

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



Ц 76
Ф-534

31/11-75
13 - 8300

458/2-75

П.И. Филиппов

БЛОК ИМПУЛЬСНОГО ОЧИЩАЮЩЕГО ПОЛЯ
ДЛЯ БЕСФИЛЬМОВЫХ ИСКРОВЫХ КАМЕР
НА ЛАМПАХ 6В2П

1974

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

13 - 8300

П.И.Филиппов

БЛОК ИМПУЛЬСНОГО ОЧИЩАЮЩЕГО ПОЛЯ
ДЛЯ БЕСФИЛЬМОВЫХ ИСКРОВЫХ КАМЕР
НА ЛАМПАХ 6В2П

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

В работе рассматривается блок импульсного очищающего поля для бесфильмовых искровых камер, разработанный на лампах - тетродах со вторичной эмиссией - 6В2П.

Как известно, импульсные очищающие поля применяются в тех случаях, когда используется режим работы искровых камер /ИК/ с многократным числом срабатываний в одном цикле ускорителя и подаются на ИК с некоторой задержкой после рабочего высоковольтного импульса, обуславливая "мертвое" время ИК для данного спектрометра возможно наименьшим.

В физических экспериментах, использующих спектрометры с большим числом бесфильмовых искровых камер различных размеров, в предельно быстродействующем режиме с передачей информации на ЭВМ к блокам импульсного очищающего поля предъявляются повышенные и разносторонние требования. К ним можно отнести следующие:

1. Простота и надежность в работе.

2. Возможность подачи на отдельные группы ИК различных значений величины постоянного очищающего поля и различных значений величины амплитуд импульсного очищающего поля, в зависимости от условий и необходимых режимов их работы.

3. Большой коэффициент усиления по напряжению, чтобы можно было управлять блоками без дополнительных усилительных каскадов, от обычных транзисторных ключей.

4. Возможность легкого управления по длительности и амплитуде импульса, по задержке импульса очищающего поля и по частоте следования.

5. Компактность блоков импульсного очищающего поля и высоковольтных выпрямителей к ним.

В настоящее время в блоках импульсного очищающего поля используются в основном лампы - лучевые тетроды и пентоды, предназначенные для приемников телевидения. Коэффициенты усиления этих ламп сравнительно невелики и поэтому на управляющие сетки ламп необходимо подавать импульсы отрицательной полярности с амплитудой $U_{mc} \approx 30 \div 40 \text{ В}$. От обычных стандартных транзисторных схем можно иметь амплитуды отрицательных импульсов $U_m \approx 12 \text{ В}$. Поэтому для таких ламп требуются еще дополнительные каскады усилителя, фазоинвертора и источник питания для них.

Нами исследовались различные схемы блоков импульсного очищающего поля, как на полупроводниковых приборах, так и на электронно-вакуумных лампах, импульсно-модуляторных, 6Э5П и 6В2П, а также тиратронах. Поскольку пока нет приемлемых высоковольтных транзисторов и других управляемых полупроводниковых приборов, мы свой выбор остановили на тетроде со вторичной эмиссией - 6В2П. Эти лампы имеют достаточную электрическую прочность $/ \geq 2 \text{ кВ} /$, довольно большой коэффициент усиления и ток в импульсе. Пальчиковая лампа 6В2П малогабаритна.

Схема усилителя с последовательным включением ламп /с параллельным регулированием/

В простейшем виде схема усилителя приведена на рис. 1. В анодной цепи лампы L_1 вместо обычного сопротивления включена лампа L_2 . Напряжение сигнала на ее сетке, снимаемое с сопротивления R , находится в противофазе с входным напряжением лампы L_1 . Поэтому составляющие анодных токов обеих ламп также противофазны и складываются в нагрузке.

