

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра « Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Методика измерения сопротивления контактных машин»

Студент

Т.Г. Клевцов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.В. Скрипачев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

«_____» _____ 20____ г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

В настоящее время контактная электросварка нашла широкое применение в отдельных отраслях промышленности и является одним из ведущих технологических процессов современного производства. Имеется большой парк электрооборудования и машин различных типов и назначения мощностью от нескольких до сотен киловольт на ампер, в основном это машины переменного тока частотой 50 Гц.

В работе поставлена цель - уменьшение себестоимости, повышение производительности и точности измерения активной и индуктивной составляющих комплексного сопротивления контактных сварочных машин.

В работе решались задачи: 1) Разработать методику, позволяющую измерять активную и индуктивную составляющие полного сопротивления контактных машин; 2) Произвести апробацию предложенных методик на конкретных сварочных машинах, установленных в лаборатории контактной сварки и предприятиях города; 3) Предложить мероприятия по соблюдению техники безопасности при проведении экспериментов; 4) Произвести экономическую оценку полученных результатов.

Экспериментальная сварка была проведена на машинах МТПУ-300 и МТ-1931. Установлено, что применение предлагаемого способа измерения существенно повышает точность и помехозащищённость измерений по сравнению с ранее применяемыми способами.

Экономические расчёты позволили установить, что для проведения полноценных исследований потребуется 176 тысяч рублей, что заставляет обратиться к руководству вуза с просьбой о заключении договора с ПАО «АВТОВАЗ» на научно-исследовательские работы.

Пояснительная записка содержит 48 страниц, графическая часть содержит 6 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ КОНТАКТНЫХ МАШИН	
1.1 Активное и индуктивное сопротивление контактной машины	
1.2 в режиме короткого замыкания	5
1.2 Получение осциллограмм тока при контактной сварке	9
1.3 Постановка задач на выполнение выпускной квалификационной работы	13
2 ИЗМЕРЕНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПОЛНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НА КОНТАКТНЫХ МАШИНАХ	
2.1 Вычисление максимального тока короткого замыкания в режиме фазового регулирования	15
2.2 Методика получения и обработки осциллограмм тока	17
2.3 Вычисление составляющих полного сопротивления	21
2.4 Апробация методики измерения активного и индуктивного сопротивлений	22
3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Составление технологической характеристики объекта	27
3.2 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство экспериментальной технологии	30
3.3 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	31
3.4 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта	32
3.5 Заключение по экологическому разделу	33
4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЁННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	
4.1 Расчёт трудоемкости каждого этапа научно-исследовательских работ	34
4.2 Расчётное определение текущих, капитальных и общих затрат	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	44
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	46

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время контактная электросварка нашла широкое применение в отдельных отраслях промышленности и является одним из ведущих технологических процессов современного производства. Имеется большой парк электрооборудования и машин различных типов и назначения мощностью от нескольких до сотен киловольт на ампер, в основном это машины переменного тока частотой 50 Гц.

При проектировании, диагностике состояния машин и регуляторов контактной сварки, настройке на оптимальные режимы, проверке работоспособности в условиях различных возмущений, построении нагрузочных и вольтамперных характеристик необходимо знание активного и индуктивного сопротивлений сварочной машины в режиме короткого замыкания.

В настоящее время оперативная оценка величины активного сопротивления вторичного контура может быть произведена путём измерения сопротивления постоянному току при помощи микроомметра или по схеме «амперметр-вольтметр» [4]. Недостатками таких измерений является сложность закрепления щупов на концах электродов и возникающая в связи с этим погрешность измерений, расхождение между величинами сопротивлений постоянному току и переменному току вследствие поверхностного эффекта, а также отсутствие информации о величине индуктивного сопротивления.

Величины активного и индуктивного сопротивлений контактной машины могут быть определены из опыта короткого замыкания, при котором производят включение машины с заданным углом открытия тиристоров и измерение действующего сетевого напряжения, тока во вторичном контуре и длительности протекания импульса сварочного тока, после чего вычисляют активное и индуктивное сопротивления [5, 6].

Таким образом, актуальна цель выпускной квалификационной работы - *уменьшение себестоимости, повышение производительности и точности измерения активной и индуктивной составляющих комплексного сопротивления контактных сварочных машин.*

1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ КОНТАКТНЫХ МАШИН

1.1 Активное и индуктивное сопротивление контактной машины в режиме короткого замыкания

Контактная сварка является электротермическим процессом, механизм протекания которого достаточно сложен для понимания. В этом механизме взаимосвязаны между собой параметры сварки, изменение которых в процессе сварки может быть описано математически. В результате протекания контактной сварки должно быть получено сварное соединение, имеющее заданные геометрические размеры.

В настоящее время широкое применяется управление контактной сваркой со стабилизацией тока во вторичном контуре, позволяющая задавать действующее значение тока I_2 и его поддержание в условиях действия возмущений в течение заданного времени $t_{св}$. Такие электрические характеристики сварочной машины как индуктивное сопротивление вторичного контура $X_{2к}$, активное сопротивление вторичного контура $R_{2к}$ и напряжение заданной ступени трансформатора U_{20} оказывают значительное влияние на форму сварочного тока. Оптимально подобрать сварочную машину и её исходные настройки с учётом кривой сварочного тока можно при помощи осциллографирования тока, однако это весьма сложно и дорогостояще. Поэтому предлагается использовать построение теоретических осциллограмм на компьютере с применением стандартных математических пакетов, наполнение которых полностью соответствует современным нуждам исследователя-сварщика.

Для исследования электрических процессов в режиме короткого замыкания сварочной машины рассмотрим её в виде упрощённой схемы замещения, которая для однофазного включения представляет собой (рис. 1.1) последовательное соединение резистивных элементов R_1' и R_2 и

индуктивных элементов X_1' и X_k , где R_1' и X_1' – величина активного и индуктивного сопротивлений первичной обмотки сварочного трансформатора, которые были приведены ко вторичной цепи машины:

$$R_1' = R_1 \left(\frac{w_2}{w_1} \right)^2; \quad X_1' = X_1 \left(\frac{w_2}{w_1} \right)^2. \quad (1.1)$$

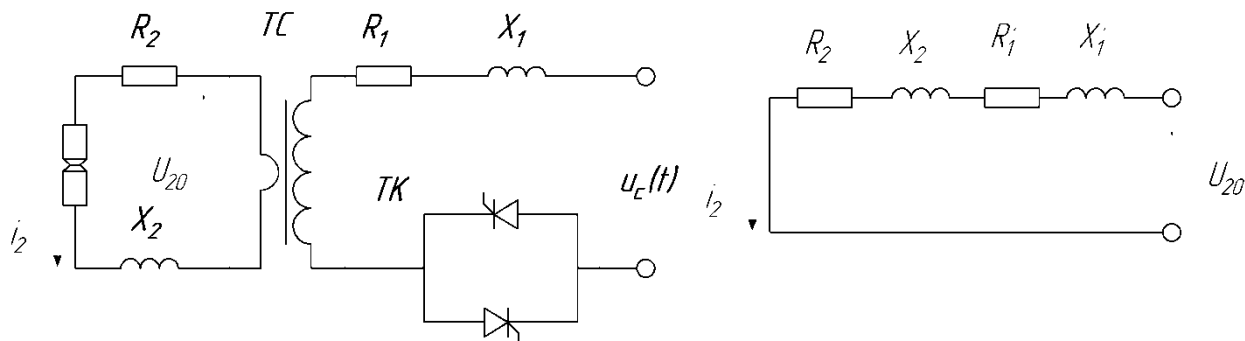
Величина полного (общего) сопротивления $Z_{2к}$ контактной машины при включении её в режиме короткого замыкания определяется выражением

$$Z_{2к} = \sqrt{(R_1' + R_2)^2 + (X_1' + X_2)^2}. \quad (1.2)$$

Формула (1.2) может быть переписана с получением выражения

$$Z_{2к} = \sqrt{R_{2к}^2 + X_{2к}^2}, \quad (1.3)$$

где $R_{2к} = R_2 + R_1'$ – значение активного сопротивления короткого замыкания контактной машины, которое было приведено к её вторичному витку; $X_{2к} = X_2 + X_1'$ – значение индуктивного сопротивления короткого замыкания контактной машины, которое было приведено к её вторичному витку.



U_{20} – вторичное напряжение холостого хода сварочного трансформатора, В;

$ТС$ – сварочный трансформатор; $ТК$ – тиристорный контактор;

R_1 и X_1 – активное и индуктивное сопротивления первичной обмотки, Ом;

R_2 и X_2 – активное и индуктивное сопротивление вторичного контура, Ом;

R_1' и X_1' – активное и индуктивное сопротивления первичной обмотки сварочного трансформатора, Ом

Рисунок 1.1 – Схема замещения контактной машины при включении в режиме короткого замыкания

Величина наибольшего вторичного тока $I_{2\kappa \max}$ рассчитывается по полному сопротивлению $Z_{2\kappa}$ контактной машины при включении в режиме короткого замыкания и максимальному вторичному напряжению $U_{20 \max}$ сварочного трансформатора с использованием зависимости:

$$I_{2\kappa \max} = \frac{U_{20 \max}}{Z_{2\kappa}}. \quad (1.4)$$

Величина наибольшей полной мощности при коротком замыкании $N_{\kappa \max}$, которая забирается из сети при включении контактной машины в режиме короткого замыкания с установкой максимальной ступени сварочного трансформатора вычисляется с использованием зависимости:

$$N_{\kappa \max} = U_{20 \max} \cdot I_{2\kappa \max} = I_{2\kappa \max}^2 Z_{2\kappa}. \quad (1.5)$$

Величина наибольшей активной мощности при включении контактной машины в режиме короткого замыкания $P_{\kappa \max}$ – активная мощность, которая потребляется из сети контактной машиной при её включении в режиме короткого замыкания с установкой максимальной ступени сварочного трансформатора вычисляется с использованием зависимости:

$$P_{\kappa \max} = R_{2\kappa} \cdot I_{2\kappa \max}^2. \quad (1.6)$$

Значение коэффициента мощности в режиме короткого замыкания $\cos \varphi_{\kappa}$, характеризующее отношение активной мощности к полной мощности, потребляемой из сети контактной машиной при её включении в режиме короткого замыкания, может быть вычислено с использованием формулы:

$$\cos \varphi_{\kappa} = \frac{P_{\kappa \max}}{N_{\kappa \max}}. \quad (1.7)$$

Графическое определение величина $\cos \varphi_{\kappa}$ может быть произведено с использованием треугольника сопротивлений (рис. 1.2).

