

10. Способ заварки кратера: патент № 808225. В23К9/00, 1981 / Ю.И. Райчук, С.В. Щербаченко, В.Н. Бизюкин, В.К. Коломенский, Е.И. Рассказов, В.Д. Спиридонов, В.М. Ульянов, Н.М. Сычев, Н.Д. Ковика, В.Т. Петраш, И.И. Рудь, А.Е. Червоноштан.
11. Способ заварки кратеров при дуговой сварке изделий конечной длины: патент № 479578. В23К9/00, 1975 / В.К. Цебрятенко, Ю.И. Райчук, З.О. Княжинский, В.К. Коломенский, В.Н. Бизюкин, С.В. Щербаченко.
12. Способ заварки кратера при многодуговой сварке: патент № 504612. В23К 9/00, 1976 / В.В. Лебедев.



Фурманов С.М.



Юманов Д.Н.



Смоляр И.Н.



Федотов Б.В.

УДК 621.791.763.2

**Фурманов С.М.**, канд. техн. наук,  
**Юманов Д.Н.**, аспирант,  
**Смоляр И.Н.**, студент

Белорусско-Российский университет

**Федотов Б.В.**, канд. техн. наук  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

rochta\_furm@mail.ru

## АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ КОРРЕКТИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ ТЕПЛОВЛОЖЕНИЯ ПРИ КОНТАКТНОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКЕ

*В статье рассмотрены особенности аппаратной реализации корректирующей системы автоматического регулирования мощности тепловложения в межэлектродную зону при контактной рельефной сварке на базе аналого-цифрового преобразователя напряжений и блока управления тиристорами. При разработке системы использован математический аппарат, позволяющий в процессе сварки в режиме реального времени рассчитывать коэффициент регулирования мощности тепловложения в межэлектродную зону и угол открытия тиристоров в каждом полупериоде сетевого напряжения.*

**Ключевые слова:** контактная рельефная сварка, корректирующая система автоматического регулирования, коэффициент регулирования мощности тепловложения, угол открытия тиристоров

*The peculiarities of the hardware implementation of the correcting system for automatic control of the heat input power in the interelectrode zone with resistance projection welding on the basis of the analog-digital voltage converter and the thyristor control unit are considered in the article. During the development of the system, a mathematical device was used which, in the course of welding, in real-time mode, calculates the power ratio of the heat input to the interelectrode zone and the opening angle of the thyristors in each half period of the mains voltage.*

**Keywords:** resistance projection welding, corrective automatic control system, power factor of heating power control, angle of thyristors opening

**Введение.** По принципу действия алгоритма управления, системы автоматического регулирования мощности при контактной сварке делятся на две большие группы:

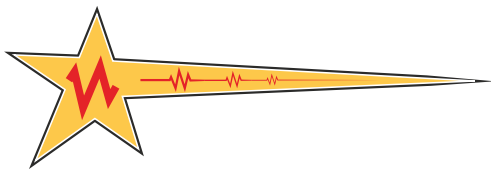
- стабилизирующие системы активного контроля, которые предусматривают поддержание заданного значения сварочного тока и его отключение при достижении требуемого количества вводимой в зону сварки электрической энергии [1];
- корректирующие системы, в которых с учетом измеренной величины контролируемого параметра определяется необходимое для компенсации изменение режима сварки [2].

В корректирующих системах процесс управления осуществляется таким образом, чтобы изменение во времени контролируемого параметра соответствовало некоторой «идеальной» кривой, которую снимают в эталонных условиях сварки. Основной задачей таких систем является стабилизация скорости нарастания теплосодержания зоны сварки [3].

В отношении качества сварки представляют практический интерес регистрация и измерение мощности, выделяющейся в свариваемом соединении. Для измерения этого параметра недостаточно иметь только информацию о сварочном токе. Надо либо знать значение и характер изменения сопротивления участка «электрод–электрод», либо иметь информацию о падении напряжения на этом участке. Мощность тепловложения в свариваемые детали достаточно полно характеризует протекание процесса сварки и позволяет прогнозировать качество выполняемого соединения.

Системы автоматического регулирования (САР), стабилизирующие мощность и энергию, выделяемую в межэлектродной зоне в процессе сварки, более сложны по сравнению с системами стабилизации сварочного тока, т.к. они содержат в себе нелинейный элемент — множительное





устройство [1, 3]. Множительное устройство обеспечивает перемножение трех величин: вторичного или сварочного тока  $I_2$ , напряжения межэлектродной зоны  $U_{эз}$  и времени протекания тока  $t_{св}$ . Регуляторы мощности и энергии через электронные прерыватели обеспечивают отключение сварочного тока при достижении заданной энергии. Из-за сложности реализации на практике эти регуляторы применяются ограниченно. Одной из трудностей, возникающих при реализации предложенных способов, является то, что для формирования сварной точки используется не вся энергия, выделяемая на участке «электрод–электрод». В результате этого на режимах с отличающейся жесткостью (длительностью импульса сварки) возможны различные оптимальные значения выделяемой при сварке энергии.

