

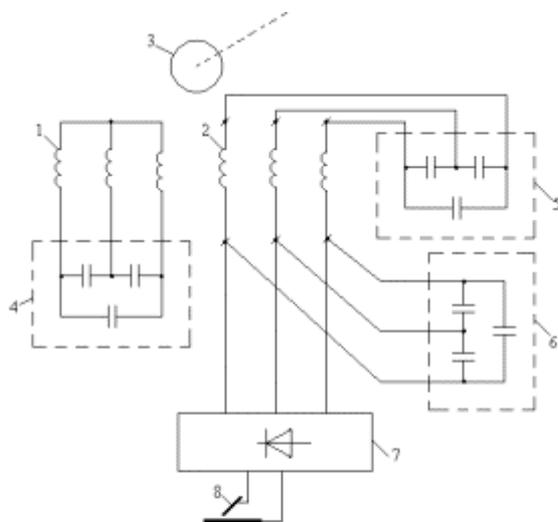
С. И. Кицис, Д. Н. Паутов

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СВАРОЧНОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ НА БАЗЕ АСИНХРОННОГО САМОВОЗБУЖДАЮЩЕГОСЯ ГЕНЕРАТОРА

Впервые предложена математическая модель сварочного генератора на базе асинхронного самовозбуждающегося генератора. Модель позволяет осуществлять расчет стационарных электромагнитных процессов и рабочих характеристик генератора.

В народном хозяйстве применяется огромное количество сварочных генераторов для ручной дуговой сварки. Они чаще всего реализуются на базе сварочных трансформаторов либо сварочных генераторов постоянного тока. Их недостатки — относительно малая надежность и невысокая экономичность. В связи с этим весьма актуальным является применение в качестве сварочных — генераторов, реализованных на базе конструктивно простой, недорогой и надежной асинхронной машины.

Предложен подобный [1] генератор, использующий для возбуждения современные металлобумажные конденсаторы. Падающие характеристики его соответствуют требованиям, предъявляемым к генераторам, применяемым для ручной дуговой сварки. Схема генератора представлена на рис. 1.



**Рис. 1.** Схема асинхронного сварочного генератора с конденсаторным самовозбуждением:

- 1 — обмотка возбуждения; 2 — рабочая обмотка; 3 — короткозамкнутый ротор;  
4 — конденсаторы возбуждения; 5 — компаундирующие конденсаторы; 6 — шунтирующие конденсаторы; 7 — трехфазный выпрямитель; 8 — сварочная цепь

Методика синтеза,  
расчета характеристик,  
оптимального

проектирования и, в целом, теория таких генераторов к настоящему времени не разработаны. Данные задачи могут быть решены на базе общей аналитической теории асинхронных самовозбуждающихся генераторов [2].

После приведения обмоток ротора и рабочей обмотки к обмотке возбуждения, можем записать уравнения, характеризующие стационарные электромагнитные процессы в генераторе.

Из уравнения м.д.с. машины

$$\dot{i}_0 = \dot{i}_1 + \dot{i}_2 + \dot{i}_r \quad (1)$$

Уравнение обмотки возбуждения

$$-jX_0 \cdot F \cdot \dot{i}_0 = r_1 \cdot \dot{i}_1 + jX_{1\sigma} \cdot F \cdot \dot{i}_1 - j \frac{X_{c1}}{F} \cdot \dot{i}_1 \quad (2)$$

Уравнение рабочей обмотки

$$-jX_0 \cdot F \cdot \dot{i}_0 = r_2' \cdot \dot{i}_2 + jX_{2\sigma}' \cdot F \cdot \dot{i}_2 - j \frac{X_{c2}}{F} \cdot \dot{i}_2 + (p \cdot R_{дпт})' \cdot \dot{i}_{дпт} \quad (3)$$

Для электрической цепи дуги со стороны входа в выпрямитель

$$-j \frac{X_{C3}}{F} \cdot I_{C3} = \rho \cdot R_{дуги} \cdot I_{дуги} \quad (4)$$

Уравнение обмотки ротора

$$-jX_{\sigma} \cdot F \cdot I_{\sigma} = I_r \cdot \frac{F}{F - \Omega} \cdot I_r + jX_{rs} \cdot F \cdot I_r, \quad (5)$$

где индексы 1, 2, r обозначают обмотки возбуждения, рабочую обмотку и обмотку ротора соответственно;

$X_{1r}, X_{2r}, X_{rs}$  — сопротивления рассеяния обмоток машины, причем последние две приведены к обмотке возбуждения;

$X_{C1}, X_{C2}, X_{C3}$  — синхронные сопротивления конденсаторов, причем последние два приведены к обмотке возбуждения;

$r_1, r_2, r_r$  — активные сопротивления обмоток сварочного генератора, причем последние два сопротивления приведены к обмотке возбуждения;

$I_1, I_2, I_r, I_{C3}, I_{дуги}$  — комплексные действующие значения токов в обмотке возбуждения, рабочей обмотке, обмотке ротора, конденсатора C<sub>3</sub>, ток дуги на входе в трехфазный мостовой выпрямитель;

$F = \frac{f}{f_0}$  — относительная текущая частота колебаний в генераторе в долях синхронной;

$\Omega$  — относительная текущая скорость ротора в долях синхронной.

В уравнениях использованы следующие обозначения. Сопротивление дуги на входе в трехфазный мостовой выпрямитель

$$R_{дуги} = \rho \cdot r_{дуги}, \quad (6)$$

где  $\rho = \frac{1}{3} + \frac{0,5 \cdot \sqrt{3}}{\pi} = 0,609$  — коэффициент эквивалентного сопротивления трех-фазного мостового выпрямителя [2];  $r_{дуги}$  — реальное сопротивление дуги, Ом.

Кроме того, к математическому описанию электрической машины следует добавить характеристику намагничивания железа

$$E(I_{\sigma}) = X_{\sigma}(I_{\sigma}) \cdot I_{\sigma} \quad (7)$$

Данная характеристика удачно аппроксимируется рядом функций [2], например, гиперболическим синусом

$$I_{\sigma} = \alpha \operatorname{sh}(\beta E_{\sigma}), \quad (8)$$

где  $\alpha, \beta = \text{const}$ .

### Вывод

В данной работе получена система комплексных алгебраических уравнений, описывающих стационарные электромагнитные процессы в сварочном генераторе, реализованном на базе асинхронного генератора с конденсаторным самовозбуждением.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Джендубаев А.-З. Р. Асинхронный сварочный генератор с конденсаторным самовозбуждением // Сварочное производство. 2004. № 8. С. 33–35.
2. Кицис С. И. Асинхронные самовозбуждающиеся генераторы. М.: Энергоатомиздат, 2003. 328 с.

S. I. Kitsis, D. N. Pautov

**A MATHEMATICAL MODEL OF WELDING GENERATOR FOR MANUAL ARC WELDING ON THE BASIS OF  
SELF-EXCITED INDUCTION GENERATOR**

*Until now, there has been no theory for recently suggested welding generator on the basis of self-excited induction generator. For the first time, the given article suggests a mathematical model of such generator. The model enables to compute stationary electromagnetic processes and operating characteristics of the generator.*