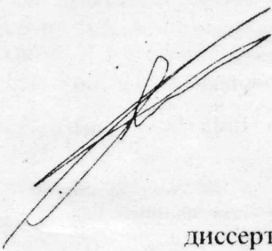


Шэнь Сюедун

УДК: 626.25:621.317.019

Исследование и разработка программно-аппаратных
методов защиты управляющих электронных систем от
эксплуатационных помех

Специальность 05.13.05.- элементы и устройства
вычислительной техники и систем управления



Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1997 г.

Работа выполнена в Московском Государственном Техническом
университете им. Н.Э.Баумана

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Шахнов В. А.

Научный консультант: кандидат технических наук, профессор
Чеканов А. Н.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Беляков И.В.
кандидат технических наук, доцент
Сюзов В.В.

Ведущее предприятие: Научно-исследовательский и проектно-
конструкторский институт средств автоматизации на
железнодорожном транспорте (НИИЖА)

Защита диссертации состоится "20" мая 1997 г. на заседании

Московском Государственном
по адресу: 107005, г. Москва,

ся в библиотеке МГТУ им.
[http // www, BMSTU, ru/ru/ru4/](http://www.BMSTU.ru/ru/ru4/)

экземпляре, заверенный

1997 г.

совета :

Иванов С.Р.

объем 1.0 п. л. Тираж 100.
МГТУ им. Н. Э. Баумана

1555498

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы.

Обеспечение высокой помехоустойчивости устройств, построенных с использованием ЭВМ, - одна из основных проблем, решаемых разработчиками средств вычислительной техники и систем управления. Рост энерговооруженности народного хозяйства и связанный с этим увеличение уровня возникающих помех, с одной стороны, и повышение степени интеграции электронных средств и снижение энергетической мощности полезных сигналов с другой стороны, приводит к тому, что выделение полезных сигналов на фоне действующих помех становится сложной схемотехнической и программно-алгоритмической задачей. Особую сложность эта задача приобретает для систем, работающих в условиях воздействия помех, аналитический и статистический учет которых по различным причинам затруднен. Существенное влияние оказывает также факт физического удаления ЭВМ от управляемого объекта.

86.7.9.551
Работа управляющих устройств в составе мощных энергетических установок связана с неизбежным возникновением мощных помех, специфика которых определяется их незначительной частотой появления и узким собственным частотным диапазоном. Особую остроту проблема борьбы с эксплуатационными помехами приобретает на одном из разновидностей энерговооруженного объекта - железнодорожном транспорте и железнодорожных станциях. Это связано с наличием большого количества перемещающихся двигателей, мощных реле и переключателей, трудно поддающихся статистике маршрутов передвижения энергетических установок (особенно характерно для крупных железнодорожных узлов), а так же возникновением помех при грозе. Исследованию такого рода помех посвящены труды ряда ученых России, Китая и других стран.

Совершенствование средств управления энергоемкими установками вообще и железнодорожной автоматикой и телемеханикой, в частности, происходит в направлении перехода от релейно-контактной элементной базы к электронной, что приводит к необходимости разработки специальных мер защиты элементов интегральной электроники от электромагнитных помех, поскольку энергия помехи, не приводящая к срабатыванию ранее применявшихся электромагнитных реле, превышает порог срабатывания современных больших и сверхбольших интегральных схем во много раз.

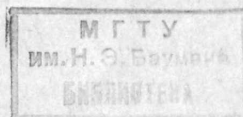
Одновременно следует отметить, что возникающие от грозовых разрядов, аварийных и коммутационных процессов в мощной системе электроснабжения или в мощной тяговой сети импульсные помехи могут вызвать не только ложное срабатывание аппаратуры, но и ее полное или частичное разрушение.

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1555798

Шень Сюе Исследование и



В условиях работы управляющих ЭВМ на железнодорожном транспорте помехи воздействуют непосредственно на структуру полезных сигналов только через каналы передачи и цепи интерфейса ЭВМ. Помехи в системе управления движением вызывают сбои в системах управления, приводят к изменению скорости движения поездов и ухудшению экономико-технологических показателей (уменьшается пропускная способность и участковая скорость, например, из-за отказа работы микроэлектронной аппаратуры). Отказы сигнализации, ложная сигнализация о занятости пути полностью прекращает движение, которое может возобновиться только при введении аварийного варианта работы системы управления движением.

