

БЛОК ПИТАНИЯ РАЗРЯДА ПЛАЗМЕННОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОНОВ

© 2006 г. Д. А. Антонович, В. А. Груздев, В. Г. Залесский, И. С. Русецкий

Полоцкий государственный университет

Белоруссия, 211440, Новополоцк Витебской обл., ул. Блохина, 29

Поступила в редакцию 11.05.2005 г.

После доработки 22.09.2005 г.

Описан блок питания разряда генератора низкотемпературной плазмы на основе разряда в скрещенных электрическом и магнитном полях. Блок обеспечивает работу в стационарном режиме с заданным стабилизируемым ($\pm 2\%$) током разряда до 0.5 А и в импульсном режиме (до 20 А) с учетом особенностей электропитания газовых разрядов.

PACS: 52.75.-d, 84.30.-r

К настоящему времени плазменные источники электронов (п.и.э.л.) как альтернатива термокатодным электронным пушкам нашли применение в промышленности и экспериментальных исследованиях [1].

В данной работе описаны структура и принцип действия блока питания разряда п.и.э.л. на основе разряда в скрещенных электрическом и магнитном полях [2], способного работать в стационарном и импульсном режимах.

длительность импульса тока разряда сравнима со временем существования аномального сверхплотного импульсного разряда [4], которое составляет несколько десятков микросекунд, ток разряда может достигать десятков ампер за счет кратковременного скачка давления из-за десорбции плазмообразующего газа со стенок и электродов разрядной камеры [5, 6]. Поэтому емкость фильтра выпрямителя должна быть достаточной для формирования таких импульсов.

1. ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ ПЛАЗМЕННЫХ ЭМИТТЕРОВ

В большинстве электронно-лучевых технологий, применяемых в машино- и приборостроении при энергии электронов в пучке 30–40 кэВ, не требуются токи пучка более 0.2–0.25 А. Типичная для п.и.э.л. эффективность переключения электронного тока из разряда в пучок составляет 0.4–0.5 [3], поэтому номинальный ток разряда для значительного объема лучевых технологий может не превышать 0.5 А. Ввиду существенной зависимости величины тока разряда от давления плазмообразующего газа, в блоке питания разряда (б.п.р.) необходима стабилизация тока разряда на требуемом уровне.

Для расширения технологических возможностей п.и.э.л. целесообразно, чтобы б.п.р. обеспечивал как непрерывный, так и импульсный режим его работы. Можно выделить два типа импульсного режима работы п.и.э.л. В первом случае, когда длительность импульсов значительно превышает время формирования и гашения разряда (в диапазоне от десятых долей до единиц секунд), непрерывный и импульсный режимы мало отличаются по току разряда и, следовательно, току электронного пучка. Во втором случае, когда

2. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА Б.П.Р.

Структурная схема б.п.р. представлена на рис. 1. Силовой блок *СБ* содержит блок регулировок *БР*, повышающий разделительный трансформатор *Тр* и выпрямитель *В*. *СБ* обеспечивает поджиг разряда в начальный момент и, в случае кратковременного погасания разряда в процессе работы, формирует и стабилизирует требуемое напряжение горения разряда, автоматически регулирует ток разряда по току пучка. Блок выбора режима *БВР* обеспечивает функционирование б.п.р. в стационарном или импульсном режиме работы в зависимости от сигнала управления. Импульсный блок *ИБ* обеспечивает формирование заданного количества импульсов требуемой длительности и частоты. Блоки выбора режима *БВР* и импульсный *ИБ* схемотехнически объединены. Для обеспечения различных режимов работы п.и.э.л. в качестве электронного ключа используется тиристор.

