

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



10283

ЭКЗ. ЧИТ. ЗАДА

13 - 10283

С.Г.Басиладзе, К.Долецки, Я.Заберовски, В.И.Иванов,  
Е.Кнапик, В.А.Крамаренко, Э.А.Николаевская,  
В.Олейничак, Я.Раховски, Р.Фирковски, М.Н.Хачатурян

СИСТЕМА ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ПИТАНИЯ  
ДЛЯ ДВУХСОТ ФОТОУМНОЖИТЕЛЕЙ

**1976**

С.Г.Басиладзе, К.Долецки,<sup>1</sup> Я.Заберовски,<sup>1</sup> В.И.Иванов,  
Е.Кнапик,<sup>1</sup> В.А.Крамаренко, Э.А.Николаевская,  
В.Олейничак,<sup>1</sup> Я.Раховски,<sup>1</sup> Р.Фирковски,<sup>2</sup> М.Н.Хачатурян

СИСТЕМА ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ПИТАНИЯ  
ДЛЯ ДВУХСОТ ФОТОУМНОЖИТЕЛЕЙ

*Направлено в журнал "Нуклеоника"*

ОИЯИ  
БИБЛИОТЕКА

---

<sup>1</sup> Институт физики Лодзинского университета, ПНР.

<sup>2</sup> Институт ядерных исследований, Лодзь, ПНР.

Басиладзе С.Г., Долецки К., Заберовски Я.,  
Иванов В.И., Кнапик Е., Крамаренко В.А.,  
Николаевская Э.А., Олейничак В., Раховски Я.,  
Фирковски Р., Хачатурян М.Н.

13 - 10283

Система высоковольтного питания для двухсот  
фотоумножителей

Описывается система высоковольтного питания для двухсот ФЭУ, состоящая из стабилизатора высокого напряжения 800÷2900 В с током нагрузки 0,4 А и разветвителя. Стабильность напряжения высоковольтного стабилизатора за 6 суток непрерывной работы - 0,05%. Максимальная величина пульсаций - 100 мВ (р.р.). Стабильность амплитуды сигналов ФЭУ, питаемых этой системой, составляет  $\pm 1,3\%$  за 150 часов работы.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований

Дубна 1976

При создании современных крупных электронных установок в физике высоких энергий используется большое количество различных детекторов для отбора частиц во времени, локализации их в пространстве, а также для определения их энергии. Временные и энергетические измерения на таких установках обычно осуществляются с помощью фотоумножителей. Число ФЭУ в современных установках доходит до 200÷400<sup>/1-3/</sup>. Использование для их питания отдельных стандартных высоковольтных источников и специально разработанных стоек не решает задачи, поскольку при этом трудно обеспечивать разумные габариты и достаточную эксплуатационную надежность, а также затруднено обнаружение неисправностей.

Описываемый блок питания вместе с разветвителем высокого напряжения был разработан для питания фотоумножителей в 90-канальном черенковском масс-спектрометре, в котором число ФЭУ доходит до 200. Для питания такого большого количества ФЭУ рабочий ток блока стабилизатора доведен до 0,4 А.

В приборе предусмотрены системы автоматического выключения напряжения в случае превышения предельно допустимого тока нагрузки, а также в случае нарушения режима стабилизации выходного напряжения. Последнее обстоятельство приобретает особое значение, если учесть высокую стоимость фотоумножителей, которые выходят из строя при неконтролируемом увеличении напряжения.

## БЛОК ВЫСОКОВОЛЬТНОГО СТАБИЛИЗИРОВАННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Требование хорошей стабилизации напряжения при высокой экономичности выпрямителя повлекло за собой создание нестандартной системы стабилизации, которая представляет собой совокупность медленной схемы тиристорной стабилизации, имеющей высокий КПД, и включенного последовательно быстродействующего лампового стабилизатора со сравнительно низким КПД /рис. 1/.