Таким образом, проблема обеспечения надежности и устойчивости работы управляющих систем со встроенными ЭВМ в условиях весьма многочисленных, разнообразных по физической природе, частотным характеристикам и энергетическому спектру помех, является актуальной и своевременной задачей, требующей для своего решения особых, нетрадиционных подходов.

Цель работы - исследование основных видов эксплуатационных помех и степени их влияния на управляющую электронно-вычислительную аппаратуру, разработка программно - аппаратного метода борьбы с такого рода помехами, разработка рекомендаций по построению помехозащищенных систем управления энергоемкими установками.

Методы исследования. Теоретические исследования основаны на использовании математического аппарата теории программной и аппаратной помехоустойчивости, теории надежности.

• Применено математическое моделирование систем управления, работающих в условиях воздействия мощных помех.

Основным методом экспериментальных исследований было выбрано физическое макетирование на специально разработанном стенде, включающем средства формирования управляющих сигналов, соответствующих реально действующим, создаваемым управляющей ЭВМ сигналам, средства формирования наиболее действующих помех с параметрами, наиболее близко соответствующими реальным условиям.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- Сформулирована и исследована задача обеспечения работоспособности системы управления, включающей ЭВМ и управляющей энергоемкой установкой (на примере системы управления железнодорожным узлом).

- Классифицированы различные виды помех, нарушающие режим работы автоматики и телемеханики в системе управления энергоемкой установкой (на примере системы управления железнодорожным узлом).

• Для энергоемких установок установлены наиболее характерные помехи и оценена эффективность их влияния на характеристики канала передачи управляющих сигналов.

• Разработан программно-аппаратный метод защиты управляющих электронных систем от эксплуатационных помех.

• Разработано программное обеспечение и интерфейс защиты от помех, возникающих при работе контактных устройств.

На защиту выносятся следующие положения:

• Результаты анализа характерных для систем управления энергоемкими объектами помех, для подавления которых целесообразна разработка метода фильтрации.

• Принцип построения программно-аппаратного метода борьбы с помехами в системах управления энергоемкими объектами.

• Программная и аппаратная реализация разработанного метода борьбы с помехами. Схема и принцип действия модулей интерфейса SXD1 и SXD2 для персональной ЭВМ, обеспечивающих аппаратную и программную поддержку системы подавления помех;

• Методика оценки надежности схемы мажоритарного голосования, вероятность безотказной работы которой определяет надежность выявления полезного сигнала на фоне помех.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы обусловлена строгостью математической и электротехнической постановки задач, корректным применением математического аппарата, подтверждена результатами математического и физического моделирования, результатами эксперимента и внедрением результатов в разработку системы управления энергоемким объектом (железнодорожной станцией).

Практическая ценность работы заключается в следующем:

• Разработана методика минимизации воздействия помех, возникающих в системах управления мощными энергоемкими установками.

• Разработана экспериментальная установка, моделирующая возникновение помех, и программно-аппаратный способ борьбы с ними.

• Разработано алгоритмическое, программное и аппаратное обеспечение устройств борьбы с помехами для систем, работающих в составе мощных энергоемких установок.

• Проведена апробация полученных результатов на железнодорожных станциях Инь Чань и Ши Дзуй Шань Ланьчжоуского департамента управления железными дорогами КНР.

Реализация результатов работы в промышленности.

Результаты работы в виде рекомендаций, схем, алгоритмов и программного обеспечения переданы в Министерство управления железнодорожным транспортом КНР. Проведены первые эксперименты по внедрению разработанных рекомендаций,

алгоритмов программ и устройств в системы управления железнодорожными станциями в КНР. Отдельные практические результаты работы используются при проведении занятий по курсу «Конструирование ЭВС» и «Конструирование РЭС» в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Апробация работы.

Материалы диссертационной работы обсуждались на семинарах кафедры <<Конструирование и технология производства электронной аппаратуры>> МГТУ им. Н.Э. Баумана, на семинарах в управлении железными дорогами Министерства транспорта КНР.

