

СООБЩЕНИЯ Объединенного института ядерных исследований

дубна

P9-92-14

В.А.Аккуратов, А.А.Глазов, Д.Л.Новиков

СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ ФАЗЫ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ



Аккуратов В.А., Глазов А.А., Новиков Д.Л. Р9-92-14 Система стабилизации фазы второй гармоники

Приводятся схемные решения, обеспечивающие постоянство фазы второй гармоники относительно первой в режиме "flat-top" ускорения с точностью ±0,5° при частоте основной гармоники, равной 39,609 МГц. Описывается способ абсолютной привязки фазы второй гармоники к первой с использованием информации об ускоренном пучке. Аппаратура использовалась при исследованиях эффекта расширения замкнутых орбит на электронной модели кольцевого циклотрона.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1992

## Перевод авторов

Akkuratov V.A., Glazov A.A., Novikov D.L. P9-92-14 Second Harmonic Phase Stabilization System

The circuit units stabilizing the phase of the second harmonic with respect to the first one in the flat-top accelerating regime with a  $\pm 0.5$  accuracy at the first harmonic frequency 39.609 MHz are presented. The method of absolute fixation of the second harmonic phase to the first harmonic using accelerated beam data is described. These units were used during experimental research of the closed orbit expansion effect on the electron model of the ring cyclotron.

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

Как отмечалось ранее<sup>/1,2/</sup>, при проведении экспериментов по исследованию эффекта расширения замкнутых орбит на электронной модели кольцевого циклотрона (ЭМКЦ) с использованием режима "flat-top" ускорения для однозначности результата и его повторяемости предъявляются довольно жесткие требования к стабильности параметров ускорителя и, в первую очередь, к стабильности параметров ускоряющей высокочастотной системы. В работе<sup>/3/</sup> приведены схемы и описаны устройства, с помощью которых повышена стабильность болышинства параметров высокочастотной системы ЭМКЦ. Однако в указанной выше работе отсутствует описание комплекса устройств, предназначенного для стабилизации фазы напряжения второй гармоники.

Действительно, как известно, к этому параметру при использовании режима "flat-top" ускорения предъявляются особенно жесткие требования. Так, например, в системе стабилизации фазы



Scarts

Рис.1. Блок-схема ускоряющего высокочастотного питания ЭМКЦ.

> Осъскао диша институт алерина исследования БИБЛИОТЕНА

третьей (второй) гармоники ускоряющего напряжения изохронного циклотрона PSI<sup>/4/</sup> обеспечивается стабильность фазы на уровне 0,03° при частоте третьей гармоники ~150 МГц.

На рис.1 приведена блоксхема ускоряющего высокочастотного питания электронной модели кольцевого циклотрона. Пунктиром на этом рисунке обведены системы, входящие в контур стабилизации фазы второй гармоники, частота которой для ЭМКЦ выбрана равной 79,2 МГц.

Функционально система стабилизации фазы второй гармоники ЭМКЦ состоит из следующих устройств: удвоителя частоты

и электронного фазовращателя (рис.2), схемы сложения усредненной фазы основной гармоники и фазового детектора (рис.3),

схемы усилителя, возбуждающего генератор второй гармоники (рис.4).

Схема электронного фазовращателя (рис.2а) - мостовая, в одно из плеч которой включен варикап КВ109Б, коэффициент его пере-



Рис.2. Принципиальная схема электронного фазовращателя (a); принципиальная схема удвоителя частоты (б).



Рис. 3. Принципиальные схемы: сложения, усилителя и фазового детектора.

关系 清晰于身合 可能的 医结核试验



Рис.4. Схема усилителя возбуждения 2-й гармоники.

化化学学 化生产性学 化乙基酸化乙烯乙基酸 化化

крытия по емкости составляет 4,5-6,5. Управление изменением фазы электронного фазовращателя (рис.2а) и ее стабилизация осуществляются с фазового детектора (рис.3), в котором используются диоды Д18. Сигнал на фазовый детектор подается со схемы сложения сигналов усредненной фазы с двух дуантов основной частоты (39,609 МГц) и сигнала с дуанта второй гармоники (см. рис.1 и 3).В схеме сложения и усилителя (рис.3) используются транзисторы типа КТ904А с заземленной базой.

