

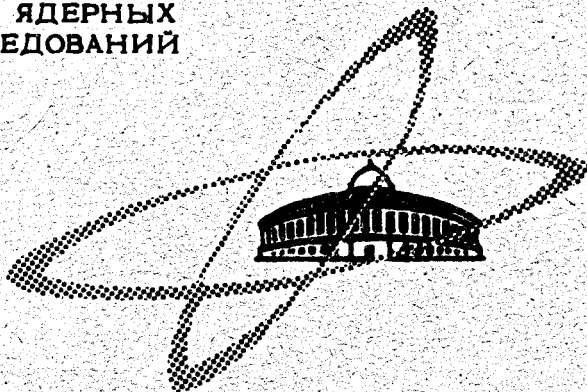
C-506

19/II-69

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 4242



А.А.Смирнов, А.З.Дорошенко, Д.П.Калмыков,
Л.Н.Беляев

ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ СИСТЕМА
УПРАВЛЕНИЯ
ВЕНТИЛЬНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

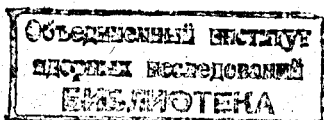
1969

13 - 4242

А.А.Смирнов, А.З.Дорошенко, Д.П.Калмыков,
Л.Н.Беляев

ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ СИСТЕМА
УПРАВЛЕНИЯ
ВЕНТИЛЬНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

Направлено в ПТЭ



Условия оптимального совмещения в одном цикле ускорения физических экспериментов с электронной и камерной методикой исследований накладывают целый ряд требований на режим работы системы электропитания магнита ускорителя. Для синхроциклотрона на 10 Гэв в 1967-1968 годах разработан комплекс устройств, который позволяет обеспечить изменение тока в обмотке и соответственно поля в зазоре магнита ускорителя по заданным программам. На рис. 1 изображены кривые среднего выпрямленного напряжения U_d и тока I_d игнитронного преобразователя системы питания при различных вариантах ее работы.

Программирование тока осуществляется изменением угла регулирования преобразователя. Так, например, в режиме работы, показанном на рис. 1в, на участке $t_1 - t_2$ протоны ускоряются до необходимой энергии. На участке $t_2 - t_3$ в течение 400-500 мсек ток в обмотке поддерживается приблизительно постоянным. Здесь до 95% ускоренных частиц высаживается на мишень эксперимента, проводимого с помощью электронной методики исследований. При этом по условиям эксперимента энергия частиц не должна изменяться более чем на $\pm 0,25\%$.

Оставшиеся частицы на участке $t_3 - t_4$ ускоряются до максимальной энергии и с помощью устройства быстрого сброса высаживаются на мишень эксперимента с камерной методикой исследований. В интервале времени $t_4 - t_5$ энергия, запасенная в магнитном поле, рекуперирована, превращаясь в энергию вращающихся масс машинных агрегатов системы питания. Этот режим работы условно был назван "стул" в кривой главного тока.

Одним из серьезных препятствий на пути осуществления сложных режимов (кривые рис. 1б, 1в, 1г) была недостаточная мощность межмостовых реакторов, предназначенных для обеспечения равномерного деления тока между параллельно работающими выпрямительными мостами преобразователя. Эти режимы работы сопровождаются частыми скачкообразными переходами преобразователя из режима с одним углом регулирования в режим с другим углом регулирования. Возникающие при переходе уравнительные токи в межмостовых реакторах оказывают влияние на их работу в последующие переходы, так как постоянная времени контура уравнительных токов 1,5 сек., а длительность площадки тока 0,4 - 0,5 сек. Межмостовые реакторы насыщаются, одни мосты сбрасывают нагрузку, а другие - ее удваивают. Возникают частые аварийные отключения преобразователя.

Кардинальным путем решения этой проблемы оказалось создание устройства управления преобразователя с плавным изменением фазы управляющих импульсов в переходные периоды. Оно состоит из двенадцати (соответственно числу фаз преобразователя) идентичных фазосмещающих устройств с "вертикальным" принципом управления и общих устройств: схемы фазового регулирования (УФР) и блоков питания.

Фазосмещающее устройство включает в себя генератор пилообразного напряжения, диодно-регенеративную схему (разновидность заторможенного блокинг-генератора) и выходной формирующий каскад на тиристоре. Схема устройства изображена на рис. 2.

