



It is shown that using of static thyristor compensation systems improves efficiency, decreases consumption of power and electrodes, but increases the cost of furnaces of alternating current.

Андрей Игоревич РОЖКОВ, Антон Игоревич РОЖКОВ, РУП «БМЗ»

УДК 669.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Электросталеплавильные печи постоянного (ДСПТ) и переменного (ДСП) тока являются конкурентами во многих вопросах технологии, распространения, эксплуатации, себестоимости, издержек и т. д. При сравнении капитальных затрат печей этих типов обычно пользуются данными, приведенными в табл. 1 [1].

Таблица 1. Структура капитальных затрат, %, на установку ДСП и ДСПТ

Расходная статья	Капитальные затраты		
	ДСП	ДСПТ	Δ
Механическое оборудование	23,6	19	-4,6
Печной трансформатор для ДСП	22		-22
Трансформатор с выпрямителем	-	48	+48
Токоподвод на низкой стороне	7,4	13	+5,6
Управление печью и регулирование положением электродов	11	8	-3
Фундамент и здания	10	12	+2
Итого	74	100	+26

Как видно из таблицы, капитальные затраты на строительство ДСПТ на 26 % больше, чем на строительство ДСП. Однако в подобных сравне-

ниях не принимают в расчет статические тиристорные системы компенсации (СТК), которые используются только на ДСП. Они служат для устранения перекоса нагрузки между фазами при ее работе.

Статические тиристорные системы компенсации представляют собой шунтирующие реакторы, индуктивное сопротивление которых регулируется с помощью тиристорov. Принципиальная схема такого плавно регулируемого реактора приведена на рис. 1. Регулирование мощности реактора обеспечивается изменением тока в нем путем увеличения или уменьшения углов управления α_1 и α_2 соответствующими тиристорами VS_1 и VS_2 , которые включены встречно-параллельно. При этом всегда $\alpha_1 = \alpha_2$. Если $\alpha = \pi/2$, тиристоры открыты полностью, ток в реакторе максимальный и синусоидальный (при синусоидальном напряжении). Этот ток показан пунктирной линией на рис. 1, б. По мере увеличения α и его изменения в диапазоне $\pi/2 \leq \alpha \leq \pi$ ток в реакторе уменьшается, теряя при этом синусоидальную форму (форма этого тока на рис. 1, б показана сплошной линией).

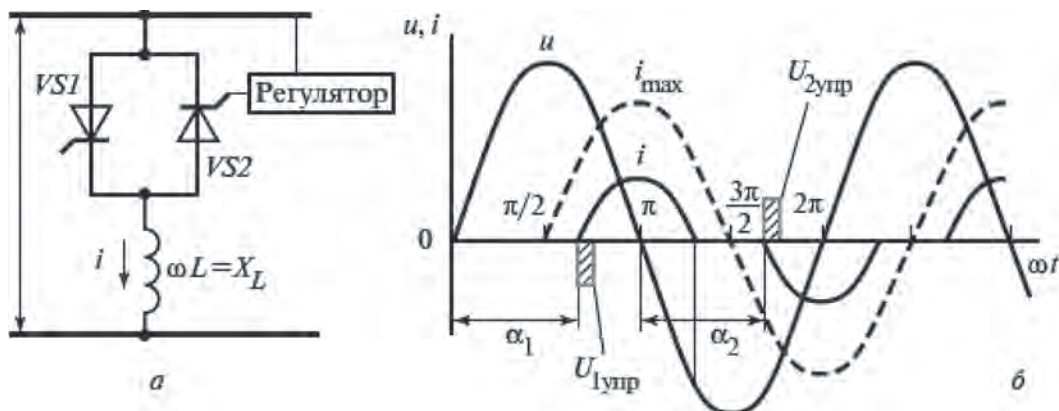


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема (а) и изменения токов и напряжений (б) статического тиристорного компенсатора

Первая гармоника этого тока по отношению к полному току $I_L = U/X_L$ составляет:

$$I_1/I_L = (1/\pi)[2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha].$$

Угол зажигания тиристоров α может быстро изменяться таким образом, чтобы ток в реакторе отслеживал ток нагрузки или реактивную мощность в энергосистеме. Параллельно реакторам подключаются конденсаторы для компенсации реактивной мощности и фильтрации высших гармоник [2–4].

СТК разрабатываются в двух основных модификациях – для линий электропередач и промышленных установок типа дуговых сталеплавильных печей (ДСП) (рис. 2).

При использовании СТК для ДСП получают следующий эффект.

- Существенное снижение возмущений в питающей сети.
- Возможность подключения мощных печей к энергосистемам с низкой мощностью короткого замыкания.
- Повышение среднего коэффициента мощности.
- Снижение токов высших гармоник, текущих в энергосистему.
- Компенсация несимметрии токов фаз ДСП.
- Повышение производительности печи.
- Увеличение вводимой в печь мощности за счет стабилизации напряжения.
- Снижение расхода электродов.
- Предотвращение резонансных явлений за счет установки фиксированных фильтров высших гармоник [5].

