

С С С Р - М П С

Днепропетровский институт инженеров железнодорожного транспорта

Аспирант Ю.И. Хмарский

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА И ПОВЫШЕНИЯ
НАДЕЖНОСТИ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ
АВТОМАТИКИ

(05.254 - Автоматическое управление и регули-
рование на железнодорожном транспорте)

(Диссертация написана на русском языке)

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск
1971

НТБ
ДНУЖТ

Работа выполнена на кафедре "Электронные вычислительные машины" Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта.

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор Е.М. ШАПИТ

Официальные оппоненты - член-корреспондент академии наук УССР, доктор технических наук, профессор Н.Ф. ГЕРАСИМ

Кандидат технических наук,
доцент Ю.А. КРАНЦОВ

Ведущее предприятие - Государственный институт
"Телеграфно-сигнализация"

Автореферат разослан 7 января 1972 г.

Защита диссертации состоится 10 декабря 1972 г.
на заседании Ученого Совета Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта.

Адрес института: г.Днепропетровск, 10, ул. Университетская 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ДИИТа.

Ученый секретарь Совета,
доктор технических наук,
профессор

(А.Е.БЕЛАН)

НТБ
ДНУЖТ

С С С Р - М П С

Днепропетровский институт инженеров железнодорожного транспорта

Аспирант Д.И. Умарский

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА И ПОВЫШЕНИЯ
НАДЕЖНОСТИ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ
АВТОМАТИКИ

- (05.254 - Автоматическое управление и регулирование на железнодорожном транспорте)
(Диссертация написана на русском языке)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск
1971

НТБ
ДНУЖТ

Освоение непрерывно возрастающего объема перевозок, увеличение скоростей и интенсивности движения невозможно без применения современных средств управления перевозочным процессом.

В настоящее время ведутся интенсивные работы по созданию и совершенствованию систем, позволяющих автоматизировать процесс управления различными объектами железнодорожного транспорта. Одной из существенных проблем, возникающих при этом, является проблема надежности. Требования полного исключения аварийных режимов и обеспечение безопасности движения вызывают необходимость создания высоконадежных систем железнодорожной автоматики. Наиболее остро проблема надежности возникает при применении в логических схемах этих систем бесконтактных элементов.

В настоящее время общая теория надежности логических схем железнодорожной автоматики находится в стадии становления. В этом направлении ведутся интенсивные работы и отдельные вопросы надежности нашли своё отражение в трудах советских и зарубежных специалистов.

Для исключения аварийных ситуаций в системах железнодорожной автоматики необходимо тщательное исследование аварийных отказов схем и создание соответствующих способов защиты. Поставленная задача может быть решена на основе разработки эффективных методов анализа надежности, позволяющих определять структурные пороки схем и методов их устранения. При этом методы анализа и последующего повышения надежности должны быть универсальными, т. е. приемлемыми для

НТБ
ДНУЖТ

исследования широкого круга логических схем железнодорожной автоматики.

Изложенное и определяет основные задачи диссертации, которые заключаются в следующем:

1. Исследование и разработка методов вероятностного анализа надежности логических схем железнодорожной автоматики.
2. Исследование и разработка методов анализа с использованием аппарата детерминированной логики с последующей вероятностной оценкой результатов анализа.
3. Исследование методов повышения надежности логических схем железнодорожной автоматики введением общей и частичной избыточности.

В первой главе диссертации дан краткий анализ существующих методов и определены основные цели исследования.

С точки зрения эксплуатационных последствий отказов схемы железнодорожной автоматики подразделяются на схемы без приоритета (обычный конечный автомат) и схемы с приоритетом определенного сигнала на выходе, искажение которого приводит к недопустимой аварийной ситуации.

На основании анализа существующих методов определяется круг вопросов, подлежащих исследованию:

1. Исследование и разработка методов определения вероятностей состояний сигналов на выходах и входах элементов логических схем.

