

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



Ц 76
Д-332

24/II-75

13 - 8420

726/2-75

Ю.Н.Денисов, В.В.Калниченко, А.Г.Комиссаров

МОЩНЫЕ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ ТОКА
ДЛЯ ПИТАНИЯ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОМАГНИТА
ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ
ИЗОХРОННОГО ЦИКЛОТРОНА

1974

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

13 - 8420

Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко, А.Г.Комессаров

**МОЩНЫЕ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ ТОКА
ДЛЯ ПИТАНИЯ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОМАГНИТА
ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ
ИЗОХРОННОГО ЦИКЛОТРОНА**

При постановке новых экспериментов на электронной модели изохронного диодотрона возникла необходимость в изменении некоторых параметров системы питания обмоток электромагнита модели. Эта система, созданная в 1968 году ^{/1/}, в основном удовлетворяет новым требованиям. Однако оказалось необходимым увеличить до 1000 А верхнюю границу диапазона рабочих токов вариационной обмотки /прежнее максимальное значение 800 А/. Кроме того, комплект обмоток модели дополнен еще одной обмоткой, рабочий диапазон токов которой 0-600 А. Для питания этой обмотки потребовалось разработать и изготовить дополнительный стабилизированный источник тока.

В схеме стабилизированного источника питания вариационной обмотки ^{/1/} с целью увеличения максимального рабочего тока до 1000 А произведены следующие изменения:

а/ электромашинный преобразовательный агрегат постоянного тока заменен тиристорным управляемым выпрямителем;

б/ увеличено число секций транзисторного регулятора;

в/ манганиновый шунт, использовавшийся в качестве измерительного элемента системы стабилизации, заменен магнитным компаратором постоянного тока ^{/2/}. Остальные элементы контура стабилизации остались без изменений.

Тиристорный управляемый выпрямитель выполнен по схеме трехфазного симметричного моста на тиристорах ВКДУ - 150 /Т7 ÷ Т24, схема рис. 1/. Параллельно каждому тиристорному подключена защитная RC-цепочка,

не показанная на схеме $R=30 \text{ Ом}$, $C=2 \text{ мкФ}$ /. Для получения требуемого тока три моста работают параллельно. Выравнивание нагрузки между мостами осуществляется с помощью индуктивных делителей тока, включенных в питающие провода мостов по схеме с "общим витком" /3/.

Индуктивные делители тока ДТ 1-ДТ9 выполнены на витых сердечниках, имеющих сечение $S=4,8 \text{ см}^2$ и длину силовой линии $\ell_c=24 \text{ см}$. Каждая из двух обмоток имеет 6 витков изолированной медной ленты /ширина ленты 75 мм, толщина 0,8 мм/.

Для грубого регулирования выпрямленного напряжения имеются отпайки от каждого витка вторичных обмоток силового трансформатора Тр1 /полное число витков вторичной обмотки каждой фазы равно 5, при переключении моста обеспечивается регулирование с шагом, равным примерно 12В/. Размах пульсаций на выходе LC-фильтра в худшем случае не превышает $\sim 1\text{В}$.

Система управления тиристорами мостов состоит из 6 идентичных каналов, вырабатывающих широкие импульсы управления /ширина управляющих импульсов 60° /. Принципиальная схема одного канала управления показана на рис. 2. Здесь реализован принцип "вертикального" управления.

В состав канала входят следующие узлы:

- а/ генератор линейно изменяющегося напряжения /Т1/;
- б/ диодно-регенеративная схема сравнения /Д2, Д3, Т2/;
- в/ одновибратор /Т3, Т4/, расширяющий выходные импульсы диодно-регенеративной схемы сравнения до $\sim 4 \text{ мсек}$;
- г/ согласующие каскады /Т5, Т6/;
- д/ ключевой каскад /Т7/.

