

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДАТЧИКОВ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ МАЛОГАБАРИТНОГО БЕТАТРОНА

А. А. ФИЛИМОНОВ, В. Л. ЧАХЛОВ

(Представлена научно-исследовательским институтом  
ядерной физики, электроники и автоматики)

В настоящее время разработан и выпускается серийно переносной малогабаритный бетатрон ПМБ-6С.

Конструкция данного типа бетатронов имеет свои особенности:

- а) многостоечность;
- б) малые размеры рабочей области межполюсного пространства;
- в) затрудненный доступ в межполюсное пространство, так как обратный магнитопровод запрессован в защитный корпус, имеющий небольшое выходное отверстие размером  $40 \times 50$  мм<sup>2</sup>.

Одновременно с серийным выпуском бетатрона ПМБ-6 производятся работы по повышению удельных характеристик малогабаритных бетатронов. Одним из перспективных путей повышения удельных характеристик бетатрона является улучшение фокусирующих свойств.

Это достигается за счет формирования управляющего поля с азимутальной вариацией.

Формирование такого поля сопровождается большим объемом измерительной работы (примерно 1500—2000 точек). Выполнить такой объем измерительной работы без автоматизации процесса измерений невозможно. Кроме того, создание управляющего поля с азимутальной вариацией требует обоснованных допусков на их формирование. Эта задача требует разработки очень точной измерительной аппаратуры, позволяющей получать объективные результаты измерений.

Как правило, методы измерений характеристик магнитного поля, которые разрабатывались для крупных ускорителей и которые свободны от особенностей, описанных выше, предполагают наличие какого-нибудь механизма, предназначенного для перемещения датчиков в исследуемом пространстве. Наиболее приемлемыми, на наш взгляд, являются механизмы, описанные в [1,2]. Однако использование устройства [1] позволяет исследовать характеристики магнитного поля только в области, ограниченной размерами окна, так как наличие движка не позволяет перемещать датчик в азимутальном направлении.

Устройство [2] позволяет измерять характеристики магнитного поля в межполюсном зазоре на любом азимуте и радиусе, но установка датчика в исследуемом пространстве осуществляется с большими погрешностями как в азимутальном, так и в радиальном направлении, так как перемещение датчика осуществляется в закрытом пространстве и вручную. В связи с вышеизложенным необходимо было разработать

механизм, в большей мере свободный от недостатков, присущих описанным выше устройствам.

Механизм перемещения датчика в исследуемом пространстве должен соответствовать следующим требованиям.

1. Радиальное перемещение. Интервал перемещения от 3,5 до 0,11 см с точностью фиксации датчика на заданном радиусе  $\pm 0,2$  мм. Отсчет радиуса производится от оси рабочего зазора электромагнита.

2. Азимутальное перемещение. Интервал перемещения  $n \cdot 2\pi$ , где  $n < 0$ . Точность фиксации датчика на азимуте при шаге  $10^\circ$  должна быть не хуже  $\pm 2'$ .

3. Вертикальное перемещение датчика. Интервал перемещения от  $z=0$  до  $z=15$  мм, где  $z=0$  — медианная плоскость электромагнита. Точность фиксации по координате должна быть не хуже  $\pm 0,2$  мм.

4. Скорость перемещения датчика по азимуту должна быть не выше 15 оборотов в минуту.

5. Скорость перемещения датчика по радиусу не выше 10 см в минуту.

