УДК 656.25.62-192

К. А. БОЧКОВ, доктор технических наук, С. Н. ХАРЛАП, кандидат технических наук, Д. Н. ШЕВЧЕНКО, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ НА БЕЛ. Ж.Д. МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ЦЕНТРАЛИЗАЦИЙ

Приводится технология и пример определения показателей надежности микропроцессорных централизаций стрелок и сигналов. Проведен сравнительный анализ безотказности и безопасности структуры двух микропроцессорных централизаций «іпуть» и «ESA-11», эксплуатируемых на Бел. ж.д.

В настоящее время на Белорусской железной дороге (Бел. ж. д.) эксплуатируются в основном морально и физически устаревшие релейные системы электрической централизации стрелок и сигналов. В 2003–2007 гг. Белорусским государственным университетом транспорта совместно с Дорожным конструкторско-техническим центром Бел. ж. д. была разработана микропроцессорная система электрической централизации стрелок и сигналов (МПЦ) «іпуть», которая с мая 2007 г. находится в опытной эксплуатации на станции «Ипуть». В это же время на станции «Полоцк» была включена в эксплуатацию МПЦ «ESA-11» производства «АЖД Прага» Республики Чехия.

Определение истинных значений показателей надежности современных МПЦ – сложная задача из-за ограничений используемых математических моделей и отсутствия достоверной информации о надежности используемой элементной базы и программного обеспечения. Вместе с тем, представляет практический интерес сравнительный анализ структур и показателей надежности МПЦ «іпуть» и «ESA-11» при тождественных исходных данных.

При проведении сравнительного анализа двух МПЦ необходимо учитывать следующие особенности систем:

– многоуровневое построение;

– использование микроэлектронной и микропроцессорной элементной базы;

– релейный интерфейс с исполнительными объектами;

– восстанавливаемость подсистем;

– функционирование в периоде нормальной эксплуатации (с постоянной интенсивностью отказов);

– использование диверситетного программного обеспечения;

– наличие средств самодиагностики.

Следует отметить, что неработоспособные состояния систем железнодорожной автоматики и телемеханики разделяются на опасные и защитные, а используемая концепция безопасности предполагает то, что одиночные дефекты и отказы аппаратных и программных средств не должны переводить системы железнодорожной автоматики и телемеханики в опасные состояния и должны обнаруживаться с заданной вероятностью на рабочих или тестовых воздействиях не позднее, чем в системе возникнет очередной дефект или отказ (рисунок 1) [7, 12].

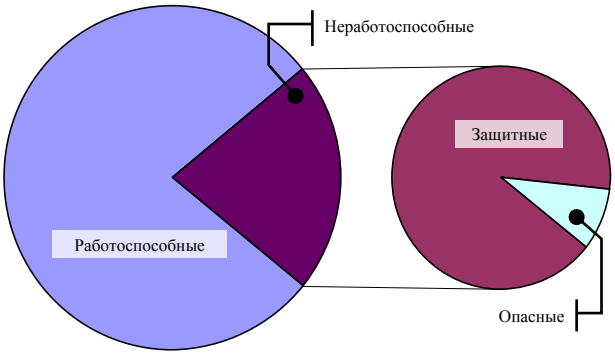


Рисунок 1 – Состояния систем железнодорожной автоматики и телемеханики

МПЦ «іпуть» как и «ESA-11» имеет трехуровневую структуру и включает в себя резервированное (в ненагруженном режиме) автоматизированное рабочее место дежурного по станции (АРМ ДСП 1 и АРМ ДСП 2) и резервированные двухканальные подсистемы управляющего и исполнительного уровней (комплект 1 и комплект 2, рисунок 2). В существующей конфигурации МПЦ «іпуть» имеет 112 выходов управления и 224 входа сигнализации. При увеличении количества блоков сопряжения исполнительного уровня возможно использование МПЦ «іпуть» на станциях с количеством стрелок до 80. Данное ограничение связано с производительностью используемых на управляющем уровне промышленных компьютеров с системой естественного охлаждения. Применение промышленных компьютеров с много-

ядерными процессорами и горизонтальное развитие структуры позволяет расширить область применения МПЦ «іпуть» на железнодорожные станции с бóльшим количеством объектов управления и контроля.

