

6/111-72

СЗУЧ. 1ч

Д-321

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 6200

717/2-72



А.В.Демьянов, Г.Г.Мкртчян

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

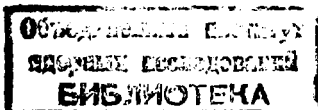
СИСТЕМА ИСКРОВЫХ КАМЕР,
ПРИМЕНЯЕМАЯ
ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РЕАКЦИИ $\Pi^- p \rightarrow n e^+ e^-$

1971

13 - 6200

А.В.Демьянов, Г.Г.Мкртчян

СИСТЕМА ИСКРОВЫХ КАМЕР,
ПРИМЕНЯЕМАЯ
ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РЕАКЦИИ $\Pi^- \rightarrow n e^+ e^-$



Для изучения реакции $\pi^- p \rightarrow p e^+ e^-$ /1/ была создана экспериментальная установка, одним из основных регистрирующих устройств которой являются две искровые камеры. Они служат для отбора и восстановления пространственной картины событий реакции. В настоящей работе описываются конструкция и характеристики этих искровых камер.

Каждая искровая камера имеет два зазора по 22 мм. Наружные (земляные) электроды имеют размеры 350 x 350 мм², средний (высоковольтный) электрод - 300 x 300 мм². Разница в размерах высоковольтного и земляных электродов уменьшает вероятность пробоев по краям. Емкость камеры $C \approx 100$ пф. Средний электрод имеет вывод для присоединения высоковольтного кабеля. Толщина электродов - 1 мм (Al). Рабочие размеры искровых камер - 260 x 260 мм². Все детали камер склеены эпоксидной смолой "Эпокси-1200" или ЭД-6. Камеры наполнялись неоном особой чистоты при давлении ~ 1 атм. На рис. 1 приведен внешний вид одной искровой камеры. Обе искровые камеры работают в трековом режиме /2/.

Питание искровых камер

На рис. 2 приведена блок-схема питания искровых камер.

Высоковольтный импульс для подачи на искровые камеры формируется в два этапа. Сначала, после прихода импульса запуска со схемы управления, формируется импульс поджига с помощью схемы запускающего генератора. Этот импульс поджига через кабель РК-75-9-13 подается на генераторы Аркадьева-Маркса. На них уже формируется высоковольтный импульс, который подается на искровые камеры.

Для подачи высоковольтного импульса на искровые камеры используется кабель марки РК-8 и специально (пробойное напряжение ~ 50 кВ) разработанный высоковольтный разъем.

В основу запускающего генератора (генератора импульса поджига) положена схема генератора высоковольтных импульсов, предложенная в работе/3/ (рис. 3).

В данной схеме в качестве коммутирующего элемента применялось вакуумное искровое реле ВИР-14, при срабатывании которого получается высоковольтный импульс, идущий потом на запуск генераторов Аркадьева-Маркса.

Так как в эксперименте использовались две искровые камеры и соответственно два генератора Аркадьева-Маркса, то для надежности работы этих генераторов на выходе схемы запускающего генератора формировались два независимых высоковольтных импульса. Полная задержка импульса запуска в цепях запускающего генератора ~ 80 нсек.

Схема генератора Аркадьева-Маркса, используемая в данном эксперименте, приведена на рис. 4. Так как зазор в искровых камерах составлял 22 мм, то для нормальной работы их необходимо подавать импульс высокого напряжения порядка 20 кВ. Поэтому был применен двухкаскадный генератор Аркадьева-Маркса. Тогда для получения высоковольтного импульса ~ 20 кВ достаточно было подавать высокое напряжение величиной 11 + 12 кВ. Это позволило использовать один и тот же высоковольтный источник питания как для запускающего генератора, так и для генераторов Аркадьева-Маркса. В генераторе Аркадьева-Маркса в качестве коммутирующего элемента использовались воздушные разрядники, причем в первом каскаде - управляемый разрядник/4/.

Воздушный разрядник представляет собой два полушария радиусом $R = 8$ мм в воздухе, расстояние между которыми подбиралось так, чтобы при напряжениях на 1 кВ выше напряжения питания разрядник начинал самостоятельно пробиваться; полушария выполнялись из нержавеющей стали.

Разрядное сопротивление в генераторах Аркадьева-Маркса составляло величину ~ 100 Ом (марки ТВО-5 w).

В качестве разрядных емкостей в генераторах использовались емкости типа КОБ-3, емкость которых 2200 пф, напряжение пробоя 30 кв. Все сопротивления высоковольтной части генераторов были типа КЭВ мощностью 5 вт.

