



УКРАЇНА

(19) UA (11) 41942 (13) C2

(51) 7 B23K15/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ДЖЕРЕЛО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОЇ УСТАНОВКИ

(21) 96020512

(22) 13 02 1996

(24) 15 10 2001

(46) 15 10 2001, Бюл. № 9, 2001 р

(72) Вознюк Віктор Петрович, Іванов Анатолій Михайлович, Козлов Юрій Валентинович, Комаров Микола Сергійович, Мартинов Вячеслав Володимирович, Трофименко Олексій Петрович, Чайка Микола Васильович

(73) АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО ЗАКРИТОГО ТИПУ "ФІКО"

(56) 1 Авт. свид. СССР № 465844, М. кл. В23К 15/00, 1979

2 Авт. свид. СССР № 1433693, М. кл. В23К 15/00, 1988

3 Назаренко О. К., Кайдалов С. Н., Ковбасенко А. А. и др. Электронно-лучевая сварка. Под ред. Б. Е. Патона. Киев: Наукова думка, 1987, стр. 164-179

4 Спивак В. М., Терещенко Т. А., Шелягин В. Д., Младенов Г. М. Системы управления лучевых технологических установок. Киев: Техника, 1988, стр. 206-211, рис. 5.3, 5.4

5 US № 4778975, М. кл. В23К 15/00, 1988

(57) 1 Источник электропитания электронно-лучевой установки, содержащий трехфазный трансформатор, высоковольтный выпрямитель, электронно-лучевую пушку, токоограничивающий дроссель, дополнительный выпрямитель, выполненный на тиристорах, разрядный диод, делитель выходного напряжения, комбинационную схему,

триггер, ждущий мультивибратор и три релейных элемента, причем выводы первичных обмоток трансформатора подключены ко входам дополнительного выпрямителя, выход которого подключен к дросселю и разрядному диоду, вторичные обмотки трансформатора через высоковольтный выпрямитель подключены к электронно-лучевой пушке, управляющие электроды тиристоров подключены к выходам комбинационной схемы, первые входы которой через релейные элементы соединены с выводами фазных напряжений, а выход делителя выходного напряжения соединен с первым входом триггера, выход которого подключен ко второму входу комбинационной схемы и входу ждущего мультивибратора, выход которого подключен ко второму входу триггера, отличающийся тем, что в него дополнительно введены датчик тока дросселя, запоминающий элемент, схема сравнения и резистор, причем выход схемы сравнения соединен с третьим входом комбинационной схемы, вход записи запоминающего элемента соединен с выходом триггера, информационный вход запоминающего элемента соединен с выходом датчика тока, а резистор включен последовательно с разрядным диодом

2 Источник по п. 1, отличающийся тем, что в него введен селектор амплитуды и длительности импульсов, включенный между выходом высоковольтного делителя и входом триггера

Изобретение относится к области энергоемкого технологического оборудования, а именно, к высоковольтным мощным источникам электропитания электронно-лучевых установок, используемых для сварки, плавки, нанесения покрытий и др. технологических процессов

Известны источники электропитания электронно-лучевых установок

Авт. свид. СССР № 778011 А1, МКИ В 23 К 15/00, БИ № 22, 1980 Авт. свид. СССР № 1433693 А1, МКИ В 23 К 15/00, БИ № 40, 1988 Авт. свид. СССР № 778012 А1, МКИ В 23 К 15/00, БИ № 22, 1980 Авт. свид. СССР № 1609583 А1, МКИ В 23 К 15/00, БИ № 44, 1990

Все указанные аналоги содержат трехфазный сетевой трансформатор с высоковольтными обмотками, высоковольтный выпрямитель и дополнительные узлы, предназначенные для ограничения тока при электрических пробоях, возникающих в цепи электронно-лучевой пушки. В некоторых указанных аналогах для ограничения тока используются электронные регуляторы, что при большой мощности установок (300-500 кВА) приводит к значительным экономическим затратам и существенно снижает их коэффициент полезного действия. В этой связи более эффективны устройства, в которых ограничение тока при пробоях достигается за счет введения дросселя в цепь

постоянного тока после высоковольтного выпрямителя

Опыт эксплуатации мощных электронно-лучевых установок, особенно при использовании пучков с холодным катодом, показывает, что в процессе работы возникают кратковременные электрические пробои, характеризующиеся резким снижением сопротивления промежутка катод-анод с восстановлением нормального сопротивления промежутка через непродолжительный промежуток времени. Такие пробои могут следовать с частотой, в несколько раз превышающей частоту питающей сети (самовосстанавливающиеся пробои). Кроме того в катодной цепи возникают длительные пробои (электрический пробой переходит в дуговой), и даже при наличии дросселя развиваются значительные токи, вызывающие недопустимые перегрузки силового трансформатора и срабатывания аварийной автоматики электрической сети. При увеличении индуктивности дросселя в анодной цепи повышается устойчивость дуговых разрядов, что способствует увеличению частоты длительных пробоев. Указанные недостатки затрудняют эффективную эксплуатацию электронно-лучевых установок.

