

УДК 621.371

**РЕГИСТРАЦИЯ СБОЕВ В РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЕ****Люминарская Екатерина Станиславовна,**

к.т.н., доцент кафедры ФН7 МГТУ им. Н.Э. Баумана,

e-mail: lyuminarskaja.caterina@yandex.ru

**Аннотация**

Рассмотрено применение тестовых кодов для нахождения сбоев в электронной аппаратуре, работа которой описывается дифференциальными уравнениями. Предложенная методика обнаружения сбоев и предсбойных состояний может быть использована для различных машин с кодо-импульсным управлением. Приведен пример обнаружения скрытых дефектов в контуре, состоящем из катушки индуктивности и активного сопротивления.

**Ключевые слова:** сбой, индуктивность, кодо-импульсное управление, бессбойность, скрытый дефект.

**REGISTRATION OF FAILURES IN RADIO-ELECTRONIC APPARATUS****Lyuminarskaya Ekaterina Stanislavovna,**

Ph.D., Associate Professor of the Department of FN7 at the Bauman Moscow State Technical University,

e-mail: lyuminarskaja.caterina@yandex.ru

**ABSTRACT**

The article discusses the use of test codes to find failures in electronic equipment that is described by differential equations. The proposed method for detecting failures and pre-failure states can be used for various pulse-code controlled machines. An example is given of detecting hidden defects in a circuit consisting of an inductor and an active resistance.

**Keywords:** failure, inductance, pulse-code control, fault-free operation, hidden defect.

Для повышения надежности работы исполнительных механизмов желательно проводить анализ сбойных состояний в электронной аппаратуре [1-4]. Фиксация и анализ сбоев имеют большое значение для объектов ракетной, космической и авиационной техники, отказы которой могут приводить к катастрофическим аварийным ситуациям. Сбой - это нарушение нормального функционирования машины, которое самостоятельно устраняется. Сбои в работе электронной аппаратуры могут приводить к искажению передаваемого сигнала, хранимой информации и, в конечном итоге, к отказу.

Причинами сбоев и предсбойных состояний являются дефекты электронных компонентов и внешние воздействия, например, увеличение напряжения источников питания, изменение температуры, вибрация и др.

Исследованию сбоев в электронной аппаратуре посвящено много работ [5-8], из которых следует, что существует достаточно методов, позволяющих фиксировать сбои и определять их источники.

Для фиксации сбоев используются контактные и бесконтактные методы. В бесконтактном методе измеряются электромагнитные поля сбойных участков. В контактных методах исследуются измененные электрические сигналы.

В цифровых вычислительных машинах и в машинах с кодо-импульсным управлением для обнаружения сбоев используются коды Хемминга, Боуза-Чоудхури-Хоквингема, Рида-Соломона и др. [1,6,8]. Диановым В.Н. предложен метод тестовых кодов [2,3] для различных механизмов с цифровым управлением, который заключается в подаче электрических сигналов. Электрические сигналы имеют прямоугольную или гармоническую форму и подаются в определенные моменты времени в соответствии с числовым кодом. Сбой определяется путем сравнения среднего значения выходного сигнала с эталонным значением.

Тестовый код представляется набором единиц и нулей. Если значение равно 1, то в течение времени  $\tau$  подается прямоугольный сигнал, если значение равно 0 – сигнал отсутствует. На рис.1 приведен вид сигнала с кодом 10100100. Период сигнала равен  $T=8\tau$ .

