

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛНОМОСТОВОГО РЕЗОНАНСНОГО ИНВЕРТОРА ДЛЯ РЕМОНТА СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Д.М. Бородин¹, соискатель, В.В. Конев¹, к.т.н., доц., Д.В. Райшев², к.т.н., доц.

*¹Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень
625000, г. Тюмень, ул. Володарского 38, +7 (3452) 28-36-60*

E-mail: mitronhi@mail.ru

*²Тюменское высшее военно-инженерное командное училище
625001, г. Тюмень, ул. Л. Толстого, д. 1*

Аннотация: определено, что при проведении ремонтов автотранспортной и специальной техники вдали от стационарных баз наиболее энергоемкими и трудозатратными являются сварочные работы. На основании проведенного исследования была предложена инновационная конструкция сварочного инвертора, использующего эффект резонанса, обладающая повышенной надежностью, недорогого конструктивного исполнения (в условиях серийного производства). С целью повышения надежности и удешевления предлагаемой конструкции инвертора предложен целый ряд новых подходов. Исследуется инверторный полномостовой источник сварочного тока с реализацией резонансного эффекта, обладающий стабильностью и плавностью работы, высокой надежностью, потому что схема данного преобразователя не чувствительна к перепадам питающего напряжения.

Ключевые слова: ремонт, автотранспортная специальная техника, сварочные работы, инверторный полномостовой источник сварочного тока, резонансный эффект.

В настоящее время на территории Российской Федерации производятся масштабные работы по возведению объектов производственного и прочих назначений (добывающая отрасль, трубопроводный транспорт, спортивные сооружения). Такие работы требуют проведения подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ машинами на удаленных объектах от мест базирования, а также машин с ограниченной мобильностью. В данных условиях такая техника постоянно нуждается в технических обслуживаниях и ремонтах. Экономически целесообразно проведение таких операций недалеко от места основных работ. [1, 2].

С целью соблюдения технологии ремонта и для механизации технического обслуживания и ремонта техники используют передвижные авторемонтные мастерские. Основным конструкционным материалом рабочих органов строительных и дорожных машин является сталь различных марок. По статистике неисправности в рабочих органах могут составлять до 50 процентов от общего числа отказов данных машин.

Большой процент ремонтных работ приходится на сварочные работы: заварка трещин, наплавка металла на изношенную поверхность, резка металла [1].

Основным видом сварки является электродуговая сварка (ММА), поэтому необходимо повышение энергоэффективности сварочных работ.

Зачастую в полевых условиях источники сварочного тока питаются от мобильных генераторов. Стабильность напряжения и частоты генераторов часто не соответствуют принятым стандартам для электросетей. Специальное сварочное оборудование не чувствительное к данным факторам по причине повышенной массы не отвечает требованиям по мобильности предъявляемым к оборудованию передвижных мастерских [3]. Наиболее полно требованиям мобильности соответствуют инверторные источники сварочного тока (ИИСТ) [4, 5]. Но такие источники имеют повышенные требования к стабильности питающего напряжения и частоты тока.

С целью удешевления конструкции инверторных источников сварочного тока (ИИСТ) производители данного оборудования используют упрощенные схемы преобразователей напряжения, входящих в конструкцию ИИСТ, таких как асимметричный мост, полумост. Это снижает надежность ИИСТ при их профессиональном и промышленном использовании. В то же время ремонт таких источников требует наличия специализированного оборудования, подготовленного персонала, трудоемко и относительно дорог [6 - 8]. В связи с этим возникает потребность в обеспечении отраслей промышленности и народного хозяйства ИИСТ отечественного производства повышенной надежностью. Определенным шагом в этом направлении является создание полномостового резонансного ИИСТ, отвечающего поставленным требованиям. Данный инвертор обладает значительным преимуществом – отсутствием отказов инвертора при нестабильном питающем напряжении [9].

В связи с выше изложенным предлагается: создание полномостового резонансного ИИСТ с целью его применения при проведении указанных выше работ.

В анализе блок-схем ИИСТ необходимо учитывать конструкцию преобразователя напряжения, как ключевую часть ИИСТ от которой зависят такие параметры как мощность ИИСТ, продолжительность включения (ПВ), плавность и качество режимов сварки и др.

На данный момент в производстве инверторов различной мощности применяются несколько схем. В практике конкретная схема преобразователя используется исходя из условий рынка, стоимости конструкции и необходимой мощности, которую способен поддерживать сварочный аппарат. Различают схемы преобразователей: асимметричный мост или “косой”, полумост, полный мост. В зависимости от системы управления выходными параметрами, преобразователи бывают с ШИМ (широтно-импульсная), с ЧИМ (частотная регулировка), с фазовой регулировкой, и комбинированными вариантами [2].

Схема асимметричного моста представлена на рис. 1. Транзисторы T1 и T2 работают синфазно, вместе открываются и вместе закрываются. Энергия накапливается не в трансформаторе, а в выходной катушке индуктивности дросселя. Рабочий цикл не превышает 50% (КПД снижен), именно поэтому для получения одинаковой мощности с мостовым преобразователем, требуется двойной ток через транзисторы.

