

СПЕЦІАЛІЗОВАНІ МАШИНИ (КМ) ДЛЯ КОНДЕНСАТОРНОГО ТОЧКОВОГО МІКРОЗВАРЮВАННЯ

© Білобородченко В.І., 2007

Створено спеціалізоване обладнання для конденсаторного мікроконтактного зварювання, що працює в режимі квазіджерела напруги, завдяки складно розгалуженому розрядному контуру машини.

The inculcated equipment for the microcontactnoy condenser welding is developed, based at work in the mode of cvaziistochnica of tension, that is created difficultly by the razgalougenim bit contour of machine.

Постановка проблеми. Відсутність стандартів і визначень на мікрозварні з'єднання сприяла формуванню парку універсального обладнання для точкового контактного зварювання [1]. В умовах виробництва для обладнання перших генерацій характерні: модернізація, спроби пристосування до принципів сучасних технологій [2], а для машин нової розробки спостерігається тенденція застосування уніфікованих блоків, систем жорсткого та гнучкого керування режимом, спеціалізація на певні вироби і технології.

Основна маса серійного обладнання призначена для роботи на струмах, більших 5КА, потужності 3...5КВА, зусилля стискання від 10 даН, що обмежує досягнення та відтворюваність рівня якості малорозмірних виробів через вимушено підвищені показники зусилля стискання, розвинуті контактні поверхні електродів, об'єктивну м'якість режиму тощо.

Для цього типу виробів найприйнятнішими є машини з конденсаторними дозувальниками енергії, які володіють принциповими позитивними якостями: менша чутливість до варіації (1:5) контактної опору в початковій стадії нагрівання, плавна неперервна зміна густини струму, принципова можливість узгодження температурного поля з фізичними ефектами утворення з'єднання, монотонність зміни основних параметрів процесу (зменшення ймовірності дефектності виробів у разі порушень технології та жорстких режимах зварювання [3].

Електромеханічна система мікроконтактного зварювального обладнання комбінацією параметрів повинна гарантувати сталість процесу, захищеність від збурень, дотримання умов подібності тепла для формування зварної точки і складових теплогенератора зони електрод-електрод [4].

Істотними недоліками серійних конденсаторних дозувальників енергії є труднощі вибору технологічно-доцільної форми зварювального струму, обмежена його керованість під час зварювання, дискретність завдання установчих параметрів, несприятлива форма зовнішньої характеристики, низький ступінь спеціалізації та діапазон допуску оптимальних режимів через втрату керованості установчими параметрами при технологічно обмежених струмах [5].

Із зменшенням масогабаритних показників виробів, зростанням значення топології контактних поділів, які не мають критеріального опису, принципово необхідною жорсткістю процесу зварювання, втрачається навіть наближена подібність між станом та опором контакту (R_0) і опором короткого замикання Z силового контуру, масою рухомих частин і деформацією деталей від зусилля стискання P_e [4]. Тому складові елементи обладнання повинні забезпечити розвиток полів густини струму та деформацій за оптимальною, або наближеною формою температурного поля й задовольнити умову стаціонарності співвідношення струму зварювання (I_s) та зусилля стискання (P_e) [6].

Останнє передбачає відпрацювання збурень конденсаторними дозувальниками енергії або блоком механіки (P_e) або електрики (I_s). При розкіді значень величини опору електромеханічного силового контуру 95–105 % від номінального, зі стабілізацією решти умов, граничний рівень збурень

технологічних параметрів режиму зварювання має становити: струми підігрівання та зварювання відповідно $\pm 5-10$ і $2-5$ %, час їх дії відповідно ± 10 і 5 %. Технологічні показники струму визначаються установчими параметрами машини; при дискретності їх задавання компенсація збурень вимагає підтримування напруги зарядження конденсаторів U_z на рівні $0,5-1,5$ % [4].

Під час зварювання малогабаритних деталей типу циліндр-циліндр або циліндр-площина осаджування відбувається стадійно – нагрівання без помітного деформування, потім – інтенсивна деформація із зміною площі контакту [7]. Оптимальним розподілом енергії її імпульсу є поміркованість заведення в початковій стадії та прискорене в завершальній, для релаксації напружень зм'ягтя в контакт і запобігання виплеску [4-7]. Подібний розподіл певною мірою задовільняється схемами підігрівання (модуляція фронту набігання струму), які одночасно зменшують збурення від розкиду початкових контактних опорів.

