

# ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ ПО НАДЕЖНОСТИ ЕЕ ЭЛЕМЕНТОВ

В. ЛЮБИНСКИЙ, Л. СЕРГЕЕВА, И. КОРАГО

*Железнодорожный институт Рижского технического университета*

Обсуждается правомерность концепции опасных и защитных отказов при оценке безопасности систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ). Оценивается погрешность в расчетах уровня безопасности СЖАТ, основанных на концепции опасных отказов. Предлагается новый подход для разработки моделей безопасности СЖАТ, основанный на концепции «опасного» элемента. Для различных конфигураций системы разработаны три версии марковских моделей для оценки показателей безопасности СЖАТ и предложена технология их компьютерной реализации.

**1 Концепция опасного элемента.** Вероятностные модели безопасности СЖАТ и принятие на их основе норм безопасности являются наиболее распространенными и общепризнанными. Однако используемая при построении этих моделей концепция деления отказов системы на опасные и неопасные не является безупречной. Предлагается новый подход для оценки показателей функциональной безопасности СЖАТ, основанный на концепции «опасного» элемента. Элемент системы – неделимая ее часть, при отказе которой система переходит в одно из возможных состояний: неисправное работоспособное, неработоспособное защитное или опасное. Сущность предлагаемого подхода состоит в том, что в анализируемой системе общий поток отказов не делится на два различных потока: неопасных и опасных отказов. Опираясь на концепцию опасного элемента, нет необходимости поток отказов с интенсивностью  $\lambda$  делить на два разных потока – опасных и неопасных. Все отказы этого потока считаются обычными отказами, которые приводят элемент в неисправное состояние. Однако неисправность элемента может привести систему, в состав которой он входит, в различные состояния. Например, отказ одного из элементов приводит систему в неработоспособное, но неопасное защитное состояние, тогда как отказ другого элемента может привести систему в опасное состояние. Все множество элементов СЖАТ в зависимости от их влияния на состояние системы можно разделить на отдельные подмножества:  $M_n$  – подмножество элементов, отказ хотя бы одного элемента которого переводит систему в неисправное, но работоспособное состояние;  $M_z$  – подмножество элементов, отказ хотя бы одного элемента которого переводит систему в защитное состояние;  $M_o$  – подмножество элементов, при отказе любого элемента которого система переходит в опасное состояние. Разделение элементов СЖАТ на отдельные группы в зависимости от их влияния на состояния системы может быть выполнено путем анализа функциональных схем и алгоритмов функционирования системы.

**2 Постановка задачи оценки безопасности СЖАТ по надежности ее элементов.** В процессе работы система с общим количеством элементов  $N = n_n + n_z + n_o$ , где  $n_n, n_z, n_o$  – число элементов в подмножествах  $M_n, M_z, M_o$  соответственно, может находиться в одном из следующих состояний:  $S_0$  – исправное состояние системы, когда все  $N$  элементов системы в полном объеме выполняют свои функции;  $S_1$  – неисправное, но работоспособное состояние, когда некоторые элементы подмножества  $M_n$  неисправны, однако при отказе этих элементов система продолжает выполнять свои задачи;  $S_2$  – защитное состояние, в которое система переходит при отказе одного из элементов подмножества  $M_z$ ;  $S_3$  – опасное состояние. Переход системы из исправного состояния  $S_0$  в одно из состояний  $S_1, S_2, S_3$  осуществляется при появлении отказов в элементах соответствующих подмножеств  $M_n, M_z, M_o$ . Интенсивности потоков отказов в элементах этих подмножеств представляют собой массивы  $\lambda_{ni}, \lambda_{zj}, \lambda_{ok}$ ; элементы этих массивов  $\lambda_{ni}, \lambda_{zj}, \lambda_{ok}$ , где  $i = 1, 2, \dots, n_n, j = 1, 2, \dots, n_z, k = 1, 2, \dots, n_o$ . Интенсивности потоков восстановлений элементов подмножеств  $M_n, M_z, M_o$  представляют собой массивы  $\mu_{ni}, \mu_{zj}, \mu_{ok}$ ; элементы этих массивов  $\mu_{ni}, \mu_{zj}, \mu_{ok}$ , где  $i = 1, 2, \dots, n_n; j = 1, 2, \dots, n_z, k = 1, 2, \dots, n_o$ . Окончательно задача оценки безопасности СЖАТ формулируется следующим образом: по заданным значениям количества элементов  $n_n, n_z, n_o$  в подмножествах  $M_n, M_z, M_o$ , интенсивностей потоков отказов  $\lambda_{ni}, \lambda_{zj}, \lambda_{ok}$  и восстановлений  $\mu_{ni}, \mu_{zj}, \mu_{ok}$  в элементах этих подмножеств определить вероятность безотказной работы  $P_{bc} = 1 - P_{op}$ , где  $P_{op}$  – вероятность того, что система будет находиться в опасном состоянии;  $P_{bc}$  – вероятность того, что система окажется в работоспособном или защитном состоянии.

**3 Метод решения задачи.** Задача решается путем разработки и исследования марковских моделей, описывающих случайный процесс функционирования системы. Разработаны и исследованы три типа моделей: с резервированными, резервированными и частично резервированными элементами СЖАТ.

**Заключение.** Предложена марковская модель оценки показателей безопасности СЖАТ, основанная на концепции «опасного» элемента. Для различных конфигураций системы разработаны три версии марковских моделей и выполнена их компьютерная реализация. Технология расчета показателей безопасности СЖАТ с использованием компьютерных моделей продемонстрирована на конкретном примере.