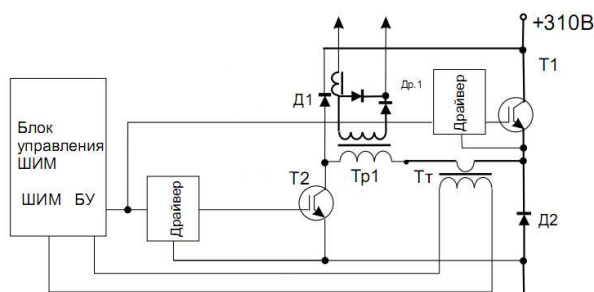


Рис. 1. Схема асимметричного моста

Несмотря на простоту и надёжность, широкие возможности для регулировки выходного тока, помехозащищённость основными недостатками являются: большие токи через транзисторы, повышенные требования к форме и качеству управляющих импульсов, что подразумевает использование специализированных драйверов для управления силовыми транзисторами, высокие требования к монтажу силовых цепей [12].

Схема полумостового преобразователя представлена на рис. 2. Это наиболее простой преобразователь двухтактного режима работы. Недостаток схемы - в «раскачке» напряжения на первичной обмотке силового трансформатора, которое равно половине напряжения питания. Управления силовыми транзисторами осуществляется с помощью специальных драйверов. Транзисторы в данном преобразователе работают в режиме жёсткого переключения, поэтому к формам управляющих сигналов предъявляются повышенные требования. Также необходимо наличие задержки между двумя противофазными импульсами, отсутствие или недостаточная длительность задержки, приводит к возникновению сквозного тока через силовые транзисторы, что приводит к повышенным отказам.

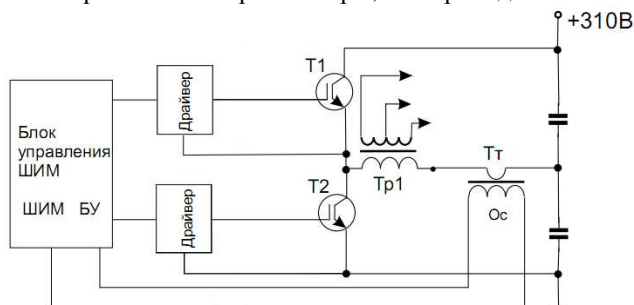


Рис. 2. Схема полумостового преобразователя

Схема полномостового преобразователя (рис. 3) позволяет получить мощность в 2 раза больше, чем полумост и асимметричный мост, при тех же величинах токов и потерь на переключение. Это объясняется тем, что “раскачка” напряжения первичной обмотки силового трансформатора, равна напряжению питания. Транзисторы полного моста работают по диагонали, когда T1 - T3 открыты, T2

- T4 закрыты, и наоборот. Трансформатор тока отслеживает амплитудное значение тока, протекающего через включенную диагональ.

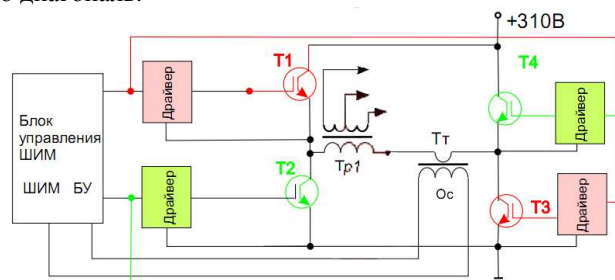


Рис. 3. Схема полномостового преобразователя

Регулирование выходного тока осуществляется изменением длительности управляющего импульса, оставляя неизменным напряжение отсечки, либо изменением уровня напряжения отсечки приходящего с токового трансформатора, оставляя неизменной длительность управляющих импульсов. Оба этих способа позволяют изменять выходной ток в достаточно широких пределах. Анализируемая схема имеет такие же недостатки как и полумостовая схема (рис. 2).

Анализ схем (рис. 1, рис. 2, рис. 3) позволил представить обобщенную схему (рис. 4).

В рамках данного исследования рассматривается схема инверторного преобразователя, использующая резонансный эффект. По сравнению со схемой полномостового преобразователя дополнительно присутствует LC контур (рис. 4 поз. 9), включенный последовательно силовым трансформатором (рис. 4 поз. 4.). Введение этой цепочки меняет процессы передачи мощности, уменьшаются потери, увеличивается КПД, снижается уровень электромагнитных помех, понижается нагрузка на входные электролитические конденсаторы. Это позволяет исключить использование защиты по току, драйверы силовых транзисторов (в случае, если не применяются MOSFET транзисторы с ёмкостью затвора больше 5000pF). Для IGBT транзисторов достаточно одного импульсного силового трансформатора. Управление выходным током резонансного преобразователя предполагается осуществлять двумя способами - частотным или фазовым [10]. Преимущества данной схемы заключаются в том, что используются оба периода переменного тока, следовательно, уменьшается потребление энергии по сравнению с одноходовым преобразователем. Также в данной схеме транзисторы переключаются в момент перехода тока через ноль, поэтому в схеме нет необходимости использовать транзисторы с завышенными характеристиками. Также уменьшается теплонапряженность всей схемы в целом, что ведет к увеличению срока службы [11].