Для решения данной проблемы при разработке новых САР и выборе оптимальных режимов контактной рельефной сварки в качестве аппаратуры управления целесообразно использовать программируемые логические контроллеры, промышленные микроконтроллеры и системы сбора данных, которые позволяют сегодня не только производить детальную запись основных параметров, характеризующих процесс сварки, с их последующим анализом, но и реализовывать различные алгоритмы управления, воздействуя на быстротекущие процессы рельефной сварки в режиме реального времени.

**Методика проведения исследований.** Фазовое управление действующим значением мощности тепловложения  $P_2$  в межэлектродную зону при рельефной сварке в корректирующей системе должно опираться на математический аппарат, позволяющий с помощью высокопроизводительных вычислительных средств осуществлять в соответствии с заданной циклограммой мощности  $P_{23АД}$  расчет параметров регулирования в следующем периоде сетевого напряжения (коэффициента  $k_S$  регулирования полной мощности, потребляемой сварочной машиной из сети, угла  $\alpha$  открытия тиристоров) на основании измерения параметров режима в предыдущем периоде (напряжения холостого хода  $U_{20}$ , сварочного тока  $I_2$ , длительности включенного состояния тиристоров  $\lambda$ , коэффициента мощности  $\cos\varphi$ , напряжения на электродах  $U_{эз}$ ). Расчет коэффициента  $k_S$  регулирования полной мощности (рис. 1) осуществляется по следующему выражению [4]:

$$k_S = k_U \cdot k_I = \frac{U_{20} \cdot I_2}{U_{20П} \cdot I_{2П}} = \frac{S_1}{S_{1П}} = \sqrt{\frac{2\alpha + \sin(2\alpha) - \sin(2\alpha + 2\lambda)}{2\pi}} \times \sqrt{\frac{\lambda}{\pi} - \frac{\sin\lambda}{\pi \cos\varphi} \cdot \cos(2\alpha + \varphi + \lambda)}, \quad (1)$$

где  $I_{2П}$  — действующее значение полнофазного сварочного тока, которое рассчитывается в зависимости от полнофазного напряжения холостого хода  $U_{20П}$  сварочного трансформатора;  $S_1$  — полная мощность, потребляемая сварочной машиной из сети при сварке;  $S_{1П}$  — полная мощность, потребляемая из сети при полнофазном включении.

Функция  $k_S = f(\alpha, \cos\varphi)$  может быть аппроксимирована нелинейной зависимостью

$$k_{S,A} = A_3 \cdot \alpha^3 + A_2 \cdot \alpha^2 + A_1 \cdot \alpha + A_0,$$

$$\begin{aligned} A_0 &= f_0(\cos\varphi) = -10,842\cos^4\varphi + 20,631\cos^3\varphi - \\ &\quad - 11,149\cos^2\varphi - 1,322\cos\varphi + 2,889; \\ A_1 &= f_1(\cos\varphi) = 21,885\cos^4\varphi - 46,53\cos^3\varphi + \\ &\quad + 33,79\cos^2\varphi - 8,801\cos\varphi + 0,811; \\ A_2 &= f_2(\cos\varphi) = -15,402\cos^4\varphi + 34,185\cos^3\varphi - \\ &\quad - 27,444\cos^2\varphi + 9,8\cos\varphi - 2,339; \\ A_3 &= f_3(\cos\varphi) = 3,521\cos^4\varphi - 8,013\cos^3\varphi + \\ &\quad + 6,685\cos^2\varphi - 2,577\cos\varphi + 0,648. \end{aligned} \quad (2)$$

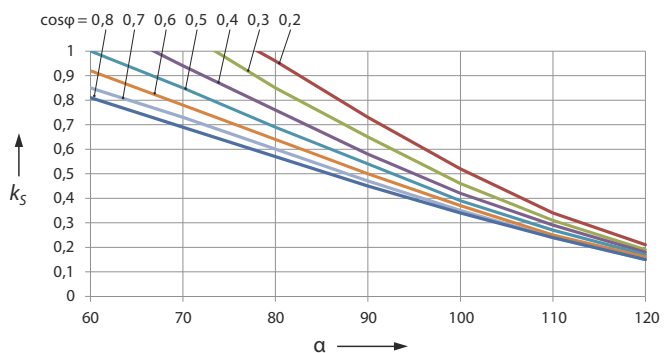


Рис. 1. Зависимость коэффициента  $k_S$  регулирования полной мощности от угла включения тиристоров  $\alpha$  при заданном коэффициенте мощности  $\cos\varphi$

Относительная погрешность аппроксимации определялась как

$$\omega\% = \frac{k_{S,A}(\alpha, \cos\varphi) - k_S(\alpha, \cos\varphi)}{k_S(\alpha, \cos\varphi)} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где коэффициент  $k_{S,A}(\alpha, \cos\varphi)$  вычислялся по аппроксимирующей зависимости (2), а  $k_S(\alpha, \cos\varphi)$  — по формуле (1) [4].

