

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

**Б. В. БУГАЄНКО, А. М. ТУБАЛЬЦЕВ,
Є. А. БУТУРЛЯ**

ТЕХНОЛОГІЇ ТА УСТАТКУВАННЯ ЗВАРЮВАННЯ ТИСКОМ

Навчальний посібник

*Рекомендовано Вченою радою НУК ім. адм. Макарова
як навчальний посібник (протокол № 11 від 30.11.2018 р.)*

Електронне видання
комбінованого використання на DVD-ROM



МИКОЛАЇВ • НУК • 2018

УДК 621.791(076)
Б 90

Автори: Б. В. Бугаєнко, канд. техн. наук, доцент; А. М. Тубальцев, доцент;
Є. А. Бутурля, аспірант
Рецензенти: О. М. Дубовий, д-р техн. наук, професор; В. В. Чигарьов,
д-р техн. наук, професор; С. В. Драган, канд. техн. наук, професор

Бугаєнко Б. В.
Б90 Технології та устаткування зварювання тиском : навчальний посіб-
ник / Б. В. Бугаєнко, А. М. Тубальцев, Є. А. Бутурля. – Миколаїв : НУК,
2018. – 135 с.

ISBN 978–966–321–363–7

До посібника входять роботи, які знайомлять студентів з процесами та техно-
логією контактного зварювання, будовою, функціональним призначенням і взаємо-
дією основних складових зварювальних машин.

Посібник укладено відповідно до програми курсу "Технології та устаткування
зварювання тиском" для студентів корабле-машинобудівних вищих навчальних за-
кладів та факультетів. Може використовуватися при виконанні курсових, дипломних
і магістерських робіт.

Призначено для студентів вищих навчальних закладів.

УДК 621.791(076)

Навчальне видання

БУГАЄНКО Борис Васильович
ТУБАЛЬЦЕВ Анатолій Миколайович
БУТУРЛЯ Євген Андрійович

ТЕХНОЛОГІЇ ТА УСТАТКУВАННЯ ЗВАРЮВАННЯ ТИСКОМ

Навчальний посібник

Комп'ютерне верстання та складання *В. В. Москаленко*
Коректор *М. О. Паненко*

© Бугаєнко Б. В., Тубальцев А. М.,
Бутурля Є. А., 2018

© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2018

ISBN 978–966–321–363–7

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 7,9. Об'єм даних 6731 кб.
Тираж 17 прим. Вид. № 26. Зам. № 238.

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54025
E-mail : publishing@nuos.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6402 від 19.09.2018 р.

ПЕРЕДМОВА

Контактне зварювання – прогресивний, універсальний спосіб з'єднання металів. Воно широко застосовується в автомобільній, авіаційній, електронній, суднобудівній промисловості, в космічній техніці, котло- і турбобудуванні, металургійному виробництві, будівництві, зварюванні залізничних колій і трубопроводів, предметів широкого вжитку, а також в інших галузях промисловості.

Сучасні умови вимагають подальшого розвитку зварювального виробництва і підвищення ефективності використання матеріалів, енергоресурсів, устаткування, широкого застосування робототехніки, обчислювальних машин і високопродуктивних технологій. При цьому великого значення набуває подальший розвиток високопродуктивного, легкоавтоматизованого контактного зварювання. Воно використовується у зварних конструкціях багатьох виробів, забезпечує стабільність якості з'єднань з високою культурою виробництва і належними умовами праці. Контактним зварюванням з'єднуються конструкційні сталі, спеціальні сталі і сплави, кольорові метали і сплави між собою та в різних поєднаннях.

Установки для контактного зварювання працюють самостійно, а також на механізованих і роботизованих лініях. Зварні конструкції, виготовлені з використанням контактного зварювання, мають естетичний вигляд завдяки мінімальним залишковим деформаціям.

Дисципліна "Технології та устаткування зварювання тиском" є складовою циклу підготовки фахівців зварювального виробництва для студентів спеціальності "Прикладна механіка" спеціалізації "Інжиніринг зварювання та споріднених процесів".

Запропонований навчальний посібник підготовлено відповідно до програми курсу "Технології та устаткування зварювання тиском".

Метою посібника є допомогти студенту оволодіти знаннями з основних технологічних процесів контактного зварювання, вивчити будову машин контактного зварювання та дослідити їх роботу.

Кожна лабораторна робота складається з коротких теоретичних відомостей щодо способу зварювання, плану, методики виконання роботи та додатків. Описано будову машин, їх складових та функціональне призначення, схеми та їх роботу. Лабораторні роботи включають елементи дослідження технології зварювання та роботи машин контактного зварювання, зміст звіту, а також питання для самоконтролю знань і додатки для довідкової інформації.

Електричні схеми виконані відповідно до вимог ЕСКД [19].

Лабораторна робота № 1
Дослідження роботи машини
для електроконтактного стикового зварювання

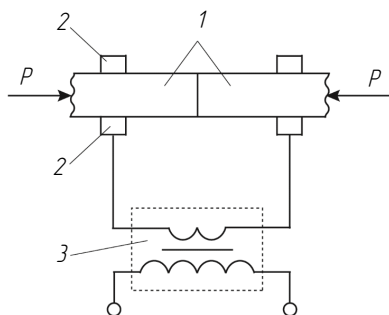
Мета роботи: ознайомитися з технологією електроконтактного стикового зварювання опором, безперервним оплавленням та оплавленням з попереднім підігріванням; дослідити роботу машин для стикового зварювання опором та оплавленням.

Загальні відомості

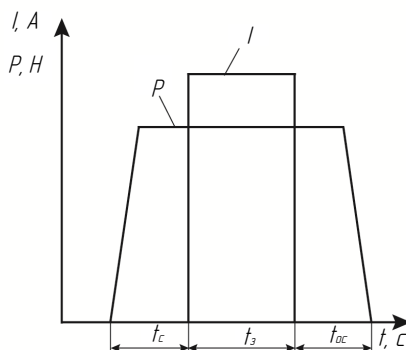
Електроконтактне стикове зварювання знаходить широке застосування в машинобудівній промисловості, інструментальному виробництві і т. д.

Є два способи стикового зварювання: опором і оплавленням.

Стикове зварювання опором використовується для зварювання заготовок компактного перерізу площею до 300 мм^2 . Сутність процесу полягає в наступному: зварювані заготовки 1 (рис. 1.1, а), попередньо зачищені і ретельно припасовані поверхнями зварювання, надійно затискаються в електродах (губках) 2 зварювальної машини і стискаються зусиллям осаджування P для створення тиску між зварюваними поверхнями $20 \dots 30 \text{ МПа}$. Після цього через деталі від трансформатора 3 пропускається зварювальний струм. Зварювальним струмом заготовки розігріваються до пластичного стану і під дією зусилля осаджування пластично деформуються. Після досягнення визначеної режимом пластичної деформації Δ_1 струм вимикається, але розігріті заготовки продовжують пластично деформуватися до забезпечення загального припуску на осаджування $\Delta_{\text{ос}}$. Розігрівання і пластична деформація сприяють утворенню зварного з'єднання.



a



б

Рис. 1.1. Схема стикового зварювання опором (**a**) і його циклограма (**б**)

Основними параметрами режиму стикового зварювання опором (див. рис. 1.1, **б**) є:

- I – зварювальний струм, А;
- t_c – тривалість стискання, с;
- t_z – тривалість зварювання, с;
- t_{oc} – тривалість осаджування, с;
- P – зусилля осаджування, Н;
- l – установочна довжина, мм;

$\Delta_{\text{ос}} = \Delta_1 + \Delta_2$ – загальний припуск на осаджування заготовок (загальне зменшення довжини заготовок внаслідок пластичної деформації), мм;

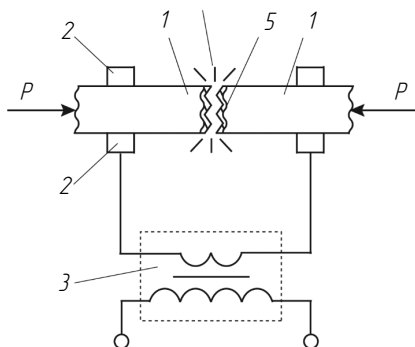
Δ_1 – припуск на осаджування заготовок під час протікання через них зварювального струму, мм;

Δ_2 – припуск на осаджування заготовок після вимикання зварювального струму, мм.

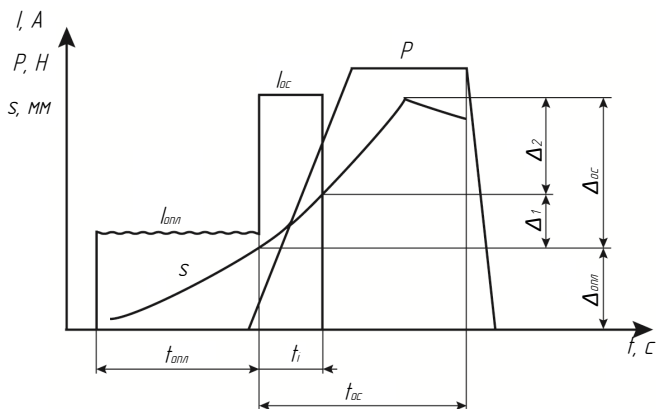
Стикове зварювання оплавленням використовується для з'єднання заготовок будь-якої конфігурації і будь-якого перерізу. Воно може здійснюватися з використанням для розігрівання заготовок безперервного оплавлення або безперервного оплавлення з попереднім підігріванням.

Сутність стикового зварювання безперервним оплавленням полягає в наступному: зварювані заготовки 1 (рис. 1.2) надійно затискаються в електродах (губках) 2 зварювальної машини і при ввімкнутому трансформаторі 3 приводяться в легке дотикання в місці зварювання. Через утворені контакти протікає великий зварювальний струм густиною $6 \dots 25 \text{ А/мм}^2$. Під дією струму метал у точках дотику миттєво розплавляється і викидається із зазору у вигляді іскор 4. При подальшому зближенні заготовок у контакт вступають інші точки й оплавляються. Спостерігається безперервний потік іскор – йде процес безперервного оплавлення. Його ведуть до того часу, поки кінці заготовок прогріються на необхідній довжині від стику і зварювані поверхні покриваються шаром розплавленого металу 5. Після цього до заготовок прикладається зусилля осаджування P для забезпечення тиску між зварюваними поверхнями $30 \dots 40 \text{ МПа}$, а зварювальний струм вимикається з деяким запізненням t_1 , тобто після виконання осаджування зі струмом. Під дією зусилля осаджування рідкий метал з оксидами вилучається із зазору у вигляді ґрату, в контакт вступає чистий метал, розігрітий до пластичного стану,

йде пластична деформація металу в зоні зварювання. Після досягнення заданої режимом деформації знімається зусилля P . Розігрівання і пластична деформація сприяють утворенню зварного з'єднання.



a



б

Рис. 1.2. Схема стикового зварювання безперервним оплавленням (а) і його циклограма (б)

При стиковому зварюванні оплавленням з попереднім підігріванням (рис. 1.3) процесу оплавлення передуює процес підігрівання. Під час стикового зварювання оплавленням з попереднім підігріванням процес оплавлення розпочинається вже при нагрітих торцях заготовок до високої температури за рахунок багаторазового короткого замикання і розмикання ними вторинного кола машини шляхом зворотно-поступального переміщення рухомого затискача заготовок. Рухомий затискач зближує зварювані заготовки з такою швидкістю, за якої неможливе збудження оплавлення нерозігрітих заготовок, і відбувається коротке замикання заготовок на деякий час $t_{\text{з}}$. Протягом цього часу стик розігрівається, потім заготовки розводяться і теплота, що виділилася на контактному опорі протягом $t_{\text{п}}$, розповсюджується вздовж деталей внаслідок теплопровідності металу. З кожним новим циклом за рахунок коротких замикань вторинного кола температура торців буде зростати і досягне такої величини, що за вибраної швидкості зближення заготовок наступного короткого замикання не відбудеться, а розпочнеться процес безперервного оплавлення. В подальшому процес продовжується аналогічно, як під час зварювання безперервним оплавленням. Зварювання завершується після осаджування заготовок. Попереднє підігрівання сприяє підвищенню стійкості процесу оплавлення, вилученню окиснів у процесі осаджування, впливає на розподіл температури вздовж заготовок, а також на швидкість нагрівання й охолодження заготовок.

Основними параметрами режиму стикового зварювання оплавленням (див. рис. 1.2, **б** і 1.3) є:

$I_{\text{п}}$ – струм підігрівання, А;

$t_{\text{і}}$ – тривалість імпульсу підігрівання, с;

$t_{\text{п}}$ – тривалість паузи між імпульсами підігрівання, с;

$t_{\text{підігр}}$ – тривалість підігрівання, с;

n – кількість імпульсів підігрівання;

- $T_{\text{п}}$ – температура підігрівання, °C;
 $I_{\text{опл}}$ – струм оплавлення, А;
 $I_{\text{ос}}$ – струм осаджування, А;
 $t_{\text{опл}}$ – тривалість оплавлення, с;
 $t_{\text{ос}}$ – тривалість осаджування, с;
 t_1 – тривалість запізнення вимикання струму після початку осаджування, с;
 s – переміщення рухомого затискача заготовок, мм;
 l – установочна довжина (вихідна довжина кожної заготовки від затискача до стику зварювання), мм;
 v – швидкість оплавлення, мм/с;
 $\Delta_{\text{опл}}$ – припуск на оплавлення (загальне зменшення довжини заготовок внаслідок оплавлення), мм;
 $\Delta_{\text{ос}}$ – загальний припуск на осаджування заготовок (загальне зменшення довжини заготовок внаслідок пластичної деформації), мм;
 Δ_1 – припуск на осаджування заготовок під час протікання через них зварювального струму протягом t_1 , мм;
 Δ_2 – припуск на осаджування заготовок після вимикання зварювального струму (без струму), мм.

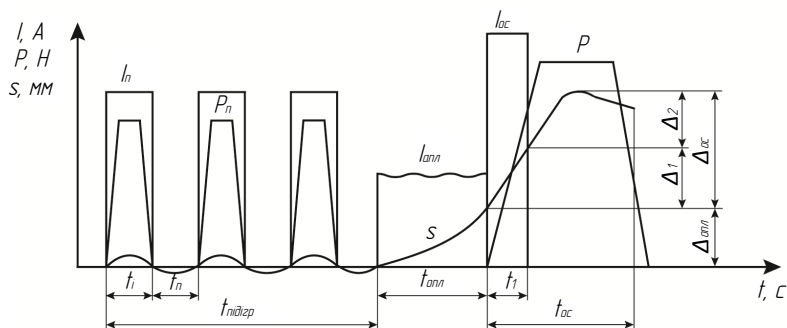


Рис. 1.3. Циклограма стикового зварювання оплавленням з попереднім підігріванням

Будова машини

Сучасні зварювальні машини розрізняються за призначенням, потужністю і ступенем автоматизації технологічного процесу зварювання. Але всі вони працюють за однаковими принципами, тому мають однакові за призначенням складові: енергетичну, механізм для затискання заготовок на машині, механізм для переміщення рухомого затискача деталей та забезпечення осаджування заготовок, систему керування.

Механізм затискання деталей

Затискні пристрої слугують для затискання зварюваних заготовок у губках машини і таким чином забезпечують надійне підведення зварювального струму до них, а також для передавання зусилля осаджування на заготовки.

На машинах для стикового зварювання один затискач розташовується на нерухомій плиті машини і закріплена в ньому заготовка в процесі зварювання не переміщається. Зближення заготовок за встановленим законом під час їх оплавлення та осаджування здійснюється за рахунок переміщення другої заготовки, закріпленої в затискачі на рухомій плиті машини. Рухома плита переміщується по напрямних. Нерухомий затискач електрично ізольований від корпусу машини. Затискач, закріплений на рухомій плиті, з'єднаний гнучкою мідною шиною зі зварювальним трансформатором. Конструкція затискачів (губок) вибирається в залежності від форми, розмірів і матеріалу зварюваних заготовок, але обов'язково передбачається пристрій для регулювання співвідношення зварюваних заготовок.

Рухомий і нерухомий затискачі машини для стикового зварювання оплавленням (рис. 1.4) складаються з основи затискача 2, важеля 5, пневматичних циліндрів 1 і 7, верхньої 4 і нижньої 3 губок, контактної шини 8 і гнучкої шини 10 для з'єднання зі зварювальним трансформатором 9. Пневматичні

циліндри шарнірно закріплені на основах 2 затискачів. Шток пневматичного циліндра шарнірно з'єднаний з кінцем важеля 5. Регулювання зусилля затискання заготовок здійснюється регулюванням надмірного тиску повітря, що подається в пневматичні циліндри. Нижні губки електрично з'єднані за допомогою елементів вторинного контуру зі зварювальним трансформатором 9.

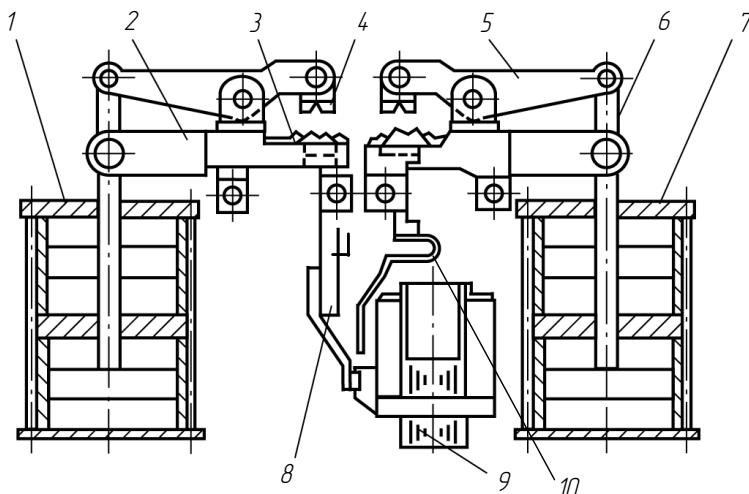


Рис. 1.4. Пневматичний механізм затискання заготовок

Для затискання заготовок у затискачах машини для стикового зварювання опором використовується ексцентриковий механізм.

Механізм переміщення рухомої плити й осаджування заготовок на машині для стикового зварювання

На сучасних машинах стикового зварювання використовують автоматичний механізм переміщення рухомої плити й осаджування заготовок і може здійснюватися з викори-

станням електричного, гідравлічного, гідропневматичного, пневматично-гідравлічного привода. Найчастіше використовується *жорсткий* графік переміщення рухомої плити і осаджування заготовок за допомогою кулачкового механізму. Від цього механізму залежить якість зварного з'єднання, оскільки він забезпечує швидкість оплавлення та характер її зміни в процесі оплавлення, зусилля та швидкість осаджування, величину пластичної деформації під час осаджування.

На машині для стикового зварювання МС-200 використовується спеціальний механічний привід переміщення рухомої плити (рис. 1.5), що складається з електродвигуна 1 з регульованим або нерегульованим числом обертів і системи зубчатих і черв'ячних передач. Переміщення рухомої плити 5 здійснюється від кулачка 3 через опорний ролик 4. Обертання від двигуна 1 до кулачка 3 передається через клинопасову 2 і черв'ячну 6 передачі. Кулачок забезпечує переміщення плити по заданому технологічним процесом графіку *переміщення-час*. На кулачку є спеціальна загартована вставка, за допомогою якої здійснюється осаджування заготовок після їх оплавлення. Під вставку є можливість розміщувати різну кількість регулювальних планок і таким чином регулювати величину припуску на осаджування. Величина припуску на осаджування під час протікання зварювального струму (див. рис. 1.2, *б* і 1.3) складає 50...60 % загального припуску на осаджування Δ_{oc} . Жорстке переміщення рухомої плити достатньо надійне. Інколи для цієї мети використовують регульований за програмою електричний двигунний привід, зв'язаний черв'ячною передачею з рухомою плитою. Але суттєве порушення режиму (наприклад, спад напруги в мережі) може порушити стійке оплавлення і вплинути на якість зварного з'єднання. Для запобігання цьому явищу використовуються

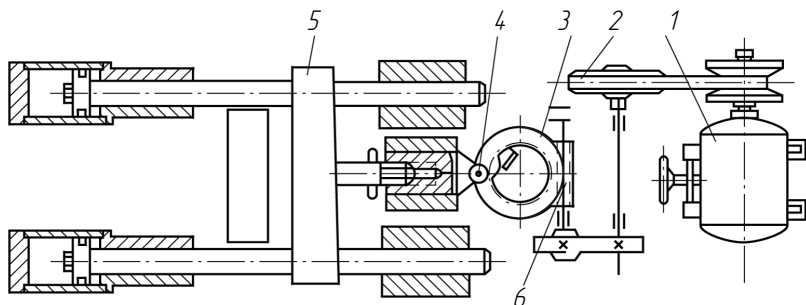


Рис. 1.5. Кінематична схема механізму переміщення рухомої плити

В машинах малої потужності для стикового зварювання опором для осаджування використовуються пружинні механізми. Зусилля осаджування регулюються ступенем стискання пружини.

Електричні силові системи для стикового зварювання практично однакові. До їх складу входять зварювальний трансформатор 3 (див. рис. 1.1,*a* і 1.2,*a*), вторинний контур, пристрої для вмикання і вимикання первинної обмотки зварювального трансформатора до силової мережі змінного струму. Крім того, є система керування роботою машини.

Зварювальний трансформатор машин для стикового зварювання броньового типу. Його вторинна обмотка складається з одного витка. Первинна обмотка складається з секцій.

Електрична схема машини АСА-5 (рис. 1.6) складається зі зварювального трансформатора Т1, кнопки *пуск*, кінцевого вимикача КВ та штепсельного регулятора зварювального струму П.

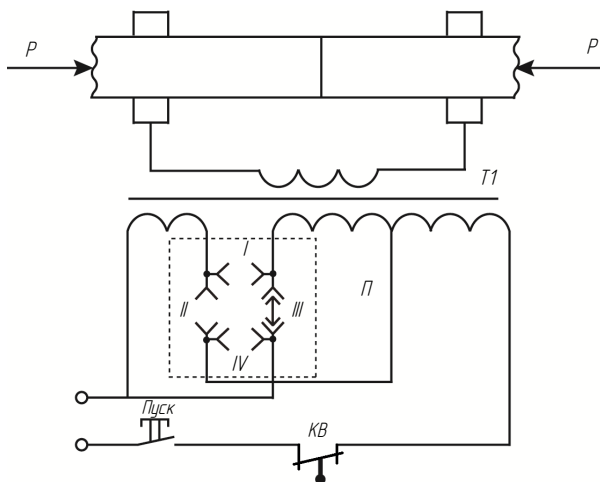


Рис. 1.6. Електрична схема машини для стикового зварювання опором АСА-5

Після затискання заготовок у губках зварювальної машини та стискання їх зусиллям осаджування натискають і утримують кнопку *пуск*. Зварювальний трансформатор підключається до силової мережі і через деталі протікає зварювальний струм. Під дією зусилля осаджування *P* розігріті деталі пластично деформуються зі струмом. Кінцевий вимикач *КВ* вимикає зварювальний трансформатор Т1, але деталь продовжує деформуватися. Після заданої деформації на величину

припуску на осадку зусилля осадки знімається і процес зварювання завершується.

Штепсельним перемикачем П змінюється число витків у первинній обмотці трансформатора Т1. При цьому змінюється коефіцієнт трансформації і, як наслідок, зварювальний струм. Схема забезпечує чотири ступені регулювання зварювального струму.

На машинах для контактного зварювання струм регулюється зміною вторинної напруги зварювального трансформатора за рахунок зміни числа витків первинної обмотки, тобто за рахунок зміни коефіцієнта трансформації. В залежності від призначення і потужності машин використовують різні схеми секціонування. Для сучасних машин спеціального та загального призначення найбільше поширення отримала схема трансформатора Т1, наведена на рис. 1.7. За такої схеми (на відміну від схеми, наведеної на рис. 1.6) на будь-якому ступені регулювання струм протікає по всіх витках первинної обмотки. Коефіцієнт трансформації зварювального трансформатора змінюється завдяки можливості здійснювати вмикання секцій первинної обмотки на послідовну, паралельну та послідовно-паралельну роботу. Таке вмикання секцій первинної обмотки трансформатора Т1 здійснюється штепсельними перемикачами ножового типу П1...П4 (див. рис. 1.7). Наведена схема забезпечує 32 ступені регулювання.

Вмикання трансформатора Т1 здійснюється електромеханічним контактором КМ2. Але там, де це доцільно, зокрема, якщо використовується регулятор напруги, для вмикання і регулювання струму використовують тиристорні контактори (рис. 1.8). За їх допомогою є можливість стабілізувати процес оплавлення незалежно від коливання напруги в мережі живлення.

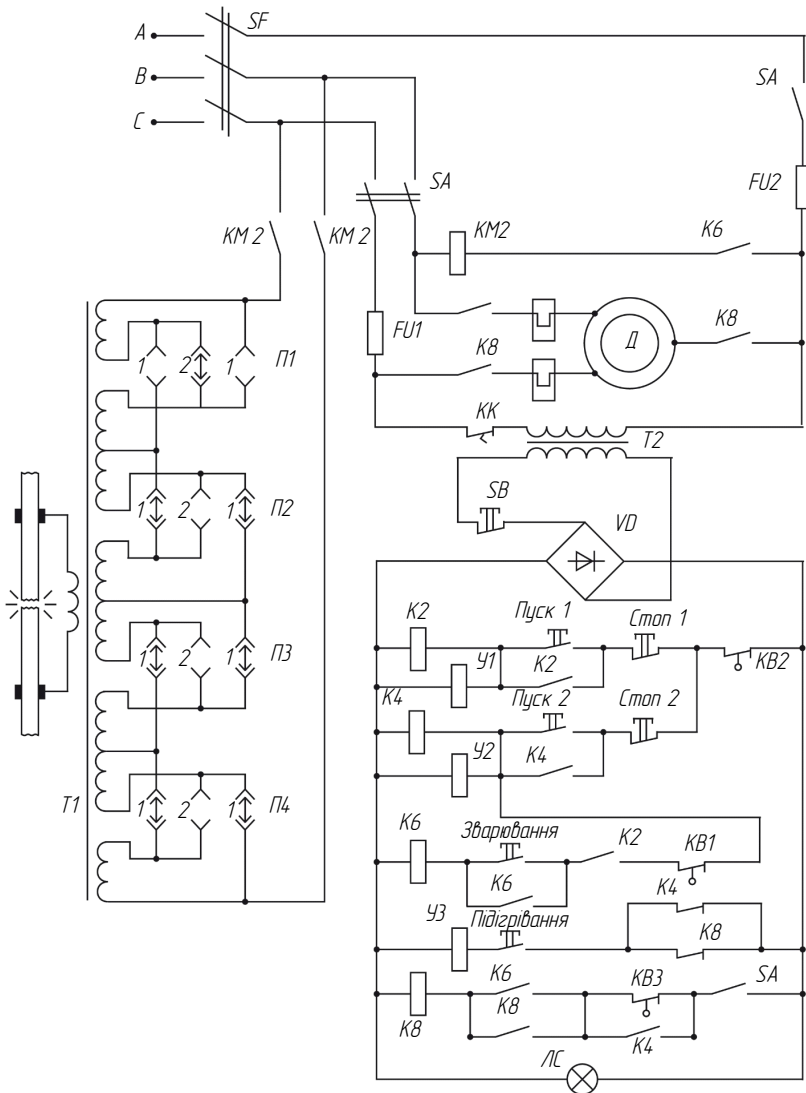


Рис. 1.7. Принципова електрична схема машини для стикового зварювання оплавленням типу МС

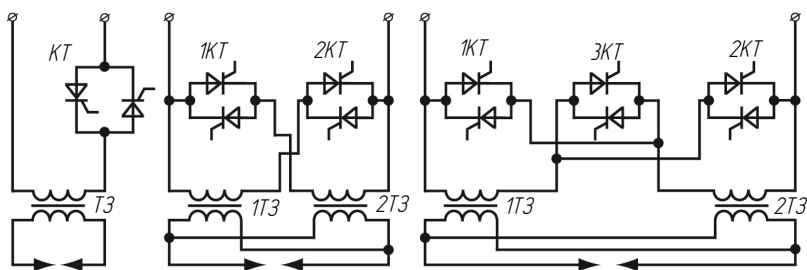


Рис. 1.8. Принципові схеми стикових машин з тиристорними контакторами

Релейна система керування (див. рис. 1.7) слугує для керування роботою машини та забезпечує виконання технологічного процесу зварювання в автоматичному режимі. До складу системи входить трансформатор Т2 для живлення кола керування, апаратура керування, запобіжники. На пульті керування розташовані кнопки керування роботою нерухомого і рухомого затискачів заготовок *пуск 1*, *стоп 1* і *пуск 2*, *стоп 2* відповідно; кнопки вмикання зварювання – *зварювання*; вмикання підігрівання – *підігрівання*; тумблери вмикання двигуна оплавлення *SA*; вимикач напруги мережі *SF*; запобіжники *FU1* і *FU2*. Блок кінцевих вимикачів складається з трьох мікрореле KB1, KB2, KB3.

