

Эль Маулуд Ульд Баба

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ДИАГНОСТИКИ
ЦЕПЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЗА

05.13.05 - элементы и устройства вычислительной
техники и систем управления

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Харьков 1993 г.



№ 26.537

Работа выполнена на кафедре вычислительной техники и программирования Харьковского политехнического института

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
КОРСУНОВ Н.И.

Официальные оппоненты доктор технических наук, профессор
ЗАГАРИЙ Г.И.,
кандидат технических наук
ИЛЬВИН В.И.

Ведущее предприятие НИИ завода "Электротяжмаш" г. Харьков


Защита состоится "18" февраля 1993 г. в 14³⁰ часов
на заседании специализированного Совета Д 068.39.02 при Харьков-
ском политехническом институте (310002, Харьков, ГСП,
ул. Фрунзе, 21)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института

Автореферат разослан "07" февраля 1993г.

Ваш отзыв на автореферат в двух экземплярах заверенный
печатью учреждения, просим направлять по указанному адресу
ученому секретарю специализированного совета Д 068.39.02

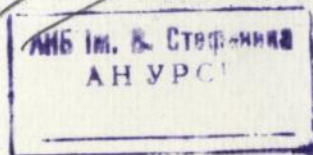
Ученый секретарь
специализированного совета


Кириллов В.У.

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00825712 (P)



Актуальность темы. Ускорение темпов технического прогресса в значительной степени определяется комплексной автоматизацией производств, внедрением приборов контроля качества продукции и т.д. Применительно к железнодорожному транспорту внедрение автоматизации позволяет превысить грузооборот транспортных средств, сократив расходы на эксплуатацию, потребление энергоресурсов и надежность перевозок. В условиях непрерывно возрастающего объема перевозок одним из важнейших факторов, обеспечивающих четкую, ритмическую работу железных дорог, является надежная, высокопроизводительная эксплуатация локомотивов, которая в решающей степени зависит от организации их технического обслуживания и ремонта. Опыт эксплуатации установлен, что объем работ и глубина контроля отдельных узлов и агрегатов локомотивов являются недостаточными, и в эксплуатации наблюдаются случаи их отказа сразу после плановых ремонтов. Причиной этого является то, что принятые методы и средства контроля данных агрегатов не позволяют определить их фактическое состояние. Современный тепловоз является сложным техническим устройством, обслуживание и ремонт которого требует высокой квалификации локомотивных бригад. Статистический анализ, проведенный Министерством путей сообщения, показывает существование значительных отказов оборудования локомотивов которые вызваны как качеством изготовления и ремонта агрегатов, так и не правильными режимами работы тепловоза. Возникающие отказы вызывают длительные простои поездов на линии, срыв графика движения, так как локомотивные бригады не могут своевременно найти и устранить эти отказы. Среди множества отказов, значительный объем занимает отказы в цепях управления тепловозом, неустранение которых в отведенное время ведет к длительным простоям и к вызовам резервного локомотива.

Следовательно, задача автоматического обнаружения неисправностей в цепях управления тепловозов является актуальной, а ее решение позволит не только уменьшить простои на железных дорогах, но и обеспечит большую безопасность движения, так как цепи управления непосредственно связаны с режимами работы оборудования тепловозов.

В диссертации предлагаются и исследуются устройства диагностики цепей управления тепловозов, разрабатываются методы и технические решения обеспечивающие стабильность и отказоустойчивость их функционирования.

Цель и задачи исследования. Целью работ являлось разра-

ботки помехозащищенных и отказоустойчивых устройств диагностики цепей управления тепловоза.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- обоснование принципов построения устройств диагностики цепей управления;

- разработка математической модели определения отказов элементов в цепях управления;

- разработка на базе современных средств вычислительной техники эффективных структурных схем устройств диагностики цепей управления;

- исследование влияния различных факторов на стабильность функционирования устройств и разработка методов повышения стабильности функционирования устройств диагностики цепей управления;

- разработка самопроверяемых схем встроенного контроля цифровых автоматов и построение на их основе отказоустойчивых устройств диагностики цепей управления тепловоза.

Методы исследования. Теория и методы исследования систем и цепей, теория графов, теория цифровых автоматов, методы принятия решений в технических системах.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Предложена модель обнаружения неисправных участков в сложных системах содержащих последовательно- параллельное соединение электрических цепей с релейно-контактными группами элементов.

2. Исследована стабильность функционирования устройств диагностики цепей управления тепловоза, обосновано использование однократной временной избыточности для повышения стабильности и разработаны методы введения этой избыточности.

3. Предложен и обоснован способ кодирования состояний автомата S2, обнаруживающего однократные ошибки автомата S1. Показано, что при соответствующем кодировании состояний переходов автомата S1 в последовательные моменты времени наиболее просто реализуются самоконтролирующиеся автоматы.

Практическая ценность работы состоит в следующем:

1. На основе методов принятия решений в нечеткой обстановке обоснована структура устройства диагностики цепей управления.

2. Предложены схемные решения по реализации методов повышения стабильности функционирования устройства диагностики в цепях уп-

равления при действии помех.

3. На основе специального кодирования состояний автомата разработана схема встроенного контроля и на их основе отказоустойчивое устройство диагностики целей управления тепловоза.