Известен источник питания электронно-лучевой установки

Авт. свид. СССР № 465844, МКИ В 23 К 15/00, БИ № 46, 1979, близкий по совокупности существенных признаков и принципу действия к предлагаемому техническому решению. В данном устройстве введен дополнительный трехфазный выпрямитель, выход которого подключен к токоограничивающему дросселю, а входы включены в разрыв первичных обмоток силового трансформатора. Важным достоинством такого решения является использование дросселя в низковольтной цепи, что значительно снижает требования к изоляции и, соответственно, его стоимость. При кратковременных электрических пробоях происходит резкое снижение напряжения катод-анод электронной пушки и, следовательно, напряжения на обмотках трансформатора. Входное напряжение через дополнительный выпрямитель прикладывается к дросселю и вызывает повышение его тока. При восстановлении сопротивления промежутка катод-анод увеличивается напряжение на пушке, а избыточный ток дросселя замыкается через последовательно соединенные диоды дополнительного выпрямителя, что исключает перенапряжения на пушке при восстановлении сопротивления промежутка. Отметим, что для обеспечения такого режима работы в устройстве Авт. свид. СССР № 1433693 А1, МКИ В 23 К 15/00, БИ № 40, 1988, параллельно дросселю введен дополнительный высоковольтный диод.

Однако, существенным недостатком рассмотренного устройства является невозможность ограничения тока при длительных пробоях (дуговой разряд) и связанные с этим перегрузки по току трансформатора, дросселя, дополнительного выпрямителя и другого сетевого электрооборудования, приводящие к снижению надежности и нарушениям технологического процесса за счет срабатывания цепей противоаварийной автоматики. Такая же ситуация возникает и при кратковре-

менных, но часто следующих пробоях. Ток дросселя определяется выражением

$$i_L(t) = i_0 + \int_0^t u_L(t) dt,$$

где i_0 - начальное значение тока, u_L - напряжение на дросселе.

При пробое резко снижается напряжение на обмотках трансформатора и входное напряжение через выпрямитель прикладывается к дросселю, а при восстановлении сопротивления промежутка катод-анод ток дросселя замыкается через вентили дополнительного выпрямителя и напряжение на дросселе, определяемое прямым падением напряжения на вентилях, близко к нулю. Ток дросселя на интервалах между пробоями практически не снижается, и при последующих пробоях происходит увеличение тока дросселя. Таким образом происходит накопление энергии дросселем и при частом следовании пробоев происходит нарастание амплитуды входного тока, вплоть до срабатывания устройств противоаварийной автоматики. Кроме того, случайный характер следования пробоев вызывает искажение напряжений на обмотках трансформатора, что может стать причиной нарушения симметрии перемагничивания магнитопровода, вплоть до его насыщения.

Наиболее близким к предлагаемому по технической сущности и конструктивным признакам является источник электропитания электронно-лучевых установок типа ИЭ 134, описанный в работах

- Электронно-лучевая сварка / Назаренко О. К., Кайдалов С. Н., Ковбасенко А. А. и др. Под ред. Б. Е. Патона, - Киев: Наукова думка, 1987, стр. 164-179.

- Системы управления лучевых технологических установок / В. М. Спивак, Т. А. Терещенко, В. Д. Шеляган, Г. М. Младенов - Киев: Техника, 1988, стр. 206-211, рис. 5.3, рис. 5.4 и использованный в качестве прототипа.

Данное устройство является развитием технического решения, предложенного в Авт. свид. СССР № 465844. Схема источника электропитания электронно-лучевых установок, принятого в качестве прототипа, показана на фиг. 1. В него входят трехфазный силовой трансформатор (1), высоковольтный выпрямитель (2), электронно-лучевая пушка (3), дополнительный выпрямитель (4), выполненный на управляемых вентилях (тиристорах), и дроссель (5). В устройство дополнительно введены разрядный диод (6), комбинационная схема управления тиристорами (7), высоковольтный делитель напряжения (8), триггер (9), ждущий мультивибратор (10) и три релейных элемента (11).

Устройство работает следующим образом. При нормальной работе комбинационная схема (7) вырабатывает отпирающие сигналы управления для всех тириستоров дополнительного выпрямителя (4), что эквивалентно работе выпрямителя (4) в неуправляемом режиме. В этом случае ток дросселя (5) достигает максимума фазного тока, а избыточный ток дросселя замыкается выпрямителем (4), т. е. на работу высоковольтного выпря-

мителя (2) дополнительный выпрямитель (4) влияния не оказывает. При пробое промежутка катод-анод происходит резкое снижение напряжения на выходе высоковольтного делителя (8), что приводит к срабатыванию триггера (9) и смене входного сигнала комбинационной схемы (7). В этом случае на выходе комбинационной схемы (7) формируются запирающие сигналы на всех тиристорах дополнительного выпрямителя (4). На интервале времени менее $1/3$ периода запираются все тиристоры и ток дросселя (5) замыкается через диод (6). Таким образом ток пушки снижается до нуля, что приводит к разрушению дугового разряда. При срабатывании ждущего мультивибратора (10), формирующего длительность паузы, необходимой для восстановления нормального сопротивления промежутка катод-анод, триггер (9) возвращается в исходное состояние, тиристоры отпираются и восстанавливается нормальный режим работы.

