

УДК 621.791.763.2  
О ПРИНЦИПЕ ПОСТРОЕНИЯ КОРРЕКТИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ  
РЕГУЛИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ ТЕПЛОВЛОЖЕНИЯ ПРИ  
КОНТАКТНОЙ СВАРКЕ

С. М. ФУРМАНОВ, Д. Н. ЮМАНОВ  
ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Регистрация и измерение мощности тепловложения при контактной точечной и рельефной сварке имеет практический интерес. Для измерения этого параметра недостаточно иметь только информацию о сварочном токе. Необходимо знать, каково сопротивление участка «электрод-электрод»  $R_{ЭЭ}$  и каково падение напряжения  $U_{ЭЭ}$  на этом участке.

На начальном этапе сварки в течение 0,01–0,02 с (первый период протекания тока) наблюдается резкое снижение сопротивления  $R_{ЭЭ}$ , поэтому в первые два периода сварочный ток должен устанавливаться минимальным при максимальном угле регулирования тиристоров  $\alpha_{\text{MAX}}$ . В конце второго периода сопротивление  $R_{ЭЭ}$  практически стабилизируется, и скорость его изменения становится значительно меньше. Это позволяет с большей степенью точности использовать это сопротивление для расчета мощности тепловложения  $P_2$  в третьем периоде протекания тока.

В корректирующей системе коэффициент  $k_{P_{n+1}}$  регулирования мощности тепловложения в межэлектродную зону в последующем полупериоде сетевого напряжения вычисляется на основании заданного эталонного значения мощности при идеальном процессе сварки. При этом должны учитываться значения сопротивления  $R_{ЭЭ}$  участка «электрод-электрод» и коэффициента  $k_{P_n}$  регулирования мощности в предыдущем полупериоде сетевого напряжения. Выбор угла  $\alpha_{n+1}$  открытия тиристоров в  $(n+1)$ -м периоде также зависит от измеренных параметров в  $n$ -м периоде.

Перед началом сварки необходимо определить коэффициент трансформации установленной ступени трансформатора, действующее значение напряжения холостого хода на вторичной обмотке трансформатора при его полнофазном включении  $U_{20П}$ , активное  $R_{2К}$  и индуктивное  $X_{2К}$  сопротивления сварочной машины. Кроме того, задается требуемая циклограмма мощности тепловложения  $P_{2\text{Зад}}$ , которую должна обеспечить машина.

Время  $t_{\text{изм}}$  измерения выходных параметров процесса контактной сварки совпадает со временем включенного состояния тиристора  $\lambda_n$  в  $n$ -м периоде. Как уже отмечалось ранее, в начале сварки должен устанавливаться максимальный угол регулирования тиристоров  $\alpha_{\text{MAX}} = \alpha_n$ . Заданный угол  $\alpha_n$  вводится в положительном и отрицательном полупериодах. За время  $t_{\text{изм}}$  происходит измерение параметров, характеризующих процесс сварки: времени включенного состояния тиристора  $\lambda_n$ , действующих зна-

чений сварочного тока  $I_2$ , напряжения на электродах  $U_2$  и напряжения  $U_1$ , подаваемого на первичную обмотку сварочного трансформатора:

В течение оставшегося до конца  $n$ -го периода времени  $t_{\text{расч}}$  производится вычисление задержки включения тиристоров  $\alpha_{n+1}$  для  $(n + 1)$ -го периода. Для этого последовательно вычисляется ряд параметров:

1) мощность  $P_2 = U_2 I_2$  и энергия тепловложения в межэлектродную зону  $Q_{\text{ЭЭ}} = P_2 \cdot T$  за период  $T$ ;

2) сопротивление участка «электрод-электрод»,  $R_{\text{ЭЭ}} = U_2 / I_2$ ;

3) коэффициент мощности сварочной машины  $\cos \varphi_n$  в зависимости от измеренной длительности включенного состояния тиристоров  $\lambda_n$  и угла включения  $\alpha_n$ ,  $\cos \varphi_n = f(\lambda_n, \alpha_n)$ ;

4) коэффициент регулирования сварочного тока  $k_i$  для заданного угла включения тиристоров  $\alpha_n$ , длительности включенного состояния тиристоров  $\lambda_n$  и рассчитанного в п.3 коэффициента мощности  $\cos \varphi_n$  и ток однофазного включения,  $I_{2\Pi} = I_2 / k_i$ ;

5) мощность тепловложения при однофазном включении с учетом сопротивления  $R_{\text{ЭЭ}}$ , рассчитанного в п.2,  $P_{2\Pi} = I_{2\Pi}^2 \cdot R_{\text{ЭЭ}}$ ;

6) требуемый коэффициент регулирования мощности тепловложения в межэлектродную зону в  $(n+1)$ -м периоде  $k_{\text{Pn+1}} = P_{23\text{Ад}} / P_{2\Pi}$ , равный коэффициенту регулирования мощности, потребляемой сварочной машиной из сети,  $k_{\text{Pn+1}} \approx k_{\text{Sn+1}} = S_1 / S_{1\Pi}$ ;

7) зная коэффициент  $k_{\text{Sn+1}}$ , производится вычисление задержки включения тиристоров  $\alpha_{n+1}$  для  $(n + 1)$ -го периода,  $\alpha_{n+1} = f(\lambda_n, k_{\text{Sn+1}}, \cos \varphi_n)$ .

Для этого, сначала, с учетом коэффициента мощности  $\cos \varphi_n$  (п. 3) вычисляются коэффициенты  $A_0 = f_0(\cos \varphi_n)$ ;  $A_1 = f_1(\cos \varphi_n)$ ;  $A_2 = f_2(\cos \varphi_n)$ ;  $A_3 = f_3(\cos \varphi_n)$ . Зная коэффициенты  $k_{\text{Sn+1}}$ ,  $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ , получаем кубическое уравнение, которое нужно решить относительно  $\alpha_{n+1}$ .

В состав системы регулирования мощности тепловложения входят: блок управления тиристорами и симисторами БУСТ2, плата сбора данных NI-USB-6251, датчик тока (пояс Роговского) и ЭВМ с программной средой LabView для расчета параметров регулирования.

БУСТ2 предназначен для управления тиристорами, работающими с активно-индуктивной нагрузкой. Каждый канал управления тиристорами состоит из устройства контроля перехода напряжения фазы через ноль, устройства контроля состояния тиристоров, устройства контроля тока фазы и формирователя импульсов однополярного тока управления.

Программный код в среде LabView позволяет регистрировать мгновенные значения сигналов тока и напряжения, рассчитывать их действующие значения, определять длительность включения тиристоров, рассчитывать коэффициент мощности  $\cos \varphi$ , коэффициент регулирования мощности тепловложения  $k_p$  и величину сигнала на входе БУСТ2 для задания угла открытия тиристоров при фазовом регулировании.