

5707

И-498

2/1-

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 6675

121/2-73



В.И.Илющенко, Н.Н.Пляшкевич, В.Л.Степанюк

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

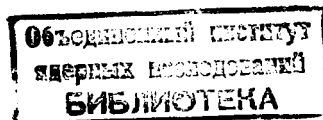
МОДУЛЯТОР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДВУХСТУПЕНЧАТЫХ
ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ ДЛИТЕЛЬНОСТЬЮ
ДО 20 МСЕК И ПИКОВОЙ МОЩНОСТЬЮ 200 КВТ

1972

13 - 6675

В.И.Илющенко, Н.Н.Пляшкевич, В.Л.Степанюк

МОДУЛЯТОР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДВУХСТУПЕНЧАТЫХ
ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ ДЛИТЕЛЬНОСТЬЮ
ДО 20 МСЕК И ПИКОВОЙ МОЩНОСТЬЮ 200 КВТ



Введение

Одним из основных элементов электроннолучевого ионного источника является электронная пушка пирсовского типа^{1/}. Электронная пушка имеет диодную структуру с заземленным анодом. На катод необходимо подавать от модулятора импульс напряжения с максимальной амплитудой 10 кв. Предполагается, что максимальный микропервееанс пушки составит $P_{\mu} = 16$, т.е. при напряжении 10 кв импульсный ток будет равен 16 а. Частота повторения импульсов равна 0,1 - 0,3 гц при длительности импульсов 0,1-20 мсек.

С целью обеспечения эффективного захвата ионов в электронный пучок и уменьшения амплитуды ионных колебаний в процессе ионизации модулятор должен вырабатывать двухступенчатый отрицательный импульс, у которого амплитуда первой ступени U_1 изменяется в пределах 0,1 - 1,0 от амплитуды второй ступени U_2 /см. рис. 1/. Длительность первой ступени τ_1 изменяется от 0,1 до 20 мсек.

Схема модулятора

Блок-схема модулятора приведена на рис. 2. Модулятор состоит из блока формирования, подмодулятора и оконечного каскада.

Блок формирования запускается от внешнего или внутреннего генератора отрицательными импульсами с амплитудой 5в и вырабатывает на выходе первого канала отрицательный прямоугольный импульс с амплитудой до 100 в и длительностью 0,1-20 мсек. По второму каналу блок формирования генерирует положительный импульс с амплитудой 100 в, который предназначен для запуска тиратронов и задержан относительно импульса первого канала на время τ_1 /см. рис. 1/.

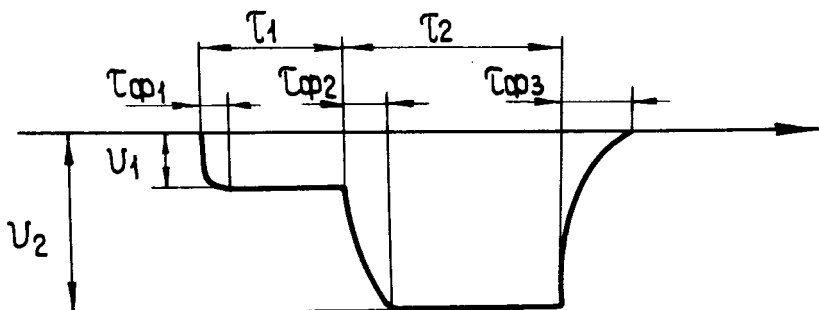


Рис. 1. Импульс на выходе модулятора.

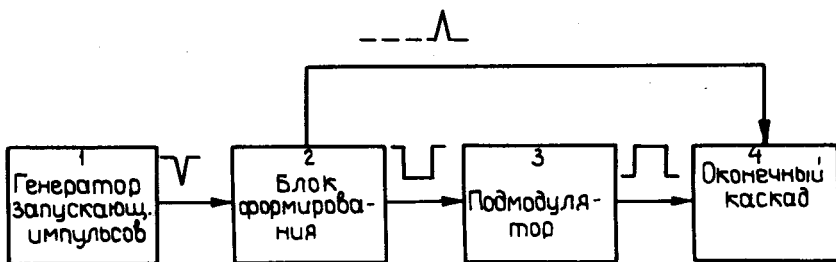


Рис. 2. Блок-схема модулятора.

