

индекс 3624

**ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ**  
**ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

ЕФИ-557(44)-82

В.А.ВАГАРШАКЯН, Г.Г.МКРТЧЯН  
ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

ԵՐԵՎԱՆ 1982 ԵՐԵՎԱՆ

Контроль технического состояния эксклюотируемой электроники с применением дополнительных устройств является эффективным средством повышения ее надежности. В данной работе приведены разработки технических средств контроля, предназначенных для диагностирования состояния системы измерения параметров пучка и регистрирующей электроники установки по электророжению частиц  $\bar{e}$ . Принцип функционирования вышеуказанной системы подробно описан в работах [5,6].

Для аналоговой части измерительной системы разработан блок тестового контроля с классификатором, действующим по принципу байесовского решающего правила. Блок-схема системы приведена на рис.1.

Генератор прямоугольных импульсов нагружен на светодиод АА 305 А, инфракрасное излучение от которого имитирует пучок. Полупроводниковый датчик (сканистор) установлен на дистанционно управляемом механизме, с помощью которого можно изменить его положение относительно падающего излучения, тем самым изучать зависимость формы и амплитуды сигнала от места попаданий на датчик. При нормальном функционировании измерительной электро-

ники сигнал на его выходе имеет форму, показанную на рис.2.

Этот сигнал поступает на вход классификатора, который оценивает состояние измерительного блока по принципу "годен - не годен".

Поступая на вход блока I, информационный сигнал стробируется импульсами от генератора строб-импульсов [I]. В результате на выходе получают 10 импульсов, огибающая амплитудных значений которых повторяет форму входного сигнала. Эти импульсы через линейные ворота, управляемые строб-импульсами, поступают на вход дифференциальных усилителей ДУ<sub>I</sub>-ДУ<sub>10</sub>, в которых происходит сравнение выборочных значений входного сигнала с эталонным. Эталонные значения входного сигнала с высокой точностью подбравшись переменными сопротивлениями R<sub>1</sub>-R<sub>10</sub>, средние точки которых подключены с инверсными входами ДУ<sub>I</sub>-ДУ<sub>10</sub>.

Степень работоспособности контролируемого объекта характеризуется величиной относительного отклонения характеристики

$$C_i(t) = [f_i(t) - f_{i_{\text{эт}}}(t)] / \Delta$$

где  $f_i(t)$  и  $f_{i_{\text{эт}}}(t)$  - действительное и эталонное значения входного сигнала,  $\Delta a$  - допуск в  $i$ -ой точке. Выходы дифференциальных усилителей подключены к входам блока 2, выходной сигнал которого определяется выражением X

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n}$$

X - среднееарифметическая сумма отклонений в n точках входного сигнала. Если X больше допустимого уровня, то на выходе блока 3 появляется сигнал нуля, в обратном случае - единица. Логические уровни "0" и "1" определяют работоспособность измерительного блока, где "0" определяет класс негодных, а "1" класс год-

ных состояний системы. Нетрудно заметить, что пороговое устройство (блок 3) работает как классификатор, обеспечивающий разделение состояний системы на два класса. Один из важных моментов настройки данной системы контроля заключается в выборе величины порога срабатывания порогового устройства. Если выбрать порог  $\lambda > |x - a| = \Delta a$ , где  $\Delta a$  допустимая величина отклонений выходного сигнала измерительного блока, то из-за ухода параметров самой системы может произойти ошибочная запись измеряемой информации. В этом случае мы потеряем пучковое время, выделенное на эксперимент. С другой стороны, если выбрать  $\lambda < \Delta a$ , то за счет влияния помех пороговое устройство может фиксировать ложную информацию о негодном состоянии измерительного блока. В последнем случае оператору придется лишний раз проверить аппаратуру. Потери для первого и второго случаев, соответственно будут  $C_1$  и  $C_2$ . Требуется найти такое решающее правило для порогового устройства, чтобы потери были минимальные. Это классическая задача математической статистики решается методом байесовского правила.

