

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



3611/2-76

13/ix-76

13 - 9844

A-50

Б.А.Аликов, Т.М.Муминов, С.И.Орманджиев,  
У.С.Салихбаев, Р.Р.Усманов

УПРАВЛЯЕМЫЙ СТАБИЛИЗАТОР ДЛЯ ПИТАНИЯ  
МАГНИТНО-ЛИНЗОВЫХ  $\beta$ -СПЕКТРОМЕТРОВ

46-40

**1976**

13 - 9844

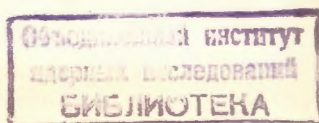
Б.А.Аликов,\* Т.М.Муминов,\* С.И.Орманджиев,  
У.С.Салихбаев,\* Р.Р.Усманов\*

УПРАВЛЯЕМЫЙ СТАБИЛИЗАТОР ДЛЯ ПИТАНИЯ  
МАГНИТНО-ЛИНЗОВЫХ  $\beta$ -СПЕКТРОМЕТРОВ

*Направлено в ПТЭ*

---

\* Самаркандский государственный университет.



Аликов Б.А. и др.

13 - 9844

Управляемый стабилизатор для питания магнитно-линзовых  
бета-спектрометров

В работе описан трехфазный управляемый стабилизатор тока для питания магнитно-линзового  $\beta$ -спектрометра и автоматизации процесса регистрации спектров конверсионных электронов. Стабилизатор выполнен на интегральных схемах. Предложена схема управления трехфазным мостовым тиристорным выпрямителем с одним генератором пилообразного напряжения.

Диапазон изменения тока стабилизатора 0-8 А; дифференциальная нелинейность шага изменения тока  $1 \cdot 10^{-4}$  А; величина пульсаций тока при максимальном токе  $1,7 \cdot 10^{-4}$  А; температурная нестабильность тока  $\pm 1,6 \cdot 10^{-4}$  1/град.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований

Дубна 1976

Для питания магнитно-линзового  $\beta$ -спектрометра и автоматизации процесса регистрации спектров конверсионных электронов разработан управляемый стабилизатор тока, питаемый от трехфазной сети.

Стабилизатор имеет нестабильность  $10^{-4}$  при изменении напряжения сети от 195 до 240 В и при изменении сопротивления нагрузки от 2 до 15 Ом, что дает возможность получить энергетическое разрешение спектрометра, близкое к предельному для данной конструкции <sup>1/</sup>. Его долговременная стабильность /за 24 часа/ лучше чем 0,01%.

Описанные ранее конструкции стабилизаторов <sup>2-5/</sup> не всегда удовлетворяют требованиям точности и надежности, что связано с применением в них дискретных элементов в цепях сравнения и релейных элементов в цепях управления. В данном приборе для автоматического изменения величины тока использован преобразователь код-аналог в микромодульном исполнении, а в цепях сравнения - дифференциальные усилители на операционных усилителях в интегральном исполнении.

Блок-схема управляемого стабилизатора тока приведена на *рис. 1*.

Переменное напряжение выпрямляется трехфазным мостовым управляемым тиристорным выпрямителем ТВ и подается на вход мощного каскада стабилизатора тока МК. Во избежание перегрева транзисторов мощного каскада напряжение на них стабилизируется цепью отрицательной обратной связи, состоящей из дифференциального усилителя управления тиристорами ДУТ и формирователя импульсов управления тиристорами ФУТ. Величина напряжения на мощных транзисторах задается опорным напряжением ОУТ.