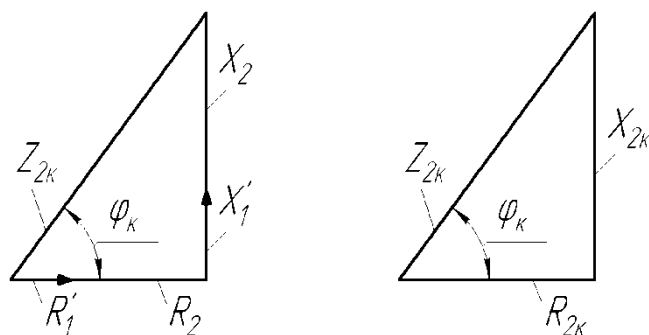


Рисунок 1.2 – Треугольники сопротивлений схемы замещения контактной сварочной машины в режиме короткого замыкания

1.2 Получение осциллограмм тока при контактной сварке

Проведение измерения сварочного тока на контактных машинах возможно при использовании следующих датчиков:

- стандартного шунта, устанавливаемого со стороны первичного контура контактной машины;
- шунта, устанавливаемого во вторичном контуре контактной машины;
- трансформатора тока, располагаемого со стороны первичного контура контактной машины;
- трансформатора тока, устанавливаемого во вторичном контуре контактной машины;
- воздушного трансформатора (пояса Роговского), устанавливаемого во вторичном контуре контактной машины;
- датчика Холла, устанавливаемого как в первичном, так и во вторичном контуре контактной машины.

В качестве простейшего датчика тока *может быть использован стандартный шунт*. При включении шунта со стороны первичной обмотки трансформатора (рис. 1.3) не происходит изменений измеряемых параметров. Обладая низкой индуктивностью и отсутствием влияния нагрева шунта на его активное сопротивление делает возможным получение информации о напряжении, которое строго пропорционально величине измеряемого

первичного тока. В качестве недостатков измерения тока с использованием шунта в первичном контуре следует отметить:

- 1) зависимость между значениями первичного и вторичного токов носит нелинейный характер, намагничивающий ток в первичной цепи контактной машины выступает как составляющая первичного тока, но во вторичную обмотку он не трансформируется;
- 2) шунт в первичной обмотке сварочной машины имеет гальваническую связь с высоким первичным напряжением, что существенно повышает опасность измерений;
- 3) установка шунта в первичной цепи контактной машины невозможна для целых классов контактных машин, например, имеющих трехфазное выпрямление или низкочастотных машин.

По этим причинам измерение тока при помощи шунта в первичном контуре контактной машины не находит промышленного применения, и используется, в основном, при проведении лабораторных исследований, требует строгого соблюдения техники безопасности.

Для измерения тока в первичной цепи контактной машины может быть использован *трансформатор тока* (рис. 1.3), который гальванически развязан от токоведущих элементов машины. Это повышает безопасность измерений. Однако остаётся в силе главный недостаток измерений со стороны первичного контура – наличие погрешности, которая связана с намагничивающим током. Кроме этого, трансформатор тока необходимо нагружать малым активным сопротивлением, например, стандартным амперметром переменного тока на 5 А. Иначе возможно нарушение пропорциональности между величиной измеряемого тока и током в обмотке трансформатора тока.

Широко применяется для измерения сварочного тока *воздушный трансформатор* (пояс Роговского), представляющий из себя замкнутую основу, которая несёт обмотку. Воздушный трансформатор надевают на токоведущий элемент во вторичном контуре контактной машины. Для этого

датчик выполняют разъемным. Благодаря отсутствию стального магнитопровода обеспечивается линейность характеристики датчика, существует возможность его применения при больших величинах измеряемого тока.

В качестве главного достоинства воздушного трансформатора можно выделить практическую независимость величины выходного напряжения от геометрических параметров датчика и места его расположения на элементе вторичного контура. Это позволяет применение датчиков на машинах разного типа без проведения перестройки и градуировки.

При применении *датчика на основе эффекта Холла* не требуется осуществлять последующее интегрирование, так как величина напряжения на выходе с датчика пропорциональна величине измеряемого тока (рис. 1.3). ЭДС Холла вычисляется как

$$E_x = k_x I H ,$$

где k_x – коэффициент, величина которого определяется материалом, материала и размерами пластинки из полупроводника.

Увеличение k_x может быть достигнуто при применении пластинки из германия или мышьяковистого индия, которые необходимо изготавливать с как можно меньшей толщиной. Например, для изготовления датчика регистратора ДСТ-используется пластинка с размерами 5х3 мм, толщина которой всего 0,2 мм.

В качестве недостатка датчика Холла следует отметить зависимость выходного значения ЭДС от расположения датчика на контактной машине и от конфигурации токоведущих частей контактной машины. Поэтому необходимо проводить градуировку датчика Холла всякий раз, когда меняется его положение на сварочной машине.

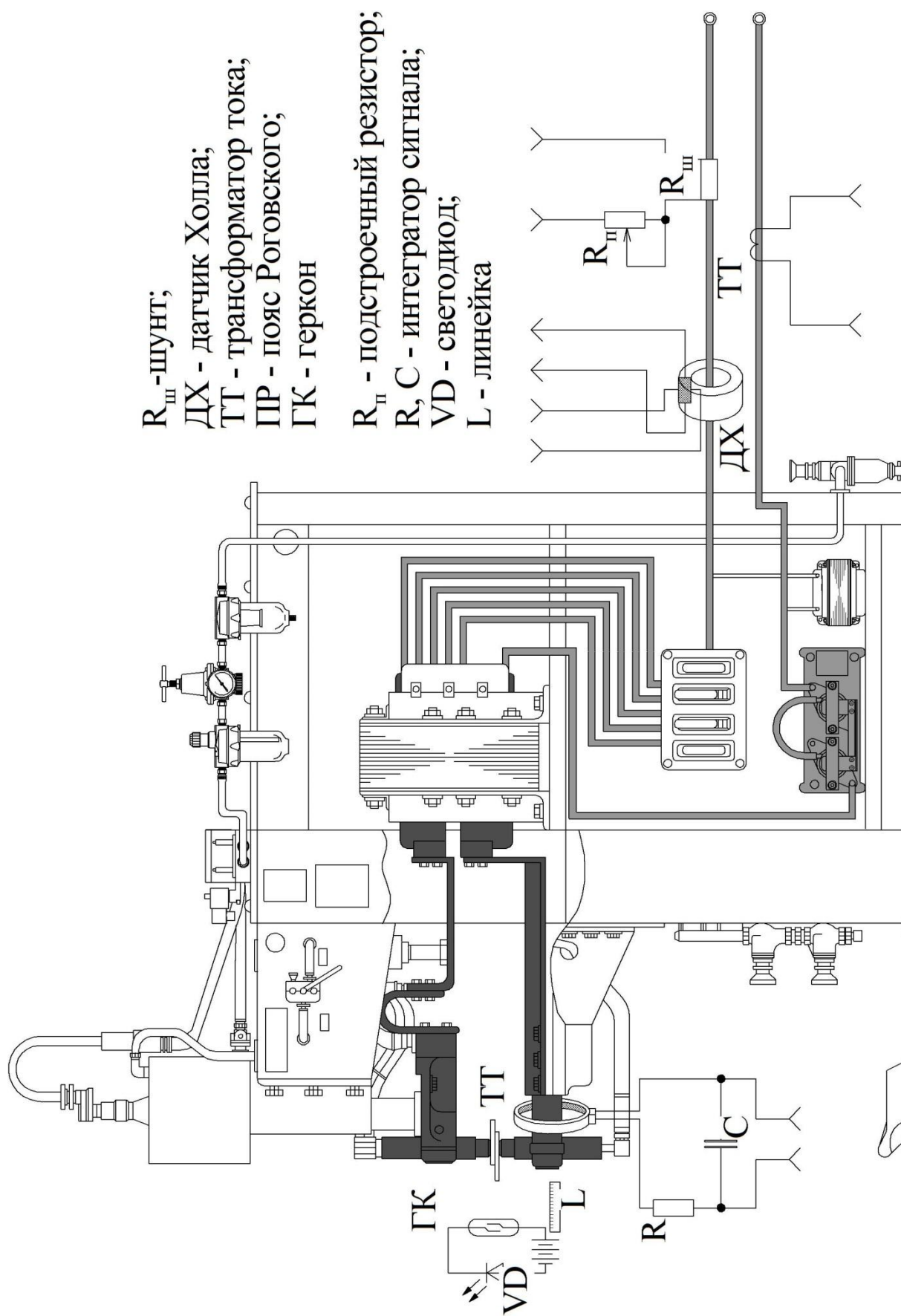


Рисунок 1.3 – Измерение тока на машинах контактной сварки

В качестве датчика тока при проведении оценочных исследований может быть использован *геркон* – устройство, которое срабатывает под действием заданной напряжённости магнитного поля. В качестве мерительного инструмента может быть использована линейка, которая градуирована в амперах. Возможность измерения сварочного тока (рис. 1.3) с использованием геркона в качестве датчика исследовалась в Тольяттинском государственном университете в 1990...1993 гг. Преимуществами геркона в качестве датчика сварочного является: простота измерений, возможность проведения измерений на всех типах контактных машин, безопасность и дешевизна способа.

Главным и критическим недостатком применения геркона в качестве датчика сварочного тока является чрезвычайно высокая погрешность, обусловленная отсутствием чёткой связи между действующим значением тока и напряжённостью магнитного поля в условиях фазового регулирования.

1.3 Постановка задач на выполнение выпускной квалификационной работы

На основании выполненного анализа состояния вопроса можно сформулировать задачи, выполнение которых позволит достичь поставленной во введении цели:

- 1) Разработать методику, позволяющую измерять активную и индуктивную составляющие полного сопротивления контактных машин;
- 2) Произвести апробацию предложенных методик на конкретных сварочных машинах, установленных в лаборатории контактной сварки и предприятиях города;
- 3) Предложить мероприятия по соблюдению техники безопасности при проведении экспериментов;
- 4) Произвести экономическую оценку полученных результатов.