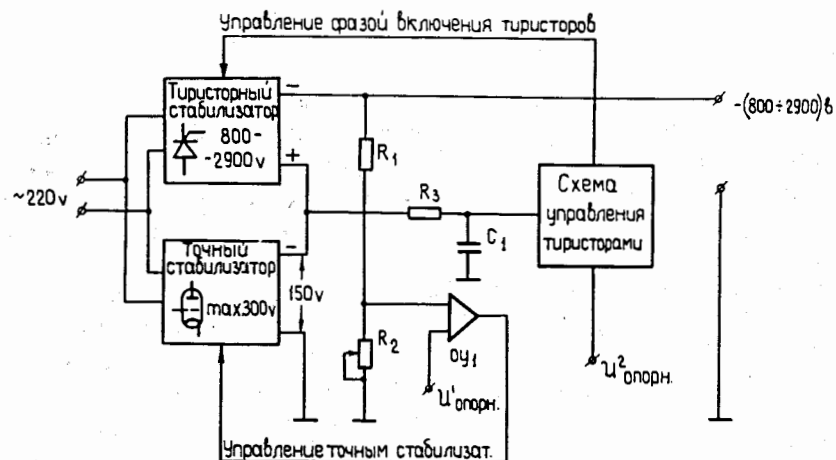


Рис. 1. Структурная схема блока высоковольтного стабилизированного напряжения.

**Принцип работы.** Схема точной стабилизации смонтирована на лампе 6С18С и управляется сигналом с делителя выходного напряжения  $R_1R_2$  путем сравнения операционным усилителем  $OY_1$  части высокого напряжения с эталонным напряжением  $U^1_{\text{опорн.}}$ . Изменение выходного напряжения всего блока осуществляет резистор  $R_2$ . Тиристорный стабилизатор большой мощности и высокого напряжения выполнен по схеме управляемого преобразования напряжения сети с последующим выпрямлением высокого напряжения. Управление тиристо-

рами осуществляется методом изменения фазы сигнала их включения относительно напряжения сети. Смещение фазы подбирается таким образом, чтобы при среднем положении делителя  $R_1R_2$  напряжение на выходе точного лампового стабилизатора равнялось 150 В. Схема тиристорной стабилизации управляется с выхода схемы точной стабилизации.

Схема точного стабилизатора компенсирует пульсации на выходе выпрямителя высокого напряжения. Чтобы напряжение, компенсирующее пульсации,  $/10 \pm 20 В/$  не влияло на работу тиристорного узла, сигнал на его схему управления подается через интегрирующую цепь  $R_3C_1$  с постоянной времени 0,1 с. Таким образом, только медленные изменения выходного напряжения компенсируются схемой тиристорной стабилизации, а быстрые изменения берет на себя ламповая схема.

Блок-схема прибора показана на рис. 2. Напряжение сети через контактор  $S_0$ , который управляется с передней панели блока кнопкой  $K_1$ , подается на схему лампового стабилизатора. Одновременно включается схема задержки, которая через контактор  $S_2$  препятствует включению выпрямителя высокого напряжения во время прогрева лампы и установления рабочего режима всего блока. В случае выключения прибора /кнопкой  $K_2$ / схема задержки через контактор  $S_1$  препятствует мгновенному выключению питания лампового стабилизатора. При этом сразу отключается только выпрямитель высокого напряжения, а все остальные схемы отключаются спустя несколько десятков секунд /40 с/.

**Схема точной стабилизации.** Эта схема представляет собой последовательный стабилизатор на электронной лампе  $L_1 - 6С18С$  с рабочим током до 500 мА при среднем напряжении 150 В, рис. 2. Лампа управляется каскадом из четырех транзисторов  $T_{1-4}$  типа BCZ-11 /МП 114/, которые обеспечивают большую амплитуду управляющего сигнала. Сигнал на первый транзистор подается с выхода операционного усилителя  $OY_1$  типа МАА-502 /1УТ 531/. Он усиливает разность между опорным напряжением  $U^1_{\text{опорн.}}$  и напряжением на делителе  $R_1R_2$ . На входах операционного усилителя включены эмиттерные повторители, ослабляющие шунтирующее дей-