Каждая искровая камера питается отдельным генератором Аркадьева-Маркса. Генераторы помещены в герметичные коробки, и для безопасности при работе с водородом внутренний объем генераторов соединен с вентиляционной системой. Время задержки генераторов Аркадьева-Маркса 60+ 70 нсек.

Полная задержка высоковольтного импульса относительно импульса запуска в высоковольтной системе составляет ~150 нсек. Длительность высоковольтного импульса ~ 100 нсек, передний фронт ~ 10 + 15 нсек.

Для наших генераторов коэффициент передачи высоковольтного импульса на искровые камеры равен

$$K = 2 \times \frac{C}{C + C_K} = 2 \times \frac{1100}{1100 + 100} = 1,84 .$$

Это значит, что при напряжении 12 кв на входе генератора на искровые камеры подавались импульсы величиной ~ 22 кв.

Для улучшения временных характеристик искровых камер и качества треков подавалось постоянное очищающее поле, которое можно было менять в интервале от 0 до 90 вольт.

Характеристики искровых камер

Параметры искровых камер были изучены с помощью космических частиц и на пучке π^- -мезонов синхроциклотрона Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Блок-схема эксперимента показана на рис. 5.

Была изучена зависимость эффективности искровых камер от величины высоковольтного импульса, от величины очищающего поля и времени задержки высоковольтного запускающего импульса (время памяти искровых камер), а также зависимость качества треков от величины зарядной емкости. На рис. 6 приведена зависимость эффективности искровой камеры от величины высоковольтного импульса. Было получено, что

уже при напряжении высоковольтного импульса 16 кв искровая камера имеет максимальную эффективность, которая при дальнейшем повышении напряжения импульса существенно не изменяется. Измерения проводились до напряжений $U_{\text{выс.}} = 26,0$ кв.

Одновременно был изучен вопрос о влиянии на эффективность искровых камер и на яркость искр величины зазора между электродами воздушного разрядника, которая определяет величину переднего фронта высоковольтного импульса. Как и следовало ожидать, увеличение зазора относительно минимально возможного (которое определяется самопробоем) ухудшает качество треков.

В последующих исследованиях искровых камер и при использовании их в эксперименте/1/ было выбрано рабочее напряжение ~ 22 кв. Такое напряжение (перенапряжение ~ 8 кв) обеспечивает достаточно высокую эффективность для регистрации нескольких частиц.

В результате ряда измерений получено, что эффективность искровых камер составляет ~ 98%.

Зависимость эффективности искровых камер от величины задержки во времени высоковольтного импульса (время памяти искровых камер) при разных значениях очищающего поля показана на рис. 7. Знак очищающего поля противоположен знаку высоковольтного импульса, что частично компенсирует влияние переднего фронта высоковольтного импульса. В качестве рабочего напряжения была выбрана величина очищающего поля $U_{\text{оч}} = + 40$ в. Как видно из рисунка, при этом значении очищающего поля эффективность искровых камер мало меняется при задержке высоковольтного импульса до 2,5 мксек. Этот выбор определялся двумя причинами. Чтобы избежать регистрации частиц, проходящих через искровую камеру и не связанных с запуском ее, необходимо иметь минимальное время памяти. С другой стороны, запускающий высоковольтный импульс подавался на камеру через ~ 0,8 мксек после прохождения регистрируемой частицы. Последнее обстоятельство связано с большим расстоянием между установкой и стойкой регистрирующей электроники.

Был изучен вопрос о зависимости толщины треков в искровой камере от величины разрядной емкости (от мощности высоковольтного импульса).

На рис. 8 показана эта зависимость. Оказалось, что для наших камер оптимальное значение разрядной емкости ~ 1000 пф, при этом толщина треков $\sim 1,5$ мм.

Исследование искровых камер на ускорителе показало, что они работают в трековом режиме до углов $\sim 30^\circ$ практически без изменения своей эффективности.

Оптическая система

Две взаимно перпендикулярные проекции искровых камер с помощью оптической системы линз, зеркал и призм фотографировались одним киноаппаратом РФК-5.

Для восстановления пространственной картины по двум проекциям трека необходимо иметь на пленке систему отсчета, положение которой относительно мишени точно известно. В качестве такой системы мы применяем реперные пластины.

Применение реперных пластин позволяет в значительной степени устранить влияние оптических искажений и усадки пленки на точность восстановления пространственной картины, т.к. трек измеряется относительно близлежащего репера. С каждой фотографируемой стороны камеры стоят реперные пластины. Все они идентичны.