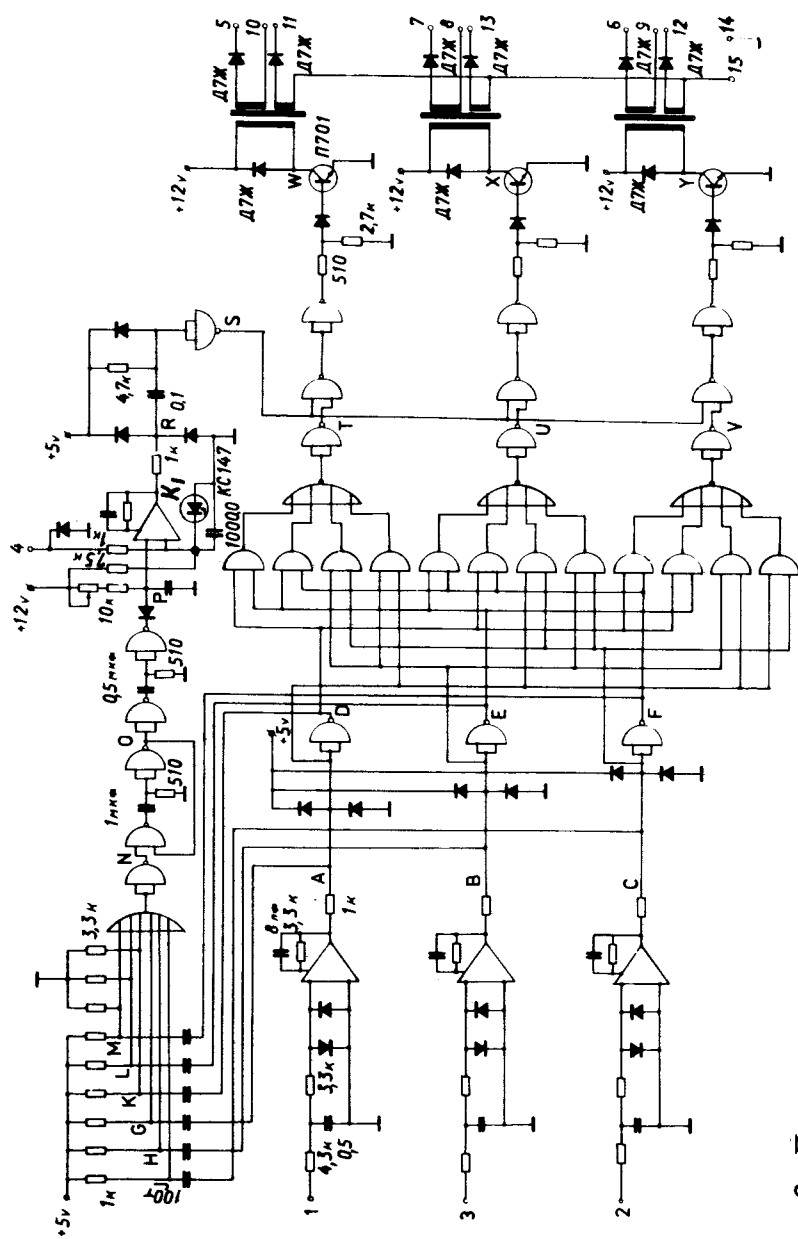


Рис. 3. Принципиальная схема формирователя импульсов управления тиристорами. Входы 1, 2, 3-фазные напряжения управления от трехфазной сети; выходы 5 - 13 - управление зажиганием тиристоров; 4 - связь с дифференциальным усилителем управления тиристорами.

метра и работой многоканального пересчетного устройства МПУ.

На рис. 2 показаны: преобразователь код-аналог, мощный каскад, дифференциальные усилители стабилизаторов тока и напряжения мощного каскада и схема связей тиристоров выпрямителя.

Преобразование кода в аналоговую величину осуществляется микромодулями 2ПН521 и 2ПД524, первый из которых содержит буферные каскады, а второй - резистивный делитель и разделяющие диоды. Аналоговый сигнал усиливается двумя каскадами на операционных усилителях 2 ЖА 521. Дифференциальный усилитель стабилизатора тока состоит из входного операционного усилителя 1 УТ 401 Б и каскада на транзисторах КТ 301 и МП 26 Б. С коллектора МП 26 Б напряжение подается на вход мощного эмиттерного повторителя, состоящего из транзисторов П 30, П 216 и П 210 Б.

Напряжение  $U_{к.э.}$  мощных транзисторов подается на вход дифференциального усилителя, выполненного на транзисторах КТ 306 и МП 26 Б. На его второй вход, через потенциометр поступает постоянный потенциал. Коллектор КТ 306 связан /см. рис. 3/ с неинверсным входом /4/ компаратора на операционном усилителе  $K_1$  /интегральная схема 1 УТ 402/, на инверсный вход которого подается пилообразное напряжение с частотой 300 Гц с генератора пилообразного напряжения /точка Р /. Выходные импульсы компаратора формируются дифференцирующей R-C-цепочкой и инвертором и через схемы "И", инверторы, транзисторы П 701 и трансформаторы подаются на входы управления тиристоров, замыкая, таким образом, цепь отрицательной обратной связи.