В схеме генератора пилообразного напряжения используется начальный участок экспоненциального возрастания напряжения конденсатора $C1$ под действием стабилизированного источника напряжения $U_{ст}$. Диодный коммутатор (диоды $D1$ и $D2$) синхронизирует начало заряда конденсатора с напряжением питания собственных нужд преобразователя. С целью увеличения времени нарастания пилообразного напряжения (расширения диапазона изменения угла регулирования) и подрегулировки момента начала нарастания пилообразного напряжения в цепь выпрямленного тока диодов бесконтактного ключа включено звено из регулируемого резистора $R1$, зашунтированного конденсатором большой емкости $C2$. Пило-

образное напряжение через диод ДЗ подается в диодно-регенеративную схему сравнения. Как только это напряжение достигнет величины напряжения, выдаваемого устройством фазового регулирования (УФР), диод Д4 запирается и схема начинает работать как обычный блокинг-генератор, запуская первым импульсом тиристор выходного формирователя. Конденсатор СЗ, разряжаясь через обмотку выходного трансформатора ТВ и тиристор, индуцирует во вторичной обмотке импульс (один за период). Этим импульсом и управляется схема поджига вентили преобразователя. Многоканальное фазосмещающее устройство, построенное на фазосмещателях описанного типа, позволяет получить реальный диапазон углов регулирования до 210 град.эл. и хорошую симметрию выходных импульсов во всем диапазоне регулирования - 0,05 + 0,1 град.эл. Симметрия достигается двойной регулировкой: изменением фазы начала заряда конденсатора С1 с помощью резистора R1 и изменением скорости нарастания напряжения на нем с помощью резистора R2.

Все фазосмещатели управляются одним общим устройством - УФР. Его схема изображена на рис. 3. Это устройство состоит из трехпозиционного триггера на тиристорах и стабилизированного источника опорного напряжения $E_{оп.}$.

Работа устройства поясняется кривыми выходного напряжения $U_{вых.}$ и кривыми средневыврямленного напряжения и тока преобразователя. В момент t_1 открывается тиристор УД1 и в интервале времени $t_1 - t_2$ выходное напряжение меняется от величины $E_{оп.} + U_c$ до величины $E_{оп.} - U_B$, так как резисторы R1 и R6 зашунтированы конденсаторами С1 и СЗ. При такой величине $U_{вых.}$ фазосмещатели переводят преобразователь в неуправляемый режим работы ($\alpha = -10 + 15$ град.эл.). Это обеспечивает максимально возможную скорость нарастания тока в обмотке магнита ускорителя. Как только ток достигнет необходимой величины (момент t_3), открывается тиристор УД2, а УД1 гасится триггерной емкостью. В интервале $t_3 - t_4$ основную часть времени ток в магните поддерживается постоянным, а угол регулирования находится в пределах 80 + 85 град. эл. Выходное напряжение в этом интервале времени программируется с помощью эмиттерного повторителя, выполненного на триоде Т1.

Программа изменения $U_{\text{вых}}$ задается с помощью резисторов R_2 , R_3 , R_4 . Постоянная составляющая $U_{\text{пост}}$ задается потенциометром R_2 , экспоненциальная $U_{\text{с}}$ — резисторами R_3 и R_4 . Такое регулирование (программирование) вызвано тем, что при переходе преобразователя из выпрямительного в зарегулированный выпрямительный режим меняется характер работы синхронных генераторов системы питания. В результате изменяется угол сдвига θ между полем статора и ротора генератора. Соответственно изменяется фаза управляющих импульсов относительно анодного напряжения вентилей преобразователя, так как ротор генератора собственных нужд преобразователя, напряжением которого синхронизируются фазосмещатели, сидит на одном валу с ротором синхронного генератора системы питания.

В момент t_4 снова открывается тиристор УД1, а УД2 гасится. Изменение выходного напряжения УФР и соответственно выпрямленного напряжения преобразователя U_d в интервале времени $t_4 - t_5$ вызвано необходимостью погасить тиристоры устройства подавления пульсаций. После того как ток в магните достигнет своей максимальной величины, в момент t_6 , открывается тиристор УД3, УД1 гасится. Преобразователь переводится в инверторный режим. Ток в магните спадает до нуля. Цикл работы устройства на этом заканчивается.

З а к л ю ч е н и е

Следует отметить некоторую сложность вышеуказанного устройства по сравнению с существующей схемой управления. Однако выполнение схемы на кремниевых полупроводниковых приборах обеспечивает хорошую надежность в работе. Применение устройства в схемах управления преобразователями систем питания обмоток магнитов ускорителей придает последним новые качественные отличия:

- 1) осуществляется динамическая разгрузка валов агрегатов питания преобразователей;
- 2) появляется возможность значительного уменьшения мощности межмостовых уравнивательных реакторов;

3) появляется возможность стабилизации выпрямленного напряжения преобразователя для осуществления длительных растяжек выведенного пучка моноэнергетических частиц;

4) уменьшается влияние переходных процессов в поле магнита ускорителя на ускоренный пучок частиц;

5) появляется возможность применения пассивного фильтра в системе питания магнита ускорителя с целью уменьшения пульсаций выпрямленного напряжения.

