

В. 68

57

И Н С Т И Т У Т
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СОАН СССР

ПРЕПРИНТ ИЯФ 76-90

В.Г.Волохов, В.В. Каргальцев, В.А.Киселев,
В.И.Купчик, Г.И.Сильвестров

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
ИМПУЛЬСНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ
С ОБРАБОТКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ЭВМ

БИБЛИОТЕКА
Института ядерной
физики СО АН СССР
ИНВ. № _____

Новосибирск

1976

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ
МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ С ОБРАБОТКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ЭВМ

Волохов В.Г., Каргальцев В.В., Киселев В.А.,
Купчик В.И., Сильвестров Г.И.

Институт ядерной физики СО АН СССР

А Н Н О Т А Ц И Я

Описывается стенд для измерения топографии импульсных магнитных полей в произвольных фазах с широким диапазоном параметров измеряемых магнитных элементов ($L = 0,01 + 10$ мГн) и длительностей импульсов тока ($\tau = 0,1 + 10$ мсек), включающий в себя:

- 1) генератор стабилизированных с точностью $5 \cdot 10^{-4}$ импульсов тока с энергоемкостью до 50 кДж,
- 2) специальный двухканальный измеритель с точностью $2 \cdot 10^{-4}$ для одновременного измерения мгновенных значений импульсного магнитного поля с пары индуктивных датчиков опорного и измерительного,
- 3) диэлектрическую матрицу с взаимно калиброванными датчиками (до 30 шт.) и автоматической системой перемещения,
- 4) логическую схему преобразования информации с выводом на перфоратор для обработки на ЭВМ "ОДРА-1305".

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ С ОБРАБОТКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ЭЕМ

Волохов В.Г., Каргалыцев В.В., Киселев В.А.,
Купчик В.И., Сильвестров Г.И.

Институт ядерной физики СО АН СССР

Широкое применение импульсных магнитных полей в ускорительной технике и оптике пучков высоких энергий требует развития методов оперативного автоматизированного измерения их топографии.

Ниже описывается стенд для измерения импульсных магнитных полей в широком диапазоне параметров исследуемых элементов (индуктивность $L = 0,01 + 10$ мГн) и длительностей импульсов тока ($T = 0,02 + 20$ мсек).

Генератор импульсов тока

При исследовании элементов с энергоемкостью до 10 кДж используется генератор униполярных синусоидальных импульсов тока, получаемых при разряде накопительной емкости на индуктивность нагрузки. Амплитуда и длительность импульсов регулируется в достаточно широких пределах. Генератор представляет собой передвижной шкаф, в котором расположены: управляемый стабилизированный выпрямитель мощностью 10 кВт, четыре конденсатора ИСУ5-200, из которых можно получить батареи с емкостью от 50 до 800 мкФ, и систем коммутации, контроля и стабилизации напряжения и тока. При энергоемкости нагрузки более 10 кДж. Питание ее осуществляется от стационарного генератора с энергоемкостью до 50 кДж, способного коммутировать токи до 10 кА [1].

Как правило, объектом измерений являются одновитковые импульсные дипольные и квадрупольные магниты с рабочим током $20 + 200$ кА [2]. Питание их от указанных генераторов осуществляется через согласующие трансформаторы с регулируемым коэффициентом трансформации $K = 10 + 200$, что позволяет в широких пределах варьировать длительность импульсов тока переключением

коэффициента трансформации и изменением емкости конденсаторной батареи.

В обоих генераторах применена стабилизация уровня напряжения на накопительной емкости путем порционного сброса заряда. [3]. Точность стабилизации при этом $\frac{\Delta U}{U} \sim 5 \cdot 10^{-4}$ [4]. Кроме того, для компенсации медленных изменений амплитуды тока за счет изменения параметров разрядного контура, в обоих генераторах предусмотрена автоматическая подстройка уровня зарядного напряжения. Работой генераторов и измерительной аппаратуры управляет генератор синхроимпульсов (ГСИ-6), позволяющий измерять напряженность магнитного поля в заданной фазе питающего тока.

Датчики поля

Индуктивные датчики представляют собой катушки, намотанные манганиновым проводом $d = 0,02 \pm 0,05$ мм. Геометрические размеры катушек выбраны таким образом, чтобы измеряемый сигнал не зависел от производных магнитного поля по координатам [5]. Интегральная площадь катушек $WS \sim 100$ см². Магниты с хорошо доступной апертурой промеряются одной катушкой с помощью координатного механизма, имеющего три степени свободы и относительную точность перемещения лучше 0,1 мм. Механизм снабжен ручной и автоматической системой перемещения.

