

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования**

**«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ  
СООБЩЕНИЯ»**

Одобрена на заседании кафедры  
«Железнодорожная автоматика, телемеханика и связь»

Протокол № \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Горелик  
(подпись, Ф.И.О.)

**Кафедра:** «Железнодорожная автоматика, телемеханика и связь»

(название кафедры)

**Авторы:** Ермакова О.П., к.т.н., доц.

(ф.и.о., ученая степень, ученое звание)

**ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ №1  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Безопасность технологических процессов и технических средств на  
железнодорожном транспорте »**

---

(название дисциплины)

**Направление/специальность: 190901.65. Системы обеспечения движения  
поездов**

(код, наименование специальности /направления)

**Профиль/специализация: «Автоматика и телемеханика (СА)»,  
«Телекоммуникационные системы и сети железнодорожного транспорта  
(СТ)», «Электроснабжение железных дорог (СЭ)»**

**Квалификация (степень) выпускника: специалист**

**Форма обучения: заочная**

Москва 2015 г.  
**ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ**

Цель контрольной работы - закрепить знания, полученные студентами, при изучении дисциплины.

Прежде чем приступать к выполнению контрольной работы студент должен тщательно проработать материал соответствующих разделов курса.

Контрольная работа выполняется на листах формата А4. На титульном листе должны быть указаны наименование дисциплины, данные студента и его учебный шифр. Вариант исходных данных контрольной работы выбирается по двум последним цифрам учебного шифра. В контрольной работе должны быть приведены исходные данные, схемы и формулы, поясняющие ход решения, графики, а также сделаны выводы.

Проверенная и допущенная к защите контрольная работа предъявляется преподавателю на защите. Без защиты контрольной работы студент не допускается к сдаче экзамена.

**ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ И МЕТОДИЧЕСКИЕ  
УКАЗАНИЯ К ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЮ**

Предложено два варианта построения микропроцессорных СЖАТ:

1. Двухканальная (дублированная) система с безопасным сравнением (рис.1,а).
2. Трехканальная (мажоритарная) система (рис.1,б)

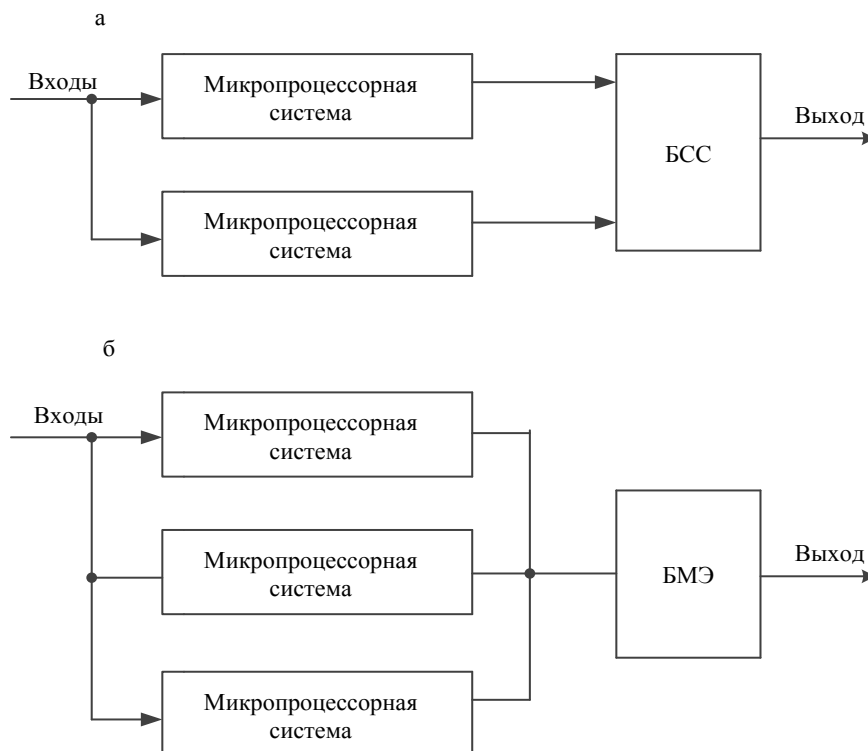


Рисунок 1. Схемы построения микропроцессорных СЖАТ

Используя графический метод, определить какой из предложенных вариантов эффективнее с точки зрения надежности и безопасности.