Таким образом осуществляется ограничение фазных токов и исключаются перегрузки как при кратковременных, так и при длительных пробоях промежутка катод-анод электронной пушки (3). Кроме того, наличие ждущего мультивибратора (10) позволяет управлять длительностью паузы и, выбирая время паузы кратным периоду сетевого напряжения, удается снизить несимметрию напряжений на обмотках трансформатора и устранить возможность насыщения магнитопровода. Однако, при частом следовании пробоев в данном устройстве, как и в предыдущем, возникает накопление тока дросселем со всеми вытекающими негативными последствиями. Кроме того, низкое напряжение на дросселе при его разряде вызывает необходимость формирования длительной паузы, иногда достигающей нескольких секунд. Наличие паузы в энергопотреблении приводит к снижению выходной мощности при неизменной установленной мощности источника, т.е. чем чаще следуют пробой и чем больше длительность паузы, тем ниже производительность установки.

Задачей изобретения являются повышение эксплуатационной надежности устройства за счет исключения перегрузок по току при часто следующих пробоях промежутка катод-анод и повышение производительности установки за счет сокращения длительности паузы в энергопотреблении и за счет сокращения числа срабатываний цепей токоограничения.

Поставленная задача решается тем, что в устройство дополнительно введены датчик тока дросселя, запоминающий элемент, схема сравнения и резистор, причем выход схемы сравнения соединен со входом комбинационной схемы, вход записи запоминающего элемента соединен с выходом триггера, информационный вход запоминающего элемента соединен с выходом датчика тока, а резистор включен последовательно с разрядным диодом, а также тем, что введен селектор амплитуды и длительности импульсов, включенный между выходом высоковольтного делителя и входом триггера.

На фиг 1 изображена электрическая схема источника, принятого в качестве прототипа, на фиг 2 изображена электрическая схема источника

по п 1, на фиг 3 изображена электрическая схема источника по п 1,2, на фиг 4 изображена электрическая схема цепи токоограничения, а на фиг 5 приведены эпюры сигналов, поясняющие ее работу. На фиг 6 показаны эпюры сигналов, поясняющие работу источника по п 1. На фиг 7 приведен пример конкретного выполнения селектора амплитуды и длительности импульсов, а на фиг 8 - эпюры сигналов, поясняющие его работу.

Предлагаемое по п 1 устройство (фиг 2) состоит из трехфазного силового трансформатора (1), высоковольтного выпрямителя (2), электронно-лучевой пушки (3), дополнительного трехфазного выпрямителя (4), токоограничивающего дросселя (5), разрядного диода (6), комбинационной схемы (7), высоковольтного делителя напряжения (8), триггера (9) и ждущего мультивибратора (10), трех релейных элементов (11), дополнительного резистора (12), датчика тока дросселя (13), аналогового запоминающего элемента (14) и схемы сравнения (15).

Рассмотрим принцип действия предлагаемого устройства, воспользовавшись эквивалентной схемой цепи токоограничения (фиг 4) и диаграммами, приведенными на фиг 5. При использовании многофазного высоковольтного выпрямителя фазные токи на рабочем участке близки к синусоидальным, следовательно, цепь силового трансформатора, высоковольтного выпрямителя и электронной пушки может быть сведена к трем эквивалентным сопротивлениям (R), включенным между питающей сетью и дополнительным выпрямителем.

Первая особенность предлагаемого устройства состоит в том, что на рабочем участке формируются сигналы отпирания вентилей в зависимости от полярности фазных напряжений (U_a, U_b, U_c). Номера вентилей, на которые поступают отпирающие сигналы, приведены на диаграмме фазных напряжений (фиг 5). Так как форма фазных токов близка к форме фазных напряжений, из приведенных диаграмм следует, что, например, на первом и втором интервалах открыты вентили V1, V4 и V5, т.е. через дроссель протекает сумма токов I_a, I_c , равная току I_b . Это соотношение определяет некоторое отличие формы токов от синусоидальной за счет падения напряжения на дросселе (линеаризация токов I_a, I_c и уплощение вершины тока I_b на первом и втором интервалах). При таком алгоритме управления и наличии сопротивления R в цепи разряда дросселя исключается возможность накопления тока дросселем, т.к. на интервале между кратковременными пробоями избыточный ток протекает через разрядный диод VD (фиг 4) и резистор R, что создает падение напряжения на дросселе и обуславливает спад его тока.