Подмодулятор служит для усиления отрицательного импульса, поступающего из блока формирования, до уровня 600 в при токе в нагрузке до 2а. В состав подмодулятора входят усилитель-фазоинвертор на лампе ГИ-30 и катодный повторитель на двух включенных параллельно лампах ГИ-30.

В оконечном каскаде модулятора используется лампа ГМИ-2Б, создающая прямоугольный отрицательный импульс, из которого с помощью тиратронного коммутатора формируется двухступенчатый отрицательный импульс питания электронной пушки.

При выборе ламп модулятора предполагалось, что хотя существующие электровакуумные приборы, как правило, не предназначены для работы при столь больших длительностях импульсов, их, однако, можно использовать в этом режиме /длительность импульса до 20 мсек/, если удовлетворяются следующие условия:

а/ Максимальный ток эмиссии катода при работе в миллисекундном диапазоне длительностей соответствует паспортным значениям для непрерывного режима. Таким образом, при выборе лампы с оксидным катодом необходимо брать значение эффективности эмиссии, равное примерно 100 ма/вт, хотя в микросекундном диапазоне катод этого типа может обеспечить эффективность $10^3 : : 10^4$ ма/вт.

б/ Необходимо учитывать нагрев сеток и анода лампы не только по средней рассеиваемой на них мощности, но и с учетом мощности, выделяемой за время импульса. Для этого можно воспользоваться формулой

$$P_{эл.τ} = P_{эл.ср.} + \frac{\Delta t_{эл.доп.} \cdot M_{эл.} \cdot c \cdot k}{0,24 \tau}$$

где $P_{эл.τ}$ - максимальная допустимая мощность, которую может выдержать электрод лампы при заданной длительности импульса $τ$ / в вт./, $P_{эл.ср.}$ - максимально допустимая паспортная средняя мощность рассеяния электрода / в вт./, $\Delta t_{эл.доп.}$ - допустимое повышение температуры за время импульса / в $^{\circ}C$ /, $M_{эл.}$ - масса электрода / в гр./, c - удельная теплоемкость материала электрода, $τ$ - длительность импульса в секундах, k - коэффициент неравномерности нагрева сетки.

в/ Электрическая прочность лампы в миллисекундном диапазоне длительностей импульса приближается к прочности в непрерывном режиме.

Учет вышеприведенных условий показывает, что при длительности импульса 20 мсек основным ограничивающим фактором является ток эмиссии катода. Исходя из этих соображений, в качестве основного усилительного элемента оконечного каскада была выбрана лампа ГМИ-2Б с воздушным охлаждением.

Несколько более лучшими параметрами в интересующем нас диапазоне длительностей обладают лампы ГМИ-14Б и ГМ-4Б, которые предполагается использовать в следующих вариантах модулятора.

Оконечный каскад модулятора выполнен по схеме с частичным разрядом накопительной емкости /см. рис. 3/.