Пусть,  $H_0$  представляет гипотезу, состоящую в том, что в измерительной системе нет неисправности.  $H_1$  представляет гипотезу, состоящую в том, что в системе есть неисправность. Будем считать, что величина выходного сигнала измерительной аппаратуры в каждый момент измерения представляет случайную величину с нормальным законом распределения:

$$A \sim N(a, \sigma^2),$$

где  $a$  - величина выходного сигнала в интервале  $T_2$ .

$\sigma^2$  - дисперсия, величину которой выберем из условия  $\sigma = \frac{A-a}{3}$ , где  $A$  - величина максимальных отклонений  $f_i(t)$ . Сигнал на

выходе порогового устройства представляет сумму  $x = A + \xi$ , где  $\xi$  - сигнал помехи, который принимается в виде нормального распределения с нулевым математическим ожиданием и дисперсией

$$\xi \sim N(0, S^2).$$

Сигнал  $X$  - как сумма двух случайных величин с нормальными распределениями также будет иметь нормальное распределение с параметрами

$$X \sim N[a, (\sigma^2 + S^2)].$$

Величина  $S^2$  определяется по выражению  $S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ , где  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ , а  $x_i$  - результат наблюдений в интервале  $T_e$ . На рис.3 приведены кривые распределений для случайных величин  $A$  и  $X$ . Если значение случайной величины  $X$  такое, что  $|x - a| > \lambda$ , то отвергается нулевая гипотеза  $H_0$ . Известно, что оптимальное значение для порога срабатывания  $\lambda$  можно вычислить из выражения  $R$

$$R = C_1 \cdot \alpha + C_2 \cdot \beta,$$

где  $R$  - риск принятия решения,  $\alpha$  - вероятность того, что ошибочно выбрана гипотеза  $H_0$ , в то время, как справедлива гипотеза  $H_1$ ,  $\beta$  - вероятность того, что ошибочно выбрана гипотеза  $H_1$ .  $P_0$  и  $P_1$  - априорные вероятности исправности измерительной аппаратуры. По результатам статистических испытаний получено  $P_0 = 0,95$  и  $P_1 = 0,05$ . Величины  $\alpha$  и  $\beta$ , соответственно, равны заштрихованным площадям, показанным на рис.3.

$$\alpha = \frac{2}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{a+\lambda}^{\infty} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx \quad \beta = \frac{2}{\sqrt{2\pi} \sqrt{\sigma^2 + S^2}} \int_a^{a+\lambda} e^{-\frac{(x-a)^2}{2(\sigma^2 + S^2)}} dx$$

Вставляя  $\alpha$  и  $\beta$  в выражение  $R$  получим

$$R = \frac{P_0 C_1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{a+\lambda}^{\infty} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx + P_1 C_2 \frac{2}{\sqrt{2\pi} \sqrt{\sigma^2 + S^2}} \int_a^{a+\lambda} e^{-\frac{(x-a)^2}{2(\sigma^2 + S^2)}} dx$$

Приравнявая  $\frac{dR}{d\lambda}$  к нулю, находим такую величину  $\lambda$ , при которой  $R$  достигает минимального значения

$$\lambda = \left[ \frac{2\sigma^2(\sigma^2 + S^2)}{S^2} \ln \frac{P_0 C_1 \sqrt{\sigma^2 + S^2}}{P_1 C_2 \sigma} \right]^{\frac{1}{2}}.$$

Как видно из полученного выражения, выбор оптимальной величины  $\lambda$  зависит от дисперсии наложенного шума  $S^2$  при условии, чтоходы параметров самой измерительной аппаратуры представляют стационарный процесс.

Рассмотрим теперь систему тестового контроля многоканальной дискретной электроники, функциональная схема которой приведена на рис.4. Она состоит из генератора заданного числа импульсов, преобразователя последовательного кода в параллельный цифровой код и счетчика числа импульсов. При включении генератора тестовых импульсов оператор устанавливается необходимое число проверяемых каналов. В этом случае генератор начинает непрерывно выдавать импульсы заданного количества, которые поступают на вход преобразователя последовательного кода в параллельный. На выходах  $1, 2, \dots$  получаем кодовые наборы  $(1, 0, 0, \dots, 0), (1, 1, 0, 0, \dots, 0), (1, 1, 1, 0, \dots, 0)$  и т.д. Выходы преобразователя нагружены на светодиоды (АЛГО.5), установленные напротив регистрирующих датчиков каждого канала. В рассматриваемом случае в системе регистрации используются фотоэлектронные умножители (ФЭУ-87).

