

Памятка

Уважаемые студенты! Вам необходимо:

1. прочитайте данную практическую;
2. Выполнить все требования;
3. ответить на контрольные вопросы письменно в рабочей тетради.
4. Выполненную работу - прислать фото отчет на электронную почту преподавателю, (с 17.03.2023 по 20.03.2023).
5. В дальнейшем по окончании семестра принести для проверки.

С уважением **Андрощук Ольга Владимировна**, по вопросам к заданию, обращаться по номеру тел. +380721273299 или по электронной почте e-mail: Olga8122@yandex.ru

Практическая работа

Тема: Программное управление процессом контактной сварки

Цель: Ознакомиться с принципами построения систем программного управления процессами контактной сварки, законами изменения управляющего напряжения в зависимости от вида модулятора

Задание:

1. Изобразить графически и пояснить законы изменения управляющего напряжения в зависимости от вида модулятора (см. рисунок 1)

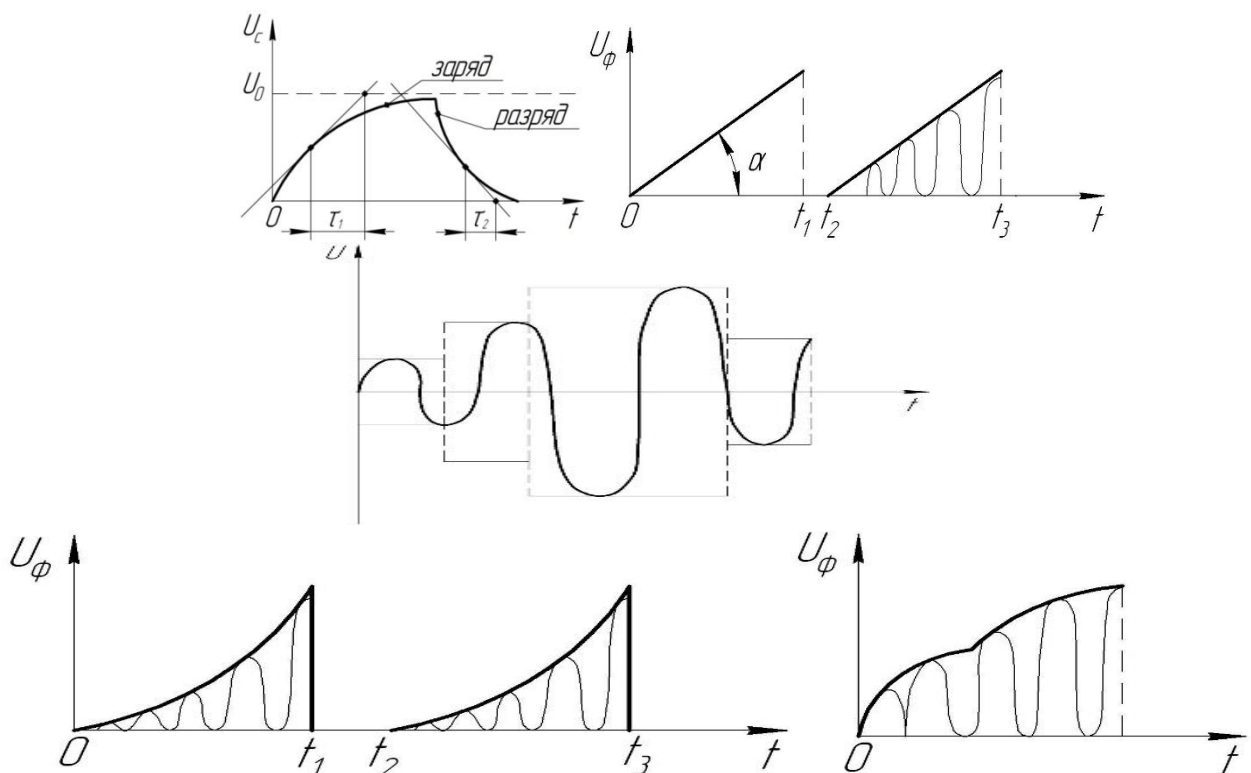


Рисунок 1 – Графики изменения управляющего напряжения

2. Ответить на контрольные вопросы

Ход работы

Основная часть. Контактная точечная сварка характеризуется серьезным недостатком, связанным с наличием вмятин от электродов на лицевых поверхностях изделий. Величина их достигает 15...20%, а при нарушениях технологического процесса и выплесках от 30 до 40% от толщины детали. Деформации лицевых поверхностей изделий ухудшают их товарный вид и приводят к необходимости их шлифовки, покрытия пластмассой, пайки, газовой сварки, шпатлевки. Перечисленные технологические приемы повышают материальные затраты и снижают производительность труда.

Для уменьшения глубины вмятин от электродов на лицевых поверхностях изделий и устранения выплесков расплавленного металла эффективно применение контактной точечной сварки с обжатием периферийной зоны соединения кольцевым пуансоном.