Реализация результатов работы. Исследования проводились на кафедре Вычислительной техники и программирования и использовались в лаборатории электронного моделирования в темах по разработке и исследованию электропередач современных тепловозов, а также в учебном процессе, при выполнении курсового проектирования по курсам "Прикладная теория цифровых автоматов" и "Схемотехника ЭВМ".

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава Харьковского политехнического института в 1989-1991 г.г., на 3 республиканской конференции "Устройства преобразования информации в энергетике" (Харьков, 1986 г.), на 3 всесоюзной научно-технической конференции "Проблемы развития локомотивостроения" (г. Ворошиловград, 1990 г.)

Публикации. По теме диссертации опубликовано - 5 печатных работ, в том числе, одно авторское свидетельство.

Структура и объем работы. Диссертация включает: введение, четыре главы, заключение и список используемой литературы (129 наименований).

Работа изложена на 146 страницах машинного текста, содержит 64 рисунка и 9 таблиц.

Содержание работы.

Во введении дано обоснование темы диссертационной работы, сформулирована цель задачи исследований.

В первой главе на основании исследования характеристик тепловоза как объекта диагностирования показано, что существенное влияние на надежность энергосистемы оказывают цепи управления. Показано, что среди возможных отказов в цепях управления первоочередными являются неисправности типа обрыва и их обнаружение должно осуществляться в процессе движения за ограниченное время, определяемое минимальным временем аварийного отключения оборудования.

составляющим 300-500 мксек. Цепи управления тепловоза относятся к простым объектам диагностики, для которых справедливы логические алгоритмы диагностирования. Так как в одной цепи тепловоза наиболее вероятен обрыв единственного участка, то диагностирование цепи проводится до обнаружения одиночной ошибки. Проведенный анализ методов тестового диагностирования релейно-контактных цепей показал неэффективность тестового контроля при обнаружении неисправностей в цепях управления тепловоза по следующим причинам. Во первых цепи управления тепловоза относятся к сложным релейно-контактным схемам и нахождение для них диагностических тестов представляет немалую проблему. Во вторых, управления цепей в различных транспортных средствах отличаются друг от друга и, следовательно, не существует универсального теста применимого для диагностирования разнотипных цепей управления. В третьих, тестовый контроль применим лишь на этапе профилактических работ.

Поэтому для диагностики цепей управления тепловоза используются методы функционального контроля. Проведенный анализ методов встроенного контроля (алгебраический метод, использования специальных кодов, контроль за протеканием) процесса показал, что функционального контроля устройств диагностики тепловоза наиболее эффективным является метод контроля за протеканием процесса. Проведен анализ устройств диагностики, основанных на реализации этого метода. В результате анализа отечественных и зарубежных источников оказалось, что нет общего подхода к построению устройств диагностики цепей управления тепловоза, следствием чего является многообразие диагностической аппаратуры; вопросы обеспечения стабильности функционирования этих устройств в условиях помех, а также обеспечении отказоустойчивости устройств диагностики цепей управления тепловоза не рассматриваются.

Проведенный обзор позволил сделать вывод об отсутствии эффективных устройств диагностики цепей управления тепловоза, методов и технических средств обеспечивающих стабильность и безотказность их функционирования, сформулировать цель работ и задачи исследований.

Во второй главе обсуждаются вопросы структурной организации устройств диагностики тепловоза. Принцип иерархии распространяется на устройства диагностики цепей управления, согласно которому структурная организация устройств диагностики включает иерархические уровни: идентификацию узлов тепловоза, обнаружение неисправных цепей в заданном узле и обнаружение неисправного участка в

цепи. В соответствии с существующими методами обнаружения неисправного участка цепи используются бинарный сигнал о состоянии каждого из участков. При этом возможны два подхода использования бинарного кода состояния участков к обнаружению неисправных участков. Так как в каждой из цепей наиболее вероятен отказ единственного участка проверяемой цепи, то состояние всех участков цепи представляется унитарным кодом, в котором каждый разряд поставлен в соответствие идентификатору участка цепи, и обнаружение неисправного участка сводится к обнаружению в коде разряда с единичным значением (единица соответствует неисправности), которым и определяется идентификатор неисправного участка. Для каждого из участков процедура поиска неисправного участка и может осуществляться либо методом дихотомии, либо последовательным опросом. В первом случае математической моделью поиска неисправного служит дерево, а во втором — граф "И-ИЛИ". Так как в разных цепях содержится различное число участков, то деревья отличаются друг от друга числом ветвей, а граф "И-ИЛИ" для каждой из цепей имеет различное количество вершин и переходов. Если каждую условную вершину дерева отождествить с бинарным сигналом соответствующего разряда унитарного кода, а определяющую вершину отождествить с операцией деления элементов массива на два с передачей сообщения об идентификаторе неисправного участка и при этом учесть, что существует корневое дерево для поиска неисправности в цепи с максимальным числом участков, а по иным ветвям этого дерева, то процедуру поиска неисправного участка в любой из цепей тепловоза можно представить обобщенной математической моделью. Для построения модели примем во внимание, что поиск осуществляется за конечное число шагов с выдачей идентификатора неисправного участка. В этом случае, по любой ветви дерева существует путь в каждую вершину и математическая модель представляется ориентированным графом, который задает математическую модель устройства диагностики цепей управления тепловоза в форме аналогичной математической модели автомата Мура