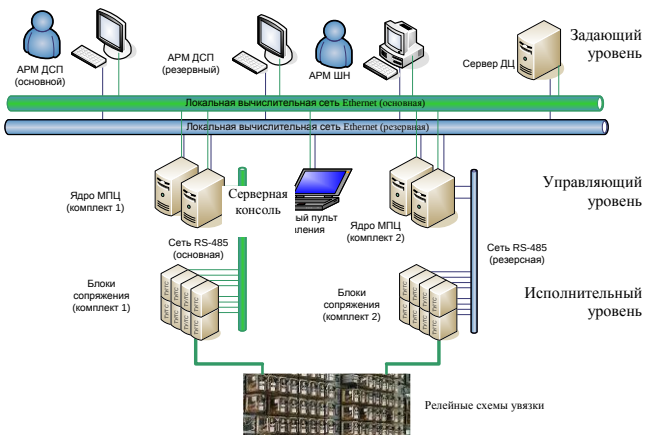


Рисунок 2 – Структурная схема МПЦ «іпуть»

Оригинальные схемные решения МПЦ «іпуть», в том числе безопасных схем контроля в блоках сопряжения исполнительного уровня, позволили организовать резервирование и контроль исправности практически всех подсистем. Для критерия отказа, связанного с невозможностью управления или контроля хотя бы одним объектом станции, структурная схема безотказности МПЦ «іпуть» представлена на рисунке 3.

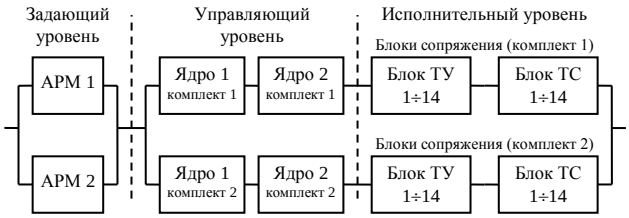


Рисунок 3 – Структурная схема безотказности МПЦ «іпуть»

При отказах блоков сопряжения исполнительного уровня теряется возможность управления или контроля лишь некоторыми объектами станции. Это позволяет (хотя и с меньшей эффективностью) обеспечивать бесперебойный перевозочный процесс в течение большего времени. Структурная схема безотказности МПЦ «іпуть» (см. рисунок 3) не включает объекты управления и контроля, построенные на существующих типовых релейных схемах (схемы управления стрелками, сигналами и т. д.), а также автоматизированное рабочее место дежурного электромеханика (АРМ ШН, см. рисунок 2), который непосредственно не влияет на безотказность системы.

Структура МПЦ «ESA-11» [2], как и структура МПЦ «іпуть», является двухканальной. Однако подсистемы исполнительного уровня МПЦ «ESA-11» являются нерезервированными (рисунок 4). Аналогичную структуру имеет МПЦ «Ebilock-950» [6].

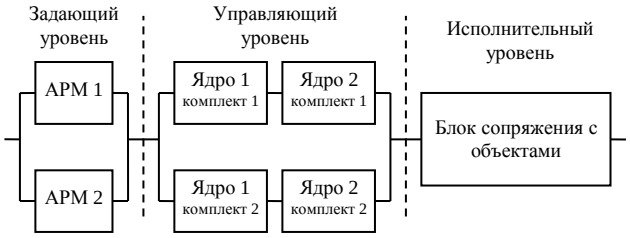


Рисунок 4 – Структурная схема безотказности некоторых зарубежных МПЦ

Представим количественные результаты анализа безотказности и безопасности функционирования структур МПЦ «іпуть» и «ESA-11».