В работе предусматривается исследование методов анализа надежности как в стохастической так и в детермини-

НТБ
ДНУЖТ

рованной постановке, поэтому к разрабатываемому на этой стадии математическому аппарату предъявлялись следующие требования:

- а) возможность определения вероятностей состояний выходов логических элементов схем без промежуточного составления логических операторов при вероятностном анализе;
- б) возможность вероятностной оценки логических показателей защищенности без их предварительного преобразования, т.е. возможность перехода от произвольного логического выражения к вероятностным соотношениям без приведения логического выражения к ортогональному виду.

2. Исследование и разработка метода вероятностного анализа надежности, позволяющего определять кроме интегральных оценок надежности, отдельные оценки структуры схемы с учетом вероятностного режима работы, что связано с необходимостью решения следующих вопросов:

а) определение основных критериев надежности структуры схемы;

б) построение алгоритма анализа надежности таким образом, чтобы выполнялись следующие условия:

- возможность получения оценки влияния надежности каждого из элементов на общую надежность схемы (вероятность отказа на выходе при отказе каждого из элементов);
- возможность получения в качестве промежуточных результатов при вычислении основных показателей надежности структуры;
- однородность математического аппарата, применяемого на всех стадиях анализа;

НТБ
ДНУЖТ

в) возможность использования результатов анализа для синтеза структур повышенной надежности.

4. исследование и разработка метода логического анализа надежности, что вызывает необходимость решения следующих вопросов:

- а) выбор общих показателей защищенности всей схемы;
- б) разработка алгоритма определения указанных показателей;
- в) выбор показателей, характеризующих защитные свойства отдельных компонентов схемы (элементов, узлов, групп элементов и т.д.);
- г) исследование возможности использования результатов логического анализа для обнаружения структурных пороков схем.

5. Исследование возможности применения логических и вероятностных методов для анализа надежности логических схем железнодорожной автоматики с приоритетом.

6. Исследование методов введения общей избыточности (повэлементной и блочной) для логических схем железнодорожной автоматики с приоритетом.

7. Исследование и разработка методов введения частичной избыточности, основанных на результатах вероятностного и логического анализа.

В работе ставится задача рассмотрения указанных вопросов в общем виде, т.е. применительно к любым логическим схемам железнодорожной автоматики с соответствующей иллюстрацией примерами, основанными на анализе конкретных схем.

НТБ
ДНУЖТ

Во второй главе диссертации рассмотрены вопросы определения вероятностей состояний сигналов на входах и выходах логических элементов схем железнодорожной автоматики.

Методика определения вероятностей состояний сигналов на входах схем железнодорожной автоматики показана на примере логических схем ЦСС (централизация стрелок и сигналов). Вероятности единичного (активного) состояния входов определяется через вероятности реализации каждого из маршрутов, предусмотренных для станций:

$$P_{\psi} = \sum_i P_{\psi mi} - \sum_K \left(\prod_z P_{\psi mj} \right)_K,$$

где P_{ψ} - вероятность единичного состояния входа ψ ;

i - номера маршрутов, вызывающих появление единичного состояния входа;

$P_{\psi mi}$ - вероятность единичного состояния входа при реализации i -го маршрута;

K - количество вариантов совместных маршрутов из общего количества маршрутов, входящих в сумму по i ;

z - число параллельных маршрутов в каждом из вариантов K ;

$P_{\psi mj}$ - вероятность единичного состояния входа при реализации j -го совместного маршрута из общего количества маршрутов, входящих в сумму по i .

Вероятности $P_{\psi m_i}$ и $P_{\psi m_j}$ определяются через вероятности реализации маршрутов. Для подсчета вероятностей предлагается табличный способ, основанный на использовании таблицы зависимостей маршрутов, стрелок и сигналов.

Для определения вероятностей состояний сигналов на выходах логических элементов схем, а также для перехода к вероятностным соотношениям от произвольных логических выражений, предлагается метод логико-вероятностных соотношений.

Метод основан на введении операции вычеркивания степеней, для обозначения которой введен оператор $B|$.

Сущность введенной операции заключается в том, что все степени при вероятностях $P_{(x_i=1)}$ в алгебраических соотношениях, на которые распространяется действие оператора, заменяются степенями, равными единице.