Определяющими при проектировании ИИСТ являются технические характеристики силового трансформатора 4 (рис. 4. поз. 4) , потому что от него зависят основные характеристики ИИСТ: сварочный ток (А); продолжительность включения (ПВ, %); и др. Его номинальная мощность в большей степени определяет мощность всего ИИСТ. Качество высокочастотного силового трансформатора определяется качеством материала сердечника и качеством обмоток.

Дальнейшие исследования предполагают решение следующих задач:

Математическое описание работы, предлагаемого устройства.

Экспериментальные исследования.

Изготовление опытных образцов и сертификация продукции.

Внедрение результатов НИОКР и определение эффекта.

Исследования также содержат разработку сервисных операций к предлагаемому сварочному инвертору.

Преимущества использования разрабатываемой схемы инвертора, заключается в продлении срока эксплуатации сварочного оборудования, снижении затрат на электроэнергию, в реализации возможности использования устройства сварщиками с низкой квалификацией.

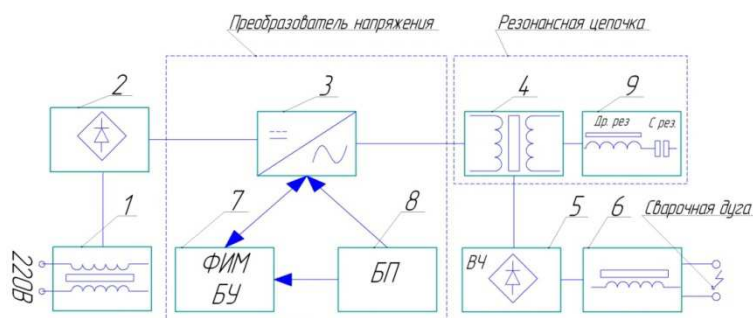


Рис. 4. Обобщенная блок-схема инверторного источника сварочного тока:

1- вход однофазного тока питания, фильтр; 2-выпрямитель и конденсатор; 3 - транзисторы и управляемый блоком управления переключаемый резонансный мост (IGBT); 4-высокочастотный силовой трансформатор; 5 -вторичный выпрямитель; 6 - выходной дроссель; 7 - блок электронной регулировки фазоимпульсного типа (плата управления и электроники); 8 - блок питания электроники управления моста; 9 – LC контур.

Внедрение результатов исследований позволит снизить трудоемкость и материальные затраты на проведение ремонтов АСТ, эксплуатируемых вдали от баз.

Литература.

1. Чирсков В.Г., Николаев С.Н. Организация ремонта и технического обслуживания машин при сооружении магистральных трубопроводов. – М.: Недра, 1984. – 291 с.
2. Мерданов Ш.М., Конев В.В., Пирогов С.П., Бородин Д.М., Созонов С.В. Применение аналогово-цифрового преобразователя при оценке теплового состояния элементов гидропривода [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2014, №3. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2420> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.
3. Семёнов, Б.Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов [Текст]/Б.Ю. Семенов. - Москва: Солон-Р, 2001. - 321 с.
4. Резонансный сварочный инвертор [Электронный ресурс]: режим доступа: industriika.ru/article-205.html.
5. Резонансные инверторы [Электронный ресурс]: Ремонт трансформаторов ЭнергоСнаб// режим доступа: ensnab21.ru/index.php/katalog/zinovev-g-s-osnovy-silovoj-elektroniki-chast2/2-2-rezonansny-e-inventory/.
6. Хорвиц, П. Искусство схемотехники Издание – 5 переработанное [Текст]/П. Хорвиц, У. Хилл. – Москва: Издательство «Мир», 1998. - 700 с.
7. Москатов, Е.А. Источники питания [Текст]/Е.А Москатов. – Москва: МК-Пресс, 2011. - 208 с.
8. Гаврилов А.И., Тун Мин Мин, Со Ситу Аунг, Аунг Тхет Адаптивная система управления сварочным оборудованием Разработка оптико-электронного устройства для анализа загрязнённости моторного масла двигателя внутреннего сгорания дисперсными частицами [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2014, №2. – Режим доступа: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2385 (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.
9. Грицына А.Н. Снижение сварочных деформаций тонкостенных панелей теплообменных аппаратов путём регулирования податливости кромок при выполнении круговых швов [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2014, №3. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2010/255> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.
10. X. Wang, Y. Kang and J. Chen, “Control Modeling of a Single-Phase Inverter Based on State-Space Average Method,” Power Electronics, Vol. 38, No. 5, 2004, pp. 9- 12.
11. G. Chen and Y. X. Xie, “Modeling of PWM Switching Converters. Telecom Power Technologies,” Vol. 23, No. 1, 2006, pp. 22-24.
12. Володин В.Я. Современные сварочные аппараты своими руками. – Санкт-Петербург: Наука и техника, 2008 – 293 с.