Каждая реперная пластина изготовлена из оптически прозрачного оргстекла. На пластине толщиной 10 мм нанесена координатная сетка в виде прямоугольных клеток размерами 20×20 мм². Линии имеют толщину и глубину 0,2 мм.

Реперные пластины освещаются импульсно с помощью коммутаторных лампочек КЛ 24 x 105, на которые подается импульс напряжения величиной 27 в и длительностью $\sim 0,3$ сек.

Ввиду малогабаритности искровых камер при фотографировании можно было бы обойтись без линз. Однако в этом случае прямоугольная координатная система сохраняется только для центральной точки камеры. Остальные части камеры "смотрятся" объективом под некоторыми углами, причем углы эти различны для разных частей камеры, в связи с чем применение формул, полученных для прямоугольной системы

координат в таком случае не обосновано и может привести к значительным ошибкам (в нашем случае $\sim 4^\circ$).

С введением линз дополнительно увеличиваются оптические искажения, которые связаны с появлением сферической аберрации. Однако ошибка, вызываемая аберрацией, составляет сотые доли миллиметра, что несущественно в данном случае. Кроме того, существенные искажения могут вносить неточности при изготовлении линз.

Линзы были изготовлены из плексигласа. Толщина линз 3,1 см, ширина определяется размерами искровых камер и выбрана равной 60 мм. Учитывая, что коэффициент преломления плексигласа $n = 1,5$, а фокусное расстояние линз $F = 100$ см, получили для радиуса линз величину $r = 50$ см.

На рис. 9 показано расположение проекций искровых камер на пленке. Проведенные исследования показывают, что точность восстановления угла составляет $\pm 0,25^\circ$, а координаты $\pm 1,2$ мм.

Система фотографирования

Киноаппарат РФК-5 работал при фотографировании треков с искровых камер в импульсном режиме. Для этого была упрощена внутренняя электрическая схема киноаппарата. Она приведена на рис. 10. Пунктиром показаны части электрической схемы, не используемые в импульсном режиме работы.

На рис. 11 приведена схема запуска РФК-5. Схема, выполненная на транзисторах, управляет работой мощного реле Р1 (МКУ-48-12в). Контакты этого реле включают питание мотора и запускающую муфту аппарата и выключают тормозную муфту. Реле Р1 самоблокируется до момента разрыва цепи его с помощью контактов обратного сигнала киноаппарата K_1 . Благодаря этому, разрыв блокировки реле осуществляется перед завершением цикла по перемотке пленки. После этого система приходит в исходное состояние. Данное устройство позволяет обеспечить до 7 срабатываний киноаппарата в секунду.

Аналогичная схема, но использующая в качестве коммутирующего элемента реле РСМ-1, была применена для импульсного освещения ре-

перных пластин. Все электронные схемы запуска РФК-5 и освещения реперных пластин были выполнены в виде блоков 120 x 80 мм² стандартной стойки ЦЭМ ОИЯИ.

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить Л.Л. Неменова за предложение темы и постоянный интерес к работе, А.В. Купцова за полезные обсуждения и помощь при создании схем, Г.И. Смирнова за участие в юстировке оптической системы.

Авторы также благодарят А.Ф. Писарева за многочисленные консультации и советы и К.Г. Некрасова за обсуждение схемы импульсного питания киноаппаратов.

Л и т е р а т у р а

1. Ю.К. Акимов и др. ЯФ, 13, 748 (1971).
2. А.Туркин. Proc. of the International Conference on Instrumentation. N.Y. - London, Sept. 1960.
3. Ю.Ф. Томашук, И.А. Радкевич. ПТЭ, 4, 123 (1965).
4. А.Ф. Писарев, В.М. Шешунов. Препринт ОИЯИ, Р 13-3570, Дубна, 1967.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 декабря 1971 года.

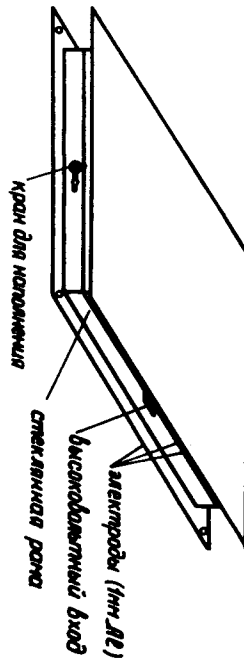


Рис. 1. Искровая камера.

