

Учредитель издательство "НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"

**Главный редактор**  
КАНТОВИЧ Л.И.

**Зам. гл. редактора**  
ИВАНОВ С.Л.  
ЛАГУНОВА Ю.А.

**Редакционный совет:**  
КОЗОВОЙ Г.И.  
(председатель)  
АНТОНОВ Б.И.  
ГАЛКИН В.А.  
КОЗЯРУК А.Е.  
КОСАРЕВ Н.П.  
МЕРЗЛЯКОВ В.Г.  
НЕСТЕРОВ В.И.  
ЧЕРВЯКОВ С.А.

**Редакционная коллегия:**

АНДРЕЕВА Л.И.  
ГАЛКИН В.И.  
ГЛЕБОВ А.В.  
ЕГОРОВ А.Н.  
ЕДЫГЕНОВ Е.К.  
ЖАБИН А.Б.  
ЗЫРЯНОВ И.В.  
КАРТАВЫЙ Н.Г.  
КРАСНИКОВ Ю.Д.  
КУЛАГИН В.П.  
МАХОВИКОВ Б.С.  
МИКИТЧЕНКО А.Я.  
МЫШЛЯЕВ Б.К.  
ПЕВЗНЕР Л.Д.  
ПЛЮТОВ Ю.А.  
ПОДЭРНИ Р.Ю.  
САВЧЕНКО А.Я.  
САМОЛАЗОВ А.В.  
СЕМЕНОВ В.В.  
СТАДНИК Н.И.  
СТРАБЫКИН Н.Н.  
ХАЗАНОВИЧ Г.Ш.  
ХОРЕШОК А.А.  
ЮНГМЕЙСТЕР Д.А.

**Редакция:**

ДАНИЛИНА И.С.  
КАРТАВАЯ Н.В.

**Телефоны редакции:**  
(499) 269-53-97, 269-55-10  
**Факс** (499) 269-55-10

**E-mail:** [gma@novtex.ru](mailto:gma@novtex.ru)  
<http://novtex.ru/gormash>

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПОДЗЕМНЫЕ РАБОТЫ

**Жабин А.Б., Поляков Ан.В., Поляков Ал.В., Антипов В.В.** Управление направленным движением проходческого щита и устройства контроля его положением . . . . . 2

### ГОРНЫЙ ТРАНСПОРТ

**Зырянов И.В.** "БелАЗ" и алмазодобытчики – вместе полвека . . . . . 8

### СТАЦИОНАРНЫЕ УСТАНОВКИ

**Копачёв В.Ф.** Оценка влияния коррозионности вентиляционных потоков на наступление этапов структурных кризисов всасывающих главных вентиляторных установок . . . . . 14

### НАДЕЖНОСТЬ. ДИАГНОСТИКА

**Насонов М.Ю.** Влияние внешней среды на долговечность металлоконструкций экскаваторов . . . . . 17

**Насонов М.Ю.** Оценка механической нагруженности и долговечности одноковшовых экскаваторов по энерготехнологическим характеристикам . . . . . 20

### БУРОВЫЕ РАБОТЫ

**Жуков И.А., Дворников Л.Т.** Разрушение хрупких сред безлезвийным инструментом с образованием отверстий некруглого сечения . . . . . 23

**Подэрни Р.Ю.** Анализ конструкций современных станков вращательного бурения взрывных скважин на открытых работах . . . . . 27

### ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА. АВТОМАТИЗАЦИЯ

**Зедгенизов Д.В.** Исследование двухканальной системы автоматического управления расходом воздуха в тоннеле метрополитена . . . . . 35

**Зедгенизов Д.В.** Система автоматического управления воздушно-тепловым режимом проветривания станции метрополитена мелкого заложения . . . . . 38

**Кузьмин С.В., Гаврилова Е.В., Барышников Д.В.** Влияние процесса дугогашения в высоковольтных выключателях на величину коммутационных перенапряжений, возникающих в сетях 6...10 кВ горно-добывающих предприятий . . . . . 41

**Кузьмин Р.С., Меньшиков В.А., Скакунов Д.А., Дементьев В.В., Карташев Ю.А., Ящук К.П.** Естественные средства компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения 6...10 кВ горно-металлургических предприятий . . . . . 44

