

УДК 621.311.026

## НОВЫЙ РЕГУЛИРУЕМЫЙ ИСТОЧНИК РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ ЦЕХОВЫХ СЕТЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

БУШУЕВА О.А., МУРЗИН А.Ю., кандидаты техн. наук, ХАСАН АЛЬВАН ХУССАЙН, асп.

**Проведен сравнительный анализ характеристик различных источников реактивной мощности, применяемых в сетях энергосистем и промышленных предприятий.**

*Ключевые слова:* регулирование мощности, компенсирующие устройства, схемы с конденсаторными батареями, статический тиристорный компенсатор.

### NEW CONTROL JET POWER SOURCE FOR INDUSTRIAL ENTERPRISES NETWORKS

O.A. BUSHUEVA, Ph.D., A.Yu. MURZIN, Ph.D., KHASSAN ALVAN KHUSSAIN, postgraduate

**The work is devoted to the performance comparative analysis of jet power different sources, which are used in power networks and industrial enterprises.**

*Key words:* power control, bucking out systems, schemes with capacitor banks, potential thyristor compensator.

Для промышленных сетей задачи компенсации реактивной мощности и поддержания параметров качества напряжения в соответствии с ГОСТ 13109-97 являются актуальными.

Для решения этих задач на промышленных предприятиях применяются различные типы компенсирующих устройств (КУ): конденсаторные установки, фильтрокомпенсирующие устройства и статические тиристорные компенсаторы (СТК), выполненные по различным схемам.

На промышленных предприятиях в цеховых сетях широкое применение нашли схемы с конденсаторными батареями (КБ). Эти схемы различны: схемы с нерегулируемыми КБ, когда мощность КБ не изменяется в зависимости от изменения нагрузки; схемы со ступенчатым регулированием мощности КБ за счет использования различных способов автоматического регулирования их мощности.

С увеличением числа ступеней регулирования мощности КБ усложняется система управления, поэтому число ступеней, как правило, не превышает трех.

Плавное регулирование мощности позволяет осуществить схема (рис. 1), в которой применяется регулируемая индуктивность (реактор) и регулируемая емкость (КБ).

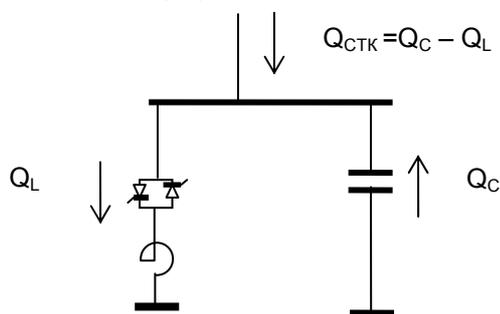


Рис. 1. Принципиальная схема СТК

Предложен новый источник реактивной мощности для сетей промышленных предприятий.

В этой схеме реактивная мощность реактора ( $Q_L$ ) плавно изменяется за счет изменения фазного угла управления тиристорами.

В этом случае амплитуда тока в индуктивности изменяется по выражению [1]

$$I_L = \frac{U_{\Phi}}{\omega L} \left( 1 - \frac{2}{\pi} \alpha - \frac{1}{\pi} \sin \alpha \right), \quad (1)$$

где  $U_{\Phi}$  – амплитудное значение фазного напряжения сети;  $L$  – индуктивность реактора;  $\alpha$  – угол регулирования в радианах;  $\omega$  – угловая частота сети питания.

Увеличение угла управления тиристорами для уменьшения тока в индуктивности, т.е. уменьшение  $Q_L$ , приводит к генерации высших гармоник.

С учетом появления гармоник амплитуда тока в индуктивности определяется по выражению [2]

$$I_{L,n} = \frac{4U_{\Phi}}{\omega L \pi} \left[ \frac{\sin \alpha - n \cos \alpha \sin \alpha}{n(n^2 - 1)} \right], \quad (2)$$

где  $n$  – номер гармоники.

Такие схемы, содержащие индуктивность и емкость, получили название статический тиристорный компенсатор (СТК).

Различные схемы включения реакторов и КБ позволяют получить комбинированные схемы источника реактивной мощности (ИРМ).

На рис. 2 приведена одна из таких схем, в которой параллельно подключены регулируемые реактор и КБ [3]. Недостатком этой схемы (рис. 2) является генерация в сеть высших гармоник, что требует дополнительной установки в сети фильтрокомпенсирующих устройств [2].

Наиболее перспективной схемой для регулирования напряжения в цеховых сетях за счет изменения перетоков реактивной мощности является схема комбинированного регулируемого источника реактивной мощности (КИРМ), устанавливаемого на цеховой подстанции.

Новая схема КИРМ (рис. 3) позволяет свети к минимуму недостатки применяемых в настоящее время на промышленных предприятиях схем ИРМ. Конденсаторная установка (КУ) имеет три ступени регулирования ( $C_1 = C_2 = C_3$ ). Каждая ступень подключается к сети через реакторы ( $L_0$ ) и управляемые тиристорные вентили (VS1), расположенные только в двух фазах, что позволяет снизить потери мощности в самом устройстве коммутации на одну треть.

