

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



С3456  
А-742

657/2-76

23/11-76

13 - 9277

П.С.Анцупов, И.М.Матора, В.А.Швец

ИМПУЛЬСНЫЙ МОДУЛЯТОР  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПУШКИ

**1975**

13 - 9277

П.С. Анцупов, И.М. Матора, В.А. Швец

ИМПУЛЬСНЫЙ МОДУЛЯТОР  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПУШКИ

## Введение

Инжектором линейного индукционного ускорителя /ЛИУ-30/250/, создаваемого в ЛНФ ОИЯИ /энергия электронов 30 МэВ, ток 250 А, частота посылок 50 Гц, длительность импульсов 0,5 мкс/, будет электронная пушка.

Она располагается обычно на входе в ускоряющий зазор первого индуктора ЛИУ и имеет энергию электронов несколько сотен кэВ и импульсные токи 100-200 А. Анод ее, как правило, заземлен, а к катоду приложено отрицательное импульсное напряжение от импульсного трансформатора. Инжекция таких больших токов при малом напряжении весьма затруднительна и для повышения напряжения инжекции был создан специальный импульсный трансформатор на напряжение 700 кВ /на активной нагрузке 4,3 кОм/. Для питания этого трансформатора и был разработан импульсный модулятор на выходное напряжение 60 кВ и импульсный ток 2500 А, описание схемы и конструкции основных узлов которого дано в настоящей работе.

### Принципиальная схема модулятора

В модуляторе применены емкостный накопитель энергии с частичным разрядом и выходной импульсный трансформатор. Достоинством модулятора является отсутствие высоковольтной формирующей линии, требующей тщательной настройки элементов, прямоугольная форма импульса и высокое /до 60 кВ/ выходное напряжение /в тиратронном модуляторе оно обычно составляет  $1/2 E_{зар.}$ , т.е. 25 кВ/. Это обстоятельство позволяет значительно понизить величину коэффициента трансформации импульсного трансформатора.

Формирование высоковольтного импульса в данной схеме /рис. 1/ происходит последовательно в нескольких блоках с постепенным увеличением выходной мощности до 150 мВт. Модулятор состоит из трех основных узлов: тиристорного устройства запуска, тиратронного подмодулятора и собственно модулятора на жестких лампах. Кроме того, в состав его входит комплект устройств питания, система водоохлаждения и система управления, блокировки и сигнализации.

Запуск тиристора /ИТЛ1-9/ /рис. 1/ происходит от импульсного генератора Г5-27 через согласующий импульсный трансформатор ИТ1. Импульс запуска на вторичной обмотке ИТ1 должен иметь длительность не менее 4 м.с, ток 0,4 А, напряжение 5 В. Трансформатор ИТ1 выполнен на пермендюрном сердечнике  $\phi 40 \times \phi 25 \times 10$  мм проводом МГТФ 5 = 0,14 мм<sup>2</sup> с числом витков 57 : 19. Параметры импульса запуска на первичной обмотке ИТ1 устанавливаются ручками управления на передней панели генератора Г5-27.

Анодное питание тиристора /+600 В/ поступает от выпрямителя через зарядное сопротивление  $R_1$  /4,3 кОм/. Формирующая линия ФЛ-1 состоит из четырех конденсаторов КВИ-3 3300 пФ 10 кВ и катушки индуктивности, выполненной на каркасе  $\phi 25$  мм с числом витков 33 /трехсекционная/. Диод Д1 шунтирует последующий импульс на первичной обмотке ИТ-2. Параметры импульса на вторичной обмотке ИТ-2: длительность - 3 мкс, напряжение - 500 В, ток - 3 А. В качестве импульсного трансформатора используется стандартный ИТ марки ИТ1-12,5/2,5<sup>1/2</sup>. Формирующая линия ФЛ2 выполнена на конденсаторах К15-4 1000 пФ 20 кВ и заряжается от источника питания напряжением 15 кВ через зарядное сопротивление  $R_2$  /ПЭ-75 4 шт. последовательно по 20 кОм/.