**Кантович Л.И., Пастоев И.Л.** Обоснование структуры универсальной базы для автоматизированных очистных комплексов . . . . . 47

### НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ

**Бродный Я.** Величина динамического воздействия горного массива на крепь капитальных выработок . . . . . 50

**Зедгенизов В.Г., Мельников А.В.** Определение основных параметров ударника для разрушения горных пород и прочных строительных материалов . . . . . 54

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

---

УДК 658.26 (075.8)

**Р.С. Кузьмин**, канд. техн. наук, **В.А. Меньшиков**, канд. техн. наук, **Д.А. Скакунов**, **В.В. Дементьев**, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, **Ю.А. Карташев**, главный энергетик, ОАО "Уралкалий", г. Березники, Пермский край, **К.П. Ящук**, главный энергетик, ОАО "РУСАЛ-Ачинск", г. Ачинск, Красноярский край

## **Естественные средства компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения 6...10 кВ горно-металлургических предприятий**

---

*Рассмотрены естественные способы компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения 6...10 кВ горно-металлургических предприятий: собственная емкость системы, RC-гасители и устройства для заземления нейтрали сети через резистор с нейтральной точкой подключения, сформированной на базе косинусных конденсаторов.*

*Показано, что учет вышеприведенных средств компенсации реактивной мощности позволяет снизить стоимость системы компенсации реактивной мощности на 20...25 %.*

**Ключевые слова:** горно-металлургические предприятия, система электроснабжения, реактивная мощность, компенсация, емкость системы, RC-гаситель, нейтраль сети, резистор, стоимость системы компенсации.

**R.S. Kuzmin, V.A. Menshikov, D.A. Skakunov, V.V. Dementyev**, Siberian Federal University, **Yu.A. Kartashov**, LTD "Uralkaly", **K.P. Yatschuck**, LTD "Rusal-Achinsk"

## **The Natural Means of Compensating for the Reactive Power in the Systems of Supplying Mining and Metallurgical Enterprises with the 6...10 kV Electric Power**

---

*There are considered the natural means of compensating for the reactive power in the systems of supplying mining and metallurgical enterprises with the 6...10 kV electric Power. These include the system self-capacitance, the RC circuits and the devices to provide the grounding of the natural circuit point through a resistor having a natural terminal formed on the basis of the cosine capacitors.*

*It is shown that the considered of the a love-mentioned means of compensating for the reactive power, allows to decrease the cost of the systems compensating for the reactive power, by 20...25 %.*

**Keywords:** mining and metallurgical enterprises, power supply system, compensation, system capacitance, RC circuits, circuit neutral wire, resistor, compensation system cost.

За последние годы наметился значительный рост объемов выпуска готовой продукции на горно-металлургических предприятиях (ГМП). Объем выпуска готовой продукции в первую очередь достигался за счет расширения мощностей технологических комплексов. При этом система электроснабжения предприятий практически не менялась. Это привело к сильной загрузке кабельных и воздушных линий. Для увеличения пропускной способности кабельных и воздушных линий ГМП в последнее время стали широко использовать устройства для компенсации реактивной мощности. Практика показала, что наиболее рациональная система компенсации реактивной мощности выглядит следующим образом: в сетях напряжением до 1000 В необходимо использовать регулируемые конденсаторные установки, а в сетях напряжением выше 1000 В достаточно использовать нерегулируемые высоковольтные конденсаторные установки [1].

Исследования качества электрической энергии, выполненные на горных предприятиях Сибири и Урала, показали, что широкое внедрение преобразователей частоты и частотно-регулируемых приводов в сетях до 1000 В привело к тому, что коэффициент несинусоидального искажения по току может достигать 60 %. Основные искажения вносят 3, 5 и 7 гармоники. Поэтому регулируемые конденсаторные установки в сетях напряжением до 1000 В необходимо обеспечить соответствующими фильтрами на указанные гармоники, в противном случае конденсаторная установка может быть подвержена термическому разрушению.

Существующие методики выбора необходимой величины компенсируемой реактивной мощности не учитывают естественных способов компенсации реактивной мощности, что увеличивает стоимость системы компенсации. Естественными средствами компенсации являются: высоковольтные синхронные двигатели, собственная емкость системы и RC-гасители.