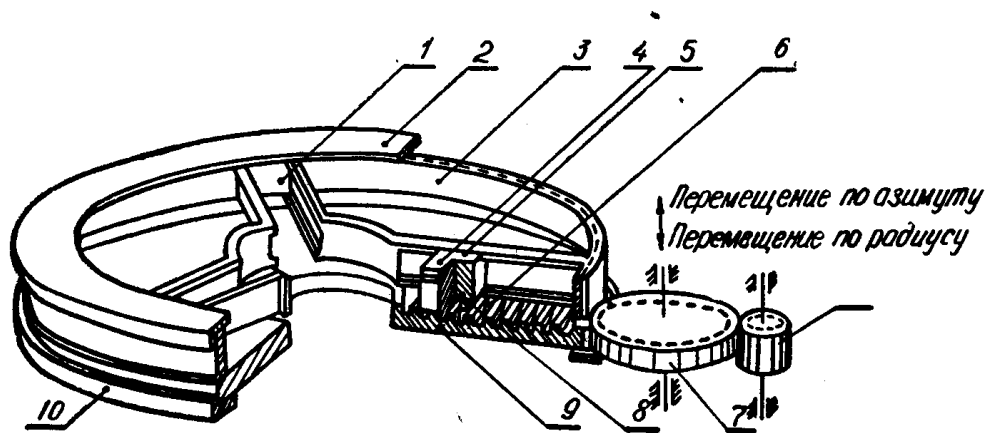


Рис. 1. Общий вид механизма

6. Азимутальное и радиальное перемещение датчиков должно по возможности осуществляться от одного исполнительного механизма.

7. Несоосность механизма перемещения датчика и электромагнита должна быть не хуже  $\pm 0,3$  мм.

Местоположение датчика в исследуемом пространстве определяется по соответствующим лимбам азимута, высоты и радиуса, вынесенными за пределы обратного магнитопровода.

Кроме всего, механизм должен приводиться в движение как от какого-либо двигателя, так и вручную.

Общий вид устройства представлен на рис. 1.

Оно состоит из двух измерительных дисков, имеющих по своему внешнему диаметру зубчатую передачу с одинаковым количеством зубьев и модулем зацепления. В одном из дисков (рис. 2) на нулевом азимуте выполнен радиальный паз, в котором перемещается каретка с датчиком. Перемещение каретки в радиальном пазу осуществляется за счет штыря каретки, входящего в зацепление со спиралью Архимеда, выполненной на другом измерительном диске (рис. 3).

Оба измерительных диска размещаются в направляющих, выполняющих функцию корпуса. Они имеют выступы для крепления и юстировки механизма в исследуемом пространстве. Кроме этих выступов,

имеются еще кронштейны для крепления приводного механизма с лимбами и рукоятками.

Диски приводятся во вращение посредством приводного механизма. Установка устройства перемещения датчика в рабочем зазоре ускорителя в зависимости от особенностей его конструкции может обеспечивать либо закреплением его на центральных вкладышах, либо с помощью специальных направляющих, которые крепятся к корпусу измерительного механизма и к корпусу электромагнита.

Собранный механизм располагается в исследуемом пространстве так, что средняя плоскость датчиков совпадает с медианной плоскостью электромагнита. Точная юстировка датчиков осуществляется за счет перемещения датчиков в каретке при помощи ходового винта. После юстировки датчиков в магнитном поле исследуемого пространства электромагнит бетатрона собирается в рабочее положение.

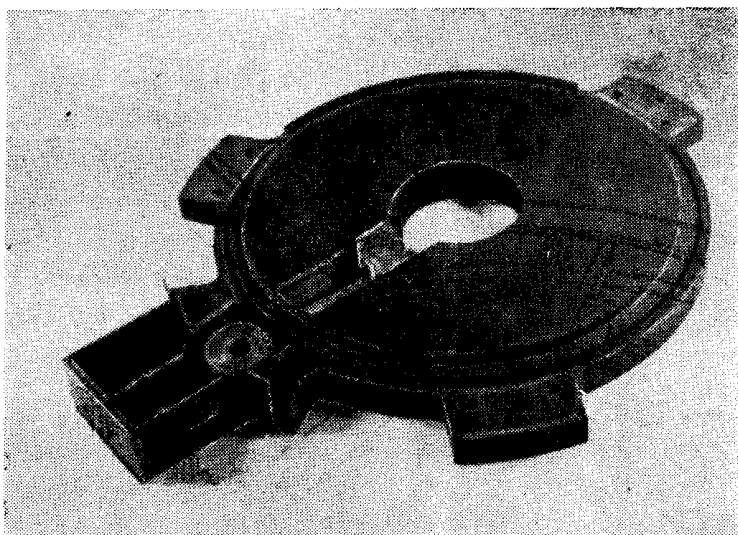


Рис 2. Измерительный диск с кареткой в корпусе

Работу механизма покажем на примере измерения показателя спада магнитного поля по радиусу  $n=f(r)$  и азимутальной неоднородности  $\Delta H=f(\varphi)$ .