Робота схеми розпочинається з вмикання вимикачів *SF* і *SA* для забезпечення живленням трансформатора Т2 і схеми керування через випрямляч *VD*.

Спочатку закріплюється заготовка нерухомим затискачем. Для цього натискається кнопка *пуск 1* і реле К2 включиться, своїми нормально відкритими контактами заблокує кнопку *пуск 1* і підключить електромагнітний пневматичний клапан (ЕПК) У1. ЕПК У1 з'єднає нижню камеру пневматичного ци-

ліндра з мережею стиснутого повітря і через систему важелів заготовка затиснеться губками нерухомого затискача. Звільнення заготовки із затискача здійснюється кнопкою *стоп 1*. Аналогічно керується робота рухомого затискача кнопками *пуск 2*, *стоп 2*, реле К4 та ЕПК У2.

Процес оплавлення розпочинається натисканням кнопки *Зварювання*. При цьому від випрямляча *VD* через кінцевий вимикач КВ2, кнопку *стоп 2* нормально розімкнені контакти К4 і К2, кінцевий вимикач КВ1 струм підключиться до реле К6. Реле К6 включить електромагнітний контактор КМ2, який у свою чергу підключить зварювальний трансформатор Т1 до силової мережі і включить Р8. Реле Р8 підключить електродвигун Д до мережі і розпочнеться зближення заготовок та процес оплавлення. Після оплавлення на величину припуску на оплавлення розпочинається процес осаджування, який забезпечується кулачковим механізмом. Після деформації заготовок на величину припуску на осаджування Δ_1 (припуск на осаджування при пропусканні струму) розмикається кінцевий вимикач КВ1. Реле К6 знеструмиться і приведе до знеструмлення електромагнітного контактора КМ2 та зварювального трансформатора Т1. Але процес осаджування продовжиться. Після деформації заготовок на Δ_{oc} (загальний припуск на осаджування) (див. рис. 1.2, *б* та рис. 1.3) розмикаються кінцеві вимикачі КВ2 і КВ3, що приведе до знеструмлення двигуна Д і звільнення зварених заготовок із затискачів машини.

На сучасних машинах замість релейного керування використовуються безконтактні елементи типу "Логіка Т" (див. лабораторну роботу № 4) та інтегральні схеми. Принципова схема і робота машини від цього не змінюється.

План виконання роботи

1. Ознайомитися з правилами техніки безпеки під час роботи на машинах стикового зварювання.
2. Ознайомитися з технічною документацією на машини для стикового зварювання.
3. Вивчити конструкцію і принцип дії та взаємодії основних складових машини під час зварювання, схеми і системи машини.
4. Вивчити і дослідити процес роботи машини. Визначити параметри режиму зварювання зразків, провести регулювання та налагоджування режиму зварювання. Провести зварювання учбових зразків.
5. Підготувати звіт лабораторної роботи.

Методика проведення роботи

Запуск та зупинка машини для стикового зварювання опором виконується в наступній послідовності:

1. Вибрати режим зварювання та установити необхідний ступінь потужності зварювального трансформатора секційним перемикачем.
2. Визначити установочну довжину, припуски на осаджування заготовок зі струмом та без струму. Провести регулювання зазначених припусків на машині для зварювання.
3. Визначити та провести регулювання зусилля осаджування за рахунок зміни довжини пружини.
4. Затиснути зварювані заготовки в губках зварювальної машини та провести ретельне припасовування зварюваних поверхонь.
5. Натисканням і утримуванням кнопки *пуск* розпочати процес зварювання. Кнопку необхідно утримувати до вими-

операцію необхідно виконувати при участі та під наглядом викладача або учбового майстра).

6. Звільнити зразок із зварювальної машини, порівняти з його вихідною довжиною, визначити фактичний припуск на осаджування, описати форму зварного з'єднання.

Запуск та зупинка машини для стикового зварювання оплавленням

1. Включити систему охолодження елементів вторинного контуру машини і зварювального трансформатора.

2. Включити систему стиснутого повітря механізму затискання заготовок у губках зварювальної машини.

3. Визначити та установити на машині параметри режиму для зварювання учбового зразка.

4. Установити і закріпити зварювані заготовки в губках машини.

5. Ввімкнути систему керування машиною.

6. Виконати зварювання зразка безперервним оплавленням (цю операцію необхідно виконувати при участі та під наглядом викладача або учбового майстра).

7. Провести зовнішній огляд зразка і дати його характеристику.

8. Вимкнути систему керування машиною.

9. Закрити подачу охолодної води і стиснутого повітря.

Зміст звіту

Зміст звіту складається з чотирьох частин:

1. Сутність процесів стикового зварювання опором, безперервним оплавленням і безперервним оплавленням з попереднім підігріванням. Необхідно навести циклограми та дати коментар до них.

2. Основні складові машини, їх призначення, принцип дії та їх взаємодії в процесі зварювання.
3. Електрична і кінематична схеми та їх робота.
4. Аналіз результатів дослідів зі зварювання зразків.

Контрольні питання

1. Назвіть різновиди стикового зварювання та розкрийте їх сутність.
2. Які зварні з'єднання виконуються стиковим зварюванням?
3. Перерахуйте основні параметри режиму стикового зварювання опором, стикового зварювання безперервним оплавленням, зварювання безперервним оплавленням з попереднім підігріванням і визначте їх вплив на процес зварювання та якість зварних з'єднань.
4. Назвіть основні складові машин для стикового зварювання та їх функціональне призначення.
5. Яким чином взаємодіють складові машини під час зварювання?
6. Як вибираються та регулюються зварювальний струм, зусилля осаджування заготовок, тривалість циклів зварювання?
7. Опишіть роботу електричної схеми машини.
8. Опишіть роботу пневматичної схеми машини.
9. Як впливає контактний опір між зварюваними заготовками на процес нагрівання та розподіл температури в зоні зварювання?
10. Проведіть аналіз результатів дослідів зі зварювання зразків.

Лабораторна робота № 2
Експериментальне визначення
технічних характеристик контактних машин

Мета роботи: вивчити методику визначення технічних характеристик контактних машин: напругу холостого ходу на кожному ступені регулювання; коефіцієнт потужності в режимі короткого замикання; активний опір зварювального контуру; опір машини, приведений до вторинного кола; побудову зовнішніх характеристик машини.

Загальні відомості

Для отримання зварних з'єднань необхідної якості машина для контактного зварювання настроюється на заданий технологічний режим. Протягом усього терміну експлуатації вона повинна зберігати свої характеристики. Але з часом характеристики машини можуть змінюватися і негативно впливати на якість зварних з'єднань. У зв'язку з цим необхідно проводити періодичний контроль характеристик зварювальних машин та визначати їх відповідність паспортним даним. Такий контроль також необхідно виконувати після ремонту машини або її модернізації.

Періодичність виконання контролю технічних характеристик залежить від умов експлуатації машини, технологічного процесу, інших факторів, але не рідше одного разу на рік, безпосередньо після ремонту або модернізації.

Для визначення електричних характеристик зварювальної машини необхідно виконати:

- а) дослід холостого ходу;
- б) дослід короткого замикання вторинного контуру машини;

в) дослід для визначення активного опору вторинного контуру машини;

г) побудувати зовнішні статичні характеристики машини.

Щодо механічних характеристик: виконується вимірювання зусилля стискання між електродами (точкове, шовне зварювання) та осаджування (стикове зварювання) і порівняння з паспортними даними.

Сучасні машини для контактного зварювання оснащені регуляторами циклу зварювання і тиристорними переривачами. Поділki шкали регуляторів циклу зварювання відповідають періоду змінного струму промислової частоти (кожна поділка відповідає тривалості одного періоду і складає 0,02 с). Таким чином є можливість установити з достатньою точністю тривалість зварювальних циклів (точкове і шовне зварювання). Але до складу схем входять складові характеристики, які поступово змінюються.

На машинах для стикового зварювання немає приладів для визначення тривалості зварювання. Тривалість кожного періоду зварювання можна фіксувати осцилографуванням.

До технологічних параметрів точкового і шовного зварювання також відносяться розміри контактної поверхні електродів. Від цієї площі залежить густина струму і, як наслідок, розміри ядра зварної точки. Визначають розміри контактної поверхні вимірюванням відбитку електродів на м'якому матеріалі (свинцева пластина). За відбитком електродів на м'якому матеріалі можна оцінити ступінь рівномірності прилягання електродів.

Активний опір зварювального контуру впливає на форму зовнішньої статичної характеристики машини і на величину зварювального струму. Активний опір зварювального контуру машини складається з опору струмопровідних електродів, електродотримачів, хоботів, гнучких шин, колодок,

плит і вторинного витка зварювального трансформатора, а також контактних опорів з'єднань між струмопровідними елементами. В процесі експлуатації контактних машин опір складових вторинного контуру майже не змінюється, за винятком опору гнучких шин, опорів з'єднань струмопроводів, струмопровідних шлангів підвісних машин. Гнучкі шини і струмопроводи в шлангах перетираються в процесі експлуатації, зменшується площа їх поперечного перерізу і збільшується їх електричний опір. Електропровідність контактів з'єднань струмопроводів вторинного контуру з часом зменшується внаслідок окиснення, забруднення контактних поверхонь і ослаблення кріплень контактів. За технічними умовами активний опір зварювального контуру нової машини або після ремонту не повинен перевищувати для стикових машин 60 мкОм, точкових – 80 мкОм, шовних – 100 мкОм, точкових підвісних – 1000 мкОм. Опір одного з'єднувального контакту нерухомого складає 2 мкОм, ковзного – 20 мкОм.

При перевірці водяного охолодження вимірюють витрати води за 1 годину в кожній гілці системи і загальні витрати води на охолодження всієї машини при повністю відкритих кранах. Необхідно також фіксувати тиск води в мережі.

Експериментальне визначення технічних характеристик контактних машин

Методика визначення технічних характеристик однакова для всіх контактних машин. Експериментальне визначення параметрів контактних машин доцільно виконувати з використанням електричної схеми заміщення, приведеної до вторинного кола (рис. 2.1).

Опір, вимірюваний з первинної сторони машини, зменшується зі збільшенням ступеня регулювання. Значення опору, приведенного до вторинного кола, залишається майже

постійним для всіх ступенів регулювання. У зв'язку з цим опір машини, приведений до вторинного кола, можна прийняти як параметр зварювальної машини.

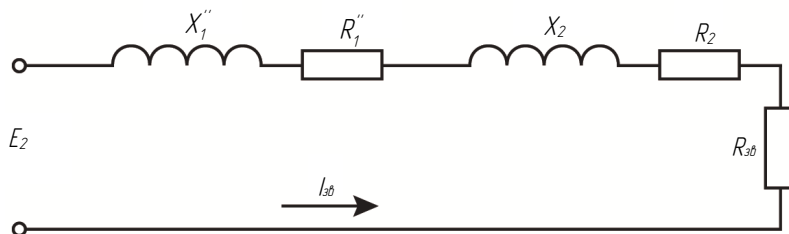


Рис. 2.1. Схема контактної машини, приведеної до вторинного кола:

X_2 і R_2 – індуктивний і активний опір вторинного кола машини;
 X_1'' і R_1'' – індуктивний і активний опір первинного кола, приведенного до вторинного кола; $R_{зб}$ – активний опір зварюваних деталей;
 $I_{зб}$ – зварювальний струм; E_2 – напруга холостого ходу зварювального трансформатора

Активний опір витків первинної обмотки трансформатора змінюється приблизно пропорційно числу витків цієї обмотки. Індуктивний опір трансформатора для різних ступенів регулювання можна вважати пропорційним квадрату відношення витків на цих обмотках, якщо знехтувати деякою зміною магнітного опору потоків розсіювання.

Наприклад, під час перемикання трансформатора зі ступеня з коефіцієнтом трансформації K_m на інший ступінь з коефіцієнтом трансформації K_n співвідношення витків цих ступенів буде K_m/K_n . Якщо індуктивний опір трансформатора на m -ступені складає X , тоді на n -ступені індуктивний опір

$$\frac{X}{(K_m/K_n)^2}.$$

Приведення цих опорів до вторинного кола визначається :
на m -ступені

$$X_m'' = \frac{X_1}{K_m^2};$$

на n -ступені

$$X_n'' = \frac{X_1}{(K_m/K_n)^2 \cdot K_n^2} = \frac{X_1}{K_m^2},$$

де X_1 – індуктивний опір первинного кола.

Таким чином, $X_1'' = X_2'' = \dots = X_m'' = \dots = X_n''$.

Електромагнітна сила вторинного кола змінюється обернено пропорційно числу витків первинної обмотки за умови незмінності первинної напруги. Незначним відхиленням напруги в первинному колі від зміни струму холостого ходу при переході від одного до іншого ступеня регулювання можна знехтувати. Струм первинного кола в режимі короткого замикання машини практично змінюється прямо пропорційно квадрату відношення коефіцієнтів трансформації.

На підставі незмінності значень опору машини, приведенного до вторинного кола, можна дійти висновку, що для отримання характеристик зварювальної машини достатньо провести дослід холостого ходу на всіх ступенях регулювання машини за номінальної первинної напруги і дослід короткого замикання на одному із ступенів.

а) Дослід холостого ходу виконується за схемою рис. 2.2.

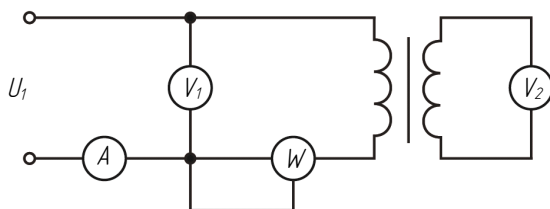


Рис. 2.2. Схема дослід холостого ходу

Під час цього досліду в первинному колі вимірюється струм, напруга та активна потужність, що споживається машиною на холостому ході (вторинне коло розімкнуте). Крім того, вимірюється вторинна напруга машини. Отримані дані заносять до форми 1.

Форма 1 для запису результатів досліду холостого ходу

Параметр	Ступені регулювання			
	1	2	...	<i>n</i>
U_1 , В				
U_{02} , В				
I_{01} , А				
P_0 , Вт				
K				

На підставі отриманих даних у режимі холостого ходу визначаються:

коефіцієнт трансформації на кожному ступені регулювання –

$$K_i = \frac{U_1}{U_{02}};$$

повний опір машини –

$$Z_0 = \frac{U_1}{I_{01}};$$

активний опір машини –

$$R_0 = \frac{P_0}{I_{01}^2};$$

індуктивний опір машини –

$$X_0 = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2}.$$

б) Дослід короткого замикання вторинного контуру машини виконується за схемою рис. 2.3.

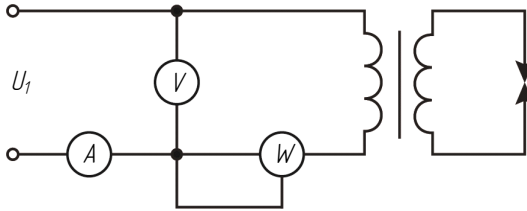


Рис. 2.3. Схема дослід короткого замикання вторинного контуру зварювальної машини

Дослід короткого замикання контактних машин відрізняється від дослід звичайного короткого замикання трансформатора тим, що вторинна напруга трансформатора має напругу, близьку до номінальної. Для здійснення короткого замикання точкової машини між її електродами затискається мідна пластина, а для стикової машини – замість деталей затискається мідний брусок (стрижень). Зусилля затискання мідної пластини або бруска вибирається максимальним.

Під час дослід вимірюються наступні величини:

U_{1k} – первинна напруга, що підводиться до машини під час короткого замикання, В;

I_{1k} – струм у первинному колі, А;

P_k – активна потужність, що споживається машиною під час короткого замикання, Вт.

Отримані дані слугують для проведення розрахунків коефіцієнта потужності машини в режимі короткого замикання $\cos \varphi_{ki}$ для кожного ступеня регулювання зварювального струму. Опір машини, приведений до первинного кола:

$$\cos \varphi_{ki} = \frac{P_{ki}}{U_{1k} \cdot I_{1k}}; \quad Z_{mi} = \frac{U_{li}}{I_{li}};$$

$$R_{mi} = Z_{mi} \cdot \cos \varphi_{ki};$$

$$X = \sqrt{Z_{mi}^2 - R_{mi}^2}.$$

Потім розраховують опір, приведений до вторинного кола:

$$Z_m'' = \frac{Z_m}{K_i^2}; \quad R_m'' = \frac{R_m}{K_i^2}; \quad Z_m' = \frac{Z_m}{K_i^2}.$$

Опір, приведений до вторинного кола, незмінний для кожного ступеня регулювання.

Результати розрахунків дослідів короткого замикання вторинного контуру машини записуються до форми 2.

Форма 2 для запису даних дослідів короткого замикання вторинного контуру машини

Параметри	Ступінь регулювання				
	1	2	3	...	n
$U_{1k}, \text{В}$					
$I_{1k}, \text{А}$					
$P_k, \text{Вт}$					
$I_{2k} = I_{1k} \cdot K, \text{А}$					
$\cos \varphi_k = \frac{P_k}{I_{ik} \cdot U_1}, \text{ОМ}$					
$Z_m = \frac{U_1}{I_{ik}}, \text{ОМ}$					
$R_m = Z_m \cdot \cos \varphi_k, \text{ОМ}$					
$X_m = \sqrt{Z_m^2 - R_m^2}, \text{ОМ}$					

Продовження

Параметри	Ступінь регулювання				
	1	2	3	...	n
$Z_m'' = \frac{Z_m}{K_i^2}, \text{ Ом}$					
$R_m'' = \frac{R_m}{K_i^2}, \text{ Ом}$					
$X_m'' = \frac{X_m}{K_i^2}, \text{ Ом}$					

Розрахунок зовнішніх характеристик машини контактного зварювання

Зовнішні характеристики зварювальної – машини це залежність напруги на зварюваних деталях $U_{зв}$ від зварювального струму $I_{зв}$ для всіх ступенів регулювання зварювального струму. Складність експериментального методу побудови зовнішніх характеристик полягає в тому, що вторинний струм навантаження контактних машин занадто великий при порівняно невеликому значенні напруги. Тому трудомісткі експериментальні дослідження можуть бути замінені розрахунками.

Для виконання розрахункового методу побудови зовнішньої характеристики використовують схему зварювальної машини, приведені до вторинного кола (рис. 2.1).

Для побудови зовнішніх характеристик $U_{2зв} = f(I_{зв})$ для кожного ступеня регулювання необхідно задаватись рядом значень опорів навантаження $R_{зв}$, визначити повний опір машини, приведений до вторинного кола $Z''_{mзв}$ за формулою

$$Z''_{mзв} = \sqrt{(X''_m)^2 + (R_{зв} + R''_m)^2},$$

і струм навантаження $I_{зв}$ за формулою

$$I_{зв} = \frac{E_2}{Z_{mзв}''},$$

де E_2 – напруга на вході схеми заміщення, В.

Враховуючи, що величина спаду напруги $\Delta U_{зв}$ на зварювальному трансформаторі незначна (не більше 5 % E_2), тому вторинна напруга холостого ходу U_{20} приблизно дорівнює E_2 трансформатора.

Після визначення ряду значень $I_{зв}$ для кожного ступеня регулювання необхідно розрахувати напругу на електродах під час зварювання за формулою:

$$U_{2зв} = I_{зв} R_{зв}.$$

На підставі отриманих даних побудувати зовнішні характеристики машини в координатах

$$U_{2зв} = f(I_{зв}).$$

Визначення активного опору вторинного контуру

Визначення активного опору вторинного контуру пов'язане з деякими труднощами (великий поперечний переріз мідних струмопроводів і дуже мале значення опору). Із відомих методів вимірювання малого значення опору, опір вторинного контуру рекомендується виконувати за способом амперметра-вольтметра (рис. 2.4). Для виключення впливу поверхневого ефекту та індуктивного опору через вторинний контур необхідно пропускати постійний струм. З цієї метою використовується зварювальний випрямляч, який підключається до вторинного контуру машини.

Для підвищення точності вимірювання слід виконувати дослід при силі струму $I_d = 100 \dots 200$ А. Вимірюється

напруга U на електродах зварювальної машини. Кількість дослідів повинна бути не менше 5, при різних значеннях струму. Дані дослідів записують до форми 3.

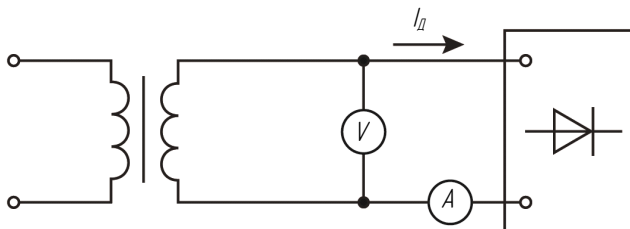


Рис. 2.4. Схема дослідів для визначення активного опору вторинного контуру машини

На підставі отриманих даних розраховується активний опір вторинного контуру за формулою

$$R_{\text{кон}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{U_i}{I_{\text{д}i}},$$

де n – кількість проведених вимірювань.

Необхідно провести аналіз отриманих розрахункових значень, порівняти їх з паспортними показниками і зробити висновки.

Форма 3 для запису результатів дослідів з визначенням активного опору вторинного контуру машини

Показники	Номери вимірювань				
	1	2	3	4	5
U , В					
$I_{\text{д}}$, А					
$R_{\text{кон}}$, Ом					

Визначення зусилля стискання

Визначення зусилля стискання чи осаджування залежить від його системи. При пневматичній або гідравлічній системі визначається зміна зусилля стискання зразковими динамометрами в залежності від зміни тиску робочої речовини (стиснутого повітря або масла). На підставі отриманих даних будується графік залежності зусилля стискання чи осаджування від тиску робочої речовини.

План виконання роботи

Ознайомитись з документацією на контактну машину, її роботою та контрольно-вимірювальними приладами. Після цього:

- а) скласти схему досліду холостого ходу машини і під наглядом викладача виконати дослід;
- б) скласти схему досліду короткого замикання вторинного контуру машини і під наглядом викладача виконати дослід;
- в) скласти схему досліду з визначення активного опору вторинного контуру машини і під наглядом викладача виконати дослід.

Зміст звіту

Звіт повинен містити такі дані:

- а) загальні відомості щодо контролю технічних характеристик контактних машин;
- б) методику проведення досліду холостого ходу зварювальної машини, результати проведення досліджень та їх аналіз;
- в) методику проведення досліду короткого замикання вторинного контуру зварювальної машини, результати досліджень та їх аналіз;
- г) розрахунок та побудову зовнішніх характеристик зварювальної машини для кожного ступеня регулювання та їх аналіз;

- д) методику вимірювання активного опору вторинного контуру зварювальної машини та аналіз отриманих результатів;
- е) висновки.

Контрольні питання

1. Які основні технічні характеристики контактних машин підлягають контролю?
2. З якою метою здійснюється дослід холостого ходу контактної машини?
3. У чому полягає дослід холостого ходу контактної машини?
4. З якою метою здійснюється дослід короткого замикання вторинного контуру машини?
5. У чому полягає дослід короткого замикання вторинного контуру машини?
6. Які механічні характеристики машин піддаються періодичному контролю?
7. Яка одиниця використовується для вимірювання тривалості зварювання на точкових (шовних) машинах?
8. На які показники зварювання впливає активний опір вторинного контуру?
9. Як перевіряється система охолодження зварювальної машини?
10. З якою метою використовується схема контактної машини, приведеної до вторинного кола?
11. Як змінюється активний опір первинної обмотки зі зміною кількості її витків?
12. Як змінюється індуктивний опір трансформатора при зміні кількості витків первинної обмотки?
13. Як змінюється індуктивний опір, приведений до вторинного кола, зі зміною кількості витків первинної обмотки?
14. У чому полягає дослід з визначення активного опору вторинного контуру та методика його виконання?

Лабораторна робота № 3
Дослідження роботи машини
для точкового зварювання МТ-1215

Мета роботи: ознайомитися з технологією точкового зварювання; дослідити вплив контактного опору на процес нагрівання та розподіл температури в зоні зварювання; дослідити роботу машини для точкового зварювання МТ-1215 та виконати зварювання учбових зразків.

Загальні відомості

Точкове зварювання широко застосовується для зварювання листів внапусток, листів з прутками, перехрестя стержнів та ін.

Під час точкового зварювання попередньо зачищені до металевому блиску заготовки 2 і 3 розташовують на нижньому електроді 1 зварювальної машини (рис. 3.1). Після зати-

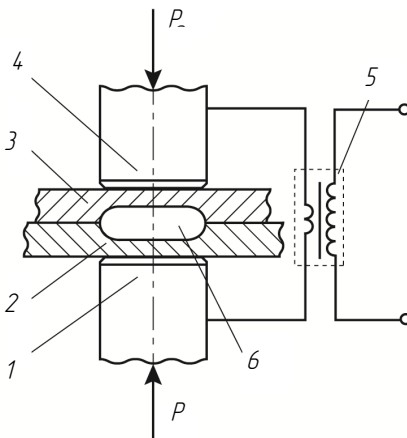


Рис. 3.1. Схема точкового зварювання

скання заготовок верхнім електродом 4 зусиллям P , через заготовки пропускають струм від трансформатора 5. Під дією зварювального струму метал на невеликій ділянці між деталями розплавляється.

Після досягнення необхідного об'єму розплавленого металу 6 струм вимикається. Розпочинається цикл проковування. В процесі проковування розплавлений метал охолоджується,

в стиснутому стані кристалізується – формується зварна точка. Після цього верхній електрод 4 піднімається. Протягом паузи $t_{\text{п}}$ (регулюється і витримується автоматично) заготовки переміщують на величину кроку між точками і цикл повторюється для зварювання наступної точки.

Різновидами точкового зварювання є рельєфне та рельєфно-точкове зварювання, за яких зварювання здійснюється по завчасно виготовлених або природних рельєфах (виступах). Під час рельєфного зварювання з'єднання здійснюється одночасно на всіх рельєфах, а під час рельєфно-точкового – по черзі на кожному рельєфі окремо. Точкове зварювання буває одно- і багатоточковим, одно- та двобічним.

Точкове зварювання виконується в автоматичному режимі згідно з наведеними циклограмами (рис. 3.2) і це дає можливість його широко використовувати на автоматизованих, роботизованих виробництвах і потокових лініях. Для точкового зварювання можуть використовуватися інші графіки циклограм, вони передбачають використання кількох імпульсів струму для зварювання і наступної термообробки; зміни тиску в процесі зварювання та ін.