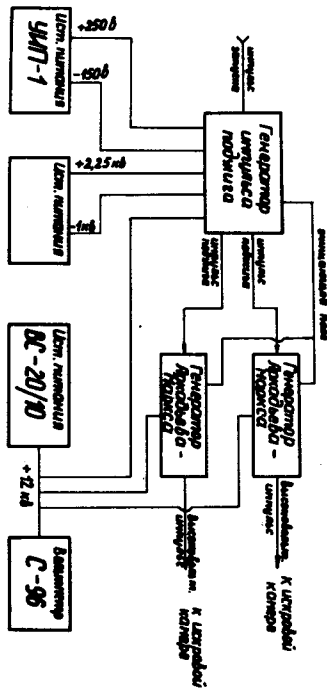


Рис. 2. Блок-схема питания искровой камер.

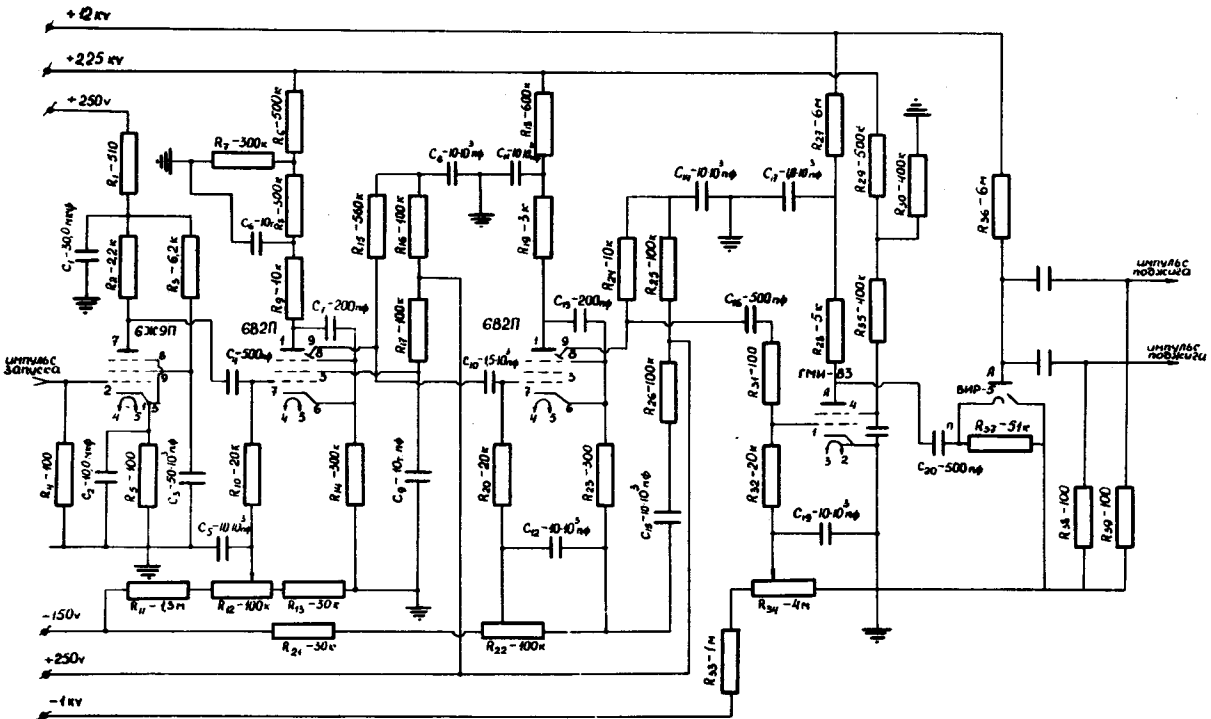


Рис. 3. Схема генератора высоковольтных импульсов запуска.

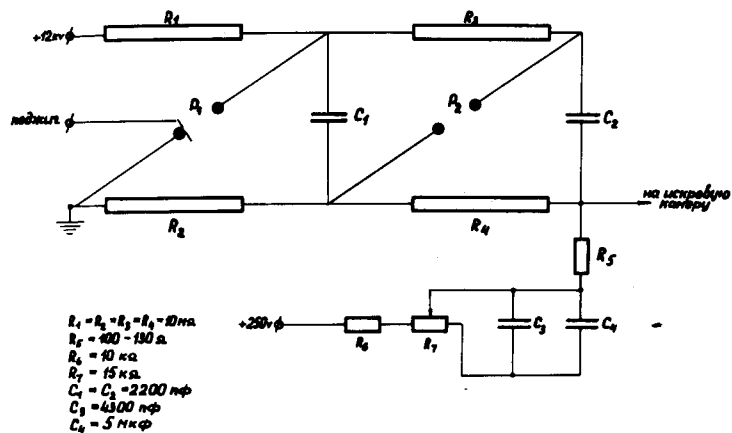


Рис. 4. Схема генератора Аркадьева-Маркса.