Для области определения коэффициента  $\cos\varphi = 0,2 \dots 0,8$  и угла регулирования  $\alpha = 60 \dots 120^\circ$  максимальная погрешность аппроксимации составила не более 3,3 %.

Значение коэффициента мощности  $\cos\varphi$  контактной сварочной машины не является постоянной величиной и изменяется под действием различных факторов: активного сопротивления  $R_{эз}$  участка «электрод–электрод», варьирования индуктивного сопротивления вторичного контура  $X_2$  вследствие внесения в сварочный контур ферромагнитных масс, изменения активного сопротивления вторичного контура  $R_2$  вследствие нагрева элементов контура и увеличения контактных сопротивлений [1, 3]. Таким образом, при построении систем автоматического управления возникает необходимость применения высокопроизводительных вычислительных средств, позволяющих отслеживать изменение  $\cos\varphi$  непосредственно в процессе сварки.

Время измерения параметров режима рельефной сварки  $t_{изм}$  совпадает со временем включения тиристоров  $\lambda$  и производится в течение каждого полупериода сетевого напряжения (рис. 2). В начале протекания сварочного тока  $i_2$  в  $n$ -м положительном полупериоде задается напряжение управления  $U_{yn}$ , и вводится угол включения тиристоров  $\alpha_n$ , при этом за время  $t_{измл}$  происходит измерение заданных параметров, характеризующих процесс сварки, а далее производится вычисление



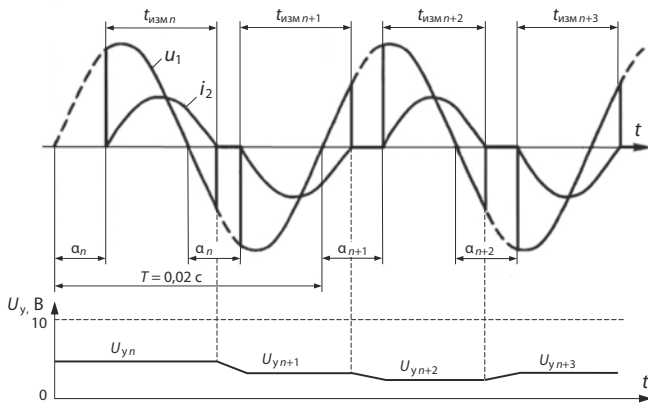
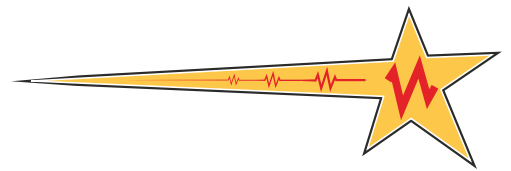


Рис. 2. Время измерения параметров  $t_{изм n}$  и расчет корректирующего воздействия  $U_{yn}$  при автоматическом регулировании мощности тепловложения

напряжения управления  $U_{yn+1}$  и угла включения тиристоров  $\alpha_{n+1}$ . Однако в течение следующего  $(n + 1)$ -го отрицательного полупериода сохраняется угол включения тиристоров  $\alpha_n$ . Угол включения  $\alpha_{n+1}$  начинает действовать только в  $(n + 2)$ -м положительном полупериоде. Следовательно, коррекция режима сварки начинает действовать через один полупериод: например, после времени измерения  $t_{изм n+1}$  напряжения управления  $U_{yn+2}$  меняет угол включения  $\alpha_{n+2}$  только в  $(n + 3)$ -м отрицательном полупериоде.

Таким образом, время расчета значения коэффициента мощности  $\cos\phi$  и напряжения управления  $U_y$  весьма ограничено и должно составлять менее 0,01 секунды [2–4].

Функция  $\cos\phi = f(\lambda, \alpha)$  может быть представлена в виде графиков (рис. 3), которые позволяют предложить способы ее аппроксимации.

