

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



Ф-534

12 / 14 -
13 - 9438

1321 / 2-76

П.И.Филиппов

О МНОГОИМПУЛЬСНОМ ВЫСОКОВОЛЬТНОМ ПИТАНИИ
БЕСФИЛЬМОВЫХ ИСКРОВЫХ КАМЕР

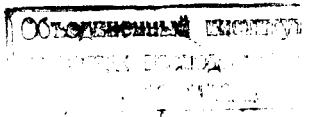
1976

13 - 9438

П.И.Филиппов

**О МНОГОИМПУЛЬСНОМ ВЫСОКОВОЛЬТНОМ ПИТАНИИ
БЕСФИЛЬМОВЫХ ИСКРОВЫХ КАМЕР**

Направлено в ПТЭ



1. Введение

В данной работе рассматриваются возможности и экспериментальное исследование способа многоимпульсного высоковольтного питания бесфильмовых искровых камер. В отличие от традиционно установившегося моноимпульсного способа высоковольтного питания бесфильмовых искровых камер /ИК/, было найдено, что использование двух и более последовательно следующих высоковольтных импульсов значительно облегчает задачу создания генераторов высоковольтных импульсов с наилучшими параметрами, позволяет получать эффективности ИК, в меньшей степени зависящие от числа фоновых треков, и делает более гибкой выбор комплексной логики управления ИК.

Первый высоковольтный импульс служит для закрепления трека прошедшей заряженной частицы через ИК до стадии электронной лавины; второй и последующие развивают ее до стадии искрового пробоя для записи информации о прошедшей частице.

Способ питания с двумя последовательно следующими высоковольтными импульсами рассматривался ранее для искровых камер с большим разрядным промежутком ^{/1,2/} и для стримерных камер ^{/3/}, в основном, с целью увеличения времени памяти камер от $\sim 10^{-6}$ до $\sim 10^{-3}$ с. нечто аналогичное используется в некоторых схемах импульсного высоковольтного питания источников /газоразрядных ламп-вспышек/ для возбуждения активного вещества лазера. Вначале предварительный импульс подается на один из электродов лампы-вспышки для создания потенциала предварительной ионизации, а затем уже осуществляется газовый разряд.

Мы рассматриваем возможности данного способа питания для бесфильмовых ИК с точки зрения облегчения задачи создания высоковольтных импульсных генераторов с наилучшими параметрами и возможности обеспечения хорошей эффективности ИК при многотрековости.

В моноимпульсном способе питания к окончательному каскаду генератора предъявляются все специфические требования, отмечавшиеся ранее в работах^{/4-6/}, которые необходимо обеспечивать при высоковольтном импульсном питании бесфильмовых ИК. К ним в первую очередь относятся меры получения минимально возможной и стабильной во времени задержки.

Передние фронты высоковольтных импульсов на ИК, по возможности, должны иметь минимальные значения, особенно при одновременной регистрации многих треков, так как здесь надежнее и эффективнее происходит образование электронных лавин, тем самым обеспечивая более равномерное распределение токов в одновременных искровых разрядах. Кроме этого, коммутирующие элементы окончательных каскадов ГВИ должны иметь потенциальные возможности переключения больших значений тока как при многотрековости, так и при все возрастающих размерах ИК. Как можно видеть, в моноимпульсном способе питания для окончательных каскадов генераторов необходимо выбирать коммутирующие элементы, отвечающие всем этим основным определяющим требованиям.

При многоимпульсном /минимум два/ способе высоковольтного питания бесфильмовых ИК эти специфические требования разделяются соответственно на два и более окончательных каскада. Первый генерирует первый высоковольтный импульс или серию длительностью $t_u = 3 \div 80 \text{ нс}$ /в зависимости от амплитуды и конструкции ИК/ с минимальной и стабильной во времени задержкой и крутым передним фронтом импульса на нагрузке /ИК/.

