

Рис. 5. Схема монтажа взрывной сети с использованием Логгеров и Бластера

Бластер осуществляет нахождение и взрывание детонаторов через подсоединеные Логгеры, одновременно может контролироваться от 2 до 12 Логгеров, позволяющих произвести одновременное инициирование до 2400 детонаторов. Через Бластер выдаются распечатки ошибок монтажа взрывной сети и распечатка данных после взрываия.

По утверждению авторов, применение данной системы взрывания обеспечивает улучшение качества дробления горной массы при взрывании большого числа шпуровых или скважинных зарядов ВВ, обеспечивает качественное оконтуривание и позволяет контролировать сейсмическое действие взрыва.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Масаев, Ю. А. Новые средства инициирования промышленных зарядов ВВ / Ю. А. Масаев, В. А. Карасев, В. В. Саяпин. / VIII Международная научно-практическая конференция. Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно-развитых регионах. Т. 1. Материалы конференции. Кемерово, 2009. – с. 173–175.

□ Авторы статьи:

Масаев
Юрий Алексеевич
- канд. техн. наук, проф. каф. строительства подземных сооружений и шахт КузГТУ.
Тел. 384-2-39-63-78.

Доманов
Виктор Петрович
- канд. техн. наук, зав. лаб.
НЦ ВостНИИ,
тел. 64-25-85.

УДК 621.316.016.25

В.М. Ефременко, Р.В. Беляевский

О РАСЧЕТНЫХ СТОИМОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ СТАТИЧЕСКИХ ТИРИСТОРНЫХ КОМПЕНСАТОРОВ

Увеличение количества и повышение установленной мощности приемников электроэнергии с нелинейным характером нагрузки сделали несинусоидальные режимы характерной и неотъемлемой чертой современных систем электроснабжения. К таким электроприемникам относятся вентильные преобразователи, дуговые сталеплавиль-

ные печи, тиристорные приводы прокатных станов и др. Помимо того, что указанные электроприемники являются источниками высших гармоник в сети, они также относятся к числу крупных потребителей реактивной мощности, на долю которых приходится около 20 % реактивной мощности, потребляемой в промышленных электрических

ских сетях. При этом характерной особенностью данных электроприемников являются значительные и быстрые колебания величины потребляемой реактивной мощности, которые во многом обусловлены необходимостью обеспечения технологического процесса их работы.

Очевидно, что для компенсации реактивной мощности столь мощных электроприемников с нелинейной и резкопеременной нагрузкой следует использовать такие компенсирующие устройства, которые бы отвечали требованиям высокого быстродействия при изменении величины реактивной мощности, имеющие достаточный диапазон регулирования реактивной мощности, возможность ее генерации и потребления, а также обеспечивающие минимальные искажения питающего напряжения. Сегодня на крупных промышленных предприятиях (металлургических и др.) все большее применение в качестве подобных компенсирующих устройств находят статические тиристорные компенсаторы (СТК). Основными элементами СТК являются конденсаторы и дроссели – накопители электромагнитной энергии – а также тиристоры, обеспечивающие ее быстрое преобразование. Схемы СТК весьма разнообразны и позволяют генерировать либо потреблять реактивную мощность в зависимости от типа схемы и режима работы.

Установка СТК на промышленных предприятиях обеспечивает ряд важных преимуществ. Так, использование СТК для регулирования напряжения в распределительных сетях приводит к увеличению пределов статической и динамической устойчивости, снижению отклонений напряжения, увеличению пропускной способности линий электропередачи, фильтрации высших гармоник в сети. Применение СТК для дуговых сталеплавильных печей обеспечивает значительное уменьшение возмущений в питающей сети, повышение среднего коэффициента мощности печи, снижение токов высших гармоник, увеличение производительности печи, снижение расхода электродов, а также предотвращение резонансных явлений за счет установки фильтров высших гармоник. Существенные преимущества дает также использование СТК для тиристорных приводов прокатных станов: уменьшаются отклонения и колебания напряжения, увеличивается коэффициент мощности, снижается уровень высших гармоник в сети и пр.