При массовых измерениях однотипных элементов или больших их азимутальных размерах измерения производятся матричным способом. В диэлектрической обойме размещаются катушки, число которых определяется степенью неоднородности измеряемых полей, при этом отбираются катушки, у которых разброс WS не превышает 5%. Геометрические размеры обоймы и каркасов катушек выдержаны с точностью не хуже 0,1 мм, так что при измерении достаточно однородных полей не требуется специальной калибровки расстояний между электрическими осями катушек.

При измерении неоднородных полей калибровка расстояний проводится в приосевой области квадрупольного магнита с предварительным измерением нелинейностей поля одной катушкой.

Для относительной и абсолютной калибровки катушек используется импульсный калибровочный магнит с апертурой 6×10 см², у

которого известна зависимость поля от тока с точностью не хуже 10^{-3} , и однородным с точностью $2 \cdot 10^{-4}$ полем в области $5 \times 5 \times 4$ см³ (больше размеров матрицы). Результаты калибровки катушек вводятся в программу обработки измерений на ЭВМ. Выводы катушек выполнены из плотно и равномерно скрученного провода ДЭШО 7х0,7, так что даже при большой азимутальной протяженности магнита (~ 3 м) наводки на выводные концы катушек не превышают $2 \cdot 10^{-4}$. Для измерения эффективных длин квадрупольных линз и поперечных распределений поля в поворотных магнитах использовались матрицы с I3-й и 3I-й катушкой соответственно. Параметры катушек: наружный диаметр - 5 мм, высота - 4 мм, $WS = 80$ см².

Измерительная система

Измерительная система включает в себя: специальный двухканальный измеритель (ДИЗ), блоки преобразования аналог-код, логическую схему (ЛС), систему начальной обработки информации, цифropечатающее устройство (ЦПМ), ленточный перфоратор ПЛ20-2 (ПЛ) и электронно-клавишную вычислительную машину "Искра-II". Блок-схема измерительной системы показана на рис.1.

Двухканальный измеритель магнитного поля позволяет производить измерения мгновенного значения импульсного магнитного поля в произвольный, заданный внешним устройством, момент времени. Сигналы с индуктивных датчиков, пропорциональные производной поля по времени, предварительно интегрируются интегратором, выполненным на операционных усилителях с коэффициентом усиления $K = 2 \cdot 10^5$, охваченные функциональной обратной связью. Усилители построены на базе микросхем I22 и I40 серий, имеют входные каскады на МОП-транзисторах и оборудованы схемой автоматической коррекции дрейфа входного напряжения. Постоянная времени интегратора $\tau = 2,5 \cdot 10^{-1}$ сек.

Для измерения мгновенного значения исследуемый сигнал отслеживается аналоговым запоминающим устройством; запоминается в требуемый момент времени и затем преобразуется в цифровой код методом сравнения запомненного значения сигнала с пилообразным напряжением. Величина измеряемого напряжения регистрируется четырехразрядным цифровым индикатором, в качестве аналоговых ключей в

запоминающем устройстве используются биполярные приборы типа КТ118, позволяющие достичь временного разрешения $\Delta t \sim 300$ нсек. Относительная точность прибора $\sim 2 \cdot 10^{-4}$. С помощью коммутатора, управляемого логической схемой, на вход ДИЗ подаются одновременно два сигнала — с одной из измерительных катушек и с опорного датчика, расположенного, как правило, в токоподводе. При обработке измерений сигнал с опорного датчика служит для нормировки, что позволяет исключить влияние нестабильностей поля от импульса к импульсу на точность измерений.

Измерительная система может работать в матричном режиме и в режиме измерения одной катушкой. В матричном режиме система работает следующим образом.