Соотношения, определяющие коэффициент передачи и выходное сопротивление усилителя, можно найти в работе $/1/$. При запирании лампы L_1 отрицательное смещение на сетке лампы L_2 относительно катода приближается к нулю, тогда ток открытой лампы L_2 потечет через

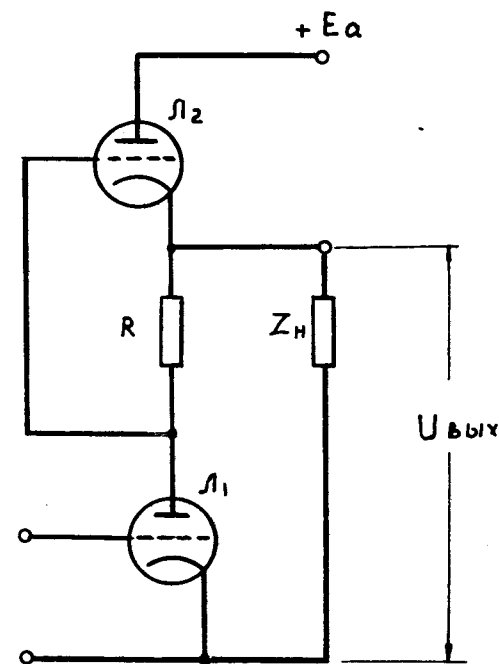


Рис. 1. Принципиальная схема усилителя с последовательным включением ламп /с параллельным регулированием/.

нагрузку Z_H . При этом напряжение на нагрузке Z_H становится равным напряжению источника питания E за вычетом падения напряжения на внутреннем сопротивлении R_{i2} открытой лампы $L_2 (U_m \approx E - R_{i2} I_2)$. Усилители данного типа имеют широкое распространение в технике цветного телевидения /для уменьшения нелинейных искажений, при передаче сигналов по низкоомному кабелю, согласованному с обоих концов $/2/$. Схемы таких усилителей используются в модуляционных устройствах современных передатчиков $/3/$, при получении импульсных очищающих полей для бесфильмовых искровых камер и т.д. Нагрузкой усилителей в этом случае являются RC- и диодные цепи малых и средних размеров бесфильмовых ИК, включаемых параллельно и по группам, а также

малые волновые сопротивления ИК больших размеров и диодные цепи, включаемые последовательно либо отдельно для каждой ИК и согласованные на волновое сопротивление. Эта схема по сравнению с обычным реостатным усилителем на двух параллельно включенных лампах обладает достоинствами не только в возможности получения малых нелинейных искажений /потребляет меньшую мощность и имеет меньшую входную емкость/, но и в том, что ее эквивалентное внутреннее сопротивление меньше, а это способствует не только уменьшению искажения, но и возможности получения большего коэффициента усиления каскада на низкоомной нагрузке. Нами с такими схемами усилителей были проведены исследования с целью выяснения возможности получения на выходе как положительных, так и отрицательных импульсов одинаковой амплитуды при подаче на вход соответственно отрицательных и положительных импульсов. При этом было выяснено, что для получения таких возможностей необходимо обеспечить следующее:

1. Коэффициенты усиления применяемых ламп должны иметь возможно большее значение.

2. Сопротивление R подбирается и имеет большее значение при положительных выходных импульсах ($R_+ > R_-$).

Таким образом, путем переключения подобранных сопротивлений можно создать универсальные блоки импульсных очищающих полей с положительными и отрицательными выходными импульсами. Это качество данных усилителей может быть также отнесено к их достоинству.

Длительность импульсов очищающих полей для бесфильмовых ИК в основном лежит в пределах $0,5 \pm 5$ мсек. Поэтому на сетку лампы L_1 усилителя необходимо подавать импульсы такой же длительности. Во избежание пробоев по старым трекам от импульсов очищающих полей фронты импульсов должны быть "ухудшены" до десятков сотен микросекунд. Для этих целей, как показала практика, оказывается вполне достаточным подавать на вход усилителя импульсы с такими "ухудшенными" фронтами.

Усилительные каскады с последовательным включением ламп /с параллельным регулированием/ для получе-

ния импульсных очищающих полей можно осуществлять следующим образом:

- 1/ выбором ламп с большим коэффициентом усиления;
- 2/ параллельным включением n ламп вместо L_2 ;
- 3/ выбором другого типа лампы для L_2 .
- 4/ переход к использованию полупроводниковых приборов.