Впервые в СССР статическая тиристорная система компенсации была смонтирована на подстанции «Сталь» на РУП «БМЗ» в 1984 г. Ее мощность составляла 120 МВАр. Эти установки хорошо себя зарекомендовали, поэтому они начали широко использоваться на других металлургических заводах [6].

Два СТК находятся в постоянной эксплуатации на Молдавском (г. Рыбница) и Дальневосточном (г. Комсомольск-на-Амуре) металлургических заводах с 1986 г. Каждый СТК состоит из ТРГ мощностью 160 МВАр и восьми ФКЦ суммарной мощностью 138 МВАр при рабочем напряжении 35 кВ. Компенсируемая нагрузка – две ДСП емкостью 100 т и мощностью 80 МВА. Результатами работы этих СТК являются:

- полная компенсация реактивной мощности нагрузки;
- снижение уровня колебаний напряжения (фликера) на 68%;
- стабилизация напряжения на шинах нагрузки;
- обеспечение требуемых коэффициентов несинусоидальности.

Внедрение СТК на Молдавском металлургическом заводе благодаря стабилизации напряжения позволило увеличить ввод активной мощности в печь и соответственно сократить время под током на 30%. Установка этих компенсаторов обеспечила возможность подключения указанных металлургических заводов к энергосистемам с крайне низкой мощностью короткого замыкания (2000 МВА) без ухудшения условий работы других энергопотребителей [7].

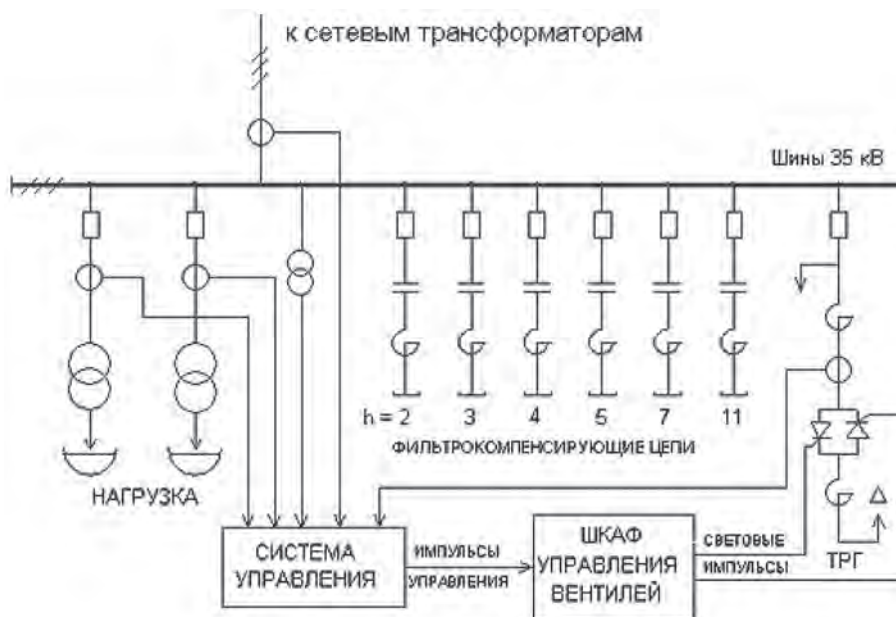


Рис. 2. Типовая схема СТК для дуговых сталеплавильных печей

С 1989 г. ТРГ мощностью 160 МВАр на напряжение 33 кВ с системой водяного охлаждения эксплуатируется на Волжском трубном заводе в составе СТК, поставленного по заказу фирмы «Italimpianti».

С 1991 г. ТРГ мощностью 109 МВАр на напряжение 33 кВ с системой водяного охлаждения эксплуатируется на Белорусском металлургическом заводе в составе СТК, поставленного по заказу фирмы «Voest Alpine» (Австрия).

В 2006 г. на металлургическом заводе им. А. К. Серова (г. Серов) введен в промышленную эксплуатацию статический тиристорный компенсатор для ДСП-80 напряжением 35 кВ и мощностью 110 МВАр, оснащенный водяной системой охлаждения.

В 2007 г. на металлургическом заводе ОАО «Новоросметалл» (г. Новороссийск) введен в промышленную эксплуатацию статический тиристорный компенсатор для ДСП-50 напряжением 35 кВ и мощностью 45 МВАр, оснащенный водяной системой охлаждения.

В 2008 г. на ООО Электросталь (г. Курахово, Украина) проведены приемо-сдаточные испытания статического тиристорного компенсатора для ДСП-50 напряжением 35 кВ и мощностью 45 МВАр с водяной системой охлаждения. СТК сдан в промышленную эксплуатацию.

