

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РСФСР  
НОВОСИБИРСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. ЛЕНИНСКОГО КОМСОМОЛА**

**Кафедра радиотехники**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к лабораторным работам практикума**

**"Технические средства автоматизации научных исследований"**

**( ТСАНИ )**

**ИЗМЕРЕНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ**

**Новосибирск 1989**

Лабораторная работа "Измерение импульсных магнитных полей" знакомит студентов с методикой измерения параметров импульсных сигналов и аппаратурой, используемой в импульсных системах. В работе используется модель импульсной системы питания нацеливающего магнита канала транспортировки заряженных частиц.

Составители  
Ю.И. Голубенко,  
Е.Б. Левичев

Рецензенты  
А.И. Батраков,  
Г.И. Кузин

Печатается по решению кафедры радиофизики.

© Новосибирский государственный университет, 1989

Лабораторная работа "Измерение импульсных магнитных полей" знакомит студентов с методикой измерения параметров импульсных сигналов и аппаратурой, используемой в импульсных системах. В работе используется модель импульсной системы питания нацеливающего магнита канала транспортировки заряженных частиц.

При выполнении работы требуется измерить ряд параметров (амплитуду, длительность, форму и т.д.) импульсного магнитного поля в нацеливающем магните. Для этого кроме стандартного набора аппаратуры используется КА-МАК-блоки блок измерения импульсных параметров (БИМП-4), генератор временных интервалов (ГВИ-8).

## 1. Введение

Для уменьшения энергопотребления или выделяемой мощности большое количество электрофизических установок работает в импульсном режиме. Примером такой установки может служить канал транспортировки заряженных частиц от инжектора к ускорителю, работающий малое время в момент перепуска. При этом, во-первых, необходимо синхронизировать работу магнитных элементов канала (чтобы в момент перепуска величины магнитных полей в них имели требуемое значение) и, во-вторых, уметь измерять с нужной точностью параметры этих полей для контроля работы. Поэтому важными узлами импульсных систем являются устройства, позволяющие организовать временные последовательности запускающих импульсов, а также измерить мгновенные значения импульсных сигналов.

## 2. Описание аппаратуры, используемой в работе

### 2.1 Генератор временных интервалов ГВИ-8

Последовательность запускающих импульсов в данной работе формируется с помощью многоканального генератора

временных интервалов ГВИ-8 (см. приложение), имеющего восемь независимых каналов. Каждый канал может выдать выходной импульс, задержанный относительно импульса запуска общего для всех каналов.

Принцип работы цифровых линий задержки, используемых в ГВИ, можно пояснить на примере вычитающего двоичного счетчика. В начальный момент времени в счетчик записано число  $N$ . После импульса запуска на счетный вход поступает последовательность импульсов с периодом  $t_0$  от кварцевого генератора. Схема выделения нулевого состояния счетчика формирует выходной импульс, задержанный относительно импульса запуска на интервал времени  $T_0$ , равный

$$T_0 = N \cdot t_0.$$

ГВИ имеет восемь аналогичных каналов, формирующих задержки. Время задержки определяется двоичным кодом, заданным от ЭВМ в запоминающее устройство (ЗУ) ГВИ. Запись индивидуального кода задержки в канал производится по команде  $F(16)A(K)$ ,  $K$  - номер канала (0-7). После записи кодов задержек в выбранные каналы необходимо переписать их из ЗУ в исполнительный счетчик командой  $F(12)$ , общей для всех каналов, которая исполняется 200 мкс. На это время исполнение программы должно быть приостановлено. Для формирования подготовленной таким образом последовательности импульсов нужно подать импульс запуска, который может быть либо внешним, либо программным - команда  $F(25)$ .

Максимальная величина задержки выходного импульса определяется разрядностью счетчика и равна

$$\Delta T_{\max} = 2^N - 1,$$

где  $N$  - разрядность счетчика.

Для контроля записанной в ГВИ информации можно воспользоваться командой подготовки чтения  $F(14)$  и командой чтения  $F(0)$ . При этом нужно помнить, что результат чтения будет представлен в обратном коде.

