

Секція: Технічні науки

Хмарський Олександр Олександрович

студент

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

м. Київ, Україна

АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Раціональна компенсація реактивної потужності (КРМ) є одним з ефективних методів раціонального використання електроенергії, підвищення пропускної спроможності електричної мережі, підвищення техніко-економічних показників електрообладнання та якості електроенергії. Однак, за допомогою КРМ не завжди можливо в достатній мірі поліпшити якість електроенергії або роботи електроустановок, а в ряді випадків це може привести до негативного ефекту, наприклад, до перекомпенсації.

В даний час в розподільних електромережах для КРМ широке застосування знайшли конденсаторні установки або батареї статичних конденсаторів, застосування яких пояснюється рядом значних переваг щодо інших компенсаційних пристроїв, а саме:

- малі питомі втрати активної потужності;
- простота монтажу та обслуговування;
- низький рівень цін;
- відсутність обертаються і труться;
- відсутність необхідності великих територій для розміщення;
- широкий спектр вибору потужності конденсаторів;
- відсутність шуму під час роботи.

Автоматичний регулятор конденсаторів АРКОН. Оскільки автоматичне регулювання реактивної потужності в високовольтних мережах стало гострою необхідністю, електропромисловість освоєє способи і пристрої автоматичного керування. Одним з таких пристроїв є автоматичний регулятор конденсаторів АРКОН. Даний тип пристрою призначений для роботи спільно з комплексними конденсаторними установками або з окремими конденсаторними батареями в електромережах з напругою як вище, так і нижче 1 кВ. Як правило, АРКОН комплектується автоматичним вимикачем конденсаторів ВАКО. Одними з переваг ВАКО є його здатність регулювати реактивну потужність по струму навантаження і здійснювати аварійний контроль за напругою з відключенням або блокуванням включення БК, якщо напруга мережі перевищує номінальне значення більш ніж на 10-15%.

На рис. 1 продемонстрована структура пристрою АРКОН, який має командний блок і програмний блок.

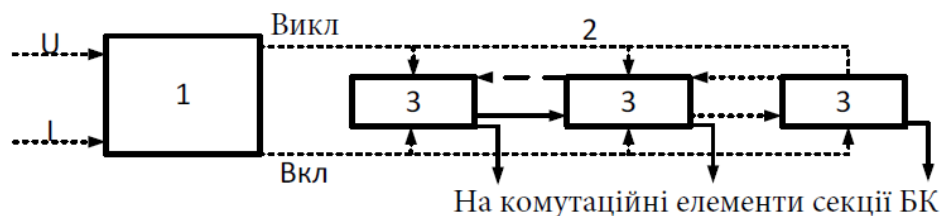


Рис. 1. Структура пристрою АРКОН:

1 - командний блок; 2 - програмний блок; 3 – приставки

Командний блок надсилає команди на включення або відключення програмного блоку. Команда залежить від величини вхідного сигналу на командному блоці. Програмний блок, в свою чергу, виконує послідовне включення або відключення окремих секцій БК і являє собою набір однотипних приставок, число яких дорівнює числу підключених секцій БК. Максимально можливе число ступенів регулювання пристрою -15. Регулювання здійснюється з програмного одиничного або двійкового коду.

Автоматичне регулювання секціями БК за допомогою пристрою АРКОН значною мірою залежить від зв'язку між напругою і навантаженням. При виборі установок використовується діаграма роботи АРКОН, що представляє собою залежність напруги на вимірювальному органі (ВО) пристрою від навантаження і напруги мережі.

На рис. 2 відображений один з можливих варіантів управління трьома секціями БК при взаємоузгоджених зміні навантаження і напруги. У разі зміни навантаження при постійній напрузі мережі зміни напруги на ВО пристрою відображаються у вигляді похилих прямих, а установки включення і відключення пристрою АРКОН - у вигляді горизонтальних прямих. Зміщення наклонних ліній відповідають зміні напруги в мережі. Режими в момент перемикання секцій БК - це точки перетину похилих і горизонтальних прямих. Отже, відключення секцій БК відбувається в області вище лінії $U_{вимк}$, а в області нижче $U_{вкл}$ відбувається включення секцій.

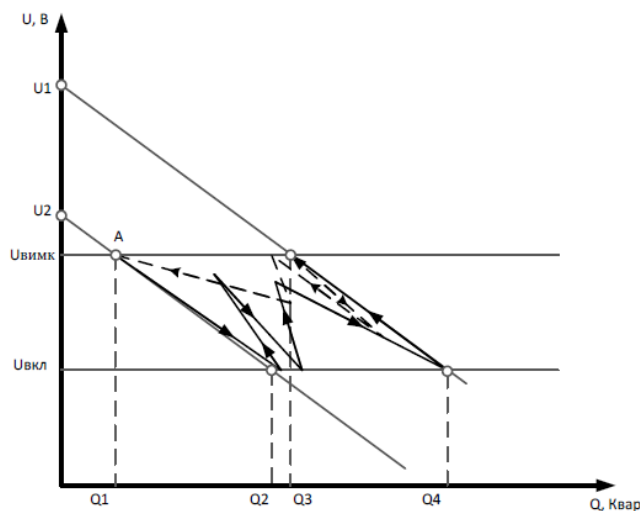


Рис. 2. Графік регулювання потужності трьох секцій БК по напрузі ВО пристрої АРКОН

Від точки А починаються зміни навантаження і напруги. Зниження напруги на ВО відбувається при зростанні навантаження. По досягненні напругою значення установки включення $U_{вкл}$, відбувається підключення

однією з секцій БК, що сприяє миттєвому підвищенню напруги на ВО. Якщо навантаження продовжує збільшуватися, напруга на ВО буде знову знижуватися до значення $U_{вкл.}$, Внаслідок чого відбувається підключення другої секції БК і т. д. Якщо ж навантаження буде знижуватися, напруга на ВО пристрою підвищиться до установки $U_{вимк}$ і збій в електропостачанні відповідної секції БК [1]. На рис. 2 цей режим відображається пунктирними лініями.

