

УДК 629.3

## **СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ ДУГОВОЙ ЭЛЕКТРОПЕЧИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВМЕЩЁННОГО УПРАВЛЯЕМОГО РЕАКТОР-ТРАНСФОРМАТОРА**

Джураев Т. Х.

Научный руководитель Домников С. В., к.т.н., доцент

Способ заключается в выравнивании мощности по фазам путем управления током дуги каждого из электродов и регулировании электрических параметров короткой сети за счет включения в схему косвенного регулирования напряжения в качестве второй электромагнитной единицы совмещенного управляемого реактор-трансформатора (СУРТ) и увеличения индуктивного сопротивления его вторичных обмоток.

Изобретение относится к электротехнике, а именно к электрометаллургии и к способам регулирования мощности в трехэлектродных дуговых печах переменного тока, и направлено на увеличение их производительности, уменьшение удельного расхода электроэнергии, снижение негативного влияния на питающую сеть и повышение надежности функционирования регулирующего устройства.

Известен способ регулирования мощности трехфазной дуговой электропечи, заключающийся в управлении величиной тока дуги каждого электрода и регулировании реактивного сопротивления короткой сети с помощью батарей статических конденсаторов (БК), подключаемых параллельно фазе с наибольшим реактивным сопротивлением. Присоединение БК на вторичное напряжение печного трансформатора требует выполнения условия синусоидальности тока дуговой трехэлектродной печи. Это вызывает затруднения при использовании указанного способа на практике, т.к. ток печи имеет несинусоидальный характер, обусловленный условиями горения дуги и влиянием случайных факторов на ее сопротивление.

Указанный способ имеет некоторые недостатки. Возможны значительные перегрузки батарей статических конденсаторов токами высших гармонических составляющих и тяжелые условия работы при частых коммутациях емкостей. Это вызывает их преждевременный выход из строя. Снижение реактивного сопротивления короткой сети путем включения БК может уменьшить устойчивость горения дуги. Это приводит к возрастанию колебаний токов и напряжений. Рассматриваемый способ не позволяет минимизировать глубину провала напряжения, возникающего на стороне высшего напряжения печного трансформатора, при эксплуатационном коротком замыкании электродов на шихту.

По мере заглубления электрода все большая часть излучения дуги экранируется шихтой. Излучение дуги «дикой» фазы не представляет серьезной опасности для футеровки стен и свода печи и практически полностью расходуется на расплавление шихты. Оно не компенсирует уменьшение излучения других фаз. Это объясняет снижение производительности печи при несимметричном режиме. В период восстановления изменение реактивного сопротивления короткой сети менее значительно, а излучение дуги не экранируется шихтой. По сравнению с периодом расплавления футеровка стен и свода поглощает большее количество энергии, излучаемой дугами. Ее часть, расположенная вблизи «дикой» фазы, разрушается быстрее. Это вызывает простои печи, необходимые для проведения ремонтных работ. Снижается производительность агрегата. Поэтому с точки зрения минимизации негативного воздействия излучения дуги «дикой» фазы выравнивание электрических параметров разных фаз короткой сети в период восстановления имеет важнейшее

значение. Вышесказанное подтверждает актуальность снижения перекаса мощностей по фазам и минимизации смещения нейтральной точки нагрузки относительно нейтральной точки печного трансформатора во всех режимах функционирования электропечи.

Регулирование питающего напряжения электропечной установки производится с помощью трансформаторного агрегата. В большинстве случаев по косвенной схеме регулирования, состоящей из двух электромагнитных единиц. В качестве первой используется регулировочный автотрансформатор, а в качестве второй - понижающий трансформатор.

Для регулирования мощности электропечи предлагается производить регулирование тока дуги каждого из электродов и выравнивание электрических параметров короткой сети по фазам за счет изменения реактивного сопротивления короткой сети посредством включения в схему косвенного регулирования напряжения в качестве второй электромагнитной единицы совмещенного управляемого реактор-трансформатора и увеличения индуктивного сопротивления его вторичных обмоток, соответствующих фазам с наименьшим реактивным сопротивлением короткой сети. Регулирование мощности дуговой трехэлектродной электропечи переменного тока осуществляется во всех режимах ее функционирования. СУРТ имеет некоторые конструктивные отличия от силового трансформатора и может функционировать в трансформаторном, реакторном и реакторно-трансформаторном совмещенном режиме. В данном способе он используется в реакторно-трансформаторном режиме.