Додатково потрібно враховувати, що для таких виробів, за технологічно необхідних малих значень зусилля стискання електродів, початковий контактний опір знаходиться в межах $1-10$ МОм, що уможливує на серійному обладнанні прояв, за певних умов, ефекту саморегулювання процесу зварювання. Його ефективність найбільша під час роботи дозувальника в режимі програма тора напруги, коли теплова потужність у зоні зварювання є функціоналом напруги на виході трансформатора та динамічного контактного опору. У такому разі стабільність тепловиділення під час коливання контактних опорів задовольняється умовою

$$R_z^* \geq 0,8Z_k, R_z^* \approx (1...1,4)Z_k, \quad (1)$$

де R_z^* – середній діючий опір зони зварювання; Z_k – приведений опір контуру.

Отже, стабільна якість контактного мікрозварювання забезпечується узгодженням принципів саморегулювання процесу розряду з підтримуваним напруги певного рівня на електродах. Останнє досягається на дозувальниках енергії з регульованою зовнішньою характеристикою в режимі джерела напруги [7], проте електрична частина серійних конденсаторних машин (дозувальників енергії), принципово не дає змоги підтримування сталості та керованості процесу зварювання на цьому рівні через роботу в режимі джерела струму. Використання джерел струмів у такому разі вимагає одночасного регулювання всіх складових діючого опору зони зварювання, що неможливо в умовах виробництва.

Мета роботи. З метою забезпечення відтворюваної якості мікроточкових зварних з'єднань спроектовані та виготовлені дозатори енергії, в яких завдяки використанню складно розгалуженого розрядного контуру та керованій перекомутації його складових виконується умова роботи в режимі квазіджерела напруги та досягається глибоке саморегулювання процесу формування зварної точки [8-10].

Вирішення проблеми. Серія спеціалізованих мікроконтактних конденсаторних машин (КМ) типу М1500Б...И, виготовлена в корпусному виконанні серійних машин загального призначення ТКМ-15 та власному варіанті (рис. 1) призначена, переважно, для зварювання робочих контактів та виводів термопар до узгоджувальних комутаційних ліній перерізом до $0,2$ мм. Номінальні струми (амплітуда) – 1500 А, максимальні (режим к.з.) – 2100 А. Привід механічний педальний та електромеханічний (режим напівавтомата), діапазон завдання зусилля стискання $0,2-10$ даН (точність завдання $P_e + 5\%$).

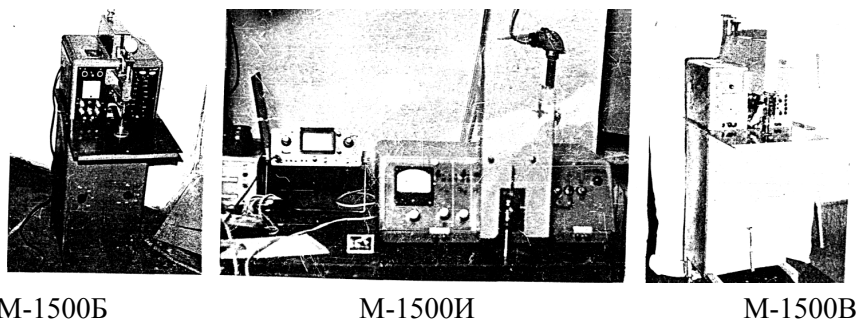


Рис. 1. Спеціалізовані машини (КМ) для конденсаторного точкового мікрозварювання

Конденсаторні дозувальники задовольняють такі вимоги: усунений вплив мережі на точність завдання енергії розряду (зарядна частина схеми (рис. 2) задовольняє принцип розриву енергетичних потоків заряду та розряду -шунтування випростовувача VD5...VD8 ключовим елементом VS2 та захист від перенапруг у режимі релаксації U_3 через вимкнення VS1); точність завдання напруги заряду U_3 не гірше $(0.995-1.005) U_{ном.}$ плавність та неперервність регулювання напруги та часу заряду при коливанні напруги живлення $(0.85-1.1)U_{ном-мереж}$; автоматичний цикл релаксації з заданою частотою; жорстка синхронізація циклу заряду з нулем фази напруги мережі; модуляція фронту набігання струму; розряд у режимі квазіджерела напруги; конструктивно рознесені силові та струмові елементи вторинного контуру, опір якого за постійним струмом не гірше 200–500 мкОм для різних варіантів КМ. Всі КМ виконані за принципом релаксаторів напруги; регульований час заряду ємностей використано для компенсації динамічної складової зусилля стискання. Основні характеристики машин наведені в таблиці.