Ще одними з пристроїв, які можуть забезпечити підвищення ефективності роботи та енергозбереження в електроенергетичних системах є статичні тиристорні компенсатори реактивної потужності. Вони реалізують такі функції [2]:

- фільтрація струмів вищих гармонік;
- стабілізація напруги в межах номінального;
- підвищення статичної та динамічної стійкості передачі;
- збільшення пропускної спроможності електропередачі через підвищення межі стійкості при великій переданій потужності;
- зниження відхилень напруги при великих збуреннях в системі.

Крім підвищення якості електроенергії статичні тиристорні компенсатори здатні розвантажувати трансформатори і ЛЕП від реактивної потужності, при цьому знижуючи активні втрати і діючий струм, що дозволяє збільшити пропускну здатність мережі без встановлення нового обладнання. Термін окупності таких установок може становити від 1 до 3 років.

Основа статичних тиристорних компенсаторів становлять фільтри вищих гармонік - фільтрокомпенсуючі ланцюги, які підключаються до мережі безпосередньо або через комутовані вимикачі. Паралельно фільтрокомпенсуючим ланцюгам підключається за схемою трикутника тиристорно-реакторна група, яка регулює споживання реактивного струму компенсують реакторами. Струм в реакторі відстежує зміну струму

навантаження або реактивної потужності у вузлі електричної мережі, при цьому змінюючи кут включення тиристорів тиристорно-реакторної групи.

З появою потужних високовольтних напівпровідникових пристроїв з повним керуванням, таких як IGCT і IGBT, стало можливим реалізовувати нові типи КРМ. Одним з таких пристроїв є СТАТКОМ (статичний компенсатор синхронний), який є новим кроком на шляху розвитку електрообладнання і має широке застосування у вітчизняній і зарубіжній енергетиці. СТАТКОМ має всі переваги стандартного устаткування, але за рахунок швидкодії перевершує його за багатьма характеристиками. Призначення СТАТКОМ аналогічно призначенням традиційних статичних тиристорних компенсаторів.

Пристрій СТАТКОМ багато в чому перевершує аналоги обладнання в своєму класі, при цьому фундаментально вирішує проблему підвищення якості електроенергії в електричних системах. Області застосування даного обладнання різні: електропостачання електрифікованого залізничного транспорту; металургійна і нафтохімічна галузі; альтернативна енергетика, пов'язана з використанням енергії сонця і вітру.

Для динамічної КРМ застосовується повністю керований інвертор. Його структура побудована на базі біполярних транзисторів з керованим затвором (IGBT), як проілюстровано на рис. 3.

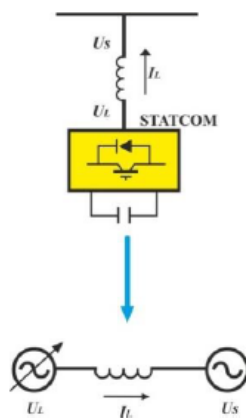


Рис. 3. Структурна схема пристрою СТАТКОМ

Тут величина U_s є напругою мережі, U_L - це вихідна напруга СТАТКОМ, а I_L є струмом реактора, який виникає як різниця U_s і U_L і згодом регулюється пристроєм. Коли виконується умова рівності напруг U_s і U_L , висока напруга, яка через реактор, дорівнює нулю, при цьому компенсація не виконується. Якщо U_s менше U_L , тоді струм I_L випереджає напругу мережі, отже, відбувається генерація в мережу ємнісної складової потужності. Якщо U_s більше U_L , тоді темп зміни I_L буде відставати від темпу зміни напруги мережі, що дозволить генерувати в мережу індуктивну складову потужності.

Основні переваги СТАТКОМ:

- можливість компенсації як ємнісної, так і індуктивної складової потужності;
- при запуску надає мінімальний вплив на мережу живлення;
- високі швидкодія (близько 10 мс) і швидкість відгуку системи автоматичного управління;
- невеликі габарити в порівнянні з аналогами;
- можливість контролю напруги в реальному часі завдяки функції мульти-компенсації;
- поліпшена фільтрація гармонік;
- при пошкодженні послідовного модуля здійснюється його автоматичне шунтування, що підвищує надійність роботи пристрою.

Висновок. Батареї статичних конденсаторів чутливі до струмів вищих гармонік, що призводить до виходу конденсаторів з ладу. У сучасному світі електроспоживання стрімко зростає, тому рекомендується використовувати статичні тиристорні компенсатори, оскільки вони стійкі до струмів вищих гармонік і мають ряд переваг в порівнянні з батареями статичних конденсаторів, в тому числі не тільки оптимізують напругу в мережі, але і розвантажують електрообладнання по струму, що призводить до збільшення пропускної здатності.

Література

1. Электрические сети. Автоматические устройства по компенсации реактивной мощности. URL: <https://leg.co.ua/knigi/oborudovanie/avtomaticheskie-ustroystva-po-kompensacii-eaktivnoy-moschnosti-11.html>
2. Усть-Каменогорский конденсаторный завод. Статические конденсаторы реактивной мощности. URL: <https://www.ukkz.com/ru/catalog/staticheskie-tiristornye-kompensatory-reaktivnoj-moshchnosti.html>