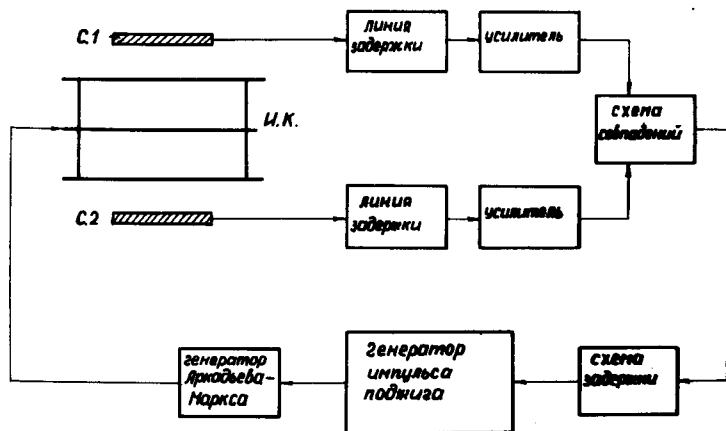


Рис. 5. Блок-схема установки для исследования искровых камер.

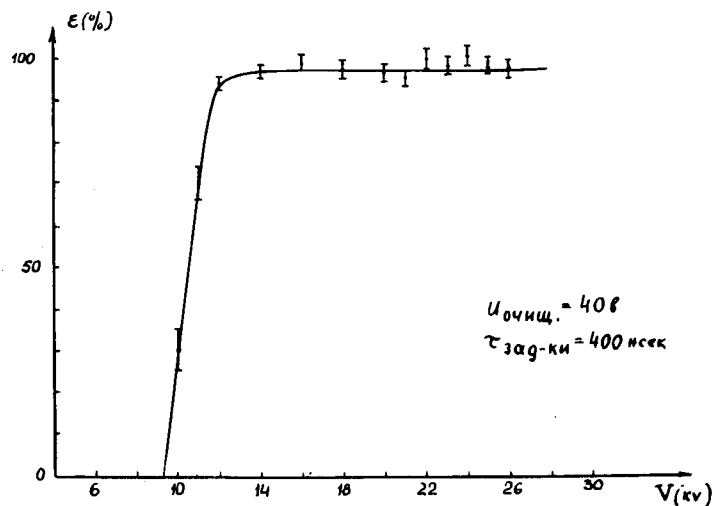


Рис. 6. Зависимость эффективности искровой камеры от величины высоковольтного импульса.

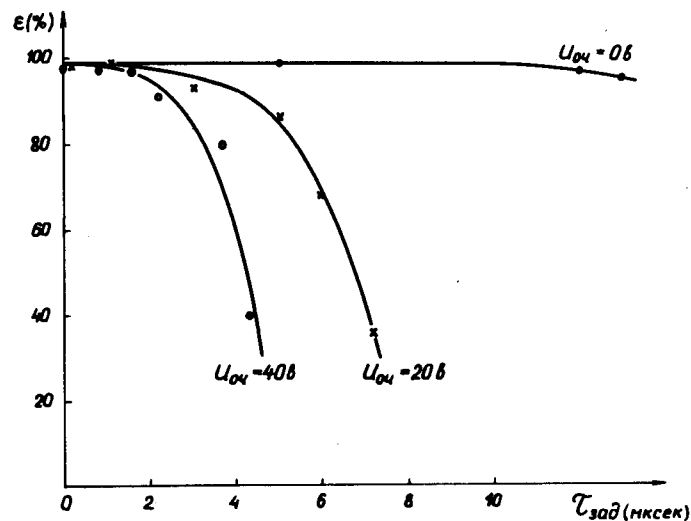


Рис. 7. Зависимость эффективности искровых камер от задержки во времени высоковольтного импульса при разных значениях очищающего поля.