Основні характеристики машин спеціалізованої серії M1500

Показник	варіант виконання	
	МІ 500Б МІ 500В	М 1500И
Напруга живлення мережі, В	220	
Припустиме відхилення напруги живл., %	+ 10; -15	
Частота мережі живлення, Гц	50 (60)	
Середня потужність споживання, Вт	260	
Максимальна нагромаджена енергія, Дж	54	
Привід механізму стискання	пружинний	електрмех.
Корисний виліт електродів, мм	150	60
Робочий хід електрода, мм	15	10
Зусилля стискання електродів P_e , даН	1.0.. 10	0.2.. 4.0
Межа регулювання робочої ємності C_p , мкФ	100.. 300	
Межа регулювання прохідної ємності C_n , мкФ	10.. 50	5.. 20
Межа регулювання напруги зарядження U_3 , В	40.. 600	20.. 600
ТУ, %	1	
Деталі до зварювання (товщина/діаметр), мм	0.01.. 0.3 /0.005.. 0.5	
Режим роботи	одиничний	н/автомат

Додатково КМ типу M1500В має режим осцилюючого розряду за рахунок можливого увімкнення дроселя, а M1500И – режим роботи напівавтомата при жорсткій синхронізації циклів приводу зусилля стискання P_e та релаксації напруги дозувальника енергії. Машини виготовлено в блоково-модульному варіанті з використанням уніфікованих вузлів аналогово-транзисторної техніки (рис. 2, 3).

Закладені схемотехнічні рішення та технологічні можливості КМ цієї серії дозволили їх використання для виготовлення зварних вузлів приладів з різко відмінними конструкційними матеріалами.

Робота КМ серії M-1500 (рис. 2, 3). Силовий підвищуючий трансформатор TP1 з'єднаний з мережею через випрямляч VDI... VD4, у діагональ якого увімкнений керований вентиль VS1. На інвертований вхід компаратора K1 блока заряду задається постійна, керована за рівнем, опорна напруга з резистивного дільника R2. На прямий вхід компаратора заводиться випрямлена напруга $U_{фаз.}$ від блока синхронізації, трансформатор якого фазований з TP1. Отже, на виході компаратора з'являються позитивні імпульси, передній фронт яких суворо узгоджений з фазою напруги живлення. Регулювання резисторами: R1 (величина ($U_{опор.}$), R2 (амплітуда ($U_{фаз.}$)) дозволяє додатково (через регульований фазовий зсув) компенсувати індуктивну складову навантаження TP1 та динамічну складову прикладання зусилля стискання.