Основні параметри режиму зварювання (див. рис. 3.2):

I – зварювальний струм, А;

P – зусилля стискання заготовок, Н;

$t_{\text{с}}$ – тривалість стискання, с;

t_3 – тривалість зварювання, с;

$t_{\text{пр}}$ – тривалість проковування, с;

$t_{\text{п}}$ – тривалість паузи, с.

Машини для точкового і рельєфного зварювання відрізняються за призначенням, потужністю, конструктивними особливостями. Але вони виконують однакові цикли роботи і до їх складу входять однакові за призначенням складові: енергетична, механізм для стискання зварюваних заготовок, система керування роботою машини.

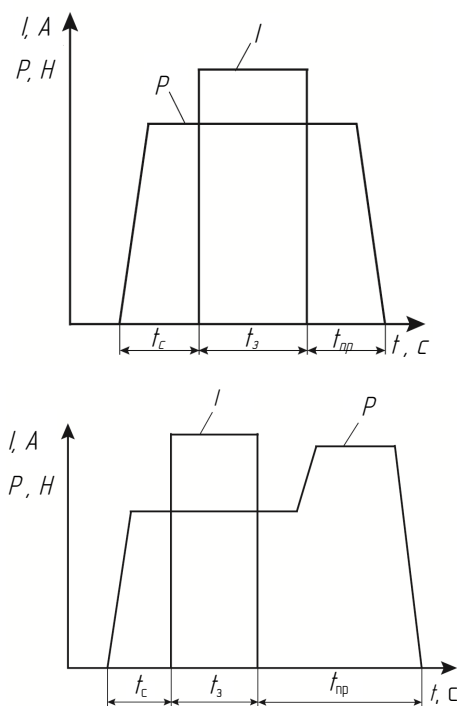


Рис. 3.2. Циклограми точкового зварювання

Задачі даної роботи – вивчення конструкції і дослідження роботи машини МТ-1215 та її складових; вибір і регулювання параметрів режиму зварювання; виконання технологічного процесу зварювання зразків; дослідження та визначення впливу контактного опору між деталями на нагрівання і розподіл теплоти під час точкового зварювання.

Загальна будова машини

Машина для точкового зварювання (рис. 3.3) складається з корпусу I , зварювального трансформатора 9 , штепсельного перемикача ступенів регулювання струму II , тиристорного

контактора 13, регулятора циклу зварювання (РЦС-403) 12, струмопроводів для підведення струму до верхнього 3 і нижнього 2 електродів, пневматичного приводу 5 для забезпечення стискання заготовок. На боковій поверхні корпусу розташовано двоходовий кран 4, що слугує для управління роботою верхнього поршня пневматичного циліндра 5. На боковій поверхні пневматичного циліндра знаходиться електричний повітряний клапан (ЕПК) 6, він керує роботою нижнього поршня приводу стискання електродів, лубрикатор (розпилювач масла) 8, редуктор стиснутого повітря 7. На задній стінці розташовано пакетний вимикач струму 10. Керування роботою машини здійснюється за допомогою переносної педальної кнопки 14.

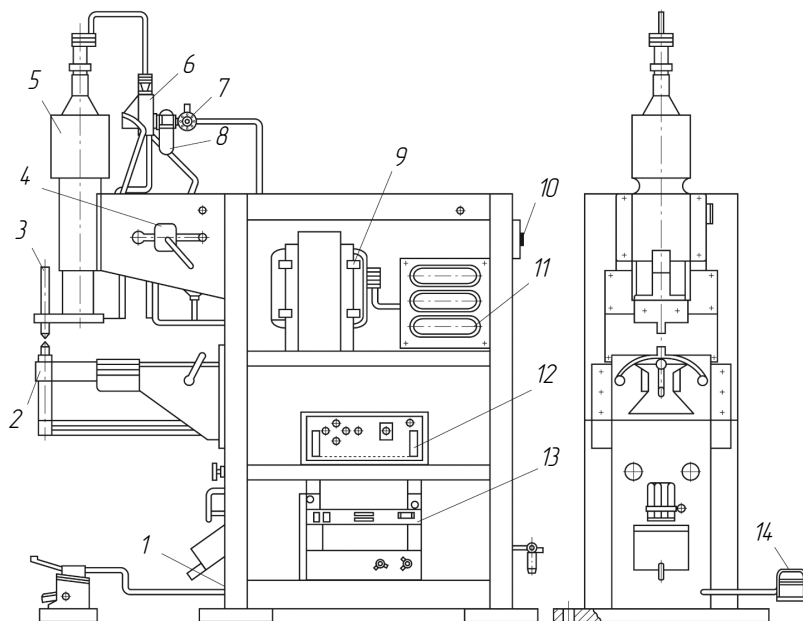


Рис. 3.3. Загальна будова машини точкового зварювання

Пневматична система машини

Пневматична система машини слугує для забезпечення зусилля стискання зварюваних заготовок, його регулювання та регулювання величини ходу верхнього електрода машини.

Стиснуте повітря із повітряної мережі (0,63 МПа) через кран 1 і фільтр 2 (рис. 3.4) подається до розподільника. Із розподільника стиснуте повітря подається трьома гілками: перша гілка – для керування роботою пневматичного клапана (ЕПК) 6; друга гілка – через двоходовий кран 10 подає стиснуте повітря до верхньої камери А пневматичного циліндра; третя гілка – стиснуте повітря через регулятор тиску (редуктор) 3, лубрикатор (розпилювач масла) 4 та ЕПК 6 подається або в нижню камеру В, при цьому середня камера Б з'єднується з атмосферою (верхній електрод займе вихідне положення), або в середню камеру Б через канал 8 – при цьому нижня камера В з'єднується з атмосферою (заготовки стиснуті електродами). Регулятор РЦС-403 подає команду ЕПК і керує роботою привода стискання зварюваних заготовок. Для зменшення шуму стиснуте повітря із середньої та нижньої камер випускається в атмосферу через глушники 5.

В середню і нижню камери стиснуте повітря подається через дросельні клапани 7 і 9. Вони слугують для стрімкого наростання тиску на електродах, але без ударів під час дотикання верхнього електрода до зварюваних заготовок на початку циклу *стискання* і повернення його у вихідне положення після завершення циклу *проковування*. Робота привода стискання без ударів досягається завдяки дросельним клапанам 7 і 9. Дросельний клапан має 2 канали: один у вигляді клапана і через нього повітря проходить в одному напрямку – в пневмоциліндр, другий канал – це регульований отвір невеликого діаметра. Завдяки такій будові стиснуте повітря подається в камеру Б або В через обидва канали – спостерігається

швидке встановлення зусилля стискання, а випускається повітря із камер В або Б через один регульований канал – створюється повітряна "подушка", що забезпечує роботу привода стискання без ударів.

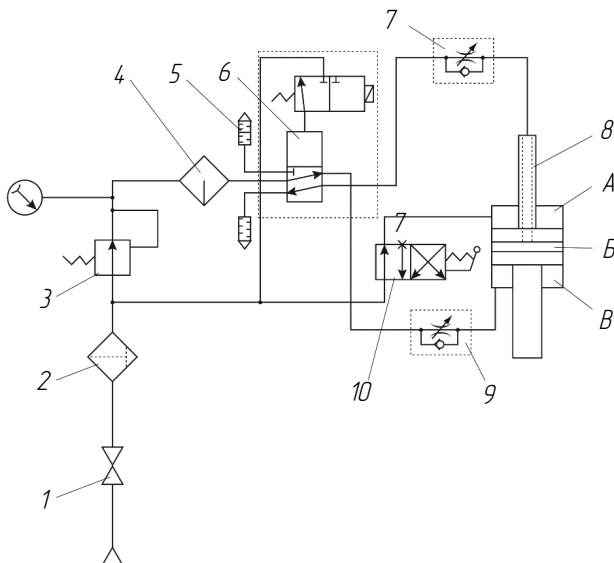


Рис. 3.4. Пневматична схема машини для точкового зварювання

Переміщення верхнього електрода і стискання заготовок здійснюється пневматичним приводом (рис. 3.5). Два поршні 3 і 4 утворюють три камери.

Величина ходу вверх верхнього електрода, з'єднаного з поршнем 4, визначається положенням верхнього поршня 2 пневматичного привода і регулюється за допомогою гайки 1. Під дією стиснутого повітря мережевого тиску, що подається у верхню камеру, верхній поршень 3 опускається вниз на відстань, яка визначається регулювальною гайкою 1 і слугує

верхнім упором для поршня 4. Середня і нижня камери є робочими, і для забезпечення вибраного зусилля стискання на електродах у них подається через ЕПК редюковане стиснуте повітря. Для додаткового ходу верхнього електрода необхідно за допомогою двоходового крана з'єднати верхню камеру з атмосферою. Тоді під тиском нижньої камери поршень 4 підніметься разом з поршнем 3 вгору до упору у верхню кришку 2 пневматичного привода. На корпусі 5 розташовані маслянка 8, основа кріплення 9. В корпусі привода передбачені напрямні 6 і 7 для переміщення штока нижнього поршня 4.

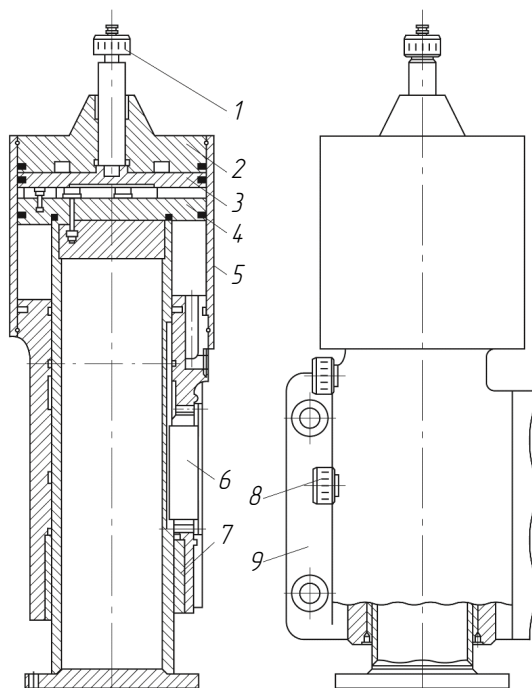


Рис. 3.5. Пневматичний привід стискання електродів машин точкового зварювання

На сучасних машинах точкового зварювання отримали розповсюдження пневматичні поршневі та діафрагмові приводи стискання електродів. Гідравлічні приводи стискання застосовують на спеціалізованих машинах великої потужності із зусиллям стискання кількох десятків кілоньютонів. Пневматично-гідравлічні приводи використовують на підвісних та портативних зварювальних машинах.

Електрична схема машини МТ-1215

До складу електричної схеми машини (рис. 3.6) входять регулятор циклу зварювання РЦС-403, пускова педальна кнопка К, електричний пневматичний клапан ЕПК і силові складові: зварювальний трансформатор T_p , тиристорний кон-тактор КТ, штепсельний перемикач ступенів регулювання струму *ППШ*.

Робота схеми полягає в наступному. Машина готова до роботи після подавання охолодної води, стиснутого повітря на машину, вмикання силової мережі вимикачем *ВА* (див. рис. 3.6) та регулятора циклу зварювання РЦС-403. Після короткочасного натискання на педаль К процес зварювання однієї точки здійсниться в автоматичному режимі і за командою РЦС-403 електричний пневматичний клапан ЕПК подасть редуковане стиснуте повітря в середню камеру привода стискання (пневматичного циліндра), одно-часно нижню камеру з'єднає з атмосферою. Розпочнеться цикл *стискання* (див. рис. 3.2). Тривалість цього циклу має бути достатньою для виконання робочого ходу верхнього електрода і досягнення вибраного зусилля стискання на електродах.

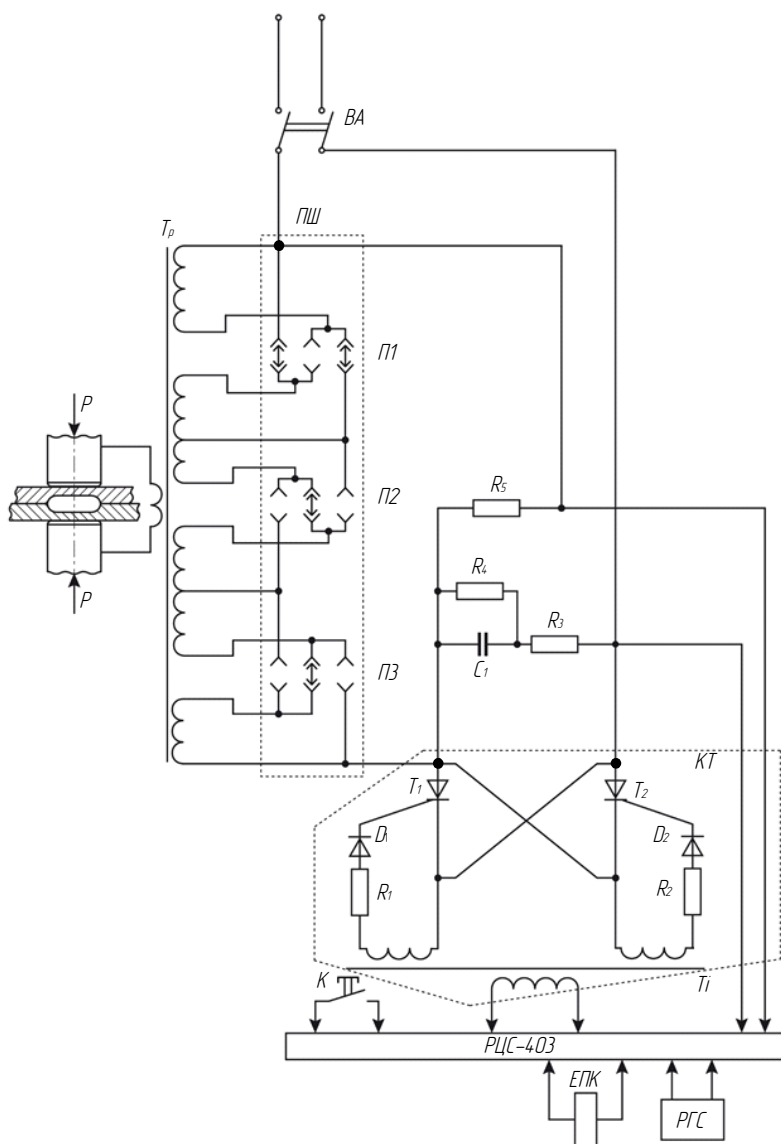


Рис. 3.6. Електрична схема машини МТ-1215

Після закінчення циклу *стискання* розпочинається цикл *зварювання*. Він полягає в тому, що здійснюється підключення первинної обмотки зварювального трансформатора до силової мережі за допомогою тиристорного контактора КТ, ввімкнутого послідовно з первинною обмоткою. Контактор КТ виконано на двох тиристорах T_1 і T_2 типу ТВ-200, ввімкнутих зустрічно-паралельно. За командою РЦС-403 вмикання тиристорів здійснюється по чергово (кожен у свій півперіод змінного струму мережі) за допомогою імпульсного трансформатора T_i . Завдяки такій схемі вмикання через первинну обмотку зварювального трансформатора T_p протікає змінний струм. Кола R_3 , R_4 і C_1 слугують для обмеження швидкості зростання напруги на тиристорах під час наростання і зниження керувальних імпульсів напруги.

Після закінчення тривалості циклу *зварювання* заготовки залишаються стиснутими між електродами протягом циклу *проковування*, тривалість якого також забезпечується РЦС-403. Цикл *проковування* повинен бути достатньої тривалості для завершення кристалізації металу точки в стиснутому стані, запобігання утворенню дефектів усадного характеру в зварній точці і надання зварному з'єднанню необхідних фізико-механічних властивостей.

РЦС-403 дає можливість регулювати плавно тривалість циклів *стискання*, *проковування* і *паузи* в межах від 0,04 до 1,7 с. Тривалість циклу *зварювання* регулюється дискретно двома регуляторами від 1 до 100 періодів змінного струму з інтервалами через один і десять періодів (один період – 0,02 с).

На машинах для контактного зварювання струм регулюється зміною вторинної напруги зварювального трансформатора за рахунок зміни числа витків первинної обмотки, тобто за рахунок зміни коефіцієнта трансформації. В залежності

від призначення, потужності машини використовують різні схеми секціонування первинної обмотки зварювального трансформатора. Для сучасних машин спеціального та загального призначення найбільше поширення отримала схема трансформатора T_p , наведена на рис. 3.6. За такої схеми на будь-якому ступені регулювання струм проходить по всіх витках первинної обмотки. Зміна коефіцієнта трансформації відбувається завдяки можливості здійснювати вмикання секцій первинної обмотки на послідовну, паралельну та послідовно-паралельну роботу. Таке вмикання секцій первинної обмотки трансформатора T_p здійснюється штепсельними перемикачами ножового типу П1...П3 (див. рис. 3.6). Наведена схема забезпечує 16 ступенів регулювання.

Регулятор *нагрівання* на РЦС-403 завдяки фазовому регулюванню дає можливість плавно змінювати ефективне значення зварювального струму на кожному ступені регулювання зварювального трансформатора.

План виконання роботи

1. Ознайомитися з правилами техніки безпеки під час роботи на машинах точкового зварювання.
2. Ознайомитися з технічною документацією на машину МТ-1215.
3. Вивчити конструкцію, принцип дії машини та її складових, електричну, пневматичну системи і систему охолодження.
4. Визначити параметри режиму зварювання зразків.
5. Виконати на машині регулювання режиму зварювання зразків. Виконати контрольне зварювання зразків. Дослідити вплив контактного опору між заготовками на нагрівання та розподіл теплоти в процесі точкового зварювання.

Методика проведення роботи

Запуск і зупинка зварювальної машини МТ-1215 та виконання досліджень

1. Вибрати режим зварювання зразків (табл. 3.1) і підготувати зразки до зварювання.

Таблиця 3.1. Режими точкового зварювання вуглецевих сталей

Товщина деталі δ , мм	Струм $I_{зв}$, кА	Тривалість імпульсу струму t_b , с	Зусилля стискування P , Н
Жорсткий режим			
0,5	6,0...6,5	0,08...0,10	1200...1800
0,8	6,5...7,0	0,10...0,14	2000...2500
1,0	7,0...8,0	0,12...0,16	2500...3000
1,2	8,0...9,0	0,14...0,18	3000...4000
1,5	9,0...10,0	0,16...0,22	4000...5000
2,0	10,0...11,5	0,18...0,24	6000...7000
3,0	11,5...14,0	0,24...0,30	9000...10000
3,5	15,0...16,5	0,30...0,40	11000...12000
4,0	17,0...19,0	0,40...0,56	13000...15000
М'який режим			
0,5	4,0...5,0	0,10...0,20	500...1000
1,0	6,0...8,0	0,20...0,40	1000...2000
1,5	8,0...12,0	0,24...0,50	1500...3500
2,0	9,0...14,0	0,36...0,60	2500...5000
3,0	14,0...18,0	0,60...1,00	5000...8000
4,0	15,0...20,0	0,80...1,20	6000...9000
5,0	17,0...24,0	0,90...1,50	8000...10000
6,0	20,0...26,0	1,20...2,00	10000...14000

2. Установити величину ходу верхнього електрода (30...40 мм). Вибираться в залежності від форми і товщини зварюваних заготовок.

3. Тумблер *нагрівання* на РЦС-403 поставити в положення *вимкнено*.

4. Установити необхідний ступінь регулювання зварювального трансформатора за допомогою штепсельного перемикача.

5. На регуляторі циклу зварювання РЦС-403 установити тривалість циклів: *стискання, зварювання, проковування і паузи*.

6. Подати стиснуте повітря на машину і за допомогою редуктора по манометру установити необхідне зусилля стискання на електродах для зварювання зразків.

7. Включити охолодну воду.

8. Подати напругу на машину. Пакетний вимикач і тумблер на РЦС-403 *мережа* перевести в положення *ввімкнено*.

9. Провести випробування машини на холостому ході. Для цього витягнути один із штепселів регулятора ступенів трансформатора, тумблер *нагрівання* РЦС-403 перевести в положення *вимкнено* і короткочасно натиснути на педаль. Випробувати роботу машини в автоматичному режимі. Для цього натиснути на педаль, утримувати її деякий час і спостерігати за роботою машини.

10. Виконати зварювання учбового зразка. Для цього витягнутий штепсель поставити на місце в штепсельний перемикач, тумблер *нагрівання* РЦС-403 перевести в положення *ввімкнено*, поставити зразки на нижній електрод і короткочасно натиснути на педаль.

11. Дослідити нагрівання під час точкового зварювання. Виконати нагрівання суцільного кільця висотою 20 мм (без контактної опори), а потім двох кілець сумарною висотою 20 мм (з контактним опором між кільцями). Процес нагрівання зафіксувати. Порівняти процес нагрівання і розподіл температури зразків в обох дослідах, провести їх аналіз.

12. Вимкнути машину в наступній послідовності: перевести пакетний вимикач в положення *вимкнено*. На РЦС-403 тумблер *мережа* перевести в положення *вимкнено*. Закрити крани стиснутого повітря й охолодної води.

13. Провести обстеження зварених зразків, провести аналіз зварного з'єднання. Підготувати звіт по роботі.

Застереження: роботи за пунктами 8, 9, 10 і 11 виконувати за безпосередньою участю викладача або учбового майстра.

Зміст звіту

Звіт складається з чотирьох частин:

1. Сутність процесів точкового зварювання. Необхідно навести циклограми та дати коментар до них.
2. Основні складові машини, їх призначення, принцип дії та взаємодії.
3. Електрична і пневматична схеми та їх робота.
4. Методика проведення і результати проведеного дослідження щодо процесу нагрівання зразків без контактного електричного опору та з контактним електричним опором.
5. Висновки.

Контрольні питання

1. Назвіть різновиди точкового зварювання та розкрийте їх сутність.
2. Які зварні з'єднання виконуються точковим зварюванням?
3. Перерахуйте основні параметри режиму точкового зварювання і визначте їх вплив на процес зварювання та якість зварних з'єднань.
4. Назвіть основні складові машин точкового зварювання та їх функціональне призначення.
5. Яким чином взаємодіють складові машини під час зварювання?
6. Як вибираються та регулюються зварювальний струм, зусилля стискання заготовок, тривалість циклів зварювання?

7. Опишіть роботу електричної схеми машини.
8. Опишіть роботу пневматичної схеми машини.
9. Як впливає контактний опір між зварюваними заготовками на процес нагрівання та розподіл температури в зоні зварювання?
10. Проведіть аналіз результатів досліду з дослідження впливу контактного опору на процес нагрівання.
11. Проведіть аналіз результатів досліду зі зварювання зразків.

Лабораторна робота № 4
Дослідження роботи
регулятора циклу зварювання РЦС-403

Мета роботи: ознайомитися з роботою типових транзисторних елементів типу "Логіка Т"; на прикладі регулятора циклу зварювання РЦС-403 вивчити функціональне призначення і дослідити взаємодію типових транзисторних елементів регулятора.

Загальні відомості

Апаратура керування є найважливішою частиною сучасного устаткування для електричного контактного зварювання. Від неї залежить діапазон можливостей машини, чіткість виконання заданих параметрів режиму зварювання. Ця апаратура є найбільш складною частиною зварювального обладнання. Логічні і функціональні рішення, здійснювані нею, вимагають великої кількості електронних, напівпровідникових, іонних приладів, а також пов'язаних з ними елементів.

Зараз спостерігається тенденція побудови схем апаратури керування зварювальними машинами на основі типових транзисторних елементів. З їх допомогою можна реалізувати більшість схем для апаратури керування з високою надійністю і швидкодією. Зручність роботи з типовими елементами полягає в тому, що вони не вимагають настроювання і догляду в процесі експлуатації. Принцип роботи логічних елементів розглянемо, провівши аналогію з релейними елементами.

Якщо ввімкнути котушки реле P_1 і P_2 так, як показано на рис. 4.1, *а, б*, то у вихідному стані реле P_1 буде зашунтоване нормально закритими контактами P_3 (реле P_1 буде знеструмлене), а реле P_2 отримуватиме живлення. Після вмикання реле P_3 його нормально закриті контакти розімкнуться і котушка

реле P_1 отримає живлення, а нормально розімкнутий контакт P_3 замкнеться, зашунтує реле P_2 і знеструмить його.

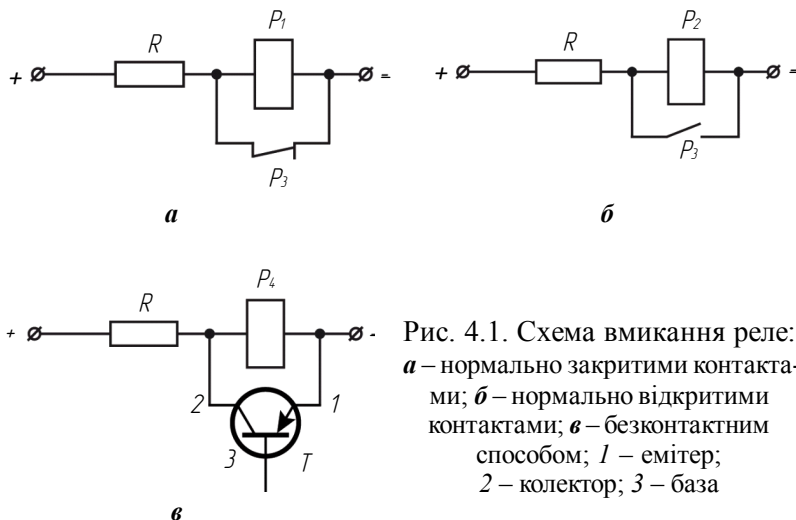


Рис. 4.1. Схема вмикання реле:
а – нормально закритими контактами;
б – нормально відкритими контактами;
в – безконтактним способом;
 1 – емітер;
 2 – колектор; 3 – база

Принцип дії потенціальних логічних схем аналогічний принципу дії розглянутих релейних схем. При цьому аналогом релейних контактів слугує перехід емітер–колектор транзистора T (див. рис. 4.1, **в**). Для чіткої роботи реле P_4 необхідно, щоб майже весь струм, що протікає через резистор R , або протікає через перехід колектор–емітер, що відповідає випадку, коли опір цього переходу близький до нуля (реле P_4 знеструмлене), або протікає через котушку P_4 , що відповідає повністю закритому стану транзистора. У транзистора вибирають два граничних стани: насичений – транзистор повністю відкритий і його опір складає кілька омів; відсікання – транзистор повністю закритий і його опір складає $10^4 \dots 10^6$ Ом.

Стан транзистора залежить від струму кола база–емітер. Якщо в транзисторі типу $p-n-p$ база позитивна по відношенню до емітера, то він знаходиться в стані відсікання.

Реальна схема, що забезпечує перебування транзистора в стані насичення або в стані відсікання, показана на рис. 4.2,*а*. Схема має два джерела живлення, одне із них позитивне по відношенню до загальної нульової точки ($+U_{3м}$ – позитивне зміщення слугує для забезпечення стану відсікання транзистора), а друге – негативне ($-U_{п}$ – напруга живлення слугує для забезпечення стану насичення транзистора). Обидва стани використовують для керування роботою виконавчих елементів. Вхідний сигнал подається між виводом *Вхід* та нульовою шиною. Вихідний сигнал знімається між виводом *Вихід* і нульовою шиною.

Розглянемо принцип дії схеми (див. рис. 4.2,*б*). На схемі наведено каскадне з'єднання двох схем, показаних на рис. 4.2,*а*. Якщо транзистор T_1 закритий, то струм від виходу через резистор R_1 відгалужується до резистора $R_{3в2}$, на перехід база–емітер тріода T_2 і шину 0. При цьому струм бази тріода T_2 має бути таким, щоб забезпечити його насичення. У разі, якщо транзистор T_1 відкритий, то майже весь струм, що протікає через R_1 , протікає через перехід колектор–емітер транзистора T_1 . Зважаючи на те, що цей перехід має залишковий опір, на вхід другого каскаду подається невелика напруга – сигнал перешкод. Для запобігання переходу транзистора T_2 в активний режим слугують резистор зв'язку $R_{3в2}$ і резистор зміщення $R_{3м2}$.

