

УДК 621.791.03

## ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРО- И ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ СВАРОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

А. Н. ВЕРШИНИН, кандидат технических наук, доцент<sup>1</sup>

С. А. ГРАЧЕВ, кандидат технических наук, доцент<sup>2</sup>

О. Ф. КУСТОВ, преподаватель<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

<sup>2</sup>Государственное учреждение образования «Гомельский инженерный институт» МЧС Республики Беларусь

Предложена методика расчета потерь мощности в режиме холостого хода сварочных трансформаторов и выпрямителей до и после включения устройства ограничения напряжения холостого хода электросварочных аппаратов (УОНХХСА).

**Ключевые слова:** электросварочный аппарат, электро- и пожаробезопасность сварочных работ, потери мощности, устройство ограничения напряжения холостого хода.

### Введение

Электродуговая сварка на переменном и постоянном токе широко используется на предприятиях машиностроения, агропромышленного и нефтеперерабатывающих комплексов, в жилищно-коммунальных хозяйствах, а также в строительстве.

Значительную часть производственного времени (до 50 %) сварочных трансформаторов и выпрямителей составляет режим холостого хода. Это такой режим, при котором сварочный трансформатор и выпрямитель подключены к источнику питания, но сварка не производится. В этом случае ток холостого хода в зависимости от мощности сварочного трансформатора или выпрямителя составляет от 10 до 20 А.

При проведении сварочных работ в особо опасных условиях (внутри металлических емкостей, на открытом воздухе и т. п.) для повышения электробезопасности сварщика при смене электрода трансформатор для ручной дуговой сварки должен быть снабжен устройством снижения напряжения холостого хода (УСНТ). УСНТ должно снижать действующее значение напряжения холостого хода на выходных зажимах сварочной цепи до величины, не превышающей 12 В, не позже чем через 1 с после размыкания сварочной цепи. Это было обусловлено требованиями ГОСТ 12.2.007.8–75 «Устройства электросварочные и для плазменной обработки. Требования безопасности». Однако они не нашли широкого распространения из-за применения в их конструкции электромагнитных контакторов в цепи сварочного тока, а также частых отказов при замыкании сварочной цепи. Кроме того, эти устройства, УСНТ, только снижали напряжение холостого хода, не отключая первичной обмотки трансформатора от сети. В результате потери мощности в режиме холостого хода не уменьшались.

### Основная часть

В разработанных устройствах [1] силовые управляемые полупроводниковые вентили (тиристоры, симисторы) включаются последовательно с первичной обмоткой трансформатора или сварочного выпрямителя. Такое схемное решение позволяет не только снизить напряжение холостого хода на сварочном электроде, но и уменьшить более чем в сто раз ток первичной обмотки. При этом снижаются потери мощности в стали и меди трансформатора, а также в подводящих линиях.

Приведем методику расчета потерь мощности до и после применения устройств ограничения напряжения холостого хода сварочного трансформатора.

Ток холостого хода сварочного трансформатора, работающего без устройства, составляет:

$$I_{10} = \frac{0,13 I_{2н}}{K}, \quad (1)$$

где  $I_{2н}$  – номинальный ток вторичной обмотки, А;  $K$  – коэффициент трансформации.

Потери мощности в меди первичной обмотки в режиме холостого хода:

$$\Delta P_{MO} = I_{10}^2 R_1, \quad (2)$$

где  $R_1$  – активное сопротивление первичной обмотки, Ом.

Потери мощности в меди первичной обмотки в номинальном режиме:

$$\Delta P_{M1} = I_{1н}^2 R_1, \quad (3)$$

где  $I_{1н}$  – номинальный ток первичной обмотки, А.

Потери мощности в меди вторичной обмотки в номинальном режиме:

$$\Delta P_{M2} = I_{2н}^2 R_2, \quad (4)$$

где  $I_{2н}$  – номинальный ток вторичной обмотки, А;  $R_2$  – активное сопротивление вторичной обмотки, Ом.

Полные потери мощности в трансформаторе при номинальном сварочном токе:

$$\Delta P_{ном} = U_{1н} I_{1н} \cos \varphi_n (1 - \eta_n), \quad (5)$$

где  $\cos \varphi_n$ ,  $\eta_n$  – номинальные значения коэффициента мощности и КПД сварочного трансформатора.

Мощность потерь в стали сварочного трансформатора:

$$\Delta P_c = \Delta P_{ном} - \Delta P_{M1} - \Delta P_{M2}. \quad (6)$$

Суммарная мощность потерь в сварочном трансформаторе без применения устройства:

$$\Delta P_{x.x} = \Delta P_{MO} + \Delta P_c. \quad (7)$$

В случае применения устройства напряжение на первичной обмотке трансформатора падает в 5 раз. Потери в стали при этом уменьшаются пропорционально квадрату первичного напряжения. Следовательно, потерями в стали можно пренебречь.

Снижение потерь мощности вследствие применения устройства будет равно суммарным потерям мощности в трансформаторе по (7):

$$P_{\text{эт}} = \Delta P_{\text{х.х.}} \quad (8)$$

Снижение потерь мощности в подводящей линии после применения устройства можно принять равным 10 % от мощности, потребляемой трансформатором:

$$P_{\text{эл}} = 0,1 P_{\text{н}} = 0,1 U_{\text{лн}} I_{\text{лн}} \cos \varphi_{\text{н}} \eta_{\text{н}} \quad (9)$$

### **Заключение**

Приведенная методика расчета потерь мощности в режиме холостого хода сварочных трансформаторов и выпрямителей дает возможность оценить энергоэффективность использования устройства УОНХХСА. Расчеты, проведенные по изложенной методике для сварочного трансформатора ТДМ-503, показали уменьшение потерь в 5 раз. Применение устройства позволяет снизить напряжение холостого хода на вторичной обмотке трансформатора до безопасного 12 В, что обеспечивает электро- и пожаробезопасность сварочных работ в особо опасных условиях. При случайном замыкании прямого и обратного сварочных проводов устройство УОНХХСА отключает первичную обмотку трансформатора от источника питания, обеспечивая защиту сварочного аппарата от тока короткого замыкания.

### **Литература**

- 1 Вершинин, А. Н. Безопасность электросварочных работ обеспечивает электроника / А. Н. Вершинин, С. А. Грачев // Чрезвычайн. ситуации: образование и наука. – 2009. – № 1 (4). – С. 33–37.

*Поступила в редакцию 25.01.2012*

**A. Vershinin, S. Grachev, O. Kustov**

**IN THIS PAPER THE METHODS OF ESTIMATION CONCERNING LOSSET OF THE UNIN FOR WELDING APPARATUS NO-LOAD VOLTAGE IS DESCRIBED**

The application of the unit can reduce to a great extent no-load current and power loss and can make welding operation safe in dangerous and risky conditions before and after switching equipment of electric welding apparatus.