

Ю. В. БОНДАРЕНКО

(Новосибирск)

ЭКСПРЕСС-ОБРАБОТКА ОСЦИЛЛОГРАММ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКОМУ ВЗРЫВУ ПРОВОДНИКОВ

Для понимания физических процессов, сопровождающих электрический взрыв проводников (ЭВП), существенный интерес представляет рассмотрение осциллограмм тока через взрывающийся проводник и напряжения на нем. Обработка этих осциллограмм при большом количестве экспериментального материала становится довольно трудоемкой и кропотливой операцией. Часто к тому же требуется провести эту обработку достаточно быстро, чтобы можно было изменить условия эксперимента для уточнения предполагаемых эффектов.

Поставленная задача экспресс-обработки осциллограмм с учетом имеющегося в нашем распоряжении оборудования решена нами в два этапа: 1) подготовка исходных данных; 2) обработка этих данных и вывод результатов.

Подготовка исходных данных осуществляется с помощью кодировщика, разработанного в СКБ НП совместно с ИАиЭ СО АН СССР. Принцип его работы поясняет рис. 1. Осциллограмма, снятая на фотопленку, проецируется в увеличенном виде на обратную сторону экрана 1, представляющего собой матовое стекло. Прицельная рамка 2, вручную перемещаемая по экрану, отслеживает осциллограмму, и координаты интересующих нас точек фиксируются на перфоленте; при этом число отсчетов на осциллограммах может быть произвольным и неодинаковым для разных осциллограмм и нет необходимости фиксировать значения тока и напряжения, соответствующие одним и тем же моментам времени. Перфорация дополнительной информации, необходимой для обработки (калибровка осциллограмм по амплитуде и времени и т. п.), осуществляется с пульта 3. Далее с помощью ЭВМ «Электроника-100» проводится предварительное редактирование исходной перфоленты с целью устранения ошибок перфорации и кодировки и вывод отредактированной перфоленты.

Отредактированные данные с перфоленты вводятся в ЭВМ ЕС-1020. Для обработки этих данных составлена соответствующая программа на языке FORTRAN.

Программа состоит из следующих разделов:

Ввод исходных данных. Вводятся массивы исходных данных, масштабные коэффициенты и некоторые константы (масса проводника, его начальное сопротивление и т. п.); проводится проверка последовательности отсчетов во времени.

Предварительная обработка исходных данных. Осуществляется приведение массивов напряжения U и тока I к одному началу во времени, поворот осей координат (системы координат на осциллограммах могут не соответствовать системе координат экрана кодировщика), умножение массивов на масштабные коэффициенты.

Для дальнейшей обработки вместо дискретных значений U и I , относящихся в общем случае к различным моментам времени, необходимо представить эти величины в виде непрерывных функций. С этой целью проводится интерполяция исходных массивов дискретных точек кубическими сплайнами [1].

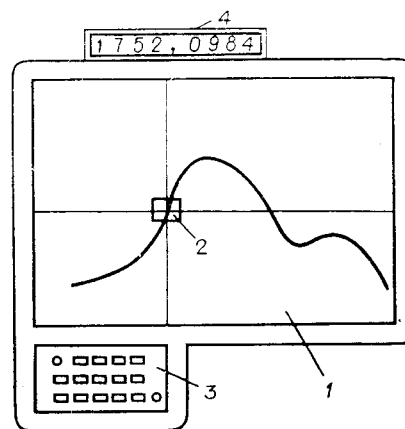


Рис. 1. Схема кодировщика:

1 — экран, 2 — прицельная рамка, 3 — пульт управления, 4 — индикатор положения прицельной рамки.

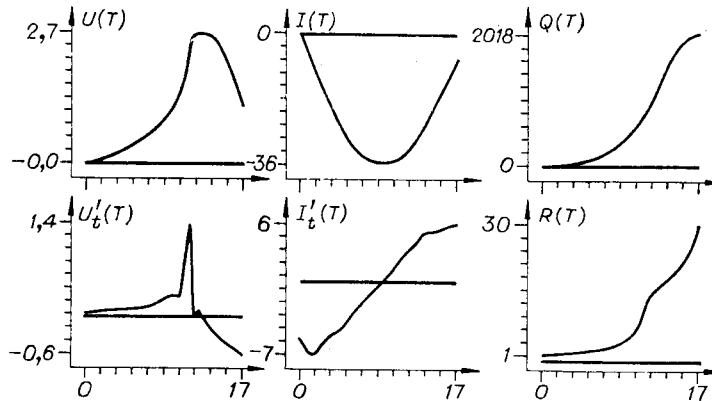


Рис. 2. Пример выдачи результатов обработки с помощью графопостроителя «Вектор».

Обработка исходных данных и вывод результатов. Представление исходных данных в виде непрерывных функций, имеющих к тому же непрерывные производные второго порядка, делает их удобными для обработки. Вычисляются величины U и I вместе со своими производными, соответствующие одним и тем же значениям времени; сопротивление проводника; величина энергии, введенной в проводник. На АЦПУ с заданным шагом по времени печатаются следующие массивы: T — время; U — напряжение на взрывающемся проводнике (ВП); I — ток в контуре; R — сопротивление ВП; Q — энергия, выделившаяся на ВП; U'_t, I'_t — производные от U и I по времени. Кроме того, с помощью графопостроителя «Вектор» [2] результаты выводятся в виде графиков (рис. 2).

Описанная выше система позволила существенно сократить время обработки полученных осциллограмм и облегчить весь процесс обработки. Представление результатов в виде массивов и графиков $R(T), Q(T), R(Q), U'_t(T), I'_t(T)$ позволяет получать информацию о характере протекания физических процессов в проводнике при вводе в него электрической энергии. Таким образом, можно считать, что часть поставленной задачи выполнена.