2 ИЗМЕРЕНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПОЛНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НА КОНТАКТНЫХ МАШИНАХ

2.1 Вычисление максимального тока короткого замыкания в режиме фазового регулирования

Соотношение величин $R_{2к}$ и $X_{2к}$ определяется коэффициентом мощности $\cos \varphi_{кз}$ в режиме короткого замыкания, значение которого на основании ранее проведённых теоретических и практических исследований [4, 5, 6] можно выразить через измеренные α и λ (рис. 2.1), при этом функцию $\cos \varphi_{\hat{e}\zeta} = f(\alpha, \lambda)$ можно представить в виде номограммы (рис. 1.2) или с использованием аппроксимирующей зависимости:

$$\begin{aligned}\cos \varphi(\lambda, \alpha) &\approx A_1(\alpha) \cdot \lambda + A_0(\alpha) \\ A_0(\alpha) &\approx -0,743\alpha^3 + 2,994\alpha^2 - 4,259\alpha + 1,359, \\ A_1(\alpha) &\approx -0,297\alpha^3 - 1,032\alpha^2 + 1,037\alpha + 2,352\end{aligned}\quad (2.1)$$

где α и λ - в радианах.

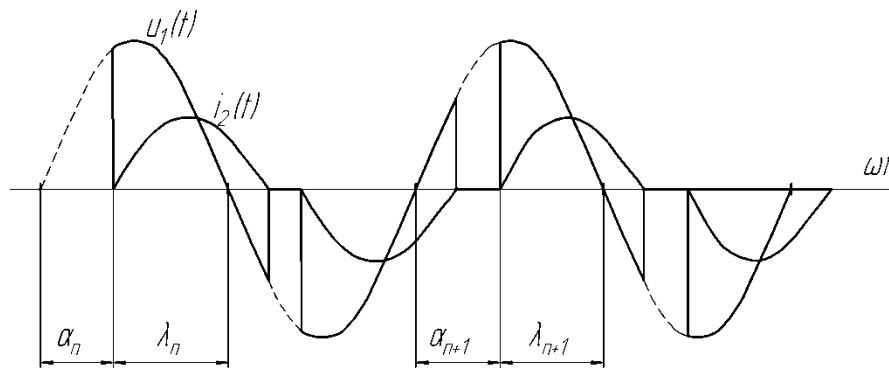


Рисунок 2.1 – Измерение угла открытия α и длительности включения λ
сварочных тиристоров по осциллограмме тока и напряжения

Действующий вторичный ток I_2 может быть выражен через полнофазный ток $I_{2к \max}$:

$$I_2 = I_{2к \max} \cdot k_i(\alpha, \cos \varphi_{кз}), \quad (2.2)$$

где $k_i(\alpha, \cos \varphi_{\kappa 3})$ – коэффициент регулирования сварочного тока, который определяется через заданный α и $\cos \varphi_{\kappa 3}$ по номограмме (рис. 2.3) или аппроксимирующей зависимости:

$$\begin{aligned} k_i &= A_1 \cdot \alpha + A_0 \\ A_0 &= 2,138 \cos \varphi_{\kappa 3}^2 - 3,443 \cos \varphi_{\kappa 3} + 2,872 \\ A_1 &= -0,9 \cos \varphi_{\kappa 3}^2 + 1,49 \cos \varphi_{\kappa 3} - 1,173 \end{aligned} \quad (2.3)$$

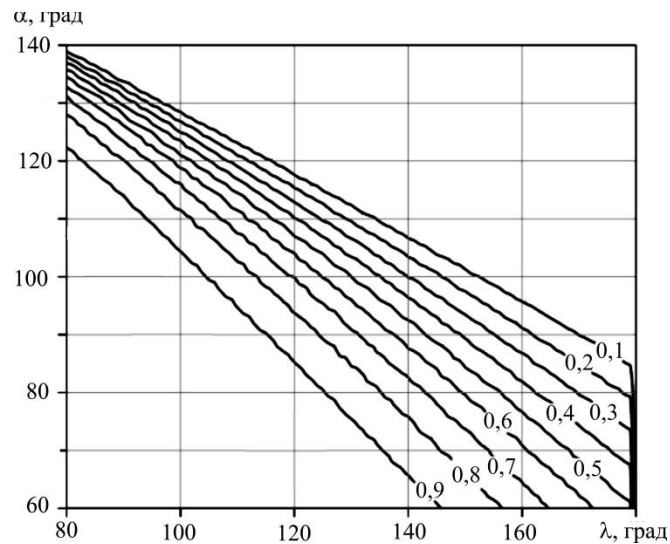


Рисунок 2.2 – Величина $\cos \varphi$ в при различных значениях измеренной длительности импульса тока λ и угла включения тиристорov α

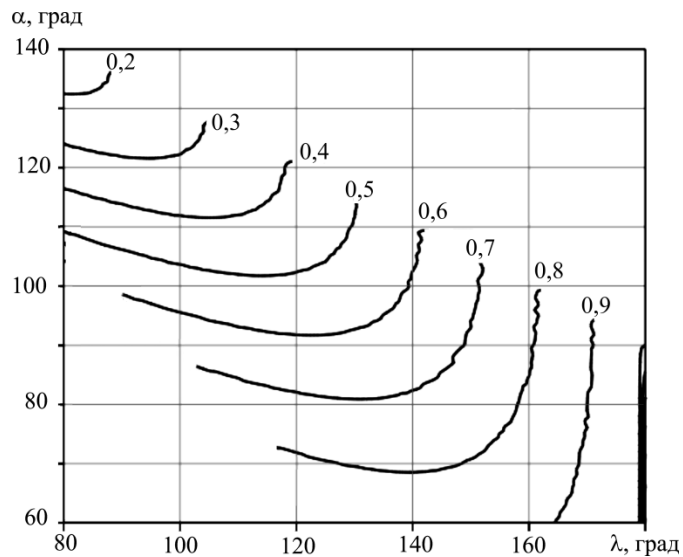


Рисунок 2.3 – Величина коэффициента регулирования $k_i = f(\alpha)$ при заданном значении угла открытия α и длительности λ импульса тока

2.2 Методика получения и обработки осциллограмм тока

Вторичный ток I_2 и величину сетевого напряжения U_c измеряем, используя регистратор РКДП-0401, датчик измерения вторичного тока (пояс Роговского) и кабель адаптер на 600 В.

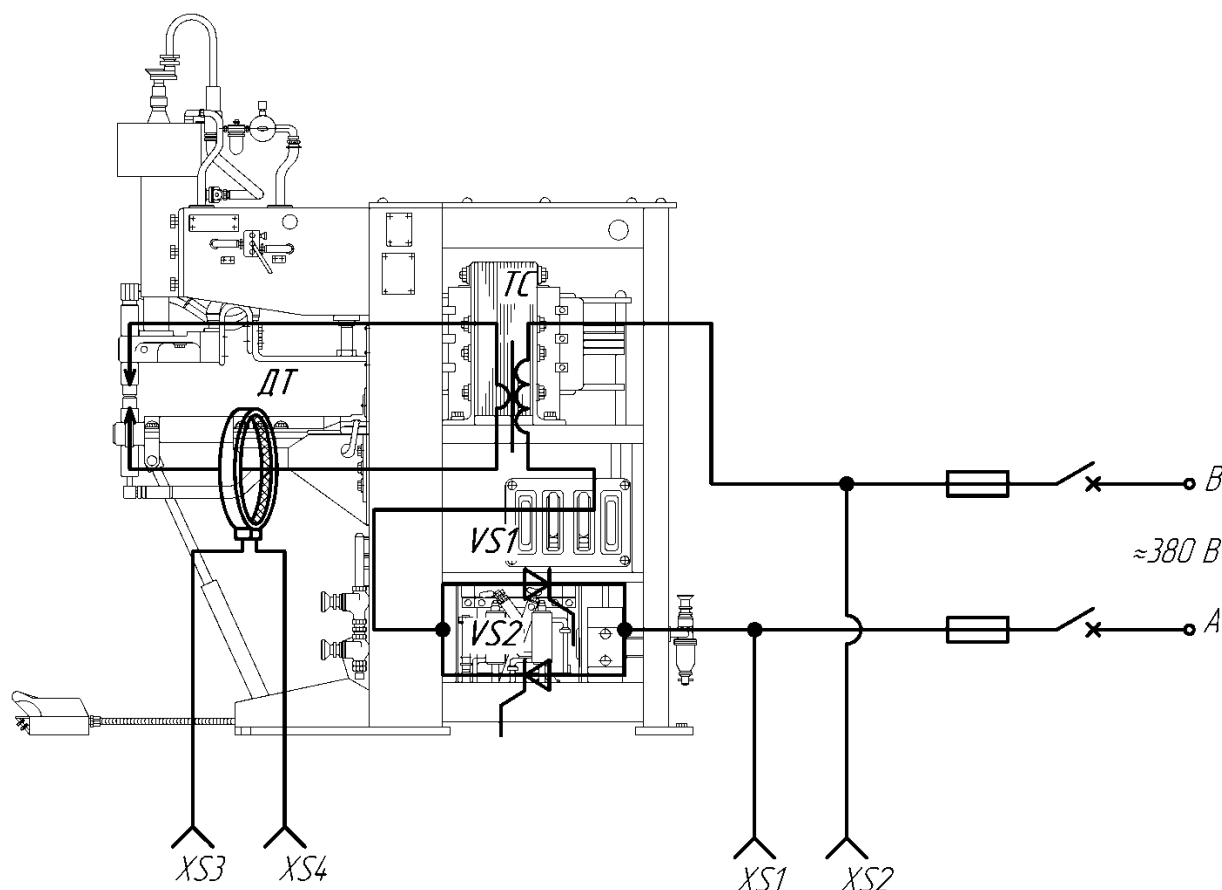


Рисунок 2.4 – Проведение измерений на машине МТПУ-300

Измерение напряжения сети U_c производится со стороны первичной обмотки сварочного трансформатора, для этого подключают зажимы XS1 и XS2 и соединяют их с каналом регистратора «3» или «4» с использованием кабель адаптера на напряжение до 1000 В. Измерение вторичного тока i_2 производят со стороны вторичного контура сварочно машины на одном из его токоведущих элементе. Для этого на токоведущем вторичного контура закрепляют датчик тока (пояс Роговского), разъёмы датчика XS3 и XS4 соединяют с каналом «1» регистратора.

Экспериментальную сварку проводили на машинах для точечной контактной точечной сварки МТПУ-300 (рис. 2.5), которая размещена в лаборатории контактной сварки кафедры «СОМДиРП».

