

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РТМ 32 ЦШ 1115842.03-94

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

**БЕЗОПАСНОСТЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ
АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ**

**ПРАВИЛА И МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ РЕЛЕЙНЫХ СХЕМ**

Издание официальное

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
1994

Содержание

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.....	1
НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	-
1 КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И БЕЗОТКАЗНОСТИ СЖАТ.....	2
2 МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ БЕЗОПАСНЫХ РЕЛЕЙНЫХ СИСТЕМ.....	5
2.1 Общие положения.....	-
2.2 Концепция безопасности релейных СЖАТ.....	8
2.3 Характеристика реле 1 класса.....	12
2.4 Правила построения ответственных цепей безопасных СЖАТ..	14
2.4.1 Основные положения.....	-
2.4.2 Использование реле 1 класса.....	18
2.4.3 Использование коммутационных приборов и реле непервого класса.....	21
2.4.4 Линейные цепи.....	22
2.4.5 Источники электропитания.....	23
Приложение А. - Библиография.....	25

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Правила и методы обеспечения
безопасности релейных схем

Дата введения 1994-06-01

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящий руководящий технический материал (РТМ) определяет основные правила и методы обеспечения безопасности релейных схем и распространяется на все виды устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ). РТМ может быть использован при проведении сертификационных работ. В данном документе под релейными схемами подразумеваются схемы, построенные на электромагнитных реле.

Требования настоящего руководящего технического материала могут быть конкретизированы в нормативных документах по видам устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики.

В этом документе рассмотрены вопросы обеспечения безопасности при построении СЖАТ на основе элементов с несимметричными отказами - реле 1 класса надежности (безопасное, неконтролируемое реле).

Термины и определения, используемые в данном документе, соответствуют ОСТ 32.17 и ГОСТ 27.002.

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем руководящем техническом материале использованы ссылки на следующие стандарты:

- ГОСТ 27.002-83. Надежность в технике. Термины и определения;

РТМ 32 III 1115842.03-94

- ОСТ 32.17-92. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Основные понятия. Термины и определения.

1 КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И БЕЗОТКАЗНОСТИ СЖАТ

Одними из важнейших показателей эффективности функционирования систем железнодорожной автоматики и телемеханики являются показатели надежности.

Надежность является комплексным показателем технических объектов. В зависимости от их назначения и условий эксплуатации она может характеризоваться безотказностью, ремонтпригодностью, долговечностью и сохраняемостью [1.1].

С учетом специфики железнодорожного транспорта перечисленные показатели надежности дополняются безопасностью (рисунок 1.1) [1.2], характеризующейся интенсивностью и вероятностью появления опасного отказа.

Обеспечение нормального функционирования СЖАТ неразрывно связано с оценкой надежности при разработке, изготовлении и эксплуатации. Важнейшим является этап разработки, на котором определяются требования к обеспечению показателей безотказности и безопасности системы при ее изготовлении и эксплуатации.

Методы по повышению надежности систем при их разработке подразделяются на четыре группы: системные, аппаратные, конструктивные и планирования эксплуатационных мероприятий [1.3].

Системные методы основаны на организационно-экономических мероприятиях по стимулированию повышения надежности и технических мероприятиях по формированию показателей надежности разрабатываемых устройств, а именно: выборе и обосновании принципов технического обслуживания, назначении норм надежности всего устройства и их распределении по элементам и т.п.

Планирование эксплуатационных мероприятий состоит в разработке системы технического обслуживания [1.3], [1.4].

В этом документе рассматриваются аппаратные и конструктивные методы повышения безотказности и безопасности (рисунок 1.2).

Выбор методов достижения требуемых показателей безотказности



Рисунок 1.1 Составляющие надежности систем х.-д. автоматики



Рисунок 1.2

и безопасности осуществляется на основе анализа возможных отказов элементов СЖАТ [1.5].

До настоящего времени проблема повышения показателей надежности устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики решалась в основном за счет разработки и применения новых высоконадежных элементов.

Этот путь повышения показателей надежности имеет конечный предел, определяемый физическими свойствами применяемых материалов. При дальнейшей автоматизации управления движением поездов (расширении их функциональных возможностей) значительно более высокие требования предъявляются к показателям надежности разрабатываемых систем, т.к. их отказы влияют на движение поездов на большом регионе управления. Поэтому проблема надежности (безотказности и безопасности) комплексно может быть решена только при использовании других методов и средств.

Это в значительно большей степени относится к безопасности, которая обеспечивается определенным комплексом мероприятий, устанавливаемых концепцией безопасности.

Под концепцией безопасности понимается совокупность положений, в соответствии с которыми осуществляется построение безопасной системы и устанавливаются критерии опасных отказов. Для реализации концепции безопасности используются три стратегии: безотказность (reliability), отказоустойчивость (fault-tolerance) и безопасное поведение при отказах (fail-safe) [1.5]-[1.14]. Первые две стратегии подразумевают, что система, которая правильно выполняет свой алгоритм функционирования, безопасна. Эти стратегии используются в различных отраслях техники, т.е. не являются специфическими. В железнодорожной автоматике они позволяют уменьшить вероятность опасного воздействия системы на объект управления. Третья стратегия используется специально для построения безопасных систем и заключается в переводе системы в защитное необратимое состояние при появлении отказа. Обратный переход в работоспособное состояние исключается (маловероятен) и производится искусственным путем (обычно с участием человека).

В релейных системах железнодорожной автоматики отказы разделяются на защитные и опасные (см. ОСТ 32.17).

Дефекты технических средств, которые не приводят к нарушению функционирования системы, называются маскируемыми и могут быть обнаруживаемыми и необнаруживаемыми. Последние могут приводить к накоплению неисправностей и, как следствие, к возможности появления опасных отказов.

Практическое применение в технике различных видов резервирования привело к формированию нового показателя надежности - отказоустойчивости.

Отказоустойчивость - это свойство системы продолжать выполнение поставленной цели при наличии отказов элементов за счет резервных возможностей.

Отказоустойчивость в зависимости от вида используемого резерва может быть функциональной, структурной, временной и информационной.

