

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



Д-332

3/41-1
P9 - 9143

Ю.Н.Денисов, А.Н.Любенко, М.Чигак

4312/2-75

МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ОДИНАКОВО ПОВТОРЯЮЩИХСЯ ПРОЦЕССОВ
С ПОМОЩЬЮ ЦВМ

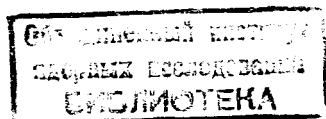
1975

P9 - 9143

Ю.Н.Денисов, А.Н.Любенко, М.Чигак

МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ОДИНАКОВО ПОВТОРЯЮЩИХСЯ ПРОЦЕССОВ
С ПОМОЩЬЮ ЦВМ

Направлено в ПТЭ



В большинстве случаев задача современного экспериментатора при исследовании какого-либо физического процесса сводится к обработке электрических сигналов, полученных тем или иным способом и несущих информацию о данном процессе, т.е., в конечном итоге, к обработке электрических сигналов, лежащих в широком амплитудно-временном диапазоне (амплитуда сигналов - от долей милливольт до нескольких сот милливольт, частотный диапазон - от постоянного тока до нескольких ГГц).

В настоящей работе описывается метод, позволяющий с помощью цифровой ЭВМ автоматически обрабатывать одинаково повторяющиеся электрические сигналы, поддающиеся стробоскопическому преобразованию. Система обработки сигналов, использующая данный метод, может входить как составная часть в системы автоматического регулирования, управления, коррекции, стабилизации и т.д.

Как известно, суть стробоскопического метода преобразования электрических сигналов заключается в преобразовании непрерывных повторяющихся сигналов в дискретные сигналы, амплитуда которых пропорциональна мгновенному значению исследуемого сигнала в точках преобразования¹. Описываемый метод основан на цифровом кодировании амплитуд этих дискретных сигналов и последующей записи кодов в ЦВМ.

Записанные в память ЦВМ данные могут быть подвергнуты соответствующей математической обработке, например, определение амплитудных, временных, фазовых характеристик процесса; проведение гармонического анализа процесса; сравнение двух или нескольких синхронных процессов; графическое изображение процесса и т.д.

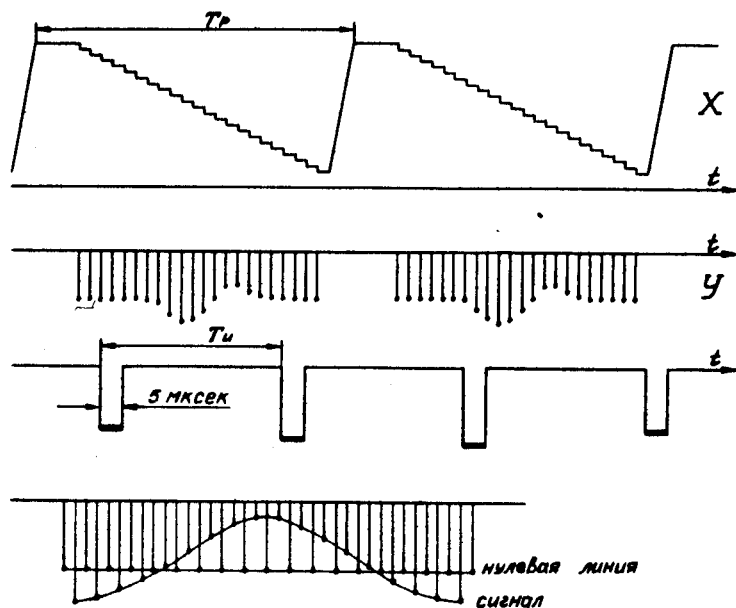


Рис. 2. Временная диаграмма сигналов X и Y осциллографа.

синхронизации осциллографа ставится управляемый синхронизатор. Он представляет собой делитель частоты входного сигнала с управляемым ключом на выходе, который пропускает синхроимпульс только после принятия от ЦВМ сигнала разрешения синхронизации.

Для обработки нескольких сигналов на вход осциллографа ставится коммутатор, состоящий из блока коммутирующих ключей и блока управления ключами, который, в свою очередь, управляется от ЦВМ. Требования к коммутирующим ключам вытекают из условий неискаженной передачи исследуемых сигналов на вход осциллографа. Нужный канал коммутатора устанавливается по команде ЦВМ. Кроме того, предусмотрено отключение всех каналов для получения "нулевой линии"