Первичная обмотка Тр2, включенная в коллекторную цепь ключевой каскада, получает питание от двухфазного генератора напряжения прямоугольной формы /через вентили Д6, Д7/. Принципиальная схема этого генератора приведена в приложении /рис. П.1/. Ключевой каскад имеет три изолированных выхода /вых. 1,2,3/, на которых формируются прямоугольные импульсы напряжения;

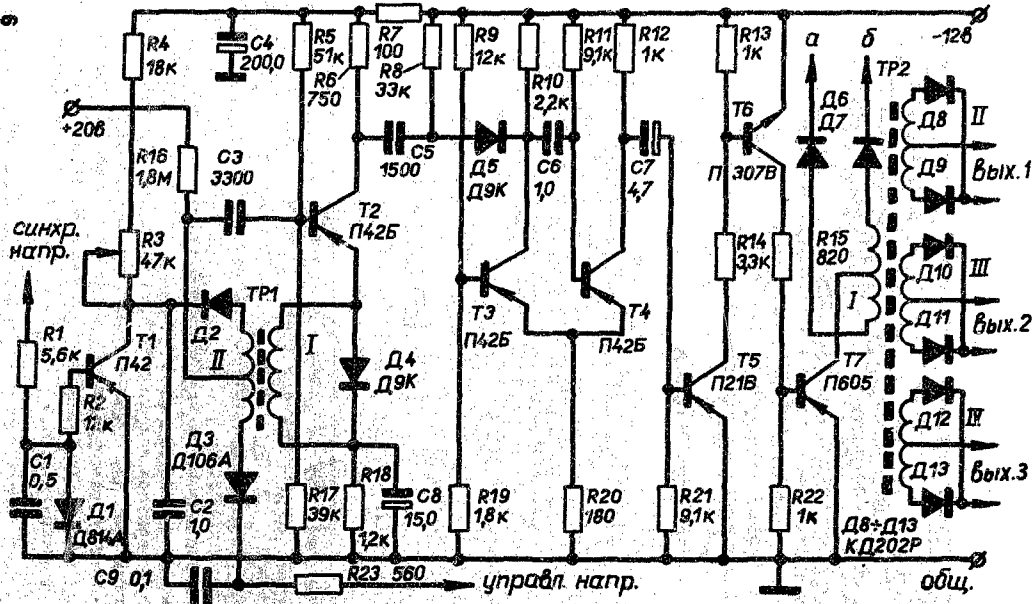


Рис. 2. Принципиальная схема одного канала управления /Д2-Д106А; Д6, Д7-Д7Ж/.

длительность импульсов равна времени открытого состояния транзистора Т7. Эти импульсы подаются на управляющие электроды тиристоров, установленных в соответствующих плечах трех параллельно работающих вентиляльных мостов.

Исполнительным элементом в системе защиты источника служит тиристорный переключатель переменного тока /ТППТ/. ТППТ установлен на первичной обмотке силового трансформатора /Т1 ÷ Т6, схема рис. 1/ и отключает источник от силовой сети при появлении аварийного сигнала в системе защиты. В ТППТ используются вентили типа ВКДУ-100.

Отпирающие напряжения на управляющие электроды тиристоров ТППТ подаются от устройства управления, схема которого приведена в приложении на рис. П.2. Устройство управления имеет 6 изолированных выходов /по числу тиристоров ТППТ/ и обеспечивает отпирание тиристоров при включении питания /-12 В, +20 В/. При срабатывании защиты отключается питание оконечного каскада устройства управления /+20 В/, что приводит к снятию отпирающих напряжений с управляющих электродов тиристоров ТППТ и запирацию последних.

В описываемом источнике использован заводской силовой трансформатор с воздушным охлаждением /габаритная мощность 90 кВА/. Силовые вентили и индуктивные делители тока установлены на вертикальной панели из текстолита /980 x 800 x 20 мм³/, которая размещена над силовым трансформатором. Для уменьшения габаритов вентиляльного блока все силовые вентили охлаждаются водой.