Публикации:

Основные результаты работы опубликованы в четырех статьях.

Структура и объем диссертации:

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Общий объем диссертации составляет 175 страниц, 27 рисунков и фотографий.

Краткое содержание диссертации

Во <<Введении>>: обоснована актуальность работы, сформулирована ее цель, определены научная новизна и практическая значимость результатов работы. Кратко изложены основные результаты выполненных научных и экспериментальных исследований.

В первой главе рассматриваются причины возникновения и общие характеристики помех, появляющихся в процессе работы автоматизированной системы контроля и управления (АСКиУ) работой энергоёмким объектом. На примере системы управления железнодорожной станцией из-за сложности расположения железнодорожных линий и обслуживающих устройств, линий передачи высокого напряжения и систем энергообеспечения, возникают различного рода и уровня помехи от мощных низкочастотных электромагнитных полей.

Рассмотрены различные по своей физической природе виды помех, которые могут нарушить работоспособность системы управления энергоёмким объектом. Проведен анализ существующие методы защиты аппаратуры от мощных импульсных помех различной природы.

Так, для систем управления железнодорожной станцией, помехи, нарушающие режим работы автоматики и телемеханики, разделяются на 4 вида:

- Электромагнитные поля, возникающие в залах управления при срабатывании мощных реле, управляющих работой электродвигателей и сервисных устройств.

- Мощные электромагнитные поля, создаваемые контактными сетями.

- Помехи, создаваемые электродвигателями проходящих поездов.

- Помехи, создаваемые радиопередатчиками, обеспечивающими оперативную связь.

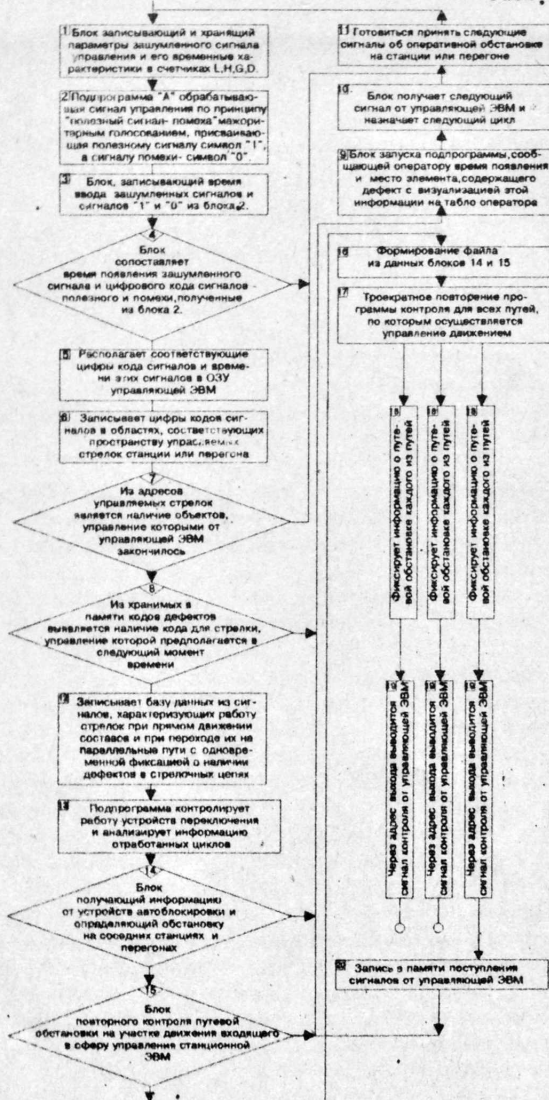
Анализируя условия появления помех, можно рассматривать линию передачи контрольных и управляющих сигналов как приемник, который в процессе передачи информации сам генерирует сигналы, которые, в свою очередь, являются причинами возникновения помех. Известно, что длинную линию передачи можно представить в виде распределенных собственных и паразитных индуктивностей, емкостей и сопротивлений. На каждой из емкостей и индуктивностей возникают паразитные емкостные и индуктивные напряжения, являющиеся помехами. Представление линий связи в виде последовательно соединенных погонных индуктивностей, емкостей и сопротивлений позволяет смоделировать процессы зарождения, передачи, преобразования и изменения мощности помех, возникающих в системах управления энергоёмкими объектами.