$$\begin{aligned}
 a_i &= f(a_0, z, y), \quad i = \overline{1, k}; \\
 a_j &= \delta(a_i, x), \quad j = i+1, N; \\
 y &= \lambda(a_k, z, y), \quad k = \overline{1, n}; \\
 a_{n+1} &= \delta(a_n, 1); \\
 a_{n+1} &= a_0;
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Отличия вносятся вследствие иерархической организации, согласно которой переход из начальной вершины осуществляется на соответствующую ветвь дерева в зависимости от сигналов $/, z$, задающих идентификаторы узла и неисправной цепи в этом узле. Выходной сигнал y также определяется в функции сигналов $/, z$, а переходы из состояний a_i в последующие определяются только бинарным сигналом x и не зависят от сигналов $/, z$.

При последовательном методе опроса математическая модель устройства диагностики цепей управления тепловоза на основе принципа иерархии представляется математической моделью автомата Мура.

$$a_{i+1} = \delta(a_i, x), \quad i = \overline{0, k};$$

$$y_i = \lambda(a_i),$$

(2)

$$a_{k+1} = \delta(a_k, 1),$$

$$a_{k+1} = a_0$$

в которой количество вершин определяется в функции идентифицированных узла $/$ и неисправной цепи z .

В работе предложено в качестве датчика бинарного сигнала x использовать оптоэлектронный элемент, обеспечивающий гальваническую развязку электрических цепей и получение уровня выходных сигналов согласованного с соответствующими уровнями интегральных схем.

Проведено экспериментальное исследование многоканального диодного оптрона АОД109. В результате исследований установлено: возможность его подключения к цепи управления тепловоза вследствие выбора входного сопротивления, а также высокой помехоустойчивостью при изменениях частоты входного сигнала в диапазоне 300-1300 Гц и переключением из состояния логической единицы в состояние логического нуля за время не превышающего 100 мксек.

Исследовано влияние на структурную организацию методов получения диагностической информации. Методы съема диагностической информации разделены на последовательные, параллельные и параллельно-последовательные. При параллельном съеме информации целесообразно иметь буфер данных. Устройство диагностики идентифицирует неисправности путем обработки информации передаваемой из буфера данных.

Рассмотрены существующие технические решения обработки этой информации, основанные на процессорных процедурах поиска единственного символа в массиве методом дихотомии. Показано, что нет выигрыша как в быстродействии так и в стоимости устройства такого класса по сравнению со специализированными на базе СИС с "жесткой" и "программируемой" логикой, так как обработке подвергаются последовательно небольшие фрагменты данных. При последовательном съеме информации определение неисправного участка связано с побитной обработкой информации и может быть выполнено различными цифровыми схемами. Это же относится и к параллельно-последовательным методам опроса. При любых методах съема и обработки диагностической информации устройство содержит коммутатор, которым оптронные датчики, обеспечивающие гальваническую развязку согласованности представления бинарных сигналов с элементами цифровой техники, подключаются к соответствующим цепям и их участкам и цифровой автомат управления переключением коммутатора и передачей диагностической информации, закон функционирования которого задается ранее разработанной моделью, как для метода дихотомии (1), так и для последовательного опроса (2).

Третья глава посвящена разработке структурной схемы устройства диагностики цепей управления тепловоза. При построении структурной схемы использован классический синтез дискретного устройства на основе представления его модели в виде ориентированного графа. Обосновано, что использование графа представляющего математическую модель устройства диагностики цепей управления по методу дихотомии приводит к усложнению структуры автомата, в следствие необходимости принятия решения о последующей ветви поиска неисправного участка.

Это ведет к вычислению граничных точек подключения датчика и использованию двух коммутаторов для их подключения. Кроме того, увеличиваются временные затраты, вызванные необходимостью принимать решения и вычислять границы раздела участков цепи при поиске неисправностей во многих цепях. Следствием этого является сделанный вывод, что при небольшом количестве устройств цепи для построения цифрового автомата на элементах с " жесткой" логикой эффективно пользоваться методом последовательного опроса. Пользуясь математической моделью представленной графом автомата Мура предложено устройство диагностики цепей управления на базе универсального модуля, включающего замкнутое соединение мультиплексор, триггер, счетчик. В соответствии с принципом иерархии вначале первый модуль идентифицирует цепь, что

осуществляется фиксацией состояния счетчика переключением триггера. Сигналом этого триггера запускается второй модуль, который при подключении триггера идентифицирует неисправный участок цепи и запускает первый модуль путем переключения триггера в этом модуле. Одновременно с переключением триггера с выходов счетчиков передается во внешнюю цепь и используется для запоминания, сигнализации и передачи по каналам связи. Идентификация места неисправности осуществляется подсчетом количества импульсов тактовой частоты, поступивших на вход счетчика рассмотренной схемы решения по повышению быстродействия. Анализ схемных решений показал, что наибольшим быстродействием обладает устройство, в котором одновременно ко всем точкам контролируемой цепи по коду задаваемым модулем опроса состояния цепей подключаются оптронные датчики и второй модуль определяет неисправный участок по опросу этих датчиков. Количество датчиков независимо от числа контролируемых цепей задается количеством участков в самой длинной из контролируемых цепей. Устройство является универсальным по отношению к использованию в других транспортных средствах, в следствии задания как количества контролируемых цепей, так и числа участков в этих цепях коэффициента пересчета счетчиков первого и второго модуля, соответственно.