Таким образом, число тестирующих импульсов на входе каждого канала соответствует его номеру. Если многоканальная система, начиная от первичных датчиков до входных регистров, функционирует нормально, то на счетчиках каждого канала должна появляться цифра, соответствующая его номеру.

Как видно из рис. 4, для получения последовательности импульсов от  $n$  до  $1$  выходные импульсы каждого канала поступают на вход следующего через небольшую логическую схему, выполненную на одном триггере и двух элементах **2И-НЕ**.

В современной экспериментальной физике элементарных частиц число каналов необходимой дискретной электроники порядка десяти тысяч что делает возможным, по предложенному методу создать экономную и эффективную систему тестового контроля для достаточно больших  $n$ . Одновременный опрос всех  $n$  каналов позволяет намного повысить эффективность диагностирования по сравнению с другими методами последовательного опроса, а непрерывный повтор тестирующего кода обеспечивает высокую достоверность информации диагностирования.

Определим эффективность диагностирования  $n$  канальной электроники с помощью предложенной системы. В качестве критерия эффективности выберем отношение  $\frac{T_1 \mathfrak{N}(n)}{T_2}$ , где  $T_1$  - время проверки состояния одного канала.  $T_2$  - время диагностирования  $n$  каналов с помощью предложенной системы. Известно, что для диагностирования  $n$  независимых каналов, для обнаружения одиночных неисправностей, минимальное количество проверок равно

$$\mathfrak{N}(n) = \lceil \log_2 n \rceil + 1.$$

Следовательно, необходимое время для обнаружения одиночных неисправностей в  $n$  канальной электронике будет  $T_1 \lceil \log_2 n \rceil + 1$

Нетрудно заметить, что для систем с большим количеством каналов отношение  $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{T_1 \lceil \log_2 n \rceil + 1}{T_2} \rightarrow \infty$ , так как время  $T_2$  такого же порядка, что и  $T_1$ . К достоинству предложенной системы необходимо отнести и тот факт, что она нечувствительна к количеству возникших неисправностей и что для обнаружения  $K$  неисправностей  $1 \leq K \leq n$  не требуется дополнительного времени. Это связано с тем обстоятельством, что система обеспечивает одновременно параллельный опрос всех  $n$  каналов.