Зададим область значений  $\cos\phi = 0,2 \dots 0,8$  при угле включения  $\alpha = 60 \dots 120^\circ$  [1]. На заданной области значений функция  $\cos\phi = f(\lambda, \alpha)$  может быть с необходимой точностью аппроксимирована системой уравнений [3, 4]

$$\cos\phi = f(\lambda, \alpha) = A_2 \cdot \lambda^2 + A_1 \cdot \lambda + A_0,$$

$$A_0 = f_0(\alpha) = -2,4199\alpha^4 + 13,4102\alpha^3 - 28,306\alpha^2 + 25,0677\alpha - 3,9166;$$

$$A_1 = f_1(\alpha) = 3,0552\alpha^4 - 15,988\alpha^3 + 31,9418\alpha^2 - 28,0098\alpha + 7,6002; \quad (4)$$

$$A_2 = f_2(\alpha) = -1,7121\alpha^4 + 9,3009\alpha^3 - 19,142\alpha^2 + 17,4411\alpha - 5,7881.$$

Таким образом, получили систему уравнений для расчета приближенного значения коэффициента мощности  $\cos\phi$  в зависимости от длительности включенного состояния тиристоров  $\lambda$  и угла включения  $\alpha$ . Максимальная погрешность аппроксимации при этом составила не более 5%.

В корректирующей системе регулирования мощности выбор угла открытия тиристоров  $\alpha$  зависит от текущих измеренных параметров режима сварки и циклограммы мощности тепловложения  $P_{23Ад}$ , заданной в табличном виде с интервалом 10 мс, равным полупериоду сетевого напряжения.

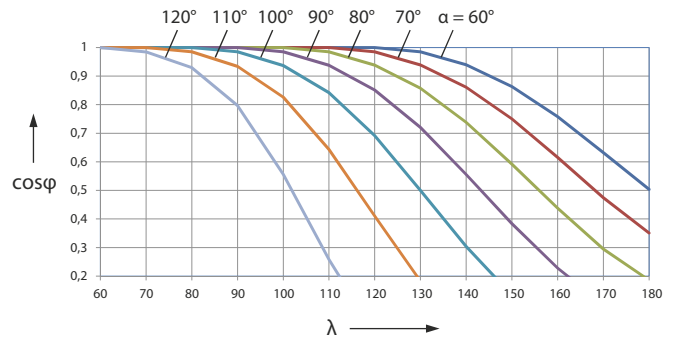


Рис. 3. Значение коэффициента мощности  $\cos\phi$  в зависимости от длительности включенного состояния тиристоров  $\lambda$  при заданном значении угла включения  $\alpha$

В начале сварки в течение одного или двух периодов сетевого напряжения ток должен устанавливаться минимальным при максимальном угле регулирования тиристоров  $\alpha_{max} = \alpha_n$  для стабилизации контактных сопротивлений. Заданная задержка включения тиристоров  $\alpha_n$  вводится в положительном и отрицательном полупериодах. За время  $t_{изм n}$  происходит измерение времени включенного состояния тиристоров  $\lambda_n$ , действующих значений сварочного тока  $I_2$ , напряжения на электродах  $U_{эз}$  и напряжения  $U_1$ , подаваемого на первичную обмотку сварочного трансформатора.

Непосредственно после окончания времени измерения  $t_{изм n}$  производится вычисление угла включения тиристоров  $\alpha_{n+1}$  (см. рис. 2). Для этого последовательно определяется ряд параметров [4]:

1. мощность тепловложения  $P_2 = U_{эз} I_2$  и сопротивление участка «электрод–электрод»  $R_{эз} = U_{эз} / I_2$  в текущем полупериоде сетевого напряжения;

2. коэффициент мощности сварочной машины  $\cos\phi_n = f(\lambda_n, \alpha_n)$  в зависимости от длительности включенного состояния тиристоров  $\lambda_n$  и угла включения  $\alpha_n$  по аппроксимирующей зависимости (4);

3. коэффициент регулирования полной мощности  $k_{SAn} = f(\alpha_n, \cos\phi)$  по аппроксимирующей зависимости (2);

4. мощность тепловложения при полнофазном включении  $P_{2П} = P_2 / k_{SAn}$ ;

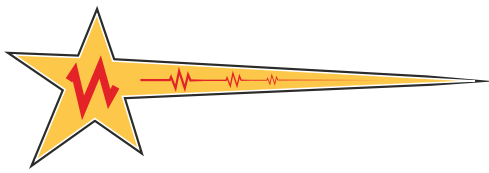
5. коэффициент регулирования мощности тепловложения в межэлектродную зону  $k_{Pn+1}$  в текущем полупериоде, приблизительно равный коэффициенту регулирования полной мощности, из соотношения  $k_{Pn+1} = k_{Sn+1} = P_{23Адn+1} / P_{2П}$ , где  $P_{23Адn+1}$  — значение мощности тепловложения для текущего полупериода по циклограмме задания  $P_{23Ад}$ ;

6. угол управления тиристорами в текущем полупериоде  $\alpha_{n+1}$  при известном коэффициенте  $k_{Sn+1}$  по формулам (2), для чего вначале с учетом коэффициента мощности  $\cos\phi_n$  (п. 2) вычисляются коэффициенты  $A_0, A_1, A_2, A_3$ , а затем составляется кубическое уравнение, которое нужно решить относительно  $\alpha_{n+1}$ :

$$A_3 \cdot \alpha_{n+1}^3 + A_2 \cdot \alpha_{n+1}^2 + A_1 \cdot \alpha_{n+1} + A_0 - k_{S, n+1} = 0. \quad (5)$$