При использовании СТК выполнение указанных выше требований в значительной степени обеспечивается за счет рационального выбора номинальной мощности и силовых элементов схемы СТК, а также режимов его работы. Номинальная мощность и схема СТК выбирается для каждого конкретного объекта в зависимости от параметров системы электроснабжения, вида нагрузки, а также требований, предъявляемых к качеству электрической энергии. Выбор мощности

СТК в целом можно рассматривать как оптимизационную задачу, в наиболее простом случае однокритериальной оптимизации имеющую своей целью определение такого значения мощности компенсирующих устройств, которое бы соответствовало минимуму целевой функции. При однокритериальной оптимизации целевая функция включает в себя затраты на потери мощности и на компенсирующие устройства. Таким образом, оптимальное значение мощности компенсирующих устройств будет определяться из условия, при котором суммарные приведенные затраты принимают минимальное значение. При использовании в качестве компенсирующих устройств СТК целевая функция будет иметь вид:

$$Z = Z_n + Z_{CTK}, \quad (1)$$

где Z_n – затраты на потери мощности, руб./год; Z_{CTK} – приведенные затраты на СТК, руб./год.

Затраты на потери мощности, как указывалось в [1], определяются согласно формуле

$$Z_n = c_0 \Delta P = c_0 (\Delta P_P + \Delta P_Q) = Z_n P + Z_n Q, \quad (2)$$

где $Z_n P$ и $Z_n Q$ – затраты на потери, обусловленные потоками активной и реактивной мощности соответственно, руб./год; c_0 – удельная стоимость потерь, руб./кВт в год, равная

$$c_0 = c_{\text{ээ}} \tau_{max}, \quad (3)$$

где $c_{\text{ээ}}$ – тариф на электрическую энергию, руб./кВтч; τ_{max} – годовое число часов использования максимума потерь, ч.

В [1] затраты на компенсирующие устройства рассматривались на примере комплектных конденсаторных установок. Теперь рассмотрим структуру затрат на компенсирующие устройства при использовании СТК.

По аналогии с затратами на конденсаторные установки затраты на СТК в наиболее общем случае могут быть представлены в виде:

$$Z_{CTK} = Z_{CTK} Q_{CTK}, \quad (4)$$

где Z_{CTK} – удельные приведенные затраты на СТК, руб./кВАр в год; Q_{CTK} – номинальная мощность СТК (в соответствии с [2] принимается по емкостной составляющей), кВАр.

Удельные приведенные затраты на СТК будут определяться по формуле

$$Z_{CTK} = (E_n + a_{op}) (K_{CTK} + K_{tp} + K_m) + c_{CTK} \quad (5)$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; a_{op} – норма амортизационных отчислений на обслуживание и ремонт; K_{CTK} , K_{tp} и K_m – удельные единовременные затраты на приобретение СТК, их транспортировку к месту назначения и проведение монтажных работ соответственно, руб./кВАр; c_{CTK} – удельная стоимость потерь активной мощности в СТК, руб./кВАр в год.

После подстановки в (5) значений $E_n =$

0,125 и $a_{op} = 0,05$ получим:

$$\begin{aligned} zCTK &= 0,175(K_{CTK} + K_{mp} + K_M) + cCTK = \\ &= 0,175K_{CTK} + 0,175(K_{mp} + K_M) + cCTK = \\ &= zCTK.osn + zCTK.don + cCTK, \end{aligned} \quad (6)$$

где $zCTK.osn$ – составляющая удельных приведенных затрат, определяемая стоимостью СТК, руб./кВАр в год; $zCTK.don$ – составляющая удельных приведенных затрат, определяемая стоимостью транспортировки СТК к месту назначения и стоимостью проведения монтажных работ, руб./кВАр в год.

Удельная стоимость потерь активной мощности в СТК будет определяться по формуле

$$c_{CTK} = c_0 \Delta P_{CTK}, \quad (7)$$

где ΔP_{CTK} – удельные потери активной мощности в СТК, определяемые в соответствии с паспортными данными СТК (при отсутствии паспортных данных согласно [2] могут быть приняты равными 0,006 кВт/кВАр).