Основной особенностью модулятора является отсутствие постоянного напряжения на экранных сетках модуляторных ламп, а запуск модуляторных ламп производится одновременно по двум сеткам - управляющей и экранной. Это дает значительный выигрыш по электрической прочности ламп и обеспечивает высокое выход-

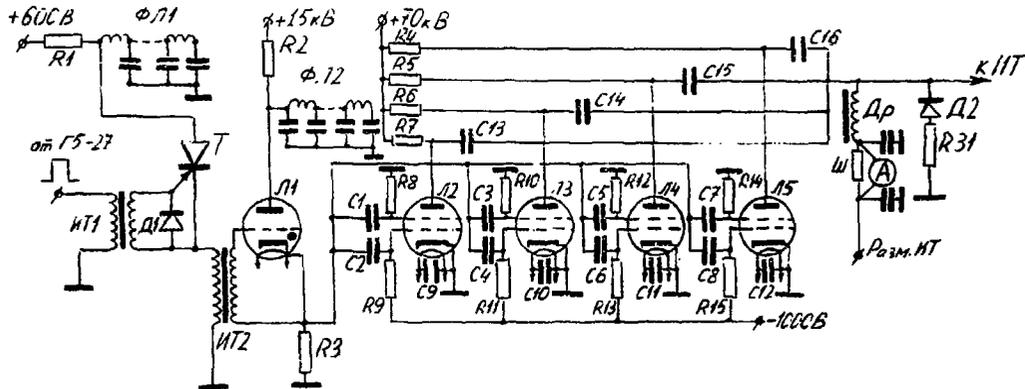
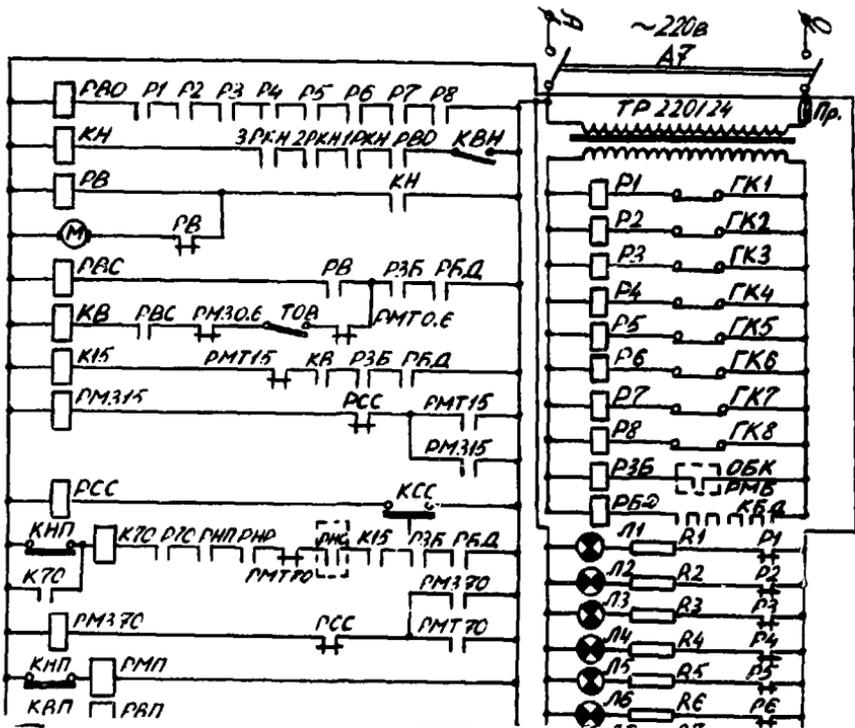


Рис. 1. Принципиальная схема импульсного модулятора на напряжение 60 кВ, ток 2500 А.



