

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



СЗУСВ
Ш-35

1435 / 2-77

18/IV-74

9 - 10301

В.А.Швец

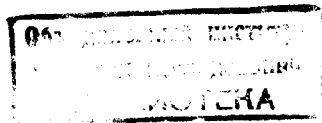
О СОГЛАСОВАНИИ ДЕФЛЕКТОРНОЙ СЕКЦИИ ЛИУ
С ТРАКТОМ ФОРМИРОВАНИЯ ИМПУЛЬСОВ
МОНОХРОМАТИЗАЦИИ

1976

9 - 10301

В.А.Швец

О СОГЛАСОВАНИИ ДЕФЛЕКТОРНОЙ СЕКЦИИ ЛИУ
С ТРАКТОМ ФОРМИРОВАНИЯ ИМПУЛЬСОВ
МОНОХРОМАТИЗАЦИИ



Швец В.А.

9 - 10301

О согласовании дефлекторной секции ЛИУ с трактом формирования импульсов монохроматизации

Приводятся результаты согласования импульсного одновиткового магнитного цилиндрического дефлектора с трактом формирования импульсов системы монохроматизации электронного пучка ЛИУ. Описывается конструкция дефлекторной секции, изготовленной для инжектора ЛИУ-30/250 (электронной пушки). По эквивалентной схеме в области СВЧ вычислены значения частот нежелательных резонансов и снята амплитудно-частотная характеристика.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1976

© 1976 Объединенный институт ядерных исследований Дубна

В работе ^{1/} было показано, что для создания моноэнергетического сгустка электронов в ЛИУ-30/250 необходима монохроматизация пучка инжектора /электронной пушки/ в специальном устройстве - импульсном одновитковом магнитном дефлекторе. В работе ^{2/} были определены условия монохроматизации электронного пучка с энергией электронов до 700 кэВ, током 250 А, диаметром 2 см, следующего с частотой повторения 50 Гц. В цилиндрическом дефлекторе радиусом 3 см с длиной разреза 15 см амплитуда тока импульсов монохроматизации должна составить 950 А, длительность фронта и спада этих импульсов должна быть не более 2 нс при длительности их вершины $0,6 \div 0,8$ мкс.

Тракт формирования импульсов монохроматизации ^{3/} состоит из нелинейных квазикоаксиальных линий для формирования ударных электромагнитных волн ^{4/} /максимальная амплитуда тока в нелинейных линиях составляет 1 кА, $\tau_{\text{фр}} \leq 10^{-10}$ с/, соединительных элементов /тройниковые разветвления, вводы /выводы/ импульса, короткозамыкатели/, дефлекторной секции и широкополосных низкоомных нагрузок ^{5/}. Питание системы монохроматизации осуществляется от тиратронного двухканального генератора с малоиндуктивными низкоомными накопителями, позволяющими получать на нагрузке 1,5 Ом импульсы длительностью 0,6 и 2 мкс, амплитудой 2 кА, временем фронта и спада $50 \div 80$ нс, следующие с частотой повторения до 100 Гц ^{3/}.

Рассмотрим в этой работе проблемы, возникающие при согласовании дефлекторной секции ЛИУ с трактом формирования импульсов монохроматизации.

Как указывалось ранее, дефлектор представляет собой двухпроводную цилиндрическую систему, коротко-

замкнутую на одном конце. Импульс тока от тракта формирования поступает через коаксиальный разъем на верхний полуцилиндр, далее по короткозамыкающей перемычке и нижнему полуцилиндру через выходной коаксиальный разъем замыкается на нагрузке /рис. 1,2/. Минимальная длительность фронта импульсов монохроматизации определяется, следовательно, временем установления магнитного поля в дефлекторе после поступления на вход его импульса тока. При длине разреза $l_0 = 15$ см это время составляет ≈ 2 нс^{2/2}. Ю.К. Богатырев в [6] показал, что в согласованной системе установление амплитуды магнитного поля про-

исходит через интервал $\tau_{уст} = \sqrt{\tau_{пр}^2 + \tau_{фг}^2}$ после поступления на вход системы импульса тока с длительностью перепада $\tau_{фг}$. Таким образом, нецелесообразно обострение фронта импульса тока в нелинейной ли-



Рис. 1. Общий вид дефлекторной секции.