При определении показателей надежности МПЦ использовались нормативные документы [3, 11], регламентирующие состав, последовательность и полноту исследовательских процедур. Оцениваемые показатели надежности МПЦ:

– среднее время наработки на отказ;

– коэффициент готовности;

– вероятность отказа в течение наработки 10 тыс. часов;

– средняя наработка на опасный отказ;

– интенсивность опасных отказов.

Для анализа показателей надежности МПЦ использовались следующие методы:

– логико-вероятностный, метод анализа простейших потоков отказов; анализа дерева отказов – для анализа невосстанавливаемых подсистем;

– марковский метод – для восстанавливаемых подсистем;

– имитационное моделирование – для анализа последствий неисправностей при анализе безопасности функционирования МПЦ.

Основные допущения используемых математических моделей, обусловленные особенностями построения и эксплуатации МПЦ:

– система подвержена только внезапным отказам;

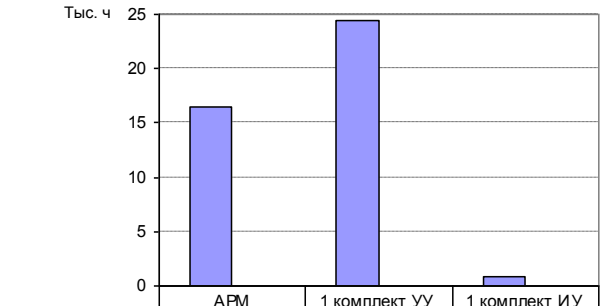
– отказы элементов независимы и образуют простейшие потоки событий;

– программное обеспечение МПЦ абсолютно надежное (не содержит ошибок).

Исходные данные по интенсивностям отказов электронной элементной базы МПЦ «іпуть» были получены из автоматизированного справочника [1] и методики MIL-HDBK-217F.2 [8]. При этом полученные значения были приведены к условиям эксплуатации МПЦ в соответствии с методикой [4, 12]. Информация о показателях безотказности

промышленных компьютеров предоставлялась в технических условиях производителей.

Предполагая, что отказ любого элемента МПЦ приводит к отказу соответствующей подсистемы (см. рисунок 3), методом анализа простейших потоков отказов были определены интенсивности отказов и средняя наработка на отказ основных подсистем МПЦ «іпуть»: автоматизированного рабочего места (АРМ), одного комплекта подсистемы управляющего уровня (УУ) и одного комплекта подсистемы исполнительного уровня (ИУ) (рисунок 5).



	АРМ	1 комплект УУ	1 комплект ИУ
СНнО, тыс.ч	16,53	24,37	0,87913
Интенсивность отказов, 1/ч	6,05E-05	4,10E-05	1,14E-03

Рисунок 5 – Средняя наработка на отказ (СНнО) основных подсистем МПЦ «іпуть» с нерезервированными и невосстанавливаемыми элементами

Для резервированных подсистем и МПЦ в целом показатели безотказности определялись марковским методом с учетом среднего времени восстановления $T_{\text{В}} = 0{,}25$ ч.

Граф состояний процесса отказов и восстановлений МПЦ «іпуть» представлен на рисунке 6.

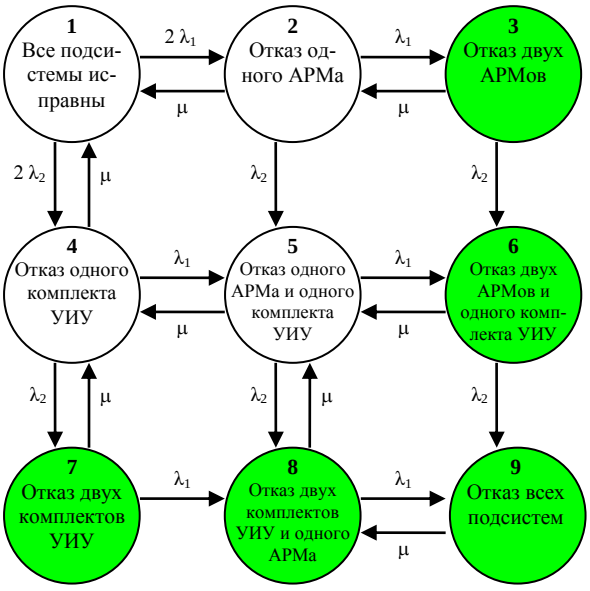


Рисунок 6 – Граф состояний процесса отказов и восстановлений МПЦ «іпуть»