В литературе [1.3], [1.6]-[1.8] широко освещены вопросы достижения необходимого уровня таких свойств, как безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость и долговечность. В этом документе рассмотрены вопросы обеспечения безопасности СЖАТ, выполненных на релейных элементах. Синтез и анализ схем железнодорожной автоматики и телемеханики осуществляется с учетом несимметричности отказов элементов и с применением безопасного кодирования внутренних состояний устройств и блоков (см. ОСТ 32.17).

2 МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ БЕЗОПАСНЫХ РЕЛЕЙНЫХ СИСТЕМ

2.1 Общие положения

Релейные системы железнодорожной автоматики и телемеханики начали применяться в России в начале 30-х годов [2.1]. Шестидесятилетний опыт разработки, проектирования и эксплуатации релейных СЖАТ показывает [2.2]-[2.32], что их можно отнести к безопасным системам, в которых вероятность опасных отказов мала. Анализ аварийных ситуаций, возникающих при этих отказах, позволяет выявить следующие группы причин их возникновения:

1) конструктивные и технологические просчеты при разработке и проектировании отдельных элементов и устройств СЖАТ или системы

РТМ 32 ПШ 1115842.03-94

в целом, недооценка технологического многообразия ситуаций в практике работы железнодорожного транспорта;

2) производственные дефекты при изготовлении элементов и устройств СЖАТ;

3) неправильная технология технического обслуживания устройств СЖАТ, обусловленная как несвоевременностью и некачественностью обслуживания, так и ошибками эксплуатационного штата в проведении ремонтных и профилактических работ.

Роль субъективных факторов в возникновении опасных отказов значительна во всех группах, однако если во второй и третьей группах опасные отказы могут быть сведены к минимуму за счет организационных мероприятий, например за счет повышения технологической дисциплины, то опасные отказы первой группы, "заложенные" с момента разработки системы, трудно устранить в эксплуатационных условиях.

Опасные отказы этой группы сводятся к минимуму путем построения ответственных цепей СЖАТ по особым требованиям, сложившимся в результате обобщения накопленного опыта разработки, проектирования и эксплуатации устройств. В релейных СЖАТ эти требования в основном базируются на использовании в схемах реле 1 класса надежности и двухполюсном отключении приборов, имеющих внешние соединительные линии, от источников питания, т.е. маловероятными событиями считаются два вида отказов:

- самопроизвольное замыкание и размыкание фронтовых (замыкающих) контактов реле 1 класса;
- сообщение исполнительного устройства с двумя полюсами постороннего источника питания.

Исследования [2.13], [2.14] показывают, что численное значение интенсивности появления этих событий примерно равноценно и составляет 10^{-12} 1/ч.

Важную роль в обеспечении безопасности играют эксплуатационно-технические требования. Структура эксплуатационно-технических требований к безопасным системам железнодорожной автоматики и телемеханики (рисунок 2.1) должна учитывать технологические особенности их применения и обслуживания. Выполнение эксплуатационно-технических требований должно с заданной вероятностью гаранти-

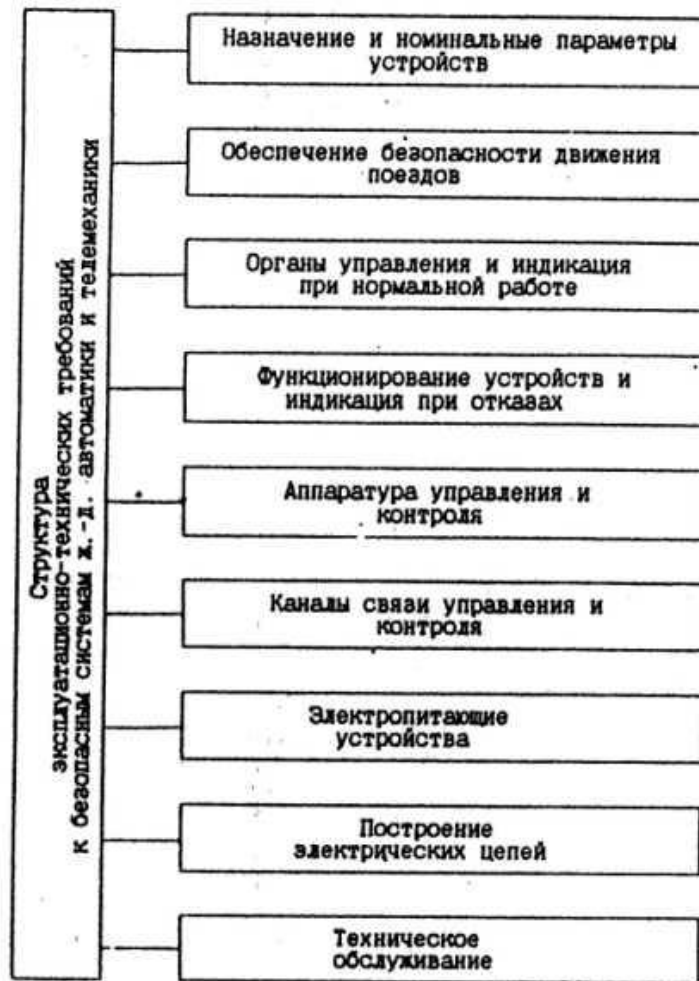


Рисунок 2.1

ровать защиту исполнительных объектов от опасных отказов при неисправностях приборов, соединительных линий и источников питания.

2.2 Концепция безопасности релейных СЖАТ

Концепцию безопасности (по ОСТ 32.17, [2.15]) релейных СЖАТ можно сформулировать как совокупность следующих положений, в соответствии с которыми выполняется построение систем:

- 1) правильный выбор исходного положения реле;
- 2) в цепях релейных устройств, обеспечивающих условия безопасности движения поездов, должны, как правило, использоваться замыкающие (фронтные) контакты реле 1 класса надежности;
- 3) при использовании в цепях, обеспечивающих условия безопасности движения поездов, размыкающих (тыловых) контактов реле 1 класса и любых контактов реле более низкого класса надежности их исправная работа должна контролироваться при нормальном функционировании устройств;

4) реле, исполнительные и контрольные элементы и устройства, имеющие внешние (воздушные или кабельные) линии связи, должны иметь двухполюсное (многополюсное) отключение от источников электропитания (принцип последовательного резервирования элементов);

- 5) любые неисправности элементов электрических схем СЖАТ, вероятность которых выше вероятности опасного отказа реле 1 класса надежности, должны приводить к защитному отказу.