стве  $ОУ_1$  на делитель  $R_1R_2$  и источник опорного напряжения. Источником опорного напряжения служит стабилитрон типа Д813, который вместе с операционным усилителем помещен в термостат, поддерживающий температуру  $+40^{\circ}C$  с точностью  $0,1^{\circ}C$ . Делитель  $R_1R_2$  выполнен на проволочных сопротивлениях с термостабильностью не хуже  $0,2\%$ . Микроамперметр  $МА_2$  в цепи делителя  $R_1R_2$  предназначен для ориентировочного контроля высокого напряжения. Для точных измерений в приборе предусмотрено подключение цифрового вольтметра.

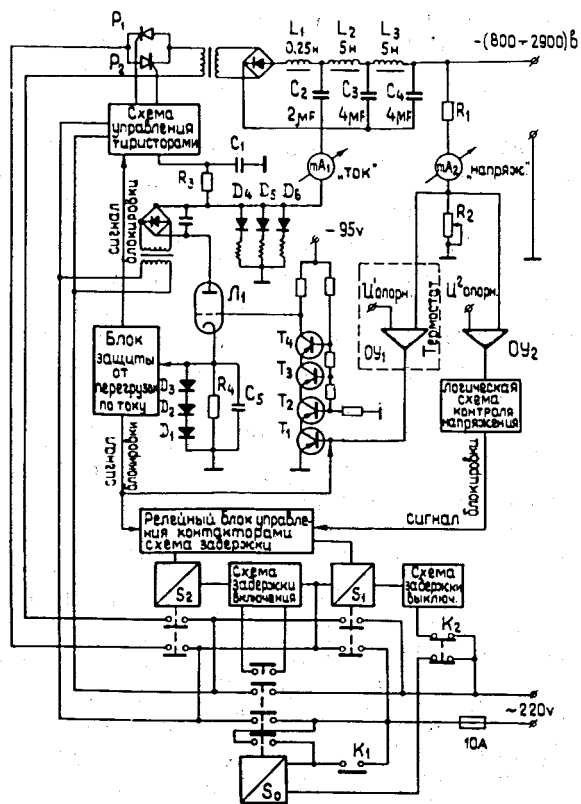


Рис. 2. Функциональная схема прибора.

Управляемый выпрямитель высокого напряжения. Управляемый выпрямитель высокого напряжения выполнен по обычной мостовой схеме с фильтром из емкостей  $C_2, C_3, C_4$  типа КБГП и индуктивностей  $L_1, L_2, L_3$ /рис. 2/. Управление выпрямителем осуществляют тиристоры  $P_1$  и  $P_2$  типа Т-25 в первичной сетевой обмотке. Через миллиамперметр  $МА_1$  /на 500 мА/ выпрямитель высокого напряжения последовательно соединен с выходом точного стабилизатора.

Принцип работы схемы управления тиристорным выпрямителем можно проследить по рис. 3. После понижающего трансформатора  $Тр_1$  и двухполупериодного выпрямителя  $D_1D_2$  получаются импульсы с частотой 100 Гц, которые запускают генератор пилообразного напряжения.

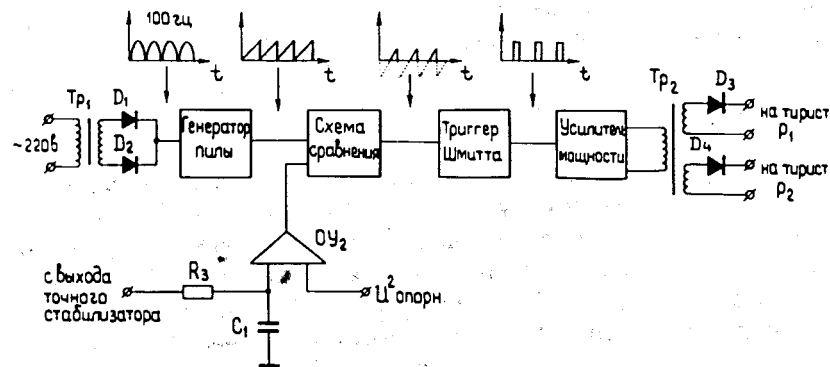


Рис. 3. Схема управления тиристорами.