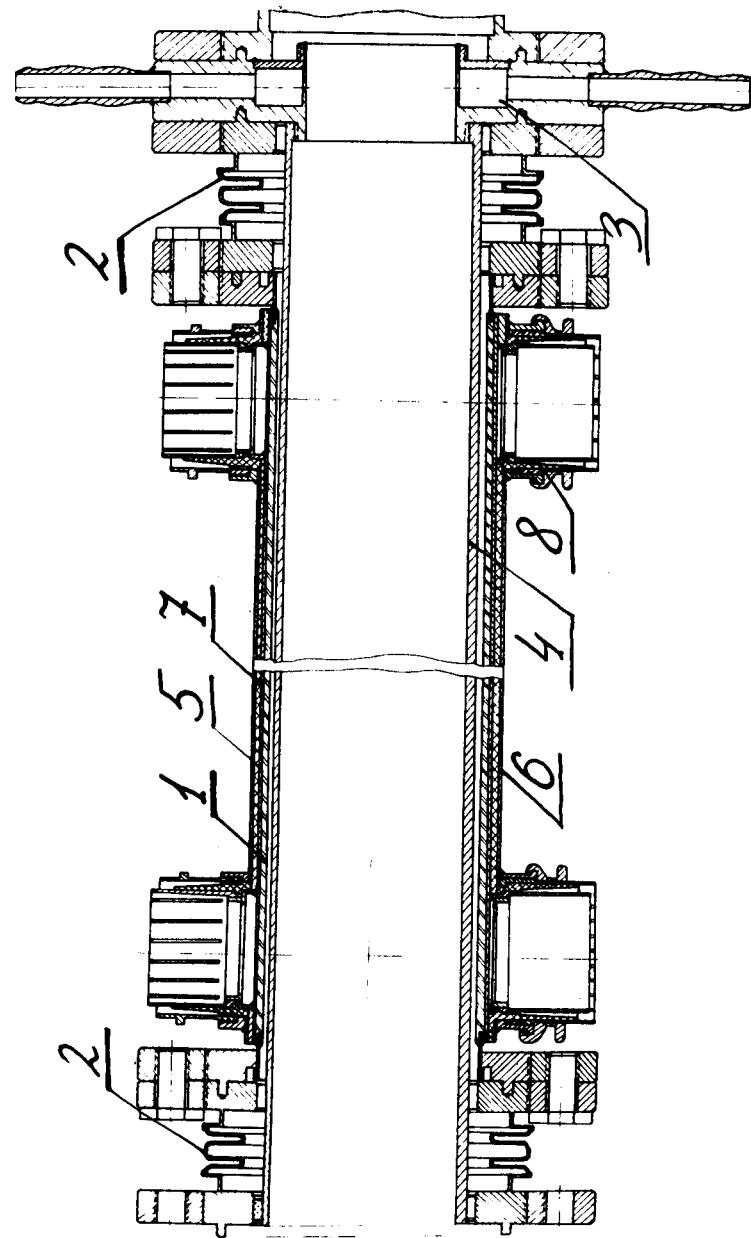


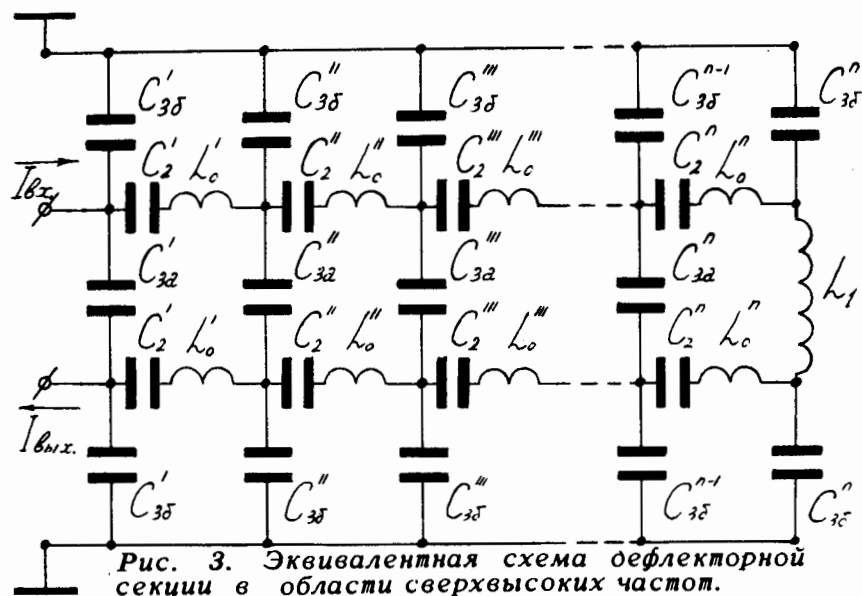
Рис. 2. Разрез дефлекторной секции.