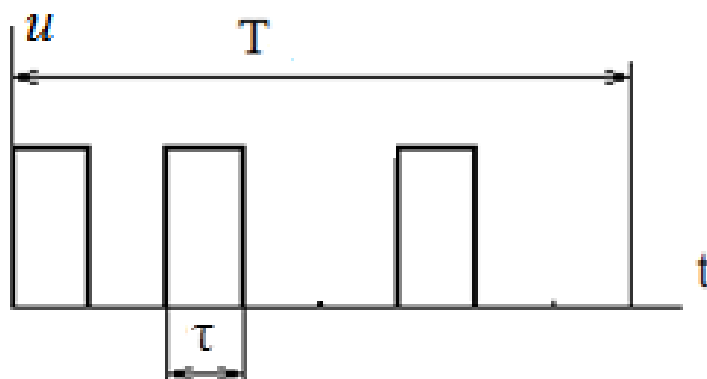


Рис. 1. Сигнал с кодом 10100100

Исследование использования кодовых сигналов для нахождения сбоев в электронных элементах электрических цепей первого порядка рассмотрено в работах Дианова В.Н. [1,3,5]. Для указанных объектов автором получено оптимальное значение длительности импульса  $\tau=2,1\tau_1$ . Здесь  $\tau_1$  – постоянная времени при воздействии ступенчатого сигнала. Для обнаружения сбоя на объект управления постоянно подаются сигналы с различными кодами. Фиксация сбоя осуществляется по отклонению среднего значения напряжения от эталонного значения  $u_{cp}/u_{cp}^*$ . Здесь  $u_{cp}$  – среднее значение напряжения на активном сопротивлении реального объекта,  $u_{cp}^*$  – среднее значение напряжения эталонного объекта.

Необходимо отметить, что разные коды могут иметь одинаковые средние значения напряжений. Поэтому по среднему значению напряжения нельзя идентифицировать все кодо-импульсные сигналы и, следовательно, обнаружить различные сбои, которые могут появляться в электронной аппаратуре.

В настоящей работе для выявления сбойных и предсбойных состояний предлагается применять значение относительного среднеквадратического отклонения действующего напряжения от эталонного значения

$$\delta = \frac{\sqrt{\int_{t_n}^{t_n+T} [u(t) - u^*(t)]^2}}{u_{cp}^*} \cdot 100\% \quad (1)$$

где  $T$  – период повторения кодовой последовательности;  $t_n$  – время переходного процесса;  $u_{cp}^*$  – среднеквадратическое значение эталонного сигнала;  $u(t)$  – напряжение на анализируемом объекте;  $u^*(t)$  – напряжение на идеальном объекте, т.е. на объекте, работающем без сбоя.

Рассмотрим использование предложенного критерия обнаружения сбоев (1) для контура, состоящего из катушки индуктивности и активного сопротивления (рис. 2).

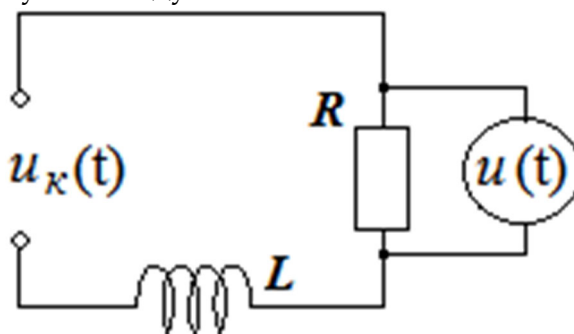


Рис.2. Схема исследуемого объекта

Кодо-импульсный сигнал  $u_k(t)$  подается от источника. Напряжение на активном сопротивлении определяется из дифференциального уравнения первого порядка.

Реакция системы на кодо-импульсный сигнал с кодом 10100000 приведена на рис. 3.

Представленная на рис. 3, а зависимость является эталонным сигналом  $u^*(t)$  для данной кодовой последовательности. Если в результате сбоя код последовательности входного сигнала  $u_k(t)$  изменился и принял значение 10010000, то выходное напряжение  $u(t)$  будет отличаться от эталонного сигнала  $u^*(t)$  (см. рис. 3, б).