Основная методика. Разработанная нами методика позволяет эффективно управлять процессом точечной сварки с обжатием, что выражается в обеспечении максимально жестких режимов сварки и максимальном снижении глубины вмятин на лицевых поверхностях свариваемых изделий за счет обеспечения стабилизации количества энергии, затраченной на образование сварного соединения.

Методика программного управления током в режиме реального времени рассмотрена нами на примере циклограммы процесса контактной точечной сварки с обжатием периферийной зоны соединения,

представленной на рисунке 2. Данная циклограмма может быть использована в случае, когда электродное устройство обеспечивает независимое усилие обжатия $F_{\text{ОБЖ}}$ периферийной зоны.

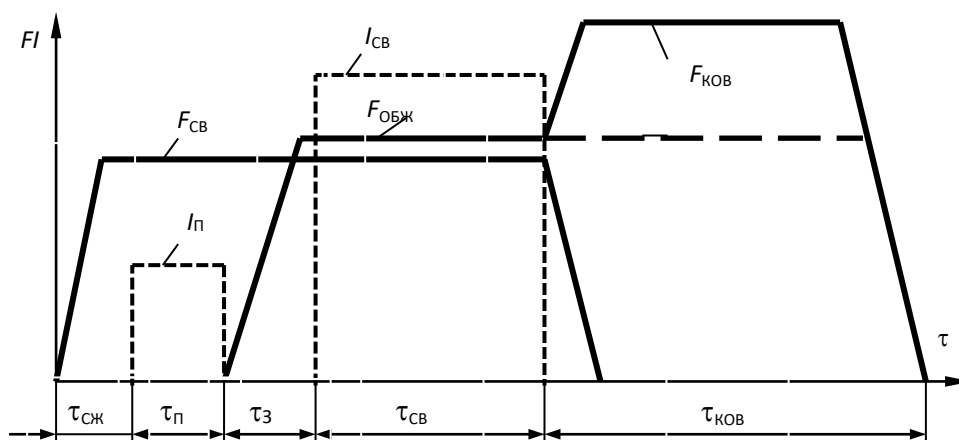


Рисунок 2 – Циклограмма процесса контактной точечной сварки с независимым обжатием периферийной зоны соединения и проковкой периферийной зоны кольцевым пуансоном

В начале цикла сварки свариваемые детали в течение некоторого времени $t_{\text{СЖ}}$ сжимают сварочными электродами с целью образования начального контакта и стабилизации контактных сопротивлений. При сварке с дополнительным подогревом после окончания времени сжатия $t_{\text{СЖ}}$ через детали про пускают импульс тока подогрева $I_{\text{П}}$ в течение времени $t_{\text{П}}$. Усилие обжатия $F_{\text{ОБЖ}}$ прикладывается сразу же после выключения тока $I_{\text{П}}$. Затем через промежуток времени задержки $t_{\text{З}}$ включается сварочный ток $I_{\text{СВ}}$, который действует в течение времени $t_{\text{СВ}}$. Время задержки $t_{\text{З}}$ учитывает инерционность привода сжатия и обеспечивает включение $I_{\text{СВ}}$ сразу же после приложения усилия $F_{\text{ОБЖ}}$. Усилие сжатия с верхнего подвижного электрода $F_{\text{СВ}}$ снимается одновременно с выключением сварочного тока $I_{\text{СВ}}$ в момент образования литого ядра требуемых размеров. При этом проковка периферийной зоны осуществляется только кольцевым пуансоном, к которому прикладывается усилие $F_{\text{КОВ}}$ в течение времени $t_{\text{КОВ}}$.