Реализация приведенной концепции безопасности релейных СЖАТ обеспечивает выполнение стратегии безопасного (fail-safe) поведения при отказах. Эта стратегия использует принцип безопасного кодирования (см. ОСТ 32.17) внутренних состояний релейных СЖАТ, т.е. принцип правильного выбора состояния реле, приводящий к защитному отказу при неисправностях.

На основе метода безопасного кодирования состояний реализуются 1, 2 и 5-й пункты сформулированной выше концепции безопасности релейных СЖАТ. Кроме того, для реализации этой концепции используются еще два принципа - самопроверяемости и последовательного резервирования. Принцип самопроверяемости используется

для обнаружения отказов элементов более низкого класса надежности (чем реле 1 класса), если они используются в схемах (пункт 3 концепции). Принцип последовательного резервирования используется для защиты от вероятных отказов линии связи (пункт 4 концепции).

Рассмотрим метод безопасного кодирования состояний при построении схем на реле 1 класса надежности.

Для обозначения состояния схемы используется буква S . Этой же буквой обозначим двоичный кодовый вектор, приписанный состоянию S . Под состоянием схемы понимается состояние ее внутренних реле. Например, в таблице 2.1 приведены шесть основных состояний и соответствующие им кодовые векторы схемы маршрутных реле электрической централизации (ЭЦ) с групповым замыканием [2.33].

Говорят, что вектор S_i больше вектора S_f и пишут: $S_i > S_f$, если каждый разряд вектора S_i больше или равен соответствующему разряду вектора S_f . Отношение " $>$ " есть отношение частичного порядка на множестве векторов состояний и образует на этом множестве цепочки отношений. Для таблицы 2.1 это: $1 > 3 > 6 > 5$; $2 > 3 > 6 > 5$; $2 > 4 > 5$.

Абстрактной моделью физических отказов в релейных СЖАТ является понятие ложного перехода $S_i \rightarrow S_f$ [2.24]. Он возникает тогда, когда релейная схема в результате возникшего отказа вместо состояния S_i ложно переходит в состояние S_f .

При кодировании состояний принимается: замкнутому фронтному контакту соответствует логическая 1, разомкнутому фронтному контакту или замкнутому тыловому соответствует логический 0.

Пусть схема ЭЦ находится в состоянии 2 - "сигнал открыт, предварительное замыкание" - и происходит отказ в цепи питания маршрутных реле 1М и 2М, в результате которого они выключаются. В этом случае схема оказывается в состоянии 4 - "сигнал открыт, окончательное замыкание" - и происходит ложный переход $2 \rightarrow 4$. Данный отказ (и данный ложный переход) не является опасным, т. к. вызывает усиление степени замыкания маршрута. Наоборот, обратный ложный переход $4 \rightarrow 2$ является опасным, поскольку может привести к ложному размыканию маршрута без выдержки времени при отмене маршрута дежурным.

Таблица 2.1

S	Состояние реле				Смысл внутренних состояний
	C	З	1М	2М	
1	0	1	1	1	Сигнал закрыт, замыкание отсутствует
2	1	0	1	1	Сигнал открыт, предварительное замыкание
3	0	0	1	1	Сигнал закрыт, предварительное замыкание
4	1	0	0	0	Сигнал открыт, окончательное замыкание
5	0	0	0	0	Сигнал закрыт, окончательное замыкание
6	0	0	1	0	Сигнал закрыт, поезд вступил на маршрут и освободил участок приближения

Таким образом, ложные переходы отражают искажения алгоритма работы релейной схемы в результате ее внутренних отказов, а опасные ложные переходы определяют опасные искажения этого алгоритма. Поскольку число ложных переходов конечно и равно $m(m-1)$, где m - число состояний схемы, то, перечислив все опасные ложные переходы, мы перечислим все опасные искажения алгоритма работы схемы, которые должны быть исключены. Работа схемы при появлении отказов задается с помощью графа безопасных ложных переходов, у которого вершина S_i соединяется дугой с вершиной S_f , если ложный переход $S_i \rightarrow S_f$ безопасен. Граф безопасных ложных переходов ЭЦ приведен на рисунке 2.2.

Для данной схемы ЭЦ список опасных ложных переходов составляет множество: $\{1 \rightarrow 2, 1 \rightarrow 4, 2 \rightarrow 1, 3 \rightarrow 1, 3 \rightarrow 2, 3 \rightarrow 4, 4 \rightarrow 1, 4 \rightarrow 2, 4 \rightarrow 3, 4 \rightarrow 6, 5 \rightarrow 1, 5 \rightarrow 2, 5 \rightarrow 3, 5 \rightarrow 4, 5 \rightarrow 6, 6 \rightarrow 1\}$. Алгоритмы работы релейных СЖАТ должны обладать следующим свойством: если в схеме в различные моменты времени последовательно происходят безопасные ложные переходы (защитные

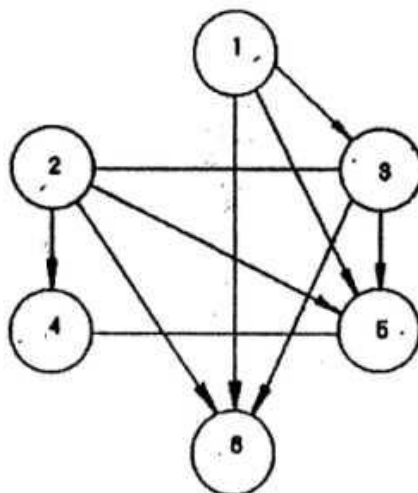


Рисунок 2.2

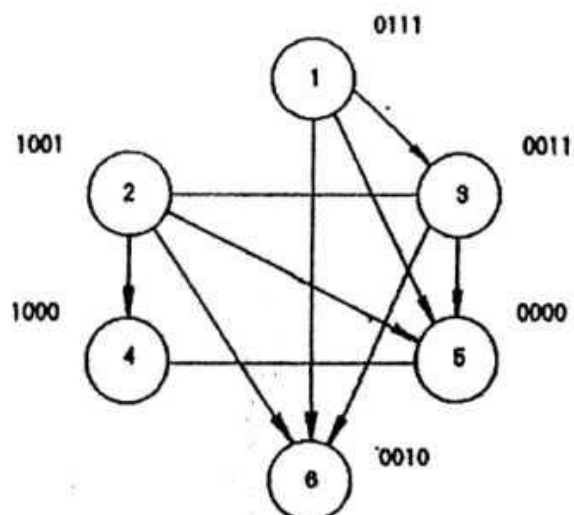


Рисунок 2.3

отказа), то последовательность этих отказов не приводит к опасному искажению алгоритма работы. Поэтому для исключения опасных отказов в релейных СЖАТ надо исключить с требуемой степенью вероятности опасные ложные переходы. Последнее достигается с помощью специального кодирования состояний схемы.