**Результаты исследований и их обсуждение.** Структурная схема аппаратной части разрабатываемой нами корректирующей системы автоматического регулирования мощности тепловложения включает в себя следующие компоненты (рис. 4): терминал управления (персональную ЭВМ),





модульный аналого-цифровой и цифро-аналоговый измерительный преобразователь напряжений NI USB 6251 (DAQ-устройство сбора данных серии М) [5], блок управления симисторами и тиристорами ОВЕН БУСТ2 [6], блок питания и согласования напряжений (БПСН), машину контактной сварки с исполнительными устройствами, органами управления и датчиками обратной связи, программируемый логический контроллер ПЛК160 [7], преобразователь линейного перемещения подвижного электрода ЛИР-17 [8], тензорезисторы типа 1-LY15 для измерения усилия сжатия электродов [9], модуль аналогового ввода сигналов тензодатчиков ОВЕН МВ110 [10].

Через ПЭВМ в преобразователь напряжений NI USB 6251 вводится программный код, позволяющий задавать циклограмму сварки, определяющую время срабатывания пневмо-распределителей привода сжатия и тиристорного контактора и циклограмму мощности тепловложения  $P_{23AD}$ . Преобразователь NI USB 6251 отслеживает нажатие на педаль пуска сварочной машины, осуществляет выработку управляющего воздействия  $U_y$ , поступающего на вход блока управления тиристорами БУСТ2 и обработку сигналов обратной связи по сварочному току  $I_2$ , напряжению межэлектродной зоны  $U_{ЭЭ}$ , сетевому напряжению питания  $U_1$  и длительности включенного состояния тиристоров  $\lambda$ .

При построении корректирующей системы регулирования мощности тепловложения при контактной сварке необходимо учитывать перечисленные ниже условия:

- для эффективного контроля мощности и энергии тепловложения все измерения осуществляются непосредственно в процессе сварки;
- блок БУСТ2, функционирующий на частоте питающей сети 50Гц, используется в качестве регулятора переменного напряжения для регулирования нагрузки, подключенной через сварочный трансформатор, при коэффициенте мощности  $0,4 < \cos\phi < 1,0$ , в качестве управляющего сигнала для блока БУСТ2 применяется стандартный сигнал  $U_y = 0 \dots 10В$ ;
- напряжение управления катушками пневматических распределителей составляет 24 В при постоянном токе около 0,5 А, что делает необходимым согласование уровней напряжения управления контактной сварочной машины и аппаратуры компьютерного управления, так как системы цифрового ввода-вывода не обеспечивают такой уровень сигналов;
- измерение параметров режима сварки происходит в одном полупериоде сетевого напряжения, поэтому время вычисления величины управляющего воздействия ограничено длительностью протекания следующего полупериода (т. е. менее 0,01 с);
- измерение параметров режима сварки и выдача управляющего воздействия осуществляется с помощью преобразо-