На рис. 4.2,*в* наведена характеристика вхід–вихід схеми, зображеної на рис. 4.2,*б*. Напруга U_1 – максимально допустима напруга, за якої транзистор T_1 виходить зі стану відсікання (сигнал нуля – 0), $U_1 < 0,9$ В. Напруга U_2 – це мінімально допустима, за якої транзистор T_1 входить в стан насичення (сигнал одиниці – 1), $U_2 > 4,0$ В. Полярність сигналу відносно нуля – негативна.

Логічні елементи здійснюють певні дискретні логічні операції: І, АБО, НІ та їх сполучення (рис. 4.3). Інші елементи

здійснюють безконтактні перемикання, підсилювання, виконують функцію пам'яті і т. д. У зварювальній техніці знайшли розповсюдження елементи серії *T* системи Логіка.

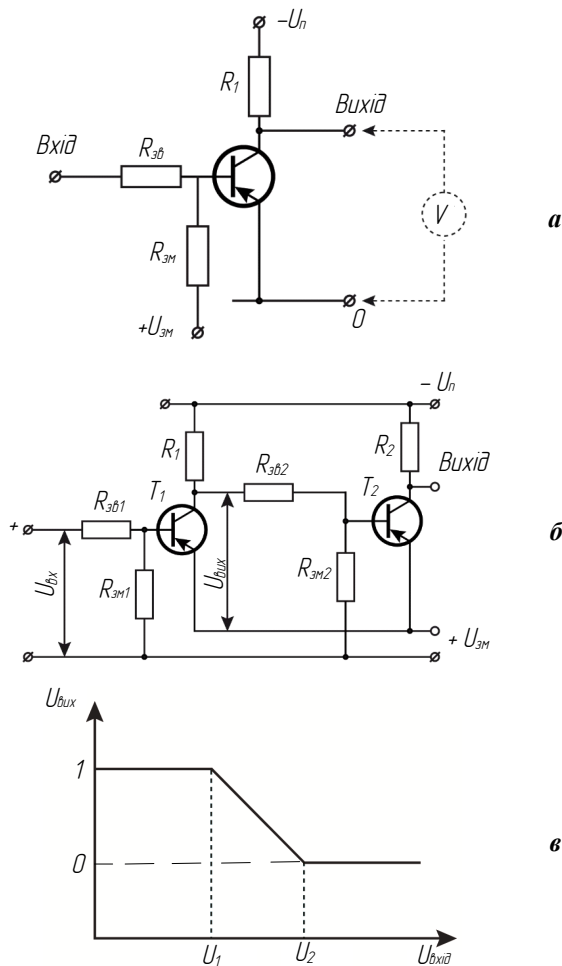


Рис. 4.2. Схема вмикання транзистора в логічних елементах:
a – схема транзисторного ключа; *б* – каскадне з'єднання транзисторних ключів; *в* – характеристика вхід–вихід транзисторного ключа

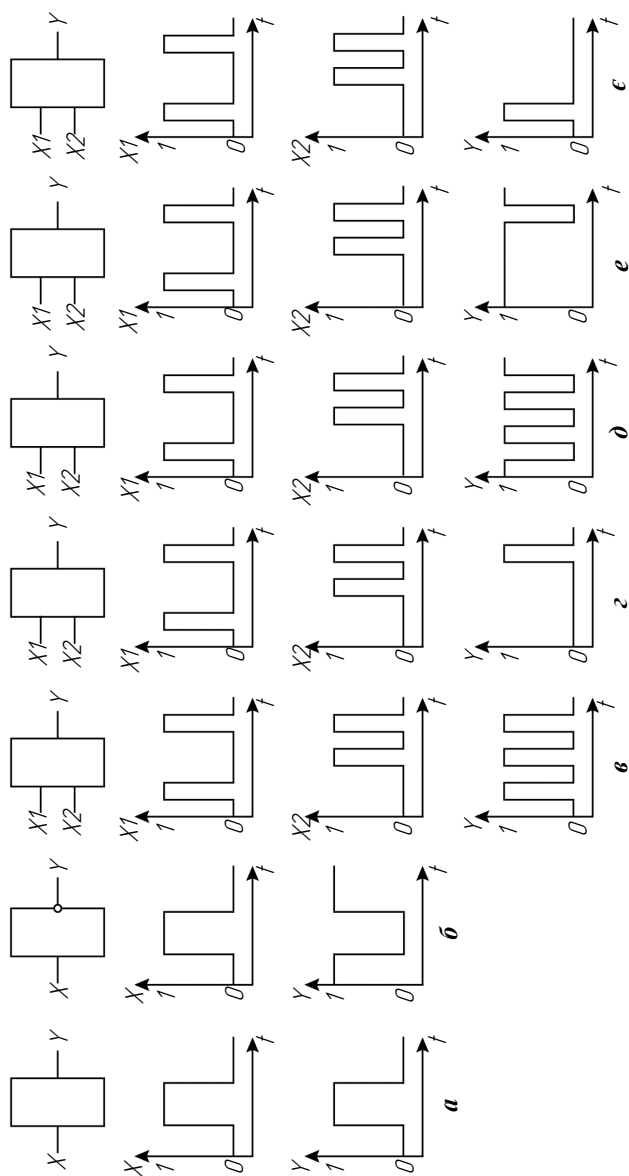


Рис. 4.3. Приклади діаграм, що забезпечуються роботою схем на елементах Логіка Г:

a – повторення; **б** – інверсія; **в** – "АБО"; **г** – "І";

д – "ІНІ"; **е** – "І-ІНІ"; **з** – заборона

Принцип роботи логічних елементів серії Логіка Т

Схема блока Т-101

Основним елементом серії Логіка Т є блок Т-101. До його складу входить два незалежних один від іншого інвертори НІ на транзисторах T_1 і T_2 (рис. 4.4) з трьома діодними входами 3, 5, 7 (2, 4, 6) по схемі АБО і здійснює таким чином операцію АБО–НІ. За відсутності сигналу $1 \leq 1$ В на всіх входах транзистор T_1 (T_2) закритий і на його колекторі є сигнал, що відповідає 1 (4...12 В). Якщо хоча б на один із входів буде подано сигнал 1, то транзистор перейде в стан насичення і на його колекторі буде 0. Це і є операція НІ – операція інвертування. Операція АБО полягає в тому, що кожний вхід діє самостійно.

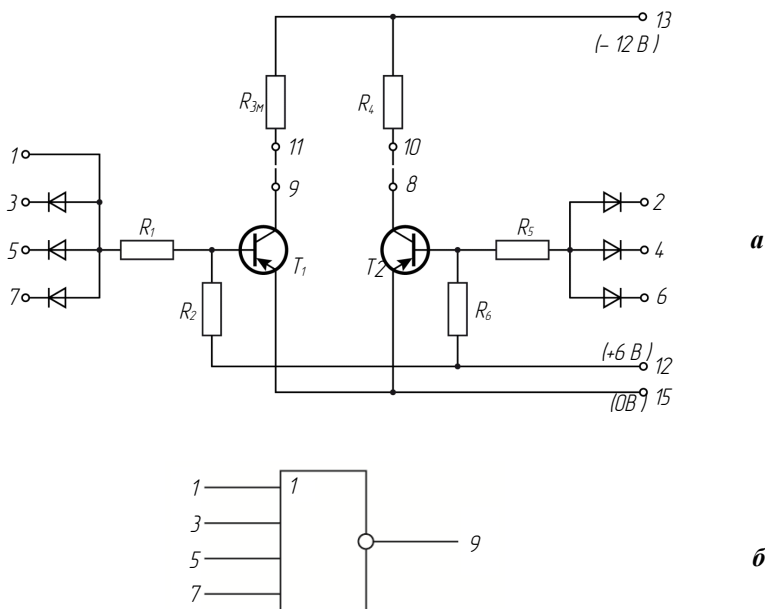


Рис. 4.4. Елемент Т-101:

а – електрична схема; **б** – умовне позначення

Схема блока Т-107

Елемент блока Т-107 реалізує функцію І. В елементі дві схеми І: одна – на чотири входи (2, 4, 6, 8) з виходом 10 і друга – на два входи (5, 7) з виходом 11 (рис. 4.5). На виході з'явиться сигнал 1 лише за умови, коли на всі входи буде подано сигнал 1. Так, щоб отримати на виході 10 сигнал 1, на входи 2, 4, 6, 8 необхідно подати сигнал 1. За інших варіантів – на виході 10 завжди буде сигнал 0.

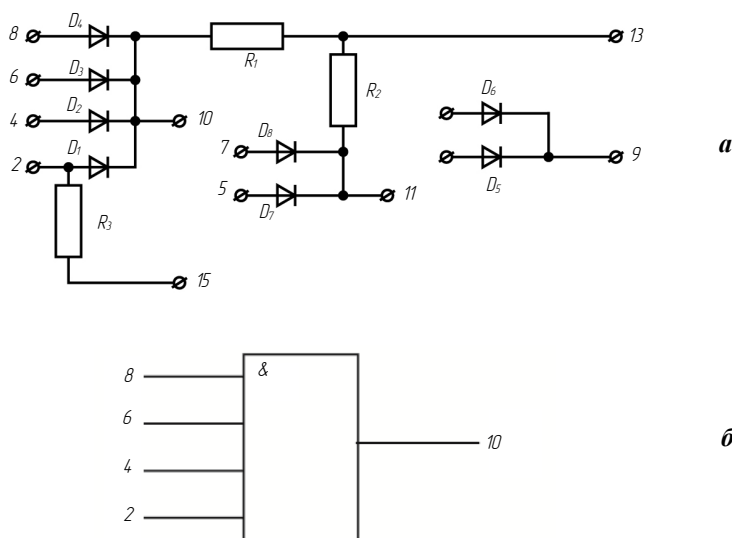


Рис. 4.5. Елемент Т-107:

а – електрична схема; *б* – умовне позначення

Схема блока Т-102

Елемент Т-102 – тригер малої потужності, виконує операцію НІ, складається з двох транзисторних ключів (рис. 4.6), охоплених глибоким додатним зворотним зв'язком за рахунок подавання через резистори R_3 і R_4 потенціалу із колектора

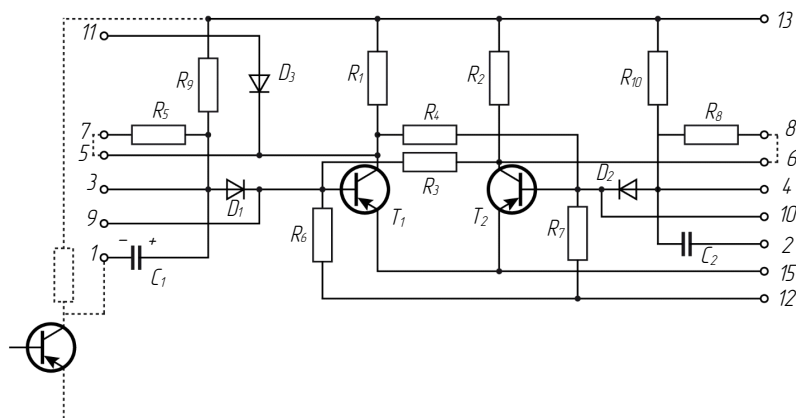
кожного транзистора на базу протилежного. В схемі тригера струм може проводити лише один із транзисторів. Наприклад: транзистор T_1 знаходиться в стані насичення, тоді через резистор R_4 на базу транзистора T_2 прикладеться нульовий потенціал з колектора транзистора T_1 і позитивний потенціал через R_7 від джерела зміщення. Внаслідок цього транзистор T_2 буде закритим, а його колекторний потенціал I через R_3 прикладеться до бази транзистора T_1 , стійко підтримуючи в стані насичення. Якщо транзистор T_1 закритий, то транзистор T_2 підтримується в глибокому насиченні.

Зміна стану тригера здійснюється по базових колах різними способами. Можна на базу транзистора через вхід 9 (10) подати імпульс негативної полярності. Можна керувати тригером за допомогою позитивного імпульсу, спрямовуючи його до входу 3 (4) на базу транзистора, що перебуває в стані насичення. Якщо клеми 5 і 7, а також 6 і 8 будуть з'єднані між собою, то керування за розділеним входом повинно здійснюватися лише зі сторони транзистора, що перебуває в стані насичення. Наприклад, якщо транзистор T_1 в стані насичення, то потенціал у точці 3 буде близьким до нуля і подавання негативного потенціалу на клему 1 приведе до заряджання конденсатора C_1 (плюс у точці 3). Замикання точки 1 на загальну шину приведе до розряджання конденсатора через діод D_1 на базу транзистора T_1 . Він переходить із стану провідності в закритий стан, а транзистор T_2 насичується. Для повернення тригера в попередній стан аналогічне керування здійснюється зі сторони входу 2. Імпульсне керування по розділених входах застосовується для запам'ятовування деякої інформації.

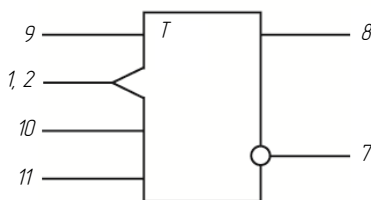
Якщо тригер використовується як чарунка лічильника, то організовується рахунковий вхід, за якого клеми 1 і 2 з'єднані між собою, а на загальний вхід подається і знімається негативний потенціал. Під час подавання потенціалу заряджається

той із конденсаторів, у якого друга обкладинка знаходиться зі сторони насиченого транзистора. Розрядження цього конденсатора одночасно зі зняттям вхідного потенціалу приведе тригер у друге стійке положення. Тепер може уже заряджатись другий конденсатор за наявності вхідного сигналу і підготувати тригер до чергового переключення.

Припустимо, що внаслідок подавання напруги тригер установиться так, що на виходах 7 – сигнал 0, на 8 – 1; тоді після подавання на вхід 10 сигналу 1 тригер установиться так, що на виході 7 буде сигнал 1, на виході 8 – 0.



a



б

Рис. 4.6. Елемент Т-102:

a – електрична схема; **б** – умовне позначення

Схема блока Т-303

Елемент Т-303 використовується як транзисторна затримка.

Вихідний каскад елемента на транзисторі T_4 (рис. 4.7) має два входи: діодний D_5 і резисторний R_4 . Елемент Т-303 виконує функцію АБО-НІ. Напруга на його виході з'явиться лише за одночасної відсутності сигналів на обох входах транзистора T_4 . Для підвищення стабільності затримки часу елементом застосований принцип перезаряджання конденсаторів. У вихідному стані (на вході 0) транзистор T_1 буде закритий, T_2 , T_3 , T_4 – насичені. Заряджений конденсатор C_1 має позитивний потенціал у точці 6 по відношенню до точки 2. Транзистор T_2 і T_3 насичені завдяки базовим резисторам R_5 і R_6 , ввімкнутим послідовно до джерела живлення $-12 В$. Транзистор T_4 насичений завдяки його зв'язку через R_4 із закритим транзистором T_1 . При появі вхідного сигналу 1 (початок відрахування затримки) транзистор T_1 насичується і знімає свій сигнал з входу транзистора T_4 , але внаслідок розряджання конденсатора C_1 на базовий опір транзистори T_2 і T_3 закриваються і через діод D_5 транзистор T_4 буде підтримуватися в стані насичення.

Режим відсікання транзисторів T_2 і T_3 забезпечується протягом того часу, коли конденсатор C_1 розрядиться до нуля через резистори R_5 і R_6 на джерело живлення. Потім конденсатор розпочне заряджатися напругою зворотної полярності. Після наростання напруги на ньому до 0,16 В проходить насичення транзисторів T_2 і T_3 . З насиченням T_3 знімається негативний потенціал з бази транзистора T_4 і він закривається. На виході з'являється сигнал 1 – кінець затримки. Тривалість затримки визначається за формулою $t = 0,7(R_5 + R_6) \cdot C_1$. У такому стані схема буде знаходитися до зняття вхідного сигналу.

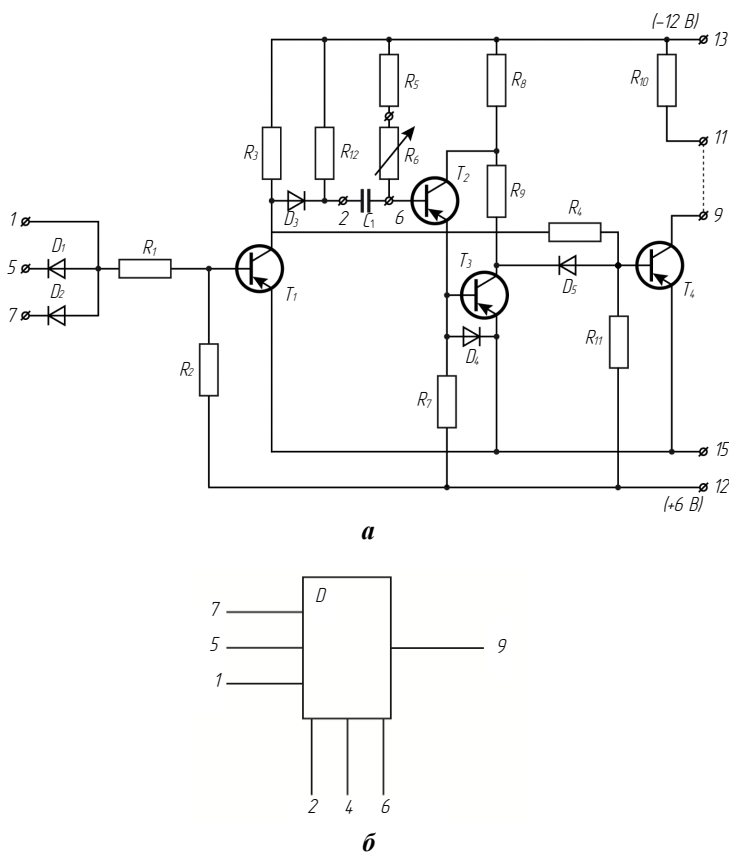


Рис. 4.7. Елемент Т-303:
а – електрична схема; б – умовне позначення

Схема блока Т-404

Блок Т-404 є підсилювальним елементом і слугує для керування різними електромагнітними пристроями постійного струму. Вхідне коло підсилювача виконане за схемою АБО (рис. 4.8) і здатне працювати від вхідного струму 3 мА. Схема

елемента складається з двох попередніх підсилювальних каскадів на транзисторах T_1 і T_2 , які збільшують вхідний сигнал до рівня, достатнього для насичення вихідних потужних транзисторів T_3 і T_4 . Навантаження підключається до виводів 9 і 14. Діод D_4 вмикається паралельно навантаженню і слугує для захисту транзистора T_4 від перенапруження внаслідок вимикання струму в колі індуктивного навантаження.

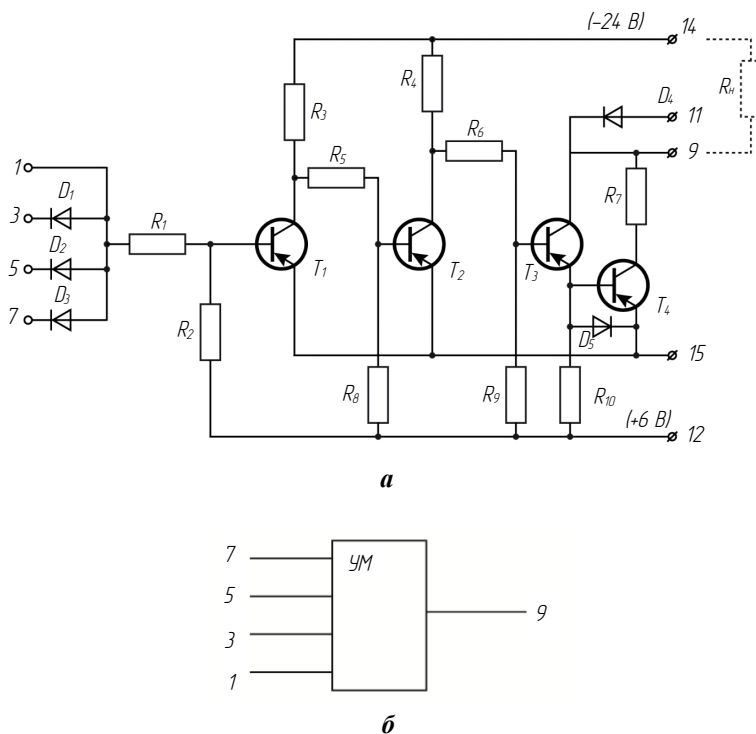


Рис. 4.8. Елемент Т-404:

а – електрична схема; **б** – умовне позначення

Функціональна схема регулятора циклу зварювання РЦС-403

Принцип дії схеми (рис. 4.9) полягає в послідовному вмиканні чотирьох витримок часу, що слідують одна за другою за циклом *стискання–зварювання–проковування–пауза* за допомогою затримок часу Т-303 (Е4, Е8, Е11, Е12). Для синхронного вмикання і плавного регулювання ефективного значення зварювального струму (від 40 до 100 %) на кожному ступені регулювання використовується затримка часу Т-303 (Е9) – фазообертач, на його вхід подається напруга 8 В, частотою 100 Гц, що знімається з двонапівперіодної схеми випрямляча. Момент появи і тривалість вихідних імпульсів регулюються ручкою *нагрівання*.

Для синхронного вмикання зварювального струму і блокувань у процесі роботи регулятора використовуються додаткові елементи: тригери та схеми І. Вихідними пристроями слугують два підсилювачі Т-404: підсилювач Е14 – для керування роботою пневматичного клапана, підсилювач Е13 – для вмикання-вимикання зварювального струму. Синхронізація з мережею забезпечується за допомогою тригера Е5, керованого напругою мережі. Він формує імпульси з частотою 50 Гц.

Таким чином, до складу регулятора РЦС-403 входять чотири тригери типу Т-102 (Е3, Е5, Е7, Е10), п'ять витримок часу типу Т-303 (Е4, Е8, Е9, Е11, Е12), п'ять схем І типу Т-107 (Е2, Е15, Е6-1, Е6-2, Е6-3) та два підсилювачі типу Т-404 (Е13, Е14).

Вихідне положення регулятора РЦС-403 займе після вмикання напруги живлення. Напруга живлення схеми регулятора 12 В подається через конденсатор С5 і резистор R2 на тригер 10Е3 (10 – цифра, що показує номер входу; Е3 – номер елемента на схемі). На тригері 8Е3 установиться 0, на 7Е3 – 1.

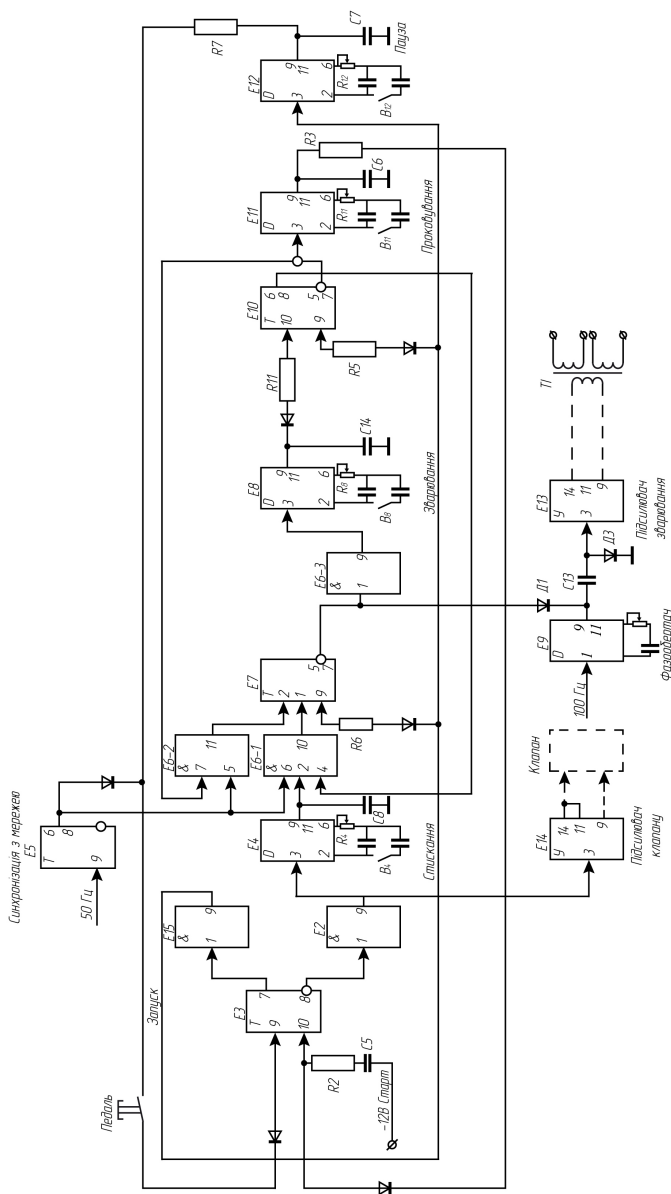


Рис. 4.9. Функціональна схема регулятора РС-403

Сигнал 1 від 7E3 через схему I надійде на 9E7 і 9E10. Тригери E7 і E10 устанавляються так, що на 5,7E7 та 5,7E10 буде 0. Оскільки на 3E14 через схему I надходить 0, підсилювач E14 не увімкнеться, на котушку пневматичного клапана напруга не буде подаватися і верхній електрод машини буде у вихідному положенні. Оскільки на 1E9 подається незгладжена двонапівперіодна напруга, то на 9E9 (рис. 4.10) будуть прямокутні імпульси частотою 100 Гц, час появи на вході та їх тривалість можна регулювати. Це прямокутні імпульси через діод D_1 (див. рис. 4.9) і відкритий транзистор тригера E7 шунтуються на землю. Тому на 3E13 надходить сигнал 0 і на імпульсному трансформаторі ТІ, який є навантаженням для E13, відсутні імпульси керування контактором.

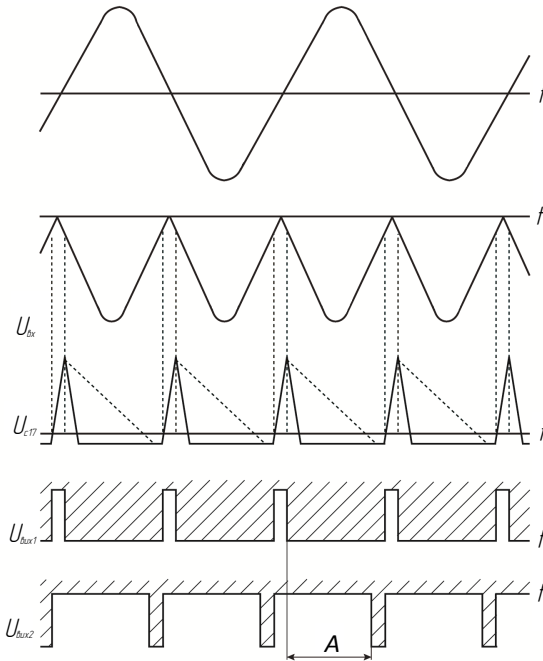


Рис. 4.10. Діаграма роботи фазозсувного пристрою E9

Синхронізація здійснюється тригером Е5, на його вхід подається напруга мережі. Від 8Е5 на 6Е6-1 і 5Е6-2, а також до кола запуску безперервно надходять імпульси частотою 50 Гц. Сигнал 1 від 7Е3 подається на 3Е12, розпочинається відлік тривалості *паузи*, після завершення якої на 9Е12 буде сигнал 1, на 3Е4, 3Е8, 3Е11 надійде сигнал 0, як наслідок, на виходах цих елементів буде 0. Таким чином, після подавання напруги живлення на С5 схема займе вихідне положення.

