

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ

Приводится классификация и характеристика методов анализа надежности сложных систем с обоснованием выбора наиболее целесообразного. Предлагается для анализа микропроцессорных систем управления движением поездов применять метод марковских моделей, дополненный сетями Петри.

Расчет показателей надежности современных управляющих систем представляет собой сложную задачу из-за ограничения используемых математических моделей и отсутствия достоверной информации об используемой элементной базе и программном обеспечении. Точность расчета и его конечный результат зависят от выбранных методов анализа надежности, которые можно разделить на две группы: основные и общие технические.

По направлению анализа методы бывают нисходящие

и восходящие. Нисходящий анализ начинают с самого высокого уровня, т. е. с анализа системы в целом, и последовательно спускаются на более низкий уровень. Затем анализ проводят на более низком уровне. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнут самый низкий уровень. А восходящий анализ производится в обратном порядке. Основные методы анализа сложных систем указаны на рисунке 1. Приведем краткую характеристику этих методов.

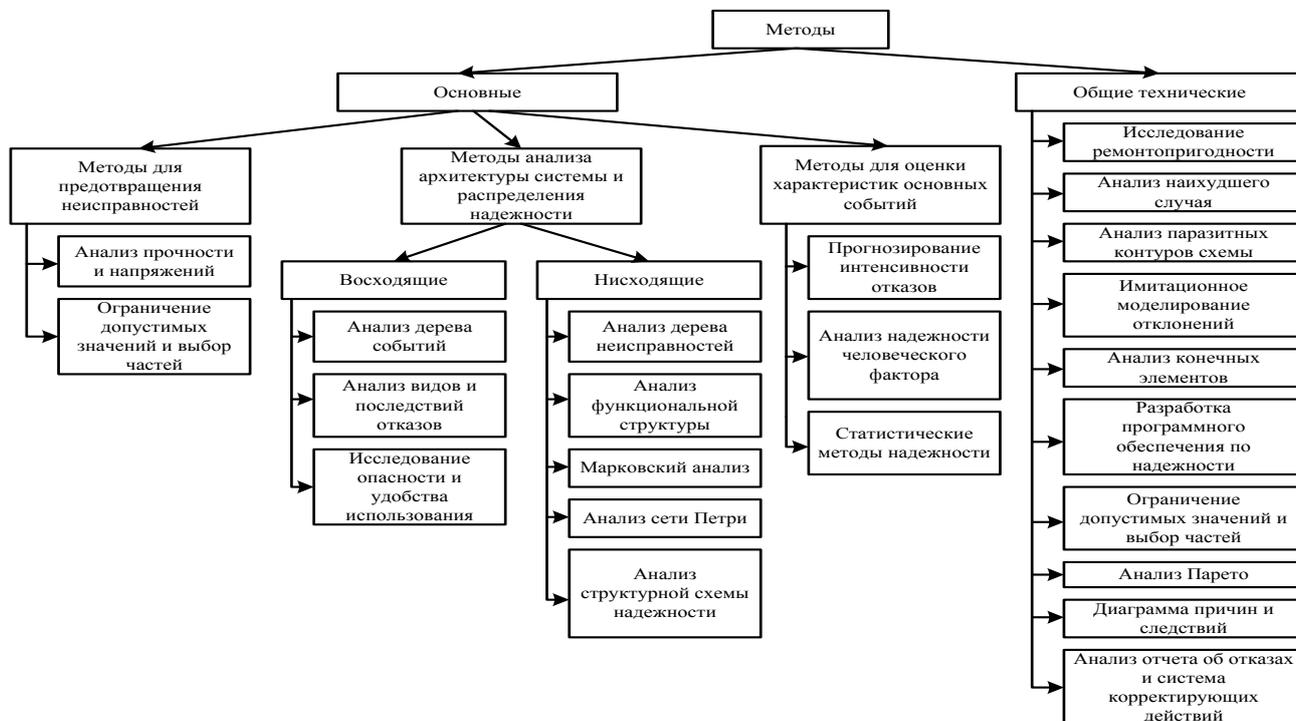


Рисунок 1 – Классификация методов анализа надежности

Прогнозирование интенсивности отказов является методом, который применяют главным образом на ранних стадиях проектирования для оценки интенсивности отказов оборудования и системы. При этом используют один из трех методов прогнозирования интенсивности отказов:

- в исходных условиях (количественный анализ частей);
- в эксплуатационных режимах (анализ напряжений частей);
- использующий анализ подобия.