Здесь $\lambda_1 = 6{,}05 \cdot 10^{-5}$ 1/ч – интенсивность отказов АРМ; $\lambda_2 = 4{,}1 \cdot 10^{-5} + 1{,}14 \cdot 10^{-3}$ 1/ч – общая интенсивность отказов одного из комплектов управляющего и исполнительного уровня (УИУ); $\mu = 4$ 1/ч – интенсивность восстановления подсистем МПЦ (предполагается, что ремонт осуществляется одним электромехаником). Штриховкой на рисунке 6 обозначены неработоспособные состояния МПЦ.

Соответствующая графу состояний процесса отказов и восстановлений МПЦ «іпуть» система уравнений Чепмена-Колмогорова (для стационарного режима функционирования):

$$\begin{cases} (2\lambda_1 + 2\lambda_2)P_1 = \mu(P_2 + P_4); \\ (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)P_2 = 2\lambda_1 P_1 + \mu P_3; \\ (\lambda_2 + \mu)P_3 = \lambda_1 P_2; \\ (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)P_4 = 2\lambda_2 P_1 + \mu(P_5 + P_7); \\ (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)P_5 = \lambda_1 P_4 + \lambda_2 P_2 + \mu(P_6 + P_8); \\ (\lambda_2 + \mu)P_6 = \lambda_1 P_5 + \lambda_2 P_3; \\ (\lambda_1 + \mu)P_7 = \lambda_2 P_4; \\ (\lambda_1 + \mu)P_8 = \lambda_1 P_7 + \lambda_2 P_5 + \mu P_9; \\ \mu P_9 = \lambda_1 P_8 + \lambda_2 P_6; \\ P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 = 1, \end{cases} \quad (1)$$

а ее решение:

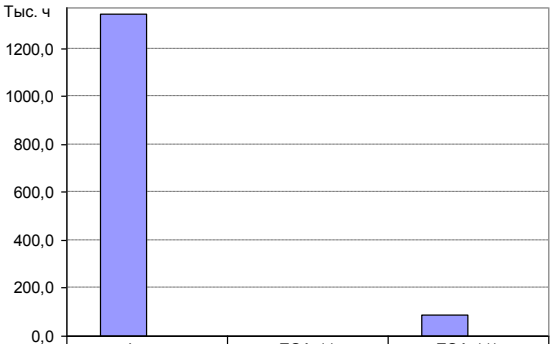
$$\begin{cases} P_1 = 0{,}999360688\,5; \\ P_2 = 0{,}000302279482; \\ P_3 = 4{,}57156693810^{-10}; \\ P_4 = 0{,}000608879219; \\ P_5 = 1{,}842255434110^{-8}; \\ P_6 = 4{,}17837251410^{-13}; \\ P_7 = 1{,}85479913110^{-7}; \\ P_8 = 8{,}41817190310^{-12}; \\ P_9 = 2{,}54637866510^{-16}. \end{cases} \quad (2)$$

Для полученных значений стационарных вероятностей состояний МПЦ «іпуть» определим коэффициент готовности $K_{\Gamma\ \text{іпуть}}$ как сумму вероятностей всех работоспособных состояний системы:

$$K_{\Gamma\ \text{іпуть}} = P_1 + P_2 + P_4 + P_5 = 0{,}999999814073. \quad (3)$$

