

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

Т927

9-87-627

Буй Бинь Тхуан, В.В.Болтушкин, Б.Н.Гикал,
Г.Г.Гульбемян, В.А.Иваньшин, С.В.Пашенко

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ
СИСТЕМЫ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ПИТАНИЯ
ЦИКЛОТРОНА У-400**

1987

В настоящей работе описываются результаты усовершенствования управления системы ВЧ-питания циклотрона У-400. В процессе эксплуатации возник ряд проблем, связанных с техническими параметрами генератора при его работе на реальную нагрузку, что вызвало необходимость усовершенствования некоторых схем. Это касается схемы АРУ амплитуды ВЧ на дуантах циклотрона, схемы стабилизации анодного напряжения оконечного каскада, схемы защиты от пробоев в камере циклотрона и схемы включения, радиационной и технологической блокировок.

1. СХЕМА АРУ

Автоматическая регулировка усиления /АРУ/ высокочастотного генератора обеспечивала нормальную его работу на эквивалент нагрузки. При реальной нагрузке работа схемы АРУ приводила к срабатыванию защиты оконечного каскада из-за увеличения коэффициента усиления ВЧ-тракта. Причиной этого была задержка сигнала обратной связи с петли резонансной высокодобротной системы. Кроме того, схемные решения требовали ряда изменений.

Новая схема АРУ представлена на рис. 1. Особенностью ее является подача продифференцированного сигнала импульса модуляции на вход АРУ. Этим компенсируется задержка сигнала обрат-

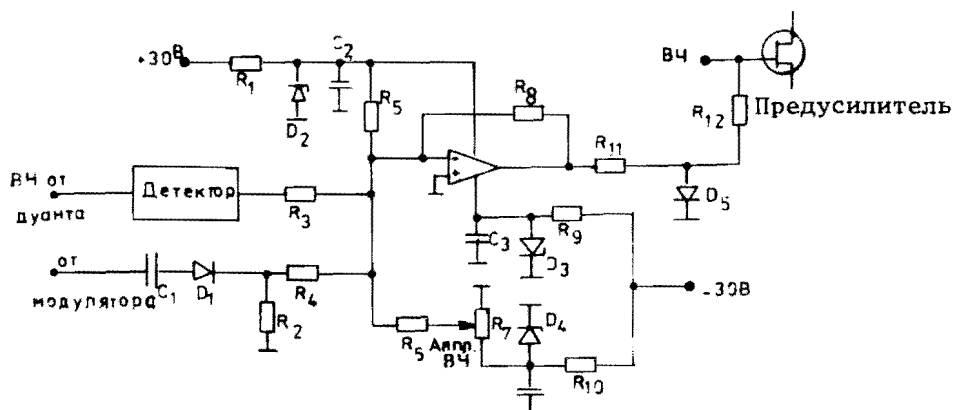


Рис. 1. Схема автоматической регулировки усиления /АРУ/ амплитуды ВЧ-напряжения.

ной связи. При изменении управляющего напряжения на резистор R7 /ручная регулировка/ схема обеспечивает плавное изменение напряжения на затворе полевого транзистора в первом каскаде ВЧ-тракта, тем самым обеспечивается плавное изменение амплитуды ВЧ-напряжения на дуантах. Напряжение обратной связи от измерительной петли резонансной линии после прохождения детектора через резистор R3 подается на вход схемы и вместе с управляющим напряжением обеспечивает автоматическую регулировку усиления. Как показывает опыт эксплуатации, эта схема обеспечивает нормальную работу генератора во всем диапазоне рабочих частот стабильностью ВЧ-напряжения на уровне 10^{-3} и с постоянной времени 0,1 мс.

2. СХЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ АНОДНОГО НАПЯЕНИЯ

В генераторе была реализована схема стабилизации анодного напряжения, коэффициент стабилизации которой, как оказалось, близок к 1, что привело к необходимости модернизации этого узла. Принцип работы новой схемы аналогичен схеме АРУ амплитуды ВЧ-напряжения /рис. 2/. При изменении управляющего напряжения на резистор R2 /ручная регулировка/ схема обеспечивает плавное изменение напряжения на входе генератора пилообразного