Управление выходным напряжением преобразователя К-А осуществляется программным путем. Программное устройство, принципиальная схема которого приведена на рис. 4, работает совместно с многоканальным пересчетным устройством.

До начала измерения кнопкой "сброс" все декады и триггер управления  $T_1$  приводятся в нулевое состояние. Тогда на выходе преобразователя К-А потенциал равен

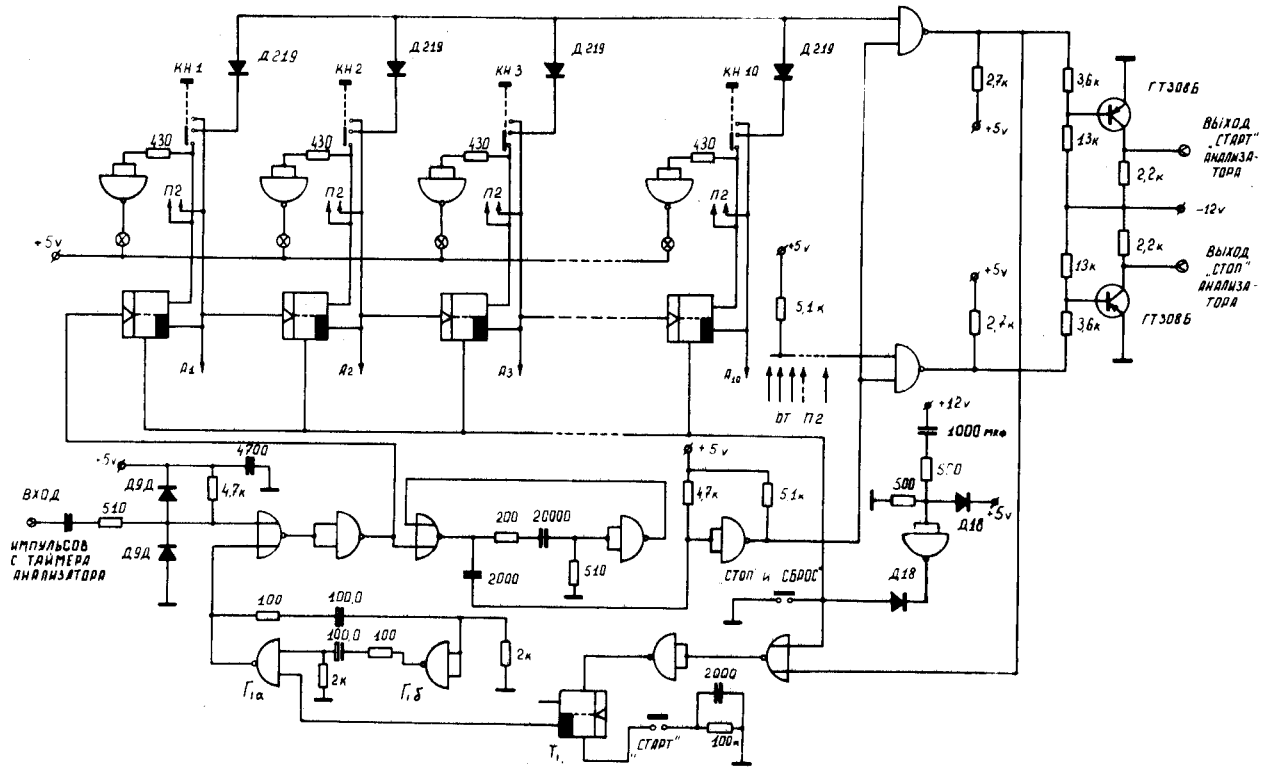


Рис. 4. Принципиальная схема двоичного счетчика и блока управления. КН1-КН10 - переключатели первой диодной схемы совпадений; П2 - переключатели второй диодной схемы совпадений.