Расчетное значение средней наработки на отказ МПЦ «іпуть» составило (рисунок 7, колонка 1)

$$T_{\text{іпуть}} = \frac{K_{\Gamma\ \text{іпуть}} T_{\text{В}}}{1 - K_{\Gamma\ \text{іпуть}}} = 1344{,}6 \text{ тыс. ч.} \quad (4)$$



	іпуть	ESA-11	ESA-11*
СНнО, тыс.ч	1344,6	0,87912	87,8919
Кг	0,999999814073	0,999715707	0,999997156

Рисунок 7 – Сравнительный анализ средней наработки на отказ (СНнО) и коэффициента готовности МПЦ «іпуть» и «ESA-11»

Аналогичные расчеты проведем для МПЦ «ESA-11». Граф состояний процесса отказов и восстановлений МПЦ «ESA-11» представлен на рисунке 8. Одиночные отказы подсистемы исполнительного уровня МПЦ «ESA-11» переводят систему в неработоспособное состояние, поэтому на графе состояний возможен непосредственный переход системы из исправного состояния «1» в неработоспособное состояние «5».

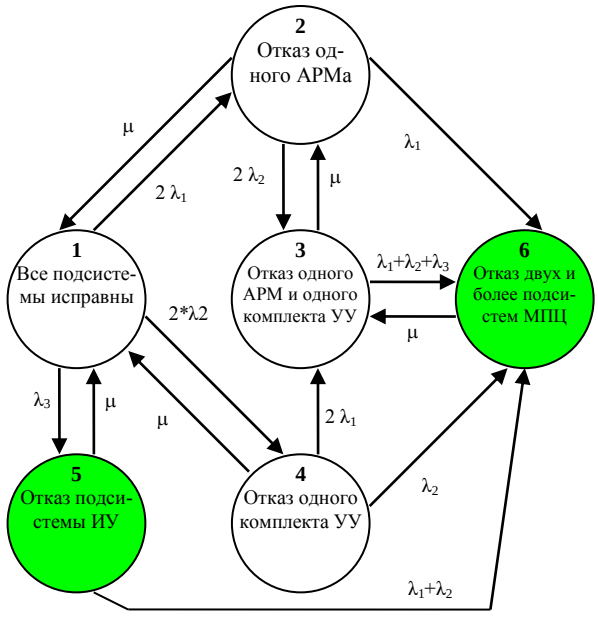


Рисунок 8 – Граф состояний процесса отказов и восстановлений МПЦ «ESA-11»

Поскольку информация об используемой элементной базе МПЦ «ESA-11» в открытой печати не предоставлялась, будем предполагать, что показатели надежности элементной базы МПЦ «ESA-11» и «іпуть» тождественны. Тогда на графе состояний (см. рисунок 8) $\lambda_1 = 6{,}05\cdot10^{-5}$ 1/ч – интенсивность отказов АРМ; $\lambda_2 = 4{,}1\cdot10^{-5}$ 1/ч – интенсивность отказов одного комплекта подсистемы управляющего уровня; $\lambda_3 = 1{,}14\cdot10^{-3}$ 1/ч – интенсивность отказов подсистемы исполнительного уровня; $\mu = 4$ 1/ч – интенсивность восстановления подсистем МПЦ «ESA-11».

Соответствующая графу процесса отказов и восстановлений МПЦ «ESA-11» (см. рисунок 8) система уравнений Чепмена-Колмогорова (для стационарных вероятностей):

$$\begin{cases} (2\lambda_1 + 2\lambda_2 + \lambda_3)P_1 = \mu(P_2 + P_4 + P_5); \\ (\lambda_1 + 2\lambda_2 + \mu)P_2 = 2\lambda_1 P_1 + \mu P_3; \\ (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \mu)P_3 = 2\lambda_1 P_4 + 2\lambda_2 P_2 + \mu P_6; \\ (2\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)P_4 = 2\lambda_2 P_1; \\ (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)P_5 = \lambda_3 P_1; \\ \mu P_6 = \lambda_1(P_2 + P_3 + P_5) + \lambda_2(P_3 + P_4 + P_5) + \lambda_3 P_3; \\ P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 = 1, \end{cases} \quad (5)$$