При возникновении пробоя фазные сопротивления r становятся близкими к нулю и в соответствии с алгоритмом работы комбинационной схемы снимаются отпирающие сигналы со всех вентилей дополнительного выпрямителя. В зависимости от временного интервала, на котором произошел пробой, отключается один из трех вентилей и к дросселю прикладывается в прямой или обратной полярности одно из линейных напряжений. Так, при возникновении пробоя на первом

интервале к вентилю V1 через вентиль V5 прикладывается запирающее напряжение $U_{ас}$ и в проводящем состоянии остаются вентили V4 и V5, а к дросселю прикладывается напряжение $-U_{бс}$. Аналогично, если пробой произошел на втором интервале (отмечен *), то за счет запирающего напряжения $U_{ас}$, приложенного к вентилю V5, в проводящем состоянии остаются вентили V1 и V4, а к дросселю прикладывается напряжение $U_{аб}$.

На интервале времени, от пробоя до равенства нулю напряжения на дросселе, происходит накопление тока дросселем от начального значения I_0 до амплитудного I_m . Из диаграммы (фиг. 5) видно, что длительность интервала накопления тока (Φ_1) дросселем в зависимости от момента возникновения пробоя может находиться в пределах $\pi/3 < \Phi_1 < 2\pi/3$. После достижения амплитуды тока дросселя I_m напряжение на дросселе меняет знак, но проводящее состояние вентиля V1 и V4 поддерживается за счет тока дросселя. По мере увеличения напряжения на дросселе возрастает ток через резистор R, снижается ток дросселя L и уменьшается ток через вентили. Допустим, что при токе дросселя, равном I_2 , ток вентиля достиг нулевого значения и все вентили дополнительного выпрямителя выключились. Таким образом прерывается дуговой разряд промежутка анод-катод. На следующем временном интервале происходит экспоненциальный разряд дросселя на резистор R. Допустим, что в некоторый момент времени ток дросселя достигает начального значения I_0 , тогда по команде, поступающей с комбинационной схемы, включается любая из пар вентиля (V1, V2, или V3, V4, или V5, V6), ток дросселя замыкается через вентили, напряжение на дросселе становится близким к нулю. Такое значение тока дросселя сохраняется до момента окончания паузы, отсчитываемой ждущим мультивибратором от начала пробоя и кратной периоду сетевого напряжения. После завершения паузы подаются отпирающие сигналы в соответствии с диаграммой (фиг. 5) и восстанавливается нормальный режим работы источника.

Таким образом, необходимыми условиями реализации предложенного алгоритма являются:

- отключение вентиля на этапе разряда дросселя при $I_2 > I_0$,

- достижение током дросселя до завершения паузы значения I_0 .

Покажем, что данные условия могут быть обеспечены выбором величины сопротивления резистора R. Найдем амплитудное значение тока дросселя, как

$$I_m = I_0 + \int_{\pi-\Phi_1}^{\pi} U_m \sin \omega t dt = I_0 + \frac{U_m}{\omega L} (1 - \cos \Phi_1),$$

где I_0 - начальное значение тока, Φ_1 - длительность интервала накопления тока дросселем.

Обозначим через Φ_2 длительность интервала спада тока дросселя до момента выключения вентиля. На данном интервале ток вентиля равен

$$I_V = I_L - \frac{U_L}{R} = I_m - \int_0^t U_m \sin \omega t dt - \frac{U_m}{R} \sin \omega t$$

откуда, приравнявая $I_V = 0$ и подставляя полученное выражение для I_m , находим

$$\frac{I_0}{U_m} - \frac{\cos \Phi_1}{\omega L} = \frac{\sin \Phi_2}{R} - \frac{\cos \Phi_2}{\omega L}$$

Рассматривая форму напряжения на дросселе (фиг. 5), можно заметить, что ток дросселя достигает начального значения, если $\Phi_2 = \Phi_1$, тогда вольт-секундная площадь напряжения на интервалах накопления и спада тока одинакова, т.е. условием запирающих вентилях при $I_2 > I_0$ можно считать $\Phi_1 > \Phi_2$. Преобразуем полученное выражение

$$\frac{I_0}{U_m} - \frac{\cos \Phi_1}{\omega L} = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{\omega L}\right)^2} \sin\left(\Phi_1 - \arctg \frac{R}{\omega L}\right)$$

откуда

$$\Phi_2 = \arcsin \frac{\frac{I_0}{U_m} - \frac{\cos \Phi_1}{\omega L}}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{\omega L}\right)^2}} + \arctg \frac{R}{\omega L}$$

или, воспользовавшись условием $\Phi_1 > \Phi_2$, получим

$$\sin\left(\Phi_1 - \arctg \frac{R}{\omega L}\right) > \frac{\frac{I_0}{U_m} - \frac{\cos \Phi_1}{\omega L}}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{\omega L}\right)^2}}$$

Преобразуем левую часть полученного неравенства с помощью правил тригонометрии

$$\begin{aligned} \sin\left(\Phi_1 - \arctg \frac{R}{\omega L}\right) &= \sin \Phi_1 \cos\left(\arctg \frac{R}{\omega L}\right) - \\ &- \cos \Phi_1 \sin\left(\arctg \frac{R}{\omega L}\right) = \frac{\frac{1}{R} \sin \Phi_1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{\omega L}\right)^2}} - \\ &- \frac{\frac{1}{\omega L} \cos \Phi_1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{\omega L}\right)^2}} \end{aligned}$$