Вторая глава посвящена рассмотрению теоретических и прикладных проблем защиты цепей управления от помех, показаны состав, основные элементы и принципы работы устройств помехозащиты.

При исследовании теоретических вопросов аппаратной защиты от помех, отмечалось, что действующее оборудование работает в особо зашумленных местах, таких как энергетические установки или железнодорожные станции. В частности на ж. д. Китая применяются микроэлементы с порогом, 13.5В. Путём введения подпирющего напряжения величиной 13,5 В в электрических цепях помехоподавления была обеспечена возможность отсечь все помехи, не превышающие этот уровень. В особых случаях внешних воздействий, таких как атмосферные разряды, взрывы и др., амплитуда помех может превысить 13,5 В. Обычно это относится к высокочастотным помехам. Для решения этой проблемы разработана специальная программа идентификации, необходимая для фильтрации помех.

Разработан программный метод защиты от помех сигналов управления, проходящих по линии связи ЭВМ с релейными системами, непосредственно осуществляющими управление исполнительными механизмами. Алгоритм обработки зашумленных сигналов построен таким образом, что наряду с распознаванием помех пользователю предоставляется возможность получить полную информацию о состоянии системы управления и отдельных ее систем и устройств. Принцип анализа зашумленных сигналов управления программным способом представлен в виде алгоритма (табл. 1), а алгоритм программы фильтрации помех (табл. 2).

Табл. 1



Принцип анализа зашумленных сигналов

Табл.2



Подпрограмма анализа "сигнал - помеха"

Разработаны рекомендации по построению интерфейса для релейных систем различного назначения.

Для обеспечения высокой надежности систем управления энергоёмкими объектами рекомендовано применение в них методов логического резервирования, что стало возможным только с внедрением микропроцессорной техники, поскольку реализация функций логического резервирования на обычных дискретных элементах потребовала бы значительного увеличения масс и габаритов резервирующих устройств.

Методы логического резервирования можно разделить на три группы: поэлементное резервирование, резервирование с восстанавливающим органом и логика с элементами переключения.

Для систем управления энергоёмкими объектами наиболее эффективным является применение резервирования с восстанавливающим органом (ВО), которое может производиться на любом уровне, в том числе и на уровне всего устройства. В нашем случае под элементом понимается единичный источник управляющего сигнала.

Каждый ВО в простейшем случае реализует функцию большинства от выходных сигналов по принципу "два из трех" или "три из пяти" и т.д. Элементы, реализующие эту функцию, называются мажоритарными (МЭ). Уравнение, описывающее работу элемента "два из трех", имеет вид

$$f = X_1 X_2 + X_1 X_3 + X_2 X_3 \quad (1)$$

Уравнение (1) выражает правило: на выходе МЭ сохраняется то значение, которое имеется в данный момент на большинстве его двоичных входах X_1, X_2, X_3 . Это же правило описывает уравнение

$$f = (X_1 + X_2)(X_1 + X_3)(X_2 + X_3) \quad (2)$$

Оценку надежности мажоритарной схемы с кратностью $L_i = 3$ можно произвести по следующей формуле:

$$P_m = (3P_1^3 - 2P_1^3) \cdot (3P_2^2 - 2P_2^2)P_3^3 + \\ + 3P_1P_2P_3^2(1 - P_3)(P_1P_2 + P_1(1 - P_2) + P_2(1 - P_1) + (1 - P_1)(1 - P_2)) \quad (3)$$

$$\text{где: } P_1 = \exp[-t_{\text{эф}} \lambda_i^{(1)} n_i^{(1)}];$$

$$P_2 = \exp[-t_{\text{эф}} \lambda_i^{(2)} n_i^{(2)}];$$

$$P_3 = \exp[-t_{\text{эф}} \lambda_i^{(3)} n_i^{(3)}];$$

$t_{\text{дф}}$ - время пребывания системы на дежурстве;

λ_i - параметр интенсивности отказов i -го элемента;

n_i - число элементов

Для случая $L_1 > 3$ получение точной формулы расчета надежности затруднительно.