3. РАБОТА Б.П.Р. В СТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ

Силовой блок, принципиальная схема которого представлена на рис. 2, работает следующим

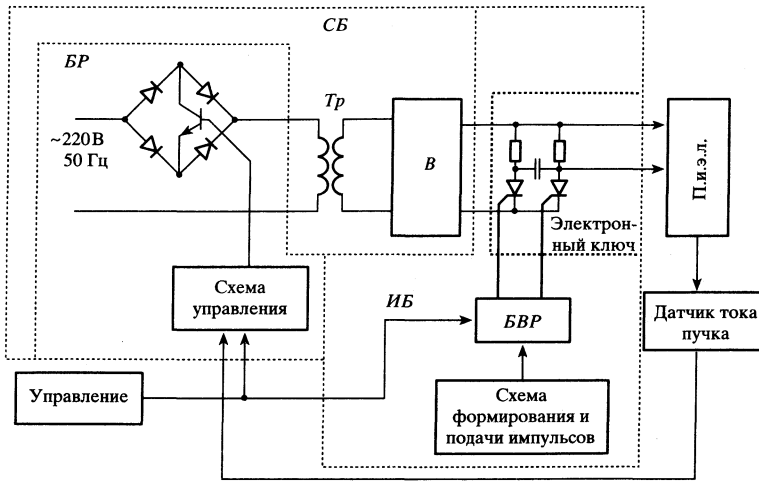


Рис. 1. Структурная схема блока питания разряда. СБ и ИБ – силовой и импульсный блоки, БР – блок регулировок, БВР – блок выбора режимов, В – выпрямитель.