## 2.2 Блок измерения импульсных параметров (БИИП-4)

Методы измерения мгновенных значений импульсных сигналов изучаются в лабораторной работе ТСАНИ-5.

Однако достаточно часто необходимо измерение интегральных параметров импульсных систем. Например, значение вольт-секундной площади импульса при неизменной форме и длительности позволяет однозначно судить о его амплитуде, в то время как прямое измерение амплитуды иногда трудно осуществить из-за заворотов и помех.

БИИП имеет четыре канала измерения, включающих в себя интегратор и ключ, время замыкания которого определяет интервал интегрирования. Замыкание ключа производится внешним импульсом "начало интегрирования" ИИ (рис.1), а размыкание - импульсом "запрет интегрирования" ЗАП1 (для первого и второго каналов) или ЗАП2 (для третьего и четвертого каналов). После размыкания ключа на выходе интегратора запоминается напряжение, соответствующее интегралу входного сигнала. Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) последовательно преобразует напряжения со всех четырех каналов в цифровой код. Таким образом, БИИП является прибором с токовым входом. Резистор, необходимый для преобразования напряжения в ток, должен быть расположен вне блока, например рядом с источником сигнала. В этом случае исключается влияние емкостной и индуктивной трассы и легко изменяется коэффициент преобразования.

Основными параметрами интегрирующих измерителей являются ошибка преобразования и полоса частот, в которой сохраняется точность преобразования.

## 3. Описание лабораторной работы

В работе предлагается провести измерения импульсного магнитного поля нацеливаемого магнита канала транс-портировки заряженных частиц, применяя описанные выше приборы ГВИ-8, БИИП-4 и индуктивный датчик, расположенный в зазоре магнита. Датчик выполнен в виде нескольких

витков провода охватывающих магнитный поток.

Как известно [1], ЭДС, наводимая магнитным полем в таком датчике, пропорциональна производной магнитного потока по времени:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt},$$

магнитный поток равен

$$\Phi = \int \vec{B} d\vec{S},$$

следовательно,

$$\varepsilon = - \frac{1}{\alpha} \frac{\partial \bar{B}}{\partial t}.$$

Коэффициент пропорциональности зависит от количества витков и геометрических параметров датчика (площади, расположения витков относительно линий магнитного поля и др.). Таким образом, величина магнитного поля в каждый момент времени пропорциональна интегралу ЭДС от момента начала импульса до момента измерения:

$$\bar{B} = -\alpha \int_0^t \varepsilon dt = -\alpha J.$$

Удобство применения интегрирующих преобразователей для измерения импульсных магнитных полей заключается в линейной зависимости магнитного поля  $\bar{B}$  от измеряемой величины  $J$ .

Схема установки и временные диаграммы ее работы приведены на рисунке.

Датчик  $\Delta$  подключен ко входу БИИП через резистор  $\approx 10^4$  Ом коаксиальным кабелем с разъемом типа СР-5В. Подача синхронизирующих импульсов на вход БИИП производится через переходник, назначение сигналов и их соответствие каналам ГВИ приведены в таблице.