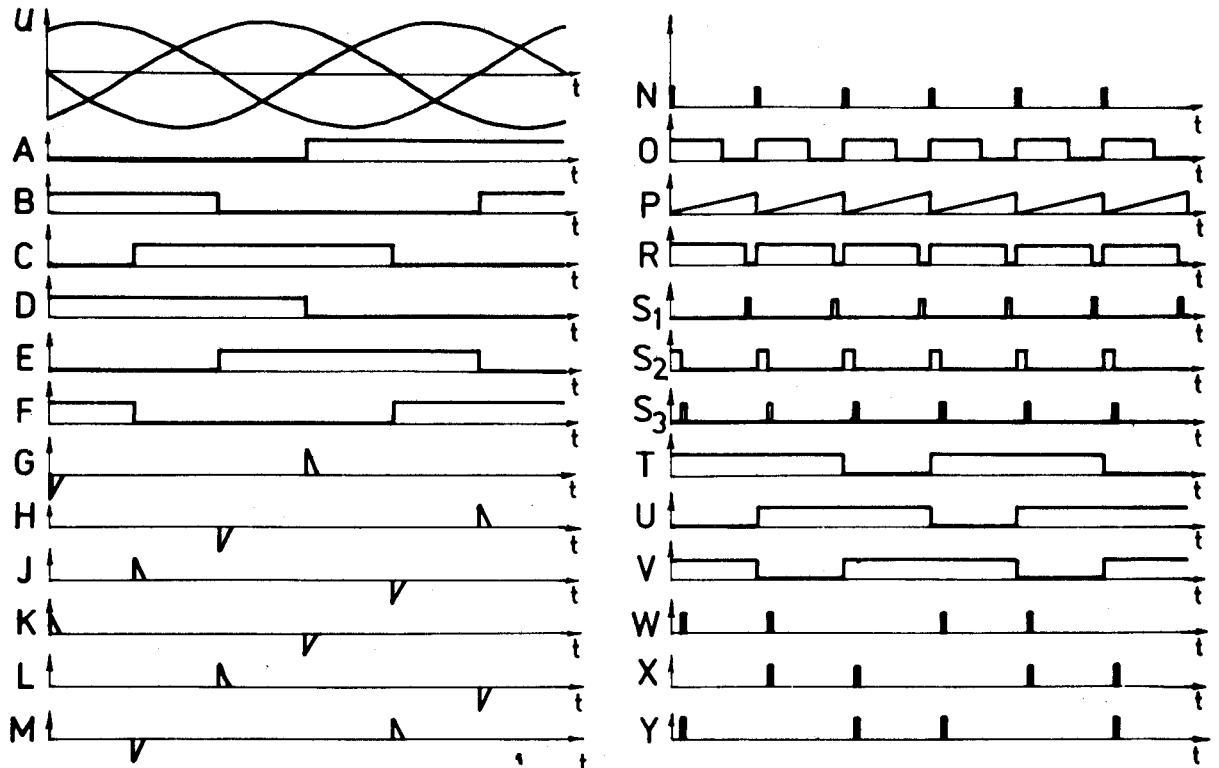


Рис. 5. Временные диаграммы формирователя импульсов управления тиристорами. Буквенные обозначения соответствуют точкам на рис. 3.

нулю и ток через обмотку  $\beta$ -спектрометра нулевой, а генератор тактовых импульсов  $\Gamma_{1a,b}$  и таймер многоканального пересчетного устройства остановлены.

При нажатии кнопки "старт" триггер  $T_1$  опрокинется и разрешающий потенциал включит генератор тактовых импульсов  $\Gamma_{1a,b}$ . Импульсы с выхода генератора поступают через схему "ИЛИ" и инвертор на вход двоичного 10-разрядного счетчика. Начинается цикл накопления счета импульсов в счетчике, одновременно нарастает ток в обмотке  $\beta$ -спектрометра. Частота импульсов генератора подобрана равной приблизительно  $2 \Gamma_{ц}$ , чтобы скорость нарастания тока не давала большой динамической нагрузки на обмотку  $\beta$ -спектрометра. Когда количество считанных импульсов станет равным числу, выбранному переключателями  $КН1 \div КН10$  диодной схемы совпадений, определяющей код старта, на выходе этой схемы получится импульс. Пройдя стробируемую схему "И" и инверторы, импульс опрокинет триггер  $T_1$  и выключит генератор тактовых импульсов. Одновременно с этим подается стартовый импульс на вход многоканального пересчетного устройства и начинается накопление импульсов с детектора в его первом канале.

