

# ПРИСТРОЇ ДИНАМІЧНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НА БАЗІ СТАТИЧНИХ ТИРИСТОРНИХ КОМПЕНСАТОРІВ

Вінницький національний технічний університет.

## **Анотація**

*Компенсація реактивної потужності (КРП) є одним з ефективних заходів зниження втрат електроенергії в розподільних мережах енергопостачальних компаній (ЕК). Реактивні навантаження цих мереж створюють промислові та комунально-побутові споживачі. Величина останніх спів розмірна з реактивними навантаженнями промислових споживачів, що зумовлює необхідність їх компенсації.*

**Ключові слова:** компенсація реактивної потужності, розподільна мережа, зниження втрат електроенергії.

## **Abstract**

*Jet Potential Compensation (PFC) is one of the effective measures to reduce electricity losses in distribution networks of energy supply companies (EC). The reactive loads of these networks are created by industrial and municipal consumers. The magnitude of the latter is proportional to the reactive loads of industrial consumers, which necessitates their compensation.*

**Keywords:** reactive power compensation, distribution network, reducing energy losses.

## **Вступ**

Застосування КУ в задачах, де потрібне швидкодіюче регулювання реактивної потужності, часте перемикання секцій БК практично неможливе через систематичні кидки струму і перенапруги, що виникають при комутаціях БК звичайними вимикачами. Для обмеження цих явищ, практично їх усунення, в 60-х роках ХХ ст. у МЕІ були запропоновані способи, що дозволили знизити кидки струму при вмиканні БК і перенапруги при їх вимиканні. Це дозволило зняти обмеження за частотою комутацій БК і надати пристроям такі властивості, при яких їх стало можливо застосовувати в задачах компенсації реактивної потужності з метою поліпшення статичної і динамічної стійкості електропередач, компенсації коливань напруги, спричинених роботою різкозмінним навантаженням. Вказаний ефект досягнутий за рахунок застосування замість звичайних вимикачів тиристорних ключів, що забезпечують комутацію БК в певний момент часу.

Метою роботи є оптимізація компенсації реактивної потужності на базі статичних тиристорних компенсаторів.

## **Результати дослідження**

СТК є джерелами реактивної потужності, побудованими на принципі непрямого регулювання конденсаторних батарей без можливості форсування. Плавність та швидкодійність регулювання в них досягається шляхом тиристорного регулювання шунтових реакторів в складі СТК.

Тиристорний ключ складається з двох тиристорів, увімкнення зустрічно-паралельно, як показано на рис.1.

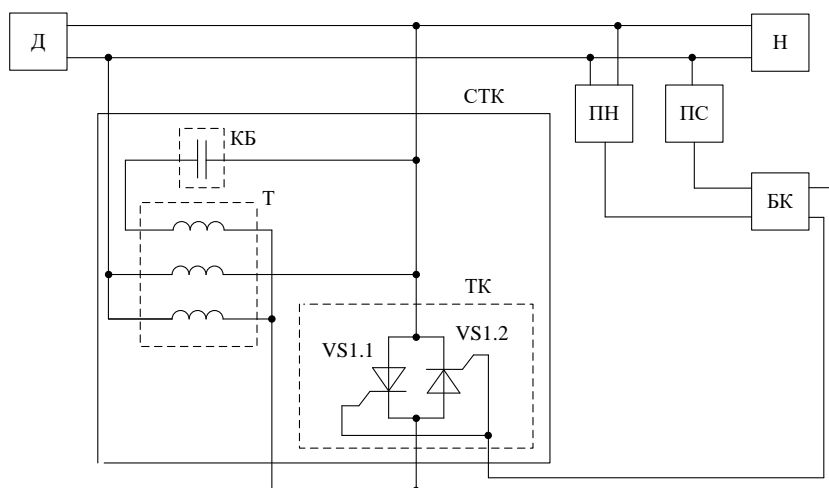


Рис.1.- Пристрій для КРП з використанням СТК

Пристрій працює таким чином. Реактивна потужність, яка генерується СТК, в залежності від зміни кута  $\alpha$  відкриття тиристорів VS1 тиристорного ключа ТК в діапазоні від 0 до  $\pi/2$ , змінюється від максимальної величини до нуля. З виходів перетворювачів напруги ПН і струму ПС подаються напруга мережі і струм навантаження, які зміщені на кут  $\phi$ . При зміні споживання реактивної потужності навантаженням Н від мінімальної величини до максимальної змінюється кут  $\phi$  від 0 до  $\pi/2$ . При цьому блок керування БК формує імпульси керування в діапазоні від  $\pi/2$  до  $\pi$ , що змінює кут відкриття тиристора VS1 від  $\pi/2$  до 0 і відповідно змінює реактивну потужність, генеровану СТК, від нуля до максимальної величини. В пристрої імпульси керування формуються безпосередньо від кута зсуву  $\phi$ , тобто від зміни реактивної потужності навантаження Н.

