

**МУСКАТИНЬЕВ А. В., ПРОНИН П. И.**

## **ИНВЕРТОРНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ СВАРКИ**

**Аннотация.** В статье обсуждаются проблемы выбора силовой схемы для сварочного источника. Приводится описание электрической принципиальной схемы инверторного источника.

**Ключевые слова:** силовые ключи, высокочастотный трансформатор, широтно-импульсный модулятор.

**MUSCATINYEV A. V., PRONIN P. I.**

## **INVERTER POWER SOURCE FOR WELDING**

**Abstract.** The article considers the problem of selecting a power scheme for welding source. The authors describe the electric circuit for inverter source.

**Keywords:** power switch, high-frequency transformer, pulse-width modulator.

Наиболее эффективными и технически сложными источниками сварочного тока на сегодняшний день являются сварочные инверторы. Они активно вытесняют «классические» источники сварочного тока на основе трансформаторов и выпрямителей из-за лучших массогабаритных показателей и более широких сервисных функций, облегчающих процесс сварки.

При проектировании сварочного источника возникает ряд проблемных вопросов, имеющих неоднозначное решение. Основными из них являются обоснованный выбор силовой схемы, способ формирования выходной вольтамперной характеристики и реализация цепей защиты преобразователя при возникновении аварийных режимов.

Схемы силовой части сварочных инверторов отличаются большим разнообразием. Применяются однотактные и двухтактные преобразователи. Наибольшее распространение получила схема прямоходового двухтранзисторного преобразователя [1] (рис. 1), отличающаяся надежностью и простотой.

К недостаткам схемы следует отнести повышенные токи через транзисторы, что предъявляет особые требования к конденсаторам входного фильтра. Одностороннее перемагничивание сердечника трансформатора также ухудшает энергетические показатели преобразователя.

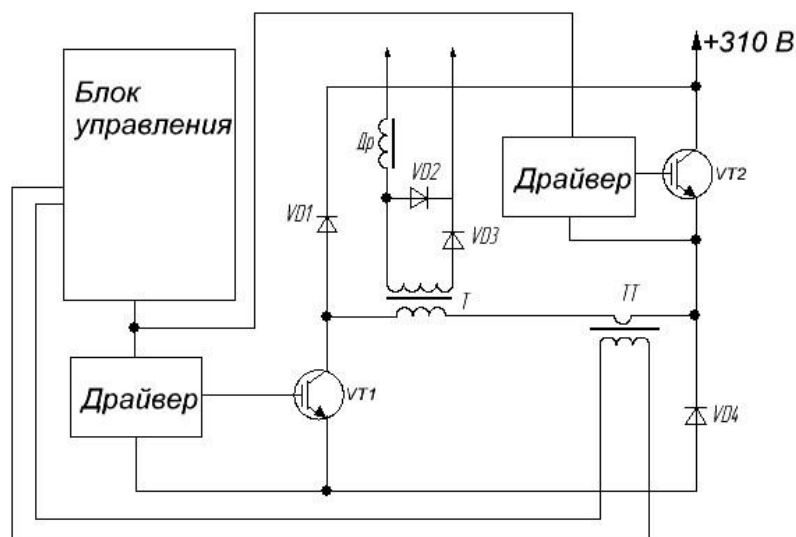


Рис.1. Прямоходовая двухтранзисторная схема.

Мостовая схема (рис. 2) позволяет получить в нагрузке мощность в 2 раза больше предыдущей при тех же величинах токов ключей. Система управления силовыми ключами должна формировать защитные интервалы между импульсами управления с целью устранения сквозных токов. Для обеспечения полной симметрии плеч моста желательно последовательно с первичной обмоткой включить неполярный пленочный конденсатор, рассчитанный на большую амплитуду переменного тока первичной обмотки трансформатора. Использование в схеме четырех силовых транзисторов и драйверов управления приводит к удорожанию инвертора.