Нажатием кнопки "Пуск" запускается схема управления. Сформированный импульс поступает на логическую схему, которая дает команду на пуск перфоратора. При этом на перфоленту записывается азимутальная координата, начальное значение которой устанавливается на пульте набора координат (ПНК). После этого схема выдает импульс на синхрогенератор ГЗИ-6. Последний запускает ДИЗ и через 100 мксек (время подготовки) запускает генератор поля (ГП). Логическая схема включает один из аналоговых ключей (АК), выполненных на магнитоуправляемых контактах, и сигналы с одной катушки матрицы и опорной катушки подаются на ДИЗ, где происходит запоминание значения напряжения, преобразование сигналов в двоично-десятичный код, который поразрядно, через соответствующие ключи поступает на перфоратор. На 8-ми дорожечную перфоленту выводятся: азимутальная координата (число от 00.0 до 99.9), сигнал с опорного датчика и сигнал с одного из датчиков матрицы (числа от 0.000 до 9.999). Кроме того, сигнал с ДИЗ в кодированном виде подается на ЭКВМ "Искра-II" [6]. После обработки по фиксированной программе (например, нормировка на опорный сигнал и на зафиксированный в памяти нормированный сигнал с катушки в центре магнита) результаты печатаются цифроречителем машины МП-16. На бумажную ленту выводятся сигнал с опорного датчика и нормированный сигнал с измерительной катушки в виде четырехразрядных чисел. После окончания работы ЦММ логическая схема вырабатывает сигнал на подключение через АК следующей измерительной катушки и дает сигнал на очередной запуск генератора

поля. Частота повторения импульсов регулируется таймером системы управления и может меняться от 2-х до 0,1 Гц. В схеме предусмотрена возможность переключения числа датчиков от 1-го до 31-го. После опроса последнего датчика схема управления включает двигатель МН-145, который перемещает матрицу на заданный шаг. Формирующее устройство светового датчика выдает импульс остановки двигателя и запускает схему управления после чего цикл измерения повторяется при новом значении азимутальной координаты, которая набирается автоматически. Переключателем рода работ система может быть переведена в режим одиночных измерений. При этом на перфоленту выводятся две поперечные координаты (числа от 00.0 до 99.9) набранные на ПНК при ручном перемещении катушки (при автоматическом перемещении набираются только начальные координаты) и такие же как и при матричном способе сигналы с опорного и измерительного датчиков. Эти же значения координат и сигналов с датчиков печатаются на ЦММ.

В системе предусмотрена возможность производить ручной набор для перфорации цифр (0-9), некоторых служебных знаков, а также перфорирования любой комбинации отверстий в перфоленте.

Работа системы синхронизирована с частотой питающей сети, предусмотрены режимы внешнего ручного и автоматического запусков системы.

Полученные перфоленты обрабатываются на ЭВМ "Спра-1305" по программе, которая выдает результаты в виде: коэффициенты разложения поля в степенной ряд; топография вертикальной и горизонтальной составляющих поля в виде таблицы и в случае достаточно однородных полей — рисунок границ областей поля с заданной степенью неоднородности (рис.2). При обработке измерений полей магнитооптических элементов для транспортировки пучка коэффициенты разложения поля используются в программе, которая рассчитывает искажения фазового эллипса пучка при однократном пролете и величину средне-квадратичного приращения эмитанса пучка за счет аберраций, приобретаемого пучком с заданным эмитансом на входе при прохождении данного элемента.

На стенде были проведены измерения элементов электронно-оптического канала ВЭШ-3 - ВЭШ-4. Полный цикл измерений на каждом из шести поворотных магнитов занимал восемь часов при частоте повторения $f = 0,1$ Гц.

Л и т е р а т у р а

1. А.Ф.Баянов и др. Генератор импульсов тока с амплитудой 10^6 А и стабильностью $\pm 10^{-3}$ при частоте повторения 2 Гц. Труды первого Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. М., ВИНТИ, 1970, т.1, стр.273.
2. Л.Л.Данилов, Г.И.Сильвестров, Э.М.Трахтенберг. Одновитковые импульсные электронно-оптические элементы с шихтованными магнитопроводами. Труды первого Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. М., ВИНТИ, 1970, т.1, стр.287.
3. В.Ф.Романовский, И.Я.Протопопов, Г.И.Сильвестров и др. Зарядное устройство. Авторское свидетельство № 251078. Бюллетень изобретений и товарных знаков, 1969, № 27.
4. А.Ф.Байдак и др. Многоканальная система зарядки и стабилизации мощных импульсных генераторов. Труды второго Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, М., ВИНТИ, 1972, стр.178.
5. Л.Л.Гольдин и др. Магнитные измерения в ускорителях заряженных частиц, М., Госатомиздат, 1962г.
6. А.Г.Митюгов, В.П.Волков. Применение электронных клавишных машин в автоматизированных установках. ПТЭ, 1972, № 6, 68.