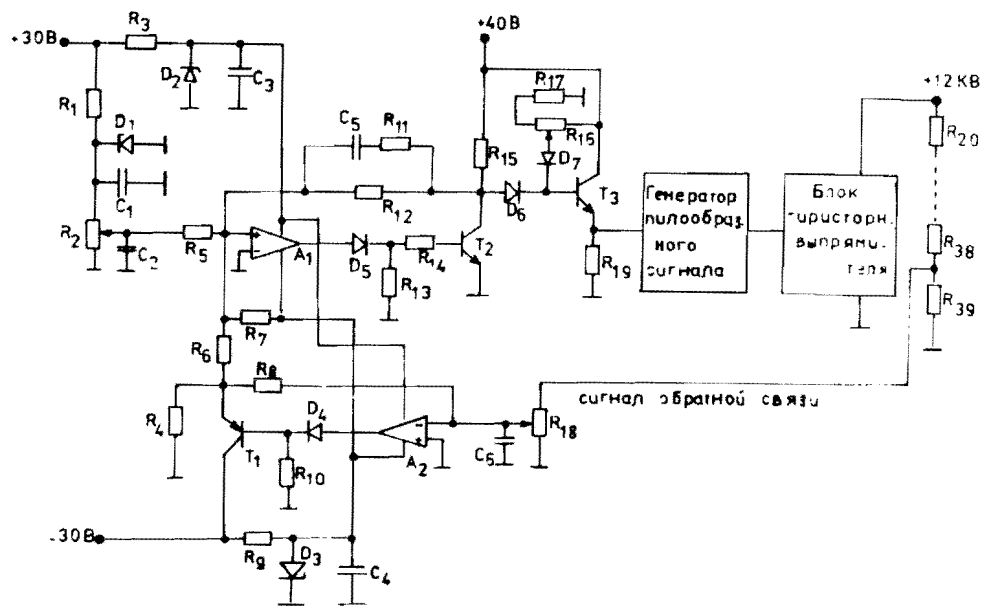


Рис. 2. Схема стабилизации анодного напряжения оконечного каскада.

сигнала, тем самым обеспечивается плавное изменение анодного напряжения от 0 до 12 кВ. Напряжение обратной связи снимается с делителей R20... R39, и далее после инвертирования на A2 подается на вход A1, где вместе с управляющим напряжением обеспечивает автоматическую регулировку усиления, т.е. стабилизацию анодного напряжения при изменении тока нагрузки и колебаниях напряжения сети. Коэффициент стабилизации новой схемы равен примерно 100. В реальных условиях при уровне анодного напряжения 11 кВ и при изменении тока нагрузки от 2 до 7 А анодное напряжение изменяется на 20 В. Для сравнения, в режиме отсутствия стабилизации анодное напряжение уменьшается на 2 кВ.

3. СХЕМА ЗАЩИТЫ ОТ ПРОБоев

Принцип работы старой схемы следующий. В импульсном режиме в момент пробоя после дифференцирования огибающей ВЧ-сигнала появляется отрицательный импульс, который действует на блок импульсного манипулятора /БМИ/ и опрокидывает его в положение "Заперто", сокращая тем самым текущий манипулирующий импульс. А в непрерывном режиме при появлении пробоя генератор вначале будет заперт на 0,5 мс, затем переходит в аварийно-импульсный режим длительностью 40 мс с частотой следования импульсов 50 Гц и длительностью 0,5 мс. На наш взгляд, схема защиты от

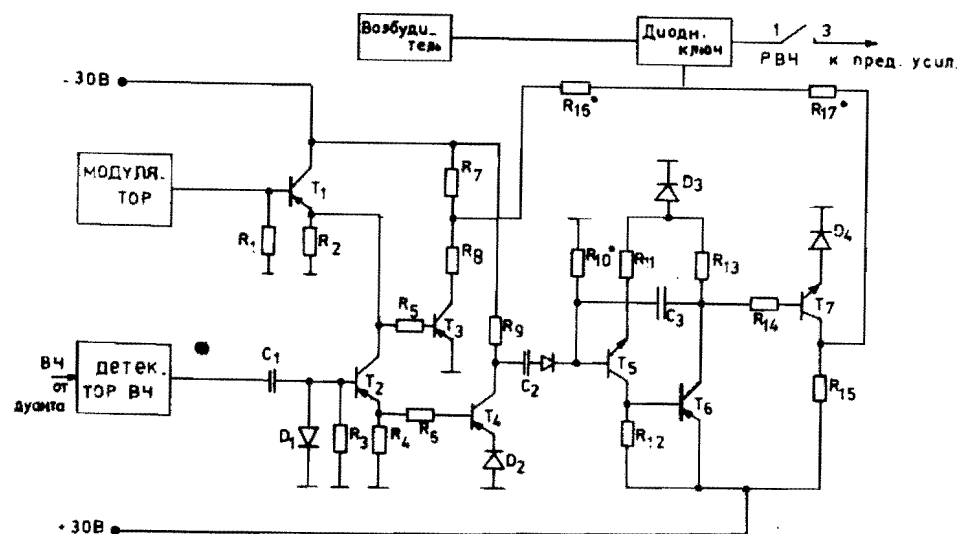


Рис. 3. Схема защиты от пробоев в камере циклотрона.