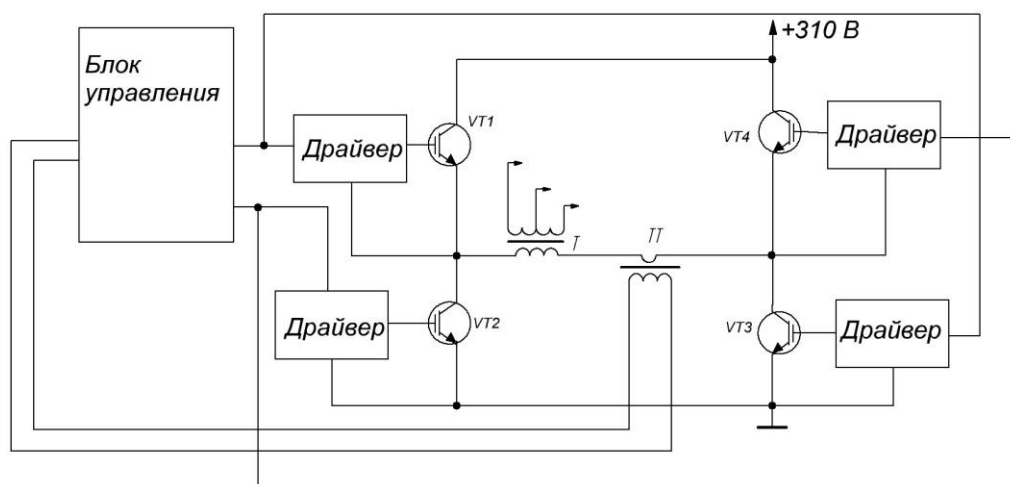


Рис. 2. Мостовая схема преобразователя.

В полумостовой схеме (рис. 3) для обеспечения в нагрузке такой же мощности, как и в мостовой, требуется удвоенное значение амплитуды токов через ключи. При выборе

полевых транзисторов в качестве ключей, можно получить определенный выигрыш в ряде параметров. Номенклатура полевых ключей на сравнительно большие токи при умеренных допустимых значениях напряжения стока (порядка 400 В) достаточно обширна и выигрывает по цене с IGBT транзисторами, а повышенная частота коммутации полевых транзисторов позволяет улучшить массогабаритные показатели сварочного инвертора. Следует отметить, что в мостовой и полумостовой схемах силовой трансформатор работает в режиме двухстороннего перемагничивания. В полумостовой схеме, по сравнению с мостовой, к первичной обмотке силового трансформатора прикладывается напряжение вдвое меньше, что облегчает его конструктивное исполнение.

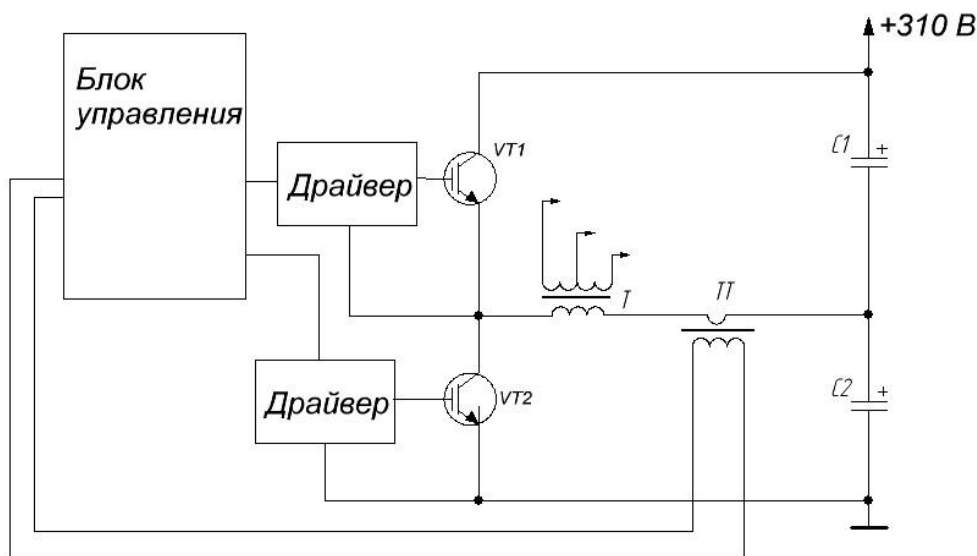


Рис. 3. Схема полумостового преобразователя.