нии менее 1 нс, т.к. при изменении $r_{\text{фг}}$ от 1 до 2 нс $r_{\text{уст}}$ увеличивается на 11%. Здесь $r_{\text{пр}}$ время пробега дефлектора импульсом тока. Следовательно, волновое сопротивление дефлектора должно быть согласовано с волновым сопротивлением тракта формирования и сопротивлением нагрузки, чтобы в режиме бегущей волны не возникало отражений от входа и выхода дефлектора, вызывающих еще большие искажения фронтов импульса поля.

Конструктивно дефлекторная секция состоит из вакуумной камеры и собственно дефлектора, расположенного на ее наружной поверхности /рис. 1,2/. Изолятор 1 длиной 310 мм, диаметром 66,5 мм из молибденового стекла С1-49, к торцам которого приварены коваровые манжеты с фланцами из нержавеющей стали, соединяется сильфонными развязками 2 с анодным узлом электронной пушки и с блоком анализаторов. Внутри стеклянного изолятора помещена водоохлаждаемая ловушка 3, 4, предохраняющая его от отклоняемых электронов. Ловушка имеет цилиндрическую форму, и ее боковая поверхность разрезана на 12 частей. Продольные разрезы шириной 1 мм имеют наклон к соответствующим радиусам, равный 45° , так что для отклоняемых электронов нет просветов на стекло. Экспериментальное исследование показало, что внесение такой ловушки в вакуумную камеру не оказывает влияния на прохождение по дефлектору фронтов импульсов тока монохроматизации в широком диапазоне от 0,2 нс до 2 нс /5-500 МГц/. Такое искажение в поле, заключающееся в его ослаблении, могли бы внести вихревые токи, возникающие в пластинах, образующих цилиндрическую поверхность ловушки, при распространении импульсов тока по дефлектору. На наружной поверхности стеклянного изолятора расположены полуцилиндры 5 из посеребренной меди толщиной 0,6 мм. Индуктивность петли тока ^{12/} от входного до выходного коаксиальных разъемов составила 12 нГн, и конструкция дефлектора была выбрана такой, чтобы он представлял собой согласованную линию передачи в диапазоне частот вплоть до 1000 МГц. Токпроводы 5 заключены в коаксиальный посеребренный экран 6 толщиной 0,1 мм, в зазоре

между ними и экраном располагается диэлектрическая прокладка 7 $\phi 69,5 \times \phi 67,5 \times 150$ мм /рис.1,2/. Она определяет емкость цилиндрического конденсатора "дефлектор - экран". Возможность уменьшения толщины прокладки 7 для достижения больших величин емкости ограничивается рабочим напряжением, и поэтому в качестве диэлектрика выбран стеклотекстолит с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 7$ и низкими частотными потерями. При толщине втулки 1 мм емкость цилиндрического конденсатора составила 1000 пФ, а волновое сопротивление дефлекторной секции - 3,5 Ом. Коаксиальные разъемы 8 для ввода и вывода импульсов тока изготовлены аналогично разъемам обострителей /рис. 1,2/. Две диаметрально расположенные стяжки 9, соединяющие крайние фланцы секции, предохраняют сильфоны 2 от разрушения при откачке вакуумной системы электронной пушки.