Поскольку у реле 1 класса надежности с высокой степенью вероятности исключается отказ вида $0 \rightarrow 1$ (самопроизвольное замыкание фронтальных контактов) и считается возможным только отказ вида $1 \rightarrow 0$, то в релейной схеме ложный переход $S_i \rightarrow S_f$ возможен при $S_i > S_f$. С использованием этого отношения для конкретной схемы может быть построен граф возможных ложных переходов, который содержит дугу из вершины S_i в вершину S_f , если ложный переход $S_i \rightarrow S_f$ возможен, т.е. при $S_i > S_f$.

Безопасное кодирование состояний релейной схемы должно исключать возникновение опасных ложных переходов. В теории доказано [2.24], что кодирование является безопасным, если граф возможных ложных переходов является суграфом (см. OCT 32.17) графа безопасных ложных переходов, т.е. содержит только те дуги, которые есть в графе безопасных ложных переходов.

На рисунке 2.3 приведен граф возможных ложных переходов схемы маршрутных, сигнальных и замыкающих реле ЭЦ. Он совпадает с графом безопасных ложных переходов (рисунок 2.2), поэтому данная схема является безопасной.

Анализ безопасности релейных схем СЖАТ с помощью теории графов является одним из возможных способов доказательства безопасности, ориентированных на компьютерное моделирование работы схем при отказах.

2.3 Характеристика реле 1 класса

К р и т е р и е м опасного отказа реле 1 класса надежности является самопроизвольное замыкание или неразмыкание замыкающего (фронтального) контакта при отсутствии тока в обмотке реле или при снижении его значения до величины, меньшей тока надежного отпускания.

Традиционно [2.2], [2.16]–[2.28] исключение опасных отказов

реле 1 класса достигалось за счет конструктивных особенностей и принципа действия этих реле; другими словами, за счет реализации в конструкции несимметричной характеристики отказов, при которой отказы типа $0 \rightarrow 1$ (ложное замыкание фронтального контакта) являются маловероятными событиями, с вероятностью появления которых можно не считаться. Отказы типа $1 \rightarrow 0$ (ложное размыкание фронтального контакта) являются более вероятными событиями, и их появление должно учитываться при построении ответственных цепей безопасных СЖАТ. Таким образом, можно сформулировать характеристику (отличительные особенности) реле 1 класса надежности через перечень специфических требований (положений или признаков), которые должны быть присущи этим реле для достижения необходимой несимметричной характеристики отказов.

Электромагнитным реле 1 класса надежности следует считать прецизионный прибор со строго нормируемыми параметрами, несимметричность характеристики отказов которого достигается за счет выполнения следующих требований:

1) возврат якоря реле из притянутого положения в отпущенное должен происходить за счет гравитационных сил, действующих на массы подвижных частей реле. (Примечание: это условие проверяется при снятом давлении фронтальных контактов во время периодических испытаний);

2) конструкция реле должна исключать возможность механического заклинивания якоря;

3) материалы, применяемые для изготовления замыкающего (фронтального) и общего контактов, должны исключать их сваривание при возникновении короткозамкнутой цепи;

4) в притянтом положении якоря реле и последующем выключении тока в его обмотке должна быть исключена возможность залипания якоря реле за счет остаточной магнитной индукции в элементах магнитопровода;

5) при переключениях реле, т.е. при притяжении и отпуске якоря, недопустимо замыкание хотя бы одного фронтального контакта до размыкания всех тыловых контактов и наоборот.

Выполнение перечисленных требований должно обеспечивать (в соответствии с требованиями испытаний на безопасность по ОСТ

РТМ 32 ШШ 1115842.03-94

32.17) величину интенсивности опасных отказов не более заданной. В настоящее время приемлемой величиной численного значения интенсивности опасных отказов реле 1 класса следует считать величину не более 10^{-12} 1/ч [2.13], [2.14], [2.28].

В параметрических схемах (путевых и огневых реле, реле путевого отправления в схеме релейной полуавтоматической блокировки, пускового реле стрелочного электропривода и т.п.) конструкция реле должна обеспечивать коэффициент возврата, достаточный для безопасного функционирования СЖАТ. Коэффициент возврата вычисляется как отношение тока (напряжения) отпуска к току (напряжению) срабатывания.

К параметрам реле, которые учитываются при разработке схем и указываются в НТД на конкретный тип реле [2.2], [2.6], [2.19], [2.25], относятся:

- номинальное напряжение (ток);
- напряжение (ток) срабатывания;
- коммутационный ресурс;
- диэлектрическая прочность изоляции;
- сопротивление изоляции токоведущих частей;
- диапазон рабочих температур;
- переходное сопротивление контактов реле;
- допустимые отклонения одновременности замыкания и размыкания контактов;
- время задержки на отпускание реле;
- предельный ток через контакты.

При разработке релейных устройств следует учитывать виброустойчивость реле.

Структура эксплуатационно-технических требований к реле 1 класса надежности имеет вид, представленный на рисунке 2.4.

2.4 Пример построения ответственных цепей безопасных СЖАТ

2.4.1 Основные положения

По степени влияния отдельных устройств СЖАТ на безопасность движения поездов можно выделить две группы устройств.

I группа - устройства, обеспечивающие безопасность движения



Рисунок 2.4

поездов:

- схема управления огнями светофоров;
- схема управления стрелочными электроприводами;
- схемы контроля замыкания и размыкания маршрутов;
- схемы исключения враждебных маршрутов;
- схемы, фиксирующие установленное направление движения;
- устройства автоблокировки;
- схемы извещения о приближении поезда, воздействующие на
замыкание маршрутов в электрической централизации или выключающие
переездную, тоннельную и мостовую оповестительную сигнализацию;
- схемы передачи стрелок на местное управление;
- схемы контроля состояния объектов: схемы рельсовых цепей,
схемы контроля положения стрелок;
- схемы индикации, используемой для выдачи ДСП разрешения на
движение поездов при отказе основных устройств управления;
- и др.