Перспективным видом сварочных инверторов в последние годы являются инверторы на основе резонансной мостовой или полумостовой схемы (рис. 4) [2]. Основу такой схемы представляет последовательный резонансный  $LC$  контур, к которому поступает симметричное прямоугольное импульсное напряжение, формируемое ключами. Контур, в первом приближении, состоит из резонансного дросселя  $DP_{рез}$  и конденсатора  $C_{рез}$ . Ток контура имеет форму, близкую к синусоидальной, и коммутация ключей происходит при нулевом значении тока. Из-за этого потери на переключение транзисторов уменьшаются, а требования к форме управляющих импульсов снижаются, что позволяет обойтись без специальных драйверов. Регулировка тока в нагрузке осуществляется изменением частоты работы инвертора. Основной недостаток резонансных преобразователей проявляется в повышенных требованиях к конструктивному исполнению дросселя резонансного контура и трудностям при расчете и настройке резонансного режима инвертора.

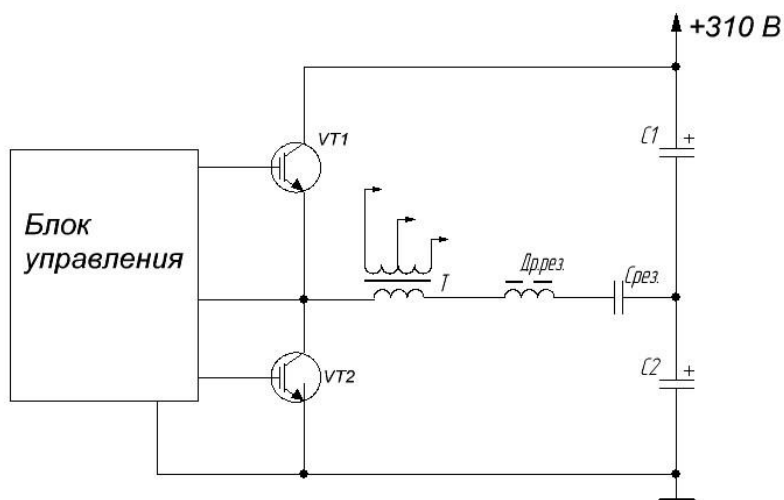


Рис. 4. Резонансный полумостовой инвертор.

В основе принципиальной схемы силовой части разработанного инверторного источника питания для сварки (рис. 5) использована полумостовая схема преобразователя. Опишем работу основных элементов схемы.

