

Специальные машины

для контактной точечной сварки с инверторными источниками сварочного тока

Для выполнения сварных соединений изделий ответственного назначения методом контактной точечной, шовной и рельефной сварки в настоящее время используется оборудование с источниками сварочного тока переменного напряжения частотой 50 Гц или с источниками с выпрямлением сварочного тока во вторичной (выходной) обмотке сварочного трансформатора. Однако сварочные машины с источниками переменного тока частотой 50 Гц не обеспечивают стабильного качества сварных соединений.

Юрий Столповский

Павел Кольцов

Алексей Федотов

Андрей Васильев

Евгений Щевелев

Николай Зуев

info@astpskov.ru

Введение

Машины с источниками с выпрямлением сварочного тока во вторичной обмотке обеспечивают хорошее стабильное качество сварных соединений, равномерно загружают трехфазную сеть, позволяют работать с габаритными сварочными контурами (за счет резкого уменьшения индуктивной составляющей сопротивления контура при работе на постоянном токе), минимизируют изменение сварочного тока при внесении в сварочный контур больших ферромагнитных масс, минимизируют пульсации сварочного тока (практически отсутствует цикл остывания). Однако машины с источниками с вы-

прямлением имеют один недостаток: они конструктивно сложны и соответственно дороги в изготовлении и обслуживании.

Дальнейшее улучшение характеристик машин точечной сварки возможно путем перевода источников сварочного тока на источники инверторного типа, что позволяет уменьшить массогабаритные показатели машин и получить более тонкие настройки времени протекания сварочного тока. Данное направление последнее время успешно начинает осваивать ЗАО «КБ АСТ» (Конструкторское бюро по автоматизации сварочных технологий, г. Псков). Предприятие специализируется на разработке и изготовлении