или после подстановки получаем

$$\frac{1}{R} \sin \Phi_1 - \frac{1}{\omega L} \cos \Phi_1 > \frac{I_0}{U_m} - \frac{\cos \Phi_1}{\omega L}$$

откуда

$$R < \frac{U_m \sin \Phi_1}{I_0}$$

Так как $\pi/3 < \Phi_1 < 2\pi/3$ условие, при котором в момент запирающих вентилях ток дросселя не дос-

тиг начального значения I_0 , найдем при минимальном значении $\sin \Phi_1$, т.е.

$$R < \frac{\sqrt{3}U_m}{2I_0}$$

Анализ процесса разряда дросселя на стадии спада тока показывает, что наиболее жесткие условия к выбору минимального значения сопротивления предъявляются, когда в момент достижения током дросселя максимального значения произошло восстановление сопротивления промежутка анод-катод и разряд дросселя происходит только на резистор R . Принимая длительность накопления максимальной и время паузы, равным одному периоду сетевого напряжения, находим

$$I_0 = I_m e^{-\frac{RT_p}{L}} = \left(I_0 + \frac{3U_m}{2\omega L} \right) e^{-\frac{R}{\omega L}(2\pi - 2\pi/3)}$$

Решая полученное уравнение относительно R , находим условие, при котором ток дросселя за время паузы меньше периода сетевого напряжения, восстанавливает начальное значение I_0 .

$$R > \frac{3\omega L}{4\pi} \ln \left(1 + \frac{3U_m}{2I_0\omega L} \right)$$

Таким образом, необходимые для реализации предлагаемого алгоритма условия выполняются, если сопротивление резистора выбрано в пределах

$$\frac{3\omega L}{2\pi} \ln \left(1 + \frac{3U_m}{2I_0\omega L} \right) < R < \frac{\sqrt{3}U_m}{2I_0},$$

где U_m - амплитуда линейного напряжения, I_0 - значение тока дросселя перед возникновением пробоя, L - индуктивность дросселя, ω - круговая частота питающей сети

В этом случае выключение вентилей дополнительного выпрямителя происходит при токе дросселя превышающем начальное значение I_0 , а начальное значение тока I_0 достигается за время паузы не превышающее одного периода питающего напряжения (20 мс)

Например при $\omega = 314 \text{ сек}^{-1}$, $L = 2 \text{ мГн}$, $U_m = 536 \text{ В}$, $I_0 = 1000 \text{ А}$ сопротивление резистора выбирается из условия

$$0,12 \text{ Ом} < R < 0,536 \text{ Ом}$$

Источник, реализующий предложенный алгоритм, схема которого показана на фиг. 2, работает следующим образом

При нормальном режиме работы триггер (9) находится в состоянии "0" и комбинационная схема (7) независимо от сигнала на выходе схемы сравнения (15) вырабатывает сигналы управления вентилями в соответствии с состоянием релейных элементов (11) и диаграммой работы, приведенной на фиг. 5. Нулевой сигнал с выхода триггера (9) поступает на запоминающий элемент (14) и

разрешает запись аналогового сигнала, поступающего с датчика тока (13). При возникновении пробоя резко снижается сигнал на выходе делителя напряжения (8), взводится триггер (9), запоминается значение сигнала, поступающего с датчика тока (13). Так как на данном интервале ток дросселя нарастает, на выходе схемы сравнения (14) формируется нулевой потенциал (фиг. 6). При взведенном триггере (9) и нулевом потенциале на выходе схемы сравнения (15) комбинационная схема (7) формирует запирающие сигналы управления вентилями F1-F6. Ток дросселя за счет проводящего состояния двух вентилей увеличивается до I_m , а затем спадает до I_2 . В этот момент времени ток вентилей достигает нулевого значения и все вентили переходят в выключенное состояние, что обуславливает прекращение дугового разряда промежутка катод-анод. На этом этапе происходит разряд дросселя на резистор (12). При достижении током дросселя начального значения I_0 изменяется сигнал на выходе схемы сравнения (15) (фиг. 6) и комбинационная схема (7) вырабатывает сигнал отпирания пары вентилей (например, F1 и F2). Ток дросселя замыкается через вентили, напряжение на дросселе становится близким к нулю, и дроссель сохраняет начальное значение тока I_0 . И, наконец, при завершении паузы, формируемой ждущим мультивибратором (10), происходит сброс триггера и восстанавливается нормальная работа устройства.

Таким образом, в устройстве, выполненном в соответствии с указанными в п. 1 признаками при соответствующем выборе параметров устройства и описанном алгоритме управления тиристорами дополнительного выпрямителя, обеспечивается снижение паузы, исключаются перегрузки электрооборудования, повышаются эксплуатационная надежность и производительность источника.

