

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ДЕРЕВА ОТКАЗОВ

Д. Н. ШЕВЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта

Одним из эффективных методов расчёта надёжности и безопасности функционирования невосстанавливаемых технических систем является метод анализа дерева отказов (FTA – Fault Tree Analysis). Идея метода состоит в разложении событий, связанных с отказами (опасными отказами) системы, на элементарные события, связанные с отказами элементов или подсистем, с учётом причинно-следственных связей между событиями. В дальнейшем на основе дерева отказов с помощью логико-вероятностных методов определяются основные вероятностные показатели надёжности системы.

Вместе с тем, для больших и иерархически сложных (например, структурно резервированных) технических систем причинно-следственные связи между неисправностями компонентов и их последствиями не являются очевидными, что затрудняет построение дерева отказов системы. Особенно эта проблема актуальна при исследовании безопасности функционирования систем, когда отказы системы подразделяются на опасные, защитные, маскируемые и т.д. По аналогичным причинам затруднен процесс расчета показателей надёжности системы, поэтому для исследования надёжности и безопасности функционирования технических систем требуются автоматизированные инструментальные средства.

Для автоматизации построения дерева отказов (опасных отказов) и расчета вероятностных показателей безотказности и безопасности функционирования технических систем с использованием FTA предлагается автоматизированный метод (АМ). АМ реализован в среде программирования Delphi и предназначен для автоматизации процесса построения и редактирования дерева отказов, а также для автоматического расчета основных показателей безотказности и безопасности функционирования систем, таких как вероятность безотказной (безопасной) работы системы, математическое ожидание, дисперсия и другие моменты времени наработки системы на отказ (опасный отказ).

Вершинами дерева отказов являются события, связанные с отказами (опасными отказами) системы, определяемые критериями отказов (опасных отказов) системы. Корнями дерева являются события связанные с возможными отказами элементов системы. АМ позволяет строить дерево отказов как сверху вниз, так и снизу вверх. Первый подход может быть применён для анализа надёжности системы на этапе её разработки, когда только определены критерии отказов (опасных отказов) системы и её подсистем. Второй подход рекомендуется на стадии сертификационных и исследовательских испытаний системы, когда определены все возможные неисправности всех компонентов системы и требуется определить последствия и критичность отказов. Дерево отказов строится в АМ с помощью стандартного компонента Delphi «TreeView», что позволяет оперативно редактировать ветви и узлы дерева, отображать и масштабировать интересующие ветви дерева отказов.

В качестве базовых операций над событиями в АМ приняты операции логического сложения, умножения и отрицания. Однако для исследования безопасности функционирования систем, когда на последствия неисправностей влияет порядок их возникновения, указанный список операций над событиями дополняется операцией логического умножения, учитывающей последовательность наступления исходных событий.

Технология построения дерева отказов в АМ требует выполнения трех основных условий. Во-первых, каждое событие может выражаться через элементарные события только с помощью одной из логических операций сложения или умножения. Во-вторых, события, к которым применяется операция логического сложения, должны быть несовместными. В-третьих, события, к которым применяется операция логического умножения, должны быть независимыми. Для обеспечения перечисленных требований дерево отказов может быть дополнено несколькими фиктивными ветвями (связями) и узлами (событиями).

В качестве исходных данных при расчёте надёжности технических систем в АМ используются законы распределения времени до наступления элементарных событий (корней дерева), которые определяют неисправности компонентов системы. Знание законов распределения времени до на-

ступления элементарных событий позволяет определять законы распределения до наступления событий, связанных с отказами подсистем, а также вычислять вероятности наступления событий, определяемых операцией логического умножения с учетом последовательности наступления элементарных событий, что особенно актуально при исследовании безопасности функционирования технических систем.

УДК 656.254.16

ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНКИНГОВЫХ РАДИОСИСТЕМ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ АВАРИЙНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

В. Г. ШЕВЧУК, В. В. БОНДАРЕВ, В. В. ЛЕВТРИНСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта

Аварийно-технологическая связь предназначена для оперативного управления ходом ремонтно-восстановительных работ в экстренных ситуациях (аварии, стихийные бедствия и др.) в районе проведения работ: станционные пути, перегон, переезд, мост и пр. В настоящее время на Белорусской железной дороге аварийно-технологическая связь организована в основном с использованием средств ремонтно-оперативной радиосвязи (РОРС) и проводных линий железнодорожных сетей связи. Для осуществления связи с местом производства работ (на станции или перегоне) организуется временная сеть радиосвязи, а для связи с ближайшим телефонным коммутатором на участках с кабельными линиями связи используется цепь межстанционной связи (МЖС).

Организация связи в аварийных ситуациях на перегонах может потребовать значительного времени, так как точки подключения к кабельным линиям связи могут находиться на значительном удалении от места проведения работ. Исходя из этого, подобная связь организуется, как правило, по прибытии восстановительного поезда, в то время как всесторонняя информация о ситуации на месте аварии для оперативного принятия решений нужна в кратчайшие сроки. Поэтому существующая организация аварийно-технологической связи не соответствует предъявляемым к ней требованиям. Также следует отметить, что и качество этой связи часто оценивается абонентами как неудовлетворительное, особенно на электрифицированных участках дороги.

Существующие на железнодорожном транспорте стран СНГ системы симплексной радиосвязи для организации аварийно-технологической связи не нашли применения на Белорусской железной дороге из-за их ограниченных технических возможностей. Следует отметить, что и попытки использования системы «Карт», выпускаемой радиозаводом «Спутник» (г. Молодечно), также не имели успеха из-за сложности адаптации к условиям железнодорожного транспорта.

При использовании традиционных для железных дорог радиосистем каждая служба имеет собственную систему радиосвязи с жестко закрепленными радиоканалами.

Отрицательными факторами такой организации радиосвязи являются:

- невысокая доступность абонентов к радиоканалам и нерациональное использование последних. В то время, когда канал, закрепленный за определенной группой абонентов, свободен (пропущивает), абоненты другой группы могут длительное время ожидать освобождения канала, закрепленного за этой группой. Это может привести к несвоевременной передаче важной информации;
- избыточность парка однотипных технических средств, в первую очередь, дорогостоящих стационарных приемопередающих систем и устройств управления;
- невозможность оперативной организации связи группы абонентов различных служб, решающих общую задачу или работающих на едином объекте;
- недостаточная надежность работы системы радиосвязи. В случае выхода из строя ретранслятора вся группа абонентов, работающих на закрепленном радиоканале, лишается связи. А это в определенных условиях может привести к непоправимым последствиям.

Для увеличения надежности и производительности (эффективности) работы традиционных радиосистем требуется увеличение числа используемых частотных радиоканалов. Число же радиоканалов, предоставляемых для ведомственного использования, жестко регламентировано предоставленным частотным спектром, частотным разнесом между соседними радиоканалами и интермодуляционной совместимостью радиосредств. Поэтому самой серьезной и дорогостоящей проблемой