Интенсивность отказов микропроцессорной системы  $\lambda \cdot 10^{-6}$ , 1/ч определяется по последней цифре шифра студента.

Время работы системы  $t \cdot 10^3$ , ч определяется по сумме двух последних цифр шифра студента.

Длительность машинного цикла микропроцессорной системы  $\tau$ , мс – предпоследняя цифра шифра студента.

В двухканальной системе две одинаковые микропроцессорные системы работают параллельно во времени. Их аналогичные выходные сигналы сравниваются безопасной схемой сравнения (БСС). Сигнал на управление формируется только при совпадении соответствующих сигналов обеих микропроцессорных систем. Такую систему называют также системой "два из двух" (сокращенно системой «2 ∨ 2»).

В таблице 1 приведены состояния системы в зависимости от состояний каналов. Один канал будем называть системой "один из одного" или системой «1 ∨ 1». Схема БСС считается абсолютно надежной. Система работоспособна только в том случае, если работоспособны обе микропроцессорные системы. Это означает, что с точки зрения безотказности соединение каналов - логически последовательное. Система переходит в опасное состояние, если неработоспособны обе микропроцессорные системы. В этом случае может оказаться, что неправильные значения одноименных выходных сигналов обоих каналов совпадают, и система выдает неправильное воздействие на управляемые объекты. Следовательно, с точки зрения безопасности соединение каналов - логически параллельное. К самим микропроцессорным системам не предъявляются требования безопасности, то есть их отказы не делятся на защитные и опасные.

Таблица 1. Состояния двухканальной системы

№ п/п	Состояние		Состояние системы «2 ∨ 2»
	Микропроцессорная система 1	Микропроцессорная система 2	
1	Работоспособное	Работоспособное	Работоспособное
2	Работоспособное	Неработоспособное	Защитное
3	Неработоспособное	Работоспособное	Защитное
4	Неработоспособное	Неработоспособное	Опасное

Если известна интенсивность отказов  $\lambda$  одной микропроцессорной системы, то, показатели безотказности одного канала рассчитываются по формулам:

$$P_{1 \vee 1}(t) = e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

$$Q_{1 \vee 1}(t) = 1 - e^{-\lambda t}, \quad (2)$$

$$T_{1 \vee 1} = \frac{1}{\lambda}. \quad (3)$$

Показатели безотказности системы «2 ∨ 2» определяются по формулам:

$$P_{2 \vee 2}(t) = P_1(t)P_2(t) = e^{-2\lambda t}, \quad (4)$$

$$Q_{2 \vee 2}(t) = 1 - e^{-2\lambda t}, \quad (5)$$

$$\lambda_{2 \vee 2}(t) = 2\lambda, \quad (6)$$

$$T_{2 \vee 2} = \frac{1}{2\lambda}. \quad (7)$$

Показатели безопасности системы "два из двух", согласно таблицы 1, вычисляются по формулам:

$$Q_{\text{оп}2 \vee 2}(t) = Q_1(t)Q_2(t) = (1 - e^{-\lambda t})^2, \quad (8)$$

$$P_{\text{Б}2 \vee 2}(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda t})^2 = 2e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t}, \quad (9)$$

$$\lambda_{\text{оп}2 \vee 2}(t) = -\frac{P'_{\text{Б}2 \vee 2}(t)}{P_{\text{Б}2 \vee 2}(t)} = \frac{2\lambda(1 - e^{-\lambda t})}{2 - e^{-\lambda t}}, \quad (10)$$

$$T_{\text{оп}2 \vee 2} = \int_0^{\infty} P_{\text{Б}2 \vee 2}(t) dt = \int_0^{\infty} (2e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t}) dt = \frac{2}{\lambda} - \frac{1}{2\lambda} = \frac{3}{2\lambda}. \quad (11)$$