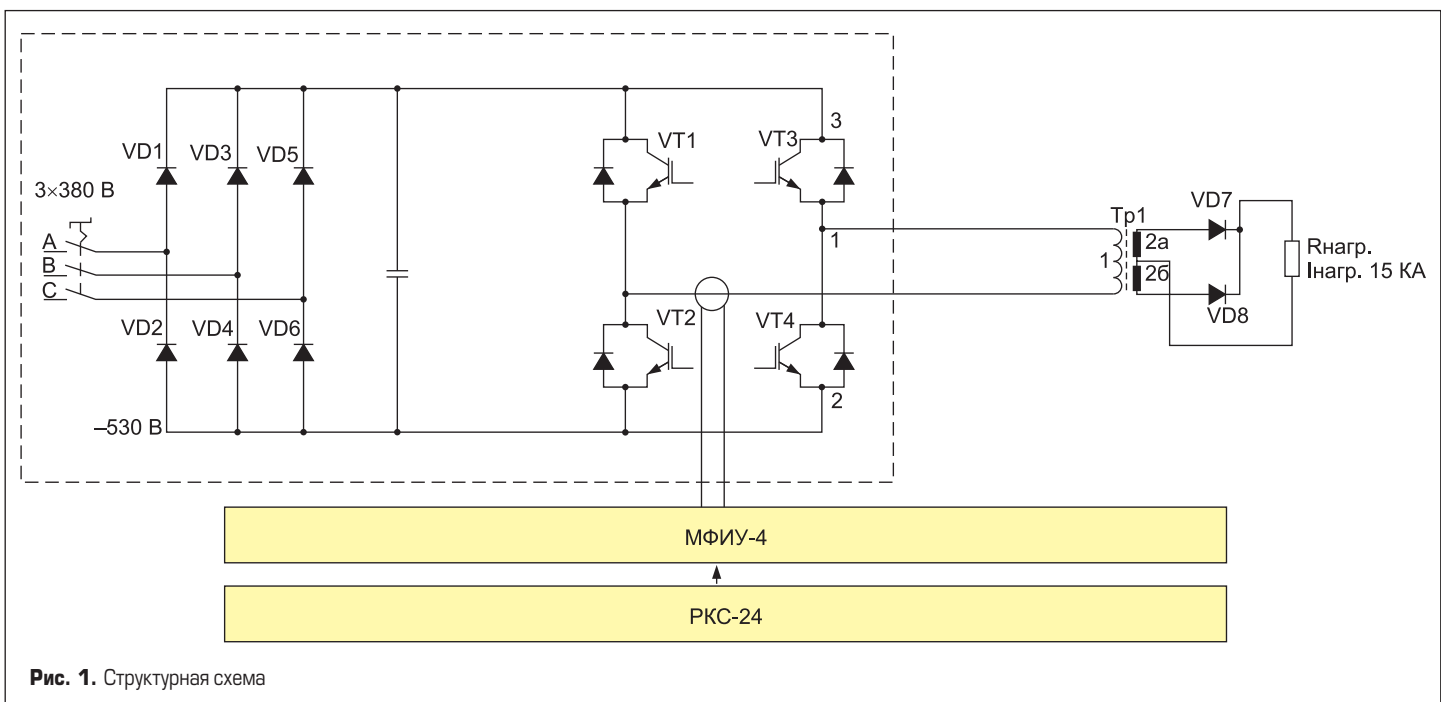


Рис. 1. Структурная схема

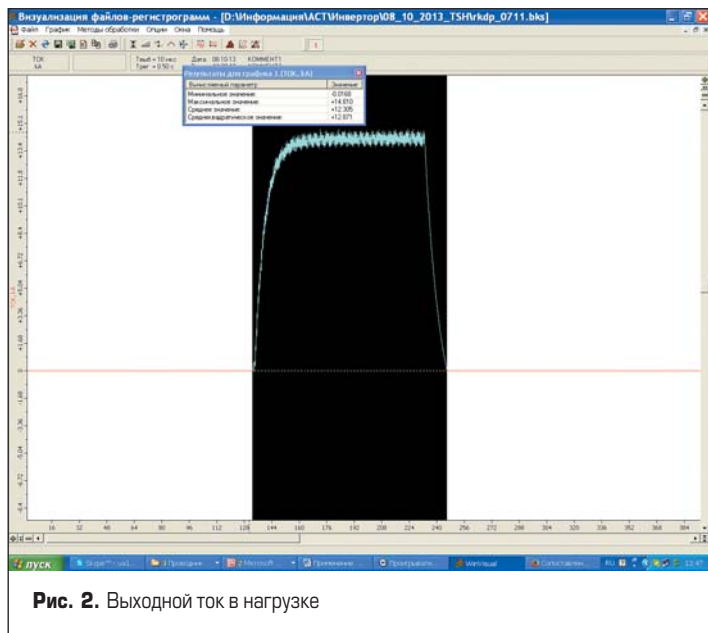


Рис. 2. Выходной ток в нагрузке

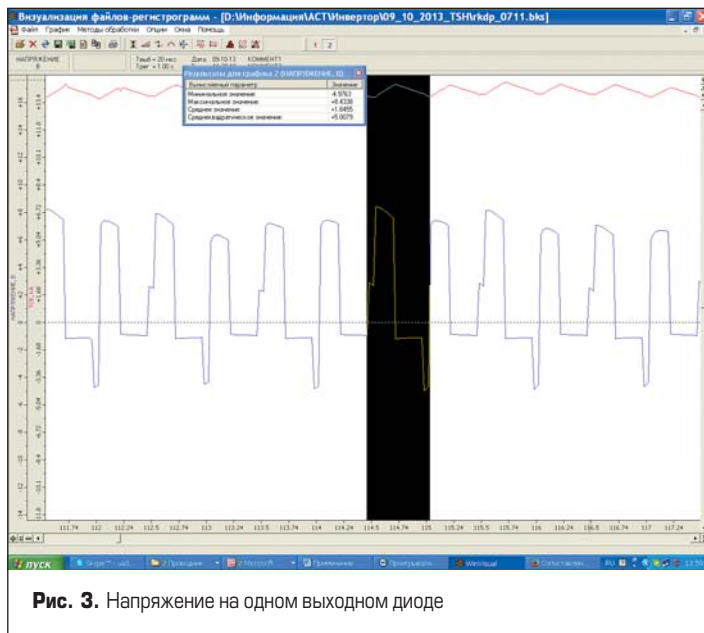


Рис. 3. Напряжение на одном выходном диоде

сложного электросварочного оборудования (специализация — точечная и стыковая сварка).

Рассмотрим один из примеров работ по внедрению источников инверторного типа в оборудование точечной сварки. По заказу одного из машиностроительных предприятий Подмосквья было разработано и изготовлено оборудование шовной сварки сильфонов. В состав данного оборудования входит силовой блок инвертора СБИ-1, сварочный трансформатор ТЩ-1, регулятор контактной сварки РКС-24.

Технические и эксплуатационные характеристики:

- номинальное напряжение питающей сети ~380 В ±10%;