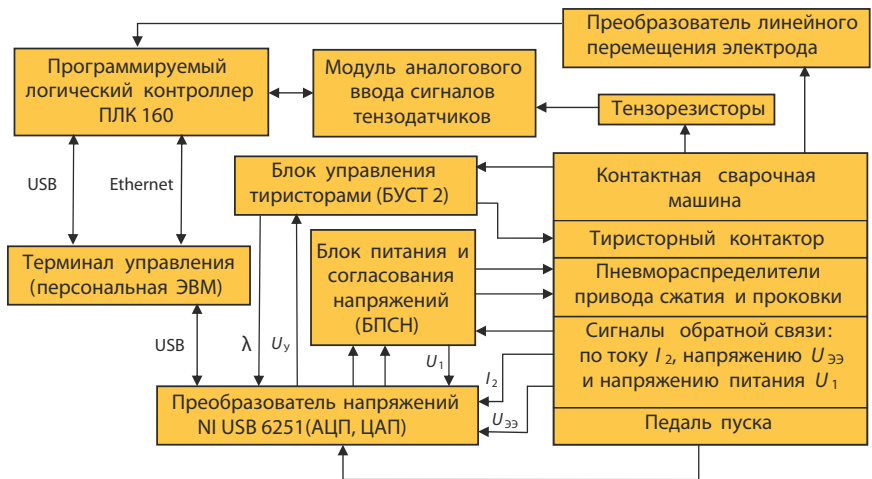


Рис. 4. Структурная схема системы управления контактной сварочной машиной

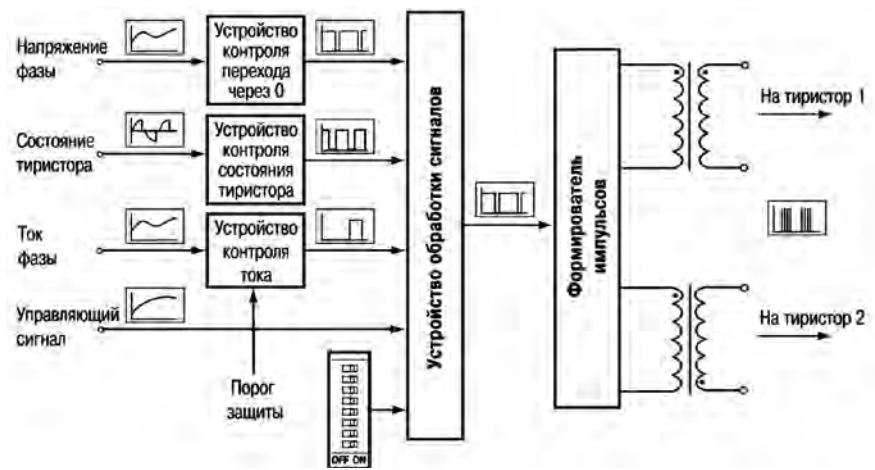


Рис. 5. Функциональная схема управления блока БУСТ2

вателя напряжений NI USB 6251, который должен обеспечить достаточную скорость работы с цифровыми и аналоговыми линиями (~10 кГц), иметь внутренний генератор тактовой частоты, встроенный таймер-счетчик для отсчета времени включения тиристоров, быструю оперативную память [5];

– для управления сварочной машиной необходимо использовать четыре цифровых линии (входы — педаль пуска, длительность  $\lambda$  включенного состояния тиристоров; выходы — управление двумя пневматическими распределителями привода сжатия) и четырех аналоговых линий (входы — сигналы обратной связи по сварочному току  $I_2$  и напряжению  $U_{ЭЭ}$  межэлектродной зоны, а также сигнал напряжения  $U_1$  питания сварочного трансформатора; выходы — управляющий сигнал  $U_y$  для блока управления тиристорами БУСТ2).

Функциональная схема управления блока БУСТ2 представлена на рис. 5. Блок БУСТ2 содержит: устройство контроля перехода напряжения фазы через ноль, устройство контроля состояния тиристоров, устройство контроля тока фазы, устройство обработки сигнала, формирователь импульсов однополярного тока [6].

Основная функция, выполняемая блоком, — преобразование входного управляющего сигнала в длительность открытого состояния тиристора. Точность задания угла управления тиристорами блока БУСТ2 в зависимости от уровня управля-

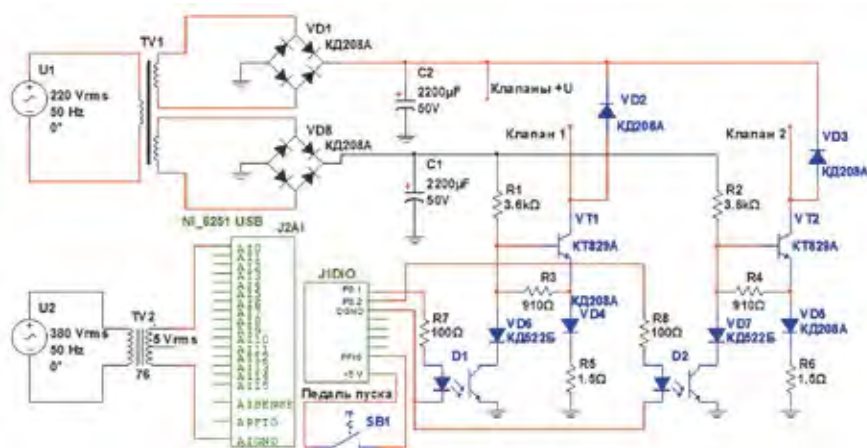
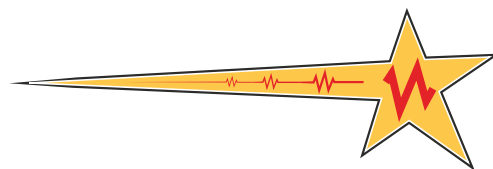


Рис. 6. Электрическая схема блока питания и согласования напряжений

щего сигнала определяется числом градаций регулирования на один полупериод сетевого напряжения (256 градаций) и составляет  $0,7^\circ$  (электрического градуса).

Преобразователь напряжения NI USB 6251 (DAQ-устройство сбора данных серии M) работает под управлением драйвера NI-DAQmx. В состав DAQ-устройства M серии входят: I/O Connector — разъем ввода-вывода, Analog Input — аналоговый ввод, Analog Output — аналоговый вывод, Digital I/O — цифровой ввод-вывод, Counters — два 32-разрядных счетчика общего назначения, PFI — программируемый функциональный интерфейс, Digital Routing and Clock Generation — маршрутизатор цифровых сигналов и генератор тактовых импульсов [5].