В работе представлены результаты разработки приближенного метода определения характеристик надежности P_m , основанного на введении весовых функций σ , определяющих веса всех элементов расчета надежности (ЭРН) относительно элемента, обладающего минимальным уровнем интенсивности отказов $\lambda_s^{(l)}$, т. е. относительно которого определяются веса β_j всех элементов, входящих в основную структурную схему.

Вес любого мажоритарного элемента может быть выражен через норму $\lambda_s^{(l)}$, а именно

$$\beta_j^{(i)} = \lambda_j^{(i)} / \lambda_s^{(l)}$$

где: $j=1,2,\dots,n$;

а для МЭ $\beta_m = \lambda_m / \lambda_s^{(l)}$.

n - число всех элементов расчета надежности

$\lambda_s^{(l)}$ - элемент с минимальным уровнем надежности для ступени

S - число всех ступеней в мажоритарной системе

λ_m - интенсивность отказов одного мажоритарного элемента

МЭ

l - число выходов мажоритарной системы

Далее определяется вес $V_l^{(i)}$ -го выхода ступени

$$V_l^{(i)} = \sum_{j=1} \beta_j^{(i)}; \quad l = \overline{1, n_i} \quad (4)$$

где в одной сумме j берутся i только для тех элементов, отказ которых ведет к появлению ошибки на l -м выходе.

Определение общего веса ступени осуществляется по зависимости, где суммирование производится уже по всем мажоритарным элементам (в нашем случае $L_1 = 3$). В общем виде эта сумма записывается так:

$$V^{(i)} = \sum_{l=1}^{L_i} v_l^{(i)} \quad (5)$$

С учетом зависимости (5) определяется средний вес одного выхода мажоритарной системы

$$\bar{v}^{(i)} = v^{(i)} / L_i$$

Для вычисления характеристик вероятности безотказной работы определяется коэффициент σ ступени по формуле

$$\sigma_i = \sum_{l=1}^{L_i} [(v^{(i)}_l)^2 + v_0(\bar{v}^{(i)} - v^{(i)})] / v^{(i)} \quad (6)$$

где v_0 коэффициент пропорциональности (в данном случае равен 1).

С учетом введенного коэффициента σ_i формула для определения характеристик вероятности безотказной работы резервированной ступени принимает вид

$$P_i = (3P_s^{2\sigma_i} - 2P_s^{3\sigma_i})(d_i v_m + \sum_{j=1}^{n_i} v_j^{(i)}) / \sigma_i \quad (7)$$

где $P_s = \exp[-\lambda_s t_{\delta p}]$ вероятность безотказной работы самого не надежного элемента;

d - число мажоритарных элементов.

Для структур с большим числом ступеней $L_i > 5$ точность ухудшается, однако ошибка не превышает 10 + 15 %, что достаточно для инженерных целей, учитывая, кроме того, соответствующую точность исходных характеристик надежности комплектующих ЭРЭ.

С целью повышения точности расчетов надежности, исходную структуру целесообразно разбивать на равнонадежные ступени или, насколько это возможно, стремиться к их наименьшему различию.

На этапе эскизного проектирования для первичной оценки надежности мажоритарной структуры целесообразно пользоваться выражением вида

$$P_m = [3e^{2\lambda_{\Phi}(nd/n_M + v_M d)} - 2e^{3\lambda_{\Phi}(nd/n_M + v_M d)}] \frac{n_M}{d} \quad (8)$$

где: λ - интенсивность отказа одного элемента (условно принимается, что все ЭРЭ имеют одинаковые λ -характеристики);

n_m - заданное число МЭ, которые могут быть включены в одну избыточную структуру;

n - число элементов, которое находится в исходной избыточной системе;

d - число входов ступени резервирования, причем $\frac{n_M}{d} \geq 1$;

$n_m = \lambda_m / \lambda$ - относительная надежность мажоритарного элемента.