Поскольку первый высоковольтный импульс или серия импульсов служат для закрепления трека до стадии электронной лавины и токи на этой стадии очень малы, то от коммутирующих элементов этих окончательных каскадов не требуется переключения больших токов, а лишь

обеспечение достаточной амплитуды импульса напряжения и крутизны переднего фронта на нагрузке /ИК/.

Второй окончательный каскад генерирует второй высоковольтный импульс или их серию длительностью, достаточной для завершения развития образованной первым высоковольтным импульсом или серией импульсов электронной лавины до стадии искрового пробоя. При этом не требуется, чтобы вторые высоковольтные импульсы имели минимальные и стабильные во времени задержки и крутые передние фронты. Зались информации о прошедшей частице производится обычно током искрового разряда, поэтому от коммутирующих элементов вторых окончательных каскадов требуется обеспечение переключения больших токов. В данном случае подбор коммутирующих элементов для первых и вторых окончательных каскадов значительно упрощается, и выбор расширяется.

Для первых окончательных каскадов наиболее подходящими коммутирующими элементами, в основном, могут быть электронно-вакуумные лампы, в дальнейшем, при достижении сравнимых параметров с электронными лампами, - полупроводниковые приборы /тиристоры, транзисторы и др./.

Для вторых окончательных каскадов наиболее приемлемыми коммутирующими элементами из полупроводниковых приборов в основном могут быть тиристоры, и в дальнейшем - мощные высоковольтные транзисторы, водородные тиратроны, игнитроны, электронные лампы, искровые разрядники и др.

Первые сформированные и короткие высоковольтные импульсы возбуждают электронные лавины по следам прошедших частиц в ИК с высокой эффективностью, поскольку токи при этом незначительны, а развитие электронных лавин, как известно, может происходить и от единичных остаточных электронов.

Последующее развитие электронных лавин при подаче вторичных высоковольтных импульсов в искровой разряд происходит также с высокой эффективностью, так как развитие разряда уже идет от возбужденных электронных лавин.

Разброс количества электронов N в электронных лавинах не имеет определяющего значения, поскольку

развитие разряда идет от N иницирующих электронов. В совокупности это приводит к повышению эффективности ИК при одновременной фиксации многих треков или, другими словами, позволяет получать эффективности ИК, в меньшей степени зависящие от числа фоновых треков.

Вероятность сохранения электронной лавины, по сравнению с единичными электронами по следу прошедшей частицы через ИК, в памяти увеличивается. Кроме этого, повторными короткими высоковольтными импульсами /или серией/ можно сохранить электронную лавину до тех пор, пока быстрая логика не решит, проявлять данную электронную лавину подачей вторичных высоковольтных импульсов в искровой пробой для записи информации, или нет. Поэтому гибкость и возможности выбора комплексной логики управления ИК при многоимпульсном высоковольтном питании ИК значительно возрастают.

В работах ^{1-3/}, отмеченных выше, для увеличения времени памяти камер после $\sim 10^{-6}$ с используются метастабильные состояния атомов, оставшиеся после возбуждения электронной лавины или стримера первым высоковольтным импульсом, а также вторичные процессы.

Совершенно ясно, что при сохранении /воспроизведении/ электронной лавины облегчается и повышается качество ее проявления до стримерной стадии или стадии искрового пробоа. Причем для трековых камер при сохранении /воспроизведении/ электронной лавины, чтобы трек не смещался, необходимо подавать первичную серию высоковольтных импульсов разной полярности или импульс /серию импульсов/ в.ч. определенной длительности и амплитуды. Следует отметить, что при сохранении /воспроизведении/ электронной лавины от первого высоковольтного импульса последующие должны иметь соответственно ухудшенные фронты.

2. Экспериментальная часть

Двухимпульсное питание бесфильмовых искровых камер с малыми временами следования /между первым и вторым высоковольтными импульсами/ было применено

и исследовано на III группе камер с рабочим объемом $600 \times 420 \times 8 \text{ мм}^3$ в экспериментах по упругому π -e и π -p-рассеянию на малые углы при энергии $40\text{--}50 \text{ ГэВ/с}^{6-10/}$.