Применение магнитного компаратора в качестве чувствительного элемента позволило существенно увеличить стабильность тока и улучшить другие характеристики источника без дополнительных изменений в цепи обратной связи. В диапазоне токов 100-1000 А величина нестабильности тока не превышает 10^{-4} . Используемая здесь схема компаратора с дополнительным трансформатором постоянного тока подробно обсуждалась в работе¹² /схема этого компаратора и схема генератора, вырабатывающего напряжения прямоугольной формы для пита-

няя компаратора, приведены для справки в приложении на рис. П.3 и П.4 соответственно/.

Как уже отмечалось выше, для питания дополнительной обмотки модели был разработан и изготовлен стабилизированный источник тока с диапазоном регулирования $0 \div 600$ А. Блок-схема источника показана на рис. 3.

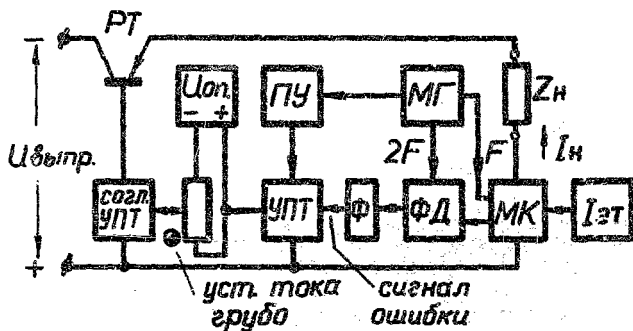


Рис. 3. Блок-схема стабилизированного источника тока для питания дополнительной обмотки модели циклотрона. РТ - тиристорный регулятор, $U_{оп}$ - источник опорного напряжения, ПУ - пороговое устройство, МГ - модуляционный генератор, ФД - фазовый детектор, Ф - фильтр, Z_n - нагрузка источника, $I_{эт}$ - источники эталонного тока, МК - магнитный компаратор, УПТ - усилитель постоянного тока.

Измерительным элементом здесь служит магнитный компаратор постоянного тока с декадным отношением витков $1/4$. В источнике используется выпускаемый промышленностью полупроводниковый выпрямитель, обеспечивающий $U_{выпр.} = 35$ В, $I_{выпр. макс.} = 600$ А.

На рис. 4 представлена часть принципиальной схемы обсуждаемого стабилизированного источника тока, где показаны УПТ /Т1÷Т7/, согласующий УПТ /Т8 ÷ Т9/, источник опорного напряжения /Д3, Д4, R21 /.

Сигнал ошибки, вырабатываемый компаратором, поступает на выход УПТ через контакты Р1-2 и переключо-