Логико-вероятностным соотношением (ЛВС) называется алгебраическое выражение, полученное из логического путем следующих замен:

$$\begin{aligned}x_i &\rightarrow P_{x_i}; \\ \bar{x}_i &\rightarrow 1 - P_{x_i}; \\ z_i \wedge z_j &\rightarrow B| P_{z_i} P_{z_j}; \\ z_i \vee z_j &\rightarrow B| P_{z_i} + P_{z_j} - P_{z_i} P_{z_j},\end{aligned}$$

где P_{x_i} , P_{z_i} , P_{z_j} - вероятности равенства единице логических выражений x_i , z_i , z_j .

В диссертации доказывается, что указанные соотношения справедливы при любых произвольных логических выражениях z_i и z_j .

Приведенные соотношения позволяют производить определение вероятностей единичных состояний сигналов на выходах ло-

НТБ
ДНУЖТ

логических элементов непосредственно по схеме, без составления логических функций, реализуемых на выходе каждого из элементов.

При этом выражения вероятностей единичного состояния сигналов на выходе элементов младшего яруса используются для определения выражений вероятностей единичного состояния на выходах элементов старшего яруса, т.е. промежуточные результаты полностью используются для последующих расчетов.

Кроме того, метод логико-вероятностных соотношений позволяет производить вероятностную оценку логических выражений без предварительного приведения их к ортогональному виду.

В диссертации даны алгоритмы определения вероятностей состояний сигналов на выходах логических элементов, которые проиллюстрированы примерами в применении к некоторым схемам ж.д. автоматики.

В третьей главе рассматриваются вопросы вероятностного анализа надежности. Основной задачей анализа является получение интегральных оценок надежности схемы относительно отказов каждого из элементов-вероятностей отказов на выходе при отказе каждого из элементов (при условии только одиночных ошибок схемы).

Одновременно ставится задача определения в виде промежуточных результатов дополнительных показателей, характеризующих структурную надежность схемы. В качестве таких показателей в диссертации приняты оценки фильтрующих (исправляющих) свойств схемы.

Каждый элемент схемы, в зависимости от реализуемой

НТБ
ДНУЖТ

им логической функции, обладает определенной способностью исправления (фильтрации) ложных сигналов, которая может быть оценена вероятностью передачи ложного сигнала.

В работе приведена таблица вероятностей передач ложных сигналов переходами вход-выход логических элементов, реализующих различные элементарные булевы функции. Таблица составляется на основании анализа различных ложных ситуаций, возникающих на входах элементов при условии одиночных ошибок.

Фильтрующие свойства схемы относительно возникшего отказа складываются из фильтрующих свойств элементов, включенных между местом отказа и выходом схемы.

Количественно фильтрующее свойство оценивается вероятностью передачи ложного сигнала от отказавшего элемента на выход схемы:

Если схема не имеет разветвлений, фильтрующие свойства определяются по формуле:

$$P_{i-y} = \prod P_{j\text{пер.}}$$

где P_{i-y} - вероятность передачи ложного сигнала от отказавшего элемента i на выход схемы y ;

j - номера элементов, включенных между выходом схемы и элементом i ;

$P_{j\text{пер.}}$ - вероятность передачи ложного сигнала элементом с номером j .

Вероятность отказа на выходе схемы при отказе i -го

элемента определяется по формуле:

$$Q_{iy} = \alpha_i \cdot P_{i-y},$$

где Q_{iy} - вероятность отказа на выходе схемы при отказе i -го элемента.

α_i - вероятность отказа i -го элемента.

Схемы с разветвлениями характерны наличием элементов, у которых возможно искажение одновременно на нескольких выходах. В диссертации приводится вывод основных соотношений для определения вероятностей передач ложных сигналов элементами типа "И", "ИЛИ" при условии возможности одновременного искажения сигналов на входах.