Схема блока импульсного очищающего поля на лампах 6В2П

На рис. 2 представлена принципиальная электрическая схема блока импульсного очищающего поля. Схема представляет собою усилитель с последовательным включением ламп /с параллельным регулированием/. Для умень-

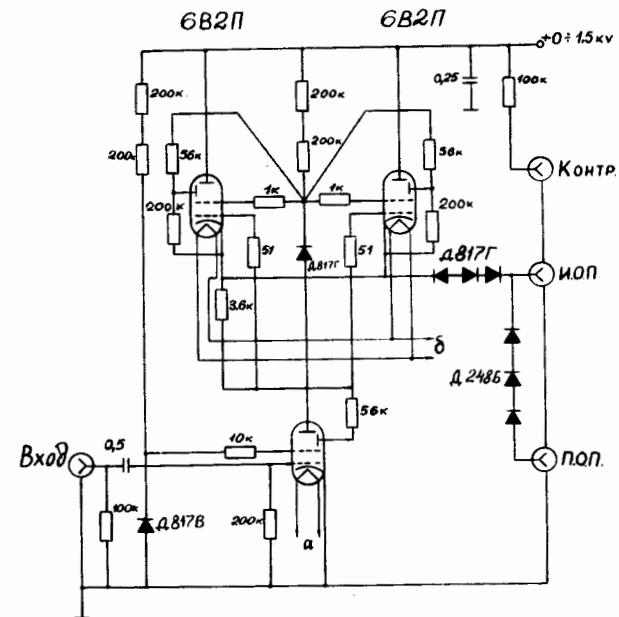


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема блока импульсного очищающего поля на лампах 6В2П.

шения внутреннего сопротивления верхней лампы L_2 и падения напряжения на нем, когда нижняя лампа L_1 закрыта, поставлены две лампы в параллель. Параллельное включение нескольких ламп (n) эквивалентно включению одной лампы с увеличенным током эмиссии при том же анодном и сеточном напряжении. Крутизна характеристики этой эквивалентной лампы, по сравнению с крутизной характеристики одной из параллельно включенных ламп, возрастает в n раз. Результирующий анодный ток представляет собою сумму анодных токов параллельно включенных ламп. Оптимальное сопротивление нагрузки при параллельном включении ламп в n раз меньше, чем для одной лампы. Межэлектродные емкости увеличиваются в n раз; также увеличивается емкость монтажа, но это для блоков импульсных очищающих полей не имеет значения, так как все равно фронт импульса необходимо значительно ухудшать. Параллельное включение ламп позволяет на лампах данного типа получить мощность, в n раз превышающую типовую мощность одной лампы. Это нередко оказывается необходимым при низкоомной нагрузке, так как переход к более мощным лампам обычно сопряжен с повышением анодного и сеточных напряжений и амплитуды запирающего импульса для идентичных ламп L_1 и L_2 . Вместе с тем параллельное включение ламп уменьшает величину оптимального сопротивления нагрузки, что также важно при низкоомной нагрузке. Нагрузкой блока импульсного очищающего поля является группа бесфильмовых искровых камер.

На рис. 3 представлена электрическая схема для малых и средних размеров бесфильмовых ИК. Статическая емкость ИК - $C_{ИК}$ шунтируется диодами с выравнивающими резисторами R_1 ; R_2 и резистором R_{III} /в магнитострикционных ИК определяющим величину тока, а следовательно, амплитуду сигнала от опорных реперов/. Для оконечного каскада высоковольтного блока питания ИК цепь $R_{III} C_{ИК}$ для начального момента поданного высоковольтного импульса /до пробоя искры/ является нагрузкой ^{1/3}. Импульсы очищающего поля подаются с соответствующей задержкой через резистор развязки R_p после рабочего высоковольтного импульса. В совре-