В отличие от затрат на конденсаторные установки, которые, как было показано в [1], определяются относительно просто на основании их известных расчетных стоимостных показателей, определение затрат на СТК связано с определенными затруднениями в части величины принимаемых стоимостных показателей. В российской электроэнергетике на начальных стадиях проектирования оценка объемов единовременных капитальных вложений выполняется, как правило, по так называемым укрупненным стоимостным показателям. Однако СТК принадлежат к относительно новым для российской электроэнергетики видам оборудования, характеризующимся применением новой элементной базы, улучшенными масштабаритными показателями, упрощенными способами их монтажа, повышенными характеристиками надежности и пр., и по ним сегодня еще не накоплен достаточный объем экономической информации. Кроме того, в условиях рыночной экономики при выборе наиболее эффективных вариантов с точки зрения минимума приведенных затрат следует также учитывать возможность ис-

пользования оборудования иностранных производителей. При этом наряду с отечественными стоимостными показателями оборудования необходимо иметь данные о стоимости зарубежного оборудования. Определение стоимостных показателей СТК усложняется еще и тем, что они могут выполняться по различным схемам, а это непосредственным образом влияет на их стоимостные показатели.

На сегодняшний день данные о стоимостных показателях СТК, приводимые как в справочной литературе, так и в каталогах производителей СТК, являются крайне недостаточными. Например, в [3] информация по стоимостным показателям СТК ограничивается следующим. Указывается, что в ценах 2004 года стоимость двух СТК мощностью по 100 МВАр без конденсаторной батареи, т. е. двух тиристорно-реакторных групп (ТРГ) указанной мощности, составляет 160 тыс. руб. Также указывается, что стоимость двух СТК мощностью по ±100 МВАр составляет 220 тыс. руб. При этом в [3] не указываются схемы СТК, что в еще большей степени ограничивает информативность приводимых данных об их стоимостных показателях.

Вместе с тем ныне существует большое количество схемных конфигураций СТК, которые отличаются друг от друга по быстродействию и другим функциональным возможностям. Проведенный анализ схем СТК, выпускаемых российскими и зарубежными производителями, позволил выделить наиболее характерные схемы СТК, применяемых для компенсации реактивной мощности на крупных промышленных предприятиях, характеризующихся наличием мощных нелинейных и резкопеременных нагрузок. Характерные принципиальные схемы СТК представлены на рис. 1.

Несмотря на то, что в [3] не указывается схема СТК с конденсаторными батареями, однако, судя по небольшому их удорожанию по сравнению с СТК без конденсаторных батарей, можно предположить, что речь идет о схеме, приведенной на рис. 1, а, в соответствии с которой ТРГ дополняются конденсаторными батареями, коммутируемыми с помощью механических выключа-