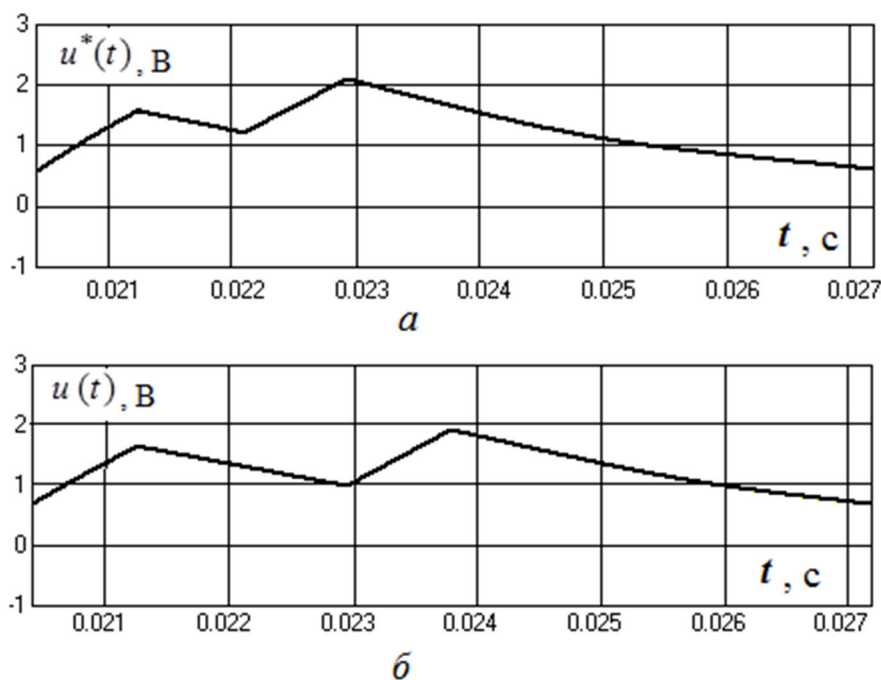


Рис.3. Реакция системы на входной сигнал с кодом 10100000 (а) и измененный от сбоя сигнал с кодом 10010000 (б)

Эталонный сигнал  $u^*(t)$  и реальный сигнал  $u(t)$ , полученный в результате сбоя, имеют равные средние значения  $u_{\text{ср}} = u^*_{\text{ср}} = 1,25 \text{ В}$ . Поэтому в рассматриваемом случае невозможно обнаружить сбой по среднему значению напряжения. В случае полного совпадения полученного реального выходного сигнала  $u(t)$  с эталонным сигналом  $u^*(t)$  предложенный критерий  $\delta$  будет равен нулю. Для рассматриваемых системы расхождение выходного и эталонного сигналов составило  $\delta=25\%$ .

#### Заключение

По среднему значению выходного сигнала не всегда можно обнаружить различные сбои в электронной аппаратуре.

Предложен критерий обнаружения сбоев методом тестовых кодов, который основан на вычислении среднеквадратического отклонения выходного сигнала от эталонного сигнала.

#### Список литературы:

1. Питерсон У., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки: Пер. с англ. – М.: Мир, 1976.
2. Дианов В.Н. Диагностика сбоев в электронной аппаратуре // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия “ Приборостроение”. – 2007. – №2. – С. 16–47.
3. Dianov V.N. The concept of improving the reliability of non-destructive testing equipment // 10th Europ. Conf. on Non-Destructive Testing (ECNDT) . – Moscow, 2010.
4. Контроль функционирования больших систем / Под ред. Г.П. Шибанова. – М.: Машиностроение, 1977.
5. Дианов В. Н. Исследование кодо-импульсного управления исполнительными асинхронными двухфазными двигателями. Автореф. дис. канд. техн. наук. – М.: МАИ, 1973.
6. Р. Лонгботтои. Надежность вычислительных систем пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1985.

7. Киселев В.В., Кон. Е. Л. , Шековцев О. И. Автоматизация поиска дефектов в цифровых устройствах. – Л.: Энергоатомиздат, 1986.
8. Кочанов Ю.Н., Увайсов С.У. и др. Методика выявления скрытых дефектов интегральных схем и аппаратуры // «Надежность и контроль качества. Ежемесячное приложение к журналу "Стандарты и качество". – 1994. – № 11. – С. 19-31

**References:**

1. Peterson W., Weldon E. Error-Correcting Codes: Transl. from English. – М.: Mir, 1976.
2. Dianov V.N. Diagnostics of Failures in Electronic Equipment // Bulletin of the Bauman Moscow State Technical University. Series "Instrument Engineering". – 2007. – No. 2. – Pp. 16-47.
3. Dianov V.N. The concept of improving the reliability of non-destructive testing equipment // 10th Europ. Conf. on Non-Destructive Testing (ECNDT) . – Moscow, 2010.
4. Control of the functioning of large systems / Ed. by G.P. Shibanov. – М.: Mechanical Engineering, 1977.
5. Dianov V. N. Research of code-pulse control of executive asynchronous two-phase motors. Abstract of the thesis of the candidate of technical sciences. – М.: MAI, 1973.
6. R. Longbottoi. Reliability of computing systems. Translated from English. – М.: Energoatomizdat, 1985.
7. Kiselev V.V., Kon. E. L. , Shekovtsev O. I. Automation of defect search in digital devices. – Л.: Energoatomizdat, 1986.
8. Kofanov Yu.N., Uvaisov S.U. et al. Methodology for detecting hidden defects in integrated circuits and equipment // "Reliability and quality control. Monthly supplement to the journal "Standards and quality". – 1994. – No. 11. – P. 19-31.