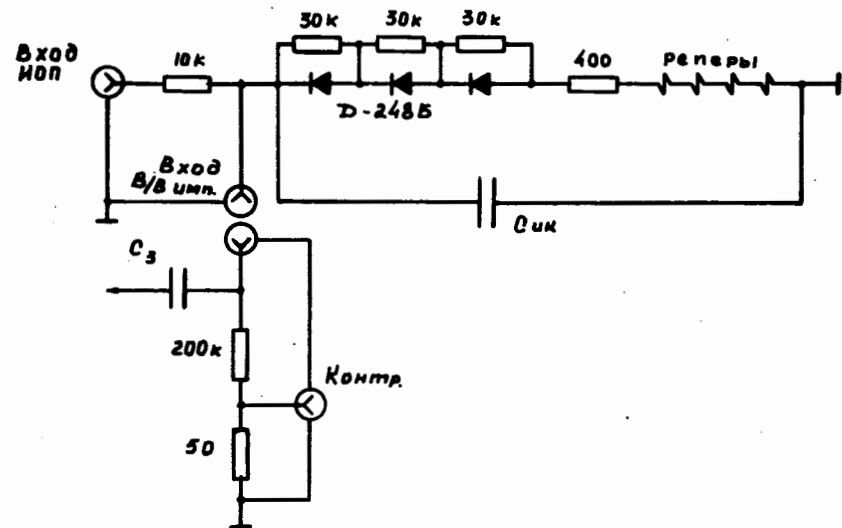


Рис. 3. Электрическая схема искровой камеры /малых и средних размеров/ $C_{ИК}$ - статическая емкость ИК.

менных спектрометрах с большим числом бесфильмовых искровых камер в блоках высоковольтного импульсного питания на выходе необходимо ставить делители для контроля выходных высоковольтных импульсов и импульсного очищающего поля, что позволяет контролировать работу тех и других блоков на любой ИК. При параллельном питании группы ИК от блока импульсного очищающего поля делители контроля выходных импульсов также входят в эквивалентное сопротивление нагрузки /см. рис. 3/, и их необходимо учитывать. Лампа 6В2П в основном предназначена для работы в наносекундных импульсных устройствах. Поэтому необходимо было проверить, как эти лампы будут вести себя в миллисекундном диапазоне в схемах ждущего мультивибратора /одновибратора/ и в отмеченных выше усилительных каскадах. Оказалось, что они также хорошо ведут себя и в миллисекундном диапазоне. По паспортным данным, в типовом режиме ток анода для них в импульсе - не менее 1,5 А, крутизна характе-

ристки по току анода в импульсе - не менее 220 мА/В и напряжение отсечки тока анода - не более 25 В . Нам важно иметь возможность управлять первой лампой L_1 усилителя от стандартных транзисторных схем даже при повышенных анодных напряжениях /до 2 кВ /. В связи с этим пришлось подобрать соответствующие режимы работы ламп 6В2П в усилителе. Отличительная особенность схемы усилителя на тетрадах со вторичной эмиссией - 6В2П заключается в том, что динод нижней лампы L_1 через резистор $R = 56 \text{ К}$ подсоединен к аноду лампы L_1 . Диноды верхних двух ламп через резисторы $R = 56 \text{ кОм}$ подсоединены к делителю со стабилитроном типа Д-817Г для экранных сеток этих ламп. Кроме того, диноды верхних двух ламп с помощью резисторов $R = 200 \text{ кОм}$ подсоединены к катодам этих ламп. Эти динодные делители служат для выравнивания параметров ламп. В противном случае, без резисторов $R = 200 \text{ кОм}$ необходимо подбирать обе лампы с одинаковыми параметрами с тем, чтобы схема работала устойчиво. Со временем параметры ламп начинают изменяться и работа схемы становится все менее и менее устойчивой, с резисторами же динодного делителя / $R = 200 \text{ кОм}$ / любые пары ламп работают надежно и устойчиво. При отсутствии входного сигнала $U_{\text{мвх}} = 0$ на лампу L_1 усилителя на лампах 6В2П, падение напряжения будет равно $40-60 \text{ В}$, и чтобы это напряжение не мешало постоянному очищающему полю /ПОП/, обычно ставится разделительный стабилитрон /в приведенной схеме рис. 2 Д-817Г/. Чтобы и постоянное очищающее поле не попадало на анод лампы L_1 , ставятся также разделительные стабилитроны с обратной полярностью относительно первого в количестве:

- а/ при $U_{\text{ПОП}}$ до 100 В - стабилитроны Д-817Г - 1 шт;
- б/ при $U_{\text{ПОП}}$ до 200 В - стабилитроны Д-817Г - 2 шт.