По истечении времени экспозиции для данного тока /время выбирается экспериментатором/ с выхода таймера поступит следующий импульс, который через схему "ИЛИ" добавит по единице в счетчиках адреса многоканального пересчетного устройства и блока управления. Ток спектрометра увеличится на величину, равную  $1/1000$  от полной шкалы тока, а одновременно с этим переключится и вход следующего канала пересчетного устройства, после чего накопление начинается снова. Когда количество накопленных импульсов в двоичном счетчике кода управления станет равным числу, выбранному переключателями  $П2$  второй диодной схемы совпадений, то на выходе этой схемы получится импульс, который остановит работу многоканального пересчета.

На рис. 3 и 5 изображены схема формирователя импульсов управления тиристорами и временные диаграммы, поясняющие его работу.

При подаче на входы 1,2,3 переменного напряжения  $U$  с трехфазного трансформатора на выходах А, В, С

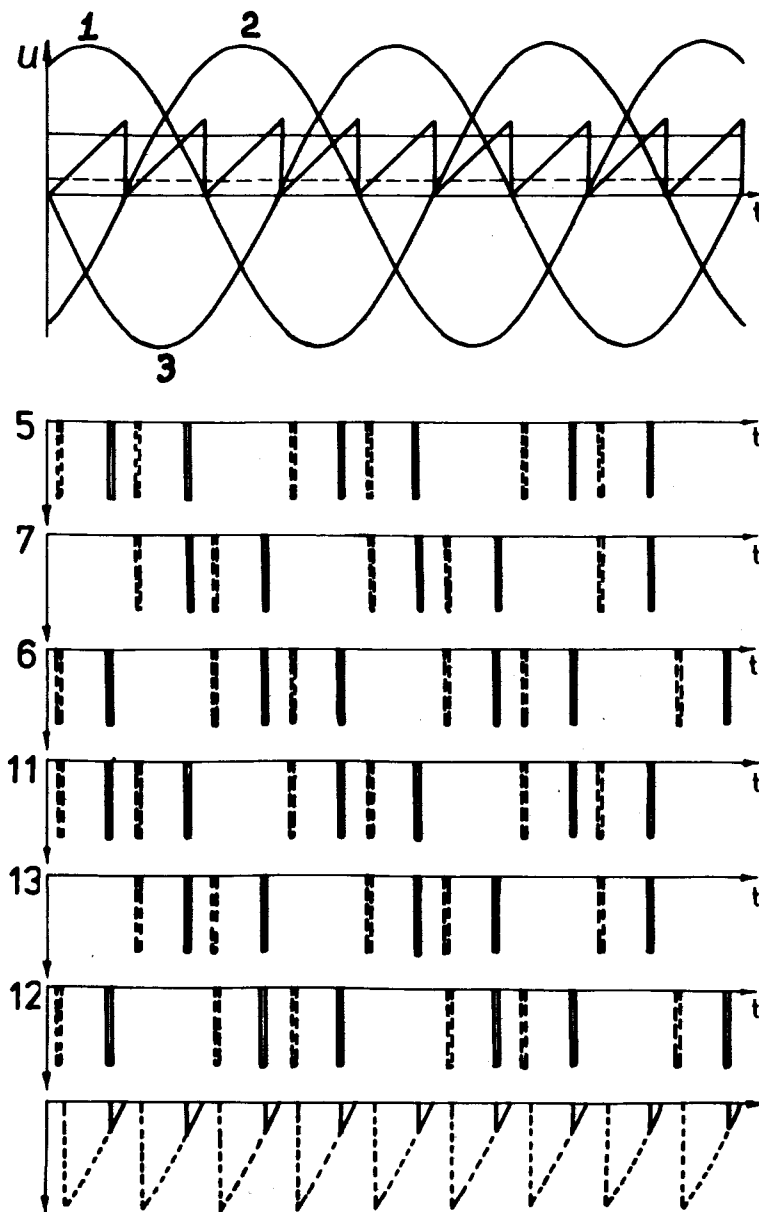


Рис. 6. Временные диаграммы тиристорного выпрямителя. Цифровые обозначения соответствуют точкам на рис. 3.