Машина контактной точечной сварки МТПУ-300 используется при выполнении сварных соединений деталей из нержавеющей стали (толщиной пакета до 3+3 мм), из лёгких сплавов (толщиной пакета 1,5+1,5 мм), выполнения крестообразного соединения стержней арматуры. Машина имеет роликовые направляющие, которые обеспечивают плавность рабочего хода, пневматический привод сжатия позволяет осуществлять регулирование дополнительного хода подвижного (верхнего) электрода. Конструкция вторичного контура позволяет перемещать нижний электрододержатель в вертикальном и горизонтальном направлении. Машина МТПУ-300 представлена (рис. 2.5) сварным корпусом 1, сварочным трансформатором 2, переключателем ступеней 3, направляющим устройством 4, токоподводом 5, приводом давления 6, системой охлаждения 7

Машина МТПУ-300 общего назначения с вертикальным ходом верхнего электрода и пневматическим приводом. Благодаря глубокому регулированию вторичного напряжения (1:4) машина обладает большим диапазоном значений сварочного тока, что позволяет сваривать, кроме легких и цветных сплавов, также специальные стали, титан и др. При сварке легких сплавов используется верхний диапазон ступеней включения трансформатора (9...16 ступени). На ступени 15 ток достигает 32 кА при номинальном растворе 220 мм. На той же ступени уменьшение раствора до 140 мм приводит к увеличению тока до 45 кА при потреблении из сети 400 кВА.

Расположение электромагнитных пневматических клапанов 8, лубрикатора 9 и редукционного клапана 10 предусмотрено на верхней плоскости корпуса контактной машины. На лицевой стороне боковой поверхности кронштейна корпуса производится закрепление крана 11,

управляющего подачей воздуха в камеру привода давления 6. Регулятор времени 12, коробка зажимов 13 и электрический выключатель 14 смонтированы на заднем щитке корпуса машины. Включение сварки осуществляется посредством переносной педальной кнопкой 15.

Необходимо отметить особенности измерения тока короткого замыкания на контактных сварочных машинах, которые необходимо учитывать при проведении этих измерений:

- 1) величина тока короткого замыкания может достигать десятков и сотен тысяч ампер;
- 2) трансформатор контактных сварочных машин подключается к питающей сети через механизм переключения ступеней, каждая из которых позволяет задавать своё вторичное напряжение и ток короткого замыкания на каждой ступени;
- 3) включение тока на контактных сварочных машинах производится через тиристорный контактор, угол открытия которого так же определяет действующее значение вторичного тока (и тока короткого замыкания так же).

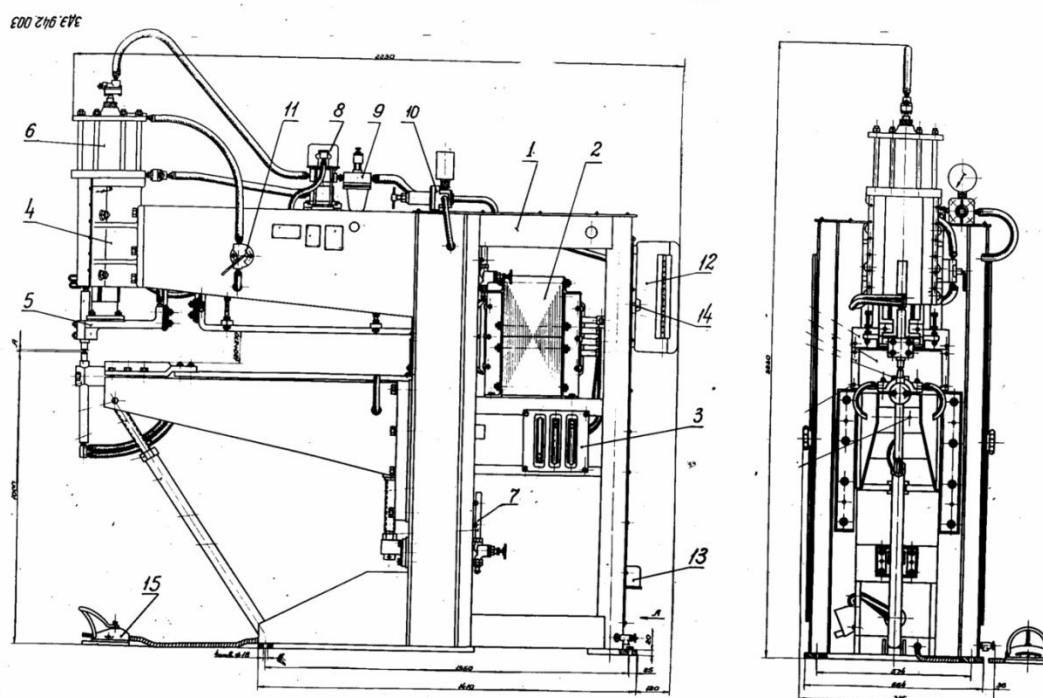


Рисунок 2.5 – Конструкция машины для контактной сварки МТПУ-300

С учётом вышеприведённых особенностей можно предложить следующую методику измерения тока короткого замыкания:

1. На переключателе ступеней сварочного трансформатора установить выбранную ступень.
2. Собрать измерительную схему (рис. 2.6), включающую в себя регистратор РКДП-0401, датчик измерения вторичного тока (пояс Роговского) и кабель адаптер на 1000 В. Измерение напряжения сети U_c производится со стороны первичной обмотки сварочного трансформатора, для этого подключают зажимы $XS1$ и $XS2$ и соединяют их с каналом регистратора «3» или «4» с использованием кабель адаптера на напряжение до 1000 В. Измерение вторичного тока i_2 производят со стороны вторичного контура сварочной машины на одном из его токоведущих элементе. Для этого на токоведущем вторичного контура закрепляют датчик тока (пояс Роговского), разъёмы датчика $XS3$ и $XS4$ соединяют с каналом «1» регистратора.

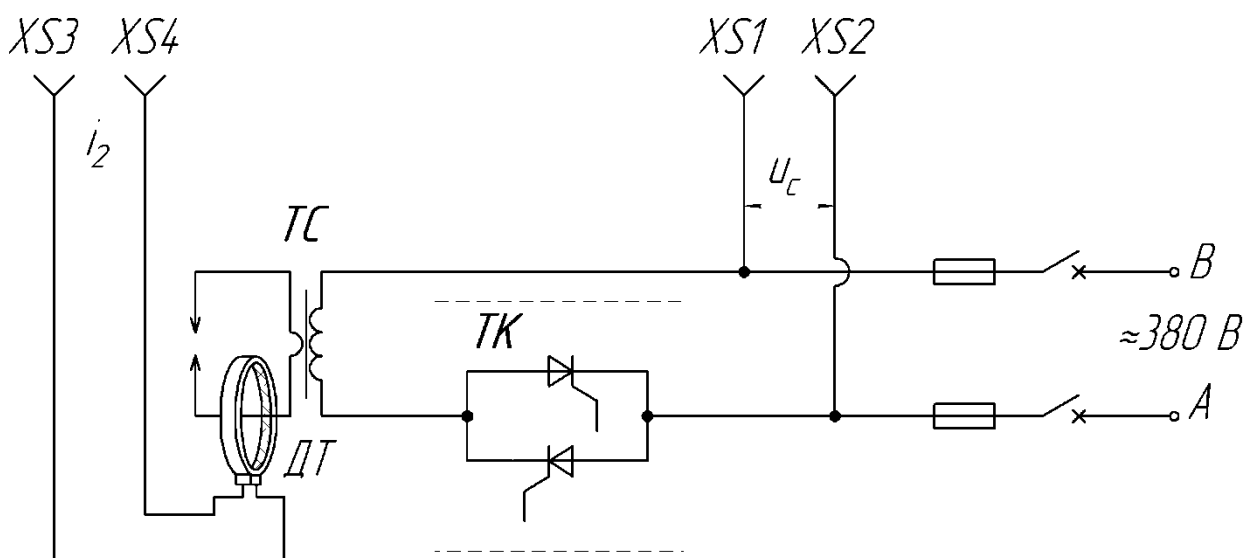


Рисунок 2.6 – Измерение вторичного тока i_2 и сетевого напряжения u_c на машинах контактной сварки: $ТС$ – сварочный трансформатор, $ТК$ – тиристорный контактор, $ДТ$ – датчик тока (пояс Роговского)

3. Вращением рукоятки редукционного клапана установить давление сжатого воздуха в сети машины 5 атм, ориентируясь на показания манометра, установленного на сварочной машине.

4. На регуляторе сварки установить заданный угол открытия сварочных тиристоров и длительность сварки 6...10 периодов сетевого напряжения (0,12...0,20 с).
5. Произвести включение сварочной машины в режиме короткого замыкания, расположив между электродами пластину из меди М1 или М2 толщиной 5...10 мм или описанные в п. 1.5. замыкатели. В процессе включения снять показания о вторичном токе I_2 и напряжении U_c питающей сети при помощи регистратора РКДП-0401.
6. По диаграмме мгновенных значений напряжения u_c и тока i_2 для каждого включения определить длительность λ включения сварочных тиристоров и действующий ток I_2 , заполнить строки 4 и 5 табл. 2.1.
7. С использованием зависимости (2.1) и номограммы (рис. 2.2) определить значение коэффициента мощности $\cos \varphi_{кз}$ в режиме короткого замыкания, заполнить строку 6 табл. 2.1.
8. С использованием зависимости (2.3) или номограммы (рис. 2.3) определить значение коэффициента регулирования k_i тока, заполнить строку 7 табл. 2.1
9. С использованием зависимости (2.2) определить значения полнофазного тока $I_{2к\ max}$ короткого замыкания, строку 8 табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты измерения тока короткого замыкания контактной машины

№ п/п	Параметр	Значение параметра при каждом включении			
		1	2	3	4
1	Сетевое напряжение U_c , В	380			
2	Коэффициент трансформации на выбранной ступени K	35			
3	Заданный угол открытия тиристоров α , град	90			
4	Измеренная длительность включения тиристоров λ , град	143			
5	Измеренный действующий ток I_2 , А	26000			
6	Рассчитанный коэффициент мощности $\cos \varphi_{кз}$	0,5			
7	Рассчитанный коэффициент регулирования тока k_i	0,66			
8	Рассчитанный полнофазный ток $I_{2к\ max}$, А	39400			

2.3 Вычисление составляющих полного сопротивления

На основании проведённых измерений возможно получение следующих величин, которые будут использованы для последующих вычислений активной и индуктивной составляющих комплексного сопротивления контактной сварочной машины:

- Максимальный ток короткого замыкания при номинальном напряжении (380 В) питающей сети: $I_{2\kappa \max}$;
- Коэффициент мощности в режиме короткого замыкания: $\cos \varphi_{\kappa 3}$;
- Максимальное вторичное напряжение холостого хода сварочного трансформатора: $U_{20 \max}$.