Блок запуска для усилителя с различными значениями $\tau_{\text{иоп}}$; $\tau_{\text{мерт, вр.}}$; $\tau_{\text{задерж.}}$ и множители выполняются на транзисторах. В блоке импульсного очищающего поля на лампах 6В2П нижняя лампа L_1 начинает запирается от отрицательного управляющего импульса

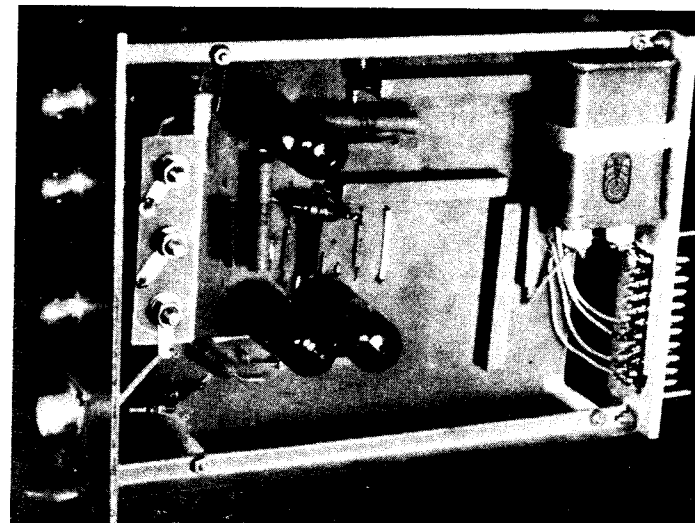


Рис. 4. Фотография блока импульсного очищающего поля на лампах 6В2П /вид справа/.

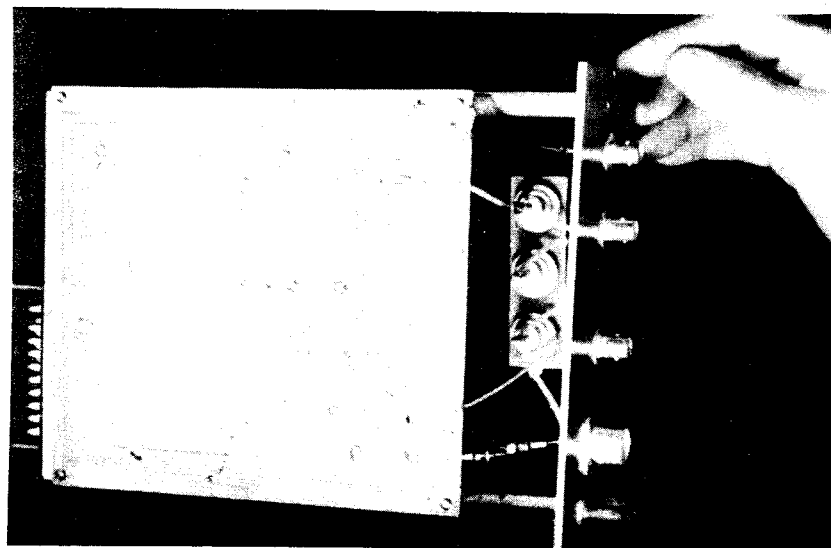


Рис. 5. Фотография блока импульсного очищающего поля на лампах 6В2П /вид слева/.

с амплитудой $U_{m \text{ вк.}} = - 5 \text{ В}$. С учетом затухания кабеля $l = 50 \div 80 \text{ м}$ блок надежно работает при $U_m = 10 \div 12 \text{ В}$.

На рис. 4 и 5 приведены фотографии блока импульсного очищающего поля на лампах 6В2П. Блок смонтирован на стандартном шасси с передней панелью $80 \times 200 \text{ мм}$, монтаж печатно-смешанный.

На рис. 6 приведена принципиальная электрическая схема накального трансформатора Tr_1 для ламп 6В2П, индикаторной лампы и высоковольтного трансформатора