Схема сравнения пропускает только ту часть пилообразного напряжения, которая превышает постоянный уровень напряжения на выходе усилителя  $ОУ_2$  точного стабилизатора. Полученные после сравнения импульсы запускают триггер Шмитта, с выхода которого сигналы через усилитель и ферритовый трансформатор  $Тр_2$  подаются на управляющие электроды тиристоров  $P_1, P_2$ . Диоды  $D_3$  и  $D_4$  защищают тиристоры от импульсов противоположной полярности, возникающих в трансформаторе  $Тр_2$ .

**Защита стабилизатора.** Учитывая большую мощность прибора, требования к безопасности его обслуживания, а также возможность выхода из строя большого количества фотоумножителей, питающихся от одного источника, в блоке предусмотрены следующие независимые системы блокировки:

1. Блокировка, отключающая прибор в случае перегрузки по току. Система реагирует на величину перепада напряжения на сопротивлении  $R_4$  в катодной цепи лампы точного стабилизатора  $\Lambda_1$ . В случае превышения током нагрузки величины 450 мА сигнал с  $R_4$  переключает триггер Шмитта, расположенный в блоке защиты по току. Триггер подает положительное напряжение на базу транзистора  $T_1$  в каскаде управления лампой  $\Lambda_1$ , что приводит к ее закрыванию. Этот же сигнал одновременно запирает схему управления тиристорами и через релейный блок управления контакторами отключает ( $S_2$ ) питание высоковольтного тиристорного стабилизатора. Время срабатывания блокировки - 2 мкс.

2. Вторая независимая схема блокировки защищает прибор от чрезмерного увеличения напряжения на выходе стабилизатора. Работа этой схемы основана на том, что в рабочем режиме величина напряжения в средней точке делителя  $R_1R_2$ /рис. 2/ должна быть постоянной. Операционный усилитель  $OU_2$  сравнивает напряжение на делителе  $R_1R_2$  с эталонной величиной  $U_{опорн.}^2$  и управляет логической схемой контроля, которая через соответствующее реле выключает контактор  $S_2$ , снимая высокое напряжение.

Таким образом, эта схема блокировки срабатывает в случае больших изменений выходного напряжения, которые нельзя скомпенсировать системой стабилизации, а также в случае поломки самой системы.

3. В приборе предусмотрена дополнительная защита в случае короткого замыкания. Один из диодов  $D_{4-6}$ , включенных на выходе точного стабилизатора, в этом случае пробивается и шунтирует выход точного стабилизатора, отключая прибор блокировкой по току.

#### Основные характеристики.

Диапазон стабилизируемых напряжений	800-2900 В.
Полярность напряжения	отрицательная.
Максимальный ток нагрузки при $U_{вых.}=2900 В$	0,4 А.
Нестабильность величины напряжения за 6 суток непрерывной работы	0,05%.
Максимальная величина пульсаций при $U_{вых.}=2900 В$ и $I_{нагр.}=400 мА$	100 мВ/р.р./.
Габариты	720x1000x x350 мм <sup>3</sup> .
Вес	80 кг.

#### БЛОК ВЫСОКОВОЛЬТНОГО РАЗВЕТВИТЕЛЯ

Этот блок служит для раздельной регулировки напряжения на каждом ФЭУ путем подключения гасящих резисторов последовательно с делителем ФЭУ. Каждый блок высоковольтного разветвителя питает 50 фотоумножителей. Максимальный ток делителя ФЭУ не должен превышать 2,5 мА /при включенных гасящих резисторах/. Регулировка напряжения ступенчатая, с шагом 5 В. Полный диапазон регулирования напряжения разветвителя - 1200 В при токе через делитель ФЭУ 1,5 мА.