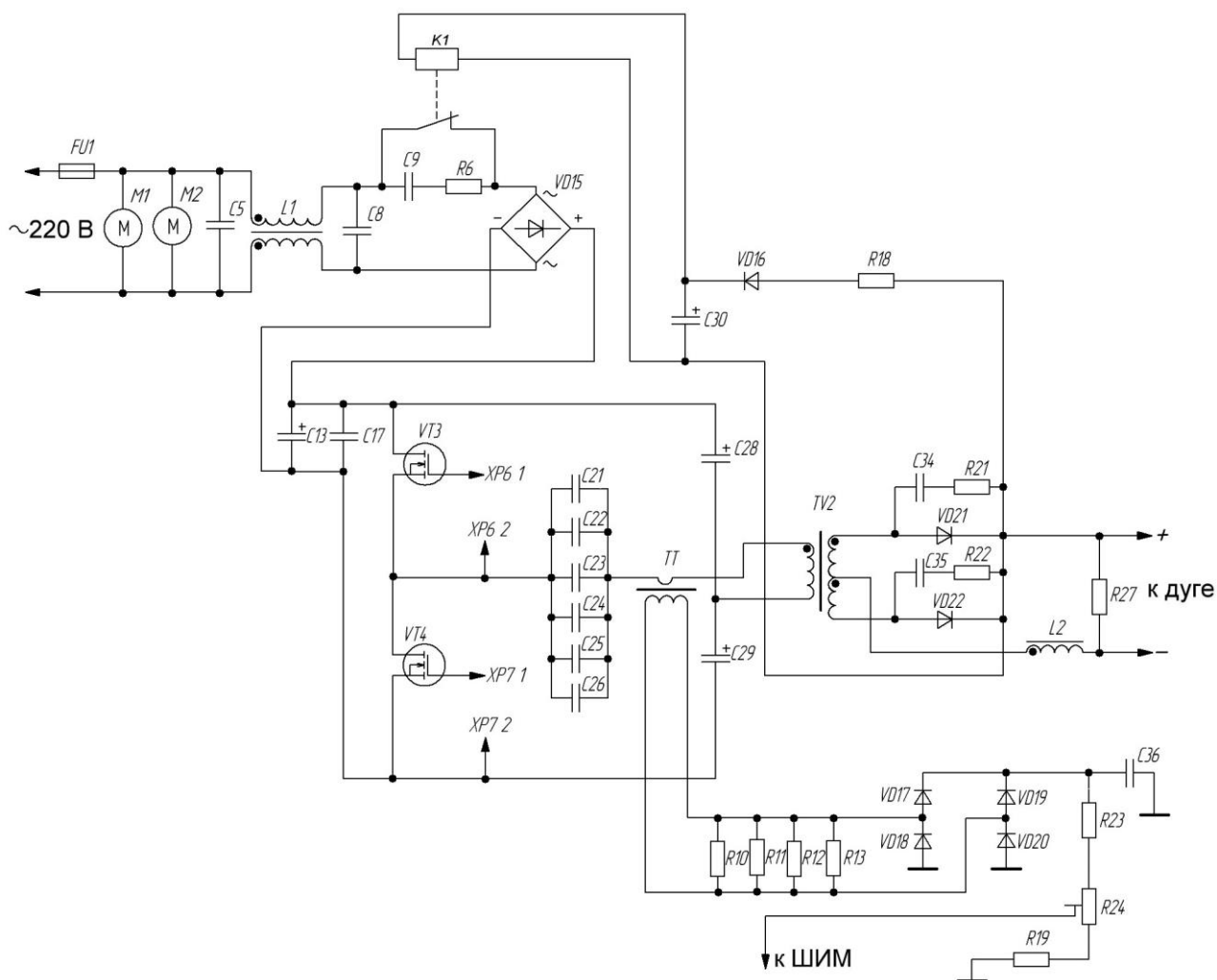


Рис. 5. Принципиальная схема силовой части сварочного источника.

Переменное напряжение сети 220 В, 50 Гц поступает через сетевой выключатель SA1 на помехоподавляющий фильтр. Помехоподавляющий фильтр, выполненный на элементах C5, C8, L1, служит для исключения прохождения помех от источника, в питающую сеть. На входе помехоподавляющего фильтра стоит плавкий предохранитель FU1, защищающий от перегрузки по току и от сетевых перенапряжений. С выхода помехоподавляющего фильтра напряжение через цепь R6, C9 поступает на диодный мост VD15, где выпрямляется и сглаживается конденсатором C13.

При включении в сеть емкость C13 медленно заряжается через цепь R6, C9, которая служит для ограничения входного тока. Когда напряжение на выходе вырастет до 40В, включается запускающее реле K1, своими контактами шунтирующее токоограничивающую цепь R6, C9, и напряжение на выходе достигает 60 В. С конденсатора C13 выпрямленное напряжение поступает на двухтактный полумостовой преобразователь (VT3, VT4, C28, C29), где оно преобразуется в напряжение высокой частоты ( $f=30$  кГц). С выхода преобразователя высокочастотное напряжение, через трансформатор тока (ТТ), поступает на первичную обмотку импульсного трансформатора TV2. В качестве силовых ключей инвертора выбраны мощные полевые транзисторы IRF4868.