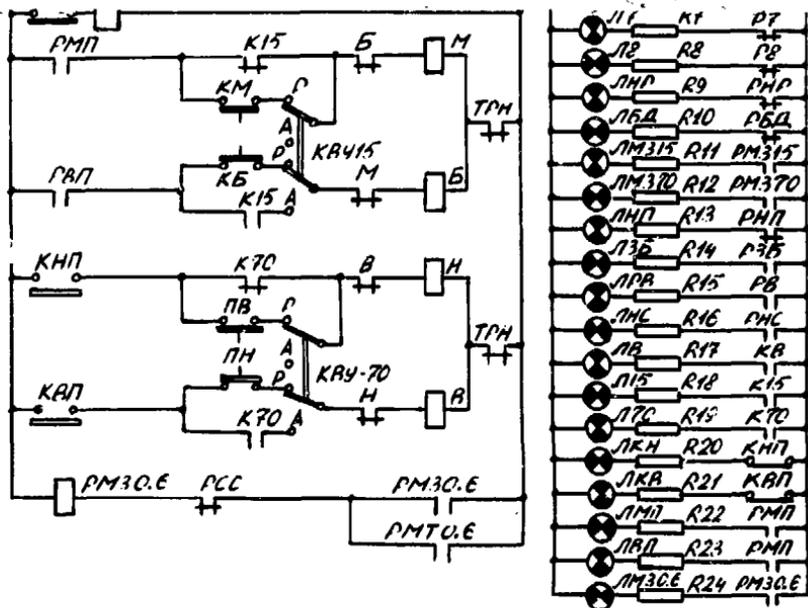


Рис. 2. Схема управления, блокировки и сигнализации /УБС/ модулятора.

ное напряжение модулятора, что дает возможность повысить выходную мощность до 150 л.Вт. Так как модулятор должен работать при одной фиксированной длительности импульса, а потребляемая мощность запуска велика, то подмодулятор выполнен на тиратроне типа ТГИ1-1000/25 с формирующей линией, обеспечивающей запуск четырех ламп ГМИ-18А в параллель через разделительные конденсаторы С1 ÷ С8. Конденсаторы С1, С3, С5, С7 - 0,25 мкФ 8 кВ; С2, С4, С6, С8 - 0,1 мкФ 8 кВ. Катодная нагрузка тиратрона составляет 6 Ом /4 параллельно включенных резистора ТВО-60 24 Ом/. Напряжение отрицательного смещения /-1000/В поступает от блока питания через сопротивления смещения R9, R11, R13, R15/ПЭВ-100 3 кОм/. Накопитель лампового модулятора с частичным разрядом емкости /за время импульса напряжение снижается на 2%/ и выполнен на 16-ти конденсаторах ИМ-100 0,1 мкФ. Заряд конденсаторной батареи происходит через сопротивления R4 ÷ R7 /ПЭВ-150 10 кОм включенных последовательно по четыре с номиналом 2,5 кОм/. Импульс от модулятора с параметрами: частота следования - 50 Гц, длительность импульса - 0,5 мкс, напряжение - 60 кВ, ток - 2500 А - поступает на первичную обмотку импульсного трансформатора. Со вторичной обмотки ИТ снимается импульс напряжением до 700 кВ, током - до 180 ÷ 200 А. В состав модулятора входят, кроме того, устройства питания накала электронной пушки, размагничивания импульсного трансформатора. Охлаждение ламп - принудительное, от станции дистиллированной воды с давлением 4,5 атм через водяные дроссели, включенные в анодные и сеточные цепи ламп.

Для снятия послепульсного напряжения параллельно первичной обмотке импульсного трансформатора включен ламповый диод Д2 и последовательно с ним сопротивление R<sub>31</sub>. Сопротивление цепи снятия послепульсного напряжения должно удовлетворять условию аперiodичности процесса в паразитном контуре L<sub>м</sub> - C<sub>п</sub> после окончания действия основного импульса:

$$R_i + R_{31} < \frac{1}{2} \sqrt{\frac{L_m}{C_{п}}} \quad (1),$$

где: R<sub>i</sub> - внутреннее сопротивление диода, L<sub>м</sub> - индук-

тивность намагничивания импульсного трансформатора,  $C_{11}$  - паразитная выходная емкость трансформатора и нагрузки.