Программирование всех свойств преобразователя NI USB 6251 осуществляется с помощью драйвера NI-DAQmx, представляющего собой большую библиотеку функций и виртуальных приборов (VI). Эти функции и виртуальные приборы можно вызвать из среды графического программирования LabVIEW. LabVIEW позволяет разрабатывать виртуальные прототипы реальных систем управления, создавать терминалы управления, отлаживать созданные прототипы систем в интерактивном режиме и внедрять их в реальные устройства под управлением персональной ЭВМ [11].

В режиме измерения длительности импульса счетчик измеряет длительность импульсов включенного состояния тиристоров  $\lambda$ , поступающих на измерительный вход счетчика Gate. На вход счетчика Source подается внутренний или внешний периодический тактовый импульс (с известным периодом). Счетчик считает количество положительных (или отрицательных) фронтов сигнала на входе Source, пока уровень импульса на входе Gate является активным. Длительность импульсов  $\lambda$  вычисляется путем умножения периода сигнала на входе Source на количество фронтов, подсчитанных счетчиком.

Блок питания и согласования напряжений БПЧН (рис. 6) обеспечивает питание катушек пневмораспределителей напряжением +24В от источника U1 напряжением ~220 В через трансформатор TV1 и выпрямительный мост VD1, питание цепей управления через выпрямительный мост VD8, а также измерение сетевого межфазного напряжения ~380 В.

Схема узла включения катушек управления пневматическими распределителями привода сжатия обеспечивает гальваническую развязку с помощью оптронов D1 и D2 и

защиту цепей управления от влияний подключаемой индуктивной нагрузки.

Входные сигналы включения катушек подаются на цифровые выходы платы NI USB P0.1 и P0.2, которые подключены через подтягивающие резисторы R7 и R8 к светодиодам оптронов D1 и D2. Выходные цепи оптронов подключают силовые транзисторы VT1 и VT2, с помощью которых цепи катушек замыкаются к схеме земли. Таким образом, при открытии транзисторов VT1 и VT2 через катушки клапанов, подключенных между выходом схемы «Клапаны + U» и выходами «Клапан 1» и «Клапан 2», потечет ток. Диоды VD2 и VD3 защищают силовые ключи от пробоя в случае

коммутации индуктивной нагрузки: при отключении транзисторов VT1 и VT2 диоды пропускают ток нагрузки через себя.

Контроль нажатия педали пуска сварки SB1 осуществляется с помощью триггера PFI0. До тех пор, пока педаль не нажата, система находится в режиме ожидания. После нажатия на педаль происходит запуск циклограммы контактной сварки.

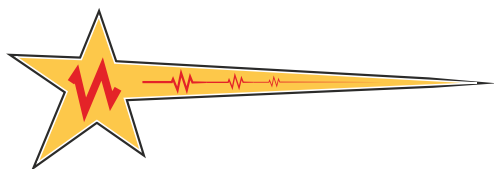
Для измерения напряжения питания сварочной машины (источник U2) в состав БПЧН включен согласующий трансформатор TV2, подключенный к аналоговому входу AI0 преобразователя NI USB. С помощью трансформатора TV2 напряжение питания снижается до ~5 В. Модуль аналого-цифрового преобразования позволяет с достаточной точностью измерить действующее значение вторичного напряжения трансформатора TV2 и с учетом коэффициента трансформации определить действующее значение сетевого напряжения.

### Выводы

Разработана аппаратная часть корректирующей системы автоматического регулирования мощности тепловложения в межэлектродную зону при контактной рельефной сварке, включающая следующие компоненты: терминал управления (персональную ЭВМ), преобразователь напряжений NI USB 6251 (DAQ-устройство сбора данных серии M), блок управления тиристорами ОВЕН БУСТ2, блок питания и согласования напряжений БПЧН, машину контактной сварки с исполнительными устройствами, органами управления и датчиками обратной связи, программируемый логический контроллер ПЛК160, преобразователь линейного перемещения подвижного электрода ЛИР-17, тензорезисторы типа 1-LY15 для измерения усилия сжатия электродов, модуль аналогового ввода сигналов тензодатчиков ОВЕН МВ110.

При разработке системы использован математический аппарат, позволяющий в процессе сварки в режиме реального времени рассчитывать коэффициент регулирования мощности тепловложения в межэлектродную зону в текущем полупериоде сетевого напряжения. Для вычисления коэффициента регулирования мощности и угла открытия тиристорov в последующем полупериоде сетевого напряжения в течение предыдущего полупериода измерялись действующие значения вторичного тока и напряжения между электродами, длительность включенного состояния тиристорov и по аппроксимирующей зависимости рассчитывался коэффициент мощности  $\cos\varphi$  контактной сварочной машины.