Щоб розпочати послідовне виконання *стискання, зварювання, проковування, пауз*, необхідно короткочасно замкнути педаль, сигнал 1 від 9Е12 надійде на 9Е3. Тригер Е3 займе положення, коли на 7Е3 буде 0, на 8Е3 – 1. Сигнал 1 від 8Е3 через схему І (9Е2) надійде на 3Е14 та 3Е4. Підсилювач Е14 включиться і на котушку пневматичного клапана подається напруга живлення – електроди машини розпочнуть стискати зварювані заготовки. Одночасно з появою сигналу 1 на 3Е4 розпочнеться відлік тривалості циклу стискання. Після завершення відліку тривалості цього циклу на 9Е4 з'явиться сигнал 1, який надійде на 2Е6-1. На 4Е6-1 уже є сигнал 1 від 8Е10. Коли прийде синхронізуючий імпульс від 8Е5, на трьох входах схеми І (Е6-1) будуть сигнали 1, то і на його виході 10Е6-1 з'явиться сигнал 1, який надійде на 1Е7. Сигнал 1 не змінить стан тригера Е7, але в момент першого зникнення сигналу 1, що станеться в момент зменшення синхронного імпульсу до нуля, тригер Е7 перейде в стан, коли на 5,7Е7 з'явиться сигнал 1, який через схему І (Е6-3) надійде на 3Е8 і розпочнеться відлік тривалості циклу зварювання. Одночасно напругою із виходу тригера Е7 закриється діод D_1 і на 3Е13 розпочнуть надходити імпульси частотою 100 Гц, які після підсилення на Е13 з'являться на первинній обмотці імпульсного трансформатора ТІ – розпочнеться цикл *зварю-*

вання. Після завершення відліку цього циклу на 9Е8 з'явиться сигнал 1, який через діод і резистор R_{II} надійде на 10Е10 і переключить тригер Е10. Сигнал 1 від 5Е10 надійде на 7Е6-2, сигнал 0 – на 4Е6-1. Як наслідок, зникне сигнал 1 з 10Е6-2 і в момент приходу синхроннозварювального імпульсу на 5Е6-2 на 11Е6-2 буде сигнал 1, який надійде на 2Е7. В момент першого зникнення сигналу 1 від 11Е11 тригер Е7 переключиться і зашунтує на землю імпульси від 9Е9, імпульсний трансформатор знеструмиться, а також зніме сигнал 1 з 3Е8. На виході Е8 з'явиться сигнал 0. Сигнал 1 від 5Е10 надійде на 3Е11 – розпочнеться відлік тривалості циклу *проковування*. Після закінчення цього відліку сигнал 1 від 9Е11 надійде на 10Е3. Тригер Е3 прийде у вихідний стан і зніме сигнал 3Е14 – пневматичний клапан переключиться і електроди розійдуться. Одночасно сигнал 1 від 7Е3 через схему І надійде до 3Е12 – розпочинається відлік тривалості *паузи*. Після відліку цього циклу з'явиться сигнал 1 на 9Е12. Цей сигнал або запустить схему знову за умови, якщо педаль натиснута, або схема прийде у вихідний стан у разі відпущеної педалі.

План виконання роботи

1. Вивчити схеми логічних елементів та дослідити їх роботу з використанням осцилографа.
2. Дослідити роботу регулятора РЦС-403 під час роботи машини МТ-1215 на холостому ході та під час зварювання.

Зміст звіту

У звіті необхідно навести:

1. Принцип дії логічних елементів.
2. Типові транзисторні елементи, їх призначення та принцип роботи.

3. На прикладі регулятора циклу зварювання РЦС-403 навести функціональне призначення типових транзисторних вузлів, їх взаємодію при виконанні технологічного процесу зварювання.

Контрольні питання

1. Яким чином здійснюється безконтактне вмикання реле?
2. Як працює транзисторний ключ?
3. Чому дорівнює напруга сигналів 1 і 0?
4. Які логічні схеми забезпечуються на елементах Логіки Т?
5. Поясніть роботу схем блоків Т-101, Т-107, Т-102, Т-303, Т-404, функціональної схеми РЦС-403.

Лабораторна робота № 5
Дослідження роботи конденсаторної машини ТКМ-4
для точкового зварювання

Мета роботи: ознайомитися з сутністю точкового зварювання на конденсаторних машинах; вивчити конструкцію машини ТКМ-4, визначити функціональне призначення її складових, взаємодію та принцип дії основних вузлів машини; ознайомитися з електричною та кінематичною схемами машини; дослідити роботу машини.

Загальні відомості

Конденсаторне зварювання здійснюється за допомогою нагрівання попередньо стиснутих заготовок короткочасним імпульсом енергії, накопиченої на батареї конденсаторів. Електроенергія батареї конденсаторів накопичується від силової мережі. Під час розрядження її енергія витрачається на зварювання. Завдяки можливості регулювання ємності батареї конденсаторів є можливість точно дозувати накопичену нею енергію для зварювання. Конденсатори можуть розряджатись безпосередньо на виріб (стикове зварювання) або на первинну обмотку зварювального трансформатора. Більш поширений другий спосіб. Таким способом здійснюється точкове, рельєфне, шовне і стикове зварювання.

Схему точкового зварювання з розрядженням конденсаторів на первинну обмотку зварювального трансформатора наведено на рис. 5.1. Струм від мережі через підвищувальний трансформатор T_v і випрямляч B надходить на заряджання батареї конденсаторів C . За допомогою перемикача K конденсатори підключаються для заряджання або розряджаються на первинну обмотку зварювального трансформатора T_z і зварювані вироби. Під час лівого положення ключа K батарея

конденсаторів C заряджається від джерела постійного струму, при правому його положенні – батарея конденсаторів розряджається через зварювальний трансформатор T_3 на зварюванні заготовки.

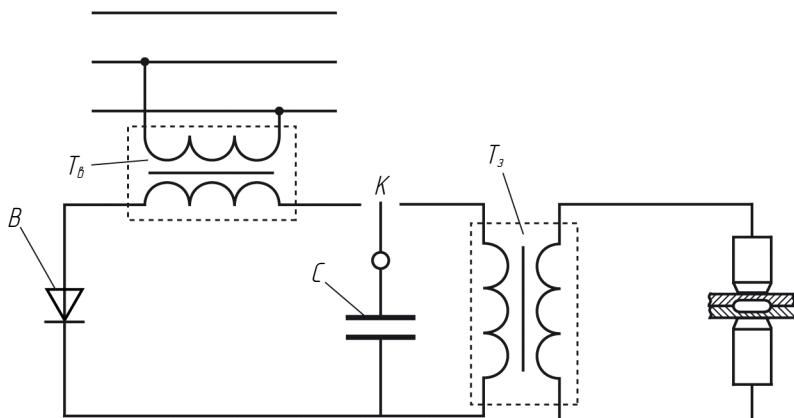


Рис. 5.1. Схема точкового зварювання на конденсаторній машині

Точкове зварювання деталей малої товщини із сталей і сплавів у різних сполученнях вимагають точного дозування енергії. Цим вимогам відповідають конденсаторні машини для точкового зварювання.

В залежності від електричних параметрів трансформатора і зварювального контуру розрядження батареї конденсаторів може проходити аперіодично при $R > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ або

коливаються, коли $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$, де R і L – активний опір та індуктивність зварювального кола, приведенного до первинного

кола трансформатора ($R = n^2 R_2$, $L = n^2 L_2$; n – коефіцієнт трансформації); C – ємність батареї конденсаторів.

У зварювальних машинах співвідношення R , L і C таке, що забезпечується коливальне розрядження батареї конденсаторів. Основна частина накопиченої енергії конденсаторів віддається концентровано протягом першої півхвили. Під час коливального розрядження в системі з ідеальним трансформатором миттєве значення струму буде

$$i_2 = \frac{nU_0}{\omega_0 L} e^{-\frac{b}{t}} \sin \omega_0 t,$$

де U_0 – вихідна напруга на конденсаторі, В; $b = \frac{R}{2L}$ – постійна часу; ω_0 – кутова частота, с^{-1} ; n – коефіцієнт трансформації; t – час, с; L – індуктивність, Гн.

Конденсаторні зварювальні машини економічні, зважаючи на те, що енергія для зварювання накопичується в батареї конденсаторів протягом деякого часу. Вона визначається за формулою

$$W_k = \frac{CU^2}{2},$$

де C – ємність батареї конденсаторів, Ф; U – напруга на обкладках конденсаторів, В.

Так, споживана енергія під час заряджання батареї $C = 2000$ мкФ і $U_0 = 3000$ В складає 9 кВт. Якщо тривалість заряджання не перевищує 0,8 с, то споживана енергія з мережі складає 40...60 кВт.

Із формули видно, що енергія для зварювання регулюється ємністю ввімкнутих конденсаторів та зарядної напруги.

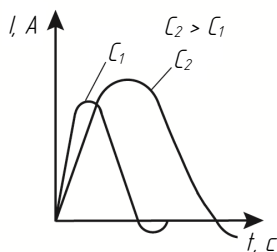
Форма і тривалість імпульсу зварювального струму може регулюватися:

а) зміною ємності батареї конденсаторів – зі збільшенням ємності збільшується зварювальний струм і тривалість імпульсу (рис. 5.2,а);

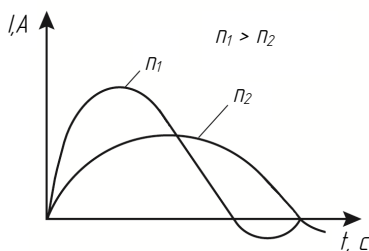
б) зміною коефіцієнта трансформації зварювального трансформатора – зі збільшенням коефіцієнта трансформації зростає зварювальний струм, але тривалість імпульсу зменшується таким чином, що кількість енергії для зварювання не зміниться, вона не залежить від n (рис. 5.2,б);

в) зміною напруги U_0 – зі збільшенням U_0 зростає зварювальний струм і тривалість імпульсу (рис. 5.2,в).

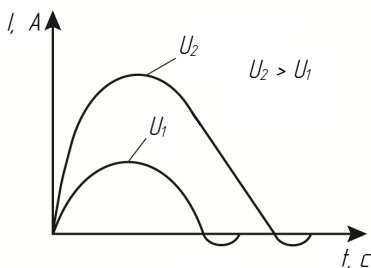
Форма кривої струму залежить від R , L , але ці величини технологічно не регулюються.



а



б



в

Рис. 5.2. Залежність зварювального струму від ємності C батареї конденсаторів (а), коефіцієнта трансформації n зварювального трансформатора (б) і напруги U на обкладках конденсатора (в)

Загальна будова машини

Машина ТКМ-4 призначена для точкового конденсаторного зварювання тонких деталей із різних матеріалів та сплавів в однорідному або різнорідному сполученні. Конденсаторне точкове зварювання використовується в приладобудуванні, дрібному машинобудуванні, радіотехніці, виробництві засобів зв'язку і т. д. Воно добре зварює між собою: латунь Л62, бронзи БрОФ і БрОЦ, алюміній і його сплави, нікель і його сплави, манганін, константан та ін. Добре зварюються різні метали та сплави: мідь з латунню Л62, ніхромом, нікелем, сталлю; фосфориста бронза зі сталлю, латунями, сріблом, нікелем; латунь Л62 з ніхромом, сталлю; сталь з нікелем, ніхромом, пермалоем.

Принципова електрична схема конденсаторної машини ТКМ-4 дуже проста. В перервах між зварюваннями батарея конденсаторів заряджається від зарядного випрямляча, а потім в процесі зварювання розряджається на первинну обмотку зварювального трансформатора. З вторинної обмотки трансформатора потужний імпульс зварювального струму пропускається через зварювані заготовки, попередньо затиснуті між електродами. Метал у місці затискання між електродами нагрівається і плавиться в контакті між деталями. Під час проковування відбувається кристалізація зварної точки. Процес зварювання здійснюється згідно циклограми рис. 5.3.

Конструктивно конденсаторна машина оформлена у вигляді шафи з невеликим робочим столиком. В середині шафи розташовані: блоки конденсаторної батареї, трансформатор випрямляча, випрямляч, зарядний та розрядний опори, магнітний контактор, пускова кнопка, зварювальний трансформатор. На передній панелі шафи розташовані штепсельні перемикачі, вимикачі живлення машини V_1 і V_2 , вольтметра V , вольтметр, сигнальна лампа. На передній частині знаходиться силовий механізм стискання зварюваних заготовок електродами.

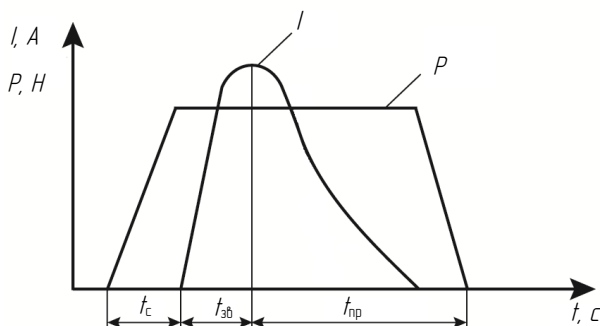


Рис. 5.3. Циклограма точкового конденсаторного зварювання на машині ТКМ-4:

I – зварювальний струм; P – зусилля стискання на електродах;
 $t_c, t_{зв}, t_{пр}$ – тривалість стискання, зварювання, проковування

В нижній частині шафи розташована педаль, призначена для здійснення процесу зварювання (стискання заготовок електродами і вмикання зварювального струму).

Механізм стискання заготовок

При зварюванні тонких заготовок зусилля їх затискання електродами невелике. Для забезпечення стабільності якості зварних з'єднань пристрій, що забезпечує зусилля, має бути малоінерційним, а зусилля незмінним і точним під час зварювання кожної точки. Таку умову забезпечує важільний механізм. Механізм стискання (рис. 5.4) конструктивно складається із важеля 2 з пересувними гирями 1, який через шток передає зусилля стискання на верхній електрод. У вихідному стані верхній електрод знаходиться у верхньому положенні за рахунок системи важелів та пружин. Вони зв'язані з педаллю. При натисканні на педаль важіль 2 плавно звільняється від утримання у верхньому положенні, опускається вільно на заготовки і стискає їх зусиллям, установленим на важелі гирями 1. Зусилля стискання визначається масою

і положенням гирі на механізмі стискання заготовок. Зусилля стискання заготовок визначається як добуток маси гирі на значення поділки важеля, на яку встановлено її кінець. Якщо гирь декілька, то зусилля стискання визначається як сума добутків маси кожної гирі на "своє" значення поділки на важелі 2. Зусилля стискання на електродах не залежить від зусилля натискання на педаль.

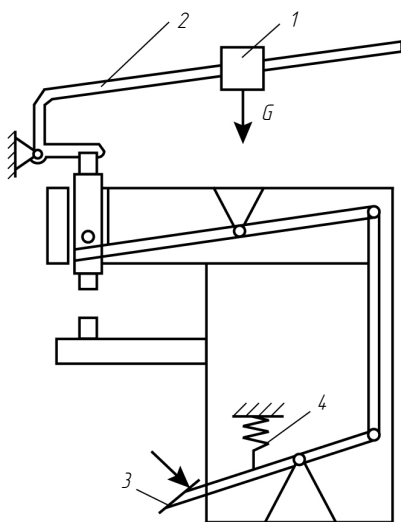


Рис. 5.4. Механізм стискання заготовок машини ТКМ-4

Система важелів, зв'язаних з педаллю, забезпечує послідовне виконання циклу зварювання однієї точки: 1) стискання заготовок; 2) вмикання зварювального струму; 3) проковування. Таким чином, під час початкового натискання на педаль заготовки затискаються між електродами – проходить цикл стискання, при подальшому натисканні включається імпульс зварювального струму – проходить цикл зварювання, після цього починається цикл проковування, який завершується після відпускання педалі.

Електрична схема машини

Потужні конденсаторні машини живляться від трифазної силової мережі. Використання таких машин для точкового зварювання обмежене внаслідок технологічно не сприятливої форми швидкого зростання імпульсу зварювального струму.

Конденсаторні машини малої потужності живляться за однофазною схемою. Електрична схема машини (рис. 5.5) складається з трансформатора випрямляча T_v , випрямляча V , батареї конденсаторів C , зварювального трансформатора T_z , штепсельного перемикача ПШ, резисторів R_1 і R_2 , електромагнітного контактора КМ, вимикачів B_1 і B_2 , вольтметра V , сигнальної лампи ЛС і пускової кнопки К.

Після вмикання вимикача B_1 струм від трансформатора T_v протікає через випрямляч, резистори R_1 і R_2 та нормально закриті контакти К. Здійснюється заряджання конденсаторної батареї до напруги, що дорівнює падінню напруги на R_2 . Резистор R_1 слугує обмежувачем струму випрямляча. Ємність батареї конденсаторів змінюється штепсельним перемикачем ПШ і розраховується як сума ємностей ввімкнутих паралельно блоків конденсаторів. Контроль напруги на обкладинках конденсаторів здійснюється короткочасним вмиканням вольтметра V за допомогою вимикача B_2 . Нормальне положення B_2 – *вимкнуто*.

З натисканням педалі кнопка К розмикає коло заряджання конденсаторів і подає живлення на котушку електромагнітного контактора КМ. КМ підключає батарею конденсаторів до зварювального трансформатора T_z . Відбувається розряджання батареї конденсаторів на первинну обмотку зварювального трансформатора T_z . Імпульс зварювального струму проходить через заготовки. Коефіцієнт трансформації зварювального трансформатора регулюється зміною кількості витків у первинній обмотці за допомогою штепсельного перемикача ПШ_м.

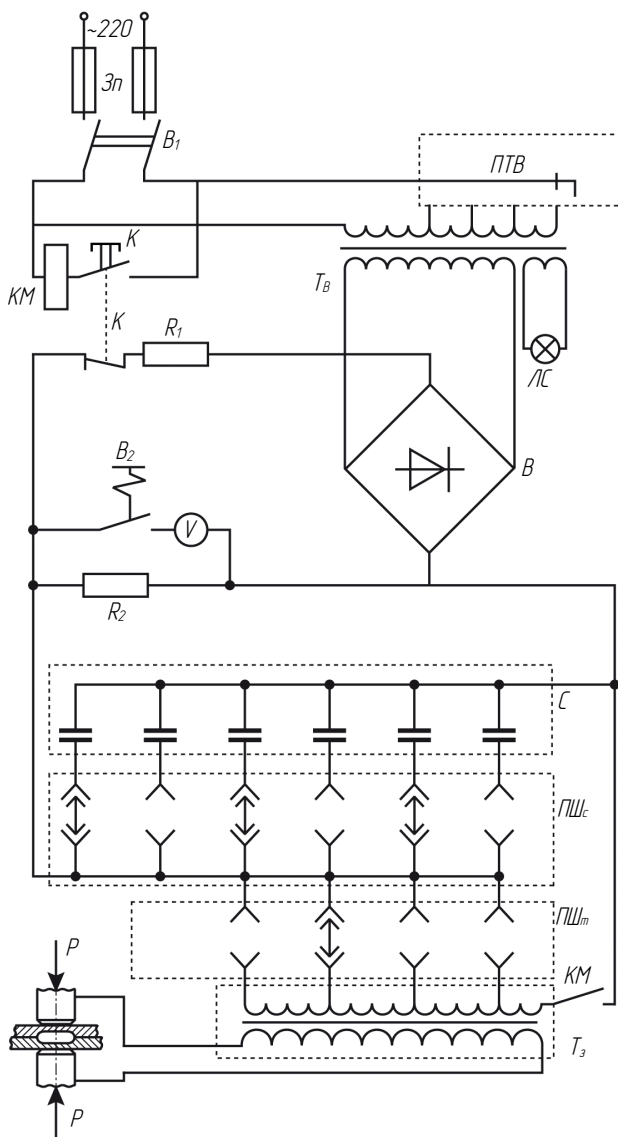


Рис. 5.5. Електрична схема точкової машини ТКМ-4

Кількість теплоти, що виділяється під час зварювання, визначається енергією, накопиченою на обкладинках батареї конденсаторів, і регулюється ємністю цієї батареї. Коефіцієнт трансформації не змінює енергію зварювання, але він впливає на тривалість і величини імпульсу зварювального струму. Тривалість натискання на педаль не впливає на енергію, що виділяється між електродами.

Режим зварювання

Основні параметри режиму конденсаторного точкового зварювання:

1. Зусилля стискання на електродах, Н.
2. Ємність батареї конденсаторів, Ф.
3. Коефіцієнт трансформації зварювального трансформатора.

План проведення роботи

1. Ознайомитися з правилами безпеки під час роботи на точкових машинах.
2. Ознайомитися з технічною документацією на машину ТКМ-4.
3. Вивчити конструкцію, схеми та принцип дії машини ТКМ-4.
4. Дослідити принцип дії машини – установку, регулювання і налагоджування режимів зварювання.
5. Виконати зварювання учбових зразків.

Методика проведення роботи

Вибрати режим зварювання (табл. 5.1), провести запуск та зупинку машини ТКМ-4:

1. Установити ступінь потужності зварювального трансформатора за допомогою штепсельного перемикача.

Таблиця 5.1. Режими точкового зварювання сталі 10 на машині ТКМ-4

Необхідна ємність конденсаторів C , мкФ, при товщині заготовок δ , мм													
Товщина заготовок δ , мм	0,10	0,12	0,15	0,18	0,20	0,22	0,25	0,28	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
0,10	40	50	60	70	80	80	90	100	110	120	130	140	150
0,12	50	50	60	70	80	80	90	100	110	130	130	150	150
0,15	60	60	70	80	80	90	90	110	120	130	140	150	160
0,18	70	70	80	80	90	90	100	120	130	140	140	150	170
0,20	80	80	80	90	90	100	110	130	130	140	150	170	180
0,22	80	80	90	90	100	100	110	130	140	150	160	180	190
0,26	90	90	90	100	110	110	120	140	140	160	160	180	190
0,28	100	100	110	120	130	130	140	140	140	160	170	190	200
0,30	110	110	120	130	130	140	140	140	150	170	180	190	210
0,35	120	130	130	140	140	150	160	160	170	180	190	200	230
0,40	130	130	140	140	150	160	160	170	180	190	210	220	240
0,45	140	150	150	160	170	180	180	190	190	200	220	240	260
0,50	150	150	160	170	180	190	190	200	210	230	240	260	280

2. Установити ємність конденсаторної батареї за допомогою штепсельних перемикачів.

3. Вибрати зусилля стискання і за допомогою гирь та їх положення на важелі установити його на машині.

4. Випробувати машину на холостому ході натисканням педалі.

5. Підключити машину до мережі, увімкнути вимикач В1.

6. Увімкнути вимикач В2 для контролю напруги на обкладинках конденсаторної батареї (вмикання короткочасне).

7. Виконати зварювання учбових зразків. Установити вплив ємності конденсаторів та коефіцієнту трансформації на міцність зварних з'єднань.

Застереження: операції пп. 5–7 виконувати за безпосередньої участі викладача або учбового майстра.

Порядок вимикання

1. Вимкнути вимикач В2.

2. Відключити машину від мережі.

3. Зняти гирі.

Зміст звіту

1. Сутність процесу точкового конденсаторного зварювання. Навести циклограми та коментар до них.

2. Принцип дії машини для точкового конденсаторного зварювання.

3. Електрична і кінематична схеми машини та коментар до них.

4. Технологічний процес зварювання учбового зразка; аналіз отриманих результатів.

Контрольні питання

1. Які деталі зварюють на конденсаторних машинах?

2. Сутність процесу точкового конденсаторного зварювання.

3. Принцип дії ТКМ-4.
4. Електрична схема машини ТКМ-4.
5. Кінематична схема машини ТКМ-4.
6. Як впливає ємність конденсаторів машини на процес зварювання?
7. Як впливає коефіцієнт трансформації зварювального трансформатора на процес зварювання?
8. Як визначається потужність, що використовується для зварювання деталей?
9. Як регулюється жорсткість режиму зварювання на машині ТКМ-4?

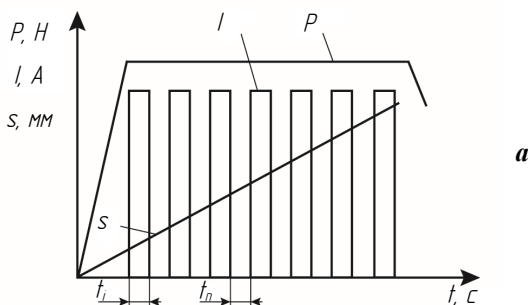
Лабораторна робота № 6
Дослідження роботи контактної шовної машини
типу МШ-2201

Мета роботи: ознайомитися з різновидами шовного зварювання; на прикладі машини МШ-2201 вивчити процес шовного переривчастого зварювання; вивчити будову машини, основні складові, призначення та їх взаємодію; дослідити роботу машини МШ-2201 та взаємодію окремих складових; виконати зварювання учбових зразків.

Загальні відомості

Шовне зварювання широко використовується для зварювання напусткових з'єднань листів. Воно забезпечує щільне і міцне зварне з'єднання.

Розрізняють три різновиди шовного зварювання: безперервне, переривчасте і крокове. Найпоширенішим є переривчасте шовне зварювання. Під час переривчастого шовного зварювання (рис. 6.1,*a* і 6.2,*a*) заготовки 1 затискаються між електродами (дисками) 2 зусиллям P , з початком обертання електродів через зварювані заготовки від трансформатора 3 пропускається зварювальний струм I імпульсами, що чергуються з паузами.



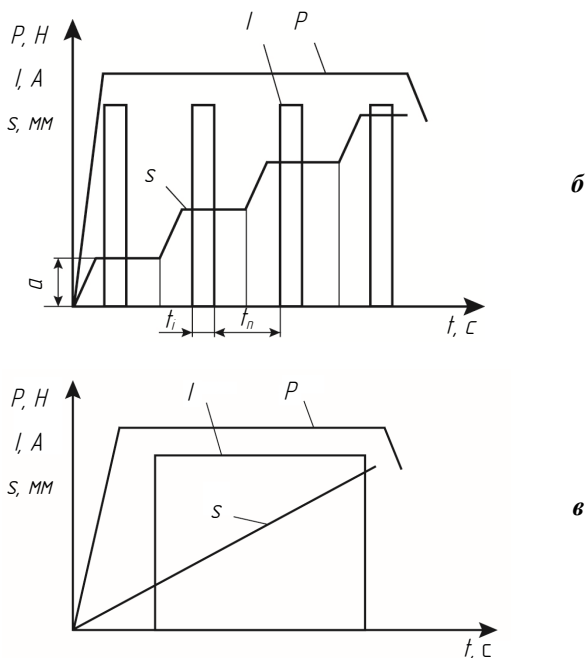


Рис. 6.1. Циклограми переривчастого (а), крокового (б) і безперервного (в) шовного зварювання

Зусилля стискання на електродах і швидкість обертання електродів незмінні в процесі виконання зварного з'єднання. Тривалість імпульсів t_i і тривалість пауз між імпульсами t_n формуються програмним регулятором шовного зварювання ПК-200. Під час проходження одного імпульсу струму метал в контактi між заготовками розплавляється, кристалізується і утворюється зварна точка 4 (див. рис. 6.2). Після паузи, при проходженні через заготовки наступного імпульсу струму утворюється нова точка. Тривалість імпульсів t_i зварювального струму, пауз між ними t_n і швидкість зварювання (обертання електродів) вибираються такими, щоб кожна

наступна точка перекривала попередню на величину $l = d - a$; $l = (0,4 \dots 0,6) d$ (d – діаметр точки, l – крок між точками, a – величина перекриття) (див. рис. 6.2, б). Як наслідок – забезпечується щільність зварного з'єднання.