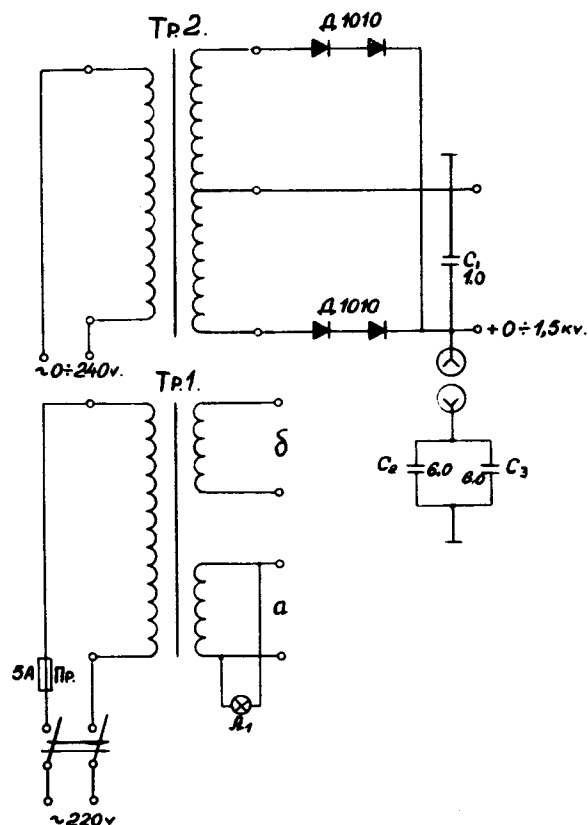


Рис. 6. Принципиальная электрическая схема накального трансформатора и высоковольтного выпрямителя с емкостной накопительной батареей.

Tr_2 с выпрямителем на двух кремниевых выпрямительных двойных столбах типа Д-1010. Первичная обмотка высоковольтного трансформатора Tr_2 запитывается от автотрансформатора типа РНО-250-2, который позволяет изменять высоковольтное напряжение на выходе высоковольтного выпрямителя от $0 \div 2 \text{ кВ}$. При запуске импульсного очищающего поля $20 \div 60$ раз в одном цикле ускорителя, чтобы высоковольтное напряжение не садилось к концу цикла более чем на 5%, к выходу высоковольтного выпрямителя подсоединяется емкостная накопительная батарея. Применялась емкостная батарея, состоящая из двух емкостей типа КБГ-П-6 мкФ на 2 кВ , соединенных параллельно /рис. 6/.

На рис. 7 приведена фотография блока высоковольтного выпрямителя для блока импульсного очищающего поля.

Блок смонтирован на таком же стандартном шасси, что и блок импульсного очищающего поля, с передней панелью $80 \times 200 \text{ мм}$. Автотрансформаторы типа РНО-250-2 были размещены в пульте управления и контроля

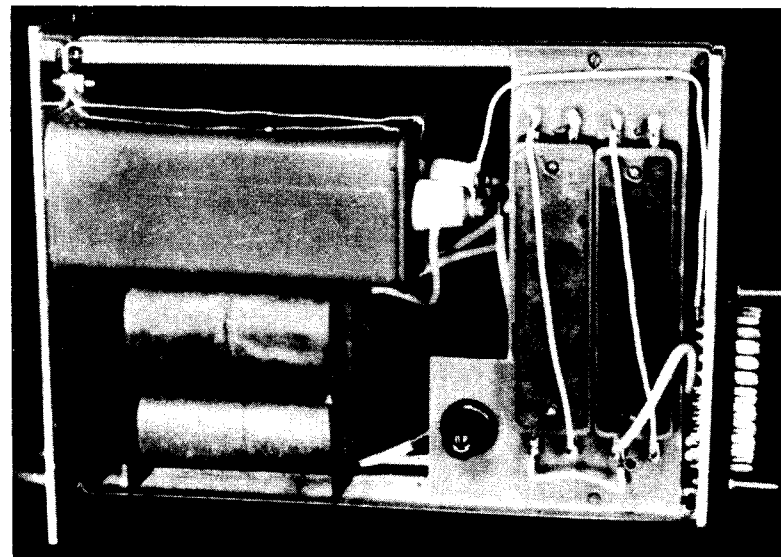


Рис. 7. Фотография блока высоковольтного выпрямителя для блока импульсного очищающего поля /вид справа/.

установки. С каждого блока импульсного очищающего поля осуществлялся контроль величины импульсного очищающего поля с фишки контроля /см. рис. 2/, кабеля и киловольтметра с переключателем, размещенных на пульте управления и контроля установки.

На рис. 8 приведена фотография импульса очищающего поля в нормальном рабочем режиме. Снимок сделан при наборе статистики с экрана осциллографа типа "OSA" с делителя контроля высоковольтных импульсов и импульсного очищающего поля.

На рис. 9 приведена фотография импульса очищающего поля отрицательной полярности при другой величине резистора R /рис. 1/ с блока импульсного очищающего поля на лампах 6В2П /схема рис. 2/.

