

средства с механической коробкой, целесообразно использовать центральную синхронизацию включаемых элементов, а также моторный тормоз при включении смежной высшей передачи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кусяк, В. А. Проектирование автоматизированных мехатронных систем управления силовым агрегатом грузовых автомобилей и автопоездов / В. А. Кусяк, О. С. Руктешель. – Минск: БНТУ, 2015. – 296 с.

Представлено 20.04.2022

УДК 629.33-025.13(06)

## **ОЦЕНКА БЕЗОТКАЗНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ АВТОМОБИЛЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ**

### **RELIABILITY CALCULATION OF ELECTRONIC DEVICES OF THE AUTOMOBILE WHEN DESIGNING**

**Дыко Г. А.**, канд. техн. наук, доц.,  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь  
H. Dyko, Ph.D. in Engineering, Associate professor,  
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

*Рассмотрены подходы и модели для вероятностной оценки показателей безотказности электронных устройств автомобилей при проектировании. Приведен пример расчета показателей безотказности конкретного устройства.*

*Approaches and models for probabilistic estimation reliability indicators of electronic devices of cars. An example of calculating the reliability indicators of a particular device during design is given.*

Ключевые слова: Безотказность, электронное устройство, автомобиль, проектирование, вероятностная оценка показателей.

Keywords: Reliability, electronic device, car, design, probabilistic estimation of indicators.

## ВВЕДЕНИЕ

Комплексное свойство «надежность» в зависимости от назначения технического объекта и условий его применения может включать сочетания простых свойств: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость. Для элементов электронных устройств основным и наиболее важным является безотказность. Из терминов безотказности следует выделить наработку элемента и его отказ. Различают наработки: до первого отказа, на отказ и до предельного состояния (ресурс). Отказы бывают независимые и зависимые, явные и неявные, полные и частичные, устойчивые и временные, конструкционные, производственные и эксплуатационные.

## ОЦЕНКА БЕЗОТКАЗНОСТИ ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА

При вероятностной оценке безотказности электронного устройства применяют определенные схемы реализации отказов: мгновенных повреждений (внезапный отказ), накапливающихся повреждений (постепенный отказ), релаксаций (накопление повреждений и потом скачок), действия нескольких независимых причин. Для прогноза безотказности устройства опираются на теоретические распределения случайных величин – чаще всего экспоненциальное и Вейбулла для внезапных отказов, которые являются предпочтительными для электронных элементов [2].

В практике проектирования современных автомобилей для их электронных устройств в основном оценивают вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, среднюю наработку до отказа, относительную и среднюю частоты отказов и коэффициент нагрузки элемента. Для восстанавливаемых устройств также используют среднюю наработку на отказ и среднее время восстановления работоспособности.

При высоких показателях надежности элементов применяют резервированные устройства и последовательные схемы соединения элементов (рисунок 1). Вероятность безотказной работы (ВБР) устройства при экспоненциальном распределении наработки, если известны ВБР элементов, записывается [3].

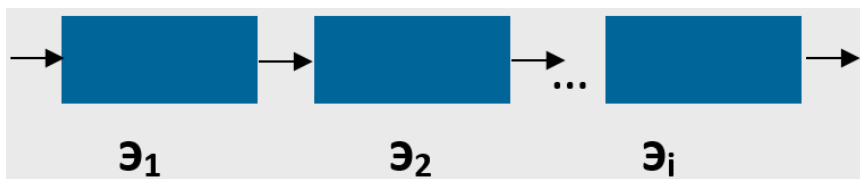


Рисунок 1 – Последовательная схема соединения элементов

$$P_y(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t).$$

Для  $i$ -го элемента ВБР можно рассчитать [4]:

$$P_i(t) = e^{-\bar{\lambda}_i t},$$

где  $\bar{\lambda}_i$  – средняя интенсивность отказов элементов;  $t$  – наработка.

При постоянных интенсивностях отказов элементов ВБР устройства:

$$P_y(t) = e^{-\bar{\lambda}_y t},$$

где  $\bar{\lambda}_y$  – средняя интенсивность отказов устройства ( $\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda} \cdot N_0$ );  $\bar{\lambda}$ ;

$N_0$  – средняя интенсивность отказов элементов и их число.  
Средняя наработка до отказа:

$$\bar{T}_1 = \frac{1}{\bar{\lambda}_y}.$$

Пример расчета показателей безотказности электронного устройства [1].

Исходные данные: Количество элементов устройства  $N_0 = 35$ ; интенсивность отказов элементов  $\lambda = 1,4 \cdot 10^{-6}$  1/ч; продолжительность эксплуатации  $t = 500$  ч.

Последовательность расчета. Определяется средняя интенсивность отказов устройства:

$$\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda} \cdot N_0 = 1,4 \cdot 10^{-6} \cdot 35 = 0,000049.$$

Рассчитывается вероятность безотказной работы электронного устройства:

$$P_y(t) = e^{-\lambda_y t} = e^{-0,000049 \cdot 500} = 0,976.$$

Определяется средняя наработка до первого отказа устройства:

$$\bar{T}_1 = \frac{1}{\lambda_y} = 1 / 0,000049 = 20408 \text{ ч.}$$

При недостаточной безотказности электронных устройств вынужденно используют устройства с резервированием и параллельным подключением дополнительных элементов. Резервирование – метод повышения надежности устройства за счет введения резервных ветвей и элементов. Это позволяет создать надежные устройства из элементов недостаточной надежности. Различают резервирование: общее и раздельное, смешанное и др. По способу включения резерва выделяют постоянное резервирование и замещение элемента. Элементы резерва могут быть в нагруженном состоянии, облегченном состоянии и ненагруженном состоянии. Существует понятие кратности резервирования [2, 3].

Электронные устройства работают под управлением программ. Надежность программного обеспечения влияет на надежность электронных устройств и должна учитываться при ее оценке. Различают программы информационно-диагностические, автоматического и автоматизированного управления механизмами и системами автомобиля. Особенности эксплуатации программ: длительная работа, сложные условия работы (переменные температуры, влажность, вибрации и др.), возможность наличия дефектов в программах, приводящих к сбоям и отказам электронного устройства [5].

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены особенности вероятностной оценки безотказности электронных устройств автомобилей и приведен пример расчета показателей безотказности конкретного устройства. Отмечены условия применения электронных устройств с резервирова-

нием и влияние надежности программного обеспечения на их безотказность.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дыко, Г. А. Надежность автомобильных электронных систем: практикум / сост. Г. А. Дыко. – Минск: БНТУ, 2018. – 35 с.

2. Ямпурин, Н. П. Основы надежности электронных средств / Н. П. Ямпурин, А. В. Баранова. – М.: Академия, 2010. – 237 с.

3. Рябинин, И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем / И. А. Рябинин. – СПб.: Издательство СПбУ, 2007. – 278 с.

4. Тюриков, В. Л. Теоретические основы надежности: учеб. пособие / В. Л. Тюриков. – М.: Издательство МО РФ, 1999 – 132 с.

5. Афанасьев, В. Г. Методы анализа надежности и критичности отказов сложных систем / В. Г. Афанасьев, В. А. Зеленцов, А. Н. Миронов. – М.: Издательство МО РФ, 1992. – 100 с.

Представлено 14.04.2022