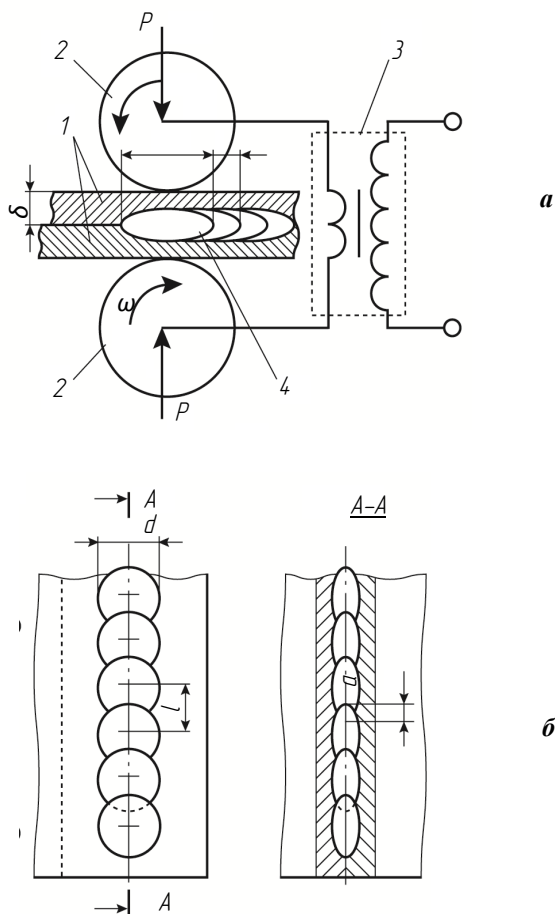


Рис. 6.2. Схема процесу шовного зварювання (а)
і шовного зварного з'єднання (б)

Під час крокового шовного зварювання, на відміну від переривчастого, зварювальний струм через заготовки пропускають імпульсами при нерухомих електродах. Переміщення заготовок на величину кроку між точками l здійснюється під час паузи (див. рис. 6.1,б). Цей спосіб зварювання використовується для виготовлення відповідальних конструкцій, він поєднує в собі переваги точкового і шовного зварювання.

Під час безперервного шовного зварювання, на відміну від переривчастого, зварювальний струм пропускають через заготовки безперервно (див. рис. 6.1,в). Цей спосіб шовного зварювання має певні недоліки і використовується обмежено.

Промисловістю випускаються машини для шовного зварювання, відмінні за потужністю, призначенням і конструкцією. Але до їх складу входять однакові за призначенням складові: енергетична, механізми стискання електродів та їх обертання, система керування.

Основні параметри режимів шовного переривчастого зварювання наступні (див. рис. 6.1):

I – зварювальний струм, А;

P – зусилля стискання заготовок, Н;

t_1 – тривалість імпульсу зварювального струму, с;

$t_{\text{п}}$ – тривалість паузи між імпульсами струму, с;

$v_{\text{зв}}$ – швидкість зварювання, м/год.

Будова та принцип роботи машини

Контактна шовна машина МШ-2201 призначена для контактного шовного переривчастого зварювання поперечних швів виробів із низьковуглецевих та легованих сталей без покриття на повторно-короткочасному режимі (ПВ = 50 %).

Будова машини передбачає: плавне регулювання зусилля стискання деталей між електродами; сталі зусилля стискання в процесі зварювання незалежно від коливання тиску

в мережі стиснутого повітря; плавне опускання верхнього електроду; регулювання зварювального струму здійснюється ступінчасто – за рахунок зміни вторинної напруги зварювального трансформатора (змінюю коефіцієнта трансформації) та плавно на кожному ступені – за рахунок фазового регулювання та стабілізації ефективного зварювального струму $\pm 3\%$ при коливаннях напруги силової мережі $-15 \dots +5\%$; регулювання тривалості імпульсів зварювального струму та пауз між ними, швидкості зварювання.

Для зварювання заготовки розташовують на нижньому електроді.

Зварювання заготовок здійснюється нагріванням струмом, що пропускається безпосередньо через них.

Після першого натискання на педальну кнопку верхній електрод опускається і притискає заготовки до нижнього електрода зусиллям стискання. Під час відпускання педальної кнопки програмний регулятор типу ПК-200 за допомогою тиристорного контактора підключає первинну обмотку зварювального трансформатора до силової мережі. Одночасно розпочинається переривчасте шовне зварювання, за якого зварювальний струм пропускається імпульсами, що чергуються з паузами; переміщення заготовок між електродами рівномірне. Після другого натискання на педальну кнопку зварювання припиняється: знеструмлюється зварювальний трансформатор; верхній електрод підіймається у вихідне положення. Після відпускання педальної кнопки схема переходить у вихідний стан.

Привід обертання верхнього електрода

На шовних машинах ведучим може бути верхній або нижній електрод, або обидва електроди одночасно.

В приводах безперервного обертання використовуються редуктори зі змінними шестірнями і карданним валом, що

приводяться в рух електричним двигуном. Швидкість зварювання може регулюватися плавно безступінчастим варіатором швидкостей, двигуном постійного струму або з використанням ковзної електричної муфти (рис. 6.3). Електрод 1 обертається асинхронним двигуном 11 через електрично керовану ковзну електричну муфту 10, редуктор 9, карданний вал 8, конічні 4–7 та циліндричні 2, 3 шестірни.

Схема передбачає: спочатку вмикається електричний двигун, електроди при цьому не рухаються, обертання електродів розпочинається лише після вмикання ковзної муфти, яка з'єднує двигун з електродним диском через карданний вал, систему шестірень і редуктор. У машині МШ-2201 передбачено привід обертання з ковзною муфтою 10 типу ПМСМ-6 (див. рис. 6.3).

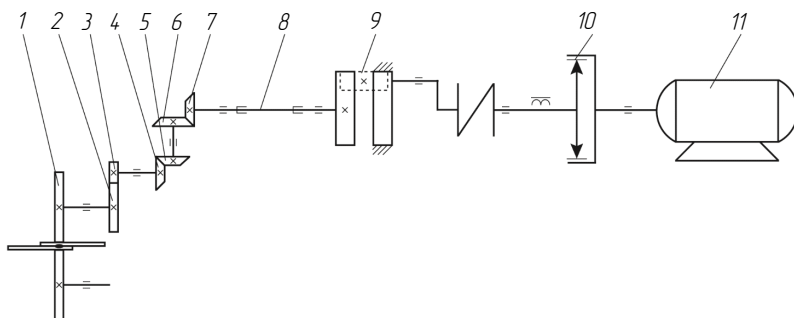


Рис. 6.3. Кінематична схема приводу обертання верхнього електрода

Пневматична схема

Пневматична схема слугує для керування роботою верхнього електрода машини за допомогою пневматичного циліндра 8. Стиснуте повітря від мережі через вхідний вентиль 1 (рис. 6.4) і вологовіддільник 2 подається до розподільника 3.

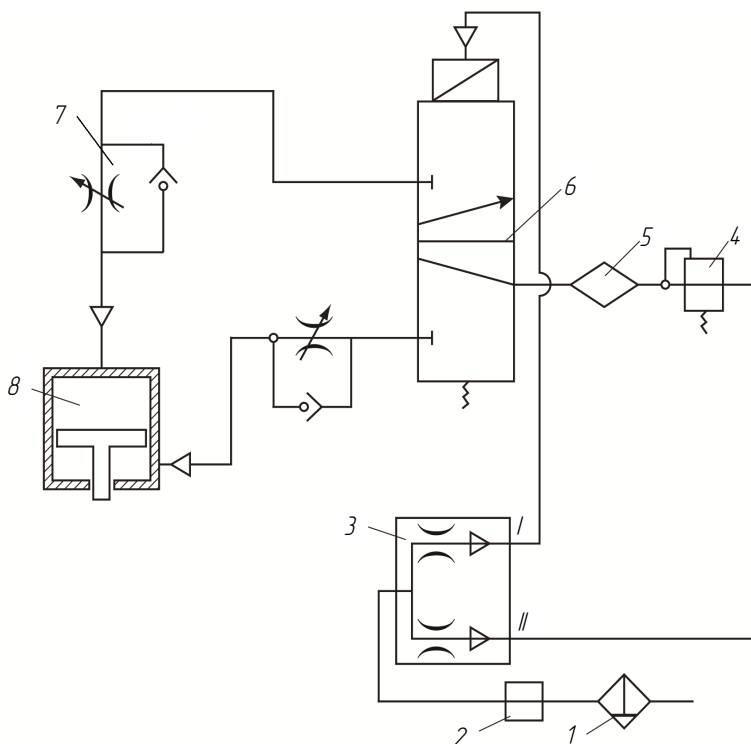


Рис. 6.4. Пневматична схема шовної машини МШ-2201

Із розподільника через одну гілку стиснуте повітря подається до пневматичного електроклапана (ЕПК) 6 для керування його роботою, а через другу – через регулятор тиску повітря (редуктор) 4 з манометром через розпилювач масла (лубрикатор) 5 до пневматичного електроклапана 6 для подавання редюкованого повітря до пневматичного циліндра 8. Якщо напруга подається на котушку керування роботою клапана, то він подаватиме стиснуте редюковане повітря до верхньої камери пневматичного циліндра 8, а нижню – з'єднає з атмосферою. Поршень і зв'язаний з ним верхній електрод

опускається і стискає зварювані заготовки. Якщо котушка клапана знеструмлюється, то в нижню камеру пневматичного циліндра 8 подаватиметься стиснуте повітря, одночасно його верхня камера (з'єднуватиметься з атмосферою. Верхній електрод піднімається у вихідне положення. Для безударного опускання і піднімання верхнього електрода стиснуте повітря верхньої і нижньої камер пневматичного циліндра проходить через дросельні клапани 7. (Принцип роботи дросельного клапана див. у роботі № 3)

Електрична схема машини МШ-2201

Зварювальний трансформатор машини броньового типу, первинна і вторинна обмотки – дискові. Первинна обмотка має відгалуження, приєднані до штепсельного перемикача, за допомогою якого можна змінювати число її витків (змінювати вторинну напругу трансформатора). Вторинна обмотка має один виток. Він складається з трьох дисків, з'єднаних паралельно, і має водяне охолодження.

Керування зварювальним струмом може здійснюватися регулятором типу РВИ (РВИ-501). Він може використовуватися як для точкового, так і для шовного зварювання.

Регулятор ПК-200 – більш сучасний. Регулятор, налаштований на режим роботи, керує роботою пневматичного клапана ЕПК, реле керування ковзною муфтою приводу обертання електродів, а також формує імпульси зварювального струму та паузи між ними, забезпечує плавне регулювання ефективного зварювального струму за допомогою блоків фазового керування. Робота кола запуску в одиночному режимі (точкове зварювання) завершується зварюванням однієї точки з автоматичним повторенням до розмикання цього кола. Під час шовного зварювання ПК-200 переводиться в автоматичний режим.

При настроюванні на переривчасте шовне зварювання на ПК-200 установлюються тривалості імпульсів і пауз ручками *імпульс* та *інтервал*, відповідно до вибраного режиму.

Зварювальний трансформатор підключається до мережі тиристорним контактором. Тривалість імпульсів та пауз регулюється в межах від 1 до 198 періодів (0,02...3,96 с) дискретно через 1 період змінного струму промислової частоти (0,02 с).

Для обертання зварювальних електродів слугує привід ПМСМ-6 з ковзною електричною муфтою.

Після вмикання вимикача АВ розпочинається робота машини за допомогою педальної кнопки КП (рис. 6.5), розташованої у зручному для зварника положенні і зв'язаної гнучким кабелем з машиною.

При вмиканні пакетного вимикача ВП₁ подається напруга до трансформатора Т_р. Реле Р₁, Р₂ і Р₃ будуть знеструмлені. В робочому положенні вимикачі ВО₁ і ВО₂ увімкнуті. Під час першого натискання на педальну кнопку контакти КП₁ через нормально замкнені контакти Р_{3.2}, Р_{2.3} і Р_{3.3} вмикають коло живлення котушки реле Р₁ та котушки керування роботою пневматичного клапана ЕПК. Клапан подасть стиснуте повітря у верхню камеру пневматичного циліндра, а нижню – з'єднає з атмосферою. Заготовки затиснуться між електродами. Одночасно реле Р₁ своїми контактами Р_{1.1} забезпечить живлення своєї котушки, контактами Р_{1.2}, Р_{1.3}, і Р_{1.4} включить двигун обертання верхнього електрода.

Під час відпускання педальної кнопки контакти КП₁ розімкнуться, а контакти КП₂ замкнуться і подадуть живлення на котушку реле Р₂. Контакти Р_{2.1} забезпечать живлення своєї котушки, контактами Р_{2.4} включать живлення ковзної муфти приводу обертання електродів ПМСМ-6 і розпочнеться обертання верхнього електрода, контактами Р_{2.5} замкне коло керування регулятора ПК-200, розпочнеться зварювання. Контакти Р_{2.2} підготують до роботи реле Р₃.

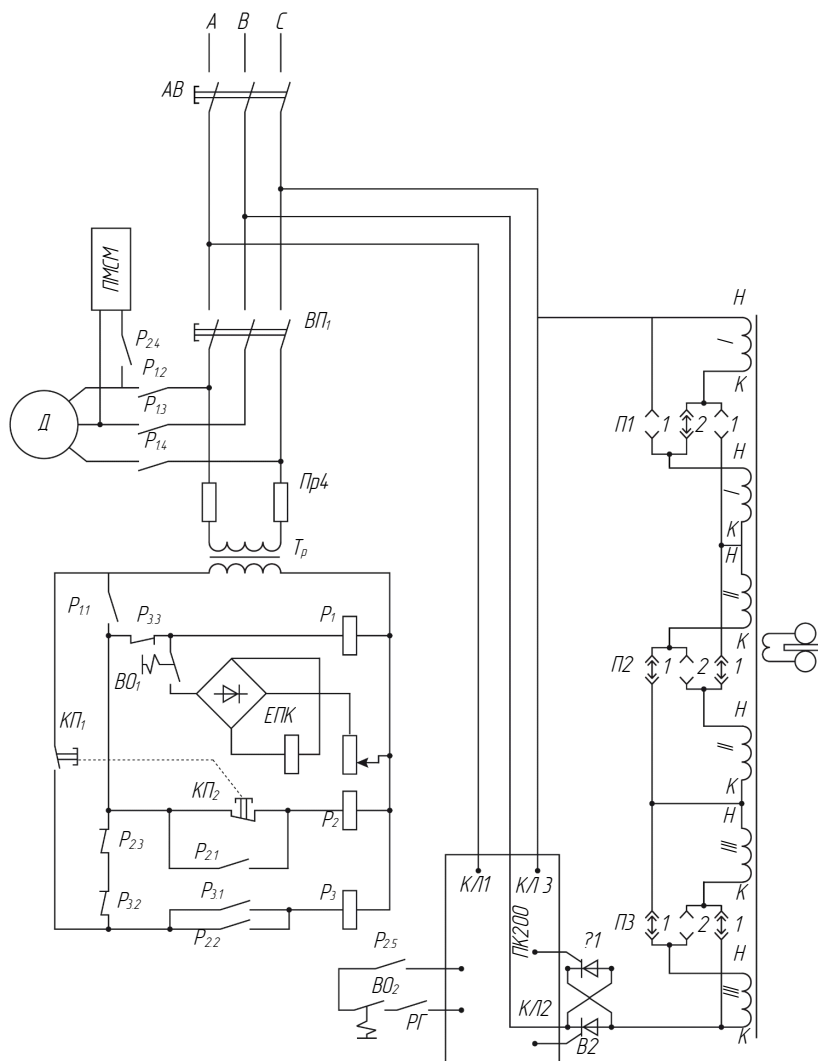


Рис. 6.5. Електрична схема машини МШ-2201

Під час повторного натискання на педальну кнопку КП її контакти КП₁ замкнуться і замкнеться коло живлення котушки реле Р₃. Контакти Р_{3,1} забезпечать живлення своєї котушки. Нормально закриті контакти Р_{3,3} розімкнуться, знеструмлять реле Р₁ і котушку ЕПК. Одночасно контакти Р_{1,2}, Р_{1,3} і Р_{1,4} розімкнуться і знеструмлять двигун приводу обертання електродів. Контакти Р_{1,1} відключають реле Р₂, при цьому контакти Р_{2,5} виключають керування регулятора ПК-200, і, як наслідок, зварювальний струм, контакти Р_{2,4} вимкнуть ковзну муфту. Таким чином, виключиться зварювальний струм, стиснуте повітря буде подаватися в нижню камеру пневматичного циліндра й одночасно верхня камера з'єднається з атмосферою (верхній електрод підніметься і звільнить зварену деталь), вимкнеться привід обертання електродів.

Після відпускання педальної кнопки її контакти КП₁ розімкнуться і реле Р₃ знеструмиться, схема переходить у вихідний стан.

Якщо перед зварюванням є потреба звільнити неправильно затиснуті заготовки між електродами, необхідно при натиснутій педальній кнопці перевести вимикачі ВО₁ і ВО₂ в положення *вимкнено* і лише після цього відпустити педаль.

Для вимикання зварювального струму під час налагоджування і настроювання машини вимикач ВО₂ переводиться в положення *вимкнено*.

План виконання роботи

1. Ознайомитися з правилами техніки безпеки під час роботи на машинах шовного зварювання.
2. Ознайомитися з технічною документацією на машину МШ-2201.
3. Вивчити конструкцію, схеми та принцип дії основних складових машини.

4. Дослідити процес роботи машини, виконати зварювання контрольних зразків.

Методика проведення роботи

Запуск та зупинка машини МШ-2201

1. Вибрати режим зварювання за табл. 6.1.

Таблиця 6.1. Режими переривчастого шовного зварювання низьковуглецевих сталей

Товщина деталі, мм	Ширина ролика, мм	Зусилля стискання, Н	Тривалість імпульсу струму, с	Тривалість паузи, с	Швидкість зварювання, м/хв	Струм зварювання, кА
0,25+0,25	5,0	1750	0,04	0,02	2,0	8,0
0,50+0,50	5,0	2250	0,04	0,04	1,9	11,0
0,75+0,75	6,0	3000	0,06	0,04	1,8	13,0
1,00+1,00	6,0	4000	0,06	0,06	1,75	15,0
1,25+1,25	8,5	4500	0,08	0,06	1,70	16,5
1,50+1,50	8,5	5250	0,08	0,08	1,50	17,5
2,00+2,00	10,0	6500	0,12	0,10	1,40	19,0

2. Установити параметри режиму зварювання на зварювальній машині: штепсельним перемикачем установити необхідний ступінь зварювального трансформатора, на регуляторі ПК-200 перевести ручку *режим* в положення *автоматична робота*, установити тривалості імпульсу і паузи, ручку *зварювання* перевести в положення *вимкнено*.

3. Включити воду для охолодження тиристорного контактора, елементів вторинного контуру машини і зварювального трансформатора.

4. Включити стиснуте повітря. За допомогою редуктора установити тиск у пневматичній системі відповідно до вибраного зусилля стискання для зварювання зразків. Вимикач *тиск* перевести в положення *увімкнено*.

5. Підключити машину до силової мережі автоматичними вимикачами АВ і ВП₁, увімкнути кола керування машиною і регулятор ПК-200.

6. Перевірити роботу машини на холостому ході. Натиснути на педаль – електродами затиснуться зварювані заготовки; після відпускання педалі розпочнеться обертання електродів. При повторному натисканні на педаль припиняється обертання електродів, верхній електрод піднімається у вихідне положення та звільняє зварювані заготовки.

7. Виконати зварювання зразків. Ручку *зварювання* перевести в положення *увімкнено*. Установити зварювані заготовки на нижній електрод. Після натискання на педаль верхній електрод опуститься і заготовки будуть стиснуті зусиллям згідно з вибраним режимом. Після відпускання педалі розпочнеться зварювання: електроди почнуть обертатися і через деталі буде пропускатися струм імпульсами, що чергуються з паузами. Після повторного натискання на педаль зварювання закінчується: вимикається зварювальний струм, звільняються заготовки. Після наступного відпускання педалі машина перейде у вихідне положення.

Застереження: роботи за пп. 6 і 7 виконувати за безпосередньою участю викладача або учбового майстра.

Для вимикання машини необхідно:

1. Вимкнути кола керування машиною і регулятор ПК-200.
2. Вимкнути живлення зварювальної машини.
3. Закрити охолодну воду та стиснуте повітря.

Зміст звіту

Звіт складається з чотирьох частин:

1. Сутність процесів і різновиди шовного зварювання. Необхідно навести циклограми та дати коментар до них.

2. Основні складові машини, їх призначення, принцип дії та взаємодії.

3. Електрична та пневматична схеми та їх робота.

4. Результати проведеного дослідження (підготовка до зварювання зразків, технологія зварювання, аналіз якості отриманого зварного з'єднання).

Контрольні питання

1. Назвіть різновиди шовного зварювання та розкрийте їх сутність.

2. Які зварні з'єднання виконуються шовним зварюванням?

3. Перерахуйте основні параметри режиму шовного зварювання і визначте їх вплив на процес зварювання та якість зварних з'єднань.

4. Назвіть основні складові машин шовного зварювання та їх функціональне призначення.

5. Яким чином взаємодіють складові машини під час зварювання?

6. Як вибираються та регулюються зварювальний струм, зусилля стискання заготовок, швидкість зварювання, тривалість циклів зварювання?

7. Опишіть роботу електричної схеми машини.

8. Опишіть роботу пневматичної схеми машини.

9. Як пов'язані між собою тривалість імпульсу, тривалість паузи та швидкість зварювання під час переривчастого та крокового шовного зварювання?

10. Проведіть аналіз результатів дослідження зі зварювання зразків.

Лабораторна робота № 7
Дослідження роботи засобів захисту
від перевантаження та вмикальних засобів
машин контактного зварювання

Мета роботи: вивчити принцип дії вмикальних запобіжних засобів контактних машин та автоматичного повітряного вимикача і дослідити вплив струму на тривалість запізнення його вимикання.

Загальні відомості

Підключення зварювального обладнання до електричної силової мережі здійснюється з використанням автоматичних повітряних вимикачів. Автоматичні вимикачі (автомати) є апаратами дистанційного і ручного керування і захисту електричних мереж. Вони призначені для нечастого вмикання, а також автоматичного вимикання у разі їх перевантаження, короткого замикання і зниження напруги мережі. На відміну від плавкого запобіжника, автоматичний вимикач готовий до наступного використання після охолодження.

В автоматах є механізм вільного розмикання. Він забезпечує миттєве відключення устаткування від мережі зі швидкістю розходження контактів, яка не залежить від дії оператора.

Розмикач – це електромагнітні або термічні біметалічні елементи, що слугують для автоматичного відключення від мережі живлення за допомогою механізму вільного розмикання у разі короткого замикання, перевантаження, зникнення або небезпечного зниження напруги мережі живлення.

Механізм для вмикання складається (рис. 7.1) із шарнірно зв'язних важелів 13, 14, 15 і опори. Вмикання автомата здійснюється важелем 15 – поворотом його за годинниковою

стрілкою. Конструктивно контакти розташовані так, що спочатку замикаються допоміжні контакти 3 в дугогасильній камері 4, а потім головні контакти 6, пружина 2 розтягується і створює зусилля, що діє на важіль 5. Автоматичне вимикання здійснюється за допомогою пружини 2 під дією розмикачів 9, 10, 11, 12.

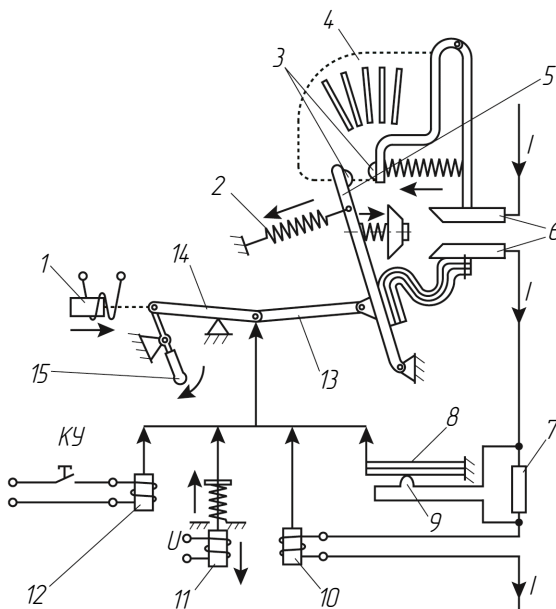


Рис. 7.1. Схема автоматичного повітряного вимикача

Миттєвий розмикач максимального струму 10 складається із осердя з котушкою і якоря. Коли через котушку протікає струм, що перевищує установлений номінальний у 2...10 разів, якорь притягується до осердя, переміщує важелі механізму вільного розмикання вгору і виводить важелі 13, 14 із "мертвого" положення. Під дією зусилля розтягнутої пружини 2 переміщується важіль 5 і розмикає

контакти в наступній послідовності: спочатку розмикаються головні контакти 6, а потім – допоміжні 3. Вимикання проходить миттєво (частки секунди), протягом 0,02...0,10 с для нормальних, до 1 с для селективних і до 0,005 с для швидкодіючих запобіжників.

Тепловий захист забезпечує мережу від невеликого перевантаження, що діє відносно тривалий час. Біметалева пластина 8 під час нагрівання згинається і приводить в дію важелі механізму вільного розчеплення, штовхає його вверх і виводить важелі 13, 14 із "мертвого" положення. Контакти 3 та 6 розмикаються. Нагрівач 9 живиться від напруги, що знімається з резистора 7. Швидкість нагрівання і згинання біметалевої пластини залежить від струму навантаження. Вимикання здійснюється через деякий час. Мінімальний струм $I = 1,45 \cdot I_n$, при якому має спрацьовувати автоматичний вимикач за час не більше 1 год при $I_n \leq 63$ А або не більше 2 год при $I_n > 63$ А (I_n – номінальний струм запобіжника, А).

Розмикач мінімальної напруги 11 складається із котушки, якоря і осердя. При подаванні напруги на котушку якір притягується до осердя і стискає пружину. У разі зменшення напруги в мережі до певного небезпечного значення або під час її зникнення, пружина долає електромагнітну силу притискання якоря до осердя і діє на механізм вільного розмикання, штовхає його вверх і важелі 13, 14 виходять із "мертвого" положення. Автомат вимикається.

Ручне вимикання автомата здійснюється рукояткою 15, дистанційне – кнопкою КУ: подається напруга на обмотку незалежного розмикача 12. Він приводить в дію важелі механізму вільного розмикання.

Дистанційне вмикання автомата здійснюється електромагнітом 1.

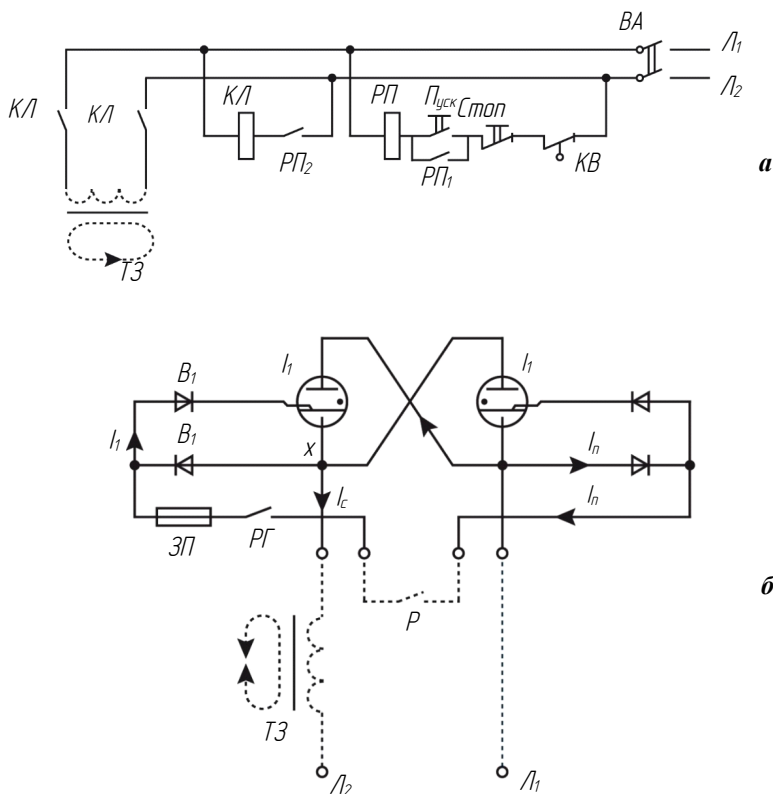
Після спрацьовування механізму вільного розмикання автомат після охолодження готовий до наступного вмикання в такій послідовності. Спочатку поворотом важеля 15 проти годинникової стрілки розташовують важелі 13, 14 в одну лінію (вони займають "мертве" положення). Після цього важіль 15 повертають за годинниковою стрілкою, що дозволить по черзі послідовно замкнути спочатку контакт 3, а потім – контакт 6.