Рис.2 Топография поля импульсного магнита с плоскими подсами и апертурой 40x60мм².
 1 - медные линии; 2 - шихтованные подсы; белая область - часть апертуры с однородностью поля $\frac{\Delta H}{H} < 0,1\%$; области D и Q - $\pm 0,1\% < \frac{\Delta H}{H} \leq \pm 0,2\%$
 K - $\pm 0,2\% < \frac{\Delta H}{H} \leq 0,3\%$; B - $\pm 0,3\% < \frac{\Delta H}{H} \leq 0,5\%$ и т.д.

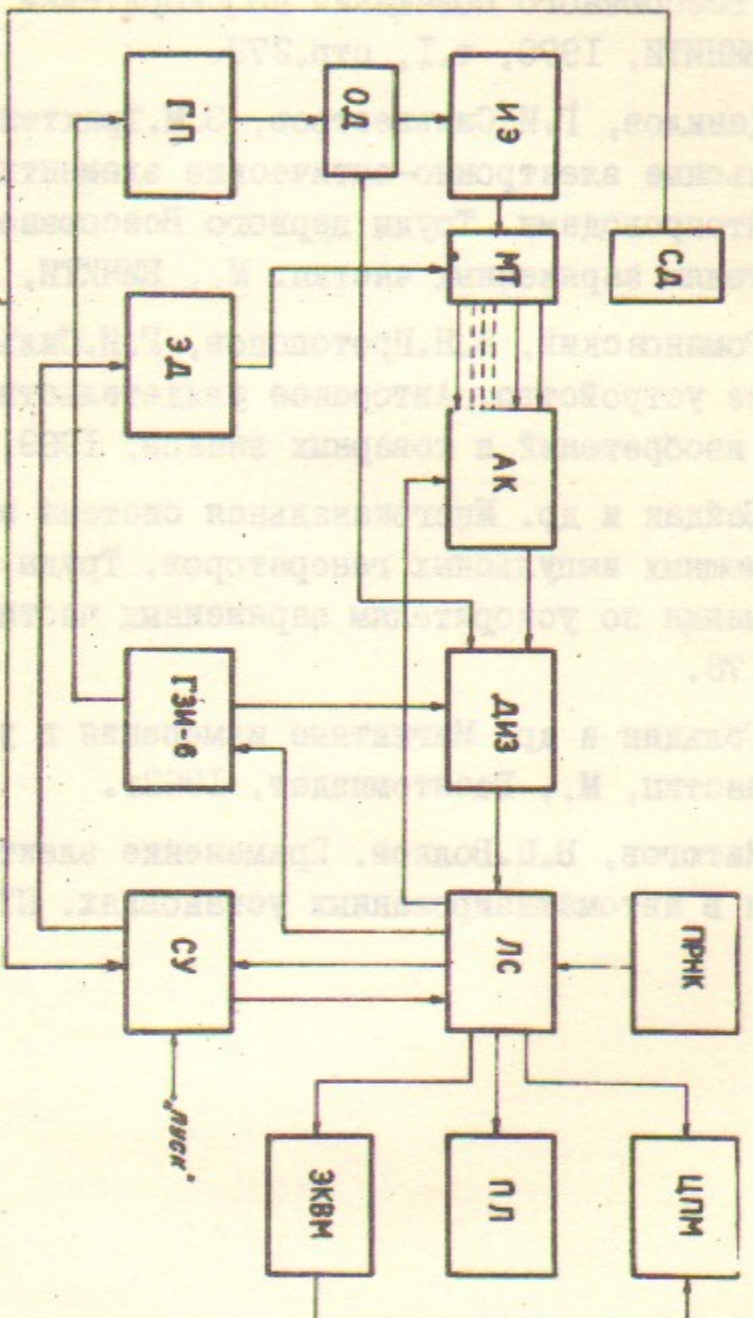
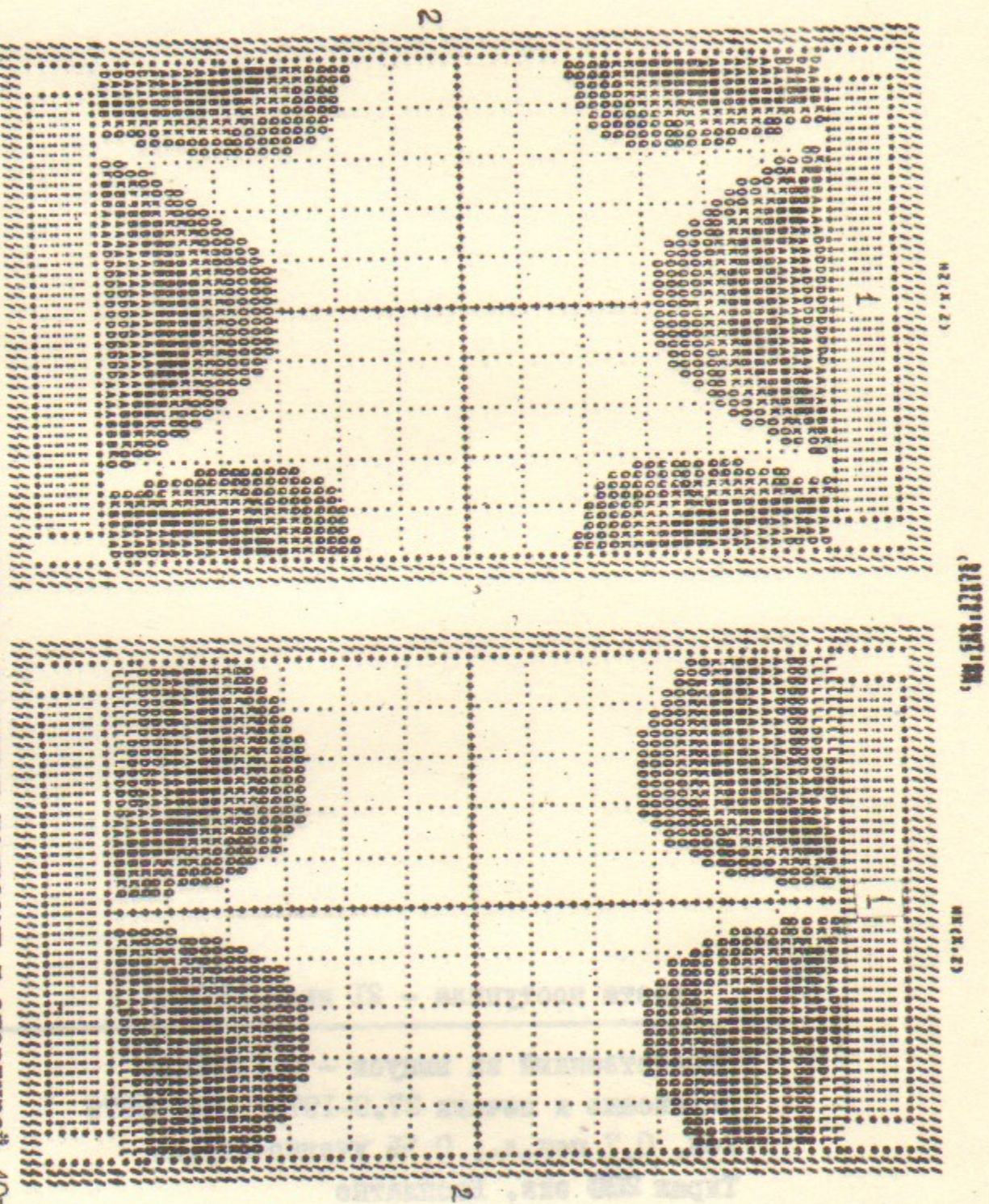


Рис.1 Блок-схема измерительной системы.

ИЗ - исследуемый элемент; МТ - матрица, АК - аналоговые ключи; ДАЗ - двухканальный измеритель; ЛС - логическая схема; ЦПМ - цифропечатающая машина МП-16, ПП - перфоратор ленточный ПП20-2; ЭКВМ - электронно-вычислительная клавишная машина "Искра-11", ДА - электродвигатель МЭ-145; ГП - генератор поля; ГЭИ-6 - синхрогенератор; СУ - схема управления; ПРНК - пульта ручного набора координат; СА - формирующее устройство свявового датчика; ОД - опорный датчик

Работа поступила - 21 июля 1976г.

Ответственный за выпуск - С.Г.ПОПОВ

Подписано к печати 27.9-1976г. МН 02979

Усл. 0,7 печ.л., 0,55 учетно-изд.л.

Тираж 200 экз. Бесплатно

Заказ №90

Отпечатано на ротационной ИЯФ СО АН СССР