II группа - устройства, выполняющие вспомогательные, как правило, сервисные функции:

- наборные устройства электрической централизации;
- устройства ТУ-ТС диспетчерской централизации;
- схемы вспомогательной индикации, использование которой не
может привести к нарушению безопасности движения в результате
неправильных действий оператора;
- и т.д.

Любой отказ в устройствах СЖАТ II группы не должен вызывать опасных состояний в устройствах I группы.

Наиболее общие требования к устройствам СЖАТ, обеспечивающим безопасность движения поездов, могут быть сформулированы следующим образом.

2.4.1.1 Устройства СЖАТ I группы не должны нарушать условия безопасности движения поездов при:

- нарушении любого (хотя бы одного) технологического условия
безопасности движения;
- любых неправильных манипуляциях оператора с неплombируемыми
кнопками на пульте управления;
- возникновении одиночных неисправностей в электрических

схемах устройств (см. 2.4.1.2);

- кратковременной потере шунта на рельсовых цепях. В схемах контроля свободности рельсовой цепи выдержка времени на фиксацию освобождения принимается 4 с [2.32];

- наложении и снятии шунта на рельсовую линию изолированных участков и приемоотправочных путей;

- перегорании ламп перегонных и станционных светофоров;

- перегорании одного или нескольких предохранителей;

- переключении фидеров питания с основного на резервный и наоборот;

- колебаниях напряжений электропитающих установок в пределах установленных норм [2.32] (см. 2.4.5);

- выключении и повторном включении напряжения источников питания реле;

- случайном кратковременном попадании одного полюса питания в схемы реле.

Схемы, имеющие цепи самоблокирования реле, случайное мгновенное попадание питания в которые может привести к опасным положениям, должны иметь двухполюсное включение. Данное требование не распространяется на локальные схемы внутри закрытых релейных блоков.

Электрические цепи устройств СЖАТ I группы принято называть ответственными цепями.

2.4.1.2 Ответственные цепи СЖАТ должны быть построены таким образом, чтобы опасные ситуации не возникали ни при одной из следующих неисправностей:

- незамыкании контакта любого прибора или нарушении электрического контакта в любом месте электрической цепи;

- неразмыкании контакта, конструкция которого или схема, в которой он используется, не исключает его ложного соединения (см. 2.4.2 и 2.4.3);

- изменении электрических и временных характеристик реле;

- коротком замыкании, обрыве, изменении свойств и характеристик полупроводниковых элементов;

- коротком замыкании (полном или частичном) или обрыве вит

ков в обмотках реле, трансформаторах, магнитных усилителях, дросселях и т.п.;

- коротком замыкании или обрыве кабельных или воздушных линейных проводов;
- сообщении линейных проводов;
- однополюсном соединении линейных проводов с каким-либо источником электропитания (см. 2.4.4);
- заземлении одного из линейных проводов или его сообщении с корпусом аппаратуры;
- пробое, обрыве или уменьшении емкости конденсаторов;
- обрыве или увеличении сопротивления резисторов;
- при любых других одиночных неисправностях, вероятность возникновения которых выше вероятности опасного отказа реле 1 класса надежности.

2.4.1.3 Вероятность возникновения опасного отказа в устройствах СЖАТ I группы при двух и более неисправностях, появившихся одновременно или постепенно, необходимо учитывать в том случае, если возникновение каждой из них не приводит к защитному отказу. Вероятность такого события должна быть не выше вероятности опасного отказа реле 1 класса надежности.

Указанной проверки не требуется, если одиночная неисправность обнаруживается при следующем срабатывании устройства (схемы).

2.4.2 Использование реле 1 класса

2.4.2.1 Выбор исходного состояния реле

Правильный выбор исходного состояния реле в СЖАТ имеет решающее значение для безопасного функционирования устройств. Для выбора исходного состояния реле введем понятие исходного состояния СЖАТ.

За исходное положение безопасной СЖАТ следует принять такое ее статическое положение, при котором она исправна и

- а) готова (для автоматических систем) или
- б) может быть подготовлена (для полуавтоматических систем) к выполнению технологических операций по организации движения поездов.

Исходное состояние реле должно быть выбрано таким образом, чтобы при выключении реле вследствие отказа система переходила в защитное состояние. Отсюда следует, что проверка условий, обеспечивающих безопасность движения поездов, должна производиться фронтными контактами нормально включенных реле.

Переход системы в динамическое состояние (например связанный с установкой маршрута и открытием светофора) должен выполняться фронтными контактами нормально выключенных реле.

2.4.2.2 Проверка выключения реле

В ответственных цепях СЖАТ необходимо проверять фактическое выключение реле 1 класса, если его обмотка отключается от источника питания тыловым контактом другого реле 1 класса или любым контактом реле более низкого класса. Например, проверка исключения возможности установки выбранного маршрута, замыкание стрелок должны осуществляться тыловыми контактами соответствующих реле.

Такой проверки не требуется, если схемой контролируется фактическое замыкание фронтного контакта, отключающего реле 1 класса, т. к. его фронтный контакт не может быть замкнут, если не разомкнут тыловой контакт.

Не требуется также проверки выключения реле 1 класса, если оно отключается фронтным контактом другого реле 1 класса.

2.4.2.3 Использование повторителей

Для увеличения числа контактов реле 1 класса допускается применение их повторителей. Схема включения повторителей должна быть, как правило, последовательной, т.е. и обмотки каждого реле-повторителя, и все реле-повторители, если их несколько, между собой должны быть включены последовательно.

Если по условиям срабатывания реле в схеме необходимо параллельно-последовательное их включение, то параллельные цепи должны быть образованы последовательным соединением обмоток всех реле повторителей.

При использовании каскадного включения повторителей (основное реле включает первый повторитель, а он, в свою очередь, - второй и т.д.) в ответственную цепь (схему) исполнительного уст-

ройства и схему индикации, использующие фронтовые контакты повторителя, должны включаться фронтовые контакты последнего реле-повторителя.

