

ния этого стандарта во многих странах на государственном уровне выделены необходимые радиочастотные ресурсы. Серийным выпуском адаптированного под нужды железных дорог оборудования GSM-R занимается целый ряд компаний.

Информация о местоположении и скорости состава будет передаваться по радиоканалу в центр управления, и таким образом процесс регулирования движения поездов будет автоматизирован. Кроме телефонной связи технология позволяет организовать передачу данных с использованием GPRS (General Packet Radio Service). Сеть GSM-R организуется вдоль железнодорожных путей и интегрируется в текущую телекоммуникационную сеть дороги.

В докладе приведены результаты выполненного частотно-территориального планирования и перспективный план развертывания сети на дороге. В первую очередь, она разворачивается на направлениях Минск – Гудогай, Минск – Брест, Минск – Красное, а в дальнейшем сможет покрыть всю сеть Белорусской железной дороги.

В перспективе следует создать и 3G-R-сеть дороги, поскольку технологии 3G позволяют передавать видеоинформацию, что является, несомненно, важным фактором в работе современных многофункциональных комбинированных системах безопасности.

Введение сетей GSM-R и 3G-R на Белорусской железной дороге позволит пассажирам поездов не только общаться по мобильному телефону, но и пользоваться в пути высокоскоростным Интернетом и передачей данных.

УДК 656.25:656.22.05

## МЕТОДЫ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

*К. С. ШЕМЕТКОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта*

Системы железнодорожной автоматики и телемеханики, которые в настоящее время эксплуатируются на Белорусской железной дороге в большинстве своем морально и физически устарели. В Белорусском государственном университете транспорта разработана отечественная микропроцессорная система централизации стрелок и сигналов, которая получила название «iПуть». Расчет показателей надежности современных управляющих систем представляет собой сложную задачу. Особенно сложно производить анализ надежности для микропроцессорных систем, так как определение значений показателей надежности этих систем осложняется из-за ограничения использования математических моделей и отсутствия достоверной информации об используемой элементной базе и программном обеспечении. Точность расчета и его конечный результат зависят от выбранного метода анализа надежности. Этим и обуславливается важность изучения и систематизации методов анализа надежности.

В общем случае методы анализа надежности можно разделить на две группы:

- 1) основные методы анализа надежности;
- 2) общие технические методы (могут быть использованы для анализа как вспомогательные).

Рассмотрим и охарактеризуем более подробно основные методы анализа надежности.

Прогнозирование интенсивности отказов является методом, который применяют главным образом на ранних стадиях проектирования для оценки интенсивности отказов оборудования и системы. Используют один из трех методов прогнозирования интенсивности отказов: в исходных условиях, в эксплуатационных режимах, использующий анализ подобия.

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

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 решения и единственное ограничение его применения – размерность пространства состояний.

Сеть Петри – графический метод представления и анализа сложных логических взаимодействий компонентов или событий в системе. Стандартные сети Петри не содержат понятия времени. Однако появилось много расширений в сети Петри, в которые добавлена синхронизация. Сеть Петри может быть использована как язык высокого уровня для создания марковских моделей.

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 (идентификация 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 распределение функций, задач и ресурсов среди людей и машин и оценку надежности действий человека. Анализ человеческого фактора не является самостоятельной дисциплиной. В этом методе используются такие дисциплины как психология, физиология, социология, медицина и проектирование. Специфическая цель анализа человеческого фактора состоит в том, чтобы оценить факторы, которые могут воздействовать на надежность действий человека при эксплуатации системы.

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 состояние, неработоспособное состояние) компонентов системы и изучении их последствий.

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.