В качестве критерия управления процессом сварки нами выбрано сопротивление межэлектродного промежутка $r_{\text{ЭЭ}}$. Проведенные расчеты и результаты экспериментальных исследований показали, что нестабильность сопротивлений контактов в начале процесса сварки нельзя устранить какими-либо регулирующими устройствами.

На рисунке 3 показана временная зависимость сопротивления межэлектродного промежутка $r_{\text{ЭЭ}}$. На ней отмечены характерные этапы изменения сопротивления.

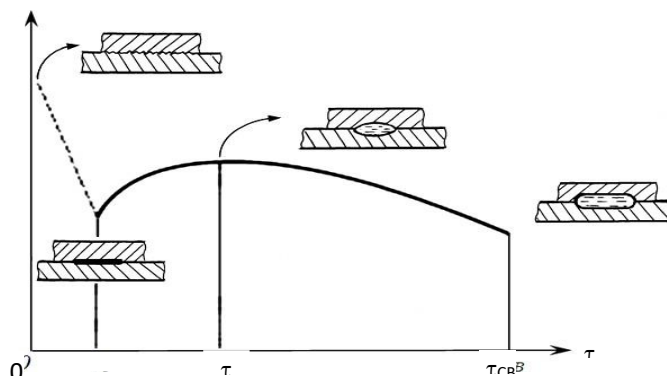


Рисунок 3. Изменение полного сопротивления контактов в процессе формирования сварной точки

Как видно, наибольшая неопределенность относится к начальному интервалу времени от t_0 до t_1 . В момент времени t_0 сопротивление $r_{\Sigma\Sigma}$ определяется собственным сопротивлением свариваемых деталей, микрогеометрией (шероховатостью) контактирующих поверхностей и геометрией линий электрического тока вокруг холодного контакта. В момент времени t_1 в зоне контакта свариваемых деталей образуется горячий диск из смятых и расплавленных микро-выступов, поэтому сопротивление $r_{\Sigma\Sigma}$ резко снижается и определяется уже в основном собственным сопротивлением деталей, сопротивлением горячего диска и геометрией линий тока у него. К моменту времени t_2 диск превращается в расплавленное ядро, металл быстро нагревается, поэтому сопротивление $r_{\Sigma\Sigma}$ растет. По мере дальнейшего протекания тока растет площадь контакта, и ко времени $t_{\text{св}}$ формируется расплавленное ядро требуемого диаметра и глубины проплавления. Наибольшая стабильность сопротивления характерна именно для момента выключения сварочного тока $t_{\text{св}}$, поэтому это значение обычно принимается за расчетное.

Сущность способа управления заключается в следующем. При пропуске тока подогрева можно добиться определенной стабилизации сопротивления $r_{\Sigma\Sigma}$ в момент времени t_1 , на которое затем уже можно ориентироваться при расчете основного сварочного тока по закону Джоуля – Ленца:

где $Q_{\Sigma\Sigma}$ – общее количество энергии, затраченной на образование сварного соединения; m_r – коэффициент, учитывающий изменение сопротивления $r_{\Sigma\Sigma}$ в процессе сварки для различных свариваемых материалов. Согласно известной методике $Q_{\Sigma\Sigma}$ определяется по уравнению теплового баланса:

$$Q_{\Sigma\Sigma} = Q_1 + Q_2 + Q_3, \quad (2)$$

где Q_1 – энергия, затрачиваемая на нагрев до температуры плавления $T_{\text{пл}}$ столбика металла высотой $2d$ и площадью основания $S = \pi d^2/4$, где d_k – диаметр контакта верхнего подвижного электрода с деталью, d – толщина свариваемых деталей; Q_2 – теплота, расходуемая на нагрев металла в виде кольца, окружающего ядро, среднюю температуру которого

принимают равной $0,25T_{\text{пл}}$; Q_3 – потери теплоты в электроды из бронзы, которые учитываются нагревом условного цилиндра металла до средней температуры $T_{\text{пл}}/8$.