Л и т е р а т у р а

1. В.П. Шипилло. Системы сеточного управления ртутными выпрямителями для автоматических электроприводов. ГЭИ, 1961.
2. В.П. Шипилло, О.Г. Булатов. Расчет полупроводниковых систем управления вентиляемыми преобразователями. Изд-во "Энергия" 1966 г.
3. И.П. Степаненко. Основы теории транзисторов и транзисторных схем, Изд-во "Энергия", 1967.
4. А.М. Тищенко, Б.М. Лебедев, М.Д. Штерк, Б.Я. Климушев, А.А. Федоринин, В.И. Егорычев. Расчет и проектирование импульсных устройств на транзисторах. Изд-во "Советское радио", 1964.

Рукопись поступила в издательский отдел

3 января 1968 года.

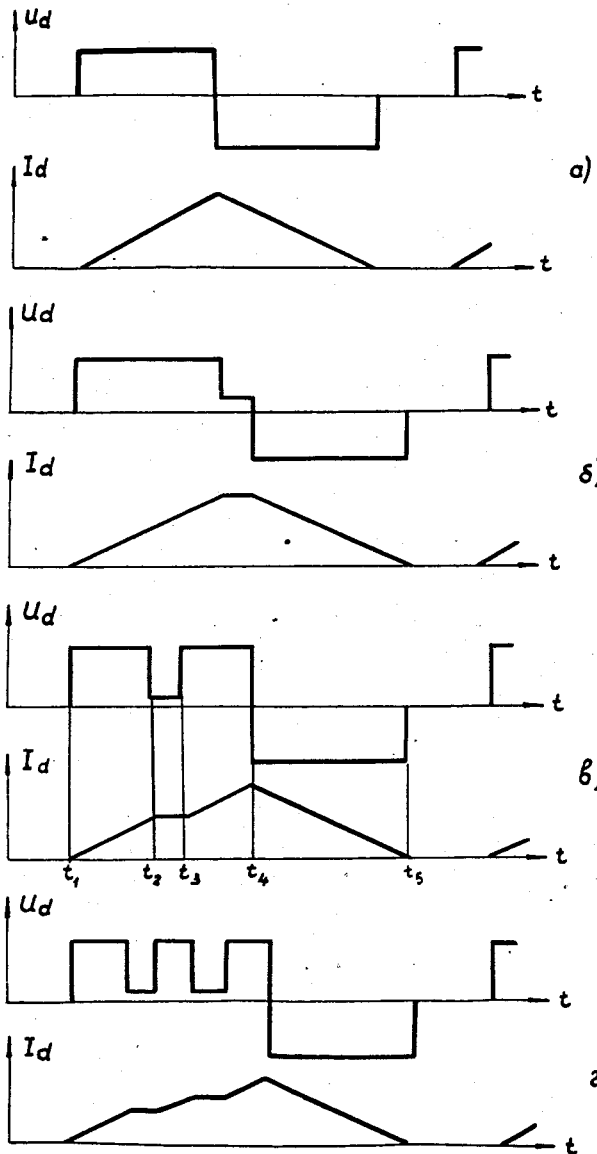


Рис. 1

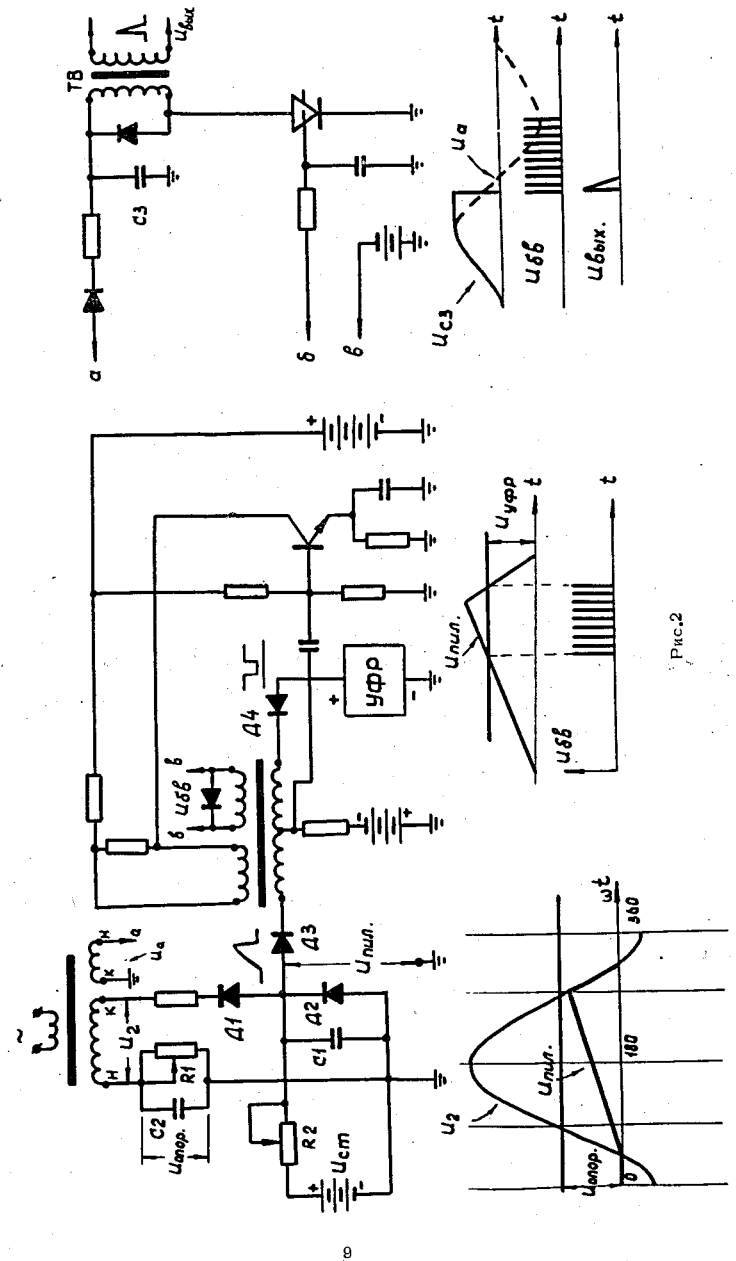


Рис. 2

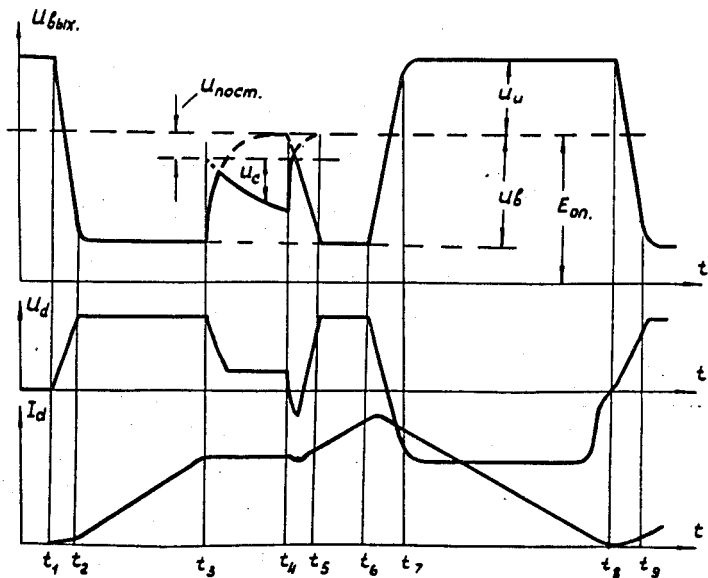
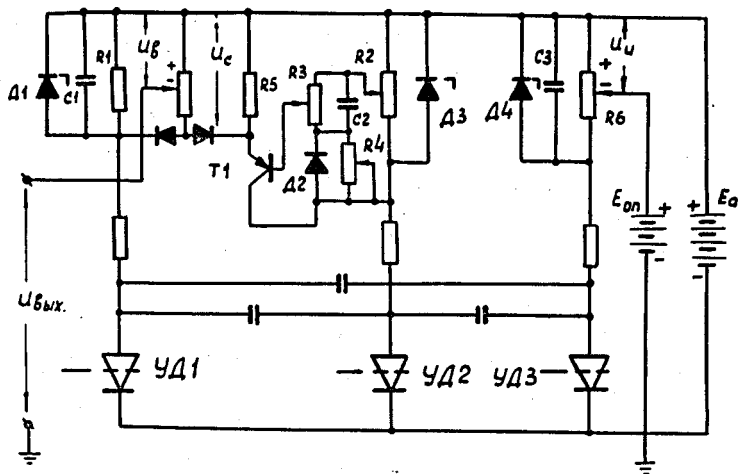


Рис.3