В ответственные цепи и в схемы индикации, использующие тыловые контакты реле, должен включаться тыловой контакт основного реле. Если в одной ответственной цепи контроль условия безопасности выполняется фронтовым контактом реле, а в другой цепи проверка этого условия осуществляется тыловым контактом этого реле, то в обеих цепях следует использовать контакты одного и того же реле-повторителя.

Во всех указанных случаях необходим дополнительный анализ схем: нет ли опасного отказа в том случае, если основное реле 1 класса будет включено, а его повторители - выключены.

2.4.2.4 Подключение реле к полюсам питания источника тока

В схемах постовых устройств (т.е. в схемах, не имеющих воздушных или кабельных линий и находящихся в отапливаемом релейном помещении) допускается однополюсное отключение реле от источника питания.

В релейных шкафах все реле 1 группы СЖАТ дублируются и должны иметь двухполюсное отключение реле от источника питания.

В ответственных схемах, в которых соблюдение условий безопасности движения поездов обеспечивается определенным порядком подключения полюсов питания (например включение поездных и маневровых сигнальных реле с использованием общей схемы), должна быть исключена возможность попадания в схему полюса питания, переводящего ее в опасное состояние. При этом должны учитываться возможные неисправности (пробой изоляции, образование мостящего контакта и др.) на контактах реле (элемента) непервого класса, включающего питание в схему.

2.4.2.5 Выбор параметров реле

Для надежной работы реле на его обмотках должны быть обеспечены напряжения (ток):

по притяжению - не менее 1,2 для полюсовых устройств и не менее 1,3 для напольных устройств (в релейных шкафах) от напряжения 20

(тока) срабатывания реле согласно ТУ при минимально допустимом напряжении источника питания при условии соблюдения установленной полярности включения обмоток;

по отпаданию - не более 0,7 (для путевых реле не более 0,6) для постовых устройств и не более 0,47 для напольных устройств от напряжения (тока) отпускания реле при максимально допустимом напряжении источника питания. При этом в линейных воздушных и кабельных цепях необходимо учитывать активные и емкостные токи утечки.

Для надежной работы схем с использованием временных характеристик реле (с помощью медной гильзы, параллельного подключения конденсаторов, диодов, резисторов к обмоткам) расчетное время задержания реле должно учитывать коэффициент запаса не менее 1,5 по отношению к необходимому по параметрам схемы.

При этом длительность нахождения реле под током до момента реализации этого задержания при использовании реле с медной гильзой должна быть не менее удвоенного времени на его притяжение.

2.4.3 Использование коммутационных приборов и реле первого класса

2.4.3.1 К электромагнитному реле первого класса следует отнести все типы реле, конструкция которых не удовлетворяет хотя бы одному требованию, предъявляемому к реле 1 класса (см. раздел 2.3).

2.4.3.2 При использовании в ответственных цепях реле первого класса необходимо проверять (контролировать другой цепью) замыкание и размыкание их фронтных и тыловых контактов, а также правильное переключение контактов поляризованного якоря.

Применение таких реле с обязательным контролем правильной работы контактов поляризованного якоря допускается в схемах первой группы, содержащих воздушные и кабельные линии, в частности в схемах:

- контроля положения стрелки;
- исключения лобовых маршрутов;
- смены направления движения, в том числе в схемах линейных

цепей полуавтоматической блокировки.

Эти реле, как исключение, с целью экономии линейных проводов допускается применять для выбора включения зеленого или желтого огня и контроля приближения поезда к станции.

2.4.3.3 Для контроля исправной работы поляризованного реле допустимо применение дублирующих реле. Схема включения контактов дублированных реле должна быть последовательной.

2.4.3.4 Контакты реле первого класса, а также контакты кнопок, коммутаторов и других коммутационных приборов должны быть расположены в начале или конце цепи, т.е. со стороны выводов (полюсов) источника питания.

2.4.4 Л и н е й н ы е ц е п и

2.4.4.1 Элементы, приборы и устройства безопасных СЖАТ, имеющие воздушные или кабельные линии, в выключенном состоянии должны иметь двухполюсное (многополюсное) отключение от источника питания.

Возможность двухполюсного ложного подключения к постороннему источнику питания в обоих проводах не учитывается, кроме схемы смены направления, которая от такого подключения должна быть защищена.

В цепях разрешающих сигнальных огней допускается на два сигнальных показания иметь общий обратный провод при условии, что при сообщении прямых проводов на светофоре включится непонятное показание (при этом возможность одновременного сообщения двух проводов и обрыв одного из них не рассматривается).

2.4.4.2 Элементы, приборы и устройства безопасных СЖАТ в соответствии с нормами допустимых влияний должны быть защищены от взаимного и внешнего электромагнитного влияния, а также от токов молний при грозовых разрядах.

2.4.4.3 Выбор первичных параметров (сопротивления, проводимости, индуктивности и емкости) и расчет воздушных и кабельных линий должны проводиться с учетом их изменения в зависимости от климатических изменений и старения материалов так, чтобы исключить нарушение работоспособности и безопасности устройств.

2.4.4.4 Использование газемлений в качестве одного из проводов линейной цепи не допускается.

2.4.5 Источники электропитания

2.4.5.1 Энергоснабжение безопасных СЖАТ должно соответствовать действующим нормам технологического проектирования [2.72].

2.4.5.2 Источники электропитания устройств безопасных СЖАТ должны снабжаться сигнализаторами газемлений.

2.4.5.3 Применение электропитающих установок с секционированными (со средней точкой) источниками питания реле постоянного тока не допускается. Этим исключается ложное срабатывание приборов, работа которых зависит от полярности тока, и уменьшается количество обходов цепей.

2.4.5.4 Источники электропитания приборов перегонных и станционных устройств не должны иметь гальванической связи.

2.4.5.5 Питание схем (приборов) от нескольких предохранителей в одном полюсе может быть допущено, при условии, что контакты в схеме исключают одновременное параллельное соединение предохранителей или оно происходит кратковременно - не более 3 с.

Защита электрических цепей СПВ от коротких замыканий и перегрузок должна предусматриваться исходя из следующего:

1) при выборе номинального тока плавкой вставки предохранителя или вставки автоматического выключателя необходимо соблюдать селективность между предыдущими и последующими аппаратами защиты;

2) номинальные токи плавких вставок и уставок автоматов выбираются с таким расчетом, чтобы они не перегорали при кратковременных увеличениях нормальных рабочих токов устройства (пусковых токов электродвигателей, кратковременных токов при автоматической установке маршрутов и т.п.). При этом двукратный ток плавления плавких вставок не должен допускать нагрева выше допустимых пределов проводов, контактных пружин реле (предела тока, при котором деформация контактных пружин не приводит к опасным отказам реле) и нарушать термостойкость других приборов;

3) допускается установка плавких вставок, рассчитанных на токи, превышающие длительные токи нагрузки на провода, контакты и приборы. В этом случае при коротком замыкании должны возникать

токи, в три раза превышающие номинальный ток плавкой вставки;

4) допустимые длительные токи нагрузки на монтажные провода должны определяться "Правилами устройства электроустановок ПУЭ" с учетом поправочного коэффициента окружающей температуры +35°C.

Понижающие коэффициенты на прокладку проводов в жгутах при количестве одновременно нагруженных проводов менее 10% от общего могут не вводиться;

5) электрические схемы устройств ЭД и АВ с централизованным размещением аппаратуры защищаются групповыми предохранителями в одном полюсе источников питания. Общее число предохранителей должно быть минимальным.

Двухполюсная защита индивидуальными предохранителями должна предусматриваться в проводах, питающих электродвигатели, а также в других проводах с напряжением более 100 В, имеющих выходы в кабельные и воздушные линии.

При перегорании групповых предохранителей должен обеспечиваться их контроль. Наиболее ответственные предохранители в схемах управления поездными светофорами, стрелочными электроприводами, установки размыкания и контроля маршрутов, как правило, должны обеспечиваться автоматическим резервированием.

6) Схемы, размещаемые в релейных шкафах, как правило, предохранителями не защищаются; для этих целей применяются автоматические выключатели тока и отключающие вилки для снятия напряжения.

Трансформаторы высоковольтной линии СЦБ (ВЛ СЦБ) с низкой стороны должны быть защищены от перегрузки при коротких замыканиях предохранителями, устанавливаемыми на силовых установках перед выходом низковольтного кабеля.

Предохранители на выходах аккумуляторных батарей, питающих релейные шкафы, могут не устанавливаться за исключением цепей питания электродвигателей стрелочных электроприводов и шлагбаумов.

Приложение А
Справочное

Библиография

А.1 Список использованных источников к разделу 1

- 1.1. ГОСТ 27.002-83 Надежность в технике. Термины и определения.
- 1.2. Переборов А.С., Трохов В.Г., Васильченко М.Н. Определение основных показателей надежности систем железнодорожной автоматики и телемеханики // Сб. трудов Ленингр. ин-та ух. ж.-д. трансп. - Л.: Транспорт, 1977. - Вып.404. - С.47-56.
- 1.3. Дружинин Г.В. Надежность автоматизированных систем. - М.: Энергия, 1977. - 563 с.
- 1.4. Федотов А.Е. Исследование вопросов надежности систем электрической централизации стрелок и сигналов: Дис.... канд. техн. наук: - Л.: ЛИИЖТ, 1976.
- 1.5. Дрейман О.К. и др. Способы обеспечения и методика расчета показателей надежности и безопасности микропроцессорных систем железнодорожной автоматики / Дрейман О.К., Гавзов Д.В., Илюхин М.В.; Ленингр. ин-т инж. ж.-д. трансп. - Л., 1988. - Деп. в ЦНИИ ТЭИ ИПС 28.01.88, N 4320. - 18 с.
- 1.6. Сотсков Б.С. Основы теории и расчета надежности элементов и устройств автоматики и вычислительной техники. - М.: Высшая школа, 1970. - 270 с.
- 1.7. Белецкий В.В. Теория и практические методы резервирования радиоэлектронной аппаратуры. - М.: Энергия, 1977. - 350 с.
- 1.8. Доманицкий С.М. Построение надежных логических устройств. - М.: Энергия, 1971. - 280 с.
- 1.9. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В. Методы синтеза надежных автоматов. - Л.: Энергия, 1980. - 96 с.
- 1.10. Ефимов В.Ю. Об оценке безопасности действия устройств железнодорожной автоматики и телемеханики и способах

достижения заданной величины безопасности // Тр. Ленингр. ин-та инж. ж.-д. трансп. - Л., Транспорт: 1973. - Вып. 367. - С. 118-125.

1.11. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В. Дискретные автоматы с обнаружением отказов. - Л.: Энергоатомиздат, 1984. - 12 с.

1.12. Гавзов Д.В. Аппаратные способы повышения надежности систем железнодорожной автоматики на основе микропроцессоров // Автоматика и вычислительная техника на железнодорожном транспорте // Сб. трудов Ленингр. ин-та инж. ж.-д. трансп. Л.: ЛПИЖТ - 1986. - С. 79-87.

1.13. Телеуправление стрелками и сигналами: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / А.С. Переборов, А.М. Брылеев, В.Ю. Ефимов и др.; Под ред. А.С. Переборова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1981. - 390 с.

1.14. Христов Х.А. Электронизация на осигурительная техника. - София: Техника, 1984. - 355 с.

1.15. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Релейная продукция электрической централизации. Требования безопасности и типовые программы и методики испытаний на безопасность: Сборник руководящих документов. - СПб.: Гипротрансигналсвязь. - 1993. - 43 с.

А.2 Список использованных источников к разделу 2

2.1. Развитие автоматики, телемеханики и связи на железных дорогах / В.С. Рязанцев, Д.А. Букин, Н.З. Шацев, Н.М. Степанов; Под редакцией В.С. Рязанцева. - М.: Транспорт, 1986. - 279 с.

2.2. Брылеев А.М. Аппаратура СЦБ. - М.: Трансжелдориздат, 1956. - 296 с.

2.3. Технический справочник железнодорожника. Т.8. Сигнализация, блокировка, связь / Под ред. М.И. Вахнина. - М.: Трансжелдориздат, 1952. - 976 с.

2.4. Ильяцов П.Н. Техническое содержание устройств электрической централизации. - М.: Транспорт, 1964. - 272 с.

2.5. Белязо И.А. и др. Проектирование электрической централизации / И.А. Белязо, И.С. Ошурков, А.Н. Пестриков. - М.:

Транспорт, 1969. - 255 с.

2.6. Леонов А.А. и др. Техническое содержание устройств автоблокировки / А.А. Леонов, Ф.А. Фомичев, Л.В. Шишляков. - М.: Транспорт, 1972. - 236 с.

2.7. Жильцов П.Н., Гумбург Д.М. Пособие электромеханику электрической централизации. - М.: Транспорт, 1973. - 304 с.

2.8. Телеуправление стрелками и сигналами: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / А.С. Переборов, А.М. Брылеев, И.М. Кокурин и др.; Под редакцией А.С. Переборова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1975. - 448 с.

2.9. Новиков М.А. и др. Проектирование автоматической блокировки на железных дорогах / М.А. Новиков, А.Ф. Петров, Н.М. Степанов. - М.: Транспорт, 1979. - 328 с.

2.10. Ошурков И.С., Баркаган Р.Р. Проектирование электрической централизации. - М.: Транспорт, 1980. - 296 с.

2.11. Телеуправление стрелками и сигналами: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / А.С. Переборов, А.М. Брылеев, В.Ю. Ефимов и др.; Под ред. А.С. Переборова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1981. - 390 с.

2.12. Определение тенденций развития и разработка эксплуатационно-технических требований к системе и устройствам ЭЦ: Отчет о НИР (заключ.) / Ленингр. ин-т инж. ж.-д. трансп. (ЛИИЖТ); Руководитель Вл.В. Саложников. - М ГР 91900050190. - Л., 1991. - 242 с.

2.13. Эйлер А.А., Залгаллер С.И. Анализ способов защиты от ложных срабатываний стрелочных электроприводов и контрольных реле // Сб. научн. тр. ЛИИЖТа. - Л.: Транспорт, 1953. - Вып. V. - С.81-107.

2.14. Ефимов В.Ю. Об оценке безопасности действия устройств железнодорожной автоматики и телемеханики и способах достижения заданной величины безопасности // Сб. научн. тр. ЛИИЖТа. - Л.: Транспорт, 1973. - Вып. 367. - С.118 - 125.

2.15. ОСТ 32.17-92. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Основные понятия. Термины и определения. - СПб: ПИИТ, 1992. - 34 с.

2.16. Б е л я з о И.А. Штепсельные реле СЦБ // Сборник статей по железнодорожной автоматике, телемеханике и связи. - М.: Трансжелдориздат, 1957. - С.134-156.

2.17. М у р а в и н В.М., П о л т о р а к Е.Ц. Ремонт аппаратуры СЦБ. - М.: Транспорт, 1965. - 316 с.

2.18. Теоретические основы железнодорожной автоматики и телемеханики: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / А.М. Брылеев, М.И. Босин, А.С. Переборов и др. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1969. - 424 с.

2.19. Ш м ы р е в А.Г. Справочник по железнодорожной автоматике и телемеханике. - М.: Транспорт, 1970. - 384 с.

2.20. С о р о к о В.И., Р а з у м о в с к и й Б.А. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики. - М.: Транспорт, 1976. - 704 с.

2.21. П у ш к а р е в В.Н. СЦБ постоянного тока зарубежных фирм. // Автоматика, телемеханика и связь. - 1980. - N 12. - С.42-44.

2.22. К а л и т о н е н к о Н.Г., С у с о е в В.Н., О ф е н г е й м Х.Г. Новое реле для железнодорожной автоматики и телемеханики // Автоматика, телемеханика и связь. - 1983. - N 7. - С.14-16.

2.23. Теоретические основы железнодорожной автоматики и телемеханики: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / А.С.Переборов, А.М. Брылеев, В.В. Саложников и др.; под ред. А.С. Переборова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. Транспорт, 1984. - 384 с.

2.24. С а л о ж н и к о в В.В. и др. Дискретные устройства железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / В.В. Саложников, Ю.А. Кравцов, Вл.В. Саложников - М.: Транспорт, 1988. - 255 с.

2.25. С у с о е в В.Н., О ф е н г е й м Х.Г. Новые разновидности реле для систем железнодорожной автоматики // Автоматика, телемеханика и связь. - 1991. - N 8. - С.4-6.

2.26. Методы и средства оценки обеспечения безопасности систем железнодорожной автоматики / Саложников В.В., Саложников Вл.В., Гавзов Д.В. и др. // Автоматика, телемеханика и связь. - 1992. - N 1. - С.4-7.

2.27. Л и с е н к о в В.М. Безопасность ответственных технологических процессов и технических средств на транспорте // Автоматика, телемеханика и связь. - 1992. - N 1. - С.8-11.

2.28. К о с т р о м и н о в А.М. О безопасности в СЦБ // Автоматика, телемеханика и связь. - 1992. - N 1. - С.11-12.

2.29. П о д г а й ч е н к о М.С., Я г у д и н Р.Ш. Эксплуатационно-технические требования к реле СЦБ // Автоматика, телемеханика и связь. - 1992. - N 9. - С.19-20.

2.30. З е к ц е р Д.М. Некоторые тенденции в развитии релестроения // Автоматика, телемеханика и связь. - 1992. - N 9. - С.38-39.

2.31. Общие правила выбора показателей безопасности и методы расчета норм безопасности / Саложников В.В., Саложников Вл.В., Талалаев В.И. и др. // Автоматика, телемеханика и связь. - 1992. - N 10. - С.15-17.

2.32. Ведомственные нормы технологического проектирования / Гипротрансигналсвязь, МПС СССР - Л.: Транспорт, 1986. - 125 с.

2.33. Типовые решения. Электрическая централизация промежуточных станций ЭЦ-В. - Л.: Гипротрансигналсвязь, 1975. - 141 с.

УДК 656.25

Д 50

Ключевые слова: опасный отказ, критерий опасного отказа, ответственная цепь, безопасная релейная схема, концепция безопасности, метод обеспечения безопасности, принцип безопасного кодирования.

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Правила и методы обеспечения
безопасности релейных схем

Редактор Н.В. Фролова

Подписано в печать с оригинала - макета 23.03.94.

Формат 60 x 84 1/16. Бумага для множ. апп. Печать офсетная.

Усл.печ.л. 2,25.

Уч.-изд.л. 2,25.

Тираж 1000.

Заказ 179.

Петербургский государственный университет путей сообщения.

190031, СПб, Московский пр., 9.

Типография ПГУПС. 190031, СПб, Московский пр., 9.