По результатам ранее проведённого опыта короткого замыкания (табл. 2.1) можно определить полное сопротивление $Z_{2\kappa}$ сварочной машины в режиме короткого замыкания:

$$Z_{2\kappa} = \frac{U_{20 \max}}{I_{2\kappa \max}}. \quad (2.4)$$

Далее необходимо произвести вычисление активной $R_{2\kappa}$ и индуктивной $X_{2\kappa}$ составляющих комплексного сопротивления $Z_{2\kappa}$ сварочной машины в режиме короткого замыкания:

$$R_{2\kappa} = Z_{2\kappa} \cdot \cos \varphi_{\kappa}, \quad (2.5)$$

$$X_{2\kappa} = Z_{2\kappa} \cdot \sin \varphi_{\kappa 3} = Z_{2\kappa} \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_{\kappa 3}}. \quad (2.6)$$

2.4 Апробация методики измерения активного и индуктивного сопротивлений

При помощи редукционного клапана устанавливаем давление сжатого воздуха в сети машины 5 атм (0,5 МПа). При помощи механизма переключения ступеней устанавливаем максимальную (шестнадцатую) ступень трансформатора ($K=35$). В качестве регулятора контактной сварки используем регулятор «Сирень». Устанавливаем длительность импульса тока

6 периодов сетевого напряжения (0,12 с). Угол открытия сварочных тиристорov задаём при помощи регулятора «Сирень» $\alpha = 90$ электрических градусов. При помощи регистратора РКДП-0401 были получены диаграммы мгновенных значений вторичного тока i_2 и сетевого напряжения u_c (рис. 2.7). С использованием диаграмм (рис. 2.2 и 2.3) были определены значения $\cos \varphi$ и k_i (рис. 2.8).

Полное сопротивление $Z_{2\kappa}$ сварочной машины в режиме короткого замыкания в соответствии с (2.4):

$$Z_{2\kappa} = \frac{U_{20 \max}}{I_{2\kappa \max}} = \frac{10,86}{39400} = 276 \cdot 10^{-6} \text{ Ом.}$$

Активная $R_{2\kappa}$ и индуктивная $X_{2\kappa}$ составляющие комплексного сопротивления $Z_{2\kappa}$ сварочной машины в режиме короткого замыкания вычисляем в соответствии с (2.5) и (2.6):

$$R_{2\kappa} = Z_{2\kappa} \cdot \cos \varphi_{\kappa} = 276 \cdot 10^{-6} \cdot \cos 60^\circ = 138 \cdot 10^{-6} \text{ Ом,}$$

$$X_{2\kappa} = Z_{2\kappa} \cdot \sin \varphi_{\kappa} = 276 \cdot 10^{-6} \cdot \sin 60^\circ = 240 \cdot 10^{-6} \text{ Ом.}$$

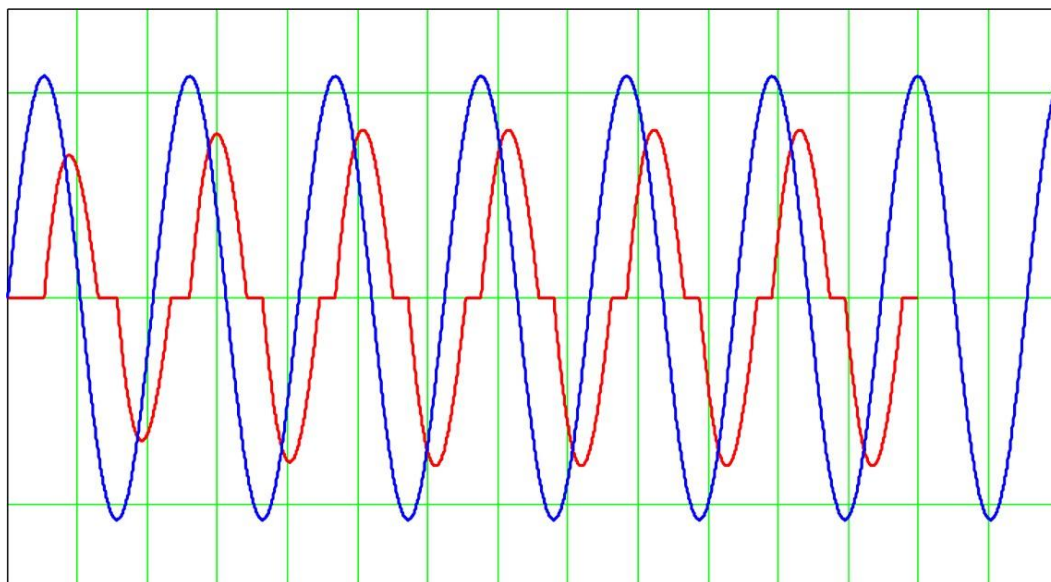
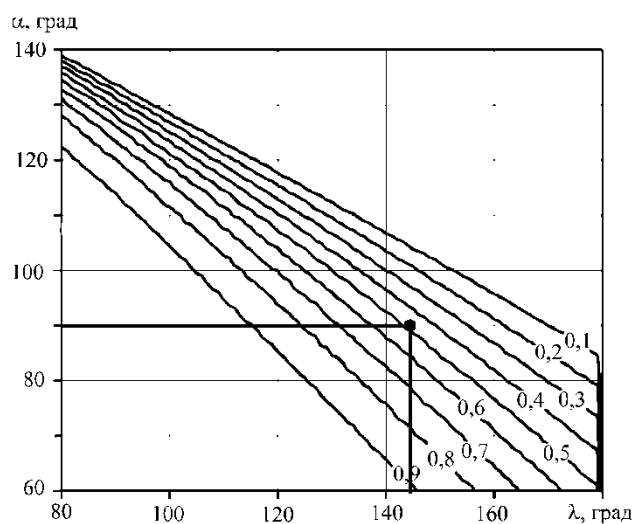


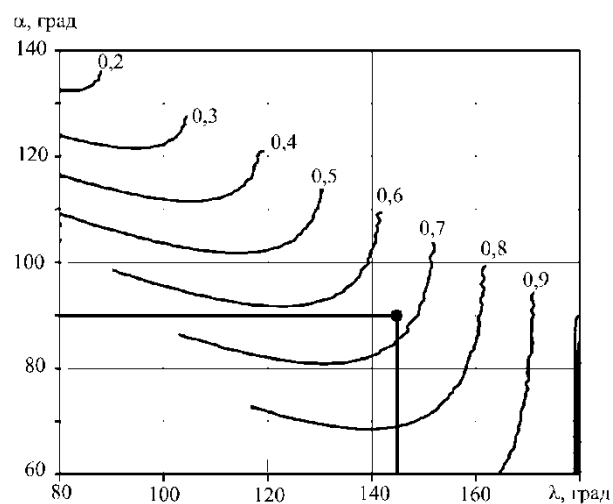
Рисунок 2.7 – Диаграммы мгновенных значений вторичного тока i_2 и напряжения u_c питающей сети при коротком замыкании и $\alpha=90$ электрических градусов

Определение $\cos \varphi$

Определение k_i



$\alpha = 90^\circ, \lambda = 143^\circ, \cos \varphi = 0,5$



$\alpha = 90^\circ, \lambda = 143^\circ, k_i = 0,66$

Рисунок 2.8 – определение коэффициента мощности $\cos \varphi$ и коэффициента регулирования k_i для полученной осциллограммы тока

Дополнительные исследования производили на контактной сварочной машине МТ-1931, установленной на ОАО «ДМА-Деталь».

Производили включение контактной сварочной машины в режиме короткого замыкания на рабочей ступени трансформатора ($K_T = 70$). Между сварочными электродами устанавливали медную пластину толщиной 10 мм. Контролировали следующие параметры: величину сетевого напряжения U_c , величину тока I_2 во вторичном контуре (табл. 2.2, рис. 2.6).

Таблица 2.2 – Результаты проведённых измерений при включении машины МТ-1931 в режиме короткого замыкания

№ периода	Величина сетевого напряжения U_c , В	Значение угла открытия тиристорov α , эл. град	Измеренная длительность включенного состояния тиристорov λ , эл. град	Измеренный вторичный ток I_2 , А
1.1	388	99,3	134,5	8800
1.2	388	80,5	161,5	12600
1.3	388	80,5	162,0	12700
2.1	383	99,9	134,5	8900
2.2	383	68,6	177	14750
2.3	383	67,0	180	14900

На полученных осциллограммах тока и напряжения производили измерение угла открытия тиристоров α и длительности λ импульса сварочного тока (рис. 2.9, табл. 2.2).

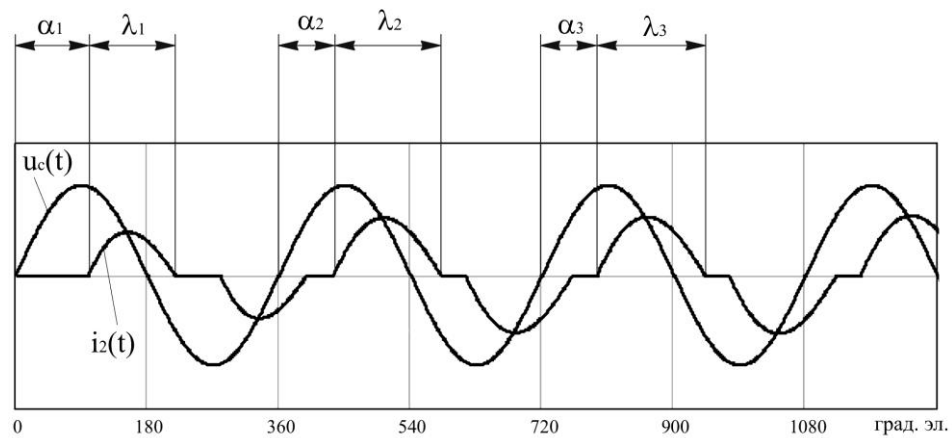


Рисунок 2.9 – Измерение угла α открытия сварочных тиристоров и длительности λ импульса тока с использованием осциллограмм тока и напряжения

Для каждой пары значений α и λ производили вычисление значения коэффициента мощности в режиме короткого замыкания $\cos \varphi_k$, используя следующую математическую зависимость:

$$\sin(\lambda + \alpha - \varphi) / \sin(\alpha - \varphi) = \exp(-\lambda \operatorname{ctg} \varphi). \quad (2.7)$$

Результаты решения уравнения (2.7) для каждой пары значений α и λ занесли в таблицу 2.3. Далее для каждой пары значений α и λ определяли величину коэффициента регулирования тока, решая уравнение:

$$k_i = \sqrt{\frac{\lambda}{\pi} - \frac{\sin \lambda}{\pi \cos \varphi} \cos(2\alpha + \varphi + \lambda)}, \quad (2.8)$$

где α и λ - в радианах.

Результаты решения уравнения (2.8) занесли в таблицу 2.3.