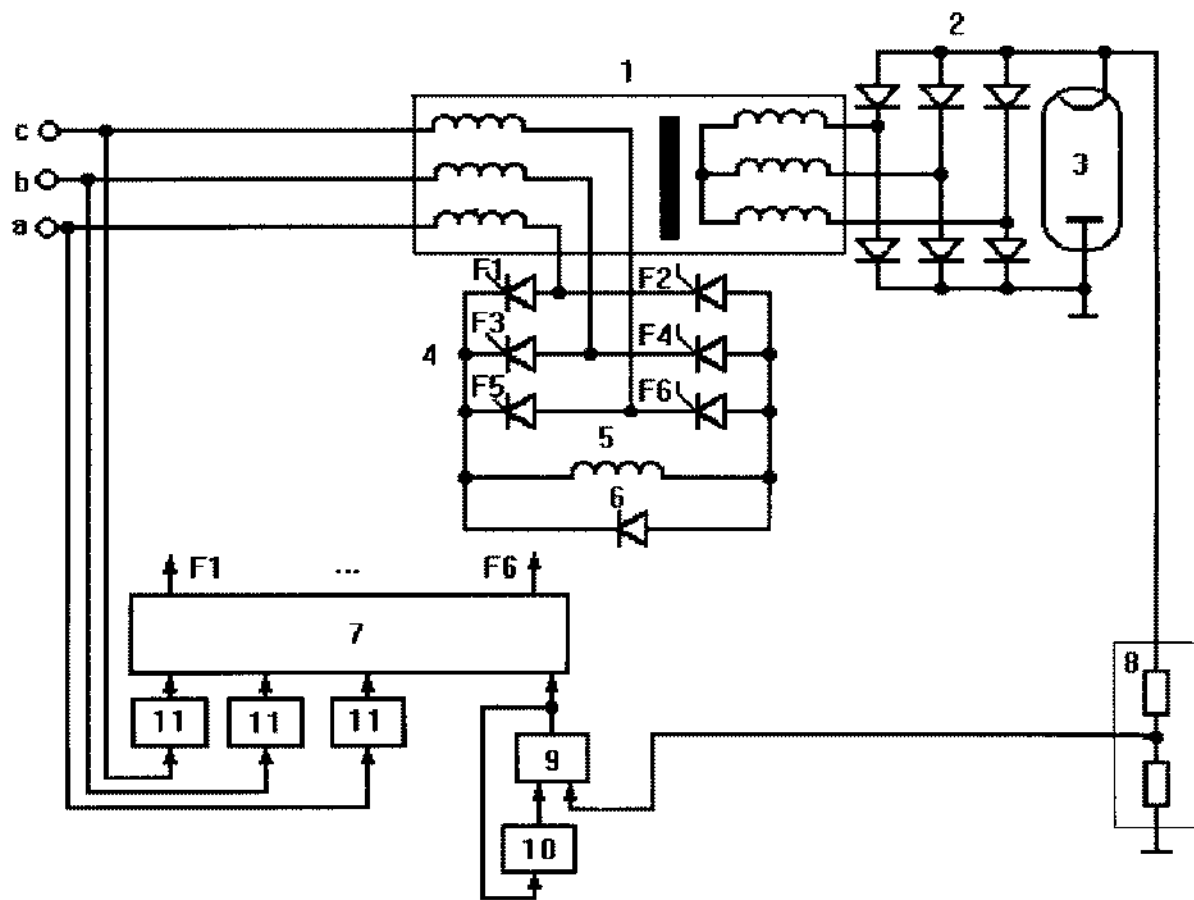
Во время паузы прекращается отбор энергии от питающей сети. Чем чаще пробой и чем больше длительность паузы, тем меньше средняя мощность на выходе установки и тем ниже ее производительность. Для повышения производительности установки необходимо учитывать то, что дуговой разряд характеризуется низким напряжением промежутка катод-анод. Кроме того, дуговой разряд может самопроизвольно прекратиться. Кратковременные пробой (разряды) при наличии токоограничивающего дросселя не вызывают токовых перегрузок. Для повышения производительности в устройство по п. 1 введен селектор амплитуды и длительности импульсов (16) на выходе высоковольтного делителя (8) при пробое, что позволяет сократить число срабатываний триггера (9) (фиг. 3).

Рассмотрим работу данного узла, пример конкретного выполнения которого приведен на фиг. 7, воспользовавшись эюрами, показанными на фиг. 8. При пробоях промежутка катод-анод на выходе высоковольтного делителя напряжения (8) формируются импульсы отрицательной полярности различной амплитуды и длительности. Эти импульсы поступают на вход операционного усилителя ОУ1, на другой вход которого поступает пороговое напряжение отрицательной полярности, за счет чего на выходе операционного усилителя вырабатывается сигнал u_2 . Таким образом из

