

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ НА НАДЕЖНОСТЬ БЕСКОНТАКТНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМАТИКИ

В. Н. Копаница, В. Г. Лобода

При оценке надежности различных сложных систем прежде всего необходимо установить надежность составляющих их элементов. Строго говоря, оценить надежность сложной системы можно по надежности элементарных составляющих. Если говорить об устройствах автоматики и телемеханики, то это электронные, ионные, полупроводниковые приборы, сопротивления и т. п.

Значительно снижает трудоемкость и повышает точность расчетов оценка надежности сложных систем по надежности отдельных функциональных узлов, которые сами являются сложными системами по отношению к названным выше элементам. Однако набор статистических данных по таким функциональным узлам — задача более трудная, чем определение надежности отдельных деталей устройств.

Настоящая статья посвящена описанию устройства для испытания на надежность бесконтактных элементов автоматики, выполняющих основные логические функции.

Конечной целью испытаний является получение частоты отказов $\alpha(t)$ и их интенсивность $\lambda(t)$. Для перехода от статистических понятий к вероятностным необходимо использовать возможно большее число испытываемых элементов, и испытательный стенд должен давать такую возможность.

В теории надежности различают постепенные и внезапные отказы, причем последние могут быть окончательными отказами и сбоями (самоустраняющиеся отказы). Предлагаемая схема позволяет фиксировать окончательные отказы и отказы, носящие характер сбоев. Наличие значительного числа испытываемых элементов вызывает необходимость во вспомогательных средствах для фиксации места отказов.

Известные авторам схемы делают неудобным испытание значительного числа элементов из-за отсутствия средств обнаружения места отказов, а если таковые существуют, то сильно усложняют конструкцию. Вместе с тем понятно, что любые усложнения схемы управления могут уменьшить достоверность данных, получаемых при испытаниях.

Далее, для нужд промышленной автоматики организована разработка и налажен выпуск стандартных логических элементов различных типов (полупроводниковых, магнитных и т. п.), выполняющих основные логические функции. Оценка надежности систем на таких элементах требует испытания всех этих ячеек.

В отличие от известных способов, где правильность выполнения испытываемым изделием функций сводится к сравнению реакции на воздействие с реакцией некоторого эталонного элемента или же сравнение реакции двух испытываемых элементов (при этом предполагается безотказность работы эталонного элемента или малая вероятность одновременного отказа пары элементов), более объективной оценкой функционирования является сравнение состояния входа и выхода опытного изделия. Это и использовано в описываемом устройстве.

На рис. 1 представлена функциональная схема стенда для испытания на надежность бесконтактных логических элементов (ЛЭ). Стенд состоит из обгоняющего устройства и счетчика — указателя места отказов, схемы определения окончательных отказов, счетчика сбоев и вспомогательных элементов. Устройство работает следующим образом.

Импульсы от задающего генератора ГИ через открытый при начальной установке клапан B_1 поступают в двоичный счетчик МО. В случае окончательного отказа по счетчику судят о месте отказа.

В качестве обгоняющего устройства используется матричный распределитель, число выходов которого ограничивается сверху по следующей причине. Так как испытание изделий проводится на их рабочей частоте, схема управления при наличии n испытываемых ячеек должна иметь верхний предел по частоте в n раз больший, чем рабочая частота изделий, что и ограничивает емкость распределителя.

Одновременно с подачей импульса на вход испытуемого элемента сигнал распределителя через собирательную схему ИЛИ_{вх} поступает на один из входов элемента сравнения ЭС. На другой его вход так же через собирательную схему ИЛИ_{вых} поступают импульсы с выхода элемента. Таким образом, элемент сравнения сравнивает состояние входов и выходов элементов.

Каждому входному импульсу при четкой работе изделий должен соответствовать выходной импульс. При отсутствии его элемент сравнения выдает сигнал на выходе b , что учитывается как сбой счетчиком сбоев.

В случае отказа схемы управления, т. е. при исчезновении входных импульсов, элемент сравнения выдает сигнал на выходе a . Этим сигналом через ячейку ИЛИ₁ опрокидывается триггер управления входом T_1 и прекращается доступ импульсов от генератора в счетчик и распределитель. Этим же триггером включается сигнал оператору. Специальный индикатор укажет, что останов стенда произведен из-за отказа схемы управления.

Чтобы избежать останова схемы из-за единичного сбоя схемы управления, установлен триггер контроля $T_{к2}$, который обеспечивает останов стенда после второго сбоя за цикл. Так как в процессе работы схемы возможно постепенное накопление сбоев в схеме управления, в конце каждого цикла триггер контроля $T_{к2}$ возвращается в исходное состояние. На этот момент клапан $B_{к2}$ закрывается.

Для удобства эксплуатации стенда останов последнего нужно производить только при окончательном отказе изделия. Это достигается схемой определения окончательных отказов, работа которой состоит в следующем.