На рис.2. запропоновано пристрій для компенсації реактивної потужності з використанням СТК рис.1., який складається з тиристорно-реакторного кола ТРК, трифазного силового фільтра СФ, та регулятора Р. Тиристорно-реакторне коло ТРК складається з кіл, з'єднаних трикутником і утворених послідовно з'єднаними реакторами L1...L3 і зустрічно-паралельно ввімкненими тиристорами VS1...VS3. Трифазний силовий фільтр СФ виконаний з трьох кіл, які ввімкнені зіркою і утворені з послідовно з'єднаних конденсаторів C1...C3 і фільтрових реакторів L4...L6.

Пристрій СТК містить контур керування тиристорно-реакторною групою компенсатора за відхиленням. Регулятор Р складається з вимірювального каналу та системи імпульсно-фазового керування. Вимірювальний канал складається з вимірювального перетворювача напруги ПН, що містить три однофазних трансформатори напруги, двох вимірювальних перетворювачів струму ПС1 та ПС2, що містять трансформатори струму відповідно мережі та тиристорно-реакторного кола, пристрою віднімання ПВ та двох вимірювальних перетворювачів потужності ПП1 і ПП2. Система імпульсно-фазового керування складається з пристрою коректування ПК, задавача зони керування ЗЗК та трифазного формувача імпульсів ФІ.

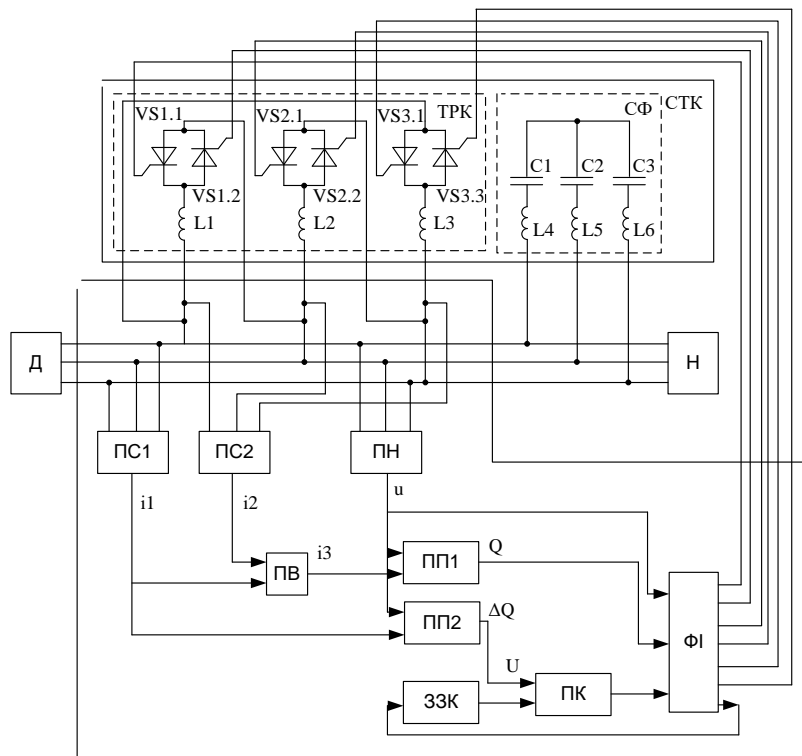


Рис.2.- Пристрій для КРП з використанням СТК

Пристрій працює таким чином. Кожний трифазний силовий фільтр СФ компенсатора СТК шунтує струми вищих гармонік зі спектру навантаження Н і тиристорно-реакторного кола ТРК тієї частоти, на яку він налагоджений, причому конденсатори С1...С3 силових фільтрів є джерелами реактивно потужності Qф. В компенсаторі СТК на компенсуючий реактор кожної фази L1...L3 тиристорно-реакторного кола ТРК подається відповідна лінійна напруга при вмиканні відповідних тиристорів VS1...VS3. Кути керування  $\gamma$  тиристорів відраховуються від додатного максимуму анодної напруги на тиристорах і змінюються від нуля до  $\pi/2$ . При цьому реактивні потужності зсуву основної гармоніки Q, які споживаються компенсуючими реакторами L1...L3 фаз АВ, ВС і СА відповідно тиристорно-реакторного кола ТРК, описується виразом:

$$Q = \frac{U_{\max}^2}{2\omega L} \left( 1 - \frac{2\alpha}{\pi} - \frac{\sin 2\alpha}{\pi} \right). \quad (1)$$

де  $U_{\max}$  – амплітуда лінійної напруги.