- число фаз питающей сети — 3;
- частота питающей сети (50 ±1) Гц;
- максимальный выходной ток не менее 15 кА;
- номинальное выходное напряжение постоянного тока не менее 9,5 В;
- диапазон регулирования выходного тока 0,5–15 кА;
- масса не более:
 - инвертора — 15 кг;
 - трансформатора — 20 кг;
 - РКС-24 — 1 кг;
- габаритные размеры 600×400×200 мм;
- охлаждение силового блока инвертора СБИ-1 естественное воздушное, трансформатора ТЩ-1 — водяное, 6 л/мин.;

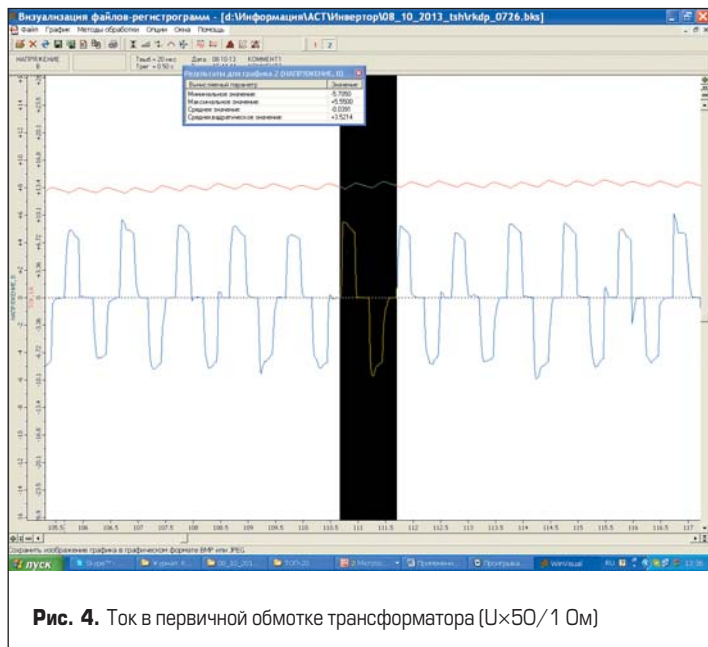


Рис. 4. Ток в первичной обмотке трансформатора (U×50/1 Ом)

- степень защиты персонала от прикосновения к токоведущим частям и от проникновения воды IP22 по ГОСТ 14254-96.

Описание работы оборудования

Структурная схема показана на рис. 1, а на рис. 5 приведен внешний вид силового блока.