а ее решение –

$$\begin{cases} P_1 = 0{,}99966492\ldots; \\ P_2 = 3{,}02601912\cdot10^{-5}; \\ P_3 = 2{,}35599381\cdot10^{-8}; \\ P_4 = 2{,}04993712\cdot10^{-5}; \\ P_5 = 2{,}84270846\cdot10^{-4}; \\ P_6 = 2{,}23261229\cdot10^{-8}. \end{cases} \quad (6)$$

Определим коэффициент готовности $K_{\Gamma\ ESA\text{-}11}$ и среднюю наработку на отказ $T_{ESA\text{-}11}$ МПЦ «ESA-11» (см. рисунок 7, колонка 2):

$$K_{\Gamma\ ESA\text{-}11} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 0{,}999715707, \quad (7)$$

$$T_{ESA-11} = \frac{K_{\Gamma\ ESA\text{-}11} T_B}{1 - K_{\Gamma\ ESA\text{-}11}} = 879{,}12 \text{ ч.} \quad (8)$$

Дополнительно рассмотрим вариант, когда элементная база оригинальных подсистем исполнительного уровня МПЦ «ESA-11» условно в 100 раз более надежна, чем у МПЦ «іпуть». При этом в графе состояний процесса отказов и восстановлений МПЦ «ESA-11» (см. рисунок 8) и системе алгебраических уравнений (5) изменится лишь значение интенсивности отказов подсистемы исполнительного уровня МПЦ до величины $\lambda_3 = 1{,}14\cdot10^{-5}$ 1/ч.

Соответствующее решение системы уравнений (5):

$$\begin{cases} P_1 = 0{,}99994636\ldots; \\ P_2 = 3{,}02557930\cdot10^{-5}; \\ P_3 = 2{,}12585003\cdot10^{-9}; \\ P_4 = 2{,}05109156\cdot10^{-5}; \\ P_5 = 2{,}84350879\cdot10^{-6}; \\ P_6 = 8{,}84694283\cdot10^{-10}. \end{cases} \quad (9)$$

Определим коэффициент готовности $K_{\Gamma\ ESA\text{-}11^*}$ и среднюю наработку на отказ $T_{ESA\text{-}11^*}$ МПЦ «ESA-11» с уменьшенной в 100 раз интенсивностью отказов подсистемы исполнительного уровня (см. рисунок 7, колонка 3):

$$K_{\Gamma\ ESA\text{-}11^*} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 0{,}999997156. \quad (10)$$

$$T_{ESA-11^*} = \frac{K_{\Gamma\ ESA\text{-}11^*} T_{\text{В}}}{1 - K_{\Gamma\ ESA\text{-}11^*}} = 87{,}8919 \text{ тыс. ч.} \quad (11)$$

Из проведенных расчетов видно, что средняя наработка на отказ МПЦ «ESA-11» (879,12 ч, см. рисунок 7, колонку 2) существенно ниже, чем для структуры МПЦ «іпуть», убедительно показывая, что нерезервированные блоки исполнительного уровня являются «узким местом» в обеспечении надежности системы (см. рисунок 5). Даже искусственно уменьшив в расчетах в 100 раз интенсивность отказов элементной базы оригинальных подсистем исполнительного уровня МПЦ «ESA-11» по сравнению с аналогичными подсистемами МПЦ «іпуть» до значения $\lambda_3 = 1{,}14 \cdot 10^{-5}$ 1/ч, средняя наработка на отказ МПЦ «ESA-11*» составила 87,8919 тыс. ч (см. рисунок 7, колонка 3), что также существенно ниже средней наработки на отказ отечественной МПЦ.