Трансформатор TV2 уменьшает амплитуду высокочастотного напряжения с выхода преобразователя до величины напряжения холостого хода, а также осуществляет гальваническую развязку сварочной цепи от питающей сети.

Переменное напряжение, снимаемое с выхода трансформатора TV2, выпрямляется двухполупериодным выпрямителем на диодах VD21 и VD22. Пульсации выпрямленного тока сглаживаются с помощью выходного дросселя L2, после которого постоянный ток поступает в сварочную цепь.

Отпирающие импульсы для транзисторов VT3 и VT4 двухтактного полумостового преобразователя формируются системой управления (рис. 6), состоящей из ШИМ-контроллера (DA5) и оптронных драйверов DA6, DA7 (HCPL3180). ШИМ-контроллер вырабатывает импульсы, поступающие на вход драйверов DA6, DA7. С драйверов сформированные управляющие сигналы поступают на транзисторы VT3, VT4 двухтактного полумостового преобразователя.

Для формирования падающей ВАХ сварочного источника используется отрицательная обратная связь (ООС) по току, организованная с помощью трансформатора тока, включенного в первичную обмотку импульсного трансформатора TV2 (рис.5). Напряжение с трансформатора тока, пропорциональное сварочному току, подается на инвертирующий вход операционного усилителя рассогласования ШИМ-контроллера DA5

(рис.6), на неинвертирующий вход которого поступает опорное напряжение. Опорное напряжение (резистор R8) определяет величину сварочного тока.

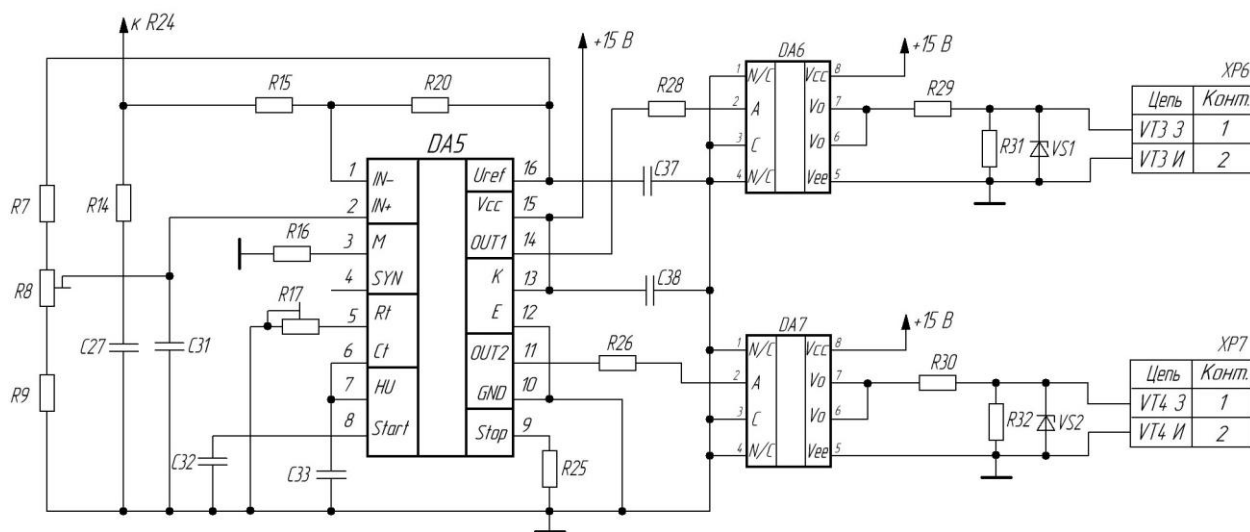


Рис. 6. Принципиальная схема системы управления.

Электронные компоненты инвертора питаются от источника питания, принципиальная схема которого показана на рис. 7.