Рис. 5. Силовой блок

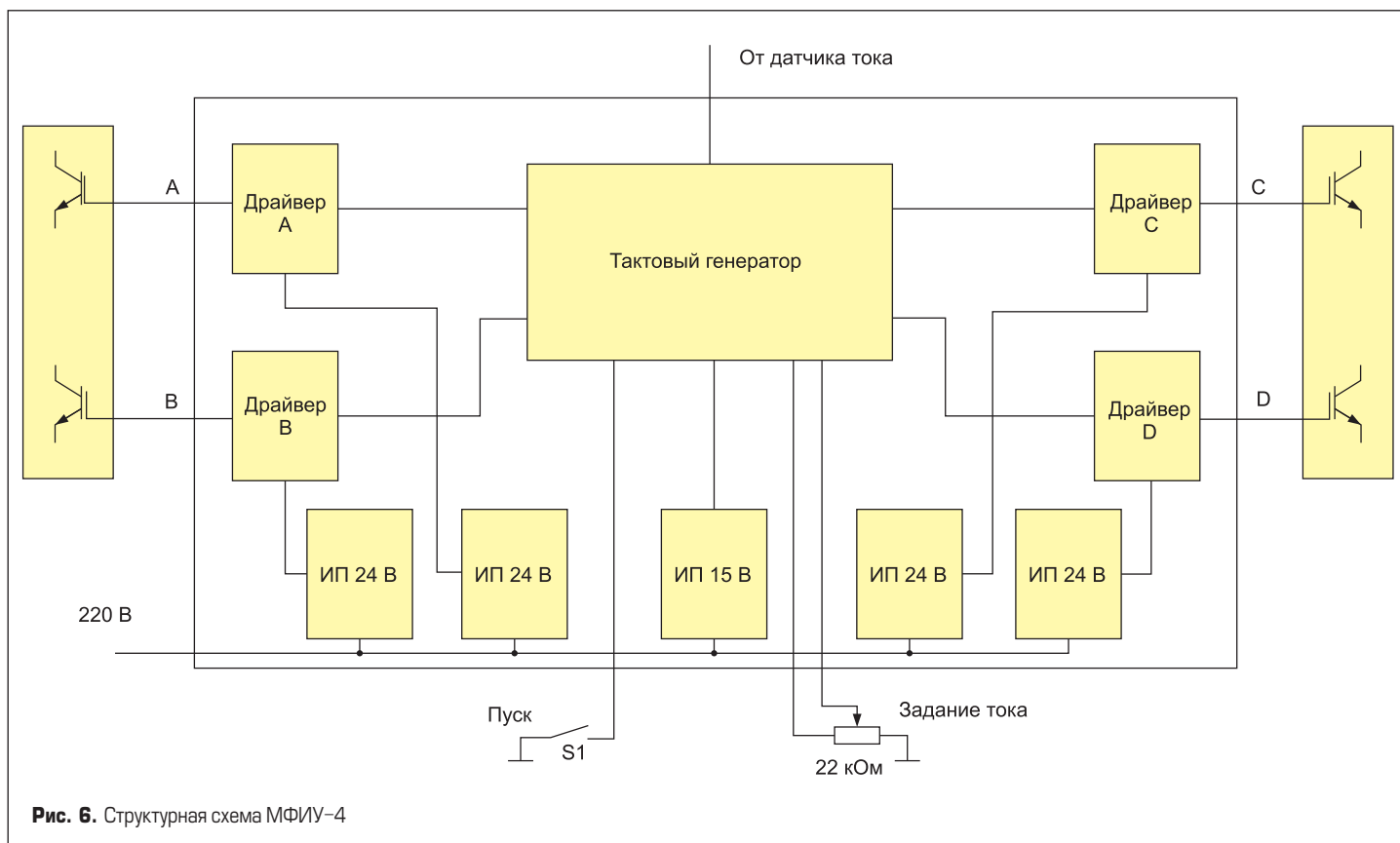


Рис. 6. Структурная схема МФИУ-4

Принцип действия инвертора основан на преобразовании переменного тока 50 Гц в постоянное напряжение, а затем — в переменное, частотой 1000 Гц, с последующим выпрямлением диодами, расположенными в трансформаторе Тр1. Схема инвертора функционально разделена на четыре части:

- силовая схема;
- схема управления;
- выходной трансформатор;
- регулятор контактной сварки РКС-24.