Значения резонансных частот контуров, по которым могут замыкаться составляющие тока, что вызывает искажение формы импульса магнитного поля, были вычислены в соответствии с ^{12/} по эквивалентной схеме дефлекторной секции, показанной на рис. 3. Эти



частоты составляют: $1/f_1 = 470 \text{ МГц}$, $2/f_2 = 640 \text{ МГц}$, $3/f_{3a} = 1050 \text{ МГц}$, $f_{3б} = 810 \text{ МГц}$. Экспериментальная проверка результатов согласования заключалась в снятии амплитудно-частотной характеристики /АЧХ/ на приборе XI-19А и проверке качества прохождения импульса отсечки фронта ускоряемого сгустка электронов от генератора через тракт формирования, deflectорную секцию и нагрузку.

Осциллограмма импульса тока I канала /рис. 4/ показывает, что при длительности импульса исходного генератора 2 мкс /а/, времени прохождения волной нелинейной линии до короткого замыкания и обратно $0,6 \text{ мкс}$ /б/, длительности спада 2 нс сложение волн в deflectоре происходит полностью, и в течение 1 мкс после импульса на нагрузке нет отражений, т.е. достигнуто полное согласование. На рис. 5 приведена амплитудно-частотная характеристика deflectорной секции, изготовленной для электронной пушки ЛИУ-30. В диапазоне $100-1100 \text{ МГц}$ основные резонансные частоты совпадают с вычисленными значениями. На этой осциллограмме первая метка соответствует 100 МГц , следующие метки идут с интервалом 50 МГц . Из осциллограммы видно, что вплоть до частоты 470 МГц , определяющей длительность фронта импульса магнитного поля, не наблюдается других резонансных частот, вносящих искажения в амплитуду магнитного поля.

Выше уже было отмечено, что первый импульс монохроматизации с крутым срезом образуется в результате сложения двух разнополярных импульсов: положительной падающей волны от генератора ($\tau = 2 \text{ мкс}$) и прошедшей нелинейный тракт и отраженной от короткого замыкания отрицательной ударной волны, поступающей на deflectор через $0,6 \text{ мкс}$ и также имеющей длительность 2 мкс . Таким образом, второй канал, запуск которого должен произойти через $0,5 \text{ мкс}$ после крутого среза первого импульса монохроматизации, не может работать, т.к. тиратрон второго канала открывается либо падающей, либо отраженной волной I-го канала. Поэтому deflectорная секция разделена на два независимых канала: на стеклянном изоляторе размеще-

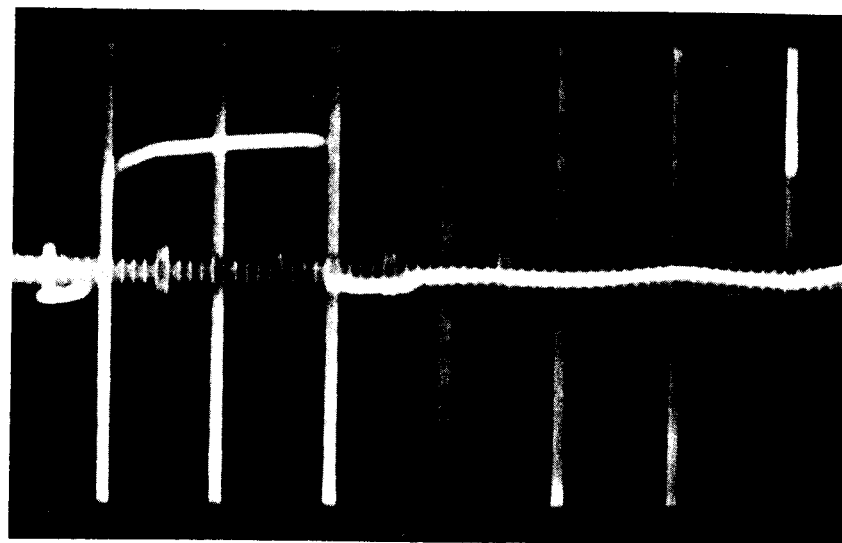
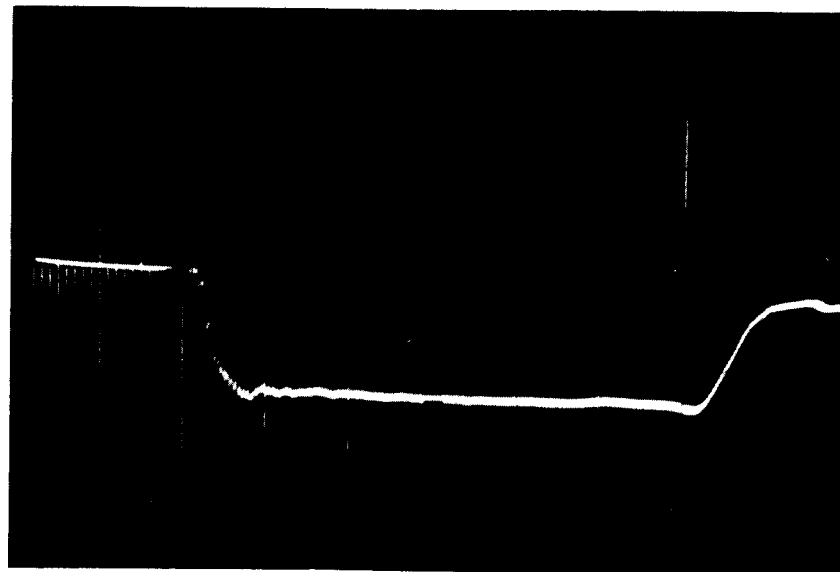