пробоя должна обеспечивать отсутствие ВЧ-напряжения на время, необходимое для рассасывания частиц, образовавшихся в результате пробоя. Это время, равное примерно 50 мс, подобрано экспериментально. Работа схемы защиты не удовлетворяла этим требованиям, что приводило к срабатыванию защиты по току оконечного каскада и отключению генератора. Новая схема работает следующим образом /рис.3/. При пробое в камере циклотрона после дифференцирования огибающей ВЧ с сигнальной петли резонансной линии появляется отрицательный импульс, который проходит через транзистор Т2 и открывает транзистор Т4. На коллекторе Т4 появляется положительный импульс, который запускает одновибратор, собранный на транзисторах Т5 и Т6. На коллекторе Т6 появляется прямоугольный положительный импульс длительностью 60 мс, который через резистор R17 запирает диодный ключ ВЧ-тракта на время нескольких последующих импульсов. Реальная схема позволяет работать в режиме "пробоев" практически постоянно.

4. СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ, РАДИАЦИОННОЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЛОКИРОВОК /рис.4/

Для запираания ВЧ-напряжения в старой схеме отрицательное напряжение -24 В подается на вход "Заперт" блока импульсного манипулятора, с выхода которого прекращается подача импульсов и запирается диодный ключ ВЧ-тракта. Эта схема ненадежна тем, что при исчезновении питания ВЧ-напряжение не будет заперто. В новой схеме, при исчезновении питания отключается реле высокой частоты /РВЧ/, его контакты 1-3 разомкнуты, и ВЧ-напряжение не

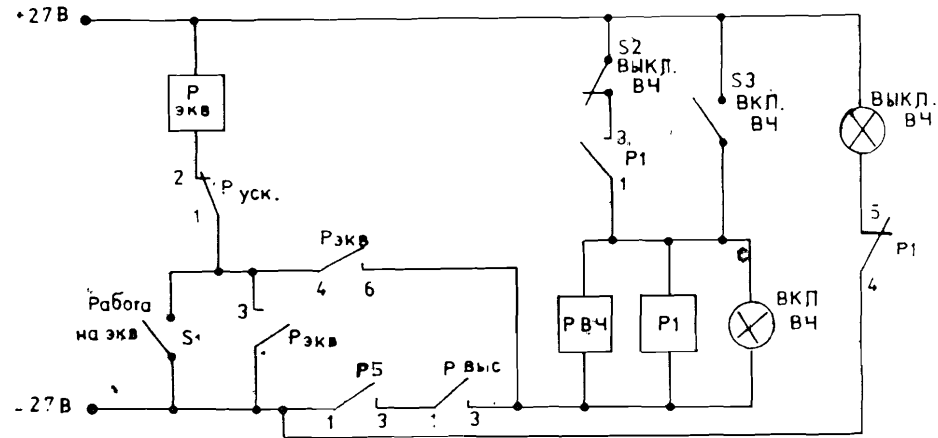


Рис.4. Схема включения радиационной и технологической блокировок.

подается на предварительный усилитель. Это обеспечивает надежное запираание ВЧ-напряжения. Следующее отличие заключается в том, что последовательно к группе контактов реле блокировки /РБ/ подключается пара контактов реле анодного напряжения /Р_{выс}/, которые замкнутся только при его наличии. Это обеспечивает запираание ВЧ-напряжения при срабатывании защиты по постоянному току оконечного каскада и анодного выпрямителя генератора. А при работе на эквивалентную нагрузку контакты 4-6 реле эквивалента /Р_{экв}/ замкнутся, и блокировки отключаются. Это дает возможность свободно испытывать генератор в режиме работы на эквивалент.

В заключение надо отметить, что процесс настройки резонансной линии и связи производится на малом уровне мощности не по максимуму напряжения на дуантах, а по минимуму отраженной волны в Фидере, что обеспечивает оптимальный режим работы оконечного каскада генератора. Использование для этих целей заводского измерителя коэффициента бегущей волны представляется неудобным из-за отсутствия в его схеме автоматической калибровки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горошков Б.И. Радиоэлектронные устройства. "Радио и связь", М., 1985.
2. Проектирование радиопередающих устройств. Под редакцией В.В.Шахгильдяна. "Радио и связь", М., 1984.

Рукопись поступила в издательский отдел
11 августа 1987 года.

Буй Бинь Тхуан и др.

9-87-627

Усовершенствование схем управления системы
высокочастотного питания циклотрона У-400

Приводятся результаты усовершенствования схем управления системы высокочастотного питания циклотрона У-400, в том числе: схемы автоматической регулировки усиления /АРУ/, схемы стабилизации анодного напряжения оконечного каскада, схемы защиты от пробоев в камере циклотрона и схемы включения радиационной и технологической блокировок.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Bui Binh Thuan et al.

9-87-627

Improvement of Control System Circuit
of High Frequency Supply of U-400 Cyclotron

Some improvements of regulating circuit of the frequency source of the U-400 cyclotron are shown: automatic regulation of the amplification; stabilizing circuit and output cascade; defence systems sparking in the cyclotron chamber and switch - on circuit of radiation and technological blocking.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987