Многоимпульсное высоковольтное питание бесфильмовых ИК изучалось на установке, блок-схема которой приведена на рис. 1.

Эксперименты проводились на космических лучах, направление которых выбиралось двумя сцинтилляционными счетчиками C_1 и C_2 . Между счетчиками размещались камеры:

1/ проволочная ферритовая искровая с тремя электродами /1,2,3/, объемом $200 \times 200 \times 8 \text{ мм}^3$ /рис. 1/;

2/ проволочная ферритовая искровая объемом $130 \times 130 \times 3 \text{ мм}^3$ /рис. 2/ типа полосковой линии /1/ с плавными согласующими секциями /2,3/ на входное /4/ и выходное /нагрузка /5//, волновое сопротивление $\rho = 25 \text{ Ом}$.

Через камеры продувалась неон- /~75%/ -гелиевая /~23%/ с этиловым спиртом /~1,5%/ смесь.

Импульсы со сцинтилляционных счетчиков C_1 и C_2 через схему совпадений /СС/ $C_1 + C_2$ и расщепитель /Р/ подавались на блоки запуска /БЗ/ /для одного из них через линию задержки /ЛЗ// окончных каскадов /ОК/, а также на вход синхронизации скоростного осциллографа /ОСЦ/ и пересчетки Π_1 и Π_2 /рис. 1/.

На экране осциллографа можно наблюдать, с делителей напряжения /500/5/, напряжения $u(t)$ на электродах ИК и напряжение, пропорциональное току $i(t)$, проходящему через ИК с безиндукционного делителя /8,2/2/, включенного последовательно ИК /рис. 1/, а также фиксировать на пленку с помощью фотокамеры /ФК/.

В качестве блоков запуска /БЗ/ и окончных каскадов /ОК/ были использованы стандартные блоки импульсного высоковольтного питания /БИ в /ВП/, описанные в работах ^{6,10/}.

На искровые камеры с тремя электродами /рис. 1/ и типа полосковая линия /рис. 2/ подавалось импульсное высоковольтное питание от двух блоков импульсного высоковольтного питания /БИ в /ВП/. На электроды /3-2/ и электроды /1-2/ искровой камеры подавалось им-

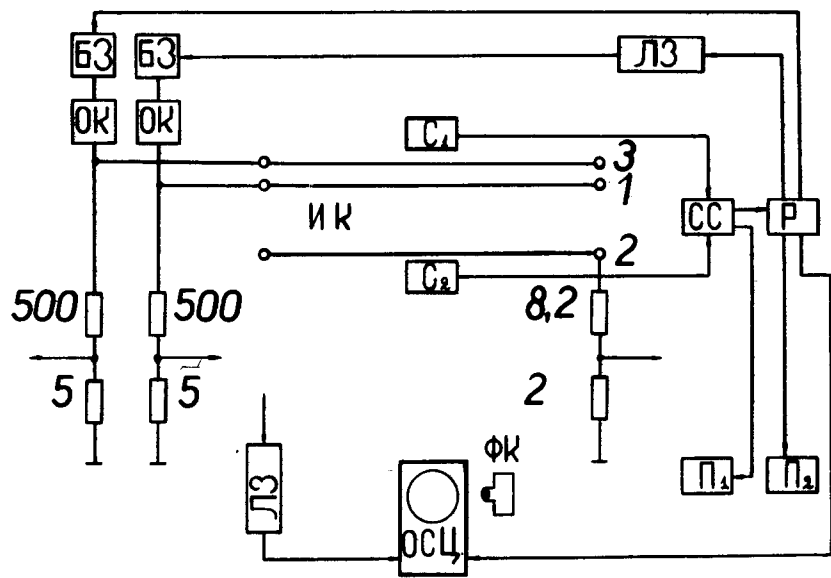


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки.