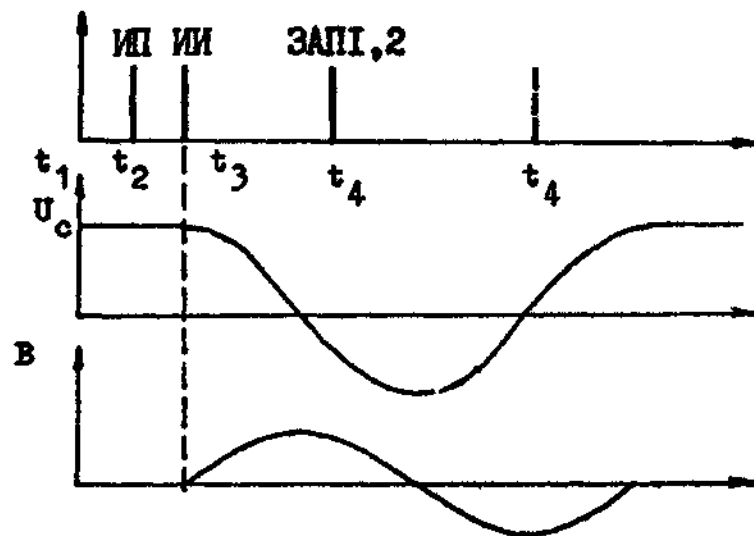
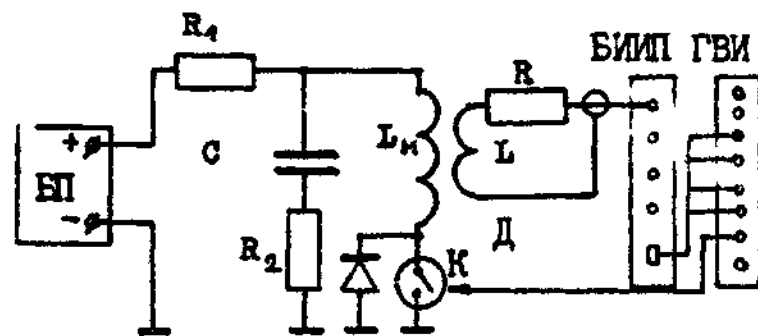


Схема установки и временная диаграмма

Канал ГВИ	Назначение	Обозначение	Ампл. сигн.
0	Синхронизация осциллографа	-	12 в
1	Запуск тиристорного ключа	СТАРТ	12 в
2	Конец интегрирования 1,2 кан. БИИП	ЗАП1	ТТЛ
3	Конец интегрирования 3,4 кан. БИИП	ЗАП2	ТТЛ
4	Подготовка БИИП к интегрированию	ИП	ТТЛ
5	Начало интегрирования всех каналов	ИИ	ТТЛ
6	Не используется	-	12 в
7	Не используется	-	12 в

Длительность всех импульсов 1 мкс.

Рассмотрим начальное состояние установки: конденсатор С заряжен до напряжения  $U_c$ ; тиристор заперт; магнитное поле в катушке и сигнал в датчике отсутствуют. Нужные для формирования последовательности запускающих импульсов коды занесены в соответствующие регистры ГВИ-8.

1. В момент  $t_1$  производится программный запуск ГВИ командой F(25) и ГВИ начинает отсчет заданных задержек.

2. В момент  $t_2$  ГВИ формирует сигнал ИП. Этот импульс подготавливает БИИП к измерениям.

3. В момент  $t_3$ , который должен быть задержан относительно момента  $t_2$  на  $3 \cdot 30$  мкс, ГВИ формирует сигналы СТАРТ и ИИ. Сигнал СТАРТ открывает тиристор, конденсатор разряжается, в колебательном контуре, образованном емкостью С и индуктивностью магнита  $L_m$ , возбуждаются гармонические колебания. В зазоре магнита появляется изменяющееся магнитное поле, генерирующее

ЭДС в датчике. Сигнал ИИ переводит БИИП в режим интегрирования входных сигналов, который будет длиться до подачи сигнала ЗАП1 (ЗАП2).

4. В момент  $t_4$  ГВИ формирует сигнал ЗАП1 (ЗАП2), который запрещает интегрирование. После этого в течение 50 мс осуществляется преобразование измеренного сигнала в цифровой код, который может быть прочитан из выходного регистра БИИП командой F(0).

Этот цикл может повторяться с изменяемым временем подачи импульса запрета интегрирования, пока не будет просканирован весь интервал времени, соответствующий сигналу.

#### 4. Практическая часть

##### 4.1 Допуск к работе

Для допуска к работе обучаемый должен ответить на следующие вопросы:

1. Принцип работы ГВИ-8.
2. Какой максимальный интервал времени может быть сформирован ГВИ-8?
3. Принцип работы БИИП-4.
4. Через какое время после окончания интегрирования входного сигнала БИИП закончит преобразование в цифровой код?
5. Форма представления результата измерения в БИИП-4. Как согласовать его с формой представления чисел в ЭВМ?