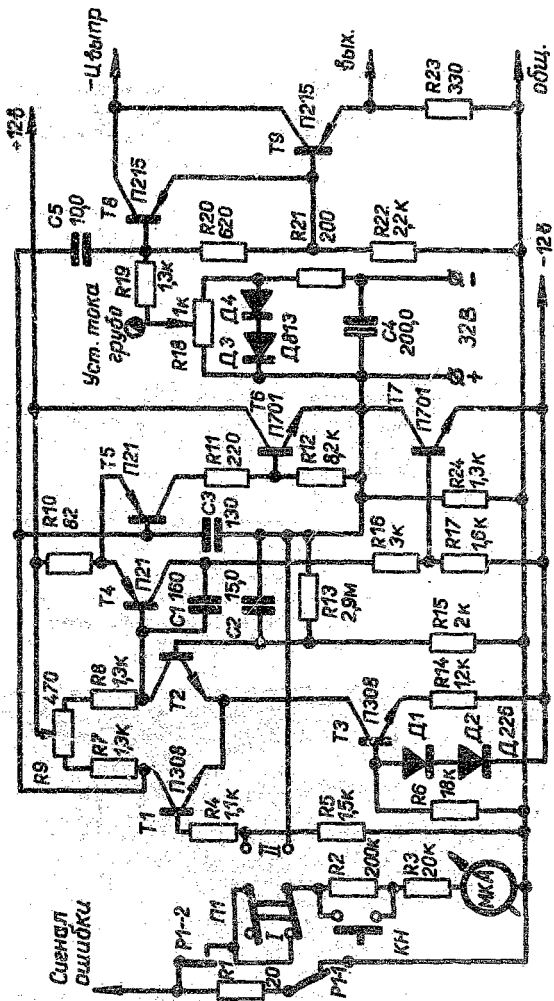


Рис. 4. Принципиальная схема УПТ контура стабилизации.

чатель П1. Переключатель П1 при установке его в положение I размыкает контур обратной связи стабилизатора и подсоединяет к выходу МК индикаторный прибор. Если при включении источника имеется большое рассогласование между задающим воздействием и регулируемым током, пороговое устройство обеспечивает замыкание контакта Р1-1 и размыкание Р1-2, в результате чего выход МК закорачивается и отсоединяется от входа УПТ. Индикатор ПУ выдает в это время сигнал, информирующий оператора о наличии большого рассогласования.

С помощью многооборотного переменного резистора R18 производится грубое регулирование контролируемого тока с целью уменьшения рассогласования. При уменьшении значения рассогласования до величины, допускающей ввод контура обратной связи в рабочий режим, ПУ обеспечивает размыкание контакта Р1-1 и замыкание Р1-2. Теперь сигнал ошибки индицируется прибором и оператор имеет возможность уменьшить рассогласование до минимальной величины. При переводе переключателя П1 в положение II цепь обратной связи замыкается и заданное значение тока в цепи нагрузки стабилизируется с высокой точностью /в диапазоне токов $10 \div 600$ А нестабильность тока за 8 часов меньше 10^{-4} /.

В стабилизаторе широко использованы узлы, разработанные ранее и уже обсуждавшиеся^{/5/}: транзисторный регулятор /РТ/, пороговое устройство /ПУ/, модуляционный генератор /МГ/, фазовый детектор /ФД/, источники эталонного тока /I эт./ . Следует отметить, что один комплект источников эталонного тока обслуживает компараторы обоих обсуждаемых источников.

ПРИЛОЖЕНИЕ

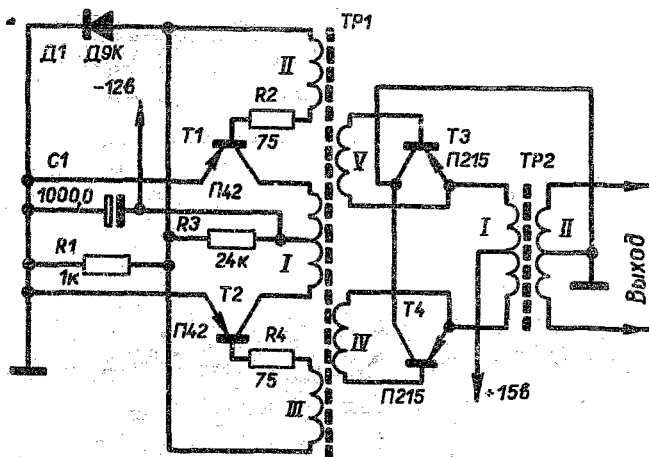


Рис. П.1. Принципиальная схема генератора напряжения прямоугольной формы для питания ключевых каскадов системы управления выпрямителем.