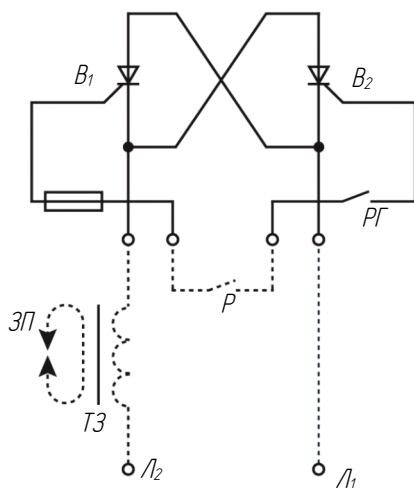
Під час розмикання контактів між ними може утворюватися дуга. Для запобігання утворенню дуги та обгоранню головних контактів 6 передбачені допоміжні контакти 3. Між собою головні і допоміжні контакти включені паралельно і конструктивно. Вимикач виготовлено таким чином, що під час вмикання автомата першими з'єднуються допоміжні контакти, а потім головні, а під час роз'єднування – першими розмикаються головні, а потім допоміжні. Завдяки такій конструкції під час вмикання або розмикання дуга може утворюватися лише між допоміжними контактами. У зв'язку з цим допоміжні контакти виготовляються із тугоплавкого металу і розташовуються всередині дугогасильної камери 4. Дугогасильна камера слугує засобом для розривання дуги, що може утворюватися між контактами.

При включеному автоматичному вимикачеві струм протікає, в основному, через головні контакти. Для зменшення опору головні контакти мають спеціальну форму і покриття із срібла.

Після підключення контактної машини автоматичним повітряним вимикачем ВА (рис. 7.2, 7.3) до силової мережі струму, керування зварювальним струмом здійснюється за допомогою контактора КЛ, розташованого після автоматичного вимикача перед зварювальним трансформатором ТЗ і включеного послідовно з його первинною обмоткою.

Вмикання і вимикання зварювального струму у всіх різновидах машин контактного зварювання здійснюється зі сторони первинної обмотки підключенням трансформатора до силової мережі. При цьому відсутній струм холостого ходу зварювального трансформатора поза періодом *зварювання*. Таким чином, засіб вмикання (контактор), керований програмним регулятором часу, розташовується між силовою мережею струму і трансформатором, як показано на рис. 7.2, 7.3.





б

Рис. 7.2. Контактори асинхронні:

а – електромагнітний; **б** – ігнітронний; **в** – тиристорний

Контактори для вмикання первинної обмотки трансформатора бувають механічними, електромагнітними, ігнітронними і тиристорними. Вони поділяються на асинхронні (див. рис. 7.2,**а, б, в**) і синхронні (див. рис. 7.3).

Механічні, електромагнітні та ігнітронні контактори всюди замінюються тиристорними.

Зварювана деталь, вторинний контур машини, зварювальний трансформатор є активним та індуктивним навантаженням. Як наслідок, струм навантаження I первинної обмотки (рис. 7.4,**а**) відстає від напруги U на кут зсуву фаз φ .

Вмикання струму при незмінному куті α , при $\alpha = \varphi$, називається синхронним (див. рис. 7.4,**а**), а при інших кутах ($\alpha > \varphi$, рис. 7.4,**б**; $\alpha < \varphi$, рис. 7.4,**в**) – асинхронним вмиканням струму.

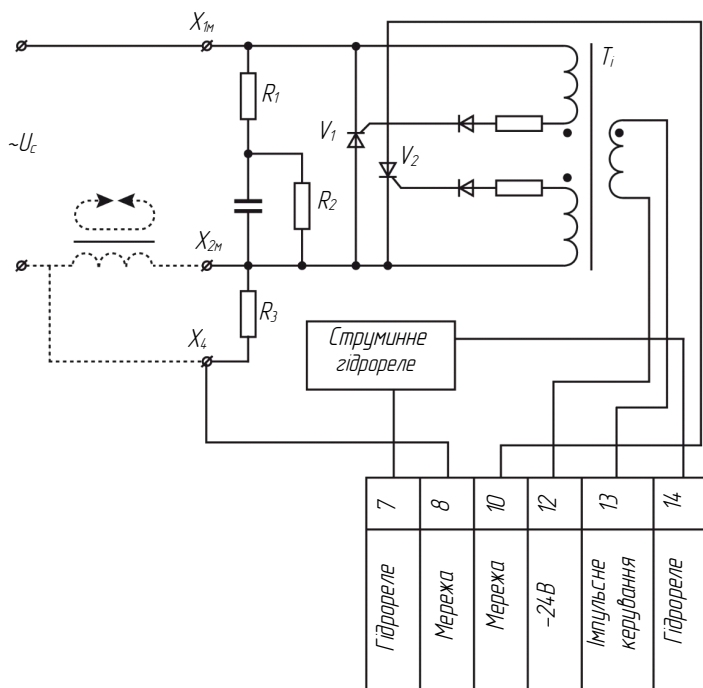


Рис. 7.3. Синхронний тиристорний контактор

Під час синхронного вмикання струм трансформатора зразу має синусоїдальне усталене значення. Під час асинхронного вмикання струм трансформатора визначається різницею або сумою струмів: синусоїдального усталеного I_y і вільного I_b , який зменшується експоненційно (див. рис. 7.4, б, в).

При різниці $I_y - I_b$ амплітуда струму зменшується і його діюче значення буде меншим синусоїдального. Для випадку, коли $I_y + I_b$, характерна асиметрія струму в півперіодах (див. рис. 7.4, в), що створює зростання струму, який може значно перевищувати струм навантаження. При релейному вмиканні асиметрія струму з часом зникає.

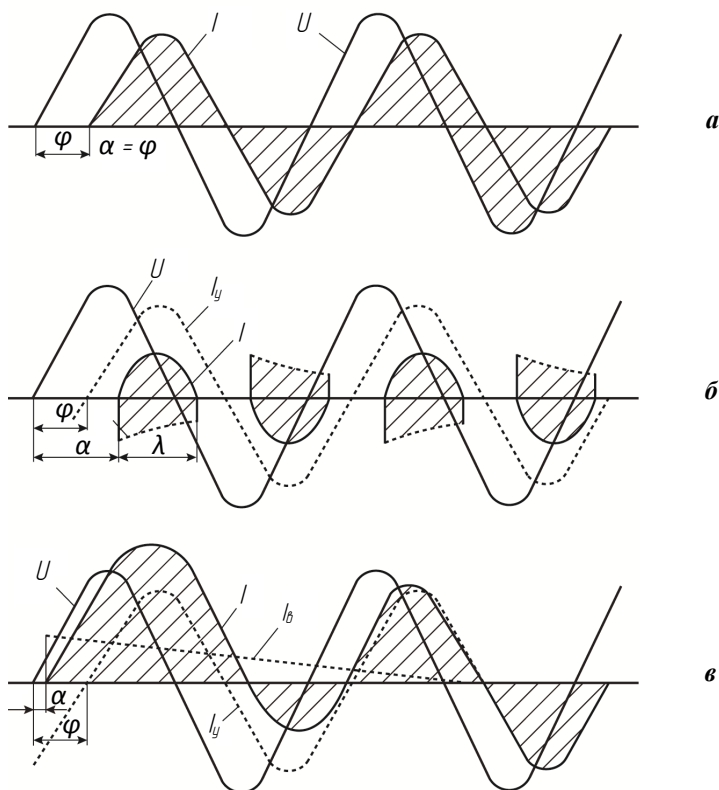


Рис. 7.4. Графік зміни U і I в залежності від моменту вмикання струму

Суттєво змінюється форма струму під час керування вентильного контактора короткочасними імпульсами. Вмикання одного із вентилів: при $\alpha < \varphi$ контактор буде працювати як однопівперіодний випрямляч, що є найбільш тяжким випадком асиметричної роботи вентильного контактора на первинну обмотку зварювального трансформатора. Запобіжником

цього ефекту слугує збільшення тривалості керувальних імпульсів, що подаються на контактори.

Механічний вимикач являє собою систему рухомих і нерухомих контактів, вмикання і вимикання яких кінематично зв'язано з рухомими елементами машини контактного зварювання в процесі стискання, затискання і звільнення зварюваних заготовок. З цієї причини контакти вимикача швидко зношуються, вимагають частого зачищування і заміни. Недосконалі механічні вимикачі застосовуються інколи в неавтоматичних машинах малої потужності.

Електромагнітні асинхронні контактори типу КЛ (див. рис. 7.2,*а*) використовують на машинах низької продуктивності і потужністю до 25 кВА, а також майже на всіх машинах стикового зварювання будь-якої потужності (див. рис. 1.6, 1.7), але там, де це доцільно для стикового зварювання, зокрема, якщо використовується регулятор напруги; для вмикання і вимикання струму зварювання використовуються тиристорні контактори (див. рис. 1.8). За їх допомогою є можливість стабілізувати процес оплавлення незалежно від коливання напруги в мережі живлення машини.

Асинхронні контактори (див. рис. 7.2,*а, б, в*) забезпечують лише вмикання і вимикання зварювального струму без дозування і стабілізації енергії. Неусталений процес асинхронного вмикання є причиною сплесків і коливань струму, вони особливо сильно проявляються і повільно затухають у первинному колі зварювального трансформатора і несприятливо впливають на інших споживачів енергії. Усталений процес настає порівняно швидко, протягом 1–3 періодів змінного струму промислової частоти. Але коливання величини струму, пов'язані з асинхронним вмиканням, можуть суттєво впливати на нагрівання під час точкового і шовного зварювання на жорстких режимах, коли тривалість імпульсу

зварювального струму і тривалість неусталеного процесу сумірні.

Не менш важливим при контактному зварюванні є синхронне вимикання струму (вимикання під час, коли напруга синусоїдального струму $U = 0$). Якщо струм вмикається не при нульовому значенні напруги, то в контакторі між контактами утворюється дуга. Вона руйнує поверхню електричних контактів і затримує фактичне вимикання струму (на 0,02...0,05 с) по відношенню до моменту кінця циклу *зварювання*. Неусталений процес під час асинхронного вмикання і затримка під час асинхронного вимикання зварювального струму ведуть до нестабільності енергетичних параметрів зварювання, керованих механічними та електромагнітними контакторами. Така нестабільність мало впливає на якість зварювання у разі тривалого вмикання струму ($t_{зв} \geq 0,25$ с) і незначній чутливості зварюваного металу до перегрівання.

В електромагнітному контакторі (див. рис. 7.2,а) при натисканні на кнопку *пуск* замикається коло живлення реле РП, яке нормально відкритими контактами РП₁ заблокує кнопку *пуск* і контактами РП₂ подасть живлення на лінійний повітряний контактор КЛ. Він своїми нормально відкритими контактами підключить первинну обмотку зварювального трансформатора до силової мережі – розпочнеться цикл *зварювання*. Для закінчення процесу зварювання необхідно натиснути кнопку *стоп*: знеструмиться реле РП і, як наслідок, контактор КЛ вимкне зварювальний трансформатор – закінчиться цикл *зварювання*. Керування роботою контактора може здійснюватися через реле РП за допомогою програмного регулятора часу або механічними пристроями з використанням кінцевого вимикача КВ. Спрощена будова електромагнітного контактора наведена на рис. 7.5.

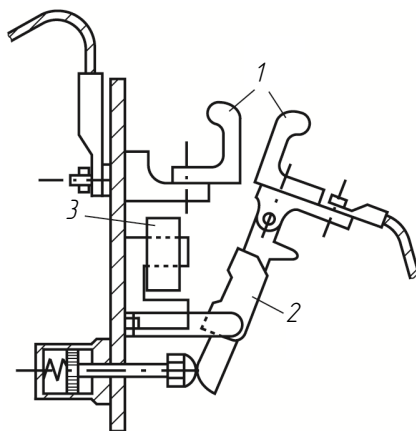


Рис. 7.5. Схема електромагнітного контактора

До складу контактора (див. рис. 7.5) входять контакти 1, якор 2 і котушка електромагніту 3. Якщо підключити котушку електромагніту 3 до мережі живлення, електромагнітна сила притисне до електромагніту якор 2 і закріплені на ньому контакти 1 замкнуться – підключається струм до первинної обмотки зварювального трансформатора. Під час знеструмлення котушки електромагнітна сила зникає, якор повертається у вихідне положення і контакти 1 розмикаються – трансформатор знеструмлюється.

В машинах середньої і великої потужності використовують ігнітронні (див. рис. 7.2, б) або тиристорні (див. рис. 7.2, в, 7.3) контактори. В них два ігнітрони або два тиристори сполучені зустрічно-паралельно. Ігнітронний і тиристорний контактори (рис. 7.2, б, в) асинхронно підключають зварювальний трансформатор до силової мережі. Вимикання струму – синхронне, що пов'язано з особливостями роботи ігнітронів і тиристорів. Штучно припинити протікання струму через них неможливо інакше, як їхній анодний струм

природно досягне нульового значення в кінці періоду змінного синусоїдального струму.

Керування роботою синхронного тиристорного контактора (див. рис. 7.3) здійснюється імпульсним трансформатором, керованим програмним імпульсним регулятором часу. В машинах точкового зварювання програмним регулятором часу слугує регулятор циклу зварювання РЦС-403 (див. рис. 3.6 та лабораторну роботу № 4), в машинах для шовного зварювання – ПК-200. Регулятори РЦС-403, ПК-200 та інші, побудовані на логічних елементах, забезпечують синхронне вмикання і вимикання зварювального трансформатора, стабілізацію енергетичних показників зварювання, регулюють тривалість складових циклу зварювання.

Методика виконання роботи

Дослідження впливу струму навантаження на запізнення вимикання мережі автоматичним повітряним вимикачем

Для проведення експериментального дослідження необхідно ознайомитися з будовою та принципом роботи автомата і скласти схему досліду (рис. 7.6).

Відповідно до запропонованої схеми дослідженню підлягає автоматичний повітряний вимикач 1. До його складу входять контакти $A1$, $A2$ та $A3$ і тепловий захист РТ.

При включеному випрямлячі 2 необхідно ввімкнути автомат. При цьому струм від зварювального випрямляча буде протікати через контакти $A3$, тепловий розмикач РТ автомата і баластний реостат РБ. Величина струму вимірюється амперметром A і регулюється:

- 1) ступінчасто за допомогою баластного реостата РБ-300;
- 2) плавно за допомогою випрямляча 2.

Крім того, одночасно при включенні автомата замиканням контактів $A1$ підключиться електросекундомір ЕС до

джерела живлення 3. Електросекундомір розпочне відлік тривалості перебування контактів автомата в замкнутому стані.

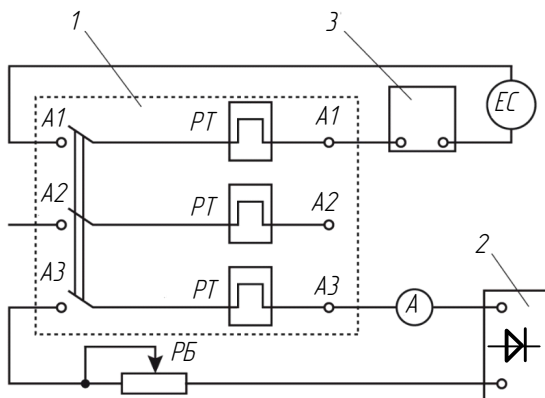


Рис. 7.6. Схема дослідів:

1 – автоматичний повітряний вимикач; 2 – джерело живлення (зварювальний випрямляч); 3 – джерело живлення електросекундоміра; РТ – тепловий захист автомата; РБ – баластний реостат РБ-300; ЕС – електросекундомір

Якщо струм, що протікає через тепловий розмикач РТ, перевищує номінальний I_n (установлений для даного автомата), він приведе в дію механізм вільного розмикання і контакти $A1$, $A2$ і $A3$ розімкнуться. Електросекундомір зупиниться і зафіксує тривалість перебування контактів $A1$, $A2$ і $A3$ в замкнутому стані, тобто тривалість запізнення вимикання мережі автоматичним повітряним вимикачем 1.

План виконання роботи

1. Ознайомитись з будовою і принципом дії автоматичного повітряного вимикача.
2. Ознайомитися з різновидами автоматичних повітряних вимикачів.

3. Скласти схему для дослідження вимикача та після перевірки її викладачем приступити до дослідження.

4. Провести дослідження, починаючи з діючого струму I_d з незначним перевищенням номінального, $I_d = (I \dots 1,5)I_n$, де I_n – номінальний струм для досліджуваного автомата. Збільшуючи струм, необхідно фіксувати тривалість перебування контактів автомата в замкненому стані і записувати дані у форму, наведену нижче. Необхідно зафіксувати не менше 5 різних значень досліді. Між вмиканнями автомата необхідно передбачити перерву, достатню для охолодження вимикача. На підставі досліді побудувати графік залежності:

$$t = f(I_d),$$

де I_d – струм, що пропускається через контакти АЗ автомата, А; t – тривалість запізнення вмикання струму після його вмикання, с.

Форма для запису результатів досліді

№ досліді вимірювань	1	2	3	4	5
I_d , А					
t , с					

Зміст звіту

1. Короткі теоретичні відомості щодо захисту зварювального устаткування від перевантаження.

2. Короткі теоретичні відомості щодо вмикальних засобів зварювальних трансформаторів контактних машин.

3. Принцип дії автоматичного повітряного вимикача, електромагнітного, ігнітронного і тиристорного контакторів.

4. Мета та методика проведення досліді із затримки вмикання автомата в залежності від струму навантаження.

5. Побудувати залежність $t = f(I_d)$ та зробити аналіз проведеного досліджу.

6. Висновки по роботі.

Контрольні питання

1. З якою метою використовуються автоматичні повітряні вимикачі?

2. Які види захисту забезпечують автоматичні повітряні вимикачі?

3. Принцип дії автоматичного повітряного вимикача, електромагнітного, ігнітронного і тиристорного контакторів.

4. Яким чином здійснюється захист:

а) від максимального струму;

б) від зниження напруги в мережі?

5. Методика проведення дослідження впливу струму навантаження на тривалість запізнення вимикання автомата.

6. Які переваги та недоліки механічних, електромагнітних, ігнітронних та тиристорних контакторів, що використовуються в машинах контактного зварювання?

7. Сутність синхронного й асинхронного вмикання і вимикання зварювального струму.

8. Які негативні наслідки можуть виникати під час асинхронного вмикання і вимикання зварювального трансформатора машин контактного зварювання?

Лабораторна робота № 8

Підготовка до роботи, налагодження і технічне обслуговування машин контактного зварювання

Мета роботи: вивчити порядок підготовки до роботи, налагодження і технічного обслуговування машин для контактного зварювання; ознайомитись з методикою вимірювання великого електричного опору, дослідити стан ізоляції зварювального трансформатора машини для контактного зварювання.

Загальні відомості

Машини для контактного зварювання класифікуються за наступними ознаками:

- за видом виконуваного зварювання – для стикового, точкового, рельєфного, шовного і шовно-стикового зварювання;
- за призначенням – універсальні і спеціалізовані;
- за способом установки – стаціонарні і пересувні;
- за способом живлення – змінним струмом промислової частоти, низькочастотні, випрямленим струмом, енергією розрядження конденсаторів;
- за будовою механізму стискання або осаджування – важільні, пружинні, механічні, пневматичні, пневмогідравлічні, гідравлічні.

Загальними вузлами контактних машин є: зварювальний трансформатор з перемикачем ступенів потужності; регулятор циклу зварювання; переривач або контактор; зварювальний контур; механізм стискання (осаджування); система водяного охолодження; пневматична або гідравлічна система. Ці вузли розташовуються в корпусі або станині.

Зварювальний трансформатор броньового типу складається із магнітопроводу, первинної обмотки, розділеної на

секції, і вторинної обмотки із одного витка (у підвісних точкових машинах вторинна обмотка має 2 витки). Вторинна обмотка має водяне охолодження. Обмотки трансформатора розташовані на середньому стрижні магнітопроводу.

Первинна обмотка виготовляється у вигляді циліндричних або дискових котушок.

В контактних машинах зварювальний струм регулюється зміною вторинної напруги трансформатора шляхом зміни числа витків первинної обмотки, підключених до мережі. В сучасних машинах регулювання вторинної напруги здійснюється перемикачем штепсельного або барабанного типу. Він забезпечує вмикання секцій первинної обмотки на послідовну, паралельну або послідовно-паралельну роботу.

Програмований регулятор циклу зварювання забезпечує виконання певної запрограмованої послідовності роботи систем і механізмів, регулює тривалість дії циклів зварювання, за допомогою фазового регулювання плавно змінює нагрівання на кожному ступені регулювання потужності, стабілізує кількість теплоти під час зварювання ($\pm 3\%$) при коливанні напруги мережі живлення від -15 до $+5\%$ від номінального значення.

Сучасні переривачі тиристорного типу слугують для синхронного підключення зварювального трансформатора до силової мережі і синхронного його вимикання. Електромагнітні контактори використовуються для вмикання трансформаторів стикових зварювальних машин будь-якої потужності та неавтоматизованих машин точкового зварювання низької продуктивності.

Система водяного охолодження забезпечує охолодження вторинного витка трансформатора, струмопроводів вторинного контуру, робочого інструменту (електродів). Може піддаватися охолодженню проточною водою зона зварювання (шовне зварювання).

Підключення і підготовка

до роботи машин контактного зварювання

Машини установлюються в пожежно безпечному приміщенні. Місце розташування вибирається з урахуванням можливості вільного доступу до всіх пускових і налагоджувальних пристроїв. Необхідно враховувати особливості зварюваної конструкції та технологічного процесу її виготовлення. Для установлення машини не потрібен спеціальний фундамент. Вона може розташовуватись на підлозі і закріплюватись болтами.

До двофазних (однофазних) машин необхідно підводити:

а) два кабелі необхідної площі поперечного перерізу для приєднання до силової мережі;

б) магістраль стиснутого повітря з тиском $0,63 \pm 0,05$ МПа;

в) трубопровід охолодної води і каналізації.

Машину необхідно заземлювати.

Перед включенням машини необхідно виконати наступні підготовчі операції.

Виконати підтягування всіх болтових з'єднань, нанести мастило на поверхні тертя через маслянки (крім струмопідводів до валів обертання шовних машин), заповнити маслом маслорозподільчі резервуари і корпуси редукторів. Струмопровідні вали обертання шовних машин змащують через прес-маслянки графіто-касторовим мастилом, до його складу входить 25...30 % лускатного графіту марки А.

При включенні води перевіряють герметичність з'єднань. Одночасно перевіряють надходження води в окремих відгалуженнях. У разі необхідності відгалуження очищають, продувають стиснутим повітрям.

Пневматичну систему перевіряють при повністю відкритих регулювальних гвинтах редукторів. Перевіряють герметичність з'єднань, втрати повітря через гумові ущільнення

пневматичних циліндрів і клапанів. Аналогічно перевіряють гідросистеми в машинах з гідравлічним приводом.

Перевірку роботи всіх механізмів і систем виконують на холостому ході, тобто при вимкненому зварювальному трансформаторі. Його можна вимкнути, звільнивши один із штепселів із штекерного перемикача ступенів регулювання струму.

Перед включенням машини в роботу необхідно виміряти опір ізоляції первинної обмотки зварювального трансформатора. Цей опір повинен бути не менше 1 МОм. Необхідно також контролювати величину активного опору вторинного контура. Він не повинен перевищувати опір, зазначений у паспортних даних, на 25 % для машини змінного струму і на 10 % – для решти машин. Цей опір суттєво впливає на зовнішню вольт-амперну характеристику і, як наслідок, на величину зварювального струму.

Настроювання машин для зварювання тиском полягає в підготовці їх до контактного зварювання виробів. У першу чергу вибираються електроди, проводиться їх підготовка, припасовування, відновлюється форма робочої поверхні.

Для точкового і рельєфного контактного зварювання головними визначальними параметрами є: зварювальний струм, тривалість його протікання, зусилля стискання на електродах і тривалість його дії. На режим зварювання також впливають розміри і склад металу електродів, розміри і форма їх контактної поверхні. При зварюванні деталей однакової товщини використовують електроди з однаковим діаметром та з однакового матеріалу. При зварюванні різнорідних металів або деталей різної товщини для симетричного розташування ядра точки відносно стика зварювання використовують верхній і нижній електроди різних діаметрів або із металів з різними теплопровідністю та електропровідністю. Точка зміщується в сторону електрода меншого діаметра, а також

виготовленого з менш теплопровідного або менш електропровідного металу.

Форма робочої поверхні електрода залежить від властивостей зварюваного металу. Для зварювання конструкційних сталей використовують електроди з конічною робочою поверхнею і плоским контактом діаметром $d_e = 28 + 3$ мм, де δ – товщина однієї із деталей, мм (для $\delta \geq 0,5$ мм). Для зварювання листів з високою тепло- та електропровідністю використовуються електроди зі сферичною робочою поверхнею.

Залежно від форми і розмірів зварювальної конструкції на машинах установлюють мінімальний виліт і розхил електродів. Це забезпечує мінімальну потужність споживаної електроенергії із мережі. Індуктивний опір вторинного контуру машини пропорційний площі, утвореній елементами вторинного контуру.

Перемикачем ступенів вибирають необхідний коефіцієнт трансформації зварювального трансформатора. Коефіцієнт трансформації вибирають за зовнішніми характеристиками машини таким чином, щоб струм короткого замикання перевищував зварювальний на 15...20 %, або його вибирають дослідним шляхом під час зварювання контрольних зразків. Залежно від результатів дослідження якості зварних з'єднань зразків режим зварювання корегується.

За допомогою регулятора циклу зварювання виставляються тривалість *стискання, зварювання, проковування і паузи*. Ручку регулятора *нагрівання* ставлять в середнє положення і нею здійснюють остаточне настроювання режиму під час зварювання контрольних зразків.

Настроювання машин для шовного зварювання виконують у тій же послідовності, що і для машин точкового зварювання. Але необхідно додатково визначати швидкість

зварювання. За призначеною швидкістю зварювання визначають число обертів ведучого електрода:

$$n = \frac{v_{зв}}{60\pi d},$$

де n – число обертів ведучого електрода, об/хв; $v_{зв}$ – швидкість зварювання, м/год; d – діаметр ведучого електрода, м.

Регулювання швидкості обертання електрода n здійснюється зміною числа обертів електродвигуна (для машин з електродвигуном постійного струму) або зміною передавального числа від двигуна до вала електрода клиновим пасовим варіатором, за допомогою ковзної муфти або зміною шестірень редуктора. Крім цього, на регуляторі циклу зварювання вибирають тривалість імпульсу зварювального струму і паузи між імпульсом, які узгоджують зі швидкістю зварювання таким чином, щоб кожна наступна точка перекривала попередню на 40...60 % для забезпечення герметичності зварного з'єднання. Остаточне корегування режиму зварювання здійснюється на підставі зварювання дослідних зразків.