##### 4.2 Практические задания

1. Напишите программу, позволяющую наблюдать на экране осциллографа импульс ГВИ-8 (канал 6), задержанный на 100 мкс, относительно импульса синхронизации (канал 0).
2. Напишите программу измерения зависимости магнитного поля от времени. График полученной зависимости вывести на экран цветного дисплея.

1. Описание БИИП-4

Блок предназначен для преобразования интеграла входного сигнала в код. Прибор имеет токовый вход и для преобразования напряжения в ток требует внешнего резистора. Интервал интегрирования задается внешними импульсами синхронизации. На передней панели блока расположены 4 разъема типа CP50-73 для подключения источников сигнала, разъем контрольных точек и разъем синхронизации. Прибор выполнен в стандарте КАМАК. Ширина блока 2м.

Параметры БИИП-4

Разрядность	15+знак
Количество каналов	4
Дискретность измерений	$5,8 \cdot 10^{-6}$ кулон
Погрешность преобразования	0,02 %
Время преобразования	50 мс

функции КАМАК

- F(0)(K) - чтение кода канала номер K (0-3), сброс L. Результат измерения представлен прямым двоичным кодом, в младших 15 разрядах находится модуль числа, 16 разряд является знакомым, и при положительном сигнале равен 1.
- F(10)A(0) - сброс L.
- F(24)A(0) - блокировка L.
- F(26)A(0) - снятие блокировки L.

Сигналы X и Q равны 0 в течение 50 мс после импульса подготовки (во время выполнения преобразования). Сигналы Z, C, I не используются.

2. Описание ГВИ-8

ГВИ-8 предназначен для генерации восьми импульсов задержанных относительно импульса "запуск" или команды. Блок содержит 8 независимых каналов и выполнен в стандарте КАМАК, ширина - 2м. На передней панели ГВИ-8 размещены 8 выходных разъемов, 1 разъем - "запуск", 1 разъем - выход тактовой частоты.

Параметры ГВИ-8

разрядность	16
дискретность	$10^{-7}$ нс
нестабильность задержки	10 нс
длительность выходного импульса	1 мкс

функции камак

- F(3)A(0) - чтение кода канала с номером K, указанным в F(14), (код обратный).
- F(10)A(0) - сброс L.
- F(12)A(0) - перезапись информации из буферной ЗУ в счетчик, на время перезаписи исполнение команд F(16)A(K) блокируется (Q=0), так как перезапись производится автоматически в конце каждого цикла, команда F(12)A(0) может использоваться для оперативного изменения кодов задержек.
- F(14)A(K) - подготовка чтения канала номер  $0 \leq K \leq 7$ . Должна выполняться перед исполнением команды чтения, которую можно использовать только после появления сигнала L.
- F(16)A(K) - запись кода задержки в канал K буферной ЗУ.
- F(24)A(0) - запрет L.
- F(25)A(0) - старт ГВИ-8 от ЭВМ.
- F(26)A(0) - разрешение L.

На время рабочего цикла блокируется исполнение команд F(12)A(0), F(25)A(0), а сигнал Q=0.

## Библиографический список

1. Гозорков В.А. Электрические и магнитные поля. Г : 'Энергия', 1968.
2. Каргальцев В.В., Купар Э.А. Блок для измерения импульсных параметров БИИП-4 "Ц0640". Новосибирск, 1982 (Препринт АН СССР. Сиб. от-ние. Ин-т ядерной физики СО АН СССР; N 82-48).

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам практикума

"Технические средства автоматизации научных исследований"

( ТСАИИ )

ИЗМЕРЕНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Составители  
В.М.Голубенко,  
Е.Б.Левинев

---

Подписано в печать 6.07.89    Формат 60\*84 1/16.  
Печать офсетная. Уч.-изд.л. 8,75. Тираж 600 экз.  
Заказ № 734    Бесплатно.

---

Редакционно-издательский отдел Новосибирского  
университета; участок оперативной полиграфии  
НГУ; 630090, Новосибирск-90, ул. Пирогова, 2.