

**сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна**

**P9-84-586**

**А.А.Глазов, Е.Н.Заплатин, Б.Н.Марченко,  
В.А.Кочкин, Л.М.Онищенко**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ  
ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СИСТЕМЫ УСТАНОВКИ "Ф"**

**1984**







К аноду генератора через разделительный конденсатор подсоединен фидер связи генератора с резонансной системой. Поскольку анодный разделительный конденсатор является одним из самых напряженных и опасных с точки зрения пробоев мест любого высокочастотного генератора, в автогенераторе установки "Ф" проводилось исследование нескольких вариантов конструкций этого узла.

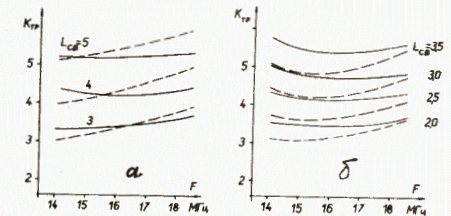
Одним из возможных решений является фторопластовый цилиндрический конденсатор, надеваемый на всю поверхность анода лампы. Емкость такого конденсатора  $C_{ар} = 2550$  пФ. Этот вариант является наиболее надежным. Его недостатки - сложность изготовления и замены при выходе из строя. Подобный конденсатор в автогенераторе установки "Ф" исследовался при работе генератора на макет ускоряющей системы при напряжении на аноде лампы до 1 кВ. Увеличение напряжения  $E_A$  было невозможно вследствие пробоев в макете вариатора.

Конструктивно наиболее простым является анодно-разделительный конденсатор, набранный из стандартных высокочастотных керамических конденсаторов типа K15У, соединенных параллельно. Такая система исследовалась при работе с ускоряющей системой фазотрона.

Конденсатор исследовался при рабочих напряжениях анода  $E_A = 12$  кВ при емкости  $C_{ар} = 1500; 3000; 4500; 6000; 8000$  пФ и показал хорошую надежность в работе при использовании проточного принудительного воздушного охлаждения. Однако такое параллельное включение нескольких конденсаторов часто чревато возникновением собственного кольцевого резонанса с частотой равной или кратной рабочей частоте генератора. Поэтому была разработана и испытана конструкция охлаждаемого пленочного конденсатора. В качестве диэлектрика использовался полиэтилен. При исследовании емкость изменялась от 6000 до 20000 пФ. Минимальная толщина полиэтиленовой пленки составляла 0,15 мм. Испытания проводились при полном анодном напряжении  $E_A = 12$  кВ и дуантном смещении  $U_{смд} = -2$  кВ. Было замечено недостаточное охлаждение одной из пластин конденсатора, вследствие чего на нее было добавлено водяное охлаждение. Преимуществом такого варианта разделительного конденсатора наряду с более высокой емкостью является простота замены вышедшей из строя пленки, что является важным фактором при длительной эксплуатации генератора.

В качестве системы связи генератора с ускоряющей системой используется длинный /полуволновой/ фидер и две параллельно включенные по сторонам разреза в дуанте катушки индуктивностей связи /2/. Такая система связи обеспечивает примерное постоянство оптимального значения индуктивности в рабочем диапазоне частот. Выбор параметров системы связи /величины индуктивностей, длина и волновое сопротивление фидера/ осуществляется исходя из выбора коэффициента трансформации от анода генератора к ускоряющей кромке дуанта для получения необходимого ускоряющего напряжения при условии устойчивой работы генератора. Результаты ис-

Рис.2. Частотные зависимости коэффициента трансформации напряжения от анода лампы к ускоряющей кромке для разных значений волнового сопротивления и длины фидера связи.



следования системы связи представлены на рис.2. Фидер исследовался на макете резонансной системы при двух значениях волновых сопротивлений  $Z_{оф}=30\Omega$  /рис.2а/ и  $Z_{оф}=10\Omega$  /рис.2б/ и трёх длинах 109 см /пунктирные кривые/, 130 см, 170 см /сплошные кривые/ при различных индуктивностях катушек связи  $L_{св}$ . Видно, что коэффициент трансформации примерно постоянен по диапазону частот, как это и следует из расчетов.