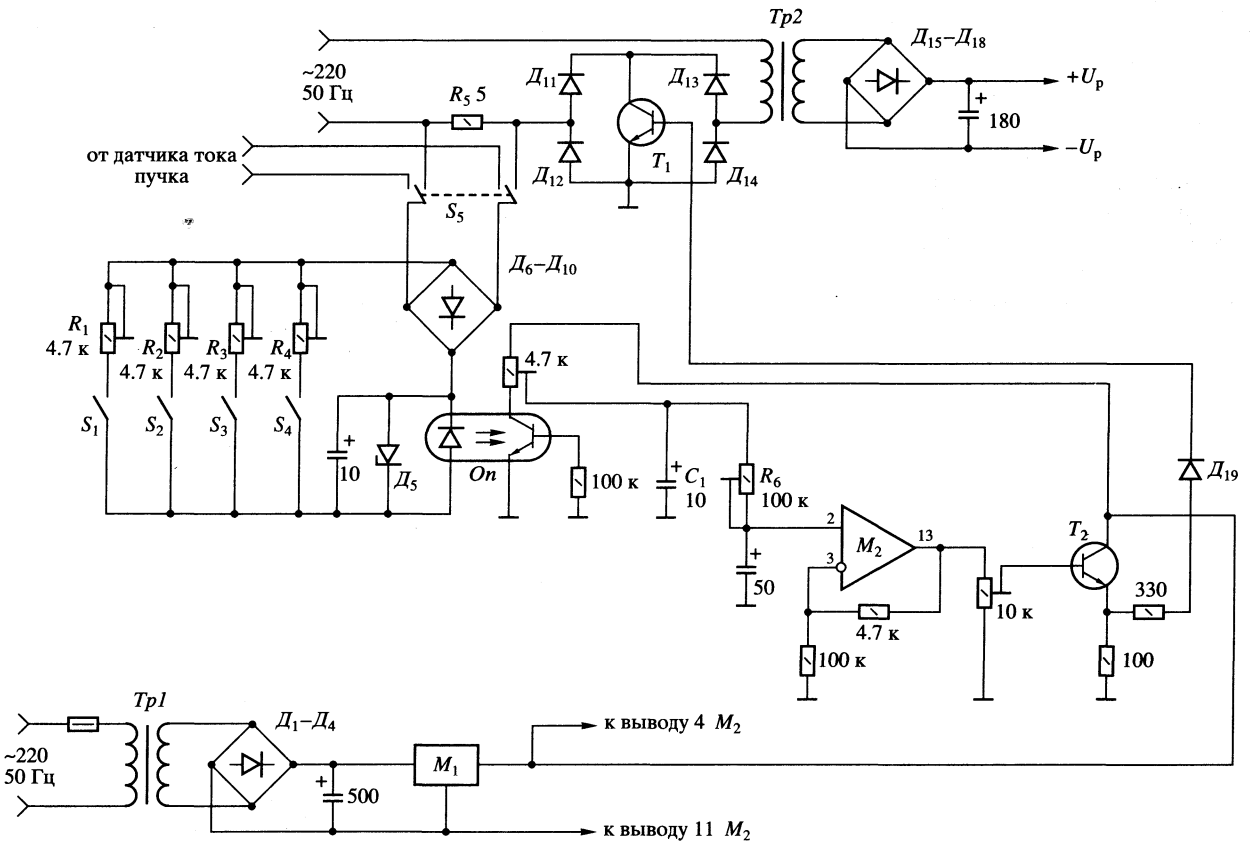


Рис. 2. Принципиальная схема силового блока. M_1 – КР142ЕН8Б, M_2 – КР157УД2; T_1 – КТ812А, T_2 – КТ817Г; On – АОТ123Б; D_1 – D_4 , D_6 – D_{10} , D_{19} – КД209Б, D_5 – КС133А, D_{11} – D_{14} – КД226Д, D_{15} – D_{18} – КД210Г.

образом: при его включении разряд в п.и.э.л. еще не сформирован, потребления тока от трансформатора Tr_2 нет и на R_5 отсутствует падение на-

пряжения. На выходе 13 микросхемы M_2 высокий уровень напряжения, который подается в базу транзистора T_1 и полностью открывает его. В ре-

зультате на вторичной обмотке $Tr2$ формируется напряжение 900 В, которое, поступая на анод и катод п.и.э.л., зажигает разряд в разрядной камере.

При зажигании разряда в п.и.э.л. на R_5 формируется падение напряжения. Соответствующий ток, величина которого определяется включением переключателей S_1-S_4 , т.е. резисторами R_1-R_4 , прикладывается к оптопаре Op . Транзистор оптопары приоткрывается, уровень напряжения на выходе 13 микросхемы M_2 понижается, прикрывая транзистор T_1 , который ограничивает напряжение в первичной обмотке $Tr2$. Напряжение во вторичной обмотке уменьшается, снижая ток разряда до уровня, выбранного резистором R_1 . В случае погасания разряда транзистор T_1 открывается полностью, при этом во вторичной обмотке $Tr2$ формируется напряжение 900 В, которое зажигает разряд с прежним током.

После зажигания разряда в п.и.э.л. формируется пучок, ток которого определяется током разряда и в начальный момент минимален (единицы миллиампер). Затем пучок наводится на стык свариваемого изделия. Линейная связь величины тока пучка в п.и.э.л. с величиной тока разряда позволяет использовать ту же схему для стабилизации тока пучка, только сигнал о величине тока пучка берется с датчика тока пучка. Для этого после наведения пучка на стык замыкается один из переключателей S_1-S_4 , задавая тем самым величину тока пучка, а переключатель S_5 переводится в режим его стабилизации. Требуемая величина тока пучка устанавливается в течение 1–1.5 с, для плавного ввода и вывода кратера, с помощью времязадающей цепи C_1, R_6 .

Предложенная схема б.п.р. обеспечивает:

– гарантированный поджиг разряда в начальный момент и при пропадании разряда в любой момент технологического цикла при токе разряда до 0.5 А;

– стабилизацию заданного тока разряда (не хуже 2%) или тока пучка (не хуже 2.5%), автоматическую и ручную регулировку тока разряда по заданному току пучка;

– формирование импульсов разрядного тока длительностью до сотни микросекунд и амплитудой до 20 А с регулируемой скважностью; импульсов секундной длительности с током до 0.5 А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Груздев В.А., Залесский В.Г., Голубев Ю.П., Антонович Д.А. // Тяжелое машиностроение. 2004. № 9. С. 25.
2. Груздев В.А., Залесский В.Г. Пат. РБ № 7573. МПК H01J 3/04 // Афицкий бюллетень. 2005. № 4. С. 221.
3. Источники электронов с плазменным эмиттером / Под ред. Ю.Е. Крейнделя. Новосибирск: Наука, 1983.
4. Бугаев С.П., Крейнделю Ю.Е., Шанин П.М. Электронные пучки большого сечения. М.: Энергоатомиздат, 1984.
5. Груздев В.А., Залесский В.Г., Антонович Д.А., Голубев Ю.П. // Инж.-физ. журн. 2002. Т. 75. № 3. С. 166.
6. Grusev V.A., Zalesski V.G., Antonovich D.A., Golubev Yu.P. // Vacuum. 2005. V. 77. P. 399.