Вероятность передачи ложного сигнала от отказавшего элемента на выход схемы при наличии разветвлений определяется следующим образом:

$$P_{i-y} = B \left| \sum_{z=1}^{z=c} \left(\prod_{j=1}^{j=b} P_{jпер} \right)_z \right|,$$

где P_{i-y} - вероятность передачи ложного сигнала от элемента i на выход схемы;

c - число путей от элемента i до выхода схемы;

b - число элементов, входящих в путь.

В результате анализа, кроме интегральных оценок надежности (вероятностей отказа на выходе), определяются дополнительные оценки, характеризующие исправляющие свойства схемы.

По полученным оценкам строятся графики, позволяющие

НТБ
ДНУЖТ

наглядно представить общую картину влияния каждого из элементов на надежность схемы.

Анализ графиков позволяет:

- выделить элементы схемы, отказы которых представляет наибольшую опасность;
- установить является ли это повышенной ненадежностью самих элементов или следствием плохих фильтрующих свойств схемы;
- выделить пути прохождения ложного сигнала, обладающие низкими фильтрующими свойствами.

Таким образом результаты анализа позволяют определить особо ненадежные места схемы и наметить основные направления воздействия на схему с целью повышения её надежности.

Четвертая глава посвящена вопросам логического анализа надежности.

В качестве общих логических показателей структурной защищенности схемы принимаются оценки защищенности выхода схемы от отказов каждого из элементов. Указанные оценки определяются в виде логического описания возможности искажения правильного сигнала на выходе при отказе определенного элемента схемы.

Для оценки структурной защищенности выхода схемы при отказе произвольного элемента вводится понятие логической функции ошибки на выходе:

$$J_{iy} = \delta_i \wedge Z_{i-y},$$

где J_{iy} - логическая функция ошибки на выходе при отказе i -го элемента;

НТБ
ДНУЖТ

δ_i - двоичная переменная, описывающая возможность отказа i -го элемента;

L_{i-y} - некоторый логический коэффициент, характеризующий возможность передачи отказа от элемента на выход схемы.

Коэффициент L_{i-y} является логическим описанием фильтрующих свойств схемы относительно отказа i -го элемента и назван логическим коэффициентом передачи ложного сигнала от элемента i на выход схемы.

Определяется L_{i-y} через логические коэффициенты передач ложных сигналов отдельными элементами схемы, включенными между отказавшим элементом и выходом схемы.

$$L_{i-y} = \bigvee^z \left[\bigwedge^j L_{j\text{пер}} \right]_z,$$

где z - количество путей от отказавшего элемента до выхода схемы;

j - номера элементов пути;

В диссертации приведена таблица логических коэффициентов передач ложных сигналов переходов вход-выход элементов, реализующих различные элементарные булевы функции, при условии одного искаженного входа, а также производится определение логических коэффициентов передач ложных сигналов элементами "И", "ИЛИ" при условии одновременного искажения сигналов на двух входах.

Определяемые в результате анализа логические выражения функции ошибок T_{iy} дают возможность произвести качест-

НТБ
ДНУЖТ

венный анализ структурной защищенности схемы относительно отказов элементов. Вероятностная оценка результатов анализа позволяет получить основные количественные показатели надежности схемы (вероятности отказа на выходе при отказе каждого из элементов схемы) и фильтрующих свойств (вероятности передачи ложных сигналов на выход). Переход от логических функций к вероятностным оценкам производится при помощи метода логико-вероятностных соотношений.

Таким образом, логический анализ позволяет получить такие же оценки надежности как и вероятностный анализ. Однако логический анализ имеет самостоятельное значение, так как дает возможность производить исследование защитных свойств структуры без учета вероятностного режима работы схемы.

Кроме того, путем анализа логических выражений функций ошибок определяются дополнительные показатели - сочетание сигналов на входах (наборы) при которых возможно искажение сигнала на выходе схемы. Вероятностная оценка позволяет выделить наборы, при которых искажение на выходе является наиболее вероятным.