Достоинства:

- низкие время и стоимость анализа;
- малое количество исходной информации и данных;

- применение не требует специального обучения;
- применим как в ручном, так и в компьютерном вариантах.

Недостатки:

- метод не применим для систем с резервированием;
- оценка режимов и последствий отказов невозможна;
- уровень точности прогноза может быть низким.

Анализ дерева неисправностей (англ. Fault tree analysis – FTA) предназначен для идентификации и анализа условий и факторов, которые вызывают или способствуют появлению нежелательного результата и влияют на эффективность, безопасность, экономич-

ность и другие характеристики системы. FTA учитывает сложные взаимодействия частей системы, моделируя их функциональные зависимости или зависимости отказов, события, вызывающие отказ, общие причины событий и позволяет сформировать общее представление о системе.

Анализ дерева неисправностей имеет двойное применение: как способ определения причины известного отказа и как метод анализа его режима, моделирования и прогнозирования надежности.

Анализ дерева событий (англ. Event tree analysis – ETA) применяют в тех случаях, когда необходимо исследовать все возможные пути формирования событий, последовательность их появления и последствия.

Метод анализа структурной схемы надежности (англ. Reliability block diagrams – RBD) является графическим изображением логической схемы системы через подсистемы и/или компоненты и позволяет изобразить пути нормальной работы системы в виде логической связи подсистем и компонентов.

Главные недостатки данного метода:

- не обеспечивает полный анализ неисправностей;
- направлен на анализ работоспособности системы и не распространяется на сложные стратегии ремонта, технического обслуживания.

Марковское моделирование – вероятностный метод, который учитывает статистическую зависимость отказов отдельных компонентов для описания состояния системы. Следовательно, марковское моделирование может учитывать как воздействие независимых отказов компонентов, так и интенсивности перехода состояний под воздействием различных факторов. По этой причине марковский анализ применяют для оценки надежности функционально сложных систем.

Метод основан на теории марковских процессов. Для прикладных задач надежности обычно используют гомогенную во времени марковскую модель, которая предполагает, что интенсивности переходов (отказ и ремонт) являются постоянными. Для этой модели применимы простые и эффективные численные методы.

Представление поведения системы с помощью марковской модели требует определения всех возможных состояний системы, предпочтительно изображенных на диаграмме состояний и переходов. Кроме этого должны быть определены интенсивности переходов из одного состояния в другое. Выходами марковской модели являются вероятности пребывания системы в данном наборе состояний.

Применение метода имеет следующие преимущества:

- обеспечивает гибкую вероятностную модель для анализа поведения системы;
- может быть адаптирован к сложным избыточным конфигурациям;
- позволяет точно моделировать последовательность событий определенного вида или порядка появления.

Недостатки метода:

- с увеличением количества компонентов системы количество состояний экспоненциально возрастает, что приводит к увеличению трудоемкости анализа;
- модель может быть трудна для пользователей при построении и контроле и требует соответствующего программного обеспечения для анализа;

– числовые результаты можно получить только для постоянных интенсивностей переходов;

– некоторые показатели, такие как средняя наработка на отказ и средняя наработка до отказа, не могут быть получены непосредственно из марковской модели.

Сеть Петри – графический метод представления и анализа сложных логических взаимодействий компонентов или событий в системе. Сеть Петри отражает сложные взаимодействия, такие как конкуренция, конфликт, синхронизация, взаимное исключение и ограничение ресурса.

Стандартные сети Петри не содержат понятия времени, но появилось много расширений, в которые добавлена синхронизация. Сеть Петри может быть использована как язык высокого уровня для создания марковских моделей.

Сети Петри применяют в случаях, если необходимо представить сложные взаимодействия среди аппаратных или программных модулей, которые трудно описать другими методами. Обычно описание системы посредством сети Петри требует значительно меньшего количества элементов, чем соответствующее представление.

Марковская модель автоматически может быть получена на основе сети Петри, а сложность процедуры аналитического решения будет скрыта от разработчика, который работает только на уровне сети Петри. Кроме того, они позволяют проводить качественный анализ структуры, основанный только на свойствах графа. Этот структурный метод анализа является более дешевым, чем построение марковской модели, и обеспечивает необходимой информацией для ее проверки и утверждения. Так как количественный анализ основан на разработке и решении соответствующей марковской модели, большинство ограничений те же, что и для марковского анализа.