Выводы

1. В физических экспериментах, использующих спектрометры с большим числом бесфильмовых искровых камер различных размеров, в предельно-быстродействующем режиме с передачей информации на ЭВМ к блокам импульсного очищающего поля предъявляются повышенные и разносторонние требования. Эти требования технически хорошо разрешаются при использовании в блоках импульсного очищающего поля тетродов со вторичной эмиссией /6В2П/.

2. Как показала практика широкого использования схем усилителей с последовательным включением ламп /с параллельным регулированием/ в блоках импульсных очищающих полей, данные схемы наиболее полно отвечают и более повышенным требованиям к ним. Как было выяснено, применение в данных усилителях ламп с большим коэффициентом усиления обеспечивает на выходе импульсы как положительной, так и отрицательной полярности одинаковой амплитуды путем подачи на вход отрицательных и положительных импульсов и переключения подобранных резисторов R. Это расширяет возможности таких усилителей, позволяя создавать блоки импульсных очищающих полей более универсальными.

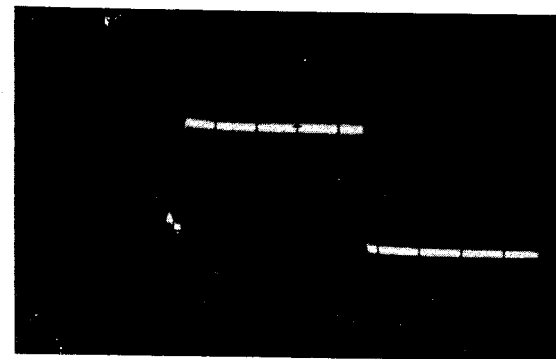


Рис. 8. Фотография импульса очищающего поля положительной полярности /в рабочем режиме/. Длительность импульса $\tau_{\text{ИОП}} = 4,5$ мсек; амплитуда ИОП $U_{\text{мИОП}} = 1,0$ кВ; развертка 1 мсек/см.

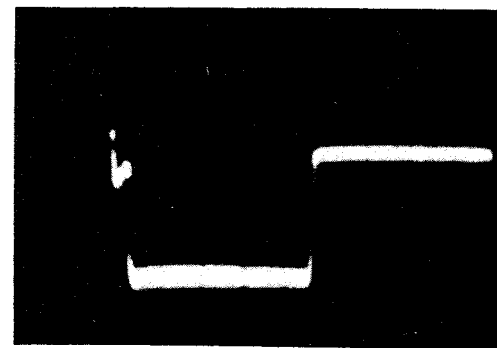


Рис. 9. Фотография импульса очищающего поля отрицательной полярности. Длительность импульса $\tau_{\text{ИОП}} = 4,5$ мсек; амплитуда ИОП $U_{\text{мИОП}} = 1,0$ кВ; развертка 1 мсек/см.

3. Усилители с последовательным включением ламп /с параллельным регулированием/ на 6В2П имеют большой коэффициент усиления по напряжению и не требуют дополнительных каскадов усиления, что упрощает блоки импульсных очищающих полей и повышает их надежность.

Описанные блоки, в количестве 6 рабочих и одного запасного, надежно и устойчиво проработали в спектрометре, составленном из 18 бесфильмовых искровых камер, около 1250 час при налаживании аппаратуры, подборе газового и прочих режимов работы ИК, проведении пучка и по набору статистики в экспериментах по π -e^{4,5/} и π -p^{6/} -рассеянию при энергии 40; 50 ГэВ/с на ускорителе ИФВЭ.

В заключение автор считает своим долгом выразить благодарность Б.А.Кулакову, Э.Н.Цыганову, Ю.В.Заневскому, В.Д.Пешехонову за полезные дискуссии, А.Ф.Елишеву, А.И.Широкову - за выполнение монтажных работ, Н.В.Печенову - за оперативное выполнение и обеспечение фотографических работ.

Литература

1. В.Т.Фролкин. Импульсные устройства. Изд. Машиностроение, М., 1966.
2. Я.Мильман, Г.Тауб. Импульсные и цифровые устройства. Госэнергоиздат, М., 1960.
3. З.И.Модель. Радиопередающие устройства. Изд. Сов. радио, М., 1971.
4. G.T.Adylov et al. JINR, E13-6658, Dubna, 1972.
5. G.T.Adylov et al. JINR, E13-6749, Dubna, 1972.
6. G.T.Adylov et al. JINR. E1-7934. Dubna, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
2 октября 1974 года.