Ток подогрева величиной 30...50% от номинального пропускается в течение 2...3 периодов сетевого напряжения. Этого времени достаточно, чтобы стабилизировать начальное контактное сопротивление. Применение дополнительного импульса тока подогрева $I_{\text{п}}$ также определяет вероятный путь протекания сварочного тока, так как при его пропускании практически исчезает сопротивление контакта деталь – деталь в области формирования будущего литого ядра. В связи с этим при приложении усилия обжатия $F_{\text{обж}}$ и резком увеличении площади контакта деталь – деталь плотность сварочного тока изменяется незначительно.

При дальнейшем изменении сопротивления $r_{\text{ээ}}$ величина тока $I_{\text{св}}$ корректируется по предложенной формуле таким образом, чтобы за время сварки $t_{\text{св}}$ было введено требуемое количество энергии $Q_{\text{ээ}}$. Время сварки $t_{\text{св}}$ выбирается из разработанной базы данных в зависимости от толщины и марки материала свариваемых деталей. При этом задаются максимально жесткие режимы сварки, т.е. $t_{\text{св}}$ – минимальное, $I_{\text{св}}$ – максимальное с учетом отсутствия выплесков. Обжатие периферийной зоны соединения способствует применению более жестких режимов сварки, чем при сварке без обжатия. При этом время

сварки $t_{\text{св}}$ можно уменьшить на 20...30%, что неизбежно требует увеличения $F_{\text{св}}$ и $I_{\text{св}}$.

Усилие $F_{\text{св}}$ на стадии плавления при обычной точечной сварке должно быть наибольшим, так как оно контролирует устойчивость процесса против образования выплеска. При использовании предложенной циклограммы усилие $F_{\text{обж}}$ препятствует возникновению пластического течения разогретого металла из области контакта деталь в направлении периферии сварной точки, снижает вероятность образования выплеска и уменьшает необходимое для качественной сварки усилие сжатия токоподводящих электродов.

Требуемое сварочное усилие $F_{\text{св}}$ можно также уменьшить при применении дополнительного импульса тока подогрева $I_{\text{п}}$ (см. рисунок 3). Предварительный подогрев металла в совокупности с обжатием периферийной зоны соединения позволяет практически исключить вероятность появления выплесков и снизить усилие сжатия электродов $F_{\text{св}}$ за счет повышения пластичности свариваемых металлов.

При этом усилие $F_{\text{св}}$ определяется из соотношения:

$$F_{\text{св}} = a \cdot F_{\text{св}}', \quad (3)$$

где F' – усилие сжатия электродов при сварке без тока подогрева;
 a – коэффициент, учитывающий СВ снижение усилия $F_{\text{св}}'$ в связи с применением дополнительного тока подогрева, $a = 0,85...0,9$.

Время задержки t_3 включения сварочного тока $I_{\text{св}}$ после приложения $F_{\text{обж}}$ для различных толщин металлов составляет 0,06...0,08с.

Длительность выдержки ковочного усилия $t_{\text{КОВ}}$ также оказывает влияние на прочность сварных соединений. Если операция проковки осуществляется посредством приложения $F_{\text{КОВ}}$ через электроды сварочной машины, то выдержке ковочного усилия будет сопутствовать отвод тепла от точки в бронзовые вода-охлаждаемые электроды. При приложении $F_{\text{КОВ}}$ к периферийной зоне и снятии усилия с электродов остывание точки замедляется. С точки зрения затрат времени, а также исходя из эффективности применяемого механического воздействия ковочного усилия на циклическую прочность соединений нами рекомендуется не снимать ковочного усилия до момента достижения в зоне пластического пояса сварной точки температуры, равной 200...300°C.

