

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ И УЗЛОВ ЦВМ

Ю. А. Василенко, А. И. Вселюбский

Харьков

В данной статье предлагается метод получения в системе координат трех параметров областей, в которых испытываемый функциональный элемент (узел, блок) дискретного типа работает с заданной надежностью, и описано устройство, реализующее алгоритм предложенного метода.

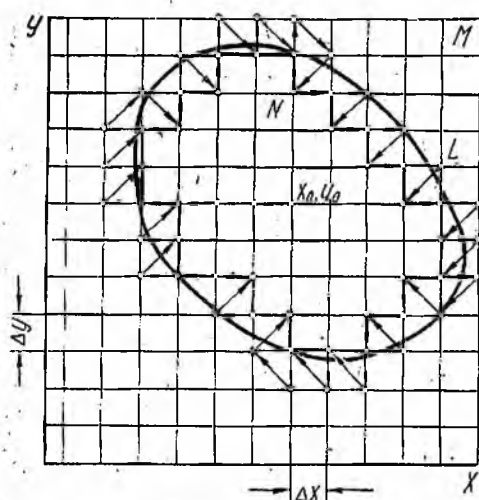


Рис. 1. Обход границ области в двухмерном сечении.

лит искомую область в системе координат трех параметров  $(X, Y, Z)$ , уравнение которой можно записать в виде

$$k = F(x, y, z) \geq P_1.$$

Таким образом, при определении области задача сводится к определению сечений.

Разобьем оси  $X$  и  $Y$  на  $n$  участков, каждую с шагом  $\Delta x$  и  $\Delta y$  соответственно (рис. 1). Пусть в начальный момент времени испытываемый элемент находится в состоянии, соответствующем координатам  $X_0, Y_0$ . Двигаясь шагами из точки  $X_0, Y_0$  параллельно оси  $Y(X)$ , пересечем гра-

Пусть в двухмерном пространстве параметров  $X, Y$  дано некоторое множество точек  $M$ , характеристикой которых является вероятность безотказной работы испытываемого элемента  $P$ . Точки с характеристикой  $P \geq P_1$  ( $P_1$  — заданное значение) объединены в подмножество  $N$ , границей  $L$  которого являются точки с характеристикой  $P = P_1$  (рис. 1). Будем полагать, что подмножество занимает односвязную замкнутую область<sup>1</sup>. Очевидно, такого рода области (сечения) можно получить для различных значений любого третьего фиксированного параметра  $Z$ . Необходимое количество сечений по параметру  $Z$  и опреде-

<sup>1</sup> Область может быть открытой, так как в этом случае речь идет о граничных точках, в окрестностях которых лежат точки, входящие в заданную область, и точки, не принадлежащие ей. Кроме этого, безграничное увеличение одного из параметров в реальных случаях ограничено физическими возможностями испытываемого объекта.

ницу. Отмечая пересечение, можно с точностью, определяемой величиной шага  $\Delta y$  ( $\Delta x$ ), определить границу области.

Высказанное предположение о характере области позволяет точки ее, не лежащие в непосредственной близости к границе  $L$ , не рассматривать, заменив исследование области изучением ее границ. Один из возможных методов нахождения границы  $L$  показан на рис. 1.

При обходе границы могут иметь место два случая.

I.  $r \in N$  и  $r \in L$ , где  $r$  — элемент множества  $M$ , и  $r \in N$  и  $r \in L$ .

II.  $r \in L$  и  $r \in N$

От характера повторений этих случаев зависит алгоритм обхода.

Алгоритм обхода (рис. 1) с направлением движения от точки  $(X_0, Y_0)$  влево и затем по часовой стрелке приведен в табл. 1. При выборе другого направления (например, вправо и против часовой стрелки) принцип построения алгоритма не изменяется.

Из рисунка и таблицы видно, что закономерность изменения параметров  $X$  и  $Y$  при обходе изменяется четыре раза, что соответствует повторению случая II.