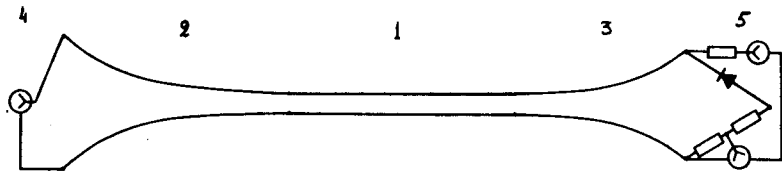


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема проволочной ферритовой искровой камеры типа полосковой несимметричной линии с рабочим объемом $130 \times 130 \times 3 \text{ мм}^3$. 1 - рабочий объем с проволочными нитями и ферритовой матрицей памяти, 2, 3 - плавные переходы, 4 - вход, 5 - нагрузка.

пульсное высоковольтное напряжение соответственно от моноимпульсного и двухимпульсного /со сложением импульсов на выходе/ блоков высоковольтного питания^{6,10/}. На входе /4/ искровой камеры типа полосковая линия /рис. 2/ имелось два разъема /ВР-52Ф/, на которые от тех же блоков подавались высоковольтные импульсы. С нагрузки /5/ полосковой ИК /рис. 2/ можно было снимать на осциллограф /ОСЦ/ импульсное высоковольтное напряжение на ИК и ток через ИК и нагрузку /5/.

3. Результаты экспериментов

В данной работе мы продолжили исследования, начатые в работе^{10/} о поведении системы ИК, представляющей собой цепь с распределенными LCR, при воздействии на нее двух и более последовательно следующих импульсов напряжения /импульсообразные бегущие волны/.

Вначале исследовалось поведение системы ИК при воздействии двух последовательно следующих импульсов напряжения без искрового пробоя на установке, блок-схема которой представлена на рис. 1. С этой целью от двух блоков импульсного высоковольтного питания подавались импульсы напряжения на электроды ИК, на электроды /3-2/ один импульс и на электроды /1-2/ - второй.

Блоки импульсного высоковольтного питания запускались от генератора импульсов с двумя выходными каналами.

Задержка выходных импульсов одного канала по отношению к другому могла регулироваться от опережения $\sim 50 \text{ нс}$, совпадения - 0 нс и задержки до единиц миллисекунд.

На рис. 3 представлены осциллограммы напряжения на электродах ИК и на рис. 4 - осциллограммы тока через ИК при задержке второго импульса относительно первого на - 0 нс /а/, 50 нс /б/, 100 нс /в/, 150 нс /г/, 200 нс /д/ и 300 нс /е/.

Как можно видеть на осциллограммах, в пределах интервала совпадения совместная амплитуда напряжения на электродах ИК не является простой суммой

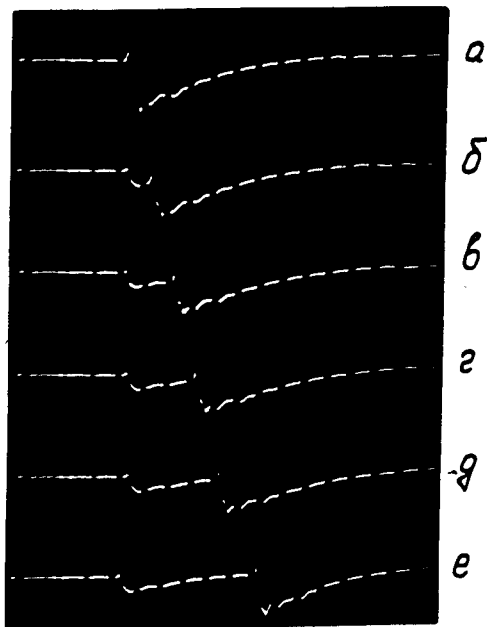


Рис. 3. Осциллограммы напряжения на электродах искровой камеры при задержке второго импульса относительно первого: а - 0 нс, б - 50 нс, в - 100 нс, г - 150 нс, д - 200 нс, е - 300 нс. Развертка - 1 мкс на весь экран, метки - 50 нс.

амплитуд отдельных импульсов, а несколько меньше /рис. 3а/, совместная амплитуда зарядного тока через ИК равна их простой сумме /рис. 4а/.