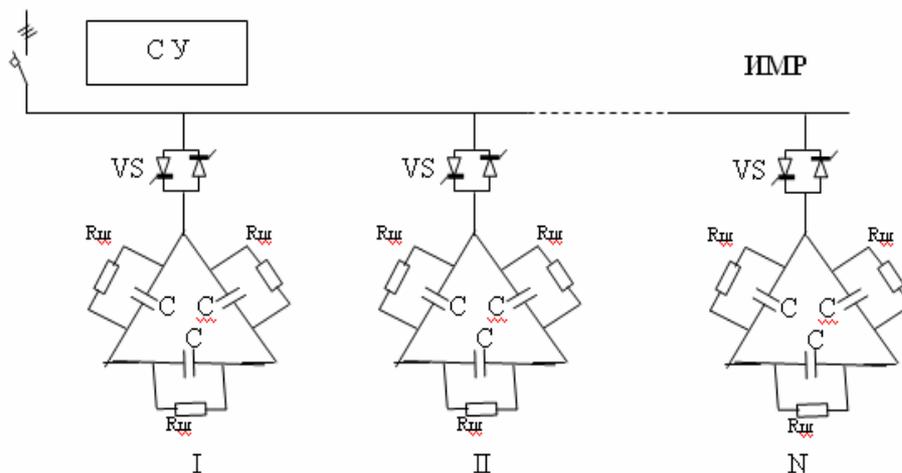


Рис. 2. Комбинированный ИРМ

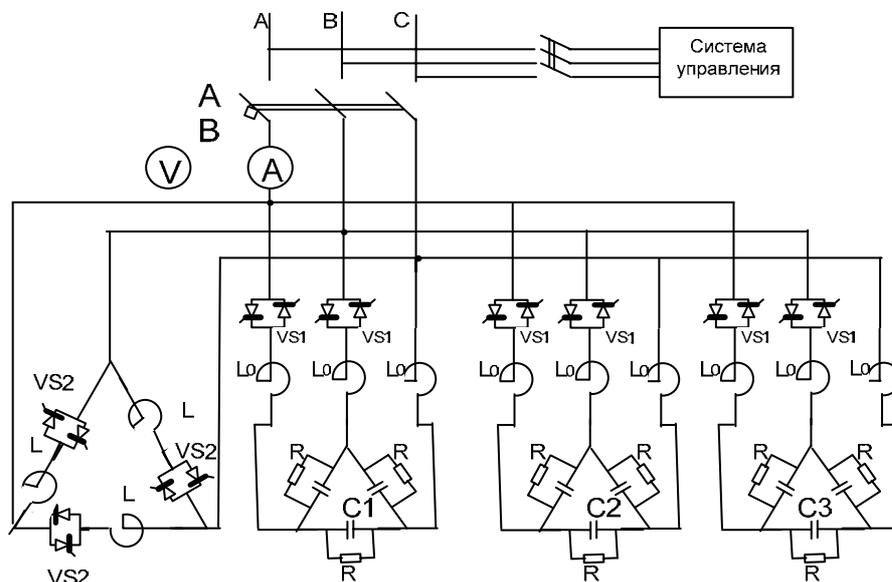


Рис. 3. Схема комбинированного регулируемого источника реактивной мощности

Установка содержит реакторы (L), которые вместе с тиристорными регуляторами (VS2) соединены в треугольник. Как показали исследования [2], при такой схеме соединения реакторов снижается генерация высших гармоник в сеть за счет уменьшения третьей гармоники тока в 4–5 раз. Реактивная мощность реакторов равна мощности одной ступени КУ ( $Q_L = Q_{C1}$ ).

Предложенная схема, включаемая на шины низшего напряжения цеховой подстанции, позволяет плавно регулировать реактивную мощность ИРМ в диапазоне от – 25 до +75 квар, а также обладает быстродействием более 40 квар/с.

Автоматическое регулирование мощности КУ происходит за счет включения или отключения отдельных ступеней, одновременно плавно изменяется мощность  $Q_L$  (100,

75, 50, 25, 0 %) за счет изменения угла открытия тиристорov в регуляторе (VS2).

#### Список литературы

1. Мокин Б.И. Автоматические регуляторы в электрических сетях. – Киев: Техника, 1985.
2. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1994.
3. Прня Р., Хевсуриани И.М., Шевченко В.В. Эффективное устройство регулирования уровня напряжения в цеховых сетях промышленных предприятий: Тез. докл. Всерос. науч.-техн. конф. «Электропотребление, электроснабжение, электрооборудование». – Оренбург, 1999.

Бушуева Ольга Александровна,  
 ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина»,  
 кандидат технических наук, доцент кафедры электрических систем,  
 телефон (4932) 26-99-21,  
 e-mail: zav\_es@es.ispu.ru

Мурзин Андрей Юрьевич,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина»,  
кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой электрических систем,  
телефон (4932) 26-99-21,  
e-mail: zav\_es@es.ispu.ru

Хасан Альван Хуссайд,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина»,  
аспирант кафедры электрических систем,  
телефон (4932) 26-99-21,  
e-mail: zav\_es@es.ispu.ru