexible AC Transmission Systems (FACTS) - Siemens, April 2014.