Исходя из полученных результатов на ускоритель был установлен фидер связи с волновым сопротивлением  $Z_{оф} = 30\Omega$  и длиной 1,6 м. Из-за уменьшения зазора в центре ускорителя в рабочем варианте резонансной линии значение коэффициента трансформации примерно на 15% ниже, чем на макете.

При пусконаладочных работах на ускорителе сначала использовалась индуктивность связи с пятью витками / $K_{тр} = 5$ /, затем после установки дополнительных корректирующих обмоток в центре с 5,25 витками /при том же значении  $K_{тр}$ /.

Для измерения высокочастотного напряжения на дуанте ускорителя были установлены три емкостных частотонезависимых датчика с коэффициентом деления 1:1000: два в районе вариаторов и один на краю ускоряющей кромки. Кроме того, в качестве индикаторных использовались два емкостных датчика, измеряющих напряжение в центре ускорителя. Высокочастотное напряжение контролировалось с помощью осциллографа С1-64, а огибающая ускоряющего напряжения в диапазоне частот - по запоминающему осциллографу С8-11, с использованием быстрого детектора. По нему же измерялось импульсное напряжение анода лампы. В дополнение к этому контролировались постоянное напряжение тиратронного выпрямителя, импульсный и средний катодные токи, ток сетки, накал лампы, частота.

Значения выходных емкостей и индуктивности генератора составляют соответственно 300 пФ и 0,175 мГн.

Работа генератора исследовалась при двух схемах сеточного заземления. Первый вариант - заземление сетки по постоянному току. Смещение в катоде организовывалось с помощью охлаждаемых воздухом параллельно соединенных проволочных сопротивлений, рассчитанных на 15 А постоянного тока. Возможности изменения катодного сопротивления  $R_k$  до 45 Ом с шагом 2,5 Ом. Как правило, рабочий режим генератора был при  $R_k = 15 \div 15 / 0$  Ом.



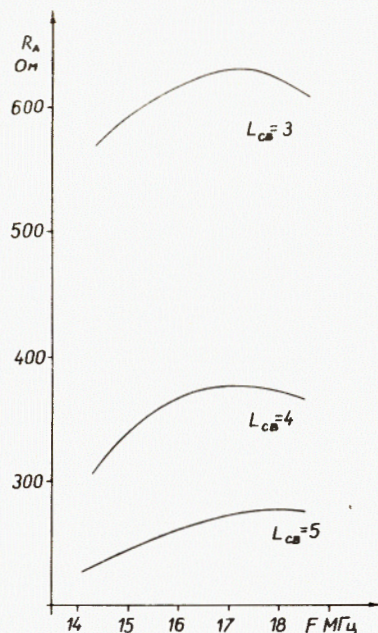
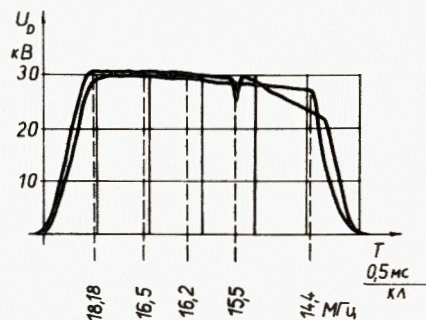


Рис.3. Зависимости активного сопротивления в аноде генератора от частоты при различных значениях индуктивности связи.

Рис.4. Огибающие ВЧ ускоряющего напряжения на кромке дуанта по циклу ускорения.



Для выявления локальных уменьшений добротности в рабочем диапазоне с помощью шестиперьевого самописца измерены значения напряжения в различных точках при непрерывном вращении вариатора на  $36^\circ$ .

Ускоряющее напряжение почти во всем диапазоне плавно уменьшается к нижним частотам, имея максимум на  $f = 17,2$  МГц и отношение  $U_{\max}/U_{\min} = 1,35$ . Аналогичный характер имеют частотные характеристики напряжения на вариаторах при несколько большей величине спада. Соотношение амплитуд напряжений на ускоряющей кромке и вариаторах на частоте захвата  $/18,18$  МГц/  $k = U_{\text{уск}}/U_{\text{вар}} = 0,8$ , а на выходе  $/14,41$  МГц/  $k = 1,5$ .