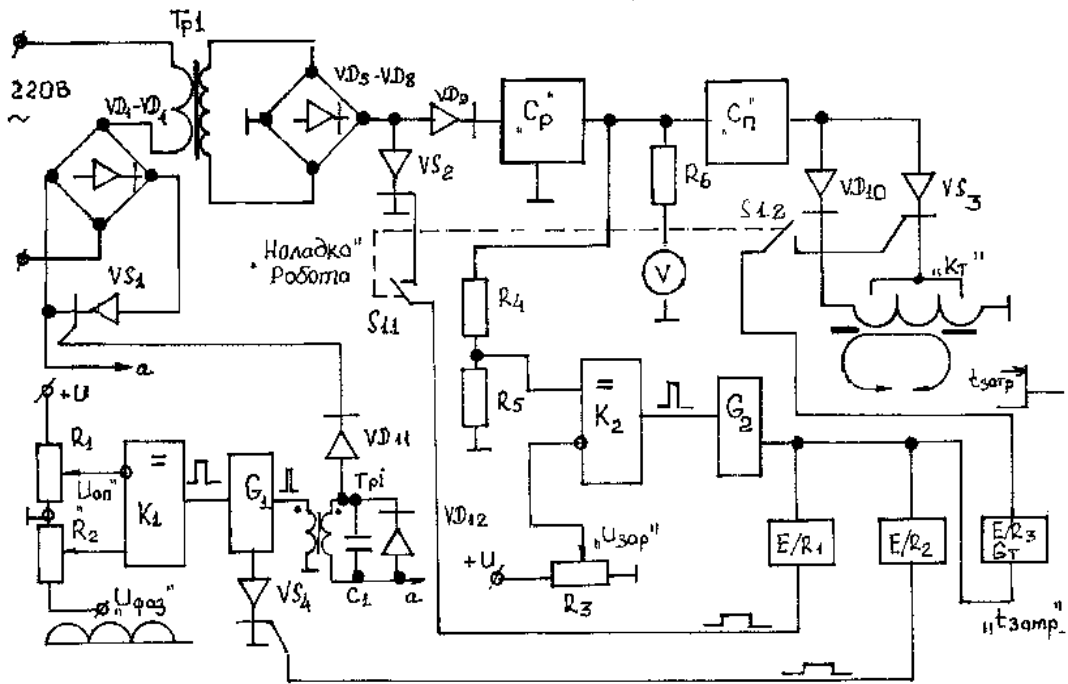


Рис. 2. Блок-схема принципова КМ серії М-1500

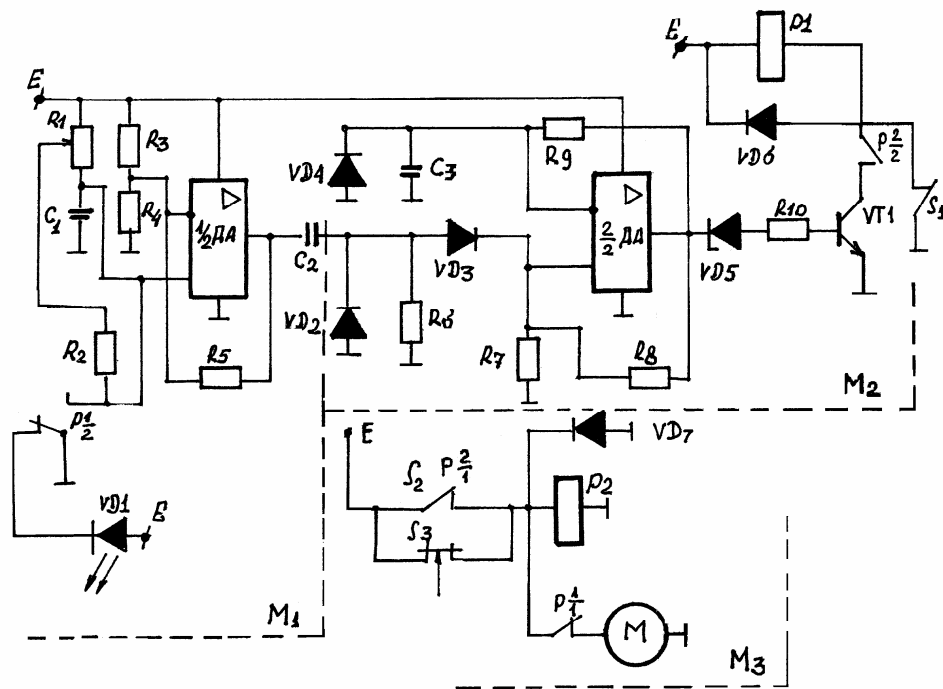


Рис. 3. Блок-схема принципова електромеханічної системи механізму стиснення (КМ серії М-1500II)

З компаратора К1 імпульс передається на генератор-розширювач G1, навантажений на імпульсний трансформатор Tr₁. З генератором G1 з'єднаний тиристор VS₄, необхідний для зриву генерації. Імпульси з Tr₁ комутуються на керуючий електрод тиристора VS₁, чим дають дозвіл на синхронне увімкнення TP1 до мережі. З вторинної підвищуючої обмотки TP1 напруга заводиться на випрямляч VD₅–VD₈ та робочі ємності C_p.

Обмеження струму заряду забезпечується стандартною схемою ємнісного опору. Напруга заряду U_z знімається через дільник R₄- R₅ на прямий вхід компаратора K₂, на інвертованому вході якого задається технологічно доцільний аналог напруги заряду з блока опорної напруги. При

виконанні умови $U_3 (R4- R5) = U_3 (R4- R5)$ на виході K2 з'являється “лог. Г”, термін існування якої залежить від рівноваги $U_3 (R4- R5) \leftrightarrow U_3$. Позитивний перепад напруги K2 потрапляє на генератор-розширювач G2, а далі через повторювачі E/RI...E/ R3 на керуючі електроди вентилів VS 2... VS4.

Відкритий ventиль VS 4 замикає, через обмежувач, на корпус частину схеми генератора G I, чим забороняється робота схеми заряду, існує умова розриву енергопотоків.