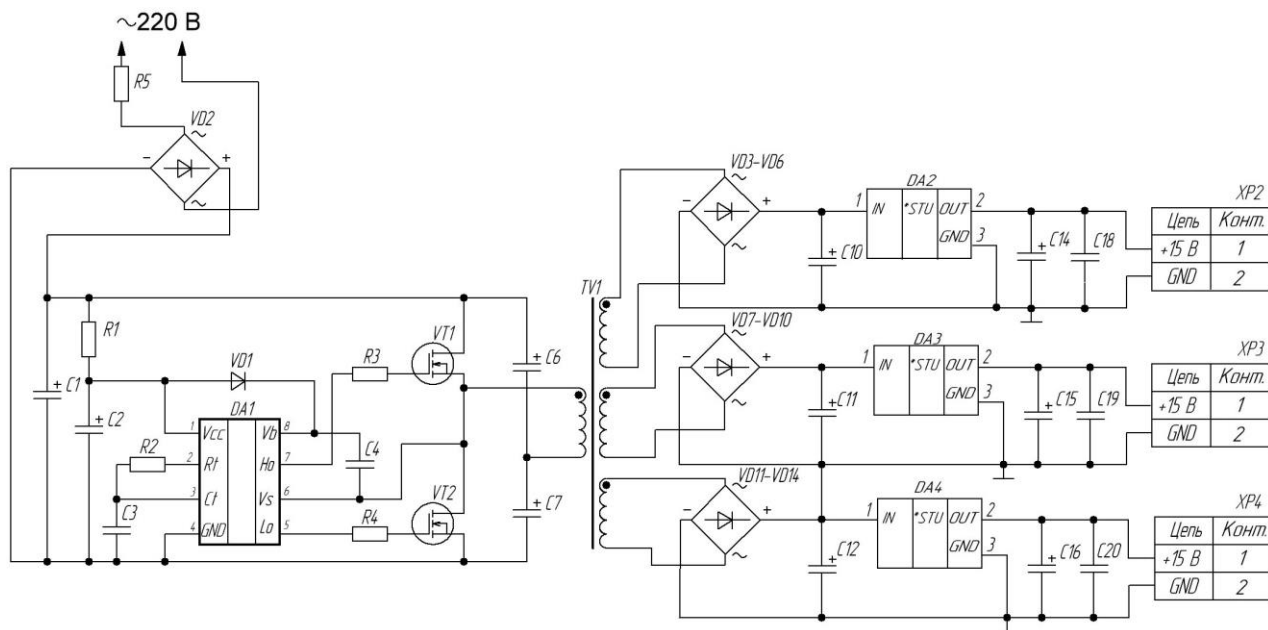


Рис. 7. Принципиальная схема источника питания.

Основу источника питания составляет двухтактный полумостовой преобразователь (VT1, VT2, C6, C7), который преобразует постоянное напряжение в переменное напряжение высокой частоты ( $f=120$  кГц). В качестве транзисторов VT1 и VT2 используются ключи IRF840, которые управляются с помощью драйвера DA1, на основе микросхемы IR2153. Напряжение сети, поступающее на источник питания с помехоподавляющего фильтра

выпрямляется диодным мостом  $VD2$  и сглаживается конденсатором  $C1$ . С помощью трансформатора  $TV1$  амплитуда выходного высокочастотного напряжения преобразователя понижается до необходимой величины. Поскольку для оптронных драйверов требуется отдельное питание, на выходе источника питания предусмотрено три выходных канала. Трансформатор  $TV1$  имеет три вторичных обмотки, напряжение с которых выпрямляется диодными мостами  $VD3–VD6$ ,  $VD7–VD10$ ,  $VD11–VD14$ . Для стабилизации напряжения используются линейные стабилизаторы  $DA2–DA4$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов Б. Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов. – М.: СОЛОН-Р, 2001. – 327 с.
2. Негуляев В. Ю. Сварочный инвертор – это просто. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.chipmaker.ru/topic/11702/>.