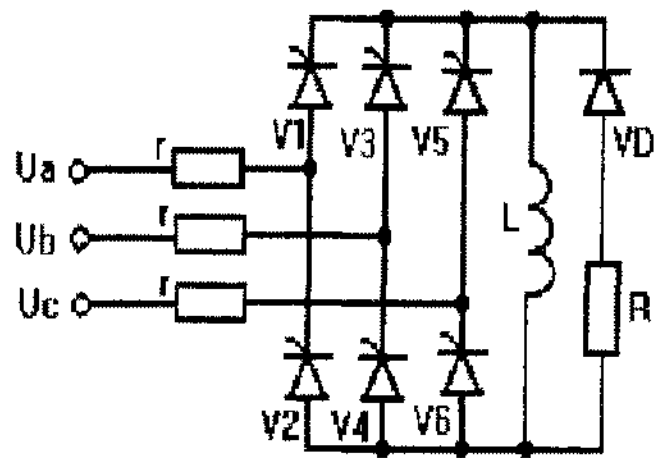
входной импульсной последовательности исключаются импульсы, амплитуда которых превышает пороговое напряжение. При отрицательной полярности сигнала u_2 отпирается стабилизатор тока, выполненный на транзисторе VT1, подключенном к источнику питания +E, и происходит линейный заряд конденсатора. После окончания пробоя меняется полярность сигнала u_2 и отпирается транзистор VT2, закорачивающий конденсатор. Таким образом на конденсаторе формируется сигнал u_3 , поступающий на первый вход второго операционного усилителя, на другой вход которого подается пороговое напряжение положительной полярности, а на его выходе формируется сигнал u_4 запуска триггера (9).

Следовательно, срабатывание триггера (9) происходят только, если на выходе высоковольтного делителя (8) возникает импульс с амплитудой ниже заданной и длительностью выше заданной, что позволяет уменьшить число срабатываний триггера (9) и число отключений электронной пушки от питающей сети. При частых пробоях предлагаемое техническое решение позволяет повысить мощность, отдаваемую электронной пушкой, а значит, и производительность установки.

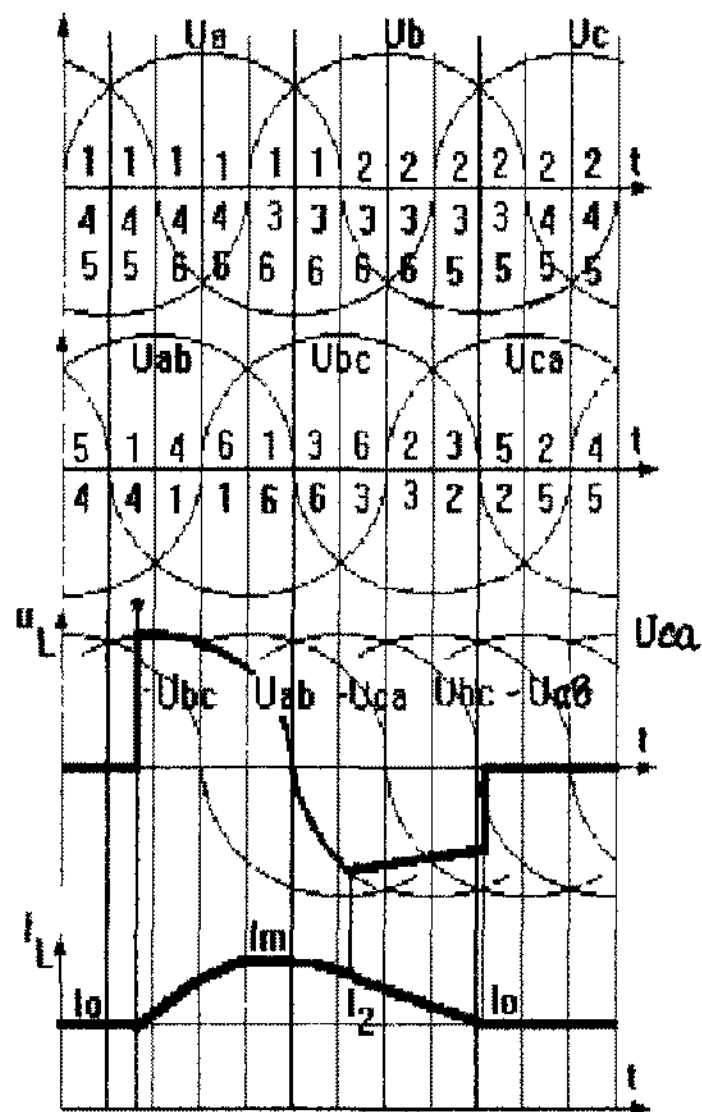
Предложенные технические решения апробированы на электронно-лучевой установке для плавки титана и подтвердили их высокую эффективность.