Опыт эксплуатации показывает, что синхронные двигатели могут эффективно компенсировать реактивную мощность, если они постоянно подключены к сети и находятся в режиме перевозбуждения. Однако технологические режимы работы не всегда позволяют эксплуатировать синхронные двигатели с перевозбуждением. Поэтому существующие методики определения необходимой величины компенсируемой реактивной мощности синхронные двигатели не принимают во внимание.

Исследования, выполненные на металлургических предприятиях, показывают, что учет естественной емкости системы электроснабжения предприятия позволяет снизить стоимость системы компенсации реактивной мощности. Величину реактивной мощности, которую может скомпенсировать система электроснабжения за счет собственной емкости, можно определить по величине емкостной составляющей тока однофазного замыкания на землю (ОЗЗ).

На рис. 1 приведена зависимость реактивной мощности, которую способна скомпенсировать энерго-

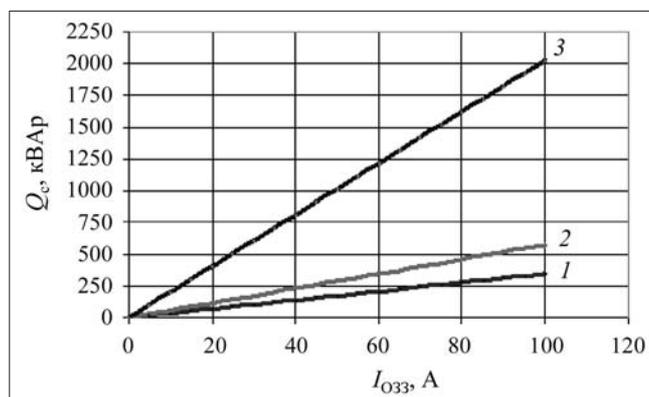


Рис. 1. Зависимость реактивной мощности, которую способна скомпенсировать энергосистема за счет собственной емкости в зависимости от тока ОЗЗ и номинального напряжения сети: 1 – 6000 В; 2 – 10000 В; 3 – 35000 В

система за счет собственной емкости в зависимости от тока ОЗЗ и номинального напряжения сети.

На современных ГМП величина тока ОЗЗ в сетях свыше 1000 В находится в диапазоне 50...100 А. В этом случае система электроснабжения может скомпенсировать реактивную мощность от 300 до 2000 кВАр, в зависимости от номинального напряжения сети.

Широкое внедрение вакуумных выключателей привело к тому, что для защиты электродвигателей от коммутационных перенапряжений (КП) начали использовать RC-гасители [2]. Базовым элементом любого RC-гасителя является конденсатор. Следовательно, RC-гаситель помимо защиты от КП выполняет частичную компенсацию реактивной мощности. В среднем один RC-гаситель компенсирует реактивную мощность от 3 до 5 кВАр в зависимости от номинального напряжения сети.

Таким образом, корректировка реактивной мощности в системах электроснабжения ГМП, которую необходимо компенсировать с учетом естественных средств компенсации, должна выполняться по формуле

$$Q_{\text{ком}} = Q_{\text{расч}} - (Q_{\text{сист}} + nQ_{\text{RC}}), \quad (1)$$

где  $Q_{\text{расч}}$  – реактивная мощность, подлежащая компенсации, определенная расчетным путем исходя из средневзвешенного коэффициента мощности;  $Q_{\text{сист}}$  – реактивная мощность, которую скомпенсирует система электроснабжения за счет собственной емкости. Значение данной мощности определяется по графикам, представленным на рис. 1;  $Q_{\text{RC}}$  – реактивная мощность одного RC-гасителя, равная 3 и 5 кВАр соответственно для сетей напряжением 6 и 10 кВ;  $n$  – число RC-гасителей.