Далее вычисляли величину полного сопротивления контактной машины при включении в режиме короткого замыкания с использованием математической зависимости:

$$Z_{2к} = \frac{U_c / K_r}{I_{2к} / k_i}. \quad (2.9)$$

Результаты вычислений по формуле (2.9) для каждой пары значений α и λ занесли в таблицу 2.3.

Далее для каждой пары значений α и λ вычисляли величину активного $R_{2к}$ и индуктивного $X_{2к}$ сопротивлений машины в режиме короткого замыкания по формулам (2.5) и (2.6).

Таблица 2.3 – Результаты вычисления параметров в режиме короткого замыкания

№	α , град	λ , град	$\cos \varphi_k$	k_i	Измеренный вторичный ток $I_{2к}$, А	Полное сопр-е $Z_{2к}$, мкОм	Активное сопр-е $R_{2к}$, мкОм	Индуктивное сопр-е $X_{2к}$, мкОм
1.1	99,3	134,5	0,429	0,574	8800	361	155	327
1.2	80,5	161,5	0,406	0,823	12600	362	147	331
1.3	80,5	162	0,398	0,827	12700	361	144	331
2.1	99,9	134,5	0,412	0,571	8900	351	145	320
2.2	68,6	177	0,403	0,972	14750	361	145	330
2.3	67,0	179	0,404	0,991	14900	364	147	333

На основании анализа осциллограмм тока и напряжения при включении машины в режиме короткого замыкания и на основании проведённых вычислений для последующих расчётов примем $R_{2к}=145$ мкОм, $X_{2к}=330$ мкОм.

3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

3.1 Составление технологической характеристики объекта

Выпускная квалификационная работа содержит описание мероприятий, которые предусматривают расчётное определение составляющих полного сопротивления (активного и индуктивного) контактных сварочных машин. Экспериментальные сварки проводятся на машине МТПУ-300, установленной в лаборатории контактной сварки ТГУ.

В настоящее время контактная электросварка нашла широкое применение в отдельных отраслях промышленности России и является одним из ведущих технологических процессов современного производства. Имеется большой парк электрооборудования и машин различных типов и назначения мощностью от нескольких до сотен киловольт на ампер, в основном это машины переменного тока частотой 50 Гц.

При эксплуатации этих машин генерируются магнитные поля значительной напряженности, превышающей значение, которое регламентируется старыми санитарными нормами, в несколько раз [21]. Магнитное поле такой интенсивности может влиять на здоровье обслуживающего персонала, обуславливая определенные негативные функциональные изменения в организме из-за воздействия на сердечно-сосудистую, нервную, мочеполовую, эндокринную и другие системы. В связи с этим возникла необходимость в контроле электромагнитной обстановки на рабочих местах сварщиков и обеспечении безопасных условий их труда. Актуальность этой задачи возросла с введением в Российской Федерации в действие новых нормативов, регламентирующих условия безопасности при работе с источниками электромагнитных полей и учитывающих современные медицинские исследования.

Таблица 3.1 – Профессиональные риски, сопровождающие осуществление проектной технологии

Наименование технологических операций и выполняемых работ при осуществлении технологии	Наименование должности работника, в обязанности которого входит выполнение данной технологической операции	Перечень оборудования, устройств и приспособлений, применяемых при выполнении технологической операции
1	2	3
1. Подготовка экспериментальных образцов для контактной сварки	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Острые края образцов, сварочное оборудование
2. Проведение сборки измерительного комплекса	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Машинка сварочная, измерительный комплекс
3. Включение машины в режиме короткого замыкания	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенная напряженность магнитного поля	Машинка сварочная, измерительный комплекс

Продолжение таблицы 3.1

4. Включение контактной машины в режиме сварки	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенная напряжённость магнитного поля	Машинка сварочная, измерительный комплекс
--	--	---

При контактной электросварке в рабочей зоне создаются импульсные МП. На рабочих местах сварщиков основными источниками данных полей являются не полностью экранированный корпусом машины сварочный трансформатор и, как правило, неэкранированные силовоточные элементы сварочного контура (электроды, свечи, консоли, шины), а также токоведущие кабели и свариваемые изделия сложной формы. МП, образующиеся при контактной электросварке в различных частотных диапазонах, и общая методика определения их уровней описаны в работе [21].

Разработка средств защиты сварщиков от электромагнитного излучения при обслуживании машин контактной точечной сварки в ручном режиме, должна предусматривать использование всех возможных способов снижения магнитного излучения до регламентируемого уровня, а именно: защиту расстоянием; защиту временем; защиту оптимизацией режимов сварки; использование новых способов сварки с более приемлемыми физическими параметрами электрического тока с санитарной точки зрения и новыми принципами регулирования тепловложения при выполнении сварного соединения; экранирование токоведущих элементов сварочного контура с сохранением максимально возможного рабочего пространства;

применение индивидуальных экранирующих средств; мониторинг магнитной обстановки на рабочем месте самим сварщиком с помощью сигнализатора уровня магнитного поля.

3.2 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство экспериментальной технологии

Таблица 3.2 - Выбор методов и средств по снижению воздействия каждого опасного и вредного производственного фактора

Перечень опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих проектную технологию	Перечень предлагаемых организационных мероприятий и технических средств, осуществляющих защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работников
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Наносить предостерегающие надписи, выполнять соответствующую окраску, применять ограждения	-
3. Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Риск замыкания через тело человека электрической цепи, имеющей повышенное значение напряжения	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Повышенное значение напряжённости магнитного поля в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны сварки с применением магнитонепроницаемых щитов	Спецодежда, маска сварщика

3.3 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.3 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

Перечень первичных средств для проведения тушения возгорания	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем и установок для проведения тушения возгорания	Пожарная автоматика для проведения тушения возгорания	Перечень пожарного оборудования, для проведения тушения возгорания	Перечень средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при	Перечень пожарного инструмента для проведения тушения	Перечень пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о факте возникновения пожара

Таблица 3.4 - Выявление классов и опасных факторов возможного пожара

Назначение технологического участка	Перечень оборудования	Класс возгорания	Перечень опасных факторов возгорания	Перечень сопутствующих проявлении факторов возгорания
Участок контактной сварки	Машина контактной сварки МТПУ-300	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму	замыкания на проводящих токах частях технологических установок, агрегатов изделий высокого напряжения; термохимическое действие используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей

Таблица 3.5 – Перечень организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Экспериментальная контактная сварка	Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими	Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов с целью ограничения разлёта искр.

3.4 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.6 – Выявление и анализ вредных экологических факторов, сопровождающих внедрение проектной технологии

Реализуемый технологический процесс	Операции, входящие в состав технологического процесса	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное воздействие технического объекта на литосферу
Экспериментальная контактная сварка	Подготовка деталей, сборка под сварку, сварка, контроль качества	Выделяемые при сварке газообразные частицы	Отсутствует	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом.

Таблица 3.7 – Проведение организационно-технических мероприятий, направленных на снижение отрицательного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Рассматриваемый технический объект в рамках проектной технологии	Экспериментальная контактная сварка
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Необходимо предусмотреть установку контейнеров, позволяющих селективный сбор бытового мусора и производственных отходов. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди производственного персонала по вопросу правильного складывания в контейнеры мусора и отходов.

3.5 Заключение по экологическому разделу

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при проведении научно-исследовательских работ. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов. В результате проведения этого анализа установлено, опасные и вредные производственные факторы могут быть устранены или уменьшены до необходимого уровня с применением стандартных средств безопасности и санитарии производства. Отсутствует необходимость в разработке дополнительных средств защиты. Внедрение проектной технологии в производство сопровождается угрозами экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЁННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Расчёт трудоемкости каждого этапа научно-исследовательских работ

В данном разделе выпускной квалификационной работе необходимо провести экономическое обоснование проведенных научно-исследовательских работ. Это предусматривает проведение следующих работ: расчёт трудоёмкости и длительности проводимых научно-исследовательских работ, составление линейного плана-графика выполнения работ при проведении исследовательских работ и расчёт текущих затрат, сопровождающих проведение исследовательских работ.

Таблица 4.1 –Стадии и этапы выполнения научно-исследовательских работ

Наименование стадии НИР	Содержание этапов работы
1	2
1. Ознакомление с особенностями контактной точечной сварки низкоуглеродистых сталей, методиками контроля контактных сопротивлений и моделирования тепловых процессов	1.1. Обзор статей, свариваемых в автомобильной промышленности контактной точечной сваркой 1.2. Анализ особенностей контактной сварки 1.3. Обзор и критический анализ методов контроля состояния сварочного оборудования 1.4. Обзор и критический анализ методов моделирования электрических процессов при контактной сварке
2. Разработка способа контроля состояния сварочного оборудования (оперативное измерение активного и индуктивного сопротивлений машины)	2.1. Составление принципиальной электрической схемы способа 2.2. Вывод основных формул и расчётного алгоритма. 2.3. Реализация способа.

Продолжение таблицы 4.1

1	2
3. Разработка математической модели электрических процессов при контактной сварке	3.1. Начальные упрощения, входные и выходные параметры математического моделирования. 3.2. Основные формулы математической модели для расчёта выходных параметров модели. 3.3. Реализация математической модели с использованием персонального компьютера и системы MathCAD. 3.4. Проверка адекватности моделирования
4. Оформление результатов проведенной научно-исследовательской работы.	4.1. Отчёта, который отражает этапы работ. 4.2. Выводы по результатам научной работы. 4.3. Рекомендации по внедрению результатов в производство и направления проведения дальнейшего исследования. 4.4. Фактический график выполнения научной работы и причины, по которым произошло отклонение от планового графика. 4.5. Фактически произведённые материальные затраты (калькуляция).

Расчёт трудоёмкости выполнения этапов научно-исследовательской работы производим с использованием формулы:

$$T_{\text{ож}} = \frac{3T_{\text{min}} + 2T_{\text{max}}}{5} \text{ (дней)} \quad (4.1)$$

где T_{min} – величина оптимистической трудоёмкости;

T_{max} – величина пессимистической трудоёмкости.