Следует заметить, что графики производных U'_t и I'_t получаются изломанными, «зашумленными», если отсчеты на осциллограммах взяты слишком часто. На рис. 3 вверху представлены кривые $U(T)$, восстановленные из исходной осциллограммы по 20 и 80 точкам; внизу даны соответствующие производные.

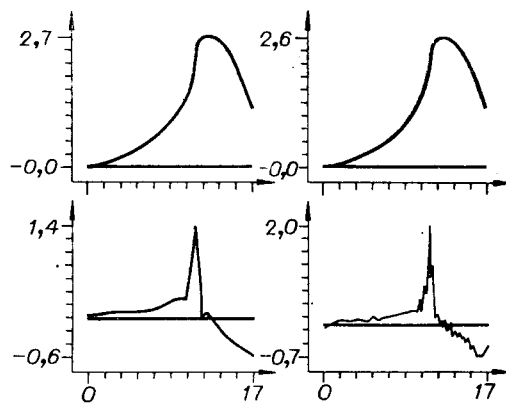


Рис. 3. Восстановление исходной осциллограммы:

слева — по 20 точкам, справа — по 80 точкам.

U и I проводятся через все исходные точки без сглаживания, при увеличении числа отсчетов возрастает влияние ошибок, связанных с округлением значений по осям координат, с неточной установкой прицельной рамки и конечной шириной линий на экране осциллографа. С другой стороны, увеличение числа отсчетов должно способствовать выявлению более тонких изменений тока и напряжения и их производных, связанных с характерными стадиями процесса. Поэтому в дальнейшем предполагается предусмотреть некоторую процедуру сглаживания, которая позволила бы убрать этот, не свойственный физическому процессу «шум» и в то же время не потерять характерных особенностей на исходных осциллограммах.

Автор выражает признательность В. М. Плясову и А. В. Логинову за помощь в составлении и отладке программы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марчук Г. И. Методы прикладной математики. Новосибирск, «Наука», 1973.
2. Гинзбург А. Н., Логинов А. В., Плясов В. М. Программное обеспечение в системе графического вывода. — «Автометрия», 1973, № 2, с. 108—111.

Поступило в редакцию 25 мая 1978 г.

УДК 681.327 : 681.3.06

Л. Г. КАМИНСКИЙ, С. В. КЛИМЕНКО, А. А. ЛЕБЕДЕВ,
Ю. В. МИХАЙЛОВ

(Серпухов)

СОПРЯЖЕНИЕ ЭВМ С ЗАПОМИНАЮЩИМ ГРАФИЧЕСКИМ ДИСПЛЕЕМ

В данной работе описывается программно-аппаратный комплекс сопряжения «дисплей — ЭВМ» [1], разработанный с учетом особенностей применения дисплея в «on line» экспериментах в физике высоких энергий [2]. Использовался графический дисплей с запоминанием "Tektronix-611", подключаемый к малой ЭВМ HP-2100.

В наших задачах основными элементарными объектами, подлежащими выводу на дисплей, являются векторы и символы, которые были взяты в качестве примитивов сопряжения дисплея с ЭВМ. Для эффективного использования дисплея с регенерацией необходим аппаратный генератор символов [3]. Системный анализ данного комплекса «дисплей — ЭВМ» с запоминанием, выполненный в работе [1], приводит к следующим выводам:

1. Поскольку дисплей обладает собственной памятью, то нет смысла предварительно буферизовать выводимую информацию в ЭВМ и использовать канал прямого доступа к памяти.

2. Генератор символов следует делать программным, поскольку в режиме «off line» изображение символа с помощью отдельного процессора не экономит полезное время ЭВМ, а лишь сужает выбор возможных шрифтов.

3. Генератор векторов намного проще делать цифровым, причем выполнять его в основном также программным путем.

Для вывода информации из ЭВМ на дисплей используется модифицированная стандартная интерфейсная карта «дуплексный регистр» [4], помещаемая в ЭВМ, и блок преобразователя «цифра — аналог» (ЦАП), вставляемый в каркас устройства [5] сопряжения ЭВМ с системой САМАС/СУММА и связанный с интерфейсной картой многожильным кабелем.

Блок преобразователя «цифра — аналог» состоит из двух блоков: собственно ЦАП и контроллера. Десятиразрядные ЦАП выполнены по стандартной схеме токовых ключей. Один из ЦАП используется для отклонения луча дисплея по оси X, другой — по оси Y. Контроллер имеет два десятиразрядных регистра, выполненных по схеме реверсивных счетчиков, допускающих занесение кода из ЭВМ, а также прибавление или вычитание единицы. Эти регистры, постоянно связанные с ЦАП, содержат X и Y координаты луча дисплея. Кроме того, в контроллере есть генератор импульсов подсвета луча и стирания изображения, а также схема управления.

Коды, поступающие из ЭВМ на вход контроллера, интерпретируются как команды. Распределение разрядов в команде следующее:

	15	14	13	12	11	10	9	0
ERASE	Z	LOAD	X/Y	DEC/INC	—	Координата		

- | | |
|---------------|---|
| ERASE | ==1 — стирание изображения |
| Z | ==1 — подсвет луча |
| LOAD | ==1 — загрузка регистров |
| LOAD | ==0 — выполнение команд DEC/INC в регистре |
| X/Y | ==1 — Y-координата |
| X/Y | ==0 — X-координата |
| DEC/INC | ==1 — увеличение на единицу содержимого указанного регистра |
| DEC/INC | ==0 — уменьшение на единицу содержимого указанного регистра |
| 10-й разряд | — не используется |
| 9—0-й разряды | — значение координаты, загружаемое в указанный регистр |