В случае уменьшения реактивного сопротивления и возрастания тока «дикий» фазы для выравнивания мощностей по фазам увеличивают индуктивное сопротивление соответствующей этой фазе вторичной обмотки СУРТ. Пример включения СУРТ в схему косвенного регулирования напряжения электропечи (ЭП) с регулировочным автотрансформатором приведен на рисунке:

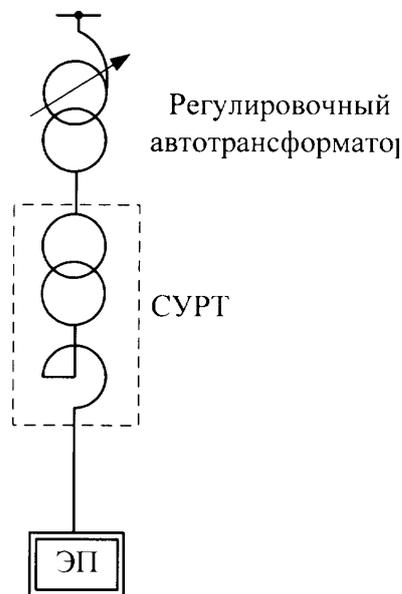


Рисунок 1

Электрическая схема замещения вторичной цепи печного трансформатора дуговой электропечи с конфигурацией короткой сети «несимметричный треугольник на электродах» при этом примет вид, изображенный на рисунке:

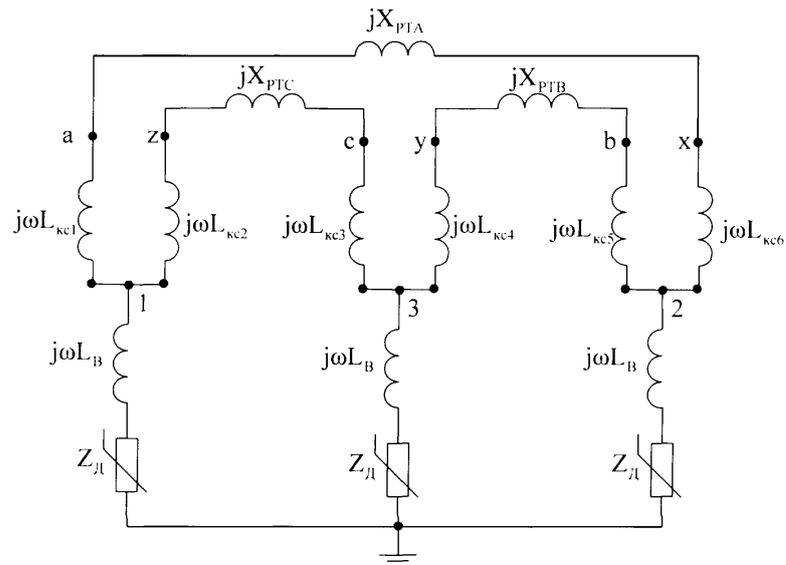


Рисунок 2

На рисунке 2 приняты следующие обозначения:  $jX_{PTA}$ ,  $jX_{PTC}$ ,  $jX_{PTB}$  - реактивные сопротивления вторичных обмоток СУРТ;  $j\omega L_{KCn}$  - реактивное сопротивление  $n$ -ого кабеля короткой сети;  $j\omega L_B$  - реактивное сопротивление ванны печи с учетом сопротивления электрода;  $Z_{\Delta}$  - нелинейное сопротивление электрической дуги. При увеличении реактивного сопротивления одной фазы и уменьшении его значения в двух других фазах, для выравнивания мощностей по фазам увеличивают индуктивное сопротивление вторичных обмоток СУРТ, соответствующих фазам с наименьшим реактивным сопротивлением короткой сети.

Предлагаемый способ применим для электропечей, регулирование напряжения которых осуществляется по косвенным схемам регулирования, а короткая сеть имеет одну из следующих конфигураций: «несимметричный треугольник на электродах», «треугольник на электродах», «треугольник на электродах с дополнительной стойкой фазы», «треугольник на подвижных башмаках».

Использование способа регулирования мощности дуговой электропечи переменного тока с применением СУРТ позволяет свести к минимуму перекося мощности по фазам и смещение нейтральной точки нагрузки относительно нейтральной точки печного трансформатора. Уменьшается излучение дуги «дикой» фазы и перегрев футеровки стен и свода печи вблизи него в течение периода восстановления. Повышается устойчивость горения дуги, и снижаются колебания токов и напряжений. При возникновении эксплуатационного короткого замыкания электродов на шихту повышение реактивного сопротивления рабочих обмоток СУРТ способствует минимизации глубины провала напряжения, возникающего на стороне первичного напряжения печного трансформатора. Увеличивается вводимая в печь мощность, уменьшается продолжительность цикла плавки и длительность периодов простоя печи, предназначенных для проведения ремонтных работ по восстановлению футеровки стен и свода вблизи «дикой» фазы.

Преимущество способа заключается в минимизации негативного воздействия на питающую сеть, а также в том, что, по сравнению с БК, совмещенный управляемый реактор-трансформатор менее чувствителен к воздействию высших гармонических составляющих тока электропечи, обладает большим сроком службы и высокой надежностью при эксплуатации.