Максимальный ток через диод

$$I_{max} = \frac{U_1}{L_m} \tau,$$

где:  $U_1$  - напряжение на первичной обмотке импульсного трансформатора,  $\tau$  - длительность импульса.

Система УБС служит для последовательного включения блоков питания в работу, отключения их при перегрузках и для автоматического регулирования параметров выходного импульса, а также для сигнализации о неисправностях и аварийных режимах /рис. 2/.

На этой схеме: А7 - автомат системы УБС; ГК-1 ÷ ГК8 - гидроконтакты в анодных и сеточных цепях водоохлаждения ламп ГМИ-18А; ОБК РМБ - опережающие блок - контакты разъединителя механического блокировочного; РБД - реле блокировки дверей; Р1 ÷ Р8 - исполнительные реле гидроконтактов; РНР - реле наличия размагничивания ИТ; РМ30,6, РМ315, РМ370 - реле максимальной защиты блоков питания 0,6; 15, 70 кВ; РЗБ - реле заземлителя блокировочное; РМП, РВП - реле нижнего, верхнего положений регулятора напряжения 70 кВ; КН1, КВП - концевик нижнего, верхнего положений регулятора напряжения 70 кВ; РВ - реле времени; РНС - реле наличия смещения /-1000 В/ /обмотка его подключена параллельно выходу блока смещения/; КН - контактор накала /его силовые контакты включены последовательно в первичную цепь трансформатора накала/; РВО - реле водоохлаждения; 1РКН, 2РКН, 3РКН - реле контроля накала /обмотки их подключены параллельно первичным обмоткам 3-фазного трансформатора накала/; КВ, К15, К70 - контакторы 0,6, 15 и 70 кВ /их НО контакты включены в первичные обмотки трансформаторов блоков питания 0,6; 15 и 70 кВ/; ТОВ - тубмлер отключения высокого напряжения; РМТ 0,6, 15, 70 - реле максимального тока 0,6, 15, 70 кВ /их обмотки включены последовательно с выходами соответствующих блоков питания/; РВС - реле включения смещения /его НО

контакты включены в первичную обмотку трансформатора блока смещения/; КВН - ключ включения накала; КВУ15, КВУ70 /Р-А/ - ключ выбора управления /ручное, автоматическое/ 15, 70 кВ; М-Б, КМ-КБ - реверсивный пускатель, кнопки управления анодным напряжением 70 кВ; Н-В; ПН - ПВ - реверсивный пускатель, кнопки управления напряжением 15 кВ; РСС, КСС - реле, кнопка снятия сигнала перегрузки.

Конструктивно модулятор состоит из шкафа подмодулятора, в котором находятся блок смещения, источник питания на 15 кВ, и регулятор анодного напряжения 75 кВ. В шкафу модулятора расположены четыре лампы ГМИ-18А, дроссели водяного охлаждения с гидроконтактами, зарядные сопротивления ламп, конденсаторная батарея и тиратрон подмодулятора с тиристорным устройством запуска. Выпрямитель анодного питания ВТМ-75 находится снаружи помещения, а импульсный трансформатор ИТ - в ограждении электронной пушки.

Модулятор безотказно работал в течение четырех лет и отличается высокой стабильностью параметров выходного импульса и надежностью.

#### *Литература*

1. П.С.Анцунов, И.М.Матора, В.А.Швец. ОИЯИ, Р13-9276, Дубна, 1975.
2. Н.К.Рудченко. "Импульсные радиопередающие устройства", Киев, Госиздат тех. лит. УССР, 1964.

*Рукопись поступила в издательский отдел  
4 ноября 1975 года.*