Рассмотрим синтез автомата опроса состояния участков цепей на основе ПЗУ. При этом показано, что при использовании одного датчика состояния участка цепи структура автомата не зависит от используемого метода опроса (дихотомии или последовательного перебора), так как в обоих случаях указывается адрес точки для очередного подключения датчика и используется страничная организация памяти. При использовании устройства диагностики на другом типе тепловоза необходимо сменить ПЗУ.

Анализируются вопросы организации диагностики цепей управления тепловоза при использовании предложенных моделей в виде графа автомата Мура для опроса методом дихотомии и последовательным на базе бортового микроконтроллера.

В четвертой главе рассматриваются вопросы повышения функциональной надежности устройств диагностики цепей управления тепловоза.

Одной из задач функциональной надежности является обеспечение помехозащищенности радиоэлектронной аппаратуры. Так как устройство диагностики цепей управления тепловоза ориентировано на эксплуатацию в составе электрооборудования тепловоза, то необходимо

прежде всего определить влияние непреднамеренных помех, вносимых электромагнитным полем сетей переменного тока и энергооборудования тепловоза. Анализ литературных источников показал, что электромагнитные помехи сети переменного тока определяются напряженностью поля в наилучшем режиме контактной сети

$$H = I_{\text{сз}} [1 - \exp(-t/T_0)] / 2\pi r \quad (3)$$

и при действии защиты сети от короткого замыкания длительность помехи составляет несколько десятков микросекунд. Следовательно, сигнал на входах оптронных датчиков

$$A(t) = A \cdot \delta(t), \quad A = \{0, 1\}, \quad t = (0, \tau) \quad (4)$$

в течении короткого промежутка времени t , определяемого бистродействием защиты и постоянной времени сети возможно изменение сигнала $A < 0$ на 1 и обратное. Так как на устройство диагностики в процессе движения действуют вибрации и электрическое поле, то вносятся дополнительные помехи, например, "дребезжание контактов", длительность которых близка к длительности помехи, вносимой электромагнитным полем.

Так как согласно структурной организации обнаружения неисправностей в цепях управления передача информации с выхода датчиков на вход устройства диагностики осуществляется бинарным каналом с независимыми ошибками, то для повышения помехозащищенности устройства диагностики следует пользоваться методами борьбы с помехами, используемыми в устройствах передачи информации. Это прежде всего избыточное кодирование и повторение передачи информации простым кодом. Исходя из соотношения длительностей помехи и цикла опроса датчиков в работе выбран метод повторной передачи информации для повышения помехозащищенности согласно которому информация многократно передается по одному каналу и за передаваемое сообщение о состоянии датчиков считается то, в котором имеется наибольшее совпадение кодовых комбинаций. Это основано на том, что действие помехи сказывается в течении короткого, по сравнению с циклом опроса, промежутка времени только в тех разрядах бинарного кода, состояние которых отображается 0 (соответствует исправному участку цепи). Следствием этого является возможность повышения помехозащищенности за счет кода с однократ-

ним повторением (определяется соотношением длительности помехи и цикла опроса).

Техническая реализация этого метода повышения помехозащищенности состоит в том, что информация, полученную при первом измерении запоминают и затем сравнивают с информацией при повторном измерении. Основываясь на этом принципе, предложено устройство диагностики цепей управления тепловоза, в котором используется счетчиковая структура (триггер-счетчик-мультиплексор) с включением схемы встроенного контроля между выходами датчиков и информационными входами мультиплексора. Схема встроенного контроля, основанная на введении временной избыточности, функционирует в соответствии со следующим алгоритмом. Измеряется код слова на выходе датчиков в момент t_k ,

$$A^*(t_k) = a_1, a_2^*, a_3, \dots, a_i^*, \dots, a_m. \quad (5)$$

который запоминается и сравнивается с кодом слова, на выходе датчиков в момент t_{k+1}

$$A(t_{k+1}) = a_1, a_2, a_3, a_i^*, \dots, a_m. \quad (6)$$

где $a_2^* = 1$; $a_2 = 0$; $i = \overline{1, m}$; $i = \overline{j, k}$.

Так как помеха адитивна, то при

$$A \cdot A(t_k) \oplus A(t_{k+1}) = A(t_{k+1}), \quad (7)$$

что соответствует коду состояния датчиков с устранением помехи, имевшей место в момент t_k . Если помеха имела место в момент t_{k+1} , то помеха также будет устранена. Технически схема встроенного контроля с временной избыточностью, реализуется на базе двух регистров с управляемой синхронизацией, выходные разряды которых через элементы И соединены с управляющим входом мультиплексора и при этом регистры соединены последовательно с выходами датчиков.

Кроме помех, вносимых внешними источниками проводится анализ функционирования схемы при помехах, вносимых внутренними факторами. Анализ основан на использовании пакета прикладных программ функционально-логического проектирования элементов и

устройств вычислительной техники, разработанного в лаборатории электронного моделирования Харьковского политехнического института.