Анализ видов и последствий отказов (англ. Failure mode and effects analysis – FMEA) является восходящим методом анализа надежности, который обычно применяют для изучения материала, компонентов, отказов оборудования и их воздействий на следующий более высокий функциональный уровень системы. Итерации этих шагов (определение одиночных режимов отказов и оценка их воздействия на следующий более высокий уровень системы) заканчиваются идентификацией всех режимов единичных отказов системы. Анализ видов, последствий и критичности отказов (англ. Failure mode, effects and criticality analysis – FMECA) расширяет FMEA, определяя количество последствий отказа через вероятности появления и серьезности последствий.

Исследование опасности и работоспособности (англ. Hazard and operability study – HAZOP) – это детальный процесс идентификации проблем опасности и работоспособности, выполняемый группой специалистов. HAZOP предназначен для идентификации потенциальных отклонений от целей проекта, а также для экспертизы их возможных причин и оценки последствий. В основе HAZOP лежит экспертиза с помощью управляющих слов.

Анализ надежности человеческого фактора, (англ. Human reliability analysis – HRA) является частью анализа человеческого фактора, который включает рас-

пределение функций, задач и ресурсов среди людей и машин и оценку надежности действий человека.

Анализ прочности и напряжений определяет способность компонента или элемента противостоять электрическим и механическим воздействиям окружающей среды или другим напряжениям, которые могут быть причиной отказа.

Основой *метода таблицы истинности* является анализ функциональной структуры. Его применяют при разработке электрических и электронных систем. Метод заключается в составлении списка всех возможных комбинаций состояний (работоспособное и неработоспособное) компонентов системы и изучении их последствий.

Статистические методы оценки вероятности безотказной работы могут быть использованы для определения количественной оценки показателей безотказности.

Для применения статистических методов необходимо собрать соответствующие данные, которые зависят от решаемой задачи. Данные, используемые для анализа безотказности, должны представлять собой информацию об эффективности работы элементов, которые могут отказать (например, в условиях эксплуатации). Тип данных зависит от типа исследуемого элемента.

Выбор метода анализа для программы надежности является индивидуальным и осуществляется объединенными усилиями экспертов по надежности и эксплуатации системы. Выбор должен быть сделан на ранних этапах разработки программы и исследован на применимость. Таким образом, все вышеописанные методы анализа применимы для оценки как характеристик качества, так и количественных характеристик при прогнозировании поведения системы в эксплуатации. Досто-

верность результата зависит от точности и правильности данных об основных событиях.

Любой из методов анализа надежности не может быть использован для анализа всех показателей надежности современных микропроцессорных систем (аппаратных средств и программного обеспечения). Для проведения анализа надежности таких систем, как правило, необходимо применять несколько дополнительных методов. Так, для анализа надежности микропроцессорных систем управления движением поездов наиболее целесообразно использовать метод марковских процессов, дополненный методом сетей Петри, который позволяет учесть сложные взаимодействия, такие как конкуренция, конфликт, синхронизация, взаимное исключение и ограничение ресурса.

Список литературы

- 1 **Дружинин, Г. В.** Надежность автоматизированных производственных систем / Г. В. Дружинин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 480 с.
- 2 **ОСТ 32.17-92.** Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Основные понятия. Термины и определения. – Введен 1993.01.01. – СПб. : ПИИТ, 1992. – 33 с.
- 3 **ГОСТ 51901.5-2005.** Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности. – Введен 2006.02.01. – М. : Стандартинформ, 2005. – 49 с.
- 4 **РТМ 32 ЦШ 1115482.02-94.** Безопасность ЖАТ. Методы расчета показателей безотказности и безопасности СЖАТ. – Введен 1995.01.01. – СПб. : ПИИТ, 1994. – 36 с.
- 5 **Сапожников, В. В.** Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи : учеб. пособие / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, В. И. Шаманов ; под ред. Вл. В. Сапожникова. – М. : Маршрут, 2003. – 263 с.

Получено 26.10.2012

K. S. Shemetkov. The possibility of applying for calculation of the microprocessor systems of train traffic control various methods of the analysis of reliability.

Classification is given and the characteristic of the methods of reliability analysis of complex systems with the grounds for selection of the most appropriate. It is proposed for the analysis of microprocessor control systems of train traffic to apply the method of Markov models complete with Petri nets.