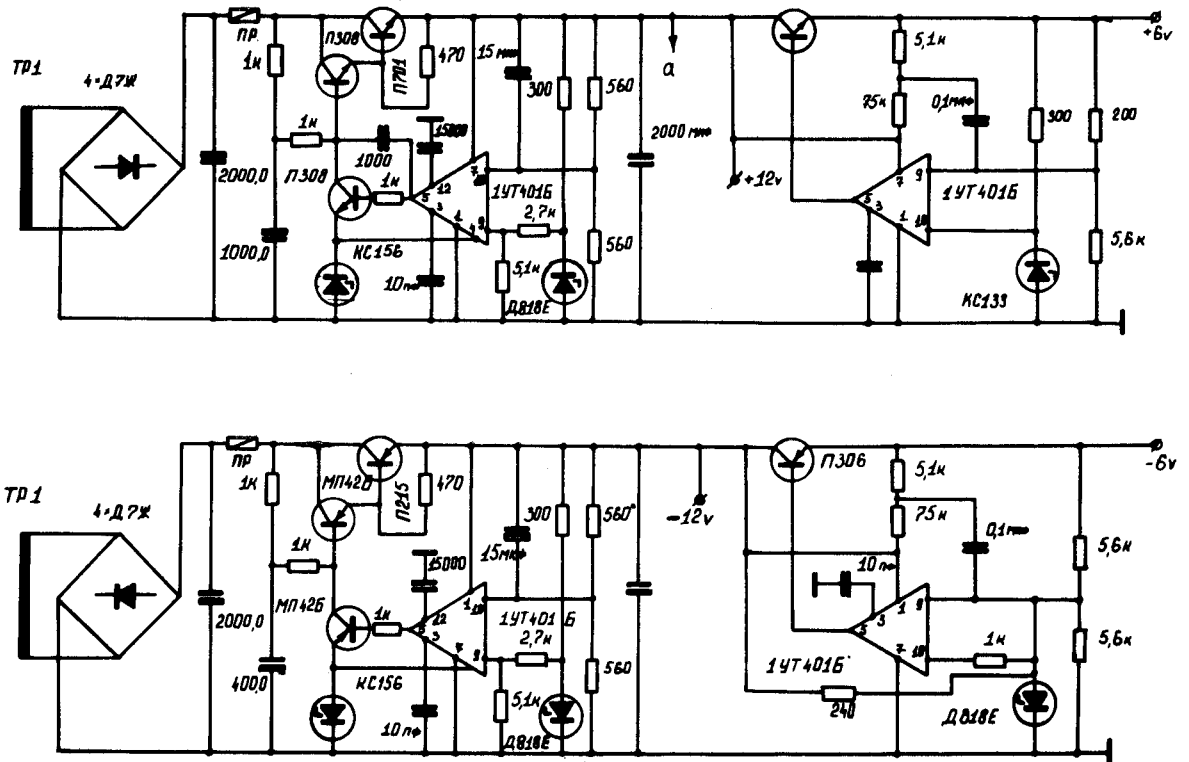


Рис. 7. Принципиальная схема блока питания преобразователя код-аналог, двоичного счетчика и блока управления.