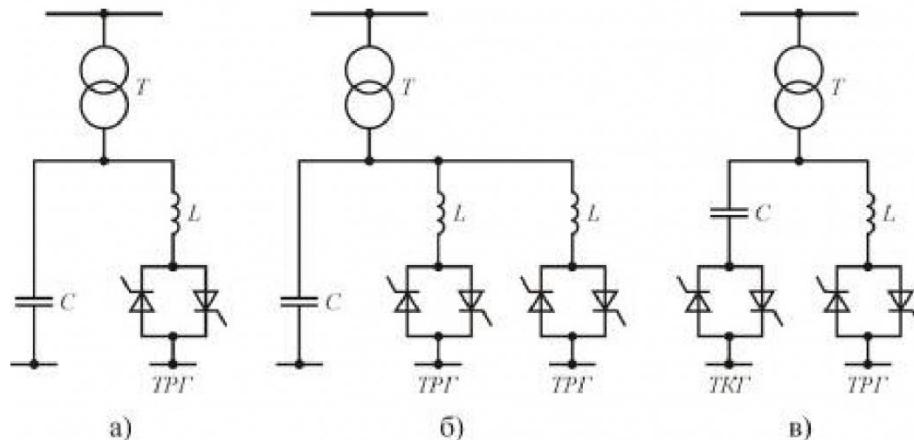


Рис. 1. Принципиальные схемы СТК

чателей (контакторов). Могут также применяться схемы без механических выключателей, обеспечивающие непрерывное регулирование во всем диапазоне реактивной мощности. В качестве такой схемы для обеспечения требуемого диапазона регулирования может быть использовано сочетание постоянно подключенной конденсаторной батареи с регулируемой ТРГ (рис. 1, б). Очевидно, что стоимость такого вида СТК будет заметно выше по сравнению со стоимостью СТК, выполненного по первой схеме. Зарубежные производители (например, «ABB») используют схему СТК, приведенную на рис. 1, в, в соответствии с которой совместно с регулируемыми ТРГ устанавливаются тиристорно-коммутируемые конденсаторные группы (ТКГ). В таких схемах установленная мощность тиристорного оборудования соответствует полному диапазону регулирования СТК. Таким образом, поскольку СТК могут выполняться по различным схемам, то указание схемы СТК при задании их стоимостных показателей должно быть обязательным.

Перечисленные выше факторы, такие как ограниченность экономической информации о стоимостных показателях СТК, многообразие их схемных конфигураций и некоторые другие, значительно усложняют определение и учет затрат на компенсирующие устройства при решении задачи оптимизации процесса компенсации реактивной мощности с использованием СТК.

Для исключения необходимости определения стоимостных показателей СТК для различных сочетаний используемого оборудования может быть применен рассмотренный формульный способ задания их укрупненных стоимостных показателей. Подобный формульный способ задания укрупненных стоимостных показателей предполагает задание единой удельной стоимости используемых в схеме СТК тиристорно-реакторных и тиристорно-конденсаторных групп, учет дополнительных коммутируемых конденсаторных батарей (при наличии их в схеме СТК) отдельно по справочным данным, введение снижающей поправки к

стоимости при большой установленной мощности тиристорного оборудования СТК. Для этого сегодня, очевидно, требуется расширение объема экономической информации о стоимостных показателях СТК.

При использовании формульного способа задания укрупненных стоимостных показателей СТК удельные единовременные затраты на их приобретение $K_{СТК}$, а вместе с этим и составляющая удельных приведенных затрат, определяемая стоимостью СТК $z_{СТК.осн}$, будут меняться в зависимости от типа применяемой схемы СТК. Для определения оптимальной схемы и параметров СТК в каждом конкретном случае следует в процессе проектирования производить компьютерное моделирование схем СТК, а также системы электроснабжения с выбранными СТК при различных режимах работы. На основании построенных моделей можно будет не только получить наиболее технически эффективную схему СТК, максимально отвечающую требованиям рассматриваемого конкретного случая, но и определить при этом стоимостные показатели, входящие в общую структуру затрат на СТК.

Использование формульного способа задания укрупненных стоимостных показателей СТК позволит установить зависимость затрат на СТК от величины их номинальной мощности и определить возможность применения данной зависимости в практических целях, в том числе при решении задачи оптимизации процесса компенсации реактивной мощности. А сочетание формульного способа задания укрупненных стоимостных показателей с компьютерным моделированием позволит существенно упростить учет затрат на СТК и повысить точность определения оптимальной мощности СТК в ходе решения указанной оптимизационной задачи. Все это, в свою очередь, должно способствовать обеспечению высокой технико-экономической эффективности применения СТК в системах электроснабжения промышленных предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефременко, В. М. Стоимостные показатели комплектных конденсаторных установок / В. М. Ефременко, Р. В. Беляевский // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., 2010. № 1. – С. 104–107.
2. Инструкция по организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по расчету и обоснованию нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям : утв. Приказом М-ва энергетики Рос. Федерации № 326 от 30.12.2008.
3. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д. Л. Файбисовича. – М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 320 с.

□ Авторы статьи:

Ефременко
Владимир Михайлович
– канд. техн. наук, ст. научн. сотр.,
зав. каф. электроснабжения горных
и промышленных предприятий КузГТУ,
тел. 8-904-999-0817
E-mail: evm.kegpp@kuzstu.ru

Беляевский
Роман Владимирович
– ассистент каф. электроснабже-
ния горных и промышленных
предприятий КузГТУ,
тел. 8-950-584-7672
E-mail: belaevsky@mail.ru