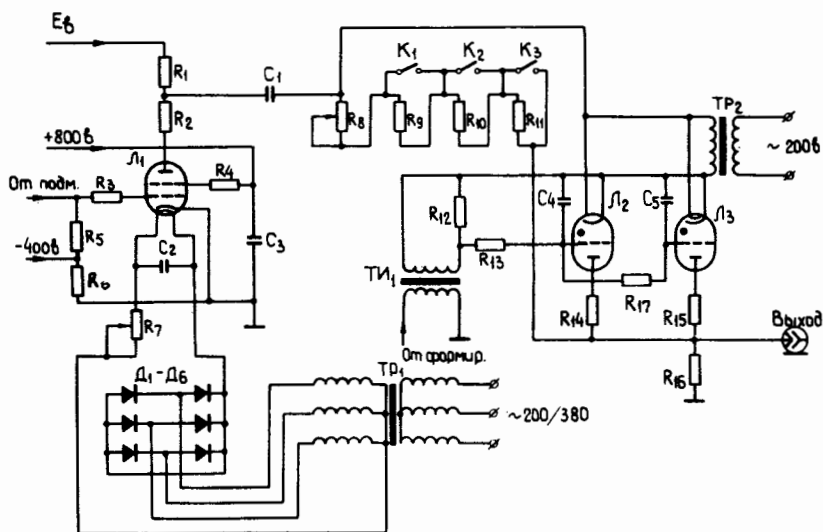


Рис. 3. Электрическая схема оконечного каскада.

В паузе между импульсами лампа ГМИ-2Б закрыта отрицательным напряжением смещения на первой сетке, равным 400 в. Накопительная емкость C_1 за время между импульсами заряжается через резистор R_1 до напряжения выпрямителя E_B . Тиратроны $\Lambda_2 - \Lambda_3$ /ТГИИ-130/10/ закрыты.

С приходом положительного импульса на управляющую сетку лампы Λ_1 последняя открывается, при этом емкость C_1 разряжается через резисторы R_{8-11} , R_{16} и нагрузку. Падение напряжения на резисторах равно разности $E_B - U_{\Lambda}$, где U_{Λ} - падение напряжения на лампе Λ_1 . На нагрузке падает часть напряжения, равная U_1 /см. рис. 1/. Величину U_1 можно изменять, закорачивая резисторы R_{9-11} и регулируя сопротивление реостата R_8 .

По истечении времени τ_1 производится запуск тиратронов $\Lambda_2 - \Lambda_3$, малое сопротивление которых шунтирует резисторы R_{8-11} , вследствие чего на нагрузке выделится напряжение $U_2 = E_B$. Гашение тиратронов обеспечивается автоматически при закрытии лампы Λ_1 .

Амплитуда импульса U_2 регулируется изменением величины зарядного напряжения E_B по сетевой обмотке анодного трансформатора с помощью трехфазного регулировочного автотрансформатора. Цепь накала лампы Λ_1 питается от трехфазного силового трансформатора ТР1, выходное напряжение которого выпрямляется мостом D_{1-6} . Регулировка напряжения накала и ограничение пускового тока производится проволочным резистором R_7 . В цепях управляющей и экранной сеток, а также в цепи анода Λ_1 включены антипаразитные резисторы R_{2-4} .

Накал тиратронов Λ_2, Λ_3 осуществляет трансформатор T_{p2} , вторичная обмотка которого имеет высоковольтную изоляцию относительно первичной. В цепях сеток тиратронов включены защитные резисторы R_{13}, R_{17} . Резисторы R_{14-15} в цепях анодов обеспечивают нормальный режим работы двух параллельно включенных тиратронов. Резистор R_{12} и конденсатор $C_{4,5}$ устраняют самозапуск тиратронов от переднего фронта выходного импульса модулятора.

Общий вид модулятора и отсек выходной лампы представлены на рис. 4 и 5 соответственно.

Экспериментальные результаты

В процессе наладки модулятора был исследован режим линейного усиления ГМИ-2Б, когда двухступенчатый импульс подавался



Рис. 4. Общий вид модулятора.