В трех канальной (мажоритарной) микропроцессорной системе три одинаковые микропроцессорные системы С1, С2 и С3 работают параллельно во времени. Их аналогичные выходные сигналы сравниваются безопасными мажоритарными элементами (БМЭ). Значение сигнала на выходе БМЭ совпадает со значением сигналов на большинстве входов.

В таблице 2 приведены состояния системы «2 ∨ 3» в зависимости от состояний каналов. Схема БМЭ считается абсолютно надежной.

Таблица 2. Состояния мажоритарной системы

№	С1	С2	С3	«2 ∨ 3»	Вероятность $i$ -го события $P_i(t)$
0	Р	Р	Р	Р	$e^{-3\lambda t}$
1	Р	Р	Н	Р	$e^{-2\lambda t} - e^{-3\lambda t}$
2	Р	Н	Р	Р	$e^{-2\lambda t} - e^{-3\lambda t}$
3	Р	Н	Н	О	$e^{-\lambda t} - 2e^{-2\lambda t} + e^{-3\lambda t}$
4	Н	Р	Р	Р	$e^{-2\lambda t} - e^{-3\lambda t}$
5	Н	Р	Н	О	$e^{-\lambda t} - 2e^{-2\lambda t} + e^{-3\lambda t}$
6	Н	Н	Р	О	$e^{-\lambda t} - 2e^{-2\lambda t} + e^{-3\lambda t}$
7	Н	Н	Н	О	$1 - 3e^{-\lambda t} + 3e^{-2\lambda t} - e^{-3\lambda t}$

Из таблицы 2 следуют принципы работы мажоритарной системы «2 ∨ 3»:

- система работоспособна, если работоспособны хотя бы два блока из трех;
- при отказе двух блоков система переходит в опасное состояние;
- защитных состояний не существует.

Показатели безотказности системы "два из трех", согласно таблицы 2, вычисляются по формулам:

$$P_{2\vee 3}(t) = P_0(t) + P_1(t) + P_2(t) + P_4(t) = 3e^{-2\lambda t} - 2e^{-3\lambda t}, \quad (12)$$

$$\lambda_{2\vee 3}(t) = -\frac{P'_{2\vee 3}(t)}{P_{2\vee 3}(t)} = \frac{6\lambda(1 - e^{-\lambda t})}{3 - 2e^{-\lambda t}}, \quad (13)$$

$$T_{2\vee 3} = \int_0^{\infty} P_{2\vee 3}(t) dt = \int_0^{\infty} (3e^{-2\lambda t} - 2e^{-3\lambda t}) dt = \frac{3}{2\lambda} - \frac{2}{3\lambda}. \quad (14)$$

Поскольку все отказы системы «2 ∨ 3» являются опасными, то имеют место равенства

$$P_{2\vee 3}(t) = P_{Б2\vee 3}(t), \quad (15)$$

$$\lambda_{2\vee 3}(t) = \lambda_{оп2\vee 3}(t), \quad (16)$$

$$T_{2\vee 3} = T_{оп2\vee 3}. \quad (17)$$

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В., Шаманов В.И. Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта./Под ред. Вл.В. Сапожникова. - М.: Маршрут, 2003.-263 с.

2. 1. Шалягин Д.В., Шубинский И.Б. Надежность и безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики // Автоматика, связь и информатика. 2005. №2. С. 23...26.

3. Шалягин Д.В., Коннова Т.В. Безопасные микропроцессорные системы с функциональным резервированием // Автоматика, телемеханика и связь. 1995. №8. С. 23...25.