化磷酸酯磷酸盐 化二氯化化 建铁铁 网络哈姆斯拉尔哈拉 化二十十分分化 人名英格兰尔德 化分析

С фазового детектора сигнал подается на вход операционного усилителя УПТ типа 1534Д6 (рис.2а), один из входов которого заземлен и создает на выходе разнополярное напряжение. Этим напряжением осуществляется управление электронным фазовращателем, т.е. осуществляется стабилизация фазы напряжения второй гармоники относительно усредненной фазы напряжения основной гармоники.

Для исключения температурного дрейфа системы стабилизации фазы второй гармоники ее элементы размещались в двух термостатах, поддерживающих стабильность температуры с точностью 0,1°С. В одном из термостатов размещались схемы сложения и фазового детектора, в другом - удвоителя частоты и электронного фазовращателя. Помимо электронного фазовращателя в системы подключено два фазосдвигающих элемента (на рис.1 обозначены "ФВ") в виде 50-омной раздвижной линии.

После двухчасового прогрева всех элементов ускоряющей высокочастотной системы система стабилизации фазы второй гармоники в стационарном режиме работы поддерживала фазу второй гармоники в пределах ±0,5°. Измерения стабильности фазы проводились непрерывно в течение 14 часов работы с помощью фазомет-

3

ра типа ФК-12. Коэффициент стабилизации системы близок к 10. Диапазон захвата в режим стабилизации ±1,5°.

Для фазировки напряжения второй гармоники относительно усредненной первой использовался осциллограф С1-75, на два раздельных входа которого подавались сигналы с контрольных петель основного (первого) и гармонического дуантов. Сигналы подавались по согласованным кабелям, имеющим определенным образом подобранную длину. Затем в режиме "flat-top" ускорения снимались графики зависимости радиуса ускорения от номера оборота ускорения на трех пробниках: №2. №4 и №6 (азимуты 90°. 180°. 270°). Требуемое положение амплитуды второй гармоники относительно первой соответствует минимальному набору энергии за оборот, а следовательно, минимальному углу наклона зависимости R = f (№ об.). Смещение фазы гармоники на этом этапе осуществлялось внесением соответствующего калиброванного участка линии, либо раздвижной линией, обеспечивающей смещение по фазе с точностью до 2°. Окончательная подстройка фазы производилась электронным фазовращателем при наблюдении "чистоты" отделения последних орбит на конечных радиусах ускорения.

## real destance a such **ΠИТЕРАТУРА** (1997) - 1997 -

Association and the Association

- 1. Глазов А.А. и др. ОИЯИ, 9-82-188, Дубна, 1982.
- 2. Глазов А.А. и др. В сб.: Труды 9-го Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, ОИЯИ, т.1, с.334, 1985. Telest Manufactor - research transfer and that

- A state of the second state of the second second

and the second second

- 3. Глазов А.А. и др. ОИЯИ, 9-89-864, Дубна, 1989.
- 4. Adam S. et al. IEEE Trans., 1981, No.S-28, No.3, p.2721 Activities while selection of the provide the provident of

化合成 化物化化化化 化合成 法保险 化可能分析 化可能分析 化分子控制 化加强物料 化合物 MARTINE AND TO MEAN TO THE MARTINE AND THE COMPANY AND THE AND AND THE ADDRESS AND AND AND AND AND AND AND AND A - Parat second in the transfer and the Street Constant appendix a second s "夏夏的就能不能是这些人的时候就是我们让人们的事实,只能是我的事实是不能能 produced produces the second 医小脑膜炎 化二氯化化化化化化化化化化化化化化化化化化化化化化化化化化化化化化化化

Рукопись поступила в издательский отдел 14 января 1992 года.

e negel de la grande de la ser ser el conditas. Anna el la metala de la ser de la ser de la ser de la ser de la reference for a single providence and the providence of the second second second second second second second se and the stand the second of the second s

CONTRACT DE LA COMPLEXIÓN DE MARIA DE LA COMPLEXIÓN an anti-there international the same the solution to a