Разработан блок питания и согласования напряжений БПСН, обеспечивающий питание катушек пневмораспределителей, измерение сетевого межфазного напряжения питания сварочной машины, гальваническую развязку и защиту цепей управления от влияния подключаемой индуктивной нагрузки.

### Список литературы.

1. Смирнов В.В. Оборудование для контактной сварки: справ. пособие. СПб.: Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отделение, 2000. 736 с.
2. Патент № 2291227 Великобритании, МПК В 23 К11/25. Electronic control system for a resistance welding station / Barrachina Mir Ramon; заявл. 02.07.94; Опубл. 17.01.96
3. Климов А.С. Контактная сварка. Вопросы управления и повышения стабильности качества. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. 216 с.

4. Фурманов С.М., Поляков А.Ю., Юманов Д.Н., Кухарев А.Н. О фазовом регулировании мощности тепловложения в межэлектродную зону при контактной сварке // Вестник Белорусско-Российского университета, 2018. № 1. С. 80–90.
5. <http://nitech.nstu.ru/upload/lib/DAQ%20M-series%20User%20Manual.pdf>
6. [http://www.owen.ru/catalog/blok\\_upravleniya\\_tiristorami\\_i\\_simistorami\\_bust2/opisanie](http://www.owen.ru/catalog/blok_upravleniya_tiristorami_i_simistorami_bust2/opisanie)
7. [http://www.owen.ru/catalog/programmiruemij\\_logicheskij\\_kontroller\\_oven\\_plk160/opisanie](http://www.owen.ru/catalog/programmiruemij_logicheskij_kontroller_oven_plk160/opisanie)
8. <http://www.skbis.ru/index.php?c=2&d=7&p=3>
9. <https://dl-kinesis.by/p54187741-tenzorezistory.html>
10. [http://www.owen.ru/catalog/modul\\_vvoda\\_signalov\\_tenzodatchikov\\_mv110\\_2244td/opisanie](http://www.owen.ru/catalog/modul_vvoda_signalov_tenzodatchikov_mv110_2244td/opisanie)
11. [http://www.ni.com/ru-ru/shop/labview.html?cid=Paid\\_Search-7013100001Rp07AAC-Russia-Yandex\\_SW3\\_System\\_Design\\_Software\\_Broad&yclid=3846476719919470884](http://www.ni.com/ru-ru/shop/labview.html?cid=Paid_Search-7013100001Rp07AAC-Russia-Yandex_SW3_System_Design_Software_Broad&yclid=3846476719919470884)

## РАБОТАЮТ ПРОФЕССИОНАЛЫ

За высокие достижения в реализации государственных полномочий по проведению кадровой политики Белгородской области в сфере независимой оценки квалификации обучающихся профессиональных образовательных организаций по профессии «Сварщик» в адрес коллектива Национального Агентства Контроля Сварки поступило Благодарственное письмо из администрации Белгородской области



Напомним, весной этого года по инициативе Национального Агентства Развития Квалификаций (НАРК) и Национального Совета по профессиональным квалификациям при Президенте Российской Федерации (НСПК) в России стартовал эксперимент, в рамках которого наряду с прохождением государственной итоговой аттестации выпускники колледжей и техникумов могли бесплатно сдать независимый

экзамен и одновременно с дипломом о среднем профессиональном образовании получить свидетельство о квалификации. Участниками проекта стали органы исполнительной власти, профессиональные образовательные организации и предприятия Астраханской, Белгородской, Курской, Новосибирской, Иркутской, Ростовской, Самарской и Свердловской областей. Были задействованы 6 советов по про-

фессиональным квалификациям — в областях машиностроения и сварки, в электроэнергетике, в отрасли судостроения и морской техники, индустрии красоты и агропромышленного комплекса — там, где уже есть опыт работы по разработке и применению профессиональных стандартов, квалифицированные эксперты-специалисты и достаточно развитая инфраструктура оценки квалификации в стране.

Летом, подводя предварительные итоги пилотного проекта, начальник отдела среднего профессионального образования и профессионального обучения Управления профессионального образования и науки Департамента внутренней и кадровой политики Белгородской области Людмила Шаповалова дала высокую оценку работе региональных центров оценки квалификации и, в частности, аттестационных центров Национального Агентства Контроля Сварки.

— Мы очень благодарны НАРК и НСПК за внимание и ответственность, с которыми они провели этот эксперимент, — сказала Людмила Шаповалова. — Я думаю, что за этим проектом — будущее. При поддержке Минтруда, Минобрнауки и просвещения мы получим результаты, которые нам на долгосрочную перспективу дадут для региональных экономик серьезный стимул для развития.

Полученное Благодарственное письмо — это реальное признание профессиональной работы сотрудников НАКС в деле повышения качества отечественного образования!