

**СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

9-86-389

**А.А.Глазов, А.В.Калмыков**

**ЗАЩИТА  
ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СИСТЕМЫ УСКОРИТЕЛЯ  
ОТ ПРОБОЕВ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

**1986**

## ВВЕДЕНИЕ

Работа высокочастотной системы (ВЧ) ускорителя сопровождается высоковольтными пробоями, приводящими к кратковременному срыву ускоряющего напряжения, что характеризуется резкими провалами в огибающей ВЧ напряжения. Пробои носят стохастический характер, и при ВЧ напряжении ниже некоторого критического значения, величина которого зависит от характеристик и тренированности ВЧ системы, имеют вид одиночных импульсов. При напряжении выше критического возможно появление серий пробоев, приводящих к ухудшению вакуума и полному срыву ВЧ напряжения.

Установка "Ф" отличается очень большой площадью ускоряющего ВЧ электрода ( $90 \text{ м}^2$ ) и рекордно высоким для синхроциклотронов значением ускоряющего напряжения ( $40 \div 50 \text{ кВ}$ )<sup>1/</sup>. При этом ВЧ энергия, запасенная в системе, превышает 6 Дж, и интенсивные пробои могут приводить к повреждению поверхности. В особенно тяжелых условиях работает вариатор частоты, зазоры в котором изменяются от 7 до 4 мм, а напряжение на верхних частотах несколько превосходит ускоряющее.

Ускоряющее ВЧ напряжение имеет импульсный характер с длительностью импульса  $1,5 \div 2,5 \text{ мс}$  и скважностью 2, причем каждые десять последовательных импульсов соответствуют последовательному прохождению 10 рядов роторных лопаток вариатора через два статорных пакета.

Обычно не наблюдается корреляции между отдельными пробоями в соседних циклах ускорения. Однако при пробоях, приводящих к ухудшению вакуума, положение может усугубляться от цикла к циклу, и для прекращения пробоев необходимо отключение ВЧ напряжения. Опыт показал, что при запуске установки "Ф" такое отключение целесообразно делать через  $2 \div 3$  оборота вариатора. Именно эти соображения были положены в основу логики защиты при разработке электронных схем счетчиков пробоев и защиты ВЧ системы установки "Ф".

### 1. ОПИСАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ "ЗАЩИТА ВЧ"

Импульсный характер работы ВЧ системы обеспечивается анодным модулятором. Система защиты в соответствии с описанным характером пробоев должна работать в двух режимах:

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
БИБЛИОТЕКА

а) запираание модулятора до конца ускоряющего цикла сразу же после первого пробоя, возникшего в ВЧ системе, для предотвращения появления лавинных пробоев (технологическая защита);

б) отключение анодного питания модулятора после серии последовательных пробоев в ряде циклов ускорения (аварийная защита).

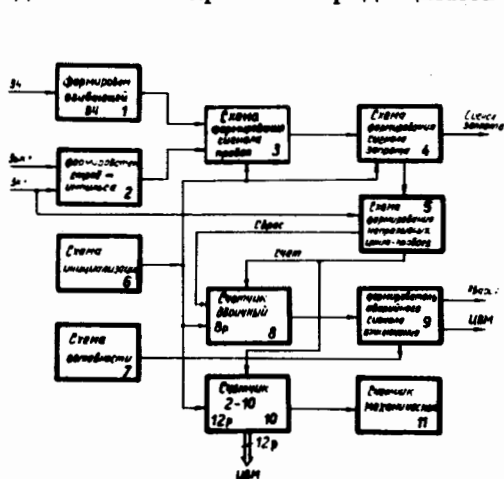


Рис.1

зошли пробои (циклопробои). Может быть и такая ситуация. в момент сильных пробоев ухудшается вакуум в камере, в связи с чем ВЧ генератор не возбуждается. Тот случай, когда есть сформированный строб-импульс и нет ВЧ сигнала, система защиты воспринимает как наличие циклопробоя. После появления первого пробоя в цикле ускорения формируется сигнал "Запрет" (4), который подается в схему запираания модулятора. Сформированные сигналы циклопробоев заводятся на 8-разрядный двоичный счетчик "непрерывных пробоев" (8) и на 10-разрядный двоично-десятичный счетчик (10), подсчитывающий общее количество циклопробоев. Состояние этого счетчика выдается на индикатор, расположенный на передней панели блока "Защита ВЧ". С 10-разрядного счетчика снимается сигнал в механический счетчик (11), подсчитывающий каждый сотый импульс пробоя. Этот счетчик поставлен на случай пропадания питания в схемах "Защита ВЧ". Состояние счетчиков может быть передано в ЭВМ.