В настоящее время ведутся пусконаладочные работы на втором СТК напряжением 35 кВ и мощностью 160 МВАр ОАО «Амурметалл» для новой ДСП-100 мощностью 120 МВА. Начат монтаж оборудования двух СТК напряжением 10 кВ и мощностью 45 МВАр для металлургического завода ЗАО «СТАКС» (г. Красный Сулин).

Подписаны контракты на поставку:

- двух комплектов тиристорного регулятора управляемого шунтирующего реактора трансформаторного типа УШРТ-230/60 для компании ENE-E. P. (Ангола), предназначенных для регулирования реактивной мощности и напряжения в сетях 220 кВ энергосистемы Angola Norte.

- СТК напряжением 35 кВ и мощностью 65 МВАр для ОАО «Ижорские заводы» (г. Санкт-Петербург).

- СТК напряжением 35 кВ и мощностью 180 МВАр с водяной системой охлаждения для ОАО «Тагмет» (г. Таганрог).

Применение СТК для ДСП увеличило коэффициент мощности нагрузки с 0,7 до 0,97, снизило колебания напряжения питающей сети в 3 раза, уменьшило время одной плавки металла со 150 до 130 мин и удельный расход электроэнергии на 1 т выплавленной стали на 4%, а также сократило расход графитовых материалов. В целом срок окупаемости затрат на статические компенсирующие устройства составляет в среднем от 0,5 до 1 года [8].

Как видно из приведенного выше, статические тиристорные компенсаторы являются необходимой и неотъемлемой частью ДСП. Их стоимость сравнима со стоимостью печного трансформатора с выпрямителем, поскольку оба этих элемента состоят из обмоток и высоковольтных тиристоров. В таком случае к величине капитальных затрат ДСП нужно добавить стоимость СТК. Сравнение капитальных затрат печей обоих типов с учетом стоимости статического тиристорного компенсатора для ДСП приведено в табл. 2.

Таблица 2. Структура капитальных затрат, %, на установку ДСП и ДСППТ с учетом стоимости СТК

Расходная статья	Капитальные затраты		
	ДСП	ДСППТ	Δ
Механическое оборудование	23,6	19	-4,6
Печной трансформатор для ДСП	22		-22
СТК	48		-48
Трансформатор с выпрямителем	-	48	+48
Токоподвод на низкой стороне	7,4	13	+5,6
Управление печью и регулирование положением электродов	11	8	-3
Фундамент и здания	10	12	+2
Итого	122	100	-22

Таким образом, использование СТК улучшает производительность, снижает расход электроэнергии и электродов, но увеличивает стоимость ДСП, которая становится больше стоимости ДСППТ.

Литература

1. К с ь ю К с и н г н э н // Steel Times Int. 1992 (вып. № 1 на русском языке). С. 10–12.
2. А н а н и а ш в и л и К. Е., К о р о в и н А. И., О л ь ш в а н г М. В., Р ы ч к о в Е. В., Ч у п р и к о в В. С. Статические тиристорные компенсаторы для сетей электроснабжения мощных дуговых печей // Тез. докл. VIII Всесоюз. науч.-техн. совещ. по электротермии и электротермическому оборудованию. Чебоксары, 1985.
3. Н е ч а е в О. П., Т а р а т у т а И. П., Ч у п р и к о в В. С. Статические тиристорные компенсаторы на напряжение 35 кВ для нужд черной металлургии // Там же.
4. А н а н и а ш в и л и К. Е., О л ь ш в а н г М. В., Р ы ч к о в Е. В., Ч у п р и к о в В. С. Фильтрокомпенсирующие цепи статических компенсаторов // Электричество. 1990. № 1.
5. О л ь ш в а н г М. В., Т а р а т у т а И. П., Ч у п р и к о в В. С. Особенности разработки статического тиристорного компенсатора для передельных металлургических заводов // Тез. докл. науч.-техн. конф. «Повышение качества электрической энергии в промышленных электрических системах». М.: МДНТП, 1982.

6. О л ь ш в а н г М. В., Ч у п р и к о в В. С. Выбор мощности статического тиристорного компенсатора для предприятий с ДСП // Тез. докл. I Всесоюз. симпозиума «Электроснабжение и электрооборудование дуговых электропечей» (Тбилиси, 16–18 ноября 1988 г.). М.: Информэлектро, 1988.

7. Н е ч а е в О. П., Т а р а т у т а И. П., Ч у п р и к о в В. С. Электрические воздействия на оборудование статического тиристорного компенсатора на Молдавском металлургическом заводе // Электротехника. 1989. № 2.

8. Ч у п р и к о в В. С. Расчет влияния тиристорного компенсатора реактивной мощности на длительность плавки ДСП // Сб. науч. тр. ВНИПИ Тяжпромэлектропроект «Новые разработки в области проектирования электроснабжения и электрооборудования электротермических установок». М.: Энергоатомиздат, 1992.