Детекторные головки и высоковольтные делители были предварительно скалированы с помощью образцового вольтметра ВЗ-24. Напряжение измерялось в эффективных значениях синусоидального напряжения. Характер изменения  $U_{\text{уск}}$  и  $U_A$  определяется изменением сопротивления в аноде генератора. На основе значений мощности потерь, полученной расчетно-экспериментальным путем [1] и измеренного коэффициента трансформации, были найдены зависимости активного сопротивления в аноде по рабочему диапазону частот при различных значениях индуктивности связи /рис.3/. Типичный режим работы генератора приведен в табл.1, а характерные рабочие кривые огибающих ВЧ ускоряющего напряжения на кромке дуанта, скорректированные источником функционального опорного напряжения анодного модулятора, представлены на рис.4. В таком режиме

Таблица 1

| $U_{\text{ТВ}}$ | $E_A$ | $U_{\text{уск макс}}$ | $I_k$ | $\bar{I}_k$ | $\bar{I}_A$ | $R_k$ |
|-----------------|-------|-----------------------|-------|-------------|-------------|-------|
| кВ              | кВ    | кВ                    | А     | А           | А           | Ом    |
| 9,0             | 6,0   | 32                    | 72    | 3,2         | 3,0         | 12,5  |

Таблица 2

| $U_{\text{ТВ}}$ | $E_A$ | $U_{\text{уск макс}}$ | $I_k$ | $\bar{I}_k$ | $\bar{I}_A$ | $U_{\text{см}}$ | $R_g$ |
|-----------------|-------|-----------------------|-------|-------------|-------------|-----------------|-------|
| кВ              | кВ    | кВ                    | А     | А           | А           | В               | Ом    |
| 8,9             | 4,7   | 34                    |       | 3,0         | 2,0         | 35              | 68    |
| 8,8             | 4,6   | 30                    | 48    |             |             |                 | 160   |

ВЧ система испытывалась при работе последовательно на одну, две и все десять лопаток вариатора. Получена устойчивая работа системы при  $U_{\text{уск}} = 32$  кВ. Дальнейшее повышение ускоряющего напряжения ограничено вакуумными условиями.

Вторым вариантом сеточного заземления было заземление сетки с помощью пленочного конденсатора емкостью  $C = 2000$  пФ. Сеточное смещение организовывалось с помощью того же шкафа катодного сопротивления, в которое было добавлено два проволочных сопротивления по 60 Ом. Режим генератора, включенного по такой схеме при работе на одну лопатку, приведен в табл.2.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Глазов А.А. и др. ОИЯИ, Р9-84-585, Дубна, 1984.
2. Глазов А.А. Труды V Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. "Наука", М., 1977, т.1, с.162.

Рукопись поступила в издательский отдел  
17 августа 1984 года.



Глазов А.А. и др.

P9-84-586

Исследование возбуждения высокочастотной системы  
установки "Ф"

Приводятся результаты исследования возбуждения высокочастотной системы установки "Ф", наладка ВЧ генератора и выбор параметров системы связи. Для генерирования необходимой мощности /до 350 кВт/ в рабочем диапазоне частот ускорителя /18,18±14,41 МГц/ на основе лампы ГУ-65А создан ВЧ автогенератор. Рабочее анодное напряжение лампы составляет 12 кВ. При проведении пусконаладочных работ на фазотроне получено ускоряющее напряжение с амплитудой 32 кВ.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод авторов

Glazov A.A. et al.

P9-84-586

Investigation of the Excitation of the r.f. System  
of the "F" Facility

Investigation of the excitation of the r.f. system of the "F" facility, tuning of the r.f. generator and selection of the parameters of the coupling system were performed. For generation of the frequency range /18,18±14,41/ MHz an r.f. generator is designed, based on a ГУ-65А vacuum tube. The voltage obtained on the accelerating gap equals 32 kV.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984