Таблица 1

| Участок | Такты    |          |                                  | Примечание                                  |
|---------|----------|----------|----------------------------------|---------------------------------------------|
|         | $i-1$    | $i-1$    | $i+1$                            |                                             |
| I       | Случай I | Случай I | $x_i - \Delta x; y_i = c$        | Изменение направления обхода на $90^\circ$  |
|         | I        | II       | $x_i + \Delta x; y_i + \Delta y$ |                                             |
|         | II       | I        | $x_i - \Delta x; y_i = c$        |                                             |
|         | II       | II       | $x_i + \Delta x; y_i - \Delta y$ |                                             |
| II      | I        | I        | $x_i = c; y_i + \Delta y$        | Изменение направления обхода на $180^\circ$ |
|         | I        | II       | $x_i + \Delta x; y_i - \Delta y$ |                                             |
|         | II       | I        | $x_i = c; y_i + \Delta y$        |                                             |
|         | II       | II       | $x_i - \Delta x; y_i - \Delta y$ |                                             |
| III     | I        | I        | $x_i + \Delta x; y_i = c$        | Изменение направления обхода на $270^\circ$ |
|         | I        | II       | $x_i - \Delta x; y_i - \Delta y$ |                                             |
|         | II       | II       | $x_i + \Delta x; y_i = c$        |                                             |
|         | II       | II       | $x_i - \Delta x; y_i + \Delta y$ |                                             |
| IV      | I        | I        | $x_i = c; y_i - \Delta y$        | Изменение направления обхода на $360^\circ$ |
|         | I        | II       | $x_i - \Delta x; y_i + \Delta y$ |                                             |
|         | II       | I        | $x_i = c; y_i - \Delta y$        |                                             |
|         | II       | II       | $x_i + \Delta x; y_i + \Delta y$ |                                             |

Примечание. Записи алгоритма следует читать так: если за случаем I в  $(i-1)$ -м такте следует случай I в  $(i)$ -м такте, то в  $(i+1)$ -м такте параметры изменяются следующим образом:  $x_i - \Delta x; y_i = \text{const}$ .

Третье пересечение уровня, соответствующего координате, указывает на окончание цикла обхода.

Найдем необходимое число испытаний  $n$ , которое нужно провести с испытываемым элементом в любой точке области для определения ее надежностной характеристики  $P$ . Получить точное значение  $P$  — задача не реальная. Указание границ сопряжено с риском совершить ошибку, вероятность которой называют доверительным уровнем  $2\beta$  [1]. Обычно ограничиваются величиной  $2\beta = 0,01$ .

Ввиду того что вероятность  $P$  есть функция большого числа случайно изменяющихся параметров, можно с достаточной точностью вос-

пользоваться нормальным распределением. При этом с вероятностью  $w = 1 - 2\beta$  будет выполняться неравенство

$$|h - P| \leq g \sqrt{\frac{Pg}{n}},$$

где  $g = 2,58$  для  $2\beta = 0,01$  [1];

$h$  — частота положительных исходов,  $h = \frac{k}{n}$

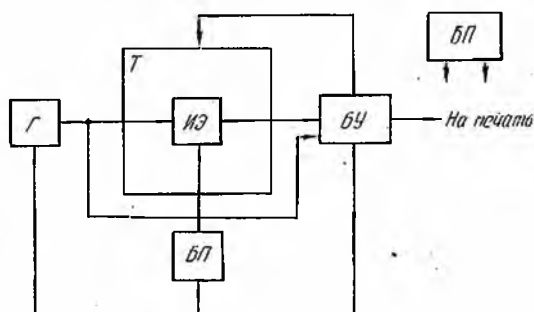


Рис. 2. Блок-схема устройства: Г — генератор; Т — термостат; ИЭ — испытываемый элемент; БП — блок питания; БУ — блок управления.

$k$  — число срабатываний испытываемого элемента,

откуда 
$$n = \frac{g^2(1-P)P}{(h-P)^2}.$$

При  $h = 0,9990 \pm 0,9997$  и  $P = 0,9987 \pm 0,9995$  число испытаний  $n$  колеблется от 50 до 80 тысяч.

На рис. 2 и 3 приведены одна из возможных схем эксперимента и структурная схема блока управления, реализующая описанный выше алгоритм. Остальными элементами устройства могут быть стандартные приборы и аппаратура, выбор которых зависит от параметров.

В качестве примера приводим устройство, позволяющее получить искомые области в пространстве координат трех параметров: температуры  $t$ , амплитуды входного сигнала  $I_{\text{вх}}$  и напряжения питания  $E_{\text{пит}}$ . Параметры  $I_{\text{вх}}$  и  $E_{\text{пит}}$  определяют сечения областей при фиксированных значениях третьего параметра  $t$ .

Остановимся более подробно на устройстве блока управления. Блок управления состоит из шести узлов.