Для измерения  $n$  необходимо прежде всего датчик переместить на угол, где хотят определить закон изменения  $n=f(r)$ . Установка необходимого азимута осуществляется (рис. 1) зацеплением передаточной шестерни 7 с обоими дисками 3 и 9 одновременно и перемещением каретки 5 на заданный угол, после чего шестерня 7, посредством которой передается вращательное движение от исполнительного механизма 11, вводится в зацепление с зубчатой передачей диска 9, при этом азимутальное перемещение диска 9 вызовет радиальное перемещение каретки 5 с датчиком 4. Такое перемещение возможно за счет штыря 8 каретки 5, входящего в зацепление со спиралью Архимеда 6 измерительного диска 9. При этом шаг спирали Архимеда определяет шаг перемещения датчика.

Для измерения азимутального распределения поля на каком-либо заданном радиусе необходимо осуществить перемещение датчика по азимуту. В этом случае при помощи зацепления шестерни 7 с диском 9 устанавливают каретку с датчиком на требуемый радиус и путем

последующего одновременного зацепления шестерни 7 с дисками 3 и 9 перемещают их по азимуту.

Для более детальных исследований структуры магнитного поля иногда необходимо иметь более мелкий шаг, чем при массовом характере измерений. При использовании механизмов [1,2] шаг перемещения датчиков, скажем, в  $2 \div 3$  мм, может оказаться соизмеримым с ошибкой установки датчика.

Для разработанного механизма установка такого шага возможна за счет переменного ввода в зацепление передаточной шестерни с двумя или с одним измерительным диском.

Вывод информации из исследуемого пространства с датчика осуществляется за счет кольцевых шин, уложенных в пазы диска 3, к которым припаяны выводы датчиков и контактно-щеточной системы. Шины, чтобы не создавать короткозамкнутые витки, имеют разрыв.

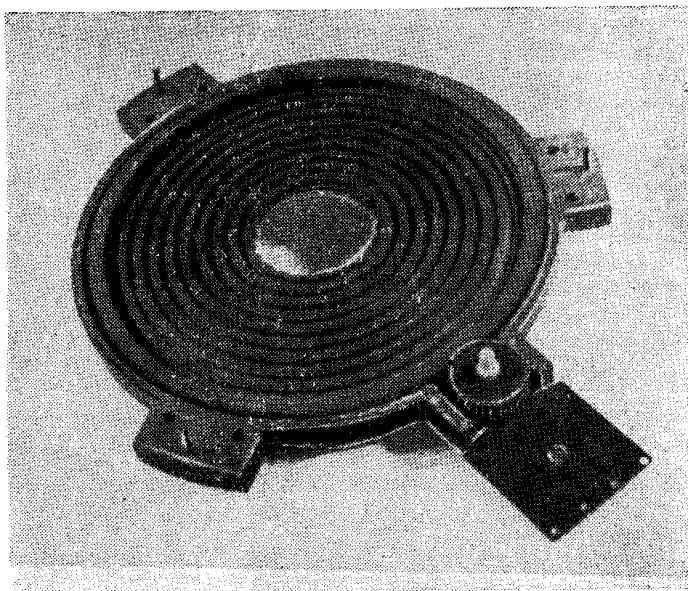


Рис. 3. Измерительный диск со спиралью Архимеда в корпусе

Точность перемещения датчика в рабочем зазоре и его фиксация обусловлены кинематикой устройства и специальной технологией изготовления основных деталей механизма.

Разработанный механизм был опробован в работе при исследовании топографии магнитного поля малогабаритных ускорителей типа ПМБ-6.

Достоинства описанного механизма:

1. Возможно использование одного двигателя для исследования радиальных и азимутальных характеристик.
2. Возможно получение любого желаемого шага установки датчика в магнитном поле.
3. Высвобождение оператора, занятого на перемещении датчика в магнитном поле.
4. Возможна автоматизация процесса измерений.
5. Наглядность местоположения датчика в магнитном поле.
6. Более высокая точность фиксации датчика в магнитном поле.
7. Устройство позволяет осуществлять измерение характеристик магнитного поля в рабочем зазоре, доступ к которому ограничен.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В. С. Гришин. Измерительное устройство для измерения магнитного поля малых бетатронов. Труды IV межвузовской конференции по электронным ускорителям. М., «Высшая школа», 1964.
  2. Л. М. Ананьев, А. А. Воробьев, В. И. Горбунов. Индукционный ускоритель электронов — бетатрон. М., Госатомиздат, 1961.
-