

P-14

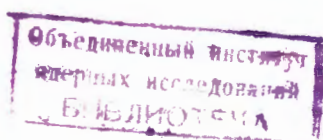
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

В. Данилов, Ю. Денисов, В. Дмитриевский

Дифференциальный электронный флюксметр

ТТЭ, 1957, №, с 74-77.



1956 год

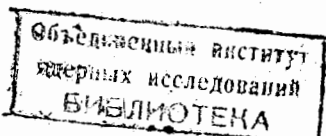
А Н Н О Т А Ц И Я

Описан прибор, который используется для измерения резко неоднородных магнитных полей. Датчиком прибора служат две измерительные катушки, включенные навстречу друг другу. Поворот укрепленных на одной оси катушек в магнитном поле производится при помощи специальной обмотки, через которую пропускается ток. Чувствительность прибора составляет - 0,027 э/дел.см.

В в е д е н и е

Для выполнения магнитных измерений, связанных с реализацией нового метода выпуска частиц из камеры шестиметрового синхроциклотрона Объединенного института ядерных исследований, возникла необходимость в приборе, позволяющем с высокой степенью точности измерять напряженность сильно неоднородных магнитных полей (до 1000 э/см). Используемые до настоящего времени приборы для прецизионного измерения напряженности магнитного поля, например, приборы, основанные на использовании явления ядерного резонанса, не работали при больших неоднородностях магнитных полей.

В описываемом приборе используется дифференциальный метод измерений. Две измерительные катушки, расположенные на определенном расстоянии друг от друга, поворачиваются в магнитном поле на угол около 180° . Обмотки измерительных



катушек соединены так, чтобы наводимые в них Э.Д.С. были направлены навстречу друг другу. Эффективные площади измерительных катушек составляют около 800 см^2 и отличаются друг от друга не более чем на $0,002 \%$.

ДАТЧИК ПРИБОРА

Конструкция датчика для измерения разности напряженностей магнитного поля в двух точках показана на рис. I. Расстояние между центрами измерительных катушек выбирается в зависимости от степени неоднородности измеряемого магнитного поля и может изменяться в диапазоне от 2 до 10 см. Каркас измерительных катушек показан на том же рисунке. Обмотка каждой катушки состоит из основной и вспомогательной секций. Общее число витков равно 5000 (провод ПЭЛ-1 0.02).

Для получения двух одинаковых катушек использовался метод, основанный на сравнении наводимых ЭДС при вращении их в однородном магнитном поле. Нетрудно показать ^(I), что для полной эквивалентности двух катушек необходимо:

- а) равенство эффективных площадей;
- б) равенство фаз наводимых ЭДС.

Эквивалентность эффективных площадей достигалась изменением количества витков на вспомогательные секции обмотки, диаметр которой в несколько раз меньше диаметра основной обмотки. Неравенство фаз наводимых ЭДС в катушках вызывается, в основном, негоризонтальностью плоскостей витков катушки, а также вертикальными витками, образующимися при намотке и выводе концов.

Для компенсации фазового сдвига ЭДС обеих катушек применялся дополнительный виток, установленный в вертикальной плоскости катушки. Эффективное действие этого витка регулировалось поворотом всей катушки относительно вертикальной оси.

Описанный метод оказался достаточно эффективным для получения двух идентичных катушек. Эквивалентная величина некомпенсированной ЭДС в однородном магнитном поле не превышала 0,15 э/дел. см.

ЭЛЕКТРОННАЯ СХЕМА ПРИБОРА

Электронная схема флюксметра состоит из четырех основных элементов:

- а) интегрирующей цепи;
- б) усилителя с кондуктивной связью между каскадами;
- в) пикового вольтметра;
- г) устройства для дистанционного управления поворотом измерительных катушек.

Интегрирование производится с помощью однолампового интегратора с анодно-сеточной емкостью. В нашем случае форма входного сигнала близка к синусоиде

$$e_1 = e_0 \sin \frac{\pi}{T} t$$

где $0 \leq t \leq T$, а T - длительность входного сигнала.

Величина сигнала на выходе интегратора равна:

$$e_2 = -\frac{1}{RC} \frac{T}{\pi} \frac{1}{k+1} \frac{1}{\left(\frac{T}{\pi}\right)^2 \left(\frac{1}{RC} \frac{1}{k+1}\right)^2 + 1} \left\{ 2 - \frac{1}{RC} \frac{T}{k+1} + \frac{1}{(RC)^2} \frac{T^2}{(k+1)^2} \dots \right\} e_0$$

где K - коэффициент усиления усилителя без обратной связи. Для идеального интегратора коэффициент усиления каскада K должен быть бесконечно большим. Величина выходного сигнала в этом случае была бы равна:

$$e_2 = -\frac{2}{RC} \frac{T}{\pi} e_0$$

Если оценить величину ошибки в e_2 из-за конечности коэффициента усиления, то окажется, что даже для такого легко достижимого коэффициента усиления как 100 и длительности импульса около 0,1 сек. эта ошибка не превышает 0,02%.

В приборе используется усилитель, работающий в "режиме микротоков". Общий коэффициент усиления обоих каскадов составляет около $2,5 \cdot 10^5$. Введение совокупности обратных связей по постоянному и переменному току позволяет за счет небольшого снижения коэффициента усиления получить вполне устойчивую работу ускорителя. Частотная характеристика тракта равномерна до 2 кгц, что для импульса длительностью около 0,1 сек. вполне приемливо.

Постоянная времени разрядной цепи пикового вольтметра $R_3 C_1$ выбрана достаточно большой (около 50 сек.), что позволяет легко отсчитывать величину максимального отброса показывающего прибора. После измерения схема с помощью ключа K_4 быстро возвращается в исходное состояние.

Поворот измерительных катушек производится за счет взаимодействия тока, протекающего в двух взаимноперпендикулярных обмотках, с магнитным полем. Время поворота катушек регулируется в широких пределах изменением сопротивления R_4 .

Обычно время поворота устанавливалось равным примерно 0,1 сек. Напряженность магнитного поля, создаваемого поворачивающими обмотками в районе измерительных катушек, составляет около 0,01 э., что не влияет на точность измерений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Характеристическая постоянная прибора определялась по результатам измерений на участке с известным спадом напряженности магнитного поля из соотношения:

$$C = \frac{H_1 - H_2}{\int_{z_1}^{z_2} N dz}$$

где N - отсчет по шкале флюксметра, а

C - постоянная прибора.

В нашем приборе $C = 0,027$ э/дел.см. Чувствительность прибора может быть уменьшена двумя степенями в 5 и 25 раз. Исправность прибора проверяется путем подачи на вход интегратора эталонного сигнала при помощи кнопки Кл_I.

ЛИТЕРАТУРА

1. Детали и элементы радиолокационных станций. Издательство "Советское радио" 1953 г.
2. Дифференциальный электронный флюксметр. В.И.Данилов, Ю.Н.Денисов, В.П.Дмитриевский. Отчет Объединенного института ядерных исследований. 1955 г.