Настроювання машин для стикового зварювання розпочинають із регулювання губок з використанням шаблонів або калібрів. Остаточна перевірка і регулювання губок здійснюються в залежності від зміщення зварених деталей або викривлення їх осі. Після цього виставляють на машині наступні параметри: установну довжину, припуски на оплавлення й осаджування, швидкості та закон зміни переміщення рухомої плити машини під час оплавлення й осаджування деталей, зусилля затискання деталей та їх осаджування, напругу холостого ходу зварювального трансформатора.

Для стійкого проходження процесу зварювання необхідно, щоб зварювальний струм під час оплавлення протікав

безперервно і змінювався за заданим законом, наприклад, з постійним зростанням. Режим зварювання можна контролювати й аналізувати на підставі осцилограм процесу зварювання.

Технічне обслуговування машин контактного зварювання

Для забезпечення тривалої працездатності зварювального устаткування й отримання якісних зварних з'єднань необхідно здійснювати технічне обслуговування устаткування і проводити періодичну перевірку та його ремонт за установленим графіком. Роботи з обслуговування і ремонту повинні виконуватися в плановому порядку відповідно до рекомендацій експлуатаційної документації устаткування.

До складу цих робіт входять: міжремонтне обслуговування, огляди, малі, середні, капітальні і позапланові ремонти.

У технічній документації, що входить у комплект зварювального устаткування, заводи-виготовлювачі вказують гарантійні терміни безаварійної роботи за умови дотримання всіх правил його зберігання та експлуатації.

Основні види робіт з технічного обслуговування зварювального устаткування наводяться у відповідних розділах технічної документації устаткування.

Щоденне технічне обслуговування машин для контактного зварювання передбачає:

- а) перевірку надійності заземлення;
- б) перевірку герметичності системи охолодження, пневматичних (гідравлічних) пристроїв і систем;
- в) змащування ковзних контактів шовних машин;
- г) відновлення форми робочої поверхні електродів.

Щотижня перевіряється наявність мастила у вузлах переміщення і тертя.

Один раз на місяць виконуються наступні роботи:

а) вимірювання активного опору зварювального контуру. Його опір не повинен перевищувати паспортних значень на 25 % для однофазних машин і на 10 % для трифазних та інших типів машин;

б) очищування контактних поверхонь струмопроводів від пилю, бруду, підтягування болтових з'єднань;

в) вимірювання зусилля стискання на електродах;

г) перевіряється прогин (на осі електрода) і порівнюється з паспортним значенням;

д) очищування від старого мастила ковзних контактів шовної машини і нанесення нового ка스토-графітового мастила;

е) перевірка і зачищування контактів допоміжних реле;

є) вимірювання температури охолодної води.

Один раз на 3 місяці виконується вимірювання опору ізоляції первинної обмотки трансформатора.

Один раз на 6 місяців здійснюється регулювання пускової апаратури (педалі, кнопки пускачів і т. п.). Крім зазначених можуть виконуватись спеціальні роботи, передбачені документацією на машину, особливостями технологічного процесу, умовами експлуатації устаткування.

Своєчасний ремонт і правильна експлуатація зварювального устаткування визначають термін його служби, експлуатаційну надійність і довговічність.

Вимірювання електричного опору ізоляції зварювального трансформатора машини контактної зварювання

Електроізоляційні матеріали мають деяку провідність і тому, під дією прикладеної напруги U , через ізоляцію протікає струм $I_{\text{в}}$, який називається струмом витоків.

Під час зберігання зварювального устаткування і в процесі його експлуатації в несприятливих умовах може зменшуватись електричний опір ізоляції струмопроводів. Це приведе до збільшення струму витоків, що може призвести до виходу устаткування із ладу, ураження людини електричним струмом. Таким чином, стан ізоляції в значній мірі визначає ступінь безпеки експлуатації зварювального обладнання. Опір ізоляції в мережах з ізолюваною нейтраллю визначає величину струму $I_{л}$, який за несприятливих умов проходить через тіло людини:

$$I = \frac{3U_{\phi}}{3R_{л} + r_{із}},$$

де U_{ϕ} – фазна напруга мережі, В; $R_{л}$ – опір людини, Ом; $r_{із}$ – опір ізоляції струмопроводу, Ом.

За поганого стану ізоляції часто відбувається її ушкодження за рахунок значного струму витоків, що призводить до замикання на корпус, коротких замикань. У разі замикання на корпус створюється загроза ураження людей струмом тому, що неструмопровідні складові устаткування, з якими людина нормально має контакт, опиняються під напругою. Зменшується опір ізоляції струмопроводів внаслідок її пошкодження механічно, хімічно, під дією тепла та ін., старіння, за рахунок абсорбції вологи ізолювальним матеріалом, в результаті чого погіршуються її ізолювальні властивості (активний опір зменшується, збільшуються витрати струму витоків).

Для зварювального обладнання може здійснюватися приймально-здавальний, періодичний і постійний контроль стану ізоляції. Приймально-здавальний контроль здійснюється під час введення зварювального устаткування в роботу щойно виготовленого або після ремонту. Періодичний

контроль стану ізоляції виконується під час технічного обслуговування устаткування в зазначені терміни (зазначається в паспорті на устаткування або у графіку на технічне обслуговування). Для запобігання ураженню людини електричним струмом і утворенню значного струму витоків необхідно вживати заходи щодо підтримання опору ізоляції в безпечних межах.

При зменшенні опору непошкодженої механічно ізоляції нижче допустимих значень у більшості випадків для його відновлення достатньо виконати висушування ізоляції. Висушування ізоляції можна виконати за допомогою розігрітого сухого повітря або шляхом розміщення устаткування в сухому приміщенні і включення його в роботу з незначним навантаженням. У процесі сушіння ізоляції необхідно передбачити заходи, за яких унеможливиться перегрівання струмопроводів і складових устаткування.

Опір ізоляції вимірюється за допомогою мегомметра. Він служить для вимірювання великого електроопору (понад $1 \cdot 10^6$ Ом). Мегомметрами вимірюється електричний опір під дією напруги 100, 500, 1000 і 2500 В. Це дає можливість вимірювати опір ізоляції під дією напруги, близької до робочої.

Струм електричних витоків змінюється від максимального на початку до усталеного в залежності від тривалості дії прикладеної напруги. У зв'язку з цим показники приладу фіксуються не раніше, ніж через 60 с після прикладення напруги. Для сухої ізоляції усталений струм електричних витоків досягається за більш тривалий термін. Таким чином, за швидкістю досягання усталеного струму електричних витоків можна оцінювати ступінь вологості ізоляції.

Ізоляція вважається достатньо сухою, якщо

$$K_a = \frac{R_{60}}{R_{15}} \geq 1,3,$$

де K_a – коефіцієнт абсорбції вологи; R_{60} і R_{15} – опір ізоляції через 60 і 15 с відповідно після прикладення напруги.

Як правило, якість ізоляції оцінюється її опором R_{60} шляхом його порівняння з наведеним опором у паспорті на устаткування.

Методика проведення роботи

Дослідження стану ізоляції обмоток трансформаторів машин для контактного зварювання.

Обмотки зварювальних трансформаторів повинні мати опір ізоляції 0,5...1,0 МОм. Вимірювання великого електричного опору ізоляції зварювального обладнання необхідно проводити мегомметром на 1000 В. Вимірювання опору здійснюється (рис. 8.1) між первинною обмоткою і корпусом Ω_1 , між вторинною обмоткою і корпусом Ω_2 , а також між первинною і вторинною обмотками Ω_3 .

Перед вимірюванням опору ізоляції трансформатора необхідно відключити фільтр придушення радіоперешкод. Для вимірювання опору досліджуваних ділянок результати вимірювань фіксувати через 60 с після вмикання мегомметра.

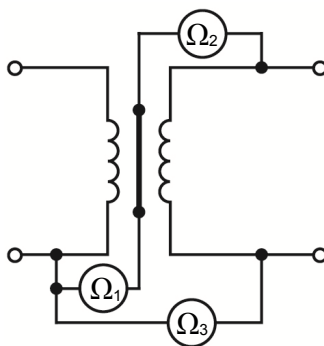


Рис. 8.1. Схема вимірювання опору ізоляції трансформатора

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з документацією на запропоновану ви-
кладачем зварювальну машину.
2. Вивчити будову машини та умови її експлуатації.
3. Ознайомитись з системами машини.

4. Провести зовнішній огляд машини.
5. Перевірити роботу машини на холостому ході.
6. Установити режим та виконати пробне зварювання зразків.
7. Провести дослід з вимірювання електричного опору ізоляції трансформатора:
 - а) ознайомитись з інструкцією на експлуатацію мегомметра;
 - б) підключити мегомметр для вимірювання опору ізоляції між первинною обмоткою трансформатора і корпусом; виконати 3 вимірювання опору;
 - в) підключити мегомметр для вимірювання опору ізоляції між вторинною обмоткою трансформатора і корпусом; виконати 3 вимірювання;
 - г) підключити мегомметр для вимірювання опору ізоляції між первинною і вторинною обмоткою трансформатора; виконати 3 вимірювання;
 - д) порівняти значення вимірюного опору із паспортними даними і провести аналіз отриманих результатів дослідів.

Зміст звіту

1. Загальні питання щодо способів контактного зварювання.
2. Основні складові машин для контактного зварювання, їх призначення та взаємодія.
3. Вибір та регулювання режимів контактного зварювання.
4. Підготовка машини точкового зварювання до роботи.
5. Технічне обслуговування машин контактного зварювання.
6. Загальні положення щодо опору ізоляції.
7. Методика використання мегомметра.
8. Методика дослідження опору ізоляції обмоток трансформатора.

9. Аналіз отриманих результатів дослідів та висновки по роботі.

Контрольні питання

1. Які основні складові входять до складу машин для контактного зварювання, їх функціональне призначення та взаємодія під час роботи установки?

2. Як регулюється вторинна напруга холостого ходу на машинах контактної зварювання?

3. Які операції необхідно виконати під час установки контактних машин?

4. Як здійснюється підготовка машини до зварювання?

5. Яким чином регулюється струм зварювання на машині точкового зварювання?

6. Яким чином регулюється швидкість шовного зварювання?

7. Які види технічного обслуговування здійснюються для машин контактної зварювання?

8. Чим обумовлений струм витоків ізоляції?

9. Які фактори впливають на опір ізоляції зварювального обладнання?

10. Як впливає опір ізоляції на експлуатацію зварювального обладнання?

11. Як вимірюється опір ізоляції обмоток трансформатора?

12. Які терміни призначаються для перевірки стану ізоляції?

13. Як визначити величину струму, що може протікати через тіло людини?

14. Який показник використовують для оцінки вологості ізоляції?

15. Як визначити ступінь вологості ізоляції?

16. Як відновлюється опір неушкодженої ізоляції у разі його зменшення?

**Техніка безпеки під час роботи
на машинах для контактного зварювання**

Під час експлуатації зварювальних машин значну увагу слід приділяти питанням техніки безпеки. Робота на зварювальних машинах може бути небезпечною з різних точок зору. По-перше, зварювальна машина – це електротехнічна установка з напругою живлення 220 або 380 В, а на окремих частинах машини або її апаратурі напруга може бути суттєво вищою, а тому є небезпека ураження електричним струмом. По-друге, машини мають механічно рухомі приводи зусилля, що у разі необережного поводження з ними може бути причиною важких тілесних ушкоджень. Крім того, більшість зварювальних машин перетворюють електричну енергію в теплову, тому можливі опіки, ураження очей бризками розплавленого металу, отруєння шкідливими речовинами, металічним пилом і т. п.

Вторинна напруга машин контактного зварювання низька і безпечна для життя зварника. Лише у випадку пробією первинної напруги на вторинну обмотку трансформатора можливе потрапляння високої напруги на вторинний контур машини. Тому вторинний контур машини безпосередньо з'єднаний з її корпусом, який обов'язково повинен бути надійно заземленим.

Робота зварювальної машини без надійного заземлення корпусу категорично забороняється. Якщо через конструктивні або електричні особливості зварювальний контур не може бути заземленим, то така машина оснащується або автоматичним вимикачем напруги мережі живлення під час паузи між зварюванням, або автоматичним захистом, що вимикає напругу живлення у разі випадкової появи підвищеної напруги

на вторинному контурі машини. В процесі роботи необхідно систематично перевіряти надійність заземлення корпусу машини, шафи керування, а в машинах без заземлення вторинного контуру – ще і чіткість роботи автоматичного захисту.

Під час роботи всі струмопровідні частини машини і шафи керування мають бути надійно зачинені дверцятами, закритими замками. Рекомендується переставляти ножі перемикачів ступенів регулювання зварювального струму лише після знеструмлення машини. У зв'язку з цим кожна машина повинна мати окремий мережевий вимикач. Для аварійного знеструмлення машини необхідно кнопку управління вимикачем винести на видне і доступне місце. Ця умова особливо важлива для експлуатації машин, неоснащених автоматичними вимикачами та системами блокування дверей.

Перш ніж розпочати огляд або ремонт, необхідно відімкнути машину і шафу керування від мережі, пересвідчитись у відсутності напруги за допомогою справних переносних вимірювальних приладів або індикаторів напруги та вжити заходи для запобігання подаванню напруги до місця роботи. На відповідному вимикачі необхідно розмістити плакат "Не вмикати, працюють люди". Після закінчення робіт цей плакат знімають. Під час ремонту конденсаторних зварювальних машин, а також апаратури керування, до складу яких входять ємнісні фільтри в джерелах живлення, слід пересвідчитись у відсутності залишкової напруги на конденсаторній батареї та, якщо конденсатори заряджені, розрядити їх через зовнішній активний опір.

Якщо за видом роботи необхідно проводити вимірювання при увімкнутій напрузі живлення, то необхідно пам'ятати, що на багатьох внутрішніх елементах, в тому числі на корпусах тиристорів та їх охолоджувачах, на перемикачах ступенів регулювання зварювального струму, є висока напруга.

Підключення електронного осцилографа до елементів первинного кола зварювальної машини повинно супроводжуватися спеціальними заходами безпеки: осцилограф необхідно розміщувати на електрично ізольованій підставці, що унеможливило заземлення його корпусу, а персонал має бути попередженим щодо небезпеки торкання до корпусу осцилографа, також і під час його регулювання ручками налаштування. Якщо використовуються трансформатори струму, то необхідно слідкувати, щоб їх вимірювальна обмотка була підключена до стрілочного вимірювального приладу або коротко замкнутою. В протилежному випадку на цій обмотці під час протікання струму може з'являтися висока напруга, небезпечна для життя.

Джерела високої напруги повинні розташовуватися таким чином, щоб можливість торкання до струмопровідних частин або навіть наближення до цих частин була повністю виключена. Краще такі джерела розташовувати за перегородкою з дверима, забезпеченими системою блокування.

Суттєву небезпеку являють собою механічно рухомі частини машин. Рухомий повзун на машинах точкового і шовного зварювання, механічні затискачі машин для стикового зварювання у разі неуважного або безвідповідального ставлення до них можуть травмувати людину. На деяких машинах контактного зварювання зачищення і заміна електродів повинні супроводжуватися особливими заходами обережності, що виключають самодовільне опускання верхнього електрода. На тих машинах, привід яких опускається після знеструмлення, необхідно установлювати упори, розпірки. Під час роботи на машинах з нормально піднятим повзуном слід особливо стежити за пусковою кнопкою або педаллю, щоб випадкове натискання на них не призвело до травм зварника.

Необхідно бути особливо обережним під час роботи на рельєфних пресах. Рекомендується вмикання приводу рельєф-

ної машини виконувати натисканням на двокнопочний ви-микач, що використовує дві руки оператора. На підвісних машинах необхідно стежити за справністю систем підвішування як самих зварювальних лещат, так і зварювальних трансформаторів.

Для захисту обличчя та очей зварника від опіків, можливих внаслідок випліскування рідкого металу під час стикового зварювання оплавленням або під час точкового і шовного зварювання неякісно очищених заготовок та розташуванні зварного з'єднання близько від кромки, при неправильно вибраному режимі зварювання і т. д., необхідно установлювати в зоні зварювання захисні екрани із органічного скла або розсувні штори із негорючого брезенту. Крім того, зварник повинен користуватися захисними окулярами з прозорим склом. У процесі зварювання деталі інтенсивно розігріваються, і зняття їх з машини без рукавиць, кліщів або спеціальних пристроїв може призвести до опіків рук.

У процесі експлуатації машини необхідно наглядати за герметичністю пневмо- і гідросистем, не допускати витоків повітря, води, масла, які через деякий час можуть ініціювати виникнення аварії.

Адміністрація підприємств зобов'язана щоквартально проводити кваліфікований інструктаж робітників, зварників щодо заходів обережності і правил безпечної роботи на зварювальних машинах. Зварники повинні щорічно здавати іспити з правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок з напругою до 1000 В, а у разі необхідності – і з напругою понад 1000 В.

Зварники повинні добре знати будову зварювальної установки, знати її особливості та небезпеки, що можуть виникати у разі необережного поводження з нею. Особлива увага звертається на попереджувальні написи на устаткуванні

в технічній документації на це устаткування. Необхідно чітко знати і розуміти оперативну індикацію, що є на машині, і у разі необхідності вміти зняти напругу з машини, зупинити переміщення її частин. Увесь працюючий персонал повинен вміти користуватися засобами захисту, а у разі нещасного випадку вміти надавати первинну допомогу до прибуття медичних працівників.

Додаток 2

Режими зварювання безперервним оплавленням виробів з площею поперечного перерізу до 2000 мм² з вуглецевих, низьколегованих та високомісних сталей

Діаметр стержня або товщина стілки, мм	Параметри режиму			
	Тривалість зварювання, с	Установна довжина, мм	Припуск на оплавлення, мм	Припуск на осаджування, мм
3,00	6,50	30,00	11,00	4,50
3,50	7,50	35,00	13,00	5,00
4,00	9,00	38,00	14,00	5,50
4,50	10,00	40,00	16,00	6,00
6,50	16,00	50,00	18,00	7,00
9,00	27,00	60,00	22,00	8,50
10,00	33,00	65,00	23,00	9,00
11,50	36,00	70,00	24,00	9,50
12,50	15,00	70,00	25,00	10,00
14,00	50,00	75,00	26,00	10,50
15,00	56,00	75,00	27,00	10,50
16,50	63,00	80,00	28,00	11,00
18,00	70,00	85,00	29,00	11,00
20,00	83,00	90,00	30,00	12,00
23,00	97,00	95,00	32,00	12,00
25,00	110,00	100,00	33,00	13,00

Додаток 3

Технічні характеристики машин стикового зварювання

Марка	Тип	Найбільший вторинний струм, кА	Найбільша потужність, кВА	Зусилля		Зусилля стиснення, кН	Кількість ступенів регулювання	Діапазон вторинної напруги, В	Зварювані перерізи, мм ² ; (діаметр, мм); [товщина]	
				осадки	кН				сталь (0,5...7)	алюміній (0,5...6) (міль 0,4...5)
MCC-901	Універсальна для зварювання опором	9,0	1,25	0,005...0,180	1,0	16	16	0,55...2,05	(сталь 0,5...7)	(алюміній 0,5...6) (міль 0,4...5)
MCC-1902		19,0	4,80	0,3...1	4,0	8	8	1,1...2,9	(сталь 3...12)	(алюміній 4...12) (міль 3...10)
MCO-201	Універсальна для зварювання оплавленням	45,0	61,00	4,0	—	8	8	3,4...6,8	120...1400 (до 35)	80...300 (до 20)
MCO-401Э		15,0	110,00	36,0	700,0	6	6	3,0...6,2	80...300 (до 20)	160...2000 (до 40)
MCO-606		52,0	100,00	63,0	100,0	16	16	4...8	160...2000 (до 40)	160...2000 (до 40)
K-190ПА	Спеціалізована для зварювання рейок	—	150,00	800,0	1700,0	—	—	4,2...7,3	18000	18000
K-1100		84,0	200,00	840,0	2200,0	—	—	—	10000	10000
K-900A1		63,0	150,00	500,0	—	—	—	—	10000	10000
MC-1205	Спеціалізована для зварювання трубопроводів	40,0	—	125,0	200,0	—	—	5,6...8,5	Труба (42...83)	Труба (42...83)
K-584M		64,0	—	500,0	1000,0	—	—	7,3	Труба (114...325)	Труба (114...325)
K-700-1		615,0	—	4000,0	15000,0	—	—	7,4	Труба (1420)	Труба (1420)

Додаток 4

Розміри точкових та роликкових з'єднань

Товщина тонкої деталі, мм	Діаметр ядра точки, мм	Ширина зони роликкового шва, мм	Мінімальний напусток при однорядному шві, мм	Відстань осі шва від краю напустку, мм	Мінімальний крок точок		
					Низько- та середньопе- говані сталі, мм	Нержавіючі жароміцні сталі та сплавні, титан, мм	Мідні сплави, мм
0,3	2,5...3,5	2,0...3,0	6,0	3,0	7,0	5,0	8,0
0,5	3,0...4,0	2,5...3,5	8,0	4,0	10,0	7,0	11,0
0,8	3,5...4,5	3,0...4,0	10,0	5,0	11,0	9,0	13,0
1,0	4,0...5,0	3,5...4,5	12,0	6,0	12,0	10,0	15,0
1,2	5,0...6,0	4,5...5,5	13,0	6,5	13,0	11,0	16,0
1,5	6,0...7,0	5,5...6,5	14,0	7,0	14,0	12,0	18,0
2,0	7,0...8,5	6,5...8,0	16,0	8,0	18,0	14,0	22,0
2,5	8,0...9,5	7,5...9,0	18,0	9,0	20,0	16,0	26,0
3,0	9,0...10,5	8,0...9,5	20,0	10,0	24,0	18,0	30,0
3,5	10,5...12,0	9,0...10,5	22,0	11,0	28,0	22,0	35,0
4,0	12,0...13,5	10,0...11,5	26,0	13,0	32,0	24,0	40,0

Додаток 5

Технічні характеристики машин для точкового та шовного зварювання

Марка	Діаметр стрижнів арматури, мм, класу: В1, А1		Потужність при ПВ = 50%	Швидкість зварювання, м/хв	Діапазон зварюваних товщин, мм:		
	В1, А1	А11, А111			низьковугле- цевих сталей	нержавіючих і титанових сплавів	алюмінієвих сплавів
КТ 002	3...12	—	—	—	0,5...3,5	—	—
МТ 2202	4...16	6...10	—	—	0,5...5	0,5...1	0,5...0,8
КТ 007	4...25	5...20	—	—	0,5...8	0,5...5	латунь 0,3...1,7
КШ 002	—	—	270	0,4...0,6	0,5...3	0,3...2,5	—

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. **Аксельрод, Ф. А.** Оборудование для сварки давлением [Текст] : учебное пособие / Ф. А. Аксельрод, А. М. Миркин. – М. : Высшая школа, 1975. – 238 с.
2. **Аксельрод, Ф. А.** Основы электротехники и электроники [Текст] : учебное пособие / Ф. А. Аксельрод, А. П. Гульденбальк, М. П. Зайцев. – М. : Профтехиздат, 1961. – 184 с.
3. **Бокштейн, О. Н.** Оборудование для контактной сварки постоянным током [Текст] : брошюра / О. Н. Бокштейн, А. М. Канин. – М. : Энергия, 1976. – 104 с.
4. **Гершунский, Б. С.** Основы электроники и микроэлектроники [Текст] : учебник / Б. С. Гершунский. – К. : Вища школа, 1989. – 423 с.
5. **Бугаенко, Б. В.** Технология и оборудование контактной сварки [Текст] : методическое пособие / Б. В. Бугаенко, Л. П. Кравченко. – Николаев : НКИ, 1977. – 28 с.
6. **Бугаенко, Б. В.** Технология и оборудование контактной сварки [Текст] : методическое пособие / Б. В. Бугаенко. – Николаев : НКИ, 1987. – 23 с.
7. **Бугаенко, Б. В.** Технология и оборудование контактной сварки : ч. II [Текст] : методическое пособие / Б. В. Бугаенко. – Николаев : НКИ, 1982. – 43 с.
8. **Глебов, Л. В.** Расчет и конструирование машин контактной сварки [Текст] / Л. В. Глебов, А. Н. Пескарев, Д. С. Файгенбаум. – М. : Энергия, 1968. – 410 с.
9. **Глебов, Л. В.** Установка и эксплуатация машин контактной сварки [Текст] : учебник / Л. В. Глебов, Ю. Н. Филиппов, П. Л. Чулошников. – М. : Энергия, 1973. – 296 с.
10. **Зайчик, Л. В.** Контактная сварка легких сплавов [Текст] : учебник / Л. В. Зайчик, Б. Д. Орлов, П. Л. Чулошников. – М. : Машгиз, 1963. – 220 с.

11. **Аксельрод, Ф. А.** Контактная сварка [Текст] : учебное пособие / Ф. А. Аксельрод, М. П. Зайцев, Г. И. Злобин. – М. : Высшая школа, 1964. – 464 с.

12. **Недорезов, В. Е.** Электросварочные машины [Текст] : учебное пособие / В. Е. Недорезов. – М. : Машиностроение, 1977. – 312 с.

13. **Рябенський, В. М.** Схемотехніка електричних пристроїв і систем [Текст] : підручник / В. М. Рябенський. – Миколаїв : Іліон, 2011. – 390 с.

14. Сварка в машиностроении [Текст] : справочник : в 4 т. / под общ. ред. Ю. Н. Зорина. – М. : Машиностроение, 1979. – 512 с.

15. **Патон, Б. Е.** Электрооборудование для контактной сварки [Текст] / Б. Е. Патон, В. К. Лебедев. – М. : Машиностроение, 1969. – 440 с.

16. **Рыськова, З. А.** Трансформаторы для контактных электросварочных машин [Текст] / З. А. Рыськова. – М. : Энергия, 1975. – 536 с.

17. **Орлов, Б. Д.** Технология и оборудование контактной сварки [Текст] : учебное пособие / Б. Д. Орлов, А. А. Чакалев, Ю. В. Дмитриев. – М. : Машиностроение, 1975. – 536 с.

18. **Чулошников, П. Л.** Точечная и роликовая электро-сварка легированных сталей и сплавов [Текст] : учебное пособие / П. Л. Чулошников. – М. : Машиностроение, 1974. – 200 с.

19. **Усатенко, С. Т.** Выполнение электрических схем по ЕСКД : справочник / С. Т. Усатенко, Т. К. Каченюк, М. В. Терехова. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 325 с.

ЗМІСТ

Передмова	3
<i>Лабораторна робота № 1. Дослідження роботи машини для електроконтактного стикового зварювання</i>	<i>5</i>
<i>Лабораторна робота № 2. Експериментальне визначення технічних характеристик контактних машин</i>	<i>23</i>
<i>Лабораторна робота № 3. Дослідження роботи машини для точкового зварювання МТ-1215</i>	<i>36</i>
<i>Лабораторна робота № 4. Дослідження роботи регулятора циклу зварювання РЦС-403</i>	<i>51</i>
<i>Лабораторна робота № 5. Дослідження роботи конденса- торної машини ТКМ-4 для точкового зварювання</i>	<i>69</i>
<i>Лабораторна робота № 6. Дослідження роботи контактної шовної машини типу МШ-2201</i>	<i>82</i>
<i>Лабораторна робота № 7. Дослідження роботи засобів захисту від перевантаження та вмикальних засобів машин контактного зварювання</i>	<i>96</i>
<i>Лабораторна робота № 8. Підготовка до роботи, налагоджування, технічне обслуговування машин для контактного зварювання</i>	<i>111</i>
<i>Додатки</i>	<i>124</i>
Список рекомендованої літератури	133