**Формирователь тактовых импульсов ФТИ.** Вход ФТИ подключен непосредственно к выходу генератора задающих импульсов и представляет собой 16-разрядный двоичный счетчик, построенный на триггерах, выходы которых через тумблеры соединены со схемами И. Каждая из схем И имеет четыре входа, т. е. счетчик разбит на четыре группы. В свою очередь выходы четырех схем И соединены со входами одной схемы И, являющейся окончательным каскадом данного узла. При помощи ФТИ устанавливается пущное количество испытаний в каждой точке, по окончании которых на выходе появляется сигнал, определяющий такт работы устройства.

**Устройство выбора рабочей области УРО.** Вход его подключен к выходу испытываемого элемента ИЭ. Назначение узла заключается в определении числа срабатываний ИЭ и сравнении его с необходи-

мым минимальным числом срабатываний  $K_{\min}$  при котором частота положительных исходов

$$h \geq h_{\text{зад}} = \frac{k_{\min}}{n}$$

Число  $k_{\min}$  устанавливается при помощи тумблеров набора. Если  $k > k_{\min}$ , на выходе УРО появляется сигнал, говорящий о том, что ИЭ не вышел за границы заданной области.

*Распределитель импульсов РИ.* Положение сигнала на выходе  $X_1$

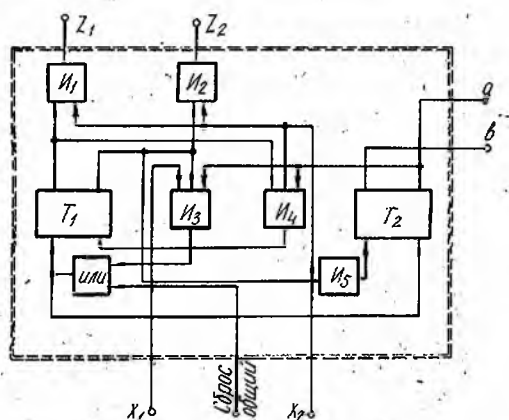


Рис. 4. Принципиальная схема автономного автомата.

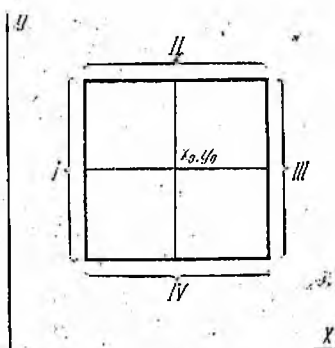


Рис. 5. Участки области в двумерном сечении.

соответствует наличию импульса на выходе УРО до момента прихода тактового импульса (заданная область). На выходе  $X_2$  сигнал появляется при отсутствии импульса на выходе УРО к моменту прихода тактового импульса (вне заданной области).

*Узел, реализующий алгоритм обхода границ заданной области в ее сечениях.* Он представляет собой конечный автомат. Автомат состоит из четырех идентичных схем (рис. 4)  $A_1$ — $A_4$  и группы вентилей.

Работа его описана табл. 2—5 (таблица состояний и выходов автомата, кодированные таблицы выходов, входов и состояний автомата соответственно).

Таблица 2

| $\rho$ | $\rho_1$             | $\rho_2$             |
|--------|----------------------|----------------------|
| $x$    |                      |                      |
| $x_0$  | $x_0$<br>$\lambda_3$ | $x_2$<br>$\lambda_1$ |
| $x_1$  | $x_0$<br>$\lambda_3$ | $x_1$<br>$\lambda_2$ |
| $x_2$  | $x_0$<br>$\lambda_3$ | $x_0$<br>$\lambda_2$ |

Таблица 3

| $x$      | $x_1$ | $x_2$ |
|----------|-------|-------|
| $\rho$   |       |       |
| $\rho_1$ | 1     | 0     |
| $\rho_2$ | 0     | 1     |

Границу  $L$  области сечения в соответствии с табл. 1 можно разбить на четыре участка (рис. 5). Обход каждого участка обеспечивается одним из автоматов, включение которых происходит последовательно в следующем порядке:  $A_1, A_2, A_3, A_4, A_1$ , что образует цикл.