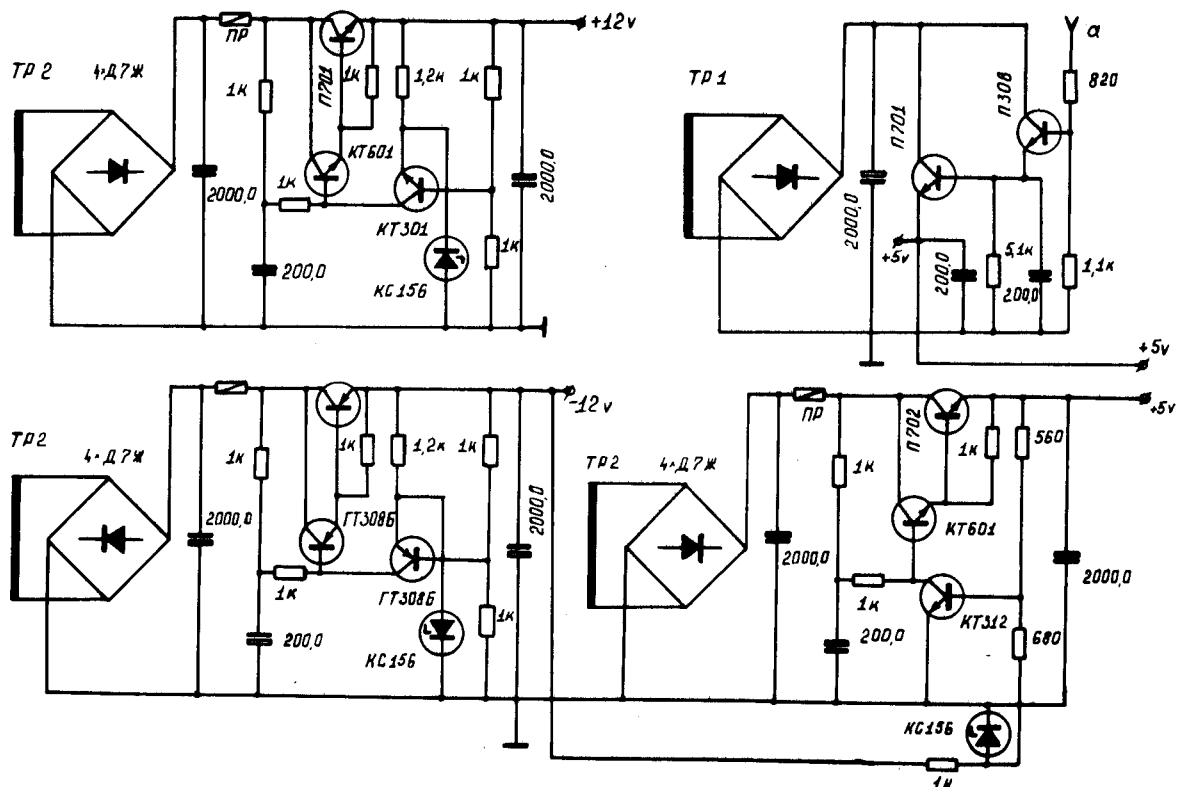


Рис. 8. Принципиальная схема блока питания формирователя импульсов управления тиристорами.



операционных усилителей возникают прямоугольные импульсы. Перепады напряжений происходят в моменты прохождения соответствующей фазы через нуль, а сдвиги между перепадами составляют  $2\pi/3$  рад. После инверсии /выходы D, E, F / импульсы через дифференцирующие цепочки G, H, J, K, L, M поступают на схему "ИЛИ". Прямоугольные импульсы с точки 0 одновибратора, через R-C формирователь по длительности, инверторы и разделительный диод подаются на зарядную R-C цепь /точка P /. С выхода R операционного усилителя  $K_1$ , через дифференцирующую цепь импульсы, сдвиг во времени которых зависит от управляющего напряжения, поступают после инвертирования в S на схемы "И", на другие входы которых в определенном порядке подаются разрешающие потенциалы с выходов T, U, V.

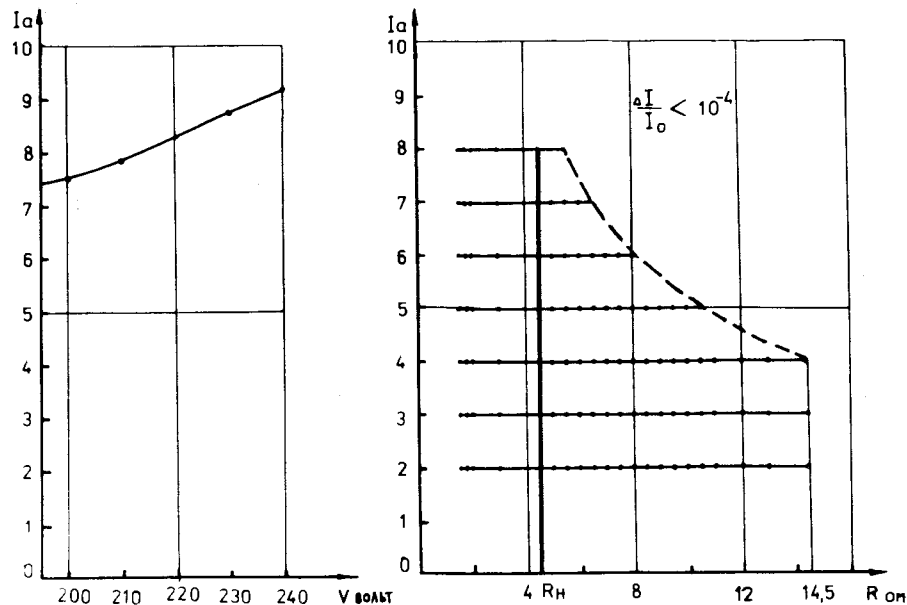


Рис. 9. а/ Зависимость максимального тока стабилизатора от величины сетевого напряжения; б/ зависимость предельного тока стабилизатора от сопротивления нагрузки.