При взаимодействии между собой в интервале совпадения и в дальнейшем при опережении или задержке, т.е. с расхождением импульсов, импульсное напряжение на ИК, благодаря экспоненциально убывающим хвостам, имеет интервал перекрытия /рис. 3б-е/, а импульсы тока через ИК распространяются по цепи, не перекрываясь друг с другом и сохраняя свою индивидуальность /рис. 4б-е/. На осциллограммах /рис. 3а и 4а/ также хорошо можно видеть момент совпадения импульсов, наступающий при совпадении передних фронтов импульсов напряжения на ИК и слиянии токовых импульсов.

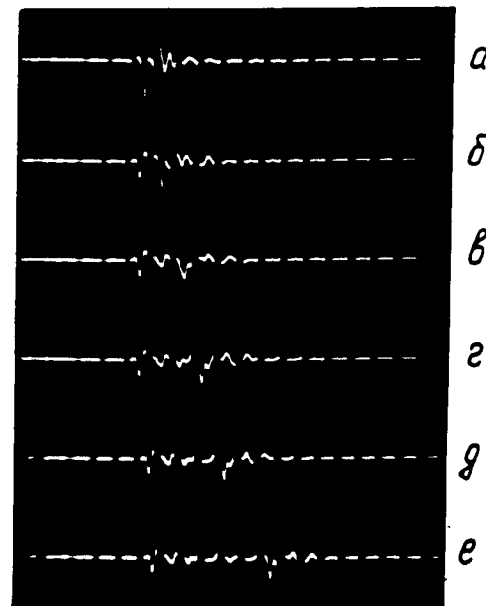


Рис. 4. Осциллограммы зарядного тока через ИК при напряжении на электродах /рис. 3/ и таких же задержках второго импульса относительно первого: а - 0 нс, б - 50 нс, в - 100 нс, г - 150 нс, д - 200 нс, е - 300 нс. Развертка - 1 мкс на весь экран, метки - 50 нс.

Таким образом, если два волновых импульса 1 и 2 с различными или равными амплитудами распространяются по цепи ИК /с распределенными LCR / без искрового пробоя, то для них справедливо линейное уравнение распространения /бездисперсионное линейное волновое уравнение/, частные решения которого могут являться простейшими примерами солитонов. Их совпадения в пределах интервала перекрытия являются простейшими примерами солитон-солитонного взаимодействия.

Поведение системы ИК при воздействии трех последовательно следующих импульсов напряжения, при регистрации космических частиц исследовалось на установке, блок-схема которой представлена на рис. 1. Как было отмечено выше, на электроды ИК /3-2/ и электроды /1-2/ подавалось импульсное высоковольтное

напряжение - соответственно одинарный импульс, затем, с задержкой $\tau_3 \approx 140$ нс - два последовательно следующих импульса с $\tau_3 \approx 40$ нс между ними /см. рис. 5а, а'/ и в точках с зарядным напряжением $E_0 = 4,5; 5,6; 7; 8$ кВ на блоках высоковольтного импульсного питания.

По осциллограммам рис. 5 мы рассмотрели зависимость задержки развития разряда в ИК от зарядного напряжения (E_0), форму суммарного высоковольтного напряжения на электродах ИК, форму и величины зарядных и разрядных токов через ИК.

Для сравнения на рис. 6 приводятся фотоосциллограммы /4/ такой же ИК при моноимпульсном высоковольтном питании.

На этих фотоосциллограммах видно, что задержка развития разряда в ИК, если ее считать от начала фронта зарядного тока до начала фронта разрядного тока через ИК, при изменении зарядного напряжения (E_0) от 4,5 до 8 кВ уменьшается с $\tau_{з.р.р.} \approx 140$ нс /рис. 6б'/ до $\tau_{з.р.р.} \approx 60$ нс /рис. 6е'/ . При трехимпульсном высоковольтном питании ИК /рис. 5/ и изменении зарядного напряжения (E_0) в тех же пределах от 4,5 до 8 кВ задержка развития разряда в ИК /считая от начала фронта второго импульса зарядного тока/ уменьшается с $\tau_{з.р.р.} \approx 50$ нс /рис. 5б/ до $\tau_{з.р.р.} \approx 20$ нс /рис. 5е' /.