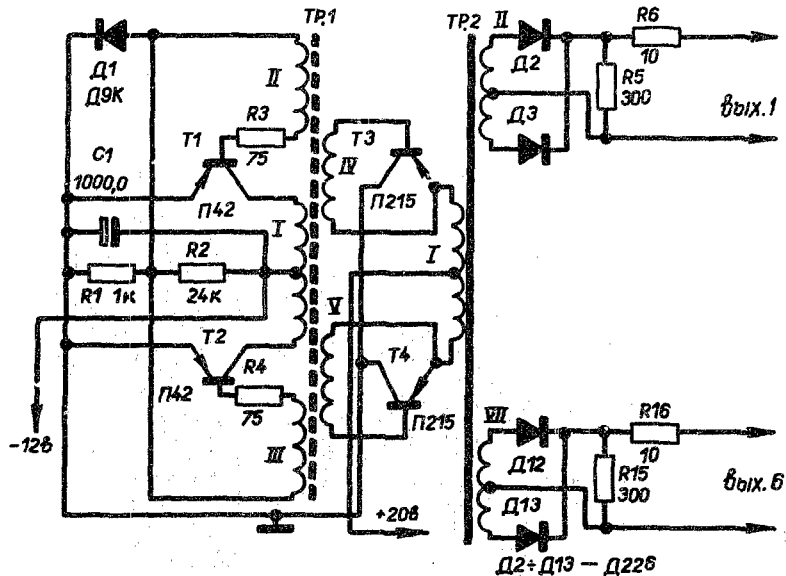


Рис. П.2. Принципиальная схема устройства управления ТПТ.

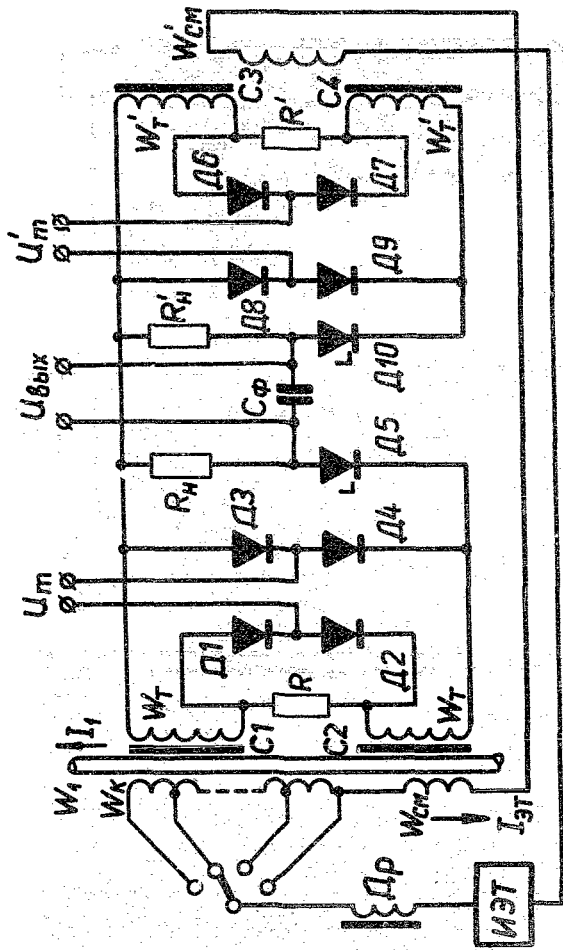


Рис. П.3. Принципиальная схема магнитного коммутатора постоянного тока.