Таблица 4

| $\lambda \backslash z$ | $z_1$ | $z_2$ |
|------------------------|-------|-------|
| $\lambda_1$            | 1     | 0     |
| $\lambda_2$            | 0     | 1     |
| $\lambda_3$            | 0     | 0     |

Таблица 5

| $x \backslash T$ | $T_1$ | $T_2$ |
|------------------|-------|-------|
| $x_0$            | 0     | 1     |
| $x_1$            | 1     | 0     |
| $x_2$            | 1     | 1     |

Параметры  $X$  и  $Y$  изменяются при помощи шаговых искателей. Шаговые искатели  $ШИ1$  и  $ШИ2$  служат для изменения параметра  $X$ , а  $ШИ3$  и  $ШИ4$  — для изменения параметра  $Y$ . Срабатывание  $ШИ2$  изменяет параметр  $X$  на величину  $\Delta x$  влево по оси  $X$ , срабатывание  $ШИ1$  изменяет параметр  $X$  на величину  $\Delta X$  вправо по оси  $X$ . Аналогично работают шаговые искатели  $ШИ3$  и  $ШИ4$ , где роль  $ШИ2$  выполняет  $ШИ4$ .

Работу шаговых искателей на каждом из участков показывают табл. 6—9.

Таблица 6

Участок I

| Такт | 0 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |
|------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $P$  | — | $P_1$ | $P_2$ | $P_1$ | $P_2$ | $P_1$ | $P_2$ | $P_1$ | $P_2$ |
| ШИ   | — | 2     | 1; 3  | 2     | 1; 3  | 1; 4  | —     | —     | —     |

Таблица 7

Участок II

| Такт | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $P$  | $P_1$ | $P_2$ | $P_1$ | $P_2$ | $P_2$ | $P_1$ | $P_1$ | $P_2$ | $P_2$ |
| ШИ   | 3     | 4; 1  | 3     | 4; 1  | 4; 2  | —     | —     | —     | —     |

Таблица 8

Участок III

| Такт | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $P$  | $P_1$ | $P_1$ | $P_2$ | $P_1$ | $P_2$ | $P_2$ | $P_1$ | $P_2$ | $P_2$ |
| ШИ   | 1     | 1     | 2; 4  | 1     | 2; 4  | 2; 3  | —     | —     | —     |

Матрица  $Y$  и матрица  $X$  — диодные матрицы, входы которых связаны с ломелями шаговых искателей, фиксируют точки обхода грани-

Таблица 9

Участок IV

| Такт | 17    | 18    | 19    | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $P$  | $P_1$ | $P_2$ | $P_1$ | $P_2$ | $P_2$ | $P_1$ | $P_1$ | $P_2$ | $P_2$ |
| ШИ   | 4     | 3; 2  | 4     | 3; 2  | 3; 1  | —     | —     | —     | —     |

цы  $L$ . Выходы заведены на стандартное цифropечатающее устройство, используемое для выпечатывания информации о каждом сечении в виде таблиц.

Счетчик ( $T_{35}$ ,  $T_{36}$ ) фиксирует третье пересечение координаты  $Y$ , выдавая сигнал «Конец цикла», по которому блок управления возвращается в первоначальное состояние и выдается команда на изменение третьего параметра  $Z$ .

Диапазон изменения параметров  $X$ ,  $Y$  определяется необходимыми условиями работы. Точность определения границ обуславливается величиной разбиения  $\Delta x$  и  $\Delta y$ .

Результаты испытаний по каждому сечению могут быть представлены в виде графиков (рис. 1).

Пусть мы имеем три сечения. Наложив их одно на другое и вписав в каждое показанным на рис. 6 методом четырехугольник, можно определить область, в которой ИЭ работает с заданной надежностью.

Естественно, что диапазоны изменения параметров выбирают различными в зависимости от технических возможностей их стабилизации. Кроме того, при необходимости можно поставить задачу об определении максимальной площади рабочего четырехугольника.

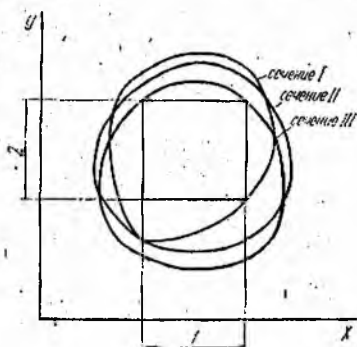


Рис. 6. Диапазон допустимых изменений параметров  $X$  и  $Y$ , соответствующий приведенным сечениям.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ван-Де-Варден. Математическая статистика. Физматгиз, 1957.
2. М. А. Айзерман, Л. А. Гусев и др. Логика, автоматы, алгоритмы. Физматгиз, 1963.
3. Е. Н. Вавилов, Г. П. Портной. Синтез схем электронных цифровых машин. Изд-во «Советское радио», 1963.