Силовая схема состоит из трехфазного моста, выполненного по схеме Ларионова, на диодных модулях VD1–VD6, защищенных от выбросов напряжения варисторами. Преобразователь выполнен по мосто-

вой схеме на IGBT-модулях VT1–VT2 и VT3–VT4. С диагонали моста напряжение подается на выходной трансформатор TV1, на выходе которого оно выпрямляется диодами VD7, VD8. Осциллограммы напряжений и токов в схеме инвертора приведены на рис. 2–4.

Схема управления (рис. 6) выполнена на специализированной микросхеме UCC3895 и управляет работой моста.

С выходов тактового генератора сигналы управления поступают на выходные транзисторы моста через драйверы на микросхеме ACPL333. В схеме питания МФИУ-4 применены модули питания производства фирмы «Ирбис», четыре 220/24 В для питания драйверов и один 220/15 В для питания микросхемы тактового генератора. С датчика тока, представляющего собой трансформатор тока, подается сигнал, ограничивающий выходной ток на уровне 15 кА. Внешний вид модуля МФИУ-4 приведен на рис. 7.

Выходной трансформатор ТЦ-1 выполнен на сердечнике ШЛ 20×40 из трансформаторной стали толщиной 0,15 мм, что обеспечивает удовлетворительную работу на частоте 1000 Гц. Первичная обмотка выполнена



Рис. 7. Внешний вид модуля МФИУ-4



Рис. 8. Внешний вид трансформатора

из шины сечением 8 мм², вторичная — из меди М1 толщиной 20 мм. Для уменьшения звука частотой 1000 Гц обмотки и сердечник залиты эпоксидным компаундом. В качестве выпрямительных применены отечественные диоды Д153-6300-05. Базовая компоновка трансформатора позволяет повышать максимальный ток сварочного инвертора до 30–40 кА при увеличении сечения сердечника и количества диодов до четырех. Внешний вид выходного трансформатора приведен на рис. 8.

Регулятор контактной сварки РКС-24 предназначен для управления циклом контактной или шовной сварки сварочных машин на базе инверторного источника. Регулятор обеспечивает:

- многоимпульсный режим сварки;
- дискретный отсчет длительностей позиций сварочного цикла в единицах, равных 10 мс;
- использование операций «ковка», «обжим» с возможностью их отключения;
- управление тремя электропневматическими клапанами сжатия и одним инверторным источником;
- от 1 до 10 импульсов (пульсаций) для каждого из сварочных токов (СВ1 и СВ2) с регулируемой паузой между токами;
- плавное нарастание амплитуды импульсов сварочного тока (модуляция внутри цикла нагрев/охлаждение);
- задание сварочного тока в процентах от максимального либо в килоамперах, работу в одиночном и цикловом режимах;
- работу в шовном (с двумя вариантами запуска) и точечном режимах;
- возможность прохождения сварочного цикла без тока;
- хранение в энергонезависимой памяти до 16 технологических программ сварки;
- измерение тока сварочного контура в диапазонах 5, 10, 25 и 50 кА;
- работу в местном или дистанционном режиме (работа в дистанционном режиме осуществляется по протоколу CAN);
- компенсацию изменений напряжения сети (при работе в дистанционном режиме);
- режим стабилизации сварочного тока.

Внешний вид регулятора приведен на рис. 9. Регулятор может располагаться на двери силового блока инвертора или непосредственно на рабочем месте сварщика.

Результаты испытаний

Были проведены заводские испытания инвертора, задачей которых было измерение тепловых режимов составных частей трансформатора и силового блока. Испытания проводились при 30% ПВ (продолжительность включения — отношение времени включения к общему времени цикла в процентах) и токе в нагрузке 10 кА. Расчет ПВ производился по формуле:

$$ПВ\% = \{N/(N+P)\} \times 100,$$

где N — длительность импульса [с], P — длительность паузы [с].