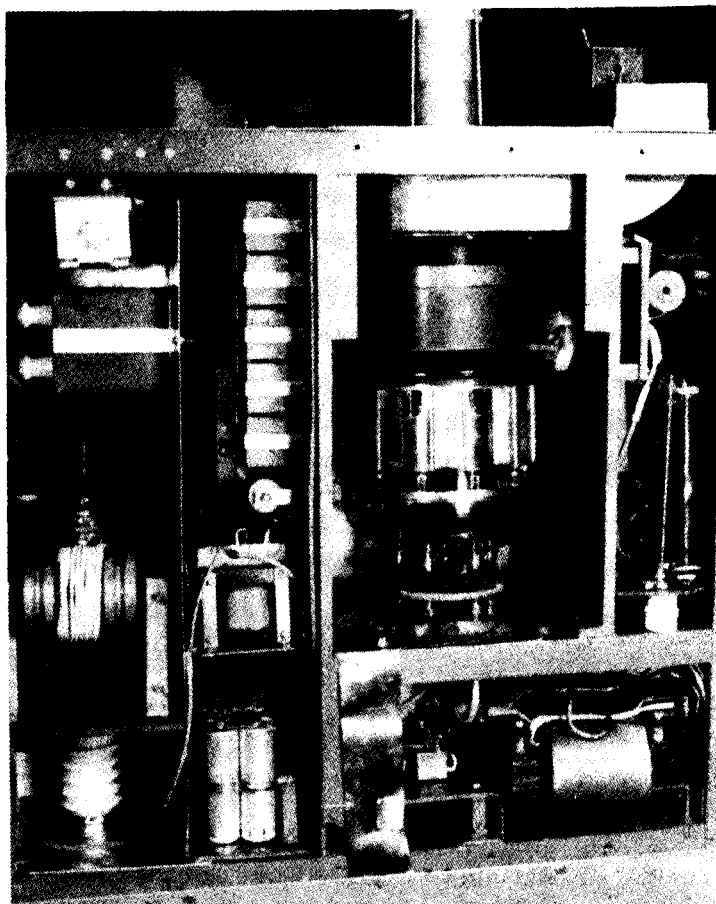


Рис. 5. Отсек выходной лампы.

из блока формирования через подмодулятор на управляющую сетку ГМИ-2Б. Было найдено, что режим линейного усиления в диапазоне длительностей 1-20 мсек не реализуется, что связано со склонностью модулятора к автогенерации из-за наличия паразитных связей внутри лампы^{/3/}. Поэтому в дальнейшем схема модулятора была дополнена тиратронным коммутатором с управлением из блока формирования и цепью регулировки анодного напряжения ГМИ-2Б по первичной сети с помощью трехфазного автотрансформатора. Основной трудностью в процессе наладки модулятора явилось устранение паразитных связей между каскадами. Для этого пришлось применить полную экранировку всех трех каскадов модулятора между собой.

При $E_B = 11$ кв были получены амплитуда второй ступени $U_2 = 10$ кв и пиковый ток в нагрузке, равный 16 а. Для $\tau = \tau_1 + \tau_2 = 10$ мсек спад вершины импульса составил $\sim 5\%$ / $C_1 = 250$ мкф/. С целью затягивания переднего фронта второй ступени, что требуется для нормальной работы ионного источника, параллельно нагрузке был подключен конденсатор с емкостью 0,1 мкф. Результирующие длительности фронтов выходного импульса при этом равны $\tau_{\phi 1} = 150$ мксек, $\tau_{\phi 2} = 20$ мксек и $\tau_{\phi 3} = 120$ мксек. Мощность питания модулятора равна $\sim 1,5$ ква.

В заключение авторы считают своим долгом поблагодарить Е.Д.Донца и Л.П.Зиновьева за ценные советы и замечания, а также В.А.Кононова, В.В.Шустрова и М.А.Голову за качественный монтаж модулятора.

Литература

1. Е.Д.Донец, В.И.Илющенко, В.А.Альперт. Препринт ОИЯИ Р7-4124, Дубна, 1968.
2. В.А.Вагин, В.Д.Володин и др. Препринт ОИЯИ 1478, Дубна, 1963.
3. Ю.С.Черкашин, ПТЭ, №6, 80, 1967.

*Рукопись поступила в издательский отдел
18 августа 1972 года.*