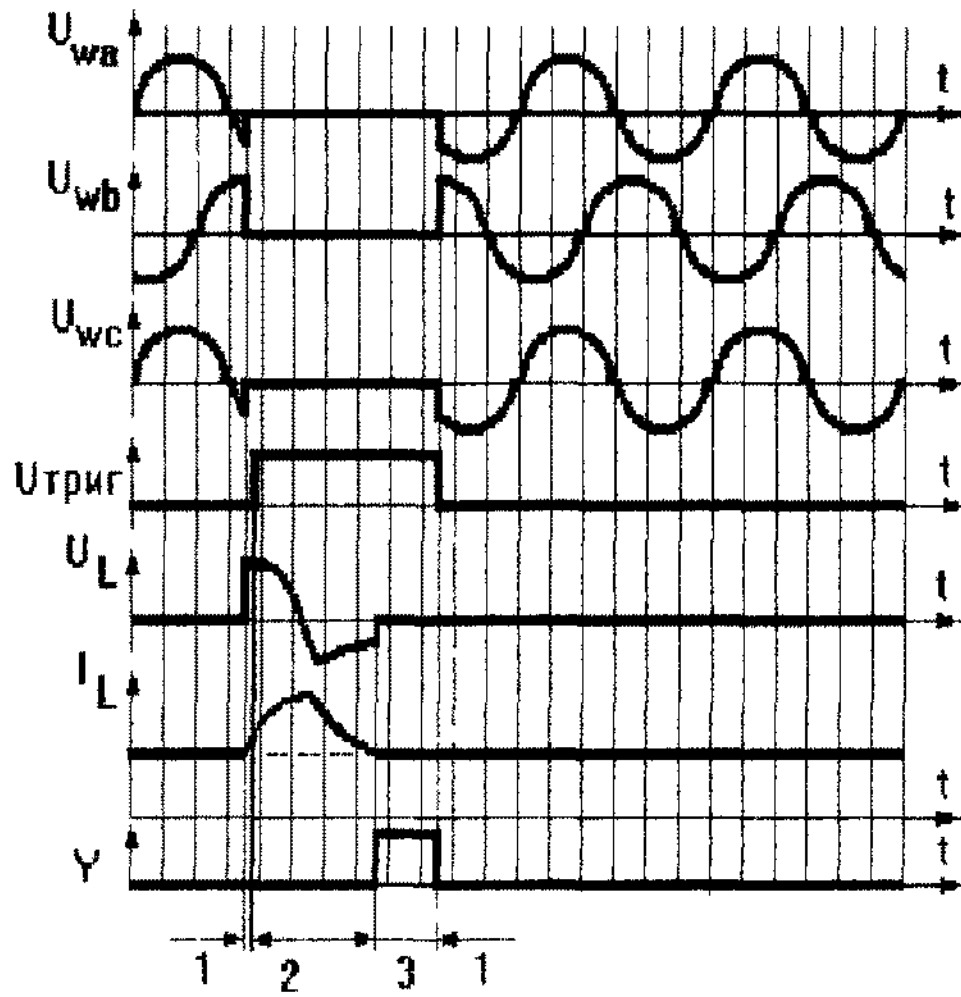
Фиг. 1



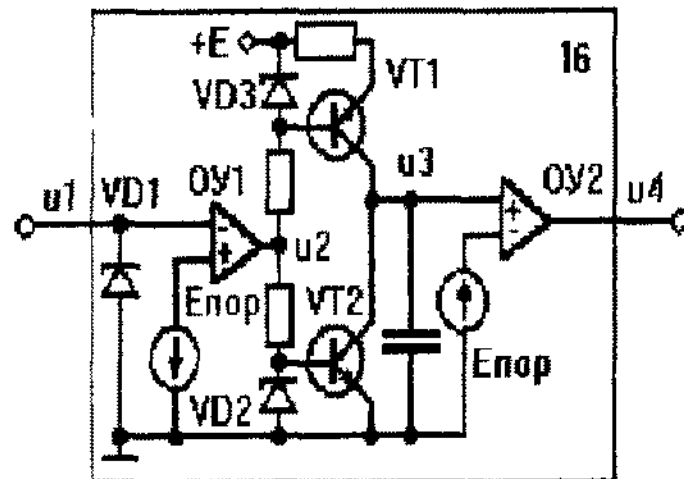
Фиг. 4



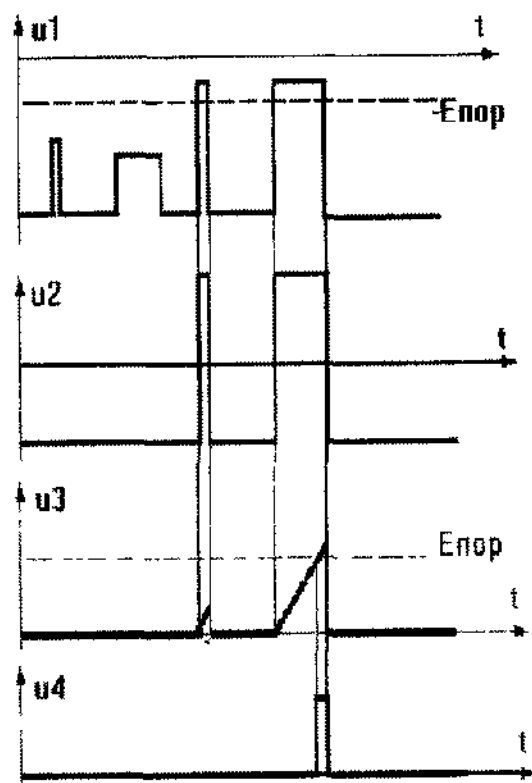
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

Тираж 50 экз

Відкрите акціонерне товариство «Патент»
Україна, 88000, м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101
(03122) 3-72-89 (03122) 2-57-03