Использование этого пакета позволило провести анализ функционирования устройства в динамике. В результате анализа было установлено, что действие внутренних помех к нарушению функционирования, заключающемуся в неверном установлении неисправной цепи либо неисправного контакта так как в обоих случаях используется универсальный модуль в виде триггера, охваченного обратной связью, состоящей из последовательного соединения счетчика с мультиплексором. Используя метод временной избыточности натурными экспериментами и методом цифрового моделирования было установлено, что устройство вследствие временных задержек при нахождении счетчика в момент времени t_n в состоянии N и приходе в этот времени на вход мультиплексора с выходов датчика унитарного кода соответствующего двоичному коду N на выходе счетчика будет установлен код $N1 = N-L$, $L \geq 1$. Это происходит вследствие переключения счетчика по заднему фронту импульса тактового генератора и задержке переключения триггера. Действительно, в момент времени t_n на выходе мультиплексора формируется сигнал логической единицы, что ведет к переключению триггера, но так как в момент t_n импульс пришел на вход счетчика, то он изменит его состояние, что приводит к появлению на выходе мультиплексора сигнала логического нуля, но это не ведет к переключению триггера в исходное состояние. Следовательно, на вход счетчика поступают импульсы до установления на выходе триггера логической единицы, т.е. к установлению на выходе счетчика кода $N1$. Так как при борьбе с внешними помехами для устранения этого эффекта используется введение временной избыточности, для чего предложено воспользоваться введением самосинхронизации. Методом моделирования показано, что самосинхронизация обеспечивается формированием входного сигнала счетчика в момент времени $t_n + T$ и обеспечивается введением сигнала запрета срабатывания триггера. Приложены схемные решения по реализации сигнала запуска переключения триггера при переключении мультиплексора из единицы в ноль.

Одной из основных задач обеспечение функциональной надежности является задача обеспечения отказоустойчивости. При решении задачи обеспечения отказоустойчивости использовался метод Согомоняна, в основе которого лежит резервирование устройства введением параллельно функционирующего устройства и при этом в каждом из

каналов каждый из узлов снабжается самоконтролируемой схемой встроенного контроля, синтез которой основан на определении структуры и выходных сигналов дополнительного дискретного устройства, используемых при синтезе схем свертки, выходные сигналы которых обеспечивают выявление одиночных ошибок при сравнении по модулю два.

В работе получил развитие метод Сигомоняна для класса устройств с памятью. Обосновано, что автомат S2 обнаруживает контролем по модулю два все одиночные ошибки эквивалентного автомата S1, если, при представлении автомата S2 моделью Мура, состояние автоматов S1 и S2 закодированы так, что вес кодовой комбинации по модулю два для любой пары эквивалентных состояний a и b_k автоматов S1 и S2 остается постоянным.

Показано, что при выборе соответствующего значения C значение кодовой комбинации $d_i = b_i - a_i$ позволяет определить в алгебраической форме все ошибки в функционировании автомата S1. И если эти ошибки вызваны сбоями, то они устраняются введением сигналов возбуждения элементов памяти $l_i = f(d_i, b_i)$.

Данное положение положено в основу построения самоконтролируемых схем встроенного контроля. При этом используется то, что если состояния $a_k, b_k \in A$, то всегда можно найти такое постоянное C , что коды последующего и предыдущего состояния можно связать простыми соотношениями.

$$Z = V(a, b) \oplus c, \quad Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\},$$

$$c = \{c_1, c_2, \dots, c_n\},$$

$$z_i = \{0, 1\}, \quad c_i = \{0, 1\}$$

Формирует вектор, определяющий правильность функционирования автомата.

Действительно, если автоматы S2 и S1 функционируют одинаково, то

$$Z = (A_i - B_i) \oplus c = (c \pm M) \oplus c = \pm M \neq 0; \quad (9)$$

в противном случае

$$Z = (A_i - B_i) \oplus c = (c \pm M) \oplus c = \pm M \neq 0; \quad (10)$$

Если A_i и B_i принадлежат алфавиту автомата S_1 , то можно утверждать, что в автомате состояние которого закодировано двоичными кодами конечной длины, ошибки функционирования обнаруживаются при переходе состояния a_i в a_j , тогда и только тогда, когда для любых переходов происходящих в автомате S_1 кодовая комбинация для любой пары состояний переходов автомата является постоянной величиной. Действительно в соответствии с (9)

$$Z = (A_i - B_i) \oplus C = (A_i - A_i + C) \oplus C = 0, \quad (11)$$

при отсутствии сбоев в функционировании автомата.

Для обнаружения одиночных ошибок функционирования автомата, состояние которого закодировано так, что выполняется состояние (11) достаточно использовать координату Z_i вектора Z , выполняющую по соотношению

$$Z_i = (A_i \oplus C) \bmod 2 \oplus (A_j \oplus C) \bmod 2 \oplus C \bmod 2. \quad (12)$$

Выражение (12) справедливо не только для случая $v(a_i, a_j) = C$, но и для случая противоположного кодирования и в частности для кодирования автомата соседними кодами.