Таблица 4.2 – Значение трудоёмкости каждого этапа научно-исследовательских работ

Трудо- ёмкость в челове- коднях	№ этапа работ															
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
T _{min}	2,0	1,0	2,0	3,0	4,0	7,0	2,0	12	4,0	2,0	1,0	3,0	10	2,0	1,0	4,0
T _{max}	4,0	3,0	3,0	6,0	5,0	9,0	5,0	17	7,0	5,0	5,0	6,0	13	4,0	3,0	5,0

Результаты по расчету величины Тож сведём в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Величина ожидаемой трудоёмкости

Тож, в челове- коднях	№ этапа работ															
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
	3,0	2,0	2,5	4,0	4,5	8,0	3,0	14	5,0	3,0	2,5	4,0	11	3,0	2,0	4,5

Расчётное определение длительности каждого этапа научно-исследовательских работ и суммарной длительности научно-исследовательских работ произведём по формуле:

$$T_{\text{эт}} = \frac{T_{\text{ож}}}{\text{Ч}} \text{ (чел/дн.)}, \quad (4.2)$$

Ч – принятое для каждого этапа число исполнителей.

$$T_{\text{нир}} = \sum T_{\text{эт}}$$

После проведения расчётов длительности каждого этапа научно-исследовательской работы, произведём задание количества исполнителей для каждого этапа научно-исследовательской работы.

Таблица 4.4 – Количество исполнителей для каждого этапа работы

№ этапа работ	Численность занятых в научной работе исполнителей			
	Инженерный работник	Вспомогательный рабочий	Технический работник	Всего исполнителей
1.1.	1	—	1	2
1.2.	1	—	1	2
1.3.	1	—	1	2
1.4.	1	—	1	2
2.1.	—	—	1	1
2.2.	1	—	—	1
2.3.	—	—	1	1
3.1.	1	1	1	3
3.2.	1	1	1	3
3.3.	1	—	1	2
3.4.	1	—	1	2
4.1.	1	—	1	2
4.2.	1	—	1	2
4.3.	1	—	1	2
4.4.	1	—	1	2
4.5.	1	—	1	2

Результаты вычисления значения $T_{эт}$ сведём в таблицу 4.5.

Таблица 4.5 – Продолжительность каждого этапа научно-исследовательской работы

Тэт, в челове- коднях	№ этапа															
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
	1,5	1,0	1,5	2,0	4,5	8,0	3,0	5,0	2,0	1,5	1,5	2,0	5,5	1,5	1,0	2,5

При расчёте суммарной длительности научно-исследовательской работы получено: $T_{нир} = \sum T_{эт}$; $T_{нир} = 44$ дня.

Величину удельного значения каждого этапа работы определим с использованием зависимости:

$$У_{д_{эт}} = \frac{T_{эт}}{T_{нир}} \cdot 100 \%. \quad (4.3)$$

Расчёт нарастания технической готовности осуществляем методом последовательного сложения удельных значений каждого этапа научно-исследовательской работы.

Таблица 4.6 – Расчётное определение удельных значений каждого этапа научно-исследовательской работы

Уд.эт, %	№ этапа работ									
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
	3,03	4,54	3,03	1,52	6,06	21,19	15,15	4,55	4,55	7,58
Уд.эт, %	№ этапа работ									
	3.4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5				
	4,55	4,55	12,12	1,52	3,03	3,03				

4.2 Расчётное определение текущих, капитальных и общих затрат

Расчётное определение текущих затрат произведём с использованием следующей зависимости:

$$K_{\text{тек}} = \Phi ЗП + \text{Ос.с.} + ЗМ + З_{\text{тех.эн.}} + З_{\text{об.}} + З_{\text{плоч.}} + Нр + РП_{\text{пр}} \quad (4.4)$$

где Ос.с. – размер отчислений на социальное страхование;

Нр – размер общих накладных расходов;

ФЗП – объёмы фонда заработной платы;

ЗМ – величина затрат на материалы;

З_{тех.эн.} – размер затрат на электрическую энергию;

З_{об.} – размер затрат на эксплуатацию оборудования;

З_{плоч.} – размер затрат на обслуживание производственных площадей;

РП пр – размер прочих прямых расходов, связанных со спецификой проводимого исследования.

Расчётное определение заработной платы задействованного в работах персонала и величины отчисления на социальное страхование произведём по формуле:

$$\Phi ЗП = ЗП_{\text{оснв.}} + ЗП_{\text{доплн.}} \quad (4.5)$$

Расчётное определение затрат на основную заработную плату произведём с использованием зависимости:

$$\text{ЗПЛ оснв.} = \sum \text{Траб} \cdot \text{Сд} \cdot \text{К пр} \cdot \text{И} \quad (4.6)$$

где Траб – величина суммарного времени работы каждого участника научно-исследовательских работ по каждому этапу;

Сд – величина средней дневной ставки каждого участника НИР;

К пр – значение коэффициента премиальных доплат, равный 1,4;

И – принятое количество исполнителей для каждого этапа научно-исследовательских работ.

Таблица 4.7 – Величина заработной платы занятого в работах персонала

№ п/п	Должность задействованного персонала	Размер месячного оклада в рублях	Размер средней дневной ставки Сд в рублях
1	Инженерный работник	40000	1666
2	Технический работник	25000	1041
3	Вспомогательный рабочий	20000	833

Подставив значения в (4.6), получим:

$$\text{ЗПЛ оснв.} = (44 \cdot 1666 \cdot 1,4 \cdot 1) + (44 \cdot 1041 \cdot 1,4 \cdot 1) + (7 \cdot 833 \cdot 1,4 \cdot 1) = 81618,6 \text{ рублей.}$$

Расчёт дополнительной заработной платы произведём с использованием зависимости:

$$\text{ЗПЛ допл.} = 10\% \text{ от ЗПЛ оснв.} \quad (4.7)$$

$$\text{ЗПЛ допл.} = 81618,6 \cdot 0,1 = 8161,86 \text{ рублей.}$$

Размер фонда заработной платы на проведение научных работ рассчитываем по формуле (4.5):

$$\text{ФЗП} = 81618,6 + 8161,86 = 89780,46 \text{ руб.}$$

Размер отчислений на социальное страхование определяем с использованием формулы:

$$\text{Ос.с.} = 34\% \text{ от ФЗП} \quad (4.8)$$

$O_{c.c.} = 0,34 \cdot 89780,46 = 30525,36$ рублей.

Размер затрат на материалы определяем исходя из финансовых потребностей на покупку канцелярских товаров, которые расходуются в процессе исследований:

$$ЗМ = ЗМ_{расх.} \quad (4.9)$$

где $ЗМ_{расх.}$ – размер затрат, учитывающих приобретение расходных материалов, которые будут использованы при исследованиях.

Таблица 4.8 – Затраты на приобретение расходных материалов

№ п/п	Приобретение расходного материала	Единицы измерения	Количество расходного материала	Стоимость расходного материала, руб.
1.	Принтерная бумага	пачка	1	140
2.	Принтерные чернила	шутка	1	400
3.	Гелевая ручка	шутка	2	50
4.	Простой карандаш	шутка	2	30
5.	Ластика стирательный	шутка	1	20
6.	Линейки пластмассовая	шутка	1	30
7.	Степлер офисный	шутка	1	100
ИТОГО				770

Таким образом, величина затрат на материалы составит: $ЗМ = 770$ рубля.

Работы по моделированию эксперимента производим с применением персонального компьютера, размер затрат на амортизацию, текущий ремонт и обслуживание оборудования произведём с использованием формулы:

$$A_{об} = \sum \Pi_{об} \cdot \frac{N_a \cdot T_{раб.}}{\Phi_{об} \cdot 100} \quad (4.10)$$

где $A_{об}$ – размер амортизационных отчислений на оборудование, рублей;

N_a – принятое значение нормы амортизации применительно к оборудованию, для персонального компьютера величина $N_a = 54\%$;

$\sum \Pi_{об}$ – цена оборудования, привлекаемого для проведения научно-исследовательских работ;

$\Phi_{об}$ – размер режимного фонда работы используемого оборудования;

Траб. – время, затрачиваемое на выполнение научно-исследовательских работ, принимаемое приблизительно 70 часов.

$$P_{\text{т.р.}} = \frac{\Sigma C_{\text{об}} \cdot H_{\text{т.р.}} \cdot k_3}{100 \cdot \Phi_p} \quad (4.11)$$

где $P_{\text{т.р.}}$ – размер затрат на проведение текущего ремонта и обслуживания оборудования, рублей

$H_{\text{т.р.}}$ – принятое значение нормы отчислений на проведение текущего ремонта оборудования, $\approx 35\%$.

Режимный фонд времени работы используемого оборудования ($\Phi_{\text{об}}$) рассчитаем по формуле:

$$\Phi_{\text{об}} = (D_{\text{к}} - D_{\text{вых.}} - D_{\text{пр}}) \cdot T_{\text{см}} \cdot S \cdot (1 - k_{\text{р.п.}}) \quad (4.12)$$

где $D_{\text{к}}$ – количество календарных дней в году, принятое равным 365;

$D_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году, принятое равным 106;

$D_{\text{пр.}}$ – количество праздничных дней в году, принятое равным 8;

$T_{\text{см.}}$ – значение продолжительности рабочей смены, принятое равным 8 час;

S – количество рабочих смен, принятое равным 1;

$k_{\text{р.п.}}$ – потери времени на проведение технического обслуживания и переналадки применяемого оборудования, принятое равным 0,09.

$$\Phi_p = (365 - 106 - 8) \cdot 8 \cdot 1 \cdot (1 - 0,09) = 1827 \text{ часов}$$

$$A_{\text{об}} = \frac{48400 \cdot 54 \cdot 70}{100 \cdot 1827} = 1001,38 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{т.р.}} = \frac{48400 \cdot 35 \cdot 0,4}{100 \cdot 1827} = 3,71 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{об}} = A_{\text{об.}} + P_{\text{т.р.}} \quad (4.13)$$

$$З_{\text{об}} = 1001,38 + 3,71 = 1005,09 \text{ руб.}$$

Таблица 4.9 – Принятое значение стоимости оборудования

№ п/п	Применяемое оборудование	Принятое количество оборудования, (штук)	Стоимость единицы оборудования, (руб.)
1	Монитор «Самсунг»	1	8000
2	Компьютерный системный блок	1	20000
3	Лазерный принтер HP LaserJet 1300	1	14000
4	Сканер	1	5000
5	Компьютерная мышь	1	400
6	Компьютерная клавиатура	1	1000
Итого: стоимость всего используемого оборудования составляет 48400 руб.			

Размер затрат на технологическую энергию определим с учётом мощности и времени работы применяемого оборудования.

При использовании персонального компьютера:

$$Z_{\text{тех.эн.}} = \frac{M_{\text{об}} \cdot T_{\text{раб.}} \cdot C_{\text{эл.эн.}}}{\text{КПД}} \quad (4.14)$$

где $M_{\text{об}}$ – мощность, которое имеет применяемое оборудование;

$C_{\text{эл-эн}}$ – стоимость одного кВт·часа электрической энергии;

КПД – значение коэффициента полезного действия применяемого оборудования;

$T_{\text{раб}}$ – время работы применяемого оборудования, в часах.