Схема высоковольтного разветвителя показана на рис. 4. Гасящие резисторы  $R_{1-17}$  - типа МЛТ-2. Резисторы такого же типа используются в делителях фотоумножителей/4/. Это позволяет снизить температурную зависимость величины напряжения на диодной системе ФЭУ. Для точного измерения напряжения, приложенного к делителю ФЭУ, предусмотрено подключение цифрового вольтметра к каждому каналу высоковольтного разветвителя.

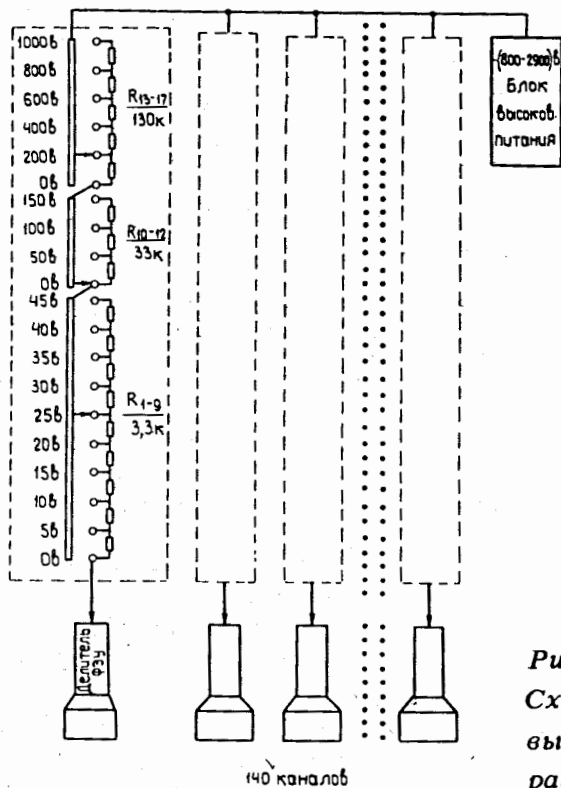


Рис. 4.  
Схема подключения высоковольтного разветвителя.

Конструктивно блок высоковольтного разветвителя состоит из трехсекционных переключателей штеккерного типа размерами  $250 \times 44 \times 6,5 \text{ мм}^3$  с изоляцией из фторопласта. Переключатели собраны в пакет из 50 штук. Блок имеет 50 высоковольтных разъемов для подключения делителей фотоумножителей. Габариты блока  $430 \times 220 \times 300 \text{ мм}^3$ .

Высоковольтный стабилизатор напряжения с тремя блоками разветвителей более двух лет работает в системе высоковольтного питания сцинтилляционных и черенковских счетчиков 90-канального черенковского масс-спектрометра "Фотон"<sup>/5/</sup>. Общее число ФЭУ - 140, суммарный потребляемый ток - 0,26 А. Блок питания обеспечивает высокую долговременную стабильность че-

ренковских спектрометрических трактов. Проведенные испытания показали, что средняя нестабильность сигналов 90 спектрометрических фотоумножителей типа ФЭУ-49 в течение шести суток<sup>/6/</sup> составляет  $\pm 1,3\%$ . Максимальная нестабильность, зарегистрированная на одном из ФЭУ, составила  $\pm 3,5\%$ . Температурные изменения за время измерений составили  $\pm 6^\circ\text{C}$ , напряжение сети менялось на  $\pm 10\%$ .

В заключение авторы выражают благодарность В.И.Прохорову, В.В.Архипову, Ч.Лису, Т.Богушевскому за помощь при монтаже и конструировании блоков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. J.S.Beale et al. Nucl. Instr. and Meth., 117 (1974) 501-508.
2. Р.Г.Аствацатуров и др. Препринт Р1-7309, ОИЯИ, Дубна, 1973.
3. Ю.Б.Бушнин и др. Препринт 74-21, ИФВЭ, Серпухов, 1974.
4. Р.Г.Аствацатуров и др. Препринт 13-7968, ОИЯИ, Дубна, 1974.
5. Р.Г.Аствацатуров и др. Nukleonika, vol. 19, No. 5, 575 (1974).
6. Р.Г.Аствацатуров и др. Препринт 13-10282, ОИЯИ, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел  
8 декабря 1976 года.