В соответствии с [13] анализ безопасности функционирования систем железнодорожной автоматики и телемеханики включает в себя три основных этапа:

1) экспертиза схемных решений;

2) анализ видов и последствий неисправностей ответственных подсистем имитационным моделированием;

3) логико-вероятностный и марковский метод расчета показателей безопасности функционирования.

Для автоматизации двух первых процедур при исследовании МПЦ «іпуть» использовался пакет «PSpice», который является международным стандартом де-факто в области моделирования электронных схем и используется для решения аналогичных задач в испытательных лабораториях ИЦ ЖАТ ПГУ ПС (г. С.-Петербург, Россия) и *ZL7 VÚŽ* (Прага, Чешская Республика) [15], а также оригинальные пакеты автоматизации имитационного моделирования безопасности функционирования систем железнодорожной автоматики и телемеханики: «КИИБ» и «СМ-ДЭС» [15, 16].

Так для МПЦ «іпуть» были определены комбинации неисправностей ответственных подсистем (с вероятностями которых стоит считаться [10]) кратности не выше трех, переводящие систему в опасное состояние. Для определения средней наработки системы на опасный отказ использовался марковский метод, учитывающий интенсивность обнаружения и восстановления неисправностей, который показал, что средняя наработка на опасный отказ МПЦ «іпуть» составляет не менее $9{,}325 \cdot 10^{13}$ ч. Данное значение соответствует интенсивности опасных отказов порядка 10^{-13} 1/ч. Таким образом, можно констатировать, что показатели безопасности функционирования МПЦ «іпуть» соответствуют нормам, принятым для существующих систем железнодорожной автоматики и телемеханики [7, 12, 13].

Экспертиза схемных решений и анализ видов и последствий неисправностей ответственных подсистем МПЦ «ESA-11» (см. рисунок 4) по заявлениям их разработчиков показала, что все допустимые одиночные отказы обнаруживаются и переводят систему в защитное неработоспособное состояние. Представленная структура соответствует уровню безопасности SIL4 [14]. Однако она обладает низкими показателями безотказности, и как следствие, низким коэффициентом готовности.

Для увеличения коэффициента готовности МПЦ «ESA-11» при отказе подсистем исполнительного уровня, предусмотрен вспомогательный ручной режим управления [2]. Такая возможность анонсируется разработчиками как дополнительное преимущество системы. Рассмотрим количественные показатели безопасности функционирования системы во вспомогательном режиме работы МПЦ, учитывая, что выполнение условий безопасности и принятие решений в этом режиме возлагаются исключительно на дежурного по станции (ДСП).

Допустим, что поток требований на принятие решений дежурным по станции (перевод стрелок, установка и отмена маршрутов, управление сигналами) является простейшим с интенсивностью 1 требование / ч (в действительности интенсивность требований существенно выше). Предполагая также, что в самом благоприятном случае на каждую тысячу решений в среднем одно решение является ошибочным [4, 14] и приводит к нарушению условий безопасности перевозочного процесса, применяя теорему о случайном прореживании простейшего потока событий, получим интенсивность опасных действий дежурного по станции (как следствие, переходов МПЦ в опасные состояния) во вспомогательном режиме:

$$\lambda_{\text{оп.р.}} = 1 \text{ требование} / \text{ч} \cdot 0{,}001 = \\ = 10^{-3} \text{ опасных действий} / \text{ч}. \quad (12)$$

Видно, что даже при самых оптимистических допущениях, интенсивность переходов МПЦ в опасные состояния во вспомогательном режиме не соответствует предъявляемым требованиям [14].

Сравнение структур построения МПЦ «іпуть» и «ESA-11», а также произведенный расчет показателей их безотказности и безопасности функционирования показывает, что:

1) по показателям безопасности функционирования МПЦ «іпуть» не уступает зарубежной системе, а по безотказности и коэффициенту готовности значительно её превосходит;

2) для обеспечения заданных нормативных значений показателей надежности, МПЦ должны строиться со 100 % резервированием на всех уровнях;

3) высокие технико-экономические показатели МПЦ «іпуть» являются основанием для более широкого внедрения на Бел. ж. д. При этом МПЦ «іпуть» может стать хорошей базой для разработки новых отечественных МПЦ малых и крупных станций.