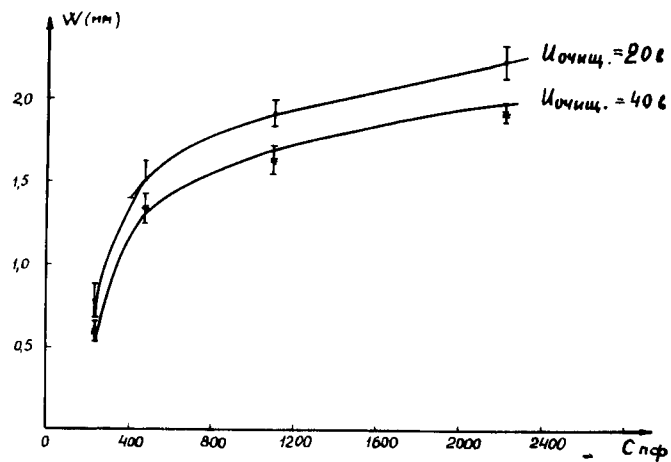


Рис. 8. Зависимость толщины искры от величины разрядной емкости.

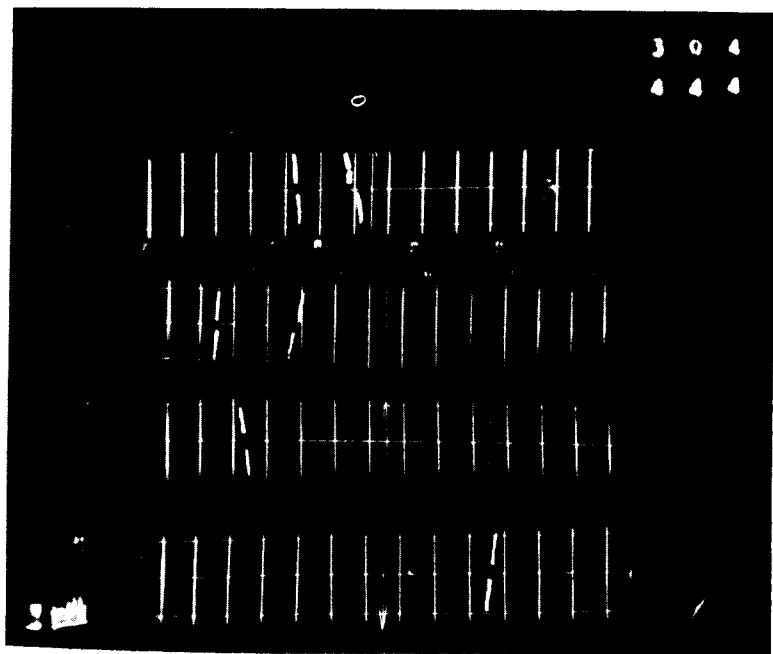


Рис. 9. Фотография одного из кадров с искровых камер, полученных в эксперименте по изучению реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^+ e^-$.

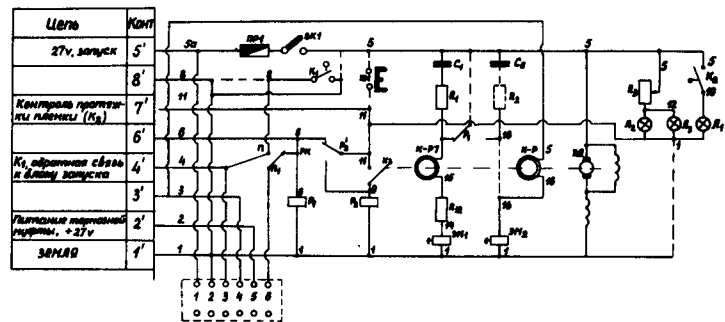


Рис. 10. Электрическая схема киноаппарата РКФ-5 для работы в импульсном режиме питания. (Пунктиром показаны цепи, не используемые в этом режиме).

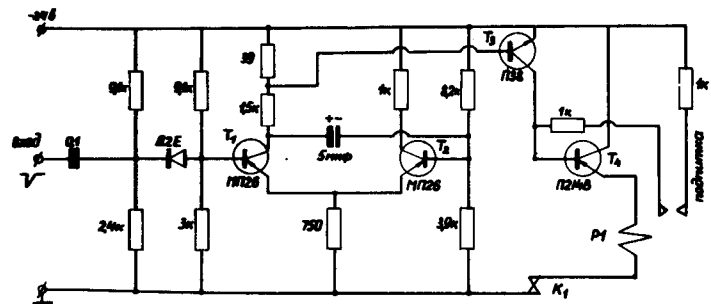


Рис. 11. Схема запуска РКФ-5.