8-разрядный счетчик подсчитывает непрерывную последовательность циклопробоев. Если непрерывность в заданном интервале последовательных циклов нарушается, т.е. в каком-то цикле ускорения не будет пробоев, 8-разрядный счетчик сбрасывается. Когда счетчик непрерывных пробоев насчитает 32 циклопробоя, формируется сигнал "Авария" (9). По этому сигналу срабатывает блокировка и отключается выпрямитель анодного ВЧ генератора фазотрона. На передней

На рис.1 дается блок-схема устройства. При подаче питания схема инициализации (6) устанавливает в исходное состояние все счетчики и триггеры [2].

По огибающей ВЧ сигнала в схеме (1) формируется импульс, который в дальнейшем анализируется на наличие пробоя в ВЧ системе. Управляющие сигналы "Вкл", "Выкл" формируют строб-импульс (2) для выделения импульса пробоя. За время цикла ускорения может произойти несколько пробоев, но фиксируются в схеме (3) только те циклы, в которых произошли пробои (циклопробои).

панели блока "Защита ВЧ" загорается лампочка "Авария", нажатием кнопки "Сброс" система защиты приводится в исходное состояние "Готов" для продолжения работы. Сигнал "Авария" заводится в ЭВМ. Временная диаграмма работы блока "Защита ВЧ" приведена на рис.2.

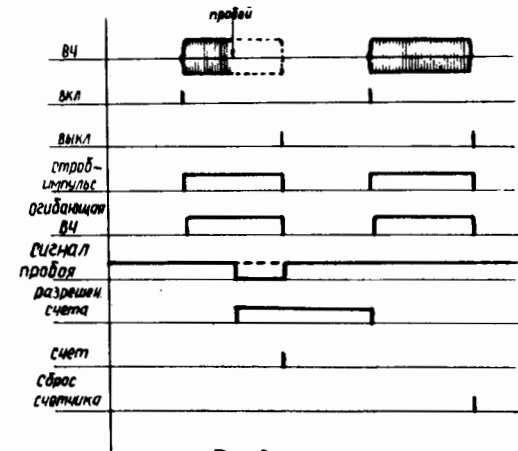


Рис.2

## 2. СЧЕТЧИК ПРОБОВ

В режиме тренировки ВЧ системы технологическая защита отключается, и для анализа характера тренировки необходим подсчет не только циклопробоев, но и полного числа пробоев. Можно выделить пробои, возникающие в дуанте и вариаторе. С этой целью на вход одного счетчика пробоев подается ВЧ сигнал, на вход другого — сигнал из схемы смещения вариатора. Электронная схема счетчика пробоев несколько отличается от схемы "Защита ВЧ", так как здесь фиксируются все пробои, возникающие во время ускоряющего цикла. Блок-схема счетчика пробоев приведена на рис.3.

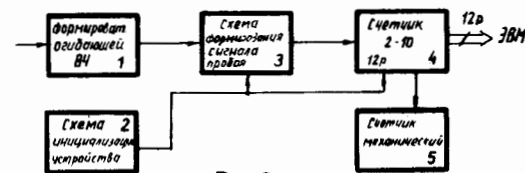


Рис.3

## 3. КОНСТРУКЦИЯ УСТРОЙСТВА

Система "Защита ВЧ от пробоев" установлена в стойке управления ускорителя в корпусе типа "Вишня".

1. Блок питания +5В, +12В предназначен для запитки лампочек индикации и электронных схем "Защита ВЧ" и "Счетчик пробоев".

2. Блок "Защита ВЧ". Схемы этого блока собраны на микросхемах серии 155 ТТЛ. На передней панели расположены лампочки индикации двоично-десятичного счетчика, кнопка "Готовность" и кнопка "Сброс счетчика".

3. Блок механического счетчика. На передней панели блока расположен тумблер, предназначенный для отключения устройства "Защита ВЧ" на время наладочных работ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Глазов А.А. и др. ОИЯИ, Р9-84-585, Дубна, 1984.
2. Якубовский С.В. и др. Аналоговые и цифровые интегральные схемы. "Сов. радио", М., 1979.

Рукопись поступила в издательский отдел  
18 июня 1986 года.

Глазов А.А., Калмыков А.В.

9-86-389

Защита высокочастотной системы ускорителя  
от пробоев высокого напряжения

Дается описание защиты высокочастотной системы ускорителя от пробоев. Защита работает в двух режимах. 1) Запирает модулятор до конца ускоряющего цикла сразу же после первого пробоя, возникшего в высокочастотной системе, для предотвращения появления лавинных пробоев (технологическая защита). 2) Отключает анодное питание модулятора после серии последовательных пробоев в ряде циклов ускорения (аварийная защита).

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод М.И.Потапова

Glazov A.A., Kalmykov A.V.

9-86-389

Protection of the Accelerator High-Frequency System  
Against High-Voltage Break-Downs

Protection of the accelerator high-frequency system against break-downs is described. The protection operates in two modes: 1) locking the modulator till the end of the accelerating cycle immediately after the first break-down in the high-frequency system to prevent avalanche break-downs (technological protection); 2) swinching off the anode power supply of the modulator after a series of consequent break-downs in a number of acceleration cycles (emergency protection).

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986