На основании анализа расчетных данных для определения среднего значения $t_{\text{КОВ}}$ при проковке периферийной зоны для различных толщин d свариваемых деталей нами была получена следующая зависимость:

$$t_{\text{КОВ}} = 0,192 + 0,158d - 0,212d + 0,0178d^2 \quad (4)$$

Для реализации предложенного способа управления нами использовалась установка, приведенная на рисунке 4.

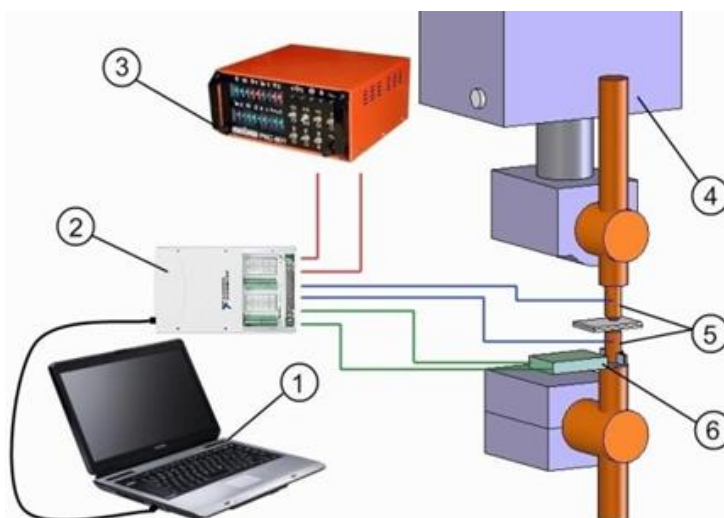


Рисунок 4 – Установка для автоматического управления процессом контактной точечной сварки: 1 – ЭВМ; 2 – универсальное устройство сбора данных National Instruments USB-6251; 3 – регулятор цикла сварки РКС-801; 4 – машина для контактной сварки МТ-3201; 5 – датчик напряжения электрод-электрод; 6 – датчик тока с источником питания

Сварка производится на однофазной машине МТ-3201 с регулятором цикла сварки РКС-801 на режимах, установленных в ходе теоретических исследований.

Широко используемый на производстве регулятор РКС-801 предназначен для работы совместно с различными системами автоматического регулирования и управления качеством сварных соединений. Данная возможность реализуется через введенный в состав регулятора разъем РШАВКУ-14, связанный с блоком изменения сварочного

тока и блоком выключения сварочного цикла. Уровень управляющего внешнего сигнала регулятора $0...10\text{В}$ при токе потребления до 15 мА , что позволяет изменять сварочный ток от номинального $I_{\text{Н}}$ до $0,5 I_{\text{Н}}$.

Для согласования сигналов устройства сбора данных и регулятора разработан усилитель.

Для регистрации величины сварочного тока используется датчик тока ДТПХ-32000 на основе эффекта Холла с пределами измерения значения тока $0...32\text{ кА}$, погрешностью измерения в диапазоне рабочих температур не более 5% .

Устройство NI USB-6251 имеет 8 каналов аналоговых входов, 2 канала аналоговых выходов, частоту оцифровки 48 кГц , максимальное входное напряжение $\pm 20\text{ В}$. Устройство сбора данных NI USB-6251 присоединяется к компьютеру посредством интерфейса full-speed USB.

Наравне с оборудованием, т.е. аппаратным обеспечением, неотъемлемой и важнейшей структурной единицей системы программного управления является программное обеспечение, включающее в себя программную среду LABVIEW, необходимую для создания и использования виртуальных приборов и драйверы DAQmx, позволяющие работать LABVIEW с устройствами сбора данных различных производителей. LabVIEW представляет собой среду графического программирования, которая широко используется в промышленности, образовании и научно-исследовательских лабораториях в качестве стандартного инструмента для сбора данных и управления приборами. Концепция LabVIEW сильно отличается от последовательной природы традиционных языков программирования, предоставляя разработчику графическую оболочку, которая включает в себя весь набор инструментов, необходимых для сбора данных, их анализа и представления полученных результатов.