Список литературы

1 **Автоматизированный** справочник «Надежность электрорадиоизделий» – 12-я редакция 22ЦНИИИ МО, РНИИ «Электронстандарт».

2 **АЖД ПРАГА** Каталог продуктов / системы для рельсового транспорта / Микропроцессорная электрическая централизация ESA-11 / www.azd.cz

3 **ГОСТ 27.301-95.** Надежность в технике. Расчет надёжности. Основные положения.

4 **Дружинин, Г. В.** Надежность автоматизированных производственных систем / Г. В. Дружинин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 480 с.

5 **Жаднов, В. В.** Современные проблемы автоматизации расчетов надежности / В. В. Жаднов, И. В. Жаднов, С. Н. Полесский // Надежность. – 2007. – № 2 (21). – С. 3–12.

6 **Микропроцессорная** система централизации стрелок и сигналов Ebilock 950. – М. : Трансиздат, 2008. – 368 с.

7 **ОСТ 32.17-92.** Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Основные понятия. Термины и определения. – СПб. : ПИИТ, 1992. – 33 с.

8 **Петрухин, Б. П.** Методики прогнозирования показателей безотказности современной элементной базы (на примере интегральных микросхем). Ч. 1 / Б. П. Петрухин, Н. А. Шавыкин // Надежность. – 2006. – № 3 (18). – С. 58–66.

9 **Р 801/1.** Каталог возможных повреждений и отказов элементов устройств СЦБ : утв. ОСЖД. – Введ. 1989-05-19. – 52 с.

10 **Р 807.** Количественные требования и средства контроля обеспечения безопасности систем и устройств СЦБ : утв. ОСЖД. – Введ. 2000-07-11. – 47 с.

11 **РТМ 32 ЦШ 1115482.02-94.** Безопасность ЖАТ. Методы расчета показателей безотказности и безопасности СЖАТ.

12 **Сапожников, В. В.** Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи : учеб. пособие для ж.-д. трансп. / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, В. И. Шаманов ; под ред. Вл. В. Сапожникова. – М. : Маршрут, 2003. – 263 с.

13 **Сертификация** и доказательство безопасности систем железнодорожной автоматики / под ред. Вл. В. Сапожникова. – М. : Транспорт, 1997. – 288 с.

14 **Смит, Дэвид Дж.** Функциональная безопасность. Простое руководство по применению стандарта МЭК 61508 и связанных с ним стандартов / Дэвид Дж. Смит, Кеннет Дж. Л. Симпсон. – М. : Издательский Дом «Технологии», 2004. – 208 с.

15 **Харлап, С. Н.** Комплекс для проведения имитационных испытаний микропроцессорных систем железнодорожной автоматики на функциональную безопасность / С. Н. Харлап // Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте : материалы Всерос. науч.-техн. конф. с международным участием. – Красноярск, 2005. – С. 188–193.

16 **Шевченко, Д. Н.** Программно-технологический комплекс исследования надёжности и безопасности СЖАТ / Д. Н. Шевченко // Испытания систем железнодорожной автоматики и телемеханики на безопасность и электромагнитную совместимость : материалы Междунар. семинара. – Гомель : БелГУТ, 2001. – С. 124–130.

Получено 09.06.2009

K. A. Bochkov, S. N. Harlap, D. N. Shevchenko. Benchmark analysis to reliability of modern microprocessor interlocking for small station.

Technology and example of the determination of the factors to reliability of the microprocessor interlocking is happens. The Organized benchmark analysis failure-free operation and safety of the structure to microprocessor interlocking "іпуть" and foreign analogues.