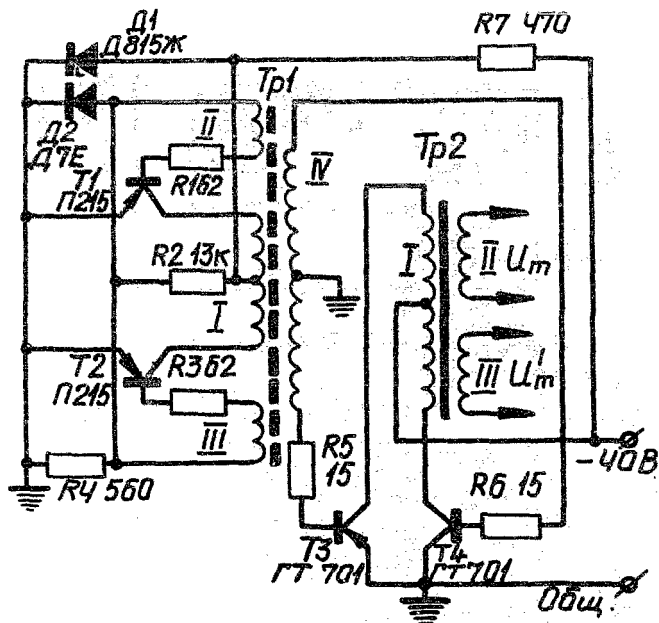


Рис. П.4. Принципиальная схема генератора напряжения прямоугольной формы для питания магнитного компаратора.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ДАННЫЕ НЕКОТОРЫХ УЗЛОВ

- Рис. 2. Tr.1. Сердечник: 1 кольцо М2000, 20 x 12 x 6 мм³.
 Обмотки: I - 60 вит. ПЭЛШО φ0,15,
 II - 2x300 вит. ПЭЛШО φ0,15.
- Tr.2. Сердечник: 2 кольца М3000, 31 x 18,5 x 7 мм³.

Обмотки: I - 2x300 вит. ПЭВ-2φ0,31,
 II - 2x100 вит. ПЭВ-2φ0,21.
 III,IV - выполняются как обмотка II .

Рис. П.1. Тр.1. Сердечник: 2 кольца М3000, 31 x 18 x x 7 мм³.

Обмотки: I - 2x100 вит. ПЭЛШОφ0,38,
 II, III - по 10 вит. ПЭЛШО φ 0,38,
 IV, V - по 5 вит. ПЭЛШО φ 0,38.

Тр.2. Сердечник: 2 тороидальных кольца из ленточного пермаллоя $D_H = 70$ мм, $D_{BH} = 50$ мм, $B = 10$ мм.

Обмотки: I - 2x100 вит. ПЭВ-2φ0,83,
 II - 2x100 вит. ПЭВ-2φ0,83.

Рис. П.2. Тр.1. Выполняется как Тр.1 в схеме рис. П.1.

Тр.2. Сердечник: 2 тороидальных кольца из ленточного пермаллоя $D_H = 70$ мм, $D_{BH} = 50$ мм, $B = 10$ мм.

Обмотки: I - 2x100 вит. ПЭВ-2φ0,83,
 II - 2x50 вит. ПЭВ-2φ0,57,
 III, IV, V, VI, VII - выполняются как обмотка II .

Рис. П.4. Тр.1. Сердечник: 2 кольца М2000 40 x 25 x x 7,5 мм³.

Обмотки: I - 2x100 вит. ПЭЛШОφ0,38,
 II - 2x8 вит. ПЭВ-2φ0,57,
 III - 2x12 вит. ПЭВ-2φ0,57.

Тр.2. Сердечник: 1 тороидальное кольцо из ленточного пермаллоя $D_H = 70$ мм, $D_{BH} = 50$ мм, $B = 10$ мм.

Обмотки: I - 2x1100 вит. ПЭЛШО φ 0,38,
 II, III - по 1100 вит. ПЭЛШО φ 0,38.

Литература

1. Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко, А.Г.Комиссаров, Ю.И.Сусов. Сообщение ОИЯИ, 13-5068, Дубна, 1970.
2. В.В.Калиниченко. Сообщение ОИЯИ, 13-8373, Дубне, 1974.

3. Р.О.Забродский, Ю.М.Быков. *Электротехника*, № 12, 1966.
4. Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко. *Сообщение СИАИ*, 13-5960, Дубна, 1971.
5. Л.К.Богомолова, Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко, В.А.Пережогин. *Препринт ОИЯИ Р9-7339*, Дубна, 1973.
6. Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко. *Сообщение ОИЯИ*, 13-7488, Дубна, 1973.

*Рукопись поступила в издательский отдел
2 декабря 1974 года.*