В последнем случае, состояние переходов автомата отличается в i -ом разряде, т.е.

$$a_i = (c_1, c_2, \dots, c_i, \dots, c_m), \quad (13)$$

$$a_j = (c_1, c_2, \dots, c_i, \dots, c_m),$$

где $c_i = (c_1, c_2, \dots, c_{i-1}, \dots, c_i, \dots, c_m)$,
 $c_j = 0; j \neq i, c_i = 1,$

и тогда

$$\begin{aligned} Z_1 &= (a_i \oplus C) \bmod 2 = a_j \pmod{2}, \\ Z_2 &= (a_j \oplus C) \bmod 2 = a_i \pmod{2}, \end{aligned} \quad (14)$$

$$\text{в т.к. } (c) \bmod 2 = 1, \text{ то}$$

$$\begin{aligned} z_0 &= (z_1 + z_2) \bmod 2 \oplus c \bmod 2 = \\ &= (a_i + a_j) \bmod 2 \oplus c \bmod 2 = \\ &= (c) \bmod 2 \oplus (c) \bmod 2 = 0 \end{aligned} \quad (15)$$

при отсутствии ошибок.

Из изложенного следует, что противогоночное кодирование обеспечивает в соответствии с выражением обнаружение одиночных ошибок в функционировании автомата методом сравнения двух соседних состояний автомата, состоящий в ведении контрольного бита, единичное значение которого соответствует переходу автомата из четного состояния в нечетное, а нулевое — переходу автомата из нечетного состояния в четное. В этом случае

$$z = k_{i-1} + k_i + 1 = 0 \quad (16)$$

при правильном функционировании автомата, где k_j ($j = \overline{i-1, i}$) соответствует сумме по модулю два разрядов кода, соответствующих состоянию a_j в месте с контрольным битом.

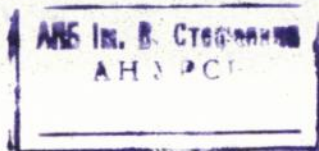
При переходах автомата из состояния a_z в a_s в случае $k_z = k_s = 0$, либо $k_z = k_s = 1$ необходимо ввести на этих переходах избыточное состояние a_m , для которого $k_m = k_m = 1$ при $k_z = k_s = 0$ либо $k_m = k_m = 0$ при $k_z = k_s = 1$.

Основываясь на этом, можно организовать контроль счетчика, используя состояние $A_{i+1} + \overline{A}_i = 1$, $i = \overline{1, n}$. В отличие от метода Согомоняна в работе отказоустойчивость обеспечивается не использованием двух одинаковых устройств, а резервированием каждого из узлов устройства. При этом самопроверяемой схемой встроенного контроля снабжается лишь один из узлов. Кроме этого, для конкретного частного случая цифрового устройства контроля, удается организовать самоконтролируемые схемы встроенного контроля коммутатора (мультиплексора), что не осуществимо по методу Согомоняна. При построении отказоустойчивых узлов устройства диагностики, всегда вводится аналогичный узел работающий параллельно с первым.

определяется отказавший из узлов, который выводится из устройства. На рис. 1 приведена структура отказоустойчивого устройства диагностики цепей управления тепловоза. Первый счетчик снабжен встроенной схемой контроля в соответствии с предложенным методом контроля. Контроль осуществляется сложением прямого кода счетчика в момент времени t , с инверсным кодом регистра, соответствующим значению кода счетчика t и сложению по модулю два состояния первого выхода дешифратора (соответствует двоичному коду 00 ... 01) управляемого сумматором с единицей. Признак неисправности счетчика — появление единичного сигнала в результате сложения по модулю два. Одновременно, осуществляется поразрядное сложение по модулю два кодов двух счетчиков со сравнением результата с нулем. Признаком неисправной работы (сбоя) одного из счетчиков является появление на выходе схемы сравнения сигнала единицы. В зависимости от значений двух сигналов сравнения осуществляется отключение того или иного счетчика путем подачи сигнала на соответствующий триггер управления.

Этот подход применим к повышению и остальных элементов схемы. Для повышения отказоустойчивости мультиплексора используется формирование на его выходе единичного сигнала только при единственном состоянии счетчика. Тогда введение второго параллельно работающего мультиплексора и суммирование по модулю два сигналов с выходов обоих мультиплексоров позволяет принимать решения о наличии отказов. Оба мультиплексора через элемент ИЛИ управляет режимом триггера управления счетчиков и для принятия решения об отключении конкретного мультиплексора наряду с сигналом сумматора по модулю два достаточно воспользоваться выходным сигналом одного из мультиплексоров. Естественно сигналы с выхода мультиплексора и сумматора по модулю два запоминаются соответствующими триггерами.

Принятие решения о правильности функционирования триггера управления счетчиком осуществляется по состояниям трех триггеров: триггера управления счетчиками, триггера фиксирующего появления сигнала 1 при суммировании по модулю два выходных сигналов мультиплексоров и триггера, фиксирующего появление сигнала на выходе одного из мультиплексоров. Используя этот сигнал для управления коммутатором, осуществляющим подключение ко входу счетчика генератора тактовых импульсов, обеспечивающих работоспособность схемы при отказе триггера с элементом И на входе. Резервирование осуществляется с помощью введенного в выходную цепь мультиплексора триггера при подключении его выхода ко входу



элемента И, при подключении его второго входа к выходу тактового генератора, а выхода ко входу коммутатора.