Таким образом, предлагаемый метод логического анализа с последующей вероятностной оценкой результатов дает возможность определить три вида схемных пороков:

- выделить элементы, отказы которых представляют наибольшую опасность;
- определить пути схемы, обладающие низкими фильтрующими свойствами;

НТБ
ДНУЖТ

- определить наборы (полные или неполные), при которых искажение сигнала на выходе является наиболее вероятным.

В пятой главе рассматриваются вопросы анализа надежности логических схем с приоритетом на выходе.

Надежность схем железнодорожной автоматики с приоритетом может быть правильно оценена только при наличии отдельного количественного показателя, характеризующего возможность искажения приоритетного сигнала, т.е. возможность возникновения аварийной ситуации. Для этого необходимо произвести оценку лишь тех отказов, которые приводят к искажению приоритетного сигнала на выходе схемы.

В общем случае к схемам с приоритетом применимы методы вероятностного и логического анализа, рассмотренные в третьей и четвертой главах, однако при этом следует учитывать только аварийные ситуации.

Влияние отказа элемента на возможность искажения приоритетного сигнала на выходе определяется структурой элементов, включенных между местом возникновения отказа и выходом схемы. При этом характер передачи ложной информации определяется инвертирующими свойствами этих элементов.

Каждое место возникновения отказа характеризуется своей группой элементов, передающих отказ. Все узлы схемы (как источник возможного отказа) по воздействию возникающих в них отказов на выход схемы разбивается на три категории:

1. Узлы с неискаженным (без инвертирования) воздействием на выход.

НТБ
ДНУЖТ

2. Узлы с инвертированным воздействием отказа на выход.
3. Узлы смешанного воздействия.

Так как категория узла определяется количеством инвертирующих элементов, в диссертации проведен анализ инвертирующих свойств элементов, реализующих различные элементарные булевы функции. Коэффициенты передачи одиночных ложных сигналов логическими элементами представлены в виде сумм двух составляющих – коэффициента передачи ложного сигнала без инвертирования и коэффициента передачи ложного сигнала с инвертированием. Приведены таблицы соответствующих коэффициентов в логической и вероятностной форме.

Для определения категории узла логическая схема представляется в виде направленного графа, при этом инвертирующие свойства отдельных элементов учитываются при графическом изображении переходов вход-выход элементов. Анализ инвертирующих свойств путей прохождения ложного сигнала может быть произведен либо непосредственно по графу схемы, либо при помощи известных методов структурного анализа.

При логическом анализе схем с приоритетом задача заключается в получении логических функции искажения приоритетного сигнала, которые определяются исходя из категории узла:

- для узлов с неискаженным воздействием

$$J_{i\alpha}(x \rightarrow \bar{x}) = \gamma_i^{2x} \cdot \delta_i(x \rightarrow \bar{x}) \cdot \mathcal{L}_i - y,$$

где \mathcal{L}_i – вид приоритетного сигнала (0 или 1),

НТБ
ДНУЖТ

$\gamma_{iy}(\pi \rightarrow \bar{\pi})$ - логическая функция искажения приоритетного сигнала на выходе схемы при отказе элемента i

γ_i^{π} - логическая функция, реализуемая на выходе элемента с номером i

$$\gamma_i^{\pi} = \begin{cases} \gamma_i & \text{при } \pi = 1; \\ \bar{\gamma}_i & \text{при } \pi = 0; \end{cases}$$

$\delta_i(\pi \rightarrow \bar{\pi})$ - двоичная переменная, описывающая возможность отказа i -го элемента типа $\pi \rightarrow \bar{\pi}$,

\mathcal{L}_{i-y} - логический коэффициент передачи ложного сигнала от i -го элемента на выход схемы;

- для узлов с инвертированным воздействием:

$$\gamma_{iy}(\pi \rightarrow \bar{\pi}) = \bar{\gamma}_i^{\pi} \delta_i(\bar{\pi} \rightarrow \pi) \cdot \mathcal{L}_{i-y};$$