У машини M1500II механізм стискання являє комбіновану електромеханічну систему (рис. 3), виконану за модульною схемою: M1-модуль таймера, M2-модуль витримки циклу релаксації напруги робочої ємності, M3- модуль механічної групи. M1 виконано за схемою компаратора (1/2 корпусу DA) з сигналом від R1C1-зарядного ланцюга. M2-типовий загальмований мульти-вібратор (2/2 корпусу DA) з постійною часу, адекватною R9C3. На виході увімкнено, через підсилювач VT1 реле P1. При замиканні S2 заживлюється реле P2, яке контактною групою P1/2 розблоковує від потенціалу землі ємність C1 та сполучає з живленням обмотку реле P1.

Через нормально замкнену контактну групу P1/1-блок живлення навантажується на моторно-редукторну групу M механізму стискання електродів. Обертний момент перетворюється в поступальний рух електродного штоку. Одночасно спрацьовує вимикач S3, чим блокується S2. Контактна група P1/2 замикає ланцюг індикатора VDI (режим роботи “напівавтомат”). Ємність C1 заряджається через дільник R4- R3 до напруги встановленого рівня, яка подається на інвертований вхід 1/2DA.

Потенціометром R1 (час затримки) встановлюється час роботи модуля механічної групи M3, що еквівалентно досягненню на деталях заданої величини зусилля стискання. За умови $U (R4- R3) \leftrightarrow U (C1)$ видається сигнал дозволу на модуль M2 через диференціальний ланцюжок R6C2. Загальмований мультивібратор (2/2DA) видає сигнал на базу VT1; спрацьовує реле P1, яке забороняє роботу модуля M3 з одночасним дозволом на цикл релаксації робочої ємності C_p . Після відроблення часу затримки (R9C3) модуль M2 повертається в попередній стан, реле P1 знеструмується; модуль M1 наvertsється в режим очікування. Тумблер S1 дозволяє одиничний режим роботи машини.

Висновки. Створено спеціалізоване обладнання для контактної точкової мікросварювання. Установчі параметри машин і розрядний силовий контур дозволяють формувати технологічно доцільні форми струму зварювання з саморегулюванням процесу формування зварної точки.

1. Атауш В.Е., Леонов В.П., Москвин Э.Г. Разработка технологии и специализированного оборудования для точечной контактной микросварки малогабаритных деталей // Прогрессивные способы микросварки и пайки в радиоэлектронике и приборостроении. – М.: Знание, 1990. – С. 81–83.
2. Бумбиерис Э.В., Леонов В.П. Усовершенствование технологии и оборудования для контактной микросварки // Проблемы совершенствования контактной сварки: Тез. докл. ВНТК. – Псков: ЦНТО Машипром, 2000. – С. 5–7.
3. Ворона Д.С., Моравский В.Э. Пути снижения брака и повышения производительности сварочного производства изделий радиоэлектроники и точного приборостроения. – К.: Знание, 1980. – 38 с.
4. Технология и оборудование для точечной и рельефной конденсаторной сварки / В.Э. Моравский, Д.С. Ворона. – К.: Наук. думка, 1985. – 272 с.
5. Моравский В.Э., Белобородченко В.И. Оценка качества режима рельефной конденсаторной микросварки контактных элементов по косвенным параметрам // Прогрессивные способы микросварки и пайки в радиоэлектронике и приборостроении: матеріалі семінара. – М.: Знание, 1990. – С. 116–122.
6. Кашурников Ю.М. Нагрев зоны контакта при конденсаторной сварке круглых перекрещивающихся проводников // Свароч. пр-во. – 1969. – № 3. – С. 29–31.
7. Арский В.Н. Контактная точечная сварка деталей в электронной промышленности // Электроника. – М.: ЦНИИ, 1973. – № 7(95). – 73 с.
8. Декларацийний пат. 30514А. Пристрій для точкового конденсаторного зварювання. переважно тугоплавких металів / В.І. Білобородченко, В.В. Самотий. ПВ. 6-П. – 2000.
9. Декларацийний пат. 37553А. Пристрій для точкового конденсаторного зварювання. переважно тугоплавких металів / В.І. Білобородченко, В.В. Самотий. ПВ. 4. – 2001.
10. Білобородченко В.І., Самотий В.В. Математичне забезпечення (модель) розрахунку розгалуженого розрядного контуру конденсаторних зварювальних контактних машин з модуляцією струму // Зб. пр. X-ї Українсько-польської конф. САІР в машинобудуванні: проблеми навчання та впровадження. – Львів, 2005.