Кроме этого, от разряда к разряду задержка в развитии разряда колеблется при моноимпульсном высоковольтном питании в пределах \pm десятка нс, при многоимпульсном высоковольтном питании - в пределах \pm единицы нс.

Форма суммарного высоковольтного напряжения на трехэлектродной ИК при многоимпульсном высоковольтном питании имеет существенное различие, особенно при прохождении заряженной частицы через ИК, и искровом разряде /рис. 5/ по сравнению с моноимпульсным высоковольтным питанием и двухэлектродной ИК /рис. 6/.

На фотоосциллограммах рис. 5 хорошо можно видеть, что после первого импульса напряжения на электродах /3-2/ за фронтом вторичных импульсов, подаваемых на электроды /1-2/, при искровом пробое в ИК, сразу же происходит срез напряжения почти до уровня его

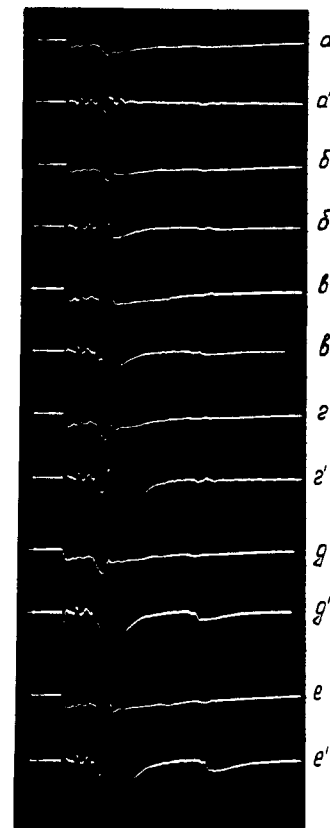


Рис. 5. Осциллограммы напряжения на электродах и тока через ИК при трехимпульсном высоковольтном питании с последовательным следованием импульсов и $\tau_3 = 140$ нс между 1 и 2, $\tau_3 = 40$ нс, между 2 и 3 при регистрации заряженной частицы и последовательно возрастающем зарядном напряжении (E). а - импульсы напряжения на электродах ИК при $E_3 = 4,5$ кВ, без искрового пробоя, а' - импульсы зарядных токов через ИК при $E_3 = 4,5$ кВ без искрового пробоя; б, в, г, д, е - импульсы напряжения на электродах ИК при регистрации частицы и E_3 - соответственно - 4,5; 5; 6; 7; 8 кВ. б', в', г', д', е' - импульсы зарядных и разрядных токов через ИК при регистрации частицы и E_3 - соответственно - 4,5; 5; 6; 7; 8 кВ. Развертка - 1 мкс на весь экран, метки - 10 нс.