В качестве примера рассмотрим, на сколько снизились затраты на компенсацию реактивной мощности в системе электроснабжения напряжением 10 кВ Ачинского глиноземного комбината (ОАО "РУСАЛ-Ачинск"). Основные параметры системы электроснабжения: 10 кВ;  $I_{\text{ОЗЗ}} = 95$  А, используемое количество RC-гасителей в системе электроснабжения

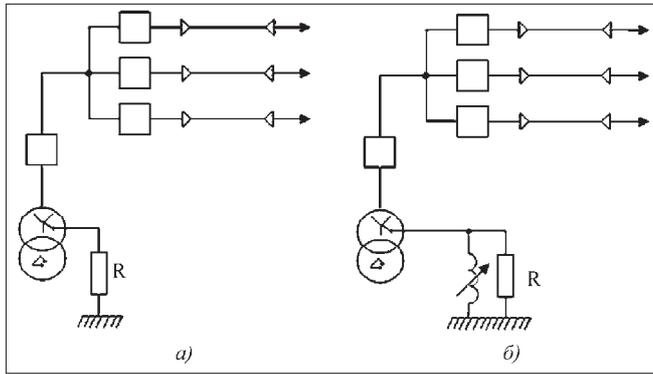


Рис. 2. Схемы подключения резистора к нейтрали сети:  
*a* – сеть с изолированной нейтралью; *б* – сеть с компенсированной нейтралью

120 шт., необходимая мощность компенсации 9200 кВАр. При этом мощность, которую компенсирует энергосистема за счет собственной емкости, составляет 550 кВАр, а при использовании RC-гасителей – 600 кВАр. Таким образом, в случае использования естественных способов компенсации реактивной мощности можно скомпенсировать в системе электроснабжения 10 кВ Ачинского глиноземного комбината 1150 кВАр. Следовательно, стоимость системы компенсации снизится на 12,5 %.

В системах электроснабжения 6 кВ ОАО "Уралкалий" учет естественных средств компенсации реактивной мощности позволил снизить стоимость системы компенсации на 15 %.

В последнее время для снижения перенапряжения в режиме ОЗЗ и повышения селективности токовых защит от ОЗЗ используется принцип заземления нейтрали сети через резистор [3]. Традиционные схемы подключения резистора к нейтрали сети приведены на рис. 2.

Для сети с изолированной и компенсированной нейтралью резистор подключается к нейтральной точке сети за счет специального трансформатора.

На угольном разрезе "Бородинский", который расположен на территории Красноярского края, нейтральная точка сети была выполнена на базе косинусных конденсаторов, собранных по схеме "звезда"

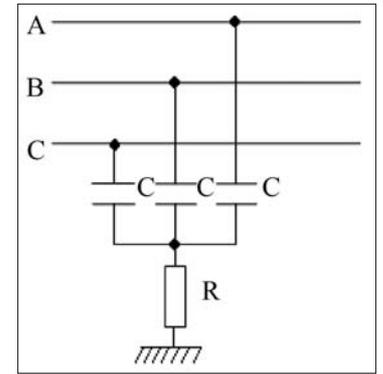


Рис. 3. Схема подключения резистора к нейтрали сети

мощностью 600 кВАр каждый. Схема подключения резистора показана на рис. 3.

Это позволило использовать конденсаторные батареи в двух направлениях:

- производить компенсацию реактивной мощности в пределах 1800 кВАр в безаварийном режиме;
- выполнять в режиме ОЗЗ заземление нейтрали сети через резистор.

Стоимость подобного способа заземления нейтрали сети через резистор по отношению к трансформаторному способу обошелся предприятию в 1,5 раза дешевле.

Таким образом, учет емкости системы, использование RC-гасителей и устройств заземления нейтрали сети через косинусные конденсаторы позволит снизить стоимость компенсации реактивной мощности на ГМП на 20...25 %.

#### Список литературы

1. **Проектирование** электроснабжения промышленных предприятий / Герасимов А.И., Кузьмин С.В.: Государственный университет цветных металлов и золота. Красноярск, 2006.
2. **RC-ограничители** и RC-гасители – устройства глубокого ограничения коммутационных перенапряжений в сетях 6–10 кВ / Гончаров А.Ф., Кузьмин С.В., Павлов В.В., Кузьмин Р.С., Меньшиков В.А. // Горное оборудование и электромеханика. 2005. №3. С. 38-40.
3. **Ограничение** перенапряжений и режимы заземления нейтрали сетей 6–35 кВ: Тр. Второй всероссийской научно-технической конференции. Новосибирск, 2002.