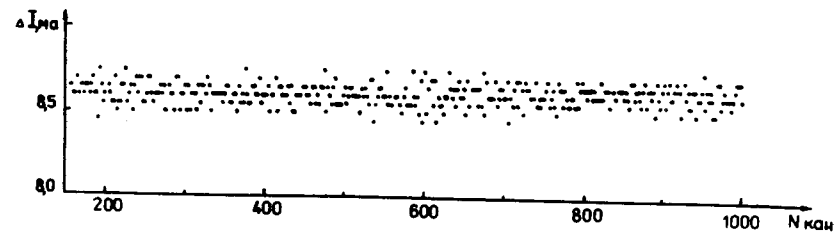


Рис. 10. Зависимость шага изменения тока от номера канала стабилизатора.

На транзисторах П 701 формируются импульсы зажигания тиристоров W, X, Y.

Рис. 6 демонстрирует работу трехфазного мостового управляемого тиристорного выпрямителя. В верхней части рисунка изображены фазные напряжения и пилообразное напряжение /точка P, рис. 3/, подаваемое на вход дифференциального усилителя  $K_1$ . Горизонтальные сплошная и пунктирная линии соответствуют случаям максимального и минимального управляющего потенциала, подаваемого на второй вход  $K_1$ . На отдельных диаграммах показаны положения импульсов зажигания тиристоров в случае большой /пунктирные/ и малой /сплошные/ величины выпрямленного напряжения. Номера отдельных диаграмм соответствуют точкам на схеме рис. 2.

Форма выпрямленного напряжения для этих случаев показана на нижней диаграмме рис. 6.

Узлы питания отдельных цепей блока управления тиристорами и задания тока через нагрузку показаны на рис. 7 и 8.

На рис. 9б приведена зависимость величины тока спектрометра от величины сопротивления нагрузки. Дифференциальная нелинейность этой зависимости во всем рабочем диапазоне не превышает  $1 \cdot 10^{-4}$  /рис. 10/.

На рис. 9а показана зависимость максимального тока спектрометра от напряжения сети. Верхний предел тока определяется напряжением на обмотках силового трансформатора.

Основные параметры стабилизатора приведены в таблице.

Таблица

1. Максимальный ток спектрометра при сопротивлении нагрузки	2 Ом	8,6 А
	5 Ом	8 А
	10 Ом	5,2 А
	14 Ом	4,2 А
2. Шаг изменения тока		$8,6 \cdot 10^{-3}$ А
3. Дифференциальная нелинейность шага изменения тока		$\leq 1 \cdot 10^{-4}$ А
4. Величина пульсаций тока при максимальном токе		$1,7 \cdot 10^{-4}$ А
5. Относительное изменение выходного тока при изменении нагрузки от 2 до 15 Ом		$\leq 1 \cdot 10^{-4}$ А
6. Температурная нестабильность тока		$\pm 1,7 \cdot 10^{-4}$ 1/град.
7. Нестабильность при изменении напряжения сети питания на +5% и -15%		$< 1 \cdot 10^{-5}$
8. Максимальная потребляемая мощность от 3-фазной сети переменного тока		760 Вт

Авторы глубоко благодарны К.Я.Громову и В.М.Цупко-Ситникову за постоянную поддержку и интерес к работе, В.И.Стегайлову за помощь на отдельных этапах работы.

## Литература

1. В.А.Морозов, Т.М.Муминов. Препринт ОИЯИ, Р13-3431, Дубна, 1967.
2. Я.Черны, М.Фингер. Препринт ОИЯИ, 13-6550, Дубна, 1972.
3. Я.Черны. Препринт ОИЯИ, 13-7330, Дубна, 1973.
4. В.А.Морозов, Т.М.Муминов, В.И.Разов, В.И.Стегайлов. Препринт ОИЯИ, 13-5195, Дубна, 1970.
5. И.Адам, Ю.Н.Денисов, С.А.Ивашкевич, М.Фингер. ПТЭ, №2, 136, 1965.

Рукопись поступила в издательский отдел 4 июня 1976 года.