Рис. 4. Осциллограммы импульсов: а/ импульс тока от исходного генератора /развертка 250 нс/см /; б/ первый импульс монохроматизации /развертка 300 нс/см /.

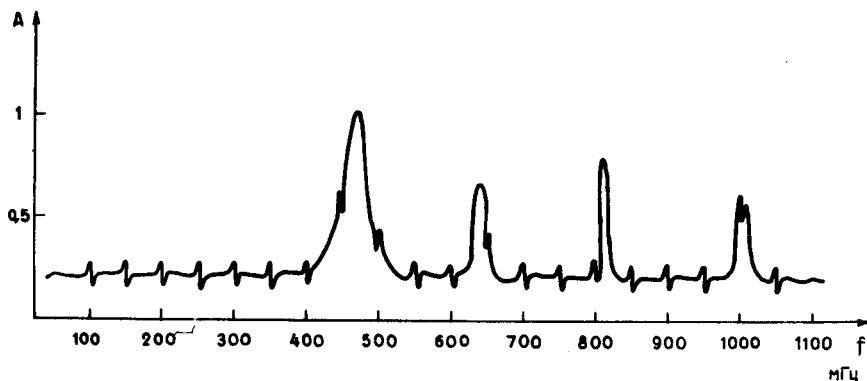


Рис. 5. Амплитудно-частотная характеристика дефлекторной секции.

ны два дефлектора с длиной разреза по 15 см, обращенные короткозамкнутыми переключками друг к другу. Каждый дефлектор снабжен коаксиальными разъемами, изготовлены они совершенно идентично и соединяются со своими трактами формирования и нагрузками. Экспериментальная проверка работы каждого канала при выключенном другом показала, что на месте расположения импульса монохроматизации выключенного канала нет наводки от работающего; при одновременном включении обоих каналов импульсы занимают любое независимое положение на оси времени, т.е. такое размещение дефлекторов не оказывает влияния на запуск схемы и на их согласование с трактом формирования.

Литература

1. И.М.Матора и др. ОИЯИ, Р9-5268, Дубна, 1970.
2. В.А.Швец. ОИЯИ, 13-8844, Дубна, 1975.
3. В.А.Швец. ОИЯИ, 13-9077, Дубна, 1975.
4. Р.В.Харьюзов, В.А.Швец. ОИЯИ, 13-8709, Дубна, 1975.

5. В.А.Швец. ОИЯИ, 13-10302, Дубна, 1976.

6. Ю.К.Богатырев. Импульсные устройства с нелинейными распределенными параметрами. Москва, изд-во "Сов. радио", 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 декабря 1976 года.