С применением устройства NI USB-6251 в программной среде LabVIEW была разработана программа управления процессом контактной точечной сварки с воздействием на регулятор цикла сварки. Внешний вид программы приведен на рисунке 4.

Модуль «DAQ Assistant» позволяет считывать данные с аналоговых входов AI0 и AI1, подключенных к датчикам сварочного тока и напряжения между электродами. Для этого необходимо выбрать номера входных каналов, задать частоту оцифровки, диапазоны входных напряжений и количество точек (samples) записи. На основании проведенной тарировки датчика тока блоком «К тока» производится масштабирование величины сварочного тока.

Блоки «RMS» осуществляют выделение действующих значений напряжения электрод-электрод $U_{\text{ЭЭ}}$ и сварочного тока $I_{\text{СВ}}$ и с помощью блока деления осуществляется расчет сопротивления электрод-электрод $r_{\text{ЭЭ}}$. Значения $I_{\text{СВ}}$ и $r_{\text{ЭЭ}}$ отображаются в виде графиков.

Блок «Formula2» на основании введенных значений $Q_{\text{ЭЭ}}$, m_{r} , $t_{\text{СВ}}$ производит вычисление сварочного тока для следующего полупериода питающего напряжения и с помощью блока «Formula» осуществляется формирование напряжения управления током.

Модуль «DAQ Assistant2» через аналоговый выход AO1 передает сигнал управления сварочным током на регулятор цикла сварки РКС-801, где формируется значение позиции «нагрев».

После формирования сигнала управления LabVIEW высвобождает ресурсы для задач операционной системы, что позволяет работать в режиме реального времени.

Возможна запись всех параметров процесса в файл с помощью блока «Write LabVIEW Measurement File».

Перед сваркой каждого типоразмера изделий из разработанной таблицы параметров выбираются значения (см. рис. 5): F_{CB} , F_{OBJ} , I_{CB} , $I_{П}$, $\tau_{СЖ}$, $\tau_{П}$, $\tau_{З}$, t_{CB} , $\tau_{КОВ}$. Данные позиции выставляются на манометрах и регуляторе цикла сварки.