осциллографа, т.е. уровня стробов при отсутствии сигнала на входе осциллографа (см. рис. 2). Нулевая линия необходима не только для проведения некоторых расчетов (например, нахождение точек прохождения сигнала через ноль, вычисление площадей положительной и отрицательной частей сигнала и т.д.); она оказывается необходимой, чтобы скомпенсировать наводки в низкочастотном Y-тракте осциллографа. Для этого предусмотрено поочередное переключение исследуемого канала и нулевой линии от строба к стробу в течение всей развертки (это переключение осуществляет триггер нулевой линии). Вычитанием кодов двух соседних стробов (строба сигнала и строба нулевой линии) удастся скомпенсировать н.ч. наводки на внутренние цепи Y-тракта осциллографа. Из условия переключения каналов от строба к стробу вытекает требование к быстрдействию блока управления ключами; время переключения должно быть меньше $T_{и\ min} = 40 \text{ мкс}$. Возможность такого переключения позволяет в течение одной развертки обработать стробы нескольких сигналов вместе со стробами нулевой линии, что целесообразно и с точки зрения исключения нестабильностей в низкочастотном X-тракте осциллографа.

Связь ЦВМ с аппаратурой осуществляется по линиям 1,5,6,7,8,9,11 (см. рис. 1). Ввод информации в ЦВМ М-6000 производится с помощью 16-разрядного слова, причем код начала развертки (1) - на месте старшего разряда, код стробов (5) - в середине слова, код нулевой линии или сигнала (7) - на месте младшего разряда. Импульс готовности кода (6) взводит на интерфейсной карте триггер готовности, который при этом сбрасывает триггер разрешения. Триггер разрешения, выдающий при взводе код разрешения синхронизации (11), можно взводить только программно, при этом схемно сбрасывается триггер готовности. Вывод с интерфейса содержит код управления коммутатора (8) и коды для сигнализации ошибок (9). Код (8) содержит следующую информацию: код номера включаемого канала коммутатора, код отсутствия или необходимости

нулевой линии; код, определяющий режим работы коммутатора (автономный - от развертки осциллоскопа, управляемый - от ЦВМ). Код (9) включает световую и акустическую сигнализацию для привлечения внимания оператора в случае ошибочной ситуации.

Построенная таким образом система позволяет осуществить следующие режимы ее работы:

- а) режим наблюдения;
- б) режим калибровочного изображения;
- в) режим ввода и обработки данных в ЦВМ.

Режим наблюдения может быть вызван либо автономно - блокировкой линии (8) и запуском БУ разверткой осциллоскопа по линии (1), либо программно - от ЦВМ (например, в паузах, когда машина делает расчеты).

Режим калибровочного изображения необходим для того, чтобы установить пригодную для измерений картину на экране осциллоскопа с точки зрения четкой синхронизации, необходимых масштабов по осям X и Y.

Этот режим вызывается либо оператором перед началом измерений, либо от ЦВМ - в случае нарушения пригодности картины для измерений (с включением по линии (9) световой и акустической сигнализации).

Режим ввода и обработки данных также может быть вызван либо оператором с пульта ЦВМ, либо программно от ЦВМ. Приведем пример используемого алгоритма ввода данных в ЦВМ. Цикл ввода данных машина начинает с разрешения синхронизации (11), после чего ожидает начала развертки (1), ЦВМ задает номер измеряемого канала и фиксирует триггер нулевой линии в положении "нулевая линия", чтобы первый строб развертки был стробом нулевой линии (8). После сигнала готовности (6) код (5) вводится в машину и дается разрешение на ввод следующего строба. Проверяется признак введенного кода (7). Если признак не соответствует стробу нулевой линии, ввод прекращается и выдается диагностическое сообщение ошибки (9). При нормальной работе ожидается сигнал готовности следующего кода, который должен соответствовать коду первого строба измеряемого сигнала

в заданном канале. Проверяется признак строба сигнала, и при нормальной работе код нулевой линии вычитается машиной из кода сигнала, а результат записывается в первую ячейку памяти зарезервированного массива. Проверяется число введенных стробов, и если не все стробы введены, то повышается адрес ячейки в памяти на единицу и следует ввод и обработка следующей пары стробов. Это продолжается до тех пор, пока не будет обработано необходимое количество пар стробов развертки.

Описанный метод предусматривает возможность многократного введения информации в режиме накопления. Информация, полученная от нескольких разверток, суммируется в памяти, тем самым подавляется влияние на результат случайного шума.

Временная диаграмма процесса ввода информации в ЦВМ приведена на рис. 3. Стробы в осциллокопе образуются только в случае совпадения сигналов синхронизации и разрешения. Сигнал разрешения схемно сбрасывает триггер готовности, подготавливая его к приему импульса готовности кода. После кодирования АЦП выдает импульс готовности кода, взводящий триггер готовности, который сбрасывает триггер разрешения в положение блокировки синхронизации. Кроме того, импульсы готовности кода переключают триггер нулевой линии, чередуя тем самым стробы нулевой линии и стробы сигнала.