При проведении расчетов надежности целесообразно заменить вычисление характеристики вероятности безотказной работы P_m вычислением вероятности отказов Q_m , которое может быть

осуществлено путем разложения Q_m в ряд по степеням ($e^{-\lambda t_{\delta p}}$). С учетом этого:

$$Q_m = 3(\lambda t_{\delta p})^2 (nd/n_M + v_M d)^2 n_M / d \quad (9)$$

Среднее время безотказной работы мажоритарной системы можно оценить, используя зависимость

$$T_m = \sum_{i=0}^{n_M/d} (-1)^i C_{n_M/d}^i 2^i 3^{(n_M/d-i)} / \lambda (nd/n_M + v_M d) (2n-i) \quad (10)$$

представляющую знакпеременный ряд, состоящий из слагаемых, число которых изменяется от $i=0$ до $i=n_M/d$, в каждом из членов этого ряда

$C_{n_M/d}^i$ - число сочетаний из n_M/d по i , т.е. по номеру члена ряда;

λ - интенсивность отказов элемента расчета надежности (ЭРН) одинаковая для всех совокупностей ЭРЭ или МС, на которые разбита мажоритарная структура.

n и d - определены выше.

В разработанной системе фильтрации импульсных помех применена троированная мажоритарная система (ТМС), условно показанная в развернутом виде на рисунке 1.

Восстанавливающий орган в этой системе представляет собой мажоритарную схему с тремя входами, значение сигнала на выходе которой соответствует правилу «два из трех». Голосование в данной системе может быть как программным, так и аппаратным. Система состоит из трех независимых управляющих процессорных модулей

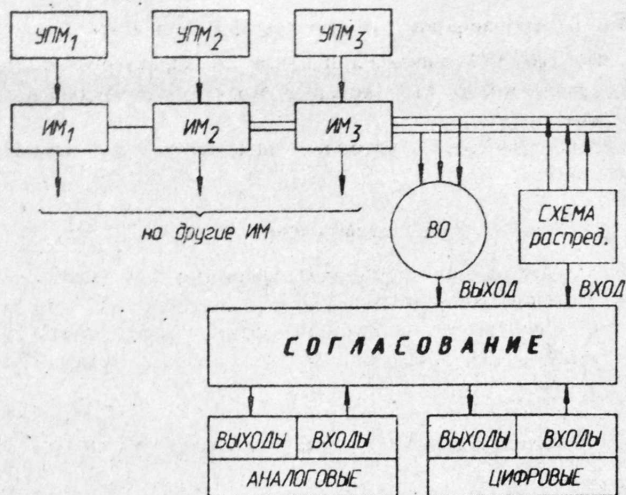


Рис. 1

УПМ₁...УПМ₃ - управляющие процессорные модули

ИМ₁...ИМ₃ - интерфейсные модули

ВО - восстанавливающий орган

(УПМ1-УПМ3), интерфейсных модулей (ИМ), восстанавливающего органа (ВО), схемы согласования, схемы распределения и других узлов.

Со схемой фильтрации помех каждый УМП связывается через свой интерфейсный модуль (ИМ1-ИМ3). Ошибка только на одном из входов системы отражается на работе соответствующего УПМ. Каждый УПМ принимает входные данные и выполняет программное голосование ("2 из 3"), чем исключаются ошибки других схем.

В третьей главе приведены результаты экспериментального исследования разработанных технических и программных средств борьбы с помехами в системах управления энергоёмкими объектами. Дано описание рабочего места проведения экспериментов, приведена методика проведения эксперимента.

Для экспериментальной проверки работоспособности сконструированных и изготовленных схем, осуществляющих анализ зашумленных управляющих сигналов, фильтрацию помех, был создан испытательный стенд, в состав которого входят:

- ЭВМ IBM-PC 486, работающая по программе анализа зашумленного сигнала.

- Генераторы управляющих сигналов.
- Генератор случайных помех.
- Двухлучевой осциллограф с ждущей разверткой CI-79 для регистрации и документации результатов эксперимента.
- Противопомеховые схемы, функционирование которых проверялось на стенде.

Фотографирование помех, зашумленного сигнала и результатов срабатывания противопомеховых схем производилось с экрана осциллографа.