Составим сводную таблицу, которая содержит необходимые для работы применяемого оборудования параметры (табл. 4.10).

$$Z_{\text{тех.эн.}} = P_{\text{тех.эн.}}^{\text{монитор.}} + P_{\text{тех.эн.}}^{\text{сист.блок}} + P_{\text{тех.эн.}}^{\text{принт.}} + P_{\text{тех.эн.}}^{\text{скан.}} \quad (4.15)$$

$$P_{\text{тех.эн.}}^{\text{монитор.}} = \frac{0,1 \cdot 70 \cdot 3,3}{0,8} = 28,88 \text{ рублей.}$$

$$P_{\text{тех.эн.}}^{\text{сист.блок.}} = \frac{0,3 \cdot 70 \cdot 3,3}{0,8} = 86,63 \text{ рублей.}$$

$$P_{\text{тех.эн.}}^{\text{принт.}} = \frac{0,15 \cdot 70 \cdot 3,3}{0,8} = 43,31 \text{ рублей.}$$

$$P_{\text{тех.эн.}}^{\text{скан.}} = \frac{0,1 \cdot 70 \cdot 3,3}{0,85} = 27,18 \text{ рублей.}$$

Таблица 4.10 – Исходные данные, применяющиеся для проведения расчёта затрат на электрическую энергию

№ п/п	Применяемое оборудование	Мощность Применяемого оборудования, (кВт)	Значение коэффициента полезного действия оборудования	Время работы оборудования, (час)
1	Монитор «Самсунг»	0,1	0,8	70
5	Компьютерный системный блок	0,3	0,8	70
2	Лазерный принтер HP LaserJet 1300	0,15	0,8	70
3	Сканер	0,1	0,85	70

$$3 \text{ тех.эн.} = 28,88 + 86,63 + 43,31 + 27,18 = 186 \text{ руб.}$$

Размер затрат на содержание и эксплуатацию производственных площадей определим по зависимости:

$$Z_{\text{пл.}} = \frac{C_{\text{пл.}} \cdot S_{\text{пл.}} \cdot N_{\text{пл.}} \cdot t_{\text{шт}}}{100 \cdot \Phi_p} \quad (4.16)$$

где $N_{\text{а пл.}}$ – принятое значение нормы амортизационных отчислений на здания, %;

$C_{\text{пл.}}$ – принятая цена одного м² производственной площади, рублей;

$S_{\text{пл.}}$ – общая площадь, которая занята оборудованием, применяемым для проведения научно-исследовательских работ, м²;

$t_{\text{шт}}$ – время выполнения научно-исследовательской работы на производственной площади, в часах.

$$Z_{\text{пл.}} = \frac{30000 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 70}{100 \cdot 1827} = 137,9 \text{ руб.}$$

Размер общих накладных расходов может быть задан как:

$$N_p = 55\% \text{ ФЗП} \quad (4.17)$$

Подставив в (4.17) данные, получим:

$$Нр = 0,55 \cdot 89780,46 = 49379,25 \text{ руб.}$$

Размер прочих прямых расходов может быть задан как:

$$РП \text{ пр} = 5\% \PhiЗП \quad (4.18)$$

Подставив в (4.18) данные, получим:

$$РП \text{ пр} = 0,05 \cdot 89780,46 = 4489,02 \text{ руб.}$$

Текущие расходы на проведение НИР составят:

$$К \text{ тек} = \PhiЗП + О\text{с.с.} + ЗМ + Зоб. + З\text{тех.эн.} + З\text{площ.} + Нр + РП \text{ пр} \quad (4.19)$$

Подставив в (4.19) данные, получим:

$$К \text{ тек} = 49379,25 + 30525,36 + 770 + 1005,09 + 186 + 137,9 + 49379,25 + 4489,02 = 176273,08 \text{ руб.}$$

Таблица 4.11 – Себестоимость проведения научно-исследовательских работ

№	СТАТЬИ ЗАТРАТ	Условные обозначения	Величина затрат (руб.)
1	Размер основной заработной платы персонала	Зосн	81618,6
2	Размер дополнительной заработной платы персонала	Здоп	8161,86
3	Затраты на отчисления на социальные нужды	Осс	30525,36
4	Размер затрат на оборудование	Аоб	1005,09
5	Размер затрат на технологическую энергию	З тех. эн.	186
6	Размер затрат на материалы	ЗМ	770
7	Размер затрат на производственные площади	Зплощ.	137,9
9	Размер общих накладных расходов	Нр	49379,25
10	Размер прочих прямых расходов	РП пр	4489,02
	Себестоимость проведения НИР (текущие расходы)	$C_{\text{НИР}} = K_{\text{ТЕК}}$	176273,08

Расчёт общих затрат на проведение научно-исследовательских работ:

$K \text{ общ.} = K \text{ тек.} = 176273,08 \text{ руб.}$ Таким образом, объём затрат на проведение научно-исследовательских работ составляет 176273,08 руб. Наибольшие расходы ожидаются по статье – фонд заработной платы персонала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе поставлена цель – уменьшение себестоимости, повышение производительности и точности измерения активной и индуктивной составляющих комплексного сопротивления контактных сварочных машин.

В работе решались задачи: 1) Разработать методику, позволяющую измерять активную и индуктивную составляющие полного сопротивления контактных машин; 2) Произвести апробацию предложенных методик на конкретных сварочных машинах, установленных в лаборатории контактной сварки и предприятиях города; 3) Предложить мероприятия по соблюдению техники безопасности при проведении экспериментов; 4) Произвести экономическую оценку полученных результатов.

Предложенный способ измерения составляющих полного сопротивления (активного и индуктивного) контактных машин предусматривает включение машины в режиме короткого замыкания, измерение тока во вторичном контуре и измерение длительности импульса тока. В ходе дальнейших вычислений определяется величина активного и индуктивного сопротивлений. При применении этого способа упрощается измерительная аппаратура и повышается её помехозащищённость.

Экспериментальная сварка была проведена на машинах МТПУ-300 и МТ-1931. Установлено, что применение предлагаемого способа измерения существенно повышает точность и помехозащищённость измерений по сравнению с ранее применяемыми способами.

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при проведении исследований. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов.

Экономические расчёты позволили установить, что для проведения полноценных исследований потребуется 176 тысяч рублей, что заставляет

обратиться к руководству вуза с просьбой о заключении договора с ПАО «АВТОВАЗ» на научно-исследовательские работы.

Цель проекта может считаться достигнутой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Климов, А.С. Контактная сварка. Вопросы управления и повышения стабильности качества. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 216 с.
2. Орлов, Б.Д. Технология и оборудование контактной сварки / Б.Д. Орлов, А.А. Чакалев, Ю.В. Дмитриев [и др.]. – М. : Машиностроение, 1986. – 352 с.
3. Рыськова З.А. Трансформаторы для электрической контактной сварки / З.А. Рыськова, П.Д. Фёдоров, В.И. Жемерева // Л.: Энергоатомиздат. – 1990. – 424 с.
4. Орлов, Б.Д. Контроль точечной и роликовой электросварки / Б.Д. Орлов, П.Л. Чулошников, В.Б. Верденский, А.Л. Марченко // М.: Машиностроение, 1973. – 304 с.
5. А.с. № 1281358 СССР, МПК4 В 23 К 11/24. Способ определения коэффициента мощности полнофазного включения тока при контактной точечной сварке однофазным током / Ф.А. Аксельрод, У.У. Ибрагимов, Ю.Е. Иоффе [и др.]; Заявл. 14.01.85; Оpubл. 07.01.87.
6. Климов, А.С. Расчётное определение коэффициента мощности контактной сварочной машины при осуществлении автоматического управления процессом сварки / А.С. Климов, А.А. Герасимов, А.Н. Анциборов, М.С. Гончаров // Проблемы машиностроения и автоматизации. – №1. – 2006. – С. 85–88.
7. Банов, М.Д. Технология и оборудование контактной сварки: Учебник для студ. учреждений сред. проф. Образования / М.Д. Баннов. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 224 с.
8. А.с. № 1611642 СССР, МПК5 В 23 К 11/24. Способ управления сварочным током при контактной точечной сварке на однофазных машинах / Ю.Е. Иофе, М.Н. Куперман, Ю.И. Филиппов, Е.Н. Холмянский; Заявл. 21.10.87; Оpubл. 07.12.90, Бюл. № 45.

9. Рыськова З.А. Трансформаторы для электрической контактной сварки / З.А. Рыськова, П.Д. Фёдоров, В.И. Жемерева // Л.: Энергоатомиздат. – 1990. – 424 с.

10. Климов, А.С. Параметрическая стабилизация контактной сварки / А.С. Климов, А.В. Комиренко, А.Н. Анциборов, В.С. Климов // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2010. – № 2. – С. 104–109.

11. Комиренко, А.В. Микропроцессорное управление контактной сваркой / А.В. Комиренко. А.С. Климов, В.С. Климов, А.Н. Анциборов // Автоматизация и современные технологии. – 2012. – № 9. – С. 3–10.

12. Высоковский, Е.С. Автоматическая предупредительная коррекция режима сварки при износе электродов контактных машин / Е.С. Высоковский, Л.Ф. Лапинский, Г.С. Циринский, Ю.Н. Приходченко // Сварочное производство. – 1975. - № 5. – С. 29-31.

13. Грязнов, Р.Н. Выявление неустойчивости соединения точечной сваркой // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2003. - № 11. – С. 34-38.

14. Грязнов, Р.Н. Диагностическое обеспечение электроконтактных соединений // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2006. - № 2. – С. 27-31.

15. Дидик, Ю.И. Метрологическое обеспечение измерения тока вторичного контура контактных машин / Ю.И. Дидик, Ю.Е. Иоффе, Д.К. Симо // Технология машиностроения. – 2008. - № 7. – С. 30-33.

16. Болтов, С.В. Программно-аппаратный комплекс для экспериментальных исследований контактной точечной сварки / С.В. Болтов, А.О. Воробьёв, Е.Л. Бансюкова // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2011. - № 3. – С. 17-23.

17. Левченко, О.Г. Безопасный уровень напряженности электромагнитного поля при контактной сварке / О.Г. Левченко, В.К. Левчук // Автоматическая сварка. – 2008. – № 5. – С. 46–55.

18. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.

19. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.

20. Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.

21. Левченко, О.Г. Безопасный уровень напряженности электромагнитного поля при контактной сварке / О.Г. Левченко, В.К. Левчук // Автоматическая сварка. – 2008. – № 5. – С. 46–55.