Если к моменту прихода импульса готовности кода ЦВМ закончила обработку предыдущего строба и готова принять новый код (как это показано в случаях А и Г), то новый код вводится сразу. После операции ввода программно взводится триггер разрешения в положение разрешения следующего строба. В случае Б машина не закончила обработку предыдущего строба, и поэтому код строба Б задерживается на выходе АЦП. Поскольку нет разрешения следующему синхроимпульсу В, он пропускается, и образование следующего строба вызывается синхроимпульсом Г.

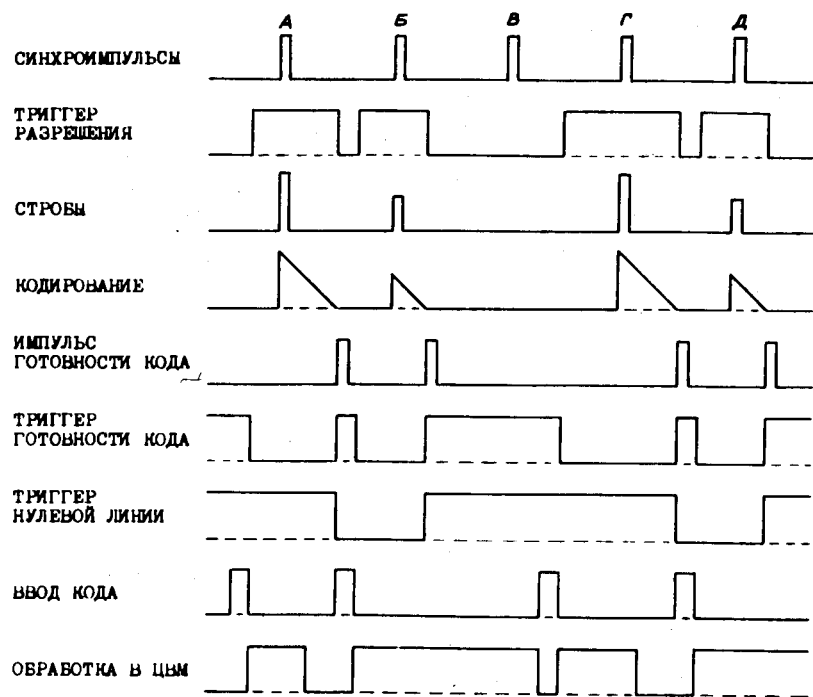


Рис. 3. Временная диаграмма процесса ввода данных в ЦМ.

Введенные таким образом данные обрабатываются по тем или иным алгоритмам - в зависимости от задачи. В конечном итоге, зная параметры стробоскопического преобразования (коэффициент усиления, временной масштаб) и характеристику преобразователя АЦП, можно математически рассчитать интересующие нас данные об исходном процессе в реальном масштабе.

В заключение приведем несколько примеров практического использования описанной системы измерений.

1. Для проведения фазовых измерений пучка на разных радиусах циклотрона проводилось выравнивание за-

держек высокочастотных кабелей длиной 30 м. Для этих измерений использовалось два канала коммутатора: по одному каналу передавалась опорная синусоида частотой $f = 40$ МГц через контрольный кабель, по другому - та же синусоида через кабель, задержка которого измерялась. Развертку выбрали таким образом, чтобы на ней уместился полупериод опорной синусоиды с точками пересечения с нулевой линией по краям развертки. Находя точки пересечения синусоид с нулевой линией в опорном и измеряемом каналах, определяли задержки кабелей с разрешением $\sim 0,015$ нс, что соответствует $\sim 0,25$ см кабеля.

2. Проводились фазовые измерения пучка на 12 радиусах циклотрона с применением в качестве датчиков индукционных пикап-электродов^{2,3}. Использовалось 13 каналов коммутатора (один канал - опорный, для опорного в.ч. напряжения с дуанта). Алгоритм переключений коммутатора был выбран таким образом, чтобы на одной развертке находились и опорная синусоида, и сигнал с пикап-электрода, и нулевая линия. Опробовалось два метода измерения фазы: геометрический и метод гармонического анализа. В первом методе фаза сигнала определялась в результате сравнения геометрических положений сигнала и опорной синусоиды на развертке. Во втором методе в результате гармонического анализа сигнала выделялась его 2-я гармоника и вычислялись ее амплитуда и фаза. По результатам многих измерений среднеквадратичная ошибка σ равна 2° . Погрешность работы аппаратуры в режиме измерения сдвига фазы стандартных сигналов составляла $\pm 0,1^\circ$.

Литература

1. Ю.А.Рябинин. Стробоскопическое осциллографирование "Советское радио", 1968.
2. В.Н.Аносов, Ю.Н.Денисов, А.Н.Любенко, М.Чигах. Препринт ОИЯИ, Р9-7339, Дубна, 1973.

3. Ю.Н.Денисов, А.Н.Любенко, М.Чигак. Препринт
ОИЯИ, Р9-9142, Дубна, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
2 сентября 1975 года.