Для того чтобы в устройстве продолжала функционировать схема встроенного контроля счетчика при отключении выявленного неисправного снабженного собственной схемой встроенного контроля, последняя подключается ко выходам исправного счетчика.

В заключении диссертации сформулированы основные результаты проведенных исследований, которые состоят в следующем.

1. Разработана универсальная обобщенная иерархическая математическая модель устройств диагностирования электрических цепей.

2. Проведено исследование оптоэлектронных датчиков состояния участков цепей и обосновано их использование для параллельного снятия информации о состоянии участков одной цепи.

3. Проведен сравнительный анализ алгоритмов диагностирования и доказана эффективность последовательного опроса при технической реализации устройств диагностики цепей управления тепловозов на основе иерархической структуры.

4. Разработаны схемы устройств диагностики при использовании микросхем различной степени интеграции и обоснована эффективность и использование при построении устройства диагностики электрических цепей универсального модуля, включающих замкнутое соединение мультиплексор, триггер, счетчик.

5. Обосновано введение однократной временной избыточности для повышения помехозащищенности устройства диагностики цепей управления тепловозов и предложены схемные решения по реализации.

6. Методами цифрового моделирования и экспериментальными исследованиями установлено существование нестабильного режима функционирования универсального модуля и всего устройства диагностики цепей управления тепловозов. Показана возможность обеспечения стабилизации функционирования устройства за счет введения временной избыточности и предложены технические решения обеспечивающие стабилизацию функционирования.

7. Обоснована возможность обнаружения однократных неисправностей автомата контролем бита информации, сформированного в последовательные моменты времени, за счет введения специального способа кодирования состояний автомата.

8. Предложены схемы встроенного контроля узлов диагностики, с использованием которых разработаны технические решения по обеспечению отказоустойчивости устройства диагностики цепей управления

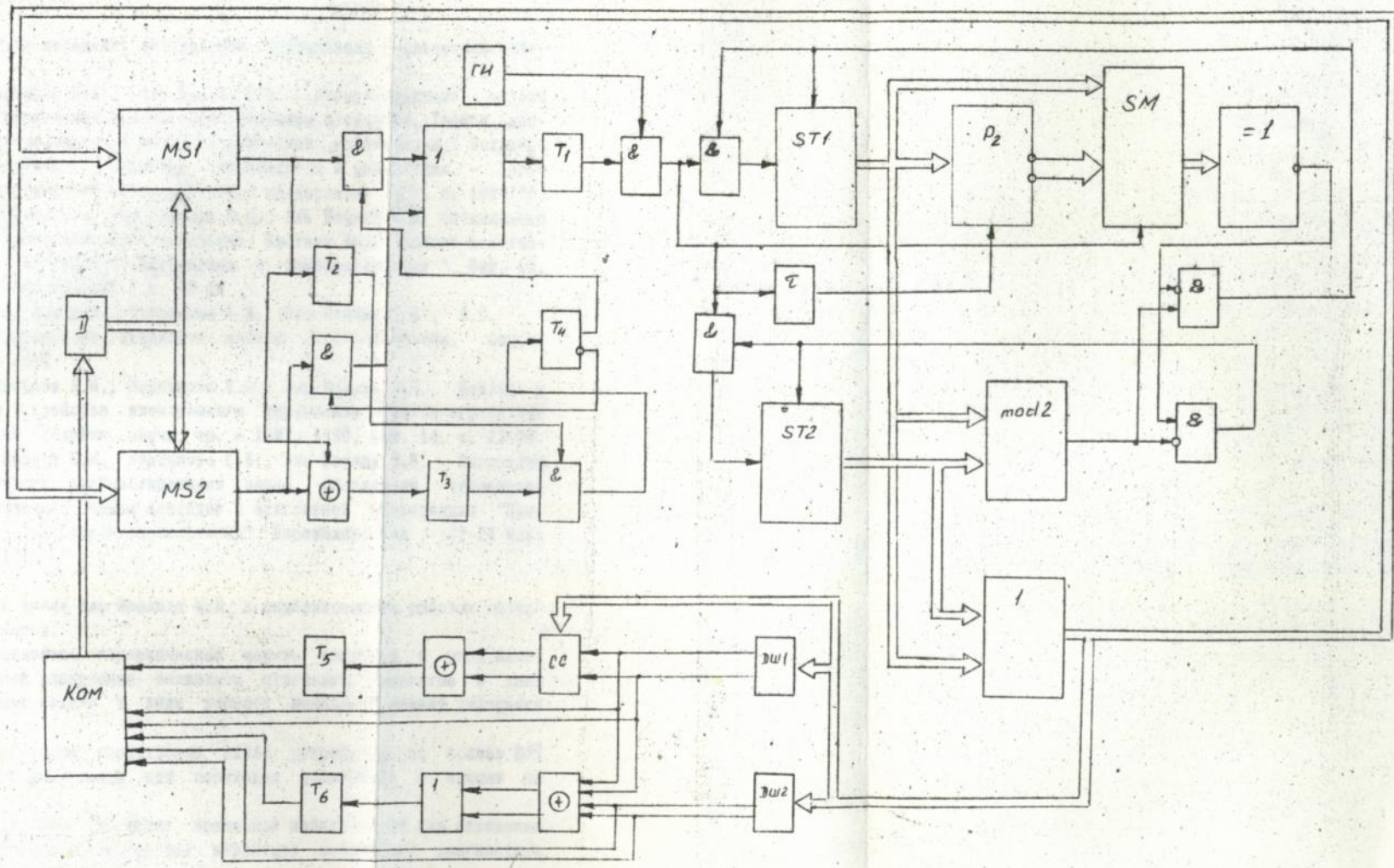
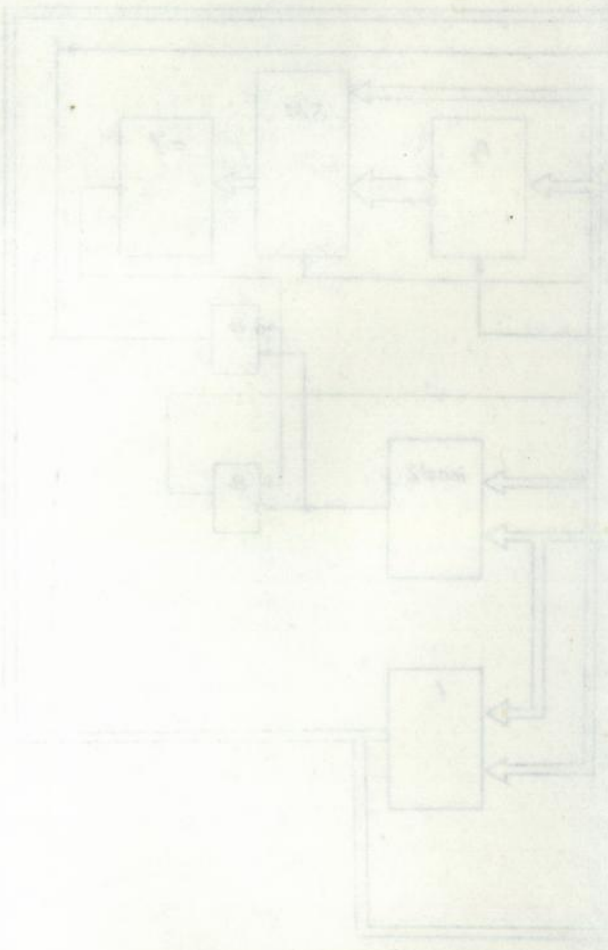