Реактивна потужність компенсатора СТК залежить від кута керування тиристорів VS1...VS3. Керування фазами тиристорно-реакторного кола ТРК виконується згідно з інтегральними виразами:

$$Q_{AB} = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{\int_{t_n}^{t_n+T/2} (U_{BC}i_{3A} + U_{CA}i_{3B} + U_{AB}i_{3C}) dt}{T/2},$$

$$Q_{BC} = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{\int_{t_n+T/6}^{t_n+2T/3} (U_{CA}i_{3B} + U_{AB}i_{3C} + U_{BC}i_{3A}) dt}{T/2},$$

$$Q_{CA} = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{\int_{t_n+T/3}^{t_n+5T/6} (U_{AB}i_{3C} + U_{BC}i_{3A} + U_{CA}i_{3B}) dt}{T/2}.$$
(2)

де  $t_n$  – момент максимуму півхвиль лінійної напруги  $U_{AB}$ ;  $i_{3A}$ ,  $i_{3B}$ ,  $i_{3C}$  – миттєві струми в спільних шинах живлення.

Реалізації СТК для мереж з ізольованою нейтраллю зі схемою з'єднання „трикутник” показана на рис.3.

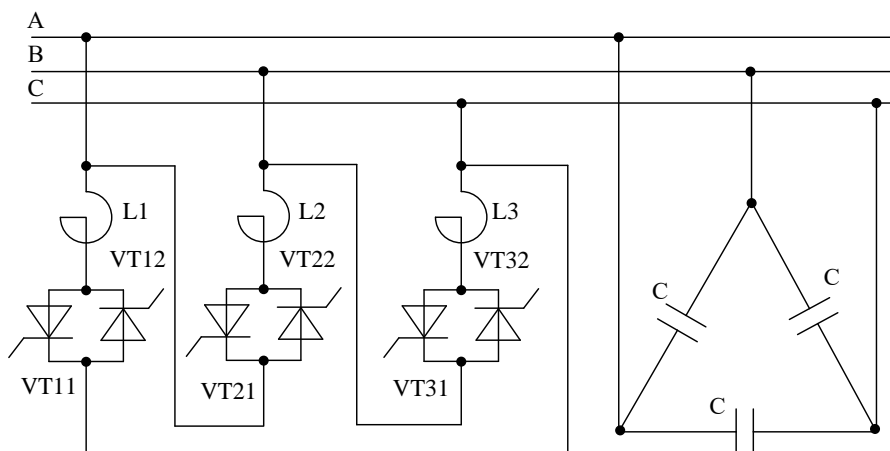


Рис.3.- СТК зі схемою з'єднання ТРР в „трикутник”

В СТК зі схемою з'єднання тиристорно-регульованих реакторів (ТРР) в „трикутник” рис.3. струм через бітиристорний ключ в кожній фазі не залежить від струму інших фаз. Тому властивості та енергетичні характеристики СТК можна виявити, розглядаючи однофазний ТРР [22].

Кожна фаза компенсатора містить реактор, індуктивність якого становить  $L_p$ , активний опір  $R_p$ , і бітиристорний ключ, тиристори якого з'єднані зустрічно-паралельно.

### Висновки

Було розглянуто установки динамічної компенсації реактивної потужності на базі СТК. Проаналізовано принцип їх дії та основні властивості.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зорин В. В. Особенности определения мест установки и мощности батарей конденсаторов в узлах городской сети. / Зорин В. В., Демов А. Д. // Республиканский межведомственный научно-технический сборник: Электрические сети и системы. – Львов: Высшая школа, 1981, вып.17, С. 108 – 112
2. Зорин В. В. Підвищення пропускної здатності кабельних ліній електропередач напругою 6-10 кВ за допомогою компенсації реактивної потужності / В. В. Зорін, О. М. Майстренко // Енергетика. - 2014. - № 1. - С. 71-79.

**Вадим Дмитрович Григоренко** — студент групи ЕСЕ-18м, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: 3e14b.grigorenko@gmail.com;

Науковий керівник: **Михайло Йосипович Бурбело**— Професор кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Hrihorenko Vadim D.** — Department of of Electromechanics and Electricity, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : 3e14b.grigorenko@gmail.com;

Supervisor: **Burbelo Mikhail Y.** — Professor of electrical power consumption and power management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.