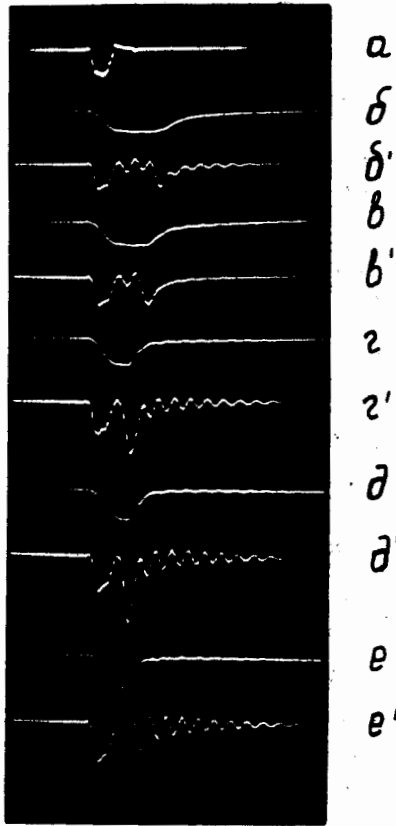


Рис. 6. Осциллограммы напряжения на электродах и тока через ИК при моноимпульсном высоковольтном питании при регистрации заряженной частицы и последовательно возрастающем зарядном напряжении (E_3). а - импульс напряжения с выхода окончательного каскада на активной нагрузке $R_H = 100 \text{ Ом}$; $E_3 = 6 \text{ кВ}$, $\tau_u = 80 \text{ нс}$; б, в, г, д, е - импульсы напряжения на электродах ИК при регистрации частицы и E_3 - соответственно - 4,5; 5; 6; 7; 8 кВ; б; в; г; д; е' - импульсы зарядного и разрядного токов через ИК при регистрации частицы и E_3 - соответственно - 4,5; 5; 6; 7; 8 кВ. Развертка - 1 мкс на весь экран, метки - 10 нс.

/в этот момент времени/ на электродах /3-2/, после чего уровень несколько поднимается и спадает по экспоненте выше уровня напряжения первого импульса, так же как и при отсутствии искрового пробоя в камере. При моноимпульсном высоковольтном питании и искровом пробое в ИК срез напряжения на электродах ИК круто по экспоненте спадает до нуля /см. рис. 6/. В связи с этим различаются и токовые импульсы разрядного тока через ИК при моноимпульсном и многоимпульсном высоковольтном питании ИК.

При моноимпульсном высоковольтном питании форма импульса разрядного тока через ИК имеет передний фронт - $\tau_{п. фр.} \approx 30 \text{ нс}$, задний фронт при $E_0 = 4,5 \div 5 \text{ кВ}$ спадает по экспоненте, при $E_0 = 6 \div 8 \text{ кВ}$ приближается к переднему фронту - $\tau_{з. фр.} \approx 30-40 \text{ нс}$ /рис. 6б'-е'/. При многоимпульсном высоковольтном питании в трехэлектродной ИК форма импульса разрядного тока через ИК имеет передний фронт - $\tau_{п. фр.} \approx 10-30 \text{ нс}$, затем при $E_0 = 5 \div 6 \text{ кВ}$ имеет почти плоскую вершину и пологую спадающую экспоненту /рис. 5б'-е'/. Таким образом, при многоимпульсном высоковольтном питании в трехэлектродной ИК мы имеем импульсы разрядного тока, проходящие через ИК с несколько более крутыми передними фронтами, большей ширины и с экспоненциально пологим задним фронтом, по сравнению с моноимпульсным высоковольтным питанием и двухэлектродной точно такой же ИК.

С проволочной ферритовой искровой камерой типа полосковой линии /рис. 2/ было проведено экспериментальное изучение поведения такой системы при многоимпульсном высоковольтном питании в таком же объеме, что и для трехэлектродной ИК. Полученные экспериментальные результаты совпадают в основных чертах с теми, которые были получены на трехэлектродной простой ИК.

С проволочной ферритовой искровой камерой типа полосковой линии /рис. 2/ было проведено экспериментальное изучение поведения такой системы при многоимпульсном высоковольтном питании в таком же объеме, что и для трехэлектродной ИК. Полученные экспериментальные результаты совпадают в основных чертах с теми, которые были получены на трехэлектродной простой ИК.

С проволочной ферритовой искровой камерой типа полосковой линии /рис. 2/ было проведено экспериментальное изучение поведения такой системы при многоимпульсном высоковольтном питании в таком же объеме, что и для трехэлектродной ИК. Полученные экспериментальные результаты совпадают в основных чертах с теми, которые были получены на трехэлектродной простой ИК.

Единственное, что необходимо отметить, это то, что благодаря конструкции ИК типа несимметричной полосковой линии, плавным переходам для согласования по входу и выходу на нагрузку с волновым сопротивлением $\rho = 25 \text{ Ом}$, передние фронты высоковольтных импульсов были - $\tau_{фр.} = 10 \text{ нс}$ и краевые эффекты отсутствовали

даже при одновременном включении всей установки и газового продува.