Рис. 1.



Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Корсунов Н.И., Эль Маулюд У.Б. Формализованные методы цифрового управления дизель-электрическими станциями. Тезисы докладов 3 республиканской научно-технической конференции "Устройства преобразования информации для контроля и управления. - Харьковское межвузовское полиграфическое предприятие 1988, с. 102-103.

2. Буканов Э.А., Дмитриенко В.Д., Эль Маулюд У.Б. Оптимальный регулятор двухсекционного тепловоза. Вестник Харьковского политехнического института "Автоматика и приборостроение" Вып. 16, изд-во "Основа", 1990, с. 60-61.

3. Корсунов Н.И., Корсунова Е.В., Эль Маулюд У.Б. А.С. №667132.-Устройство аварийной защиты и сигнализации. Опубл. Б.И. №28, 1991

4. Корсунов Н.И., Корсунова Е.В., Эль Маулюд У.Б. Подход к построению устройства электронного управления дизель-агрегатами Межвузовский сборник. научн. тр. - ХИИТ, 1990, вып. 14, с. 23-25.

5. Корсунов Н.И., Корсунова Е.В., Эль Маулюд У.Б. Алгоритмы функционального диагностирования цепей управления тепловозов и их реализация. Тезисы докладов 3 Всесоюзной конференции "Проблемы развития локомотивостроения" Ворошиловград, 22-24 мая, 1980г., с. 134.

Личный вклад Эль Маулюда У.Б. в опубликованных работах состоит в следующем:

1. Предложена иерархическая модель контроля и управления сборкой цепей управления включения отдельных агрегатов и дана интерпретация модели в виде законов функционирования цифрового автомата.

2. Предложена структурная схема устройства на основе ПЗУ сварки цепей управления при переходах управления с секции на секцию.

3. Предложено введение временной избыточности для повышения помехозащищенности счетчиковой структуры устройства диагностики цепей управления.

4. Предложена методика структурного синтеза устройства диагностики цепей управления тепловоза с использованием основных положений теории размытых множеств.

5. Проведен анализ технических решений поиска неисправных участков в цепях управления тепловозов при использовании алгоритмов повлеловательного опроса и дихотомии.

6. Участвуя в научных исследованиях по разработке методов и устройств диагностики цепей управления тепловозов, Эль Маулуд У.Б. проявил умение ставить поставленные научные задания и делать выводы по результатам исследований.

Ответственный за выпуск **К.Т.Н., доц. Заполовский Н.И.**

Подп. к печ. **29.01.83** Формат 60×84¹/₁₆. Бумага тип. Печать офсетная. Усл. печ. л. **1.0**
Уч.-изд. л. **1.0** Тираж **100** экз. Зак. № **3+2** Бесплатно.

Харьковское межвузовское арендное полиграфическое предприятие.
310093, Харьков, ул. Свердлова, 115.

469804

AB 26.537