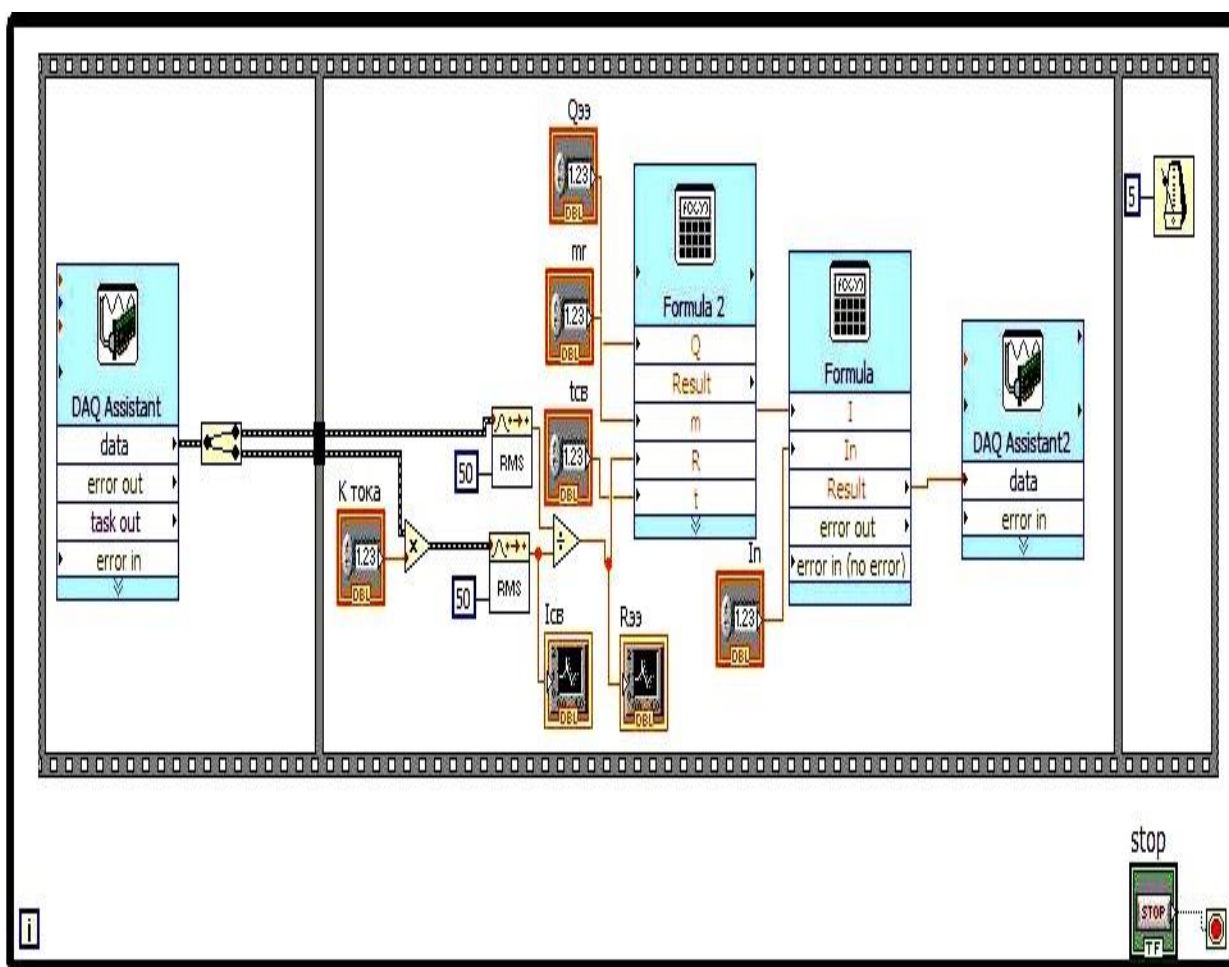


Рисунок 5 – Блок-диаграмма управляющей программы

Системой автоматического управления на основании сигналов датчика сварочного тока и напряжения электрод-электрод производится вычисление значения сопротивления межэлектродного промежутка $r_{ЭЭ}$. По истечении импульса подогрева текущее значение $r_{ЭЭ}$ в совокупности с выбираемыми из таблицы и задающимися программой значениями $Q_{ЭЭ}$, m_r , t_{CB} позволяет программной среде рассчитать первоначальное значение напряжения управления сварочным током. Далее в течение каждого полупериода

сетевого напряжения в зависимости от значений измеряемых параметров напряжение управления автоматически корректируется в целях обеспечения требуемого значения энергии $Q_{\text{ЭЭ}}$.

Заключение. В результате проведенной работы получены следующие результаты:

1. разработана методика управления процессом контактной точечной сварки с воздействием на регулятор цикла сварки РКС-801 применительно к циклограмме с обжатием периферийной зоны соединения кольцевым пуансоном;

2. разработана программа управления эпюрой сварочного тока в программной среде Lab VIEW с применением системы сбора данных NI USB-6251 в режиме реального времени;

3. представленная методика позволяет эффективно управлять процессом точечной сварки с обжатием, что выражается в обеспечении максимально жестких режимов сварки и максимальном снижении глубины вмятин на лицевых поверхностях свариваемых изделий за счет обеспечения стабилизации энергии, затраченной на образование сварного соединения;

4. применение предварительного импульса тока подогрева позволяет снизить требуемое усилие сжатия токоподводящих электродов при сварке и обеспечить стабилизацию начального контактного сопротивления, используемого для автоматической настройки величины сварочного тока.

Контрольные вопросы

1. Общая характеристика входных, выходных параметров сварочного процесса как объекта автоматизации?

2. Понятия управляемости и наблюдаемости многомерного линейного объекта, заданного системой уравнений первого порядка, в векторной форме записи?