В момент сбоя в счетчике места отказа записан двоичный код номера элемента. По сигналу, поступающему с выхода b элемента сравнения,

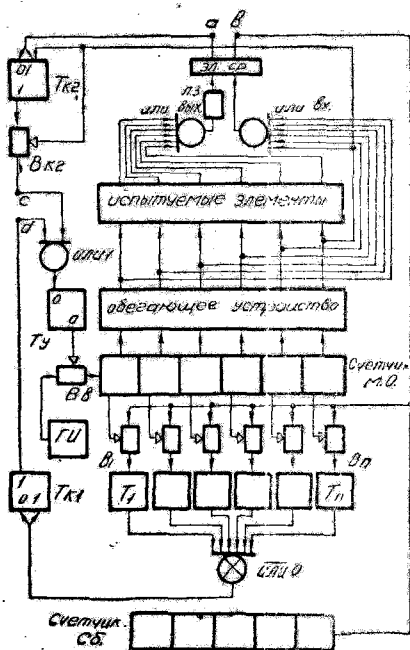


Рис. 1. Функциональная схема устройства

производится параллельный перенос этого числа в линейку триггеров памяти $T_{a1} - T_{an}$. Если следующий сбой наступает в том же элементе, то при переносе номера этого элемента в триггеры памяти на вход инвертора ИЛТИ, не поступит никакого сигнала. При этом на его выходе возникает импульс, останавливающий схему.

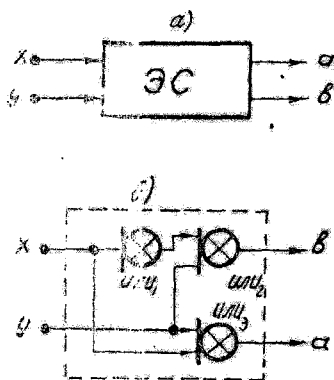


Рис. 2. Структура элемента сравнения.

Если следующий сбой произошел в другом элементе, то в линейку триггеров памяти будет записываться новое число. При этом инвертор сигнала не выдает. В случае необходимости можно допустить появление нескольких сбоев подряд в одном элементе, установив контрольный триггер T_{a1} , который остановит схему после второго подряд сбоя на одном элементе. Однако при этом необходимо вводить поправку в показания счетчика сбоев.

Назначение и роль элемента сравнения ЭС указывалось ранее; логическая же его структура становится понятной из следующих рассуждений.

Пусть X — сигнал, соответствующий

входным сигналам испытуемых элементов, Y — сигнал, соответствующий их выходным сигналам (рис. 2, а). Назначение выходов a и b ранее упоминалось.

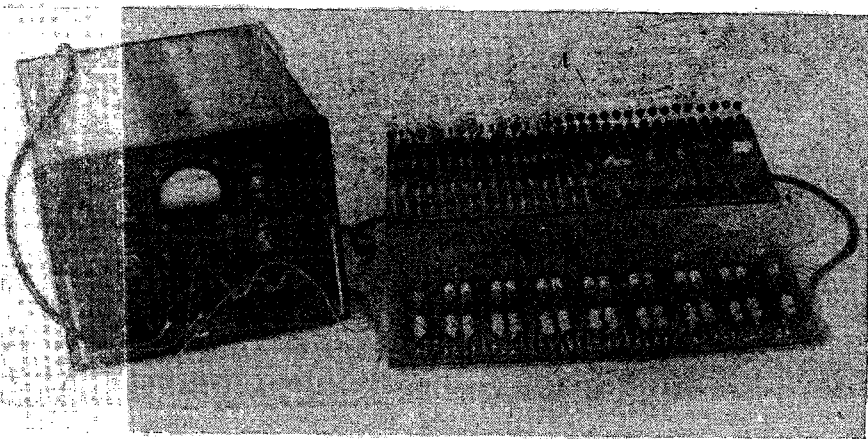


Рис. 3. Общий вид устройства.

Используя положения алгебры логики работу схемы сравнения можно описать следующим образом:

$$XY = 0,$$

$$X\bar{Y} = b,$$

$$\bar{X}Y = a.$$

Выражение $\bar{X}\bar{Y}$ в данном случае не имеет смысла.

Для удобства физической реализации совершим известные равносильные преобразования:

$$\begin{aligned} XY &= 0, \\ \overline{\overline{X}} + Y &= b, \\ \overline{X + Y} &= a. \end{aligned}$$

На рис. 2, б показана структурная реализация этих выражений. Предлагаемая структурная схема стенда позволяет испытывать на надежность ячейки *И*, *ИЛИ*, элементы памяти (триггеры), элементы кратковременной памяти (одновибраторы). Схема управления не изменяется. Испытываемые элементы в зависимости от их логической функции устанавливаются определенным образом. В элементах *И* имеющиеся входы соединяются параллельно, при испытании элементов *ИЛИ* каждый вход проверяется отдельно. Установка элементов кратковременной памяти также не вызывает затруднений, и лишь при испытании триггеров необходимо по одному его входу воздействовать импульсом от оббегающего устройства, по второму входу триггер будет возвращаться в исходное состояние предыдущим элементом.

Если нужно, останов работы стенда можно производить после каждого сбоя. Это может понадобиться, например, при испытании партии элементов, в которой отдельные группы находятся в различных условиях, при необходимости фиксировать место сбоя.

Предлагаемый стенд не претендует на выполнение всей многогранной задачи испытания на надежность бесконтактных ЛЭ, но открывает в этом направлении значительные возможности.

Безусловно, специфика испытаний ЛЭ различных типов (магнитных, полупроводниковых и т. д.) потребует в каждом случае определенного исполнения структурной схемы стенда.

Описанная блок-схема построена на полупроводниковых приборах и предназначена для испытания полупроводниковых логических элементов (рис. 3).