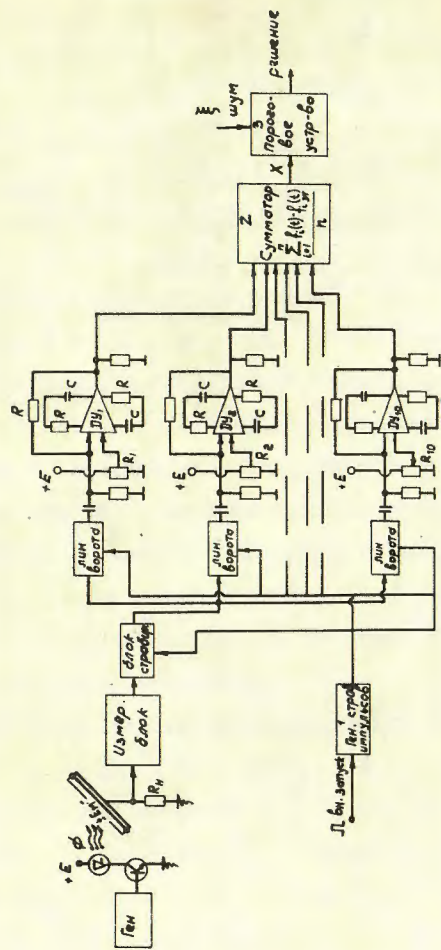


Рис. 1

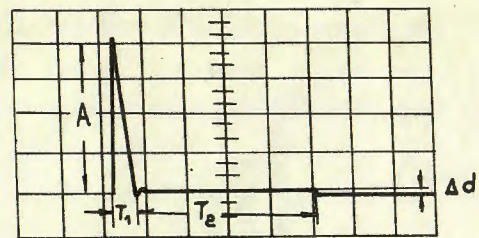


Рис. 2

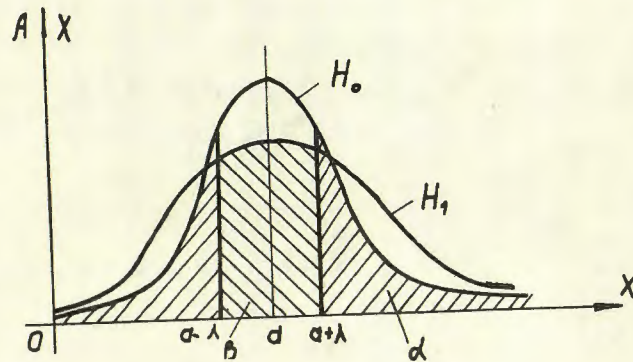


Рис. 3

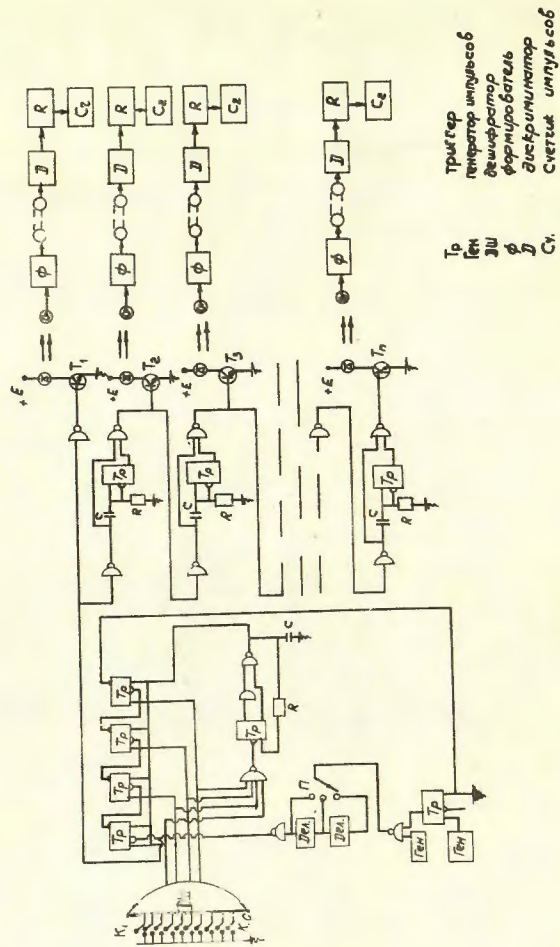


Рис. 4

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блинов И.Н., Гаскаров Д.Ф., Мозгалевский А.В. Автоматический контроль систем управления. М.: Энергия, 1968.
2. Мозгалевский А.В., Гаскаров Д.В. Техническая диагностика. М.: Высшая школа, 1975.
3. Горелик А.Л., Скрипкин В.А. Методы распознавания. М.: Высшая школа, 1977.
4. Касаткин А.С., Кузьмин И.В. Оценка эффективности автоматизированных систем контроля. М.: Энергия, 1967.
5. Багдасарян Д.С., Мкртчян Г.Г. и др. Труды IУ конференции молодых ученых ЕРФИ. Нор-Амберд, 1979.
6. Вагаршакян В.Д., Мкртчян Г.Г. Использование полупроводникового сканистора для исследования параметров электронного вывода. Препринт ВТИ-436(43)-80, Брестан 1980.

Рукопись поступила 11 марта 1982 г.

Редактор Л.П.Мукаян  
Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ 249

ВФ- 05283

Тираж 299

---

Препринт ВФИ

Формат издания 60x84/16

Подписано к печати 22/VI-82

I, Уч. изд. л. Ц. 15 к.

---

Издано Отделом научно-технической информации  
Ереванского физического института, Ереван 36, Маркаряна 2