4. Выводы

1. Как известно, бесфильмовые искровые камеры, с тем или иным газовым наполнением, представляют собой цепь с распределенными LCR, эквивалентную двумерной решетке, до порога пробоя представляющую собою линейную цепь, за порогом пробоя - нелинейную цепь.

Таким образом, если один или несколько волновых импульсов распространяются по цепи ИК без искрового пробоя, то для них справедливо, как это хорошо известно, линейное уравнение распространения /бездисперсионное линейное волновое уравнение/. Некоторые решения их являются простейшими примерами солитонов, поведение которых в системе мы экспериментально исследовали и уточнили.

Если один или несколько волновых импульсов распространяются по цепи ИК и происходит инициированный прошедшей частицей искровой пробой или несколько пробоев /локальных/, то для такой цепи справедливо нелинейное уравнение распространения /нелинейное уравнение с дисперсией/, решение которого носит проявление свойств уединенных волн или, как их называют, - солитонов /поведение их в системе мы экспериментально также исследовали/.

2. Задержки в развитии искрового разряда в камере при многоимпульсном высоковольтном питании при изменении зарядного напряжения и флуктуации соответственно при многотрековости и локальном уменьшении высоковольтного напряжения значительно уменьшаются.

3. Благодаря тому, что первый высоковольтный импульс или серия импульсов надежно фиксируют трек или треки, прошедшие через камеру частиц, доводя до стадии электронных лавин, проявление треков до искрового пробоя следующими высоковольтными импульсами происходит с высокой эффективностью.

4. Проявление треков до искрового пробоя минимум двумя последовательно следующими высоковольтными импульсами улучшает эффективность камер при многотрековости и вероятность регистрации съемными датчиками, особенно для магнитострикционных ИК /имеющих ограниченную единицами мегагерц полосу частот/, поскольку импульс разрядного тока может быть расширен, имеет более крутой передний фронт и пологий задний фронт.

5. Вследствие того, что задержки в развитии искрового разряда и их флуктуации в ИК значительно уменьшаются при многоимпульсном высоковольтном питании в зависимости от изменения локального или зарядного высоковольтного напряжения при проявлении одновременно многих треков, точность регистрации треков искровыми камерами, естественно, повышается.

Таким образом, экспериментальное исследование поведения систем искровых камер при многоимпульсном высоковольтном питании, апробированное на группе ИК в экспериментах по π -e и π -p рассеянию на малые углы при энергии 40-50 ГэВ/c¹⁰ показало, что техническими средствами можно значительно улучшить по всем основным показателям работу бесфильмовых искровых камер и для теоретического исследования применить математический аппарат, приведший к понятию солитона и успешно развивающийся в настоящее время в прикладной математике.

В заключение автор считает своим приятным долгом выразить благодарность Н.В. Печенову за оперативное выполнение фотографических работ.

Литература

1. В.А. Михайлов, Н.С. Ильин. ПТЭ, 3, 209 /1969/.
2. T. L. Asatiani, Val. A. Ivanov, Vit. A. Ivanov and V. M. Krishchian. Nucl. Instr. and Meth., 106, 333 (1973).
3. V. Eckardt. Preprint DESY 70/60 (1970); Lett. Nuovo Cim., 1, 997 (1971).

4. П.И.Филиппов. ОИЯИ, 13-3958, Дубна, 1968.
5. П.И.Филиппов. ОИЯИ, 13-4667, Дубна, 1969.
6. А.Ф.Елишев, П.И.Филиппов, А.И.Широков.
ОИЯИ, 13-8301, Дубна, 1974.
7. G. T. Adylov et al. JINR Report, E13-6749, Dubna,
1972.
8. G. T. Adylov et al. JINR Report, E13-6658, Dubna,
1972.
9. G. T. Adylov et al. JINR Report, E1-7934, Dubna,
1974.
10. П.И.Филиппов. ОИЯИ, 13-9437, Дубна, 1976.

— Рукопись поступила в издательский отдел
6 января 1976 года.