Экспериментальное исследование процесса выделения управляющих сигналов на фоне действующих помех с помощью разработанного программно-аппаратного метода осуществлялось в следующей последовательности. Сначала производилось определение параметров помех и соответствующая настройка генератора помех. Сигналы помех наблюдались на экране ЭВМ и на экране осциллографа. Затем проводилась настройка управляющих сигналов при отсутствии помех в исследуемой схеме. На следующем этапе через определенные интервалы времени вводились управляющие сигналы, зашумленные помехами, проводилось их выделение из помех с помощью разработанного программно-аппаратного метода и сравнение с поступившими из генератора сигналами. На этом этапе определялись параметры зашумленного помехой управляющего импульса: форма, фронты, амплитуда и условная частота.

В случае, когда помехи превышали 13,5 В, эмулировались сигналы на переднем и заднем фронтах импульса помехи, а затем программным образом устанавливался факт наличия мешающих помех.

При проведении эксперимента рассматривались следующие варианты оценки действующих видов помех:

- помехи треугольной формы с заданными амплитудами и полосой частот;
- помехи, имитирующие разряды молнии;
- радио-помехи с определенными для условий энергоёмких объектов амплитудами и спектром частот;
- помехи от контакторов и мощных реле.

В четвертой главе представлены результаты анализа полученных экспериментальных данных и на основе их делается вывод, что разработанные схемы анализа и фильтрации импульсных помех подтверждают прежде всего правильность выбранного программно-аппаратного метода анализа зашумленных управляющих сигналов и выявления полезного сигнала [1]. Проведение эксперимента с помехой в виде случайного процесса соответствует созданию наиболее сложных условий работы систем, управляющих энергоёмким объектом, например влиянию магнитных полей, создаваемых работающими электродвигателями проходящих поездов или передатчиков в системах

оперативной связи на цепи интерфейса, передающего сигналы управления от ЭВМ.

В этой же главе приведена компьютерная программа, управляющая процессом работы железной дороги, рассмотрены отдельные составляющие системы управления на основе теоретической разработки аппаратного и программного методов защиты от помех, а также проведены экспериментальные работы, исключающие влияние различных мощных магнитных полей, оценена надежность работы систем сопровождения, контроля и исправления ошибок.

Создано конкретное использование интерфейса для компьютерной реализации системы управления железнодорожным движением, включающее все входы и выходы интерфейса, цепи преобразования логических сигналов в сигналы управления релейными системами и т.д..

Проведено практическое внедрение разработанной системы помехоподавления на железнодорожной станции Ши-Цзуй-Шань. Опытная эксплуатация системы дала следующие результаты:

Прежде всего следует отметить наиболее существенные ЧП и связанный с ними ущерб, возникший вследствие отказов и ложного срабатывания исполнительных механизмов в системе управления железнодорожным движением.

Так до применения предлагаемой системы на железнодорожной станции Ши-цзуй-шань в апреле 1980 г. произошло три серьезных происшествия. В период с 1980 по 1984 годы из-за ошибки системы управления, работающей уже с применением ЭВМ, произошло опоздание более 17 поездов, что принесло потери около миллиона юаней. В декабре 1982 года из-за ошибки системы управления возник простой поездов, ущерб от которого оценивался в 0,5 миллиона юаней. В 1984 году из-за подобной ошибки в системе управления упомянутая станция прекратила пропуск поездов на 18 часов.

Разработанная автором система обнаружения и подавления помех на станции Ши-цзуй-шань в течении испытания в период с декабря 1986 года по декабрь 1988года обнаружила 116 раз ошибки в работе системы управления, благодаря чему было предотвращено два возможных тяжелых транспортных происшествия.

Кроме того, система контроля за работоспособностью исполнительных механизмов, которую одновременно выполняет аппаратура выявления и подавления помех, обнаружила отказы в трех опасных местах, благодаря чему был произведен своевременный ремонт и регулировка в этих механизмах.

Учитывая эффективность разработанной системы руководство железной дороги приняло решение о применении ее на двух других железнодорожных станциях, в том числе и на станции Ланчжоу. Результаты испытаний опубликованы в 1989 г. в журнале "Техника железных дорог КНР" вып. 9, г. Пекин. Уточненный отчет о проведении эксперимента опубликован в журнале "Техника и коммуникации на

железных дорогах КНР " в июньском номере этого журнала за 1989 год. г.Пекин.

1. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ

1. Рассмотрены различные по своей физической природе виды помех, которые могут нарушить работоспособность системы управления энергоёмким объектом, и существующие методы защиты аппаратуры от мощных импульсов, нарушающих режим работы автоматики и телемеханики. Установлены четыре вида помех, наиболее существенно влияющие на устойчивость работы систем управления.

- Электромагнитные поля, возникающие в залах управления при срабатывании мощных реле, управляющих работой электродвигателей и сервисных устройств.

- Мощные электромагнитные поля, создаваемые контактными сетями.

- Помехи, создаваемые электродвигателями проходящих поездов.

- Помехи, создаваемые радиопередатчиками, обеспечивающими оперативную связь.

2. Поскольку существующие методы защиты были разработаны для аппаратуры, использующей электромеханические реле, оперирующие с сигналами управления высокого уровня, то при переходе систем управления на цифровую технику и микропроцессоры рассматривается проблема фильтрации зашумленных управляющих сигналов, регулирующих передачу сигналов в системах управления энергоёмкими объектами при относительно близких уровнях полезных сигналов и помех.

3. Разработано программно-аппаратное обеспечение, дающее возможность идентифицировать полезный сигнал при прохождении его по цепям управления, проводить отсечение помехи и непрерывную визуализацию информации о состоянии управляемого объекта на пульте управления. Одновременно с этим фиксируется состояние работоспособности автоблокировки, возможные отказы телемеханических устройств и устойчивость работы управляющих сетей.

4. Разработан экспериментальный стенд для проверки программно-аппаратного метода борьбы с помехами, проведена серия экспериментов, результаты которых подтвердили правильность разработанного программно-аппаратного метода анализа зашумленных управляющих сигналов и выявления полезного сигнала. Проведение эксперимента с помехой в виде случайного процесса соответствует наиболее сложным условиям работы систем, управляющих энергоёмкими объектами, например, при воздействии магнитных полей, создаваемых работающими электродвигателями проходящих поездов или передатчиков в системах оперативной связи, на цепи интерфейса, передающего сигналы управления от ЭВМ.

5. Введение в схемы контроля и управления мажоритарных элементов, работающих по правилу "2 из 3", исключает случайные ошибки системы управления. Надежность данного метода соответствует требованиям системы управления, что доказано математически. Практическая реализация мажоритарной системы дает возможность обеспечения надежной работы системы управления (аппаратурой и программной) даже при частичном отказе отдельных частей системы.

6. Разработана компьютерная программа, управляющая процессом работы железной дороги, рассмотрены отдельные составляющие системы управления на основе теоретической разработки программно-аппаратного метода защиты от помех, а также проведены экспериментальные работы по исключению влияния различных мощных магнитных полей, оценена надежность работы систем сопровождения, контроля и исправления ошибок.

Создано программно-аппаратное обеспечение для компьютерной реализации системы управления железнодорожным движением, включающее все входы и выходы интерфейса, цепи преобразования логических сигналов в сигналы управления релейными системами и т.д..

7. Проведено практическое внедрение разработанной системы помехоподавления на железнодорожной станции в КНР и ее опытная эксплуатация, результаты которой показали эффективность разработанного метода.

Список литературы:

1. Шэнь Сюедун, Чеканов А. Н. Методика и программное обеспечение защиты каналов передачи управляющей ЭВМ от эксплуатационных помех // Вестник МГТУ. - 1996. - № 2. - С. 93 - 103.

2. Шэнь Сюедун, Чеканов А. Н. Метод выявления управляющего сигнала из сообщения с импульсными помехами // Вестник МГТУ. - 1997. - № 2. - С. 88 - 92.

3. Шэнь Сюедун. Меры защиты от помех при применении микро ЭВМ // Практическое применение ЭВМ (Пекин). - 1984. - Т.5, № 2. - С. 184 - 197.

4. Шэнь Сюедун. Роль интерфейса в цепи ЭВМ в вопросе защиты от помех // Практическое применение ЭВМ (Пекин) 1987. - Т.5, № 3. - С. 73 - 86.