При длительности импульса 0,1 с и длительности паузы 0,22 с ПВ составит:

$$ПВ = [0,1/(0,1+0,22)] \times 100 = 31,25\%.$$

Для задания времени импульса и времени паузы использовался РКС-24 (заводской № 002). Для измерения тока в нагрузке применялся измеритель сварочных параметров ИСП-01 (заводской № 001), температура измерялась тестером MASTECH MY64. Проток воды измерялся прибором WENRLE D83 № 6.331.23 при 90 °С. Нагрузка — водоохлаждаемый кабель 250 мм², длиной 1,2 м и сопротивлением 127 мкОм.

Через трансформатор была пропущена вода, начальная температура которой была +19 °С. Проток воды через трансформатор составлял 6 л/мин., через водоохлаждаемый кабель — 2 л/мин. Ток в нагрузке — 10 кА.

Температура измерялась на пластине, прижимающей диод Д153-6300. После включения тока температура начала повышаться, и через 10 мин., по достижении +65 °С, ее рост прекратился. До такой же температуры нагревался и другой диод. Другой конец вторичной обмотки — точка крепления шины «минус» — нагрелся до +25 °С. Температура корпуса трансформатора составила +22 °С. Температура



Рис. 9. Внешний вид регулятора

радиатора охлаждения СБИ-1 была +36 °С. Измерения проводились при закрытой двери шкафа.

При выключении тока медь трансформатора остыла до +19 °С за 3 мин. (проток воды был открыт), что говорит о достаточно эффективной конструкции охлаждения трансформатора.

При проведении испытаний оборудования было проведено измерение внутреннего сопротивления выходного трансформатора ТЩ-1 БАСТ.173.008. Оно проводилось расчетным путем, на основе данных, полученных путем измерения. Расчет производился по формуле:

$$R_{вн} = \{ \{ U_{2xx} - (U_{д.нагр} - U_{д.хх}) - U_{2нагр} \} / I_{нагр} \},$$

где: $R_{вн}$ — внутреннее сопротивление трансформатора; U_{2xx} — вторичное напряжение холостого хода; $U_{2нагр}$ — вторичное напряжение на $R_{нагр}$; $I_{нагр}$ — ток в нагрузке; $R_{нагр}$ — сопротивление нагрузки; $U_{д.нагр}$ — падение напряжения на диоде при нагрузке; $U_{д.хх}$ — падение напряжения на диоде без нагрузки.

Результаты измерений трансформатора ТЩ-1:

- U_{2xx} — 6,4 В;
- $U_{2нагр}$ — 4,4 В;
- $I_{нагр}$ — 8500 А;
- $U_{д.нагр}$ — 1 В;
- $U_{д.хх}$ — 0,6 В;
- $R_{нагр}$ — 127 мкОм.

Расчет $R_{вн}$:

$$\{6,4 - (1 - 0,6)\} - 4,4 / 8500 = 188 \text{ мкОм}.$$

Полученная величина внутреннего сопротивления источника 188 мкОм позволяет сделать вывод, что инверторные источники имеют несколько большее значение внутреннего сопротивления, чем источники с выпрямлением во вторичном контуре.

Выводы

Использование инверторных источников в сварочных машинах контактной сварки позволяет уменьшить массогабаритные показатели машин и получить более тонкие настройки времени протекания сварочного тока.

Однако следует учитывать, что с возрастанием величины сварочного тока уменьшение массогабаритных показателей ограничивается проблемами отвода тепла с токопроводящих элементов трансформатора, элементов выпрямителя и вторичного контура сварочных машин. Необходимо также учитывать некоторое увеличение внутреннего сопротивления инверторных источников, что уменьшает эффект саморегулирования процесса точечной сварки, это особенно значимо при сварке легких металлов, обладающих высокой электропроводностью.