- для узлов смешанного воздействия:

$$\gamma_{iy}(\pi \rightarrow \bar{\pi}) = \gamma_i^{\pi} \delta_i(\pi \rightarrow \bar{\pi}) \cdot \mathcal{L}_{(i-y)_I} \vee \bar{\gamma}_i^{\pi} \delta_i(\bar{\pi} \rightarrow \pi) \cdot \mathcal{L}_{(i-y)_{\bar{I}}},$$

где $\mathcal{L}_{(i-y)_{\bar{I}}}$ - логический коэффициент передачи ложного сигнала по путям с нечетным количеством инвертирующих элементов;

$\mathcal{L}_{(i-y)_I}$ - логический коэффициент передачи ложного сигнала от i -го элемента по путям с четным количеством инвертирующих элементов.

Аналогичные соотношения используются и при вероятностном анализе схем с приоритетом.

Определение логических коэффициентов и вероятностей передач ложных сигналов, а также обработка результатов ана-

лиза производится методами, рассматриваемыми в третьей и четвертой главах.

Таким образом для схем с приоритетом могут быть получены те же оценки, что и при анализе схем без приоритета, однако эти показатели характеризуют уже не общую, а только аварийную надежность схемы.

Шестая глава диссертации посвящена методам повышения надежности логических схем с приоритетом введения осечек (повлементной и в целом для всей схемы) и частичной избыточности. Методы основываются на использовании фильтрующих свойств отдельных элементов и всей схемы и общая задача повышения надежности логических схем с приоритетом сводится к исследованию различных методов уменьшения вероятности передачи ложных сигналов на выход схемы.

Для исключения возможности искажения приоритетного сигнала на выходе схемы при введении повлементной избыточности каждый элемент заменяется элементарной эквивалентной схемой. В элементарную эквивалентную схему входят дублирующие элементы и элементы-фильтры. Структура элементарной эквивалентной схемы определяется категорией узла, к которому подключен выход элемента.

В диссертации исследуются структуры элементарных эквивалентных схем при различных категориях узлов.

Рассмотренный метод введения избыточности позволяет:

I. Отфильтровывать все одиночные отказы элементов.

НТБ
ДНУЖТ

2. Отфильтровывать двойные отказы элементов за исключением случаев, когда произошел одновременный отказ элементов, выполняющих одинаковые функции в элементарной избыточной схеме.

Исследование избыточной схемы, в которой предусматривается простое повторение (дублирование) схемы показывает, что в этом случае исключается возможность искажения приоритетного сигнала при одиночных отказах элементов, за исключением отказа фильтрующего элемента, включенного на выходе схемы.

Из сравнительного анализа рассмотренных методов введения общей избыточности следует, что при введении поэлементной избыточности требуется большое количество избыточных элементов по сравнению с обычным повторением, однако при этом исключается значительная часть двойных отказов элементов.

Для оценки методов вводится показатель, учитывающий среднюю эффективность каждого из избыточных элементов.

Численное значение введенного показателя зависит от конкретной реализации безизбыточной схемы, определяется её структурой и надежностью применяемых в схеме элементов.

Предварительная оценка показателей позволяет определить эффективность и целесообразность применяемого метода.

Рассматриваемые в диссертации методы введения частичной избыточности предназначены для ликвидации пороков, определяемых при анализе надежности.

В общем случае полученные в результате анализа оценки являются описанием (логическим или вероятностным) совокупности ситуаций, при которых отказ элемента вызывает искажение

НТБ
ДНУЖТ

приоритетного сигнала на выходе. Исключения ложных аварийных переходов на выходе схем можно достичь, если при указанной совокупности ложных ситуаций будет производиться контроль правильности сигнала на выходе.

Для осуществления контроля и исправления ложных сигналов на выходе схемы ставится искусственный фильтр ложных сигналов, который состоит из двух частей:

- логической, вырабатывающей контролирующий сигнал при ситуациях, когда возможно искажение приоритетного сигнала на выходе схемы;
- элемента-восстановителя, осуществляющего контроль и исправление искажения.

Логическая часть фильтра синтезируется на основании описания ситуаций, при которых необходимо произвести защиту приоритетного сигнала. Логическое описание ситуаций названо функцией контроля. Логическая часть фильтра может быть синтезирована непосредственно по логическому выражению функции контроля либо по ее отрицанию.

Логика элемента-восстановителя определяется исходя из условия выполнения необходимых функций контроля, которые зависят от конкретного вида приоритетного сигнала на выходе схемы и вида контролирующего сигнала логической части фильтра. В работе приводятся таблицы, по которым определяется логика элемента-восстановителя.

функция контроля определяется исходя из вида по-

НТБ
ДНУЖТ

рока схемы, для исправления которого ставится фильтр.

В соответствии с тремя видами пороков, определенными при логическом и вероятностном анализе, в диссертации рассматриваются вопросы определения функций контроля в следующих случаях:

1. Определение функции контроля для защиты схемы от отказов особо ненадежных элементов, выделенных при анализе.

2. Определение функции контроля для защиты схемы при опасных наборах.

3. Определение функции контроля для повышения фильтрующих свойств отдельных путей схемы.

Функции контроля определяются в виде логического выражения, по которому может быть синтезирована логическая часть фильтра. При рассмотрении методов повышения фильтрующих свойств отдельных передающих путей схемы особое внимание в работе уделяется частному случаю-цепочке из последовательно соединенных элементов "И", которая является типичным звеном для схем стационарной автоматики.

В связи с тем, что разработанные в данной работе методы позволяют производить защиту схем от трех видов взаимосвязанных схемных пороков, в диссертации рассмотрены вопросы выбора рационального способа повышения надежности, рекомендуются соответствующие оценки целесообразности и экономической эффективности.

На основании исследований, проведенных в диссертации, сделаны следующие основные выводы и предложения:

1. Исследование методов анализа надежности логических

НТБ
ДНУЖТ

схем железнодорожной автоматики в двух постановках — стохастической, с использованием аппарата вероятностной логики, и детерминированной, с использованием аппарата детерминированной логики с последующей вероятностной оценкой, показывает, что фильтрующие (исправляющие) свойства схем оказывают существенное влияние на их надежность. В связи с этим введение при разработке вероятностных и логических методов анализа показатели фильтрующих свойств позволяют глубже исследовать структуру схемы.

2. В качестве основного показателя фильтрующих свойств при вероятностном анализе надежности логических схем железнодорожной автоматики следует принимать вероятности передач ложных сигналов. Анализ надежности логических схем при помощи вероятностей передач ложных сигналов позволяет:

- а) получить количественные оценки влияния каждого из элементов на общую надежность схемы (вероятность отказа на выходе при отказе каждого из элементов).
- б) получить в качестве промежуточных результатов дополнительные показатели фильтрующих свойств схемы.

3. Вероятности состояний входов логических схем железнодорожной автоматики могут быть определены путем прогнозирования работы устройств исходя из предлагаемых размеров движения, вагонопотока и т.д.

Определение вероятностей состояний входов логических схем станционной автоматики (в частности схем ЦСС) производится через вероятности реализации каждого из маршрутов,

НТБ
ДНУЖТ

предусмотренных для станции. Для подсчета вероятностей рекомендуется табличный способ расчета, основанный на использовании таблицы зависимостей маршрутов, стрелок и сигналов.

4. Для проведения вероятностных расчетов при анализе надежности может быть рекомендован метод логико-вероятностных соотношений, разработанный в диссертации. По сравнению с существующими способами, метод логико-вероятностных соотношений имеет следующие преимущества:

- а) отсутствие операций в алгебре логики;
- б) возможность использования промежуточных (постоянных) результатов для последующих расчетов;
- в) относительная простота метода, так как все операции выполняются в рамках обычной алгебры с некоторым дополнением

5. Основные показатели, полученные в результате вероятностного анализа позволяет установить следующие пороги схем:

- выделять пути (цепочки элементов), обладающие минимальными фильтрующими свойствами;
- выделить элементы, отказы которых представляют наибольшую опасность.

Качественный анализ показателей позволяет заметить основные направления, по которым следует производить повышение надежности.

6. Разработанный в диссертации логический метод анализа позволяет исследовать структурную защищенность схем с двух позиций:

- а) определить влияние каждого из элементов на возможность

НТБ
ДНУЖТ

искажения сигнала на выходе с точки зрения отказов элементов и фильтрующих свойств схемы;

б) определить сочетание сигналов на входах схемы (наборах), при которых отказы элементов передаются на выход схемы

7. Вероятностная оценка результатов логического анализа позволяет помимо показателей, получаемых при вероятностном анализе надежности, выделить наиболее опасные наборы, при которых наиболее вероятно искажение сигнала на выходе, что открывает дополнительные пути повышения надежности схемы. Однако в силу большей трудоёмкости логические методы следует применять при исследовании надежности схем малой и средней степени сложности.

8. Разработанные в диссертации методы вероятностного и логического анализа полностью пригодны для исследования надежности логических схем железнодорожной автоматики с приоритетом определенного сигнала на выходе. Выделение опасных ошибок, искажающих приоритетный сигнал, может быть произведено путем анализа графа схемы с учетом инвертирующих свойств элементов.

9. При повышении надежности логических схем железнодорожной автоматики с приоритетом введением общей избыточности требуется значительное количество избыточных элементов. Целесообразность введения общей избыточности устанавливается на основе оценки средней эффективности каждого из избыточных элементов.

10. Методы введения частичной избыточности для схем с приоритетом, основанные на использовании результатов вероятностного и логического анализа надежности, позволяют устра-

нить основные пороки схем, приводящие к искажению приоритетного сигнала. При этом достигается большая эффективность каждого избыточного элемента.

II. Произведенные исследования показали, что в основу методов введения частичной избыточности могут быть положены фильтры, осуществляющие контроль и исправление приоритетного сигнала на выходе схемы. Построение фильтров, предназначенных для исправления определенных пороков схемы, обнаруженных при анализе, производится по логическим функциям контроля, составленным для исследуемых схем на основании анализа её пороков.

12. Для оценки целесообразности и экономической эффективности применяемых методов введения избыточности рекомендуются показатели, позволяющие определить эффект повышения надежности на каждый избыточный элемент и на единицу затрат.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Хмарский Ю.И. Исследование методов повышения надежности последовательных логических цепей. Материалы Юбилейной научно-исследовательской конференции института, ДИИТ, Днепропетровск, 1970.

2. Хмарский Ю.И. Методы определения вероятностей состояний входов и выходов элементов логических схем станционной автоматики. Материалы Юбилейной научно-технической конференции института, ДИИТ, Днепропетровск, 1970.

НТБ
ДНУЖТ

3. Шафит Е.М., Умарский Д.И. Методика определения вероятностей состояний входов схем ЭЦ железнодорожных станций. Труды ДИИТа, вып. 125, Днепропетровск, 1971.
4. Умарский Д.И. Повышение надежности логических цепей методом искусственных фильтров. Труды ДИИТа, вып.125, Днепропетровск. 1971.
5. Умарский Д.И. Логический анализ структурной защищенности дискретных автоматов. Труды ДИИТа, вып. 129, Днепропетровск, 1971.
6. Умарский Д.И. Повышение надежности логических схем включением искусственных фильтров ложных сигналов. Труды ДИИТа, вып. 129, Днепропетровск, 1971.

Основные положения диссертации докладывались на следующих научных семинарах и конференциях:

1. Научные семинары "Автоматическое управление и вычислительная техника" ДИИТа в 1969, 1970, 1971 г.
2. Юбилейная научно-техническая конференция ДИИТа. Днепропетровск, 1970.
3. Первая всесоюзная конференция по надёжностному проектированию цифровых автоматов. Киев, 1971г.

НТБ
ДНУЖТ

БГ 30271. Подп. к лез. 23. ХП. 71с.
Заказ № 2258. Тираж 170. Объем 1,75 п.л.
